

NEDERLAND

100% DUURZAME ENERGIE IN 2030

HET KAN
ALS JE HET
WILT!



VERNIEUWD!

NU NÓG
DUURZAMER

NEDERLAND

100% DUURZAME ENERGIE IN 2030

Het kan als je het wilt!

Dit rapport is geschreven door mensen van Urgenda. De berekeningen in het rapport zijn gebaseerd op het Energietransitiemodel van Quintel en dan specifiek het scenario dat streeft naar 100% duurzame energie in 2030. Dat scenario kan gevonden worden via de website: <http://pro.et-model.com/scenarios/155680>. We nodigen iedereen uit ook zelf met het scenario aan de slag te gaan. We danken Dorine van der Vlies, John Kerkhoven en Alexander Wirtz van Quintel Intelligence voor het meedenken en geduldig beantwoorden van al onze vragen.

Aan het rapport hebben tientallen mensen meegewerkt. We danken huidige en ex-medewerkers van Urgenda, met name Henriette Delissen, Sander van Egmond, Gjalt Annega en Geert Kloppenburg en de mensen die geïnterviewd zijn, voor hun input en steun. Daarnaast hebben we kritische input, steun en reflectie gehad van tientallen experts van universiteiten en kennisinstututen, directeuren en medewerkers van de beschreven industrietakken, ISPT, experts uit de energiewereld en mensen uit het Urgenda-platform. We hopen dat het eindresultaat aanzet tot nog veel meer discussie en reflectie, maar vooral tot actie, van ons allen!

Urgenda online

Lees en download dit rapport via:
www.urgenda.nl/visie/actieplan-2030/

Eerste uitgave maart 2014, 2e - 4e druk 2014, 2015 en 2016
1e druk herziene uitgave juni 2017

Tekst

Urgenda, Marjan Minnesma
Interviews en redactie: Ellen Segeren

Grafische Vormgeving

Studio Puik, Anouk van Dijk

Fotografie portretten

Rosa van Ederen (m.u.v. p. 50, p. 87 rechts en p. 176)

Druk



ecodrukkers
MILIEUVERANTWOORD

Deze uitgave is gedrukt op post-consumer recycled papier wat het Forest Stewardship Council (FSC®) logo mag dragen. Verder is er gebruik gemaakt van plantaardige inkt en gedrukt zonder het schadelijke oplosmiddel IPA op een Ecocolor drukpers gevoed door 100% groene stroom. Ecodrukwerk® is klimaatneutraal.

‘The people who are crazy enough to think they can change the world, are the ones who do.’

Steve Jobs



VOORWOORD



We kunnen veel sneller omschakelen naar een duurzame energievoorziening dan we denken. Die snelheid is ook noodzakelijk én gaat ons veel voordelen opleveren. Als we ambitieuze doelen stellen, uitdragen en actief najagen, kan er veel veranderkracht uit de maatschappij loskomen. Daar komen zeker allerlei vormen van (technische) innovaties aan te pas, maar óók een andere mentaliteit. Het gaat over bouwen aan een nieuwe economie, waarin welzijn belangrijker is dan welvaart. Een economie waarin we een rijkere invulling weten te geven aan 'groei' dan louter een plat 'steeds meer'. Waarin we telkens een waarachtig antwoord proberen te geven op de vraag waar het ons nu uiteindelijk om gaat.

Dit rapport, een herziene versie van het vorige uit 2014, geeft een visie op een volledig duurzame energievoorziening in 2030. Het laat zien hoe we daar kunnen komen en welke stappen daartoe gezet kunnen worden. We onderbouwen de visie met veel cijfers. We laten zien dat het kán.

Gemakkelijk zal het niet gaan. Vraagtekens en dilemma's gaan we zeker tegenkomen, maar die los je niet op door actie uit te stellen, maar juist door te beginnen. Nederland heeft zeer veel kennis, inventiviteit en ondernemerschap. Laten we die ontketenen en benutten voor deze transitie naar een duurzame energievoorziening, zodat we weer voorop gaan lopen in een ontwikkeling die hoe dan ook gaat komen.

Urgenda is een samentrekking van 'urgente agenda'. Agenda is Latijn voor 'de dingen die gedaan moeten worden'. Dit rapport laat zien dat iedereen stappen kan zetten. Niemand kan het alleen. De overheid niet, bedrijven niet, burgers niet. Maar samen kunnen we het wel: bouwen aan de nieuwe economie, met nieuwe beroepen en nieuwe banen, op 100% duurzame energie.

Een radicale omslag is noodzakelijk binnen nu en vijftien jaar. 2050 is echt te laat en betekent de rekening en de onomkeerbare gevolgen van klimaatverandering doorsturen naar de volgende generaties. Zij worden dan de eerste generatie die het echt minder goed zal hebben, niet alleen voor wat betreft welvaart, maar zeker ook voor wat betreft hun welzijn, terwijl dat onnodig is.

Alle fossiele brandstoffen zullen zo veel mogelijk vervangen moeten worden door duurzame energiebronnen en fossiele grondstoffen door groene grondstoffen. Dat is een enorme opgave. Er is vaak gezegd dat het niet kan binnen vijftien jaar en dat we minstens veertig jaar nodig hebben voor die transitie. Echter, onder druk wordt alles vloeibaar, we hebben simpelweg geen veertig jaar voor deze omslag. Laten we samen nog meer vaart maken!

Marjan Minnesma
Directeur Stichting Urgenda

INHOUD

COLOFON	4		
VOORWOORD	7		
SAMENVATTING - DE AGENDA	18		
1. ANDERS WONEN:			
WONEN ZONDER ENERGIEREKENING	20		
Interview familie Mooi, Wormerveer	26		
Wat	31		
Hoe	32		
Interview Alex Bonnema, Elkien	34		
Actieplan	36		
Innovaties	40		
Wat kan ik doen?	41		
Interview Sander Geelen, Geelen Counterflow	42		
2. ANDERS VAN A NAAR B:			
SCHONER, STILLER EN MET MINDER ENERGIE	44		
Interview Geert Kloppenburg	50		
Wat	52		
Hoe	59		
Financiering	62		
Actieplan	63		
Innovaties	64		
Wat kan ik doen?	65		
Interview Bart Lubbers, Fastned	66		
3. ANDERS ETEN:			
EEN MEER PLANTAARDIGE, REGIONALE EN SEIZOENSGEBONDEN KEUKEN	68		
Wat	72		
Hoe	76		
Financiering	78		
Actieplan	79		
Interview Jaap Korteweg, De Vegetarische Slager	82		
Innovaties	84		
Wat kan ik doen?	85		
Interview Johan Sanders en Martijn Wagener van Grassa	86		
4. ANDERS PRODUCEREN:			
EEN CIRCULAIRE, BIO-BASED INDUSTRIE OP DUURZAME ENERGIE	90		
Wat	95		
Interview Tjeerd Jongsma, ISPT	100		
Hoe	115		
Financiering en belasting	126		
Actieplan	128		
Innovaties	131		
Wat kan ik doen?	133		
5. ANDERS ENERGIE OPWEKKEN:			
VEEL ZON EN WIND	134		
Wat	138		
Interview Chris Westra, Chris Westra Consulting	142		
Hoe	148		
Interview LeonAmmerlaan, The Green Innovator	150		
Financiering	152		
Actieplan	153		
Innovaties	154		
Wat kan ik doen?	157		
BIJLAGE 1	159		
BIJLAGE 2	162		
Interview JohnKerkhoven, Quintel Intelligence	176		
AFKORTINGEN	178		
EINDNOTEN	179		
FIGUREN	184		

SAMENVATTING



Lorenzo Quinn: Support (Biennale Venetië 2017)

Vraagstelling en opgave

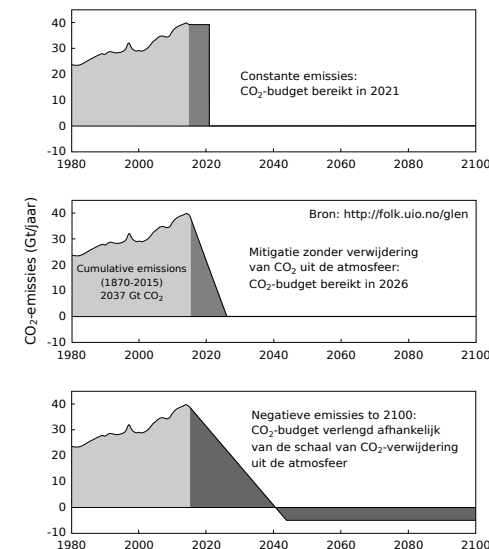
Dit rapport wil antwoord geven op de vraag: als we het willen, kunnen we dan binnen vijftien jaar overgeschakeld zijn op een volledige duurzame energie voorziening? Is het technisch mogelijk? Blijft ons energiesysteem dan minstens even betrouwbaar? Kunnen we die overgang betalen en leidt het tot een betaalbare energievoorziening in 2030? Zijn er onoverkomelijke obstakels waardoor het niet kan binnen vijftien jaar? Stel dat we de urgentie onderkennen en het echt willen, kan het dan, 100% duurzame energie in 2030? Daaruit volgt meteen een antwoord op de vraag: hoe dan? Welke stappen moeten mensen, instituten, bedrijven en overheden nemen om een transitie binnen vijftien jaar mogelijk te maken?

Urgentie

Waarom zo'n haast, waarom binnen vijftien jaar? Als we gevaarlijke klimaatverandering willen voorkomen, zullen we de concentratie broeikasgassen in de lucht niet verder moeten laten oplopen en uiteindelijk zelfs terug moeten brengen. We onderzoeken een transitie binnen vijftien jaar, omdat broeikasgassen en vooral CO₂ heel lang in het systeem van de aarde en in de atmosfeer blijven (honderden tot duizenden jaren) en slechts langzaam verdwijnen. Hoe langer we wachten, hoe meer de CO₂-uitstoot uit het verleden optelt bij die van het heden en ze samen zo hoog worden dat het leidt tot temperatuurstijgingen van meer dan 4 graden gemiddeld op aarde.¹ Dit terwijl Nederland en meer dan 190 andere landen op basis van aanvaarde wetenschap in december 2015 in Parijs hebben toegezegd hun uiterste best te gaan doen om

de temperatuur op aarde niet verder dan 1,5 à 2 graden te laten opwarmen ten opzichte van het niveau dat we hadden toen de industriële revolutie begon. Inmiddels is de aarde al 1 graad warmer, dus we hebben haast.

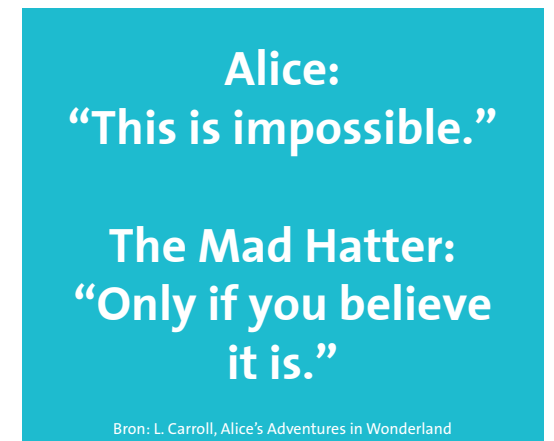
Totale uitstoot ongeveer 210 Gt CO₂ vanaf 2016 voor een 66% kans om de temperatuurstijging onder 1,5°C te houden



Figuur 1: We hebben nog maar weinig koolstofbudget over.

De wereld stoot ongeveer 40 gigaton CO₂ uit per jaar. Als we nog 400 gigaton CO₂ extra hebben uitgestoten, is de concentratie in de lucht al zo hoog dat we 50% kans hebben om over de 1,5 graad heen te gaan. Dat is dus bij de huidige uitstoot al over tien jaar. Willen we 66% kans om onder de 1,5 graad te blijven, dan moeten we nog sneller in actie komen. Dat lijkt al bijna niet meer haalbaar. Bij de huidige uitstoot, dus zonder verdere groei of reductie, is de 1,5 graad al in 2021 bereikt.

Ons scenario, waarin we proberen 100% duurzame energie te hebben in 2030, zorgt ervoor dat we dan nauwelijks CO₂-uitstoot veroorzaken voor het maken van energie. Als de hele wereld voor 2030 die zelfde omslag zou hebben gemaakt, dan hebben we 50% kans om onder de 1,5 graad temperatuurstijging te blijven.



Dat lijkt welhaast een onmogelijke opgave. Het kán echter nog steeds en het is de enige manier om het leefbaar te houden voor de volgende generaties. We zijn aan onszelf en aan de jongeren verplicht om onze uiterste best te doen dat te halen. Dat is de uitdaging die we in dit rapport aangaan. Als we pas in 2050 serieus de CO₂-uitstoot gaan ombuigen, dan zijn we zeker te laat. Veel wetenschappers die liever geen Russisch roulette spelen, pleiten daarom voor een serieuze teruggang in CO₂-uitstoot van 6% per jaar. Hoe eerder we reduceren, hoe beter en hoe meer kans we hebben om het leefbaar te houden op aarde.² Wij hebben de opgave vertaald in 100% duurzame energie in 2030: geen CO₂-uitstoot veroorzaakt door het energiesysteem in 2030³.

Eigenlijk zouden we nog sneller moeten veranderen...

In eerdere artikelen pleitten topwetenschappers voor een maximale gemiddelde temperatuurstijging op aarde van 1 graad. Dan houden we het risico op gevaarlijke klimaatverandering klein. Het is de situatie waar we nu al in zitten. Dat is namelijk nog binnen de bandbreedte die de mensheid en het andere leven op aarde kent van de afgelopen 10.000 jaar in het Holoceen. Twee graden lijkt niet veel meer, maar leidt tot een heel andere situatie, die de mensheid helemaal nog niet kent. Twee graden kwam zo'n 120.000 jaar geleden voor op aarde in een warme periode van het Pleistoceen. Twee graden leidt voor onze beschaving tot desastreuze gevolgen, is de verwachting.⁴ Uitstellen van de noodzakelijke transitie leidt tot onaanvaardbare risico's en onomkeerbare schade

Het is een enorme opgave, maar het kan! De versnelde overgang naar een fossiel vrije samenleving vraagt om investeringen. Nu zou dat slechts een paar procent van het BNP zijn, als we onmiddellijk starten. Als onze kinderen over twintig jaar de gevolgen van klimaatverandering moeten gaan opvangen, maken zij zeer hoge kosten, liet het Stern-rapport al zien. Dit onderzoek naar de kosten van klimaatverandering publiceerde de Britse econoom Lord Stern in 2006.⁵ Stern becijferde dat de kosten tot 20% van het bruto wereld product kunnen oplopen. In 2013 zei Lord Stern dat hij te voorzichtig is geweest en dat de opwarming van de aarde sneller gaat dan werd aangenomen en ons nog meer gaat kosten als we niets doen. Het lijkt ons niet juist om de volgende generaties met de kosten en de sores op te zadelen als wij die nu nog sterk kunnen beperken voor veel minder geld. De techniek en de kennis zijn aanwezig. Het enige wat nodig is, is het gevoel voor urgentie en vervolgens gedragsverandering plus een robuuste en consistente aanpak voor de komende vijftien jaar. We zijn tot veel in staat als we er als samenleving samen de schouders onder zetten. We hebben eerder in tien jaar de overgang van kolen naar gas gemaakt, we hebben de Deltawerken gebouwd, en nu vragen we de overtreffende trap. Als we ons werkelijk realiseren wat de volgende

generaties gaan meemaken als wij niets doen, dan zouden we nu samen aan de slag gaan. Dit rapport wil in ieder geval de urgentie benadrukken en de discussie aanjagen, opdat we niet over twintig jaar zeggen: "Hadden we maar geweten hoe urgent het was." We willen ook laten zien dat er geen reden is om bij de pakken neer te gaan zitten en willen iedereen inspireren om mee te doen.

EXTREEM SNELLE VERANDERING IS MOGELIJK

Als de juiste combinatie van urgentie, wilskracht en leiderschap aanwezig is, kan een doorbraak worden gecreëerd die tot een versnelde transitie leidt. In de Tweede Wereldoorlog was het Roosevelt die vier dagen na Pearl Harbor tegen de auto-industrie zei dat ze moesten stoppen met auto's produceren en moesten gaan produceren voor de oorlogsindustrie. Ford bouwde op het hoogtepunt van de oorlog 600 vliegtuigen per maand. Dus als de noodzaak gevoeld wordt en er goede leiders zijn, kan er enorm veel veranderen, en veel sneller dan iedereen vermoedt.



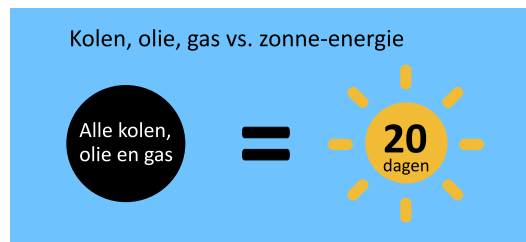
Er wordt veel fossiele brandstof verbruikt en CO₂ uitgestoten in de gebouwde omgeving, de vervoers-, de voedsel- en de landbouwsector en in de industrie. In dit rapport laten we zien dat het mogelijk is om 100% op duurzame energie te draaien als:

- alle woningen, kantoren en andere gebouwen energieneutraal zijn in 2030;
- alle voertuigen elektrisch rijden, terwijl nog slechts 10% van het zware vervoer rijdt op andere groene brandstoffen;
- alle kassen draaien op diepe geothermie en op WKO's, plus 5% op bio-WKKs
- de industrie tussen nu en 2030 50% energie bespaart en zo veel mogelijk duurzame elektriciteit, (ultra)diepe geothermie en alleen waar nodig nog biomassa gebruikt, (en niet-fossiele grondstoffen gebruikt voor de producten);
- alle benodigde energie opgewekt wordt uit zon, wind en aardwarmte.

In de eerste vijf hoofdstukken wordt beschreven dat het mogelijk is om te realiseren wat hiervoor is beschreven. Het zal niet simpel zijn en we willen veel binnen vijftien jaar, maar als we alles op alles zetten, dan kan het. Dat we gebouwen energieneutraal kunnen maken, is

De grootste uitdagingen en vraagstukken liggen nog bij de industrie.

duidelijk. Dat is vooral een kwestie van organiseren en opschalen en daarmee de prijs nog verder omlaag brengen. Elektrische voertuigen komen er in groten getale bij de komende jaren en ze worden betaalbaar. Die verandering naar duurzame voertuigen is al volop bezig en zal doorzetten. We weten hoe we kassen energieneutraal moeten maken en zullen dat verder moeten uitbouwen. Ook het opschalen van wind- en zonne-energie zal doorzetten en vraagt vooral organisatie en steun van de overheid en de netwerkbedrijven om tempo te houden. De grootste uitdagingen en vraagstukken liggen nog bij de industrie. Aan de grote energie-intensieve sectoren uit het bedrijfsleven is in dit rapport meer aandacht besteed dan in de eerste uitgave uit 2014. Veel industrietakken gebruiken aardolie, aardgas en steenkool, als energiebron en voor de grondstoffen voor hun producten. Dat maakt het soms ingewikkelder en vraagt ook om een meer integrale blik, ook



Figuur 2: De zon levert meer energie dan alle kolen, olie en gas bij elkaar.

op de grondstoffenkant, om vervolgens twee vliegen in één klap te slaan. De nadruk in dit rapport blijft liggen op de energiekant van het systeem. Uiteindelijk blijken er in alle sectoren oplossingen te zijn om zonder CO₂-uitstoot te produceren. Dat vraagt wel om investeringen waarmee nieuwe technieken en processen kunnen worden opgeschaald van proefproject naar een eerste kleine fabriek of installatie en dan steeds verder kunnen uitgroeien. Veel bedrijven willen niet de enige of de eerste zijn die de kosten voor dat eerste project en bijbehorende kinderziektes moeten maken. Of ze willen geen kostprijsverhoging krijgen ten opzichte van concurrenten door die overgang naar nieuwe, duurzamere manieren van produceren. Ze willen graag veranderen, maar durven de stap nog niet te maken. Dat vraagt dus om steun in allerlei vormen, van garantstellingen door de overheid op boringen naar ultradiepe geothermie tot misschien wel een importheffing op onduurzaam staal. Als we onze industrie ontzien door importheffingen op zonnepanelen, waarom dan niet op staal? Dat laatste zal voor het klimaat veel gunstigere gevolgen hebben dan heffingen op goedkope zonnepanelen. Uiteindelijk kunnen alle industrietakken hun processen aanpassen en voor een heel groot deel elektrificeren en zo heel veel besparen. Als we echt willen, kan zelfs daar 100% duurzame energie in 2030 bereikt worden.

Cijfers

Om deze vragen en oplossingen ook getalsmatig en gedegen te kunnen beantwoorden en onderbouwen, hebben we Quintel Intelligence gevraagd om in hun Energietransitiemodel door te rekenen wat het betekent als we een nagevoeg fossielvrije energievoorziening in 2030 nastreven. Zie bijlage 2 voor meer informatie over het model, de getallen en de aannames in dit scenario. Het belangrijkste doel voor deze toekomstvisie is natuurlijk een volledige duurzame energievoorziening, zonder gebruik van olie, kolen en gas. Maar er zijn nog meer doelen:

1. zo dicht mogelijk bij 100% duurzame energie in Nederland komen;
2. een zo laag mogelijke kostenstijging;
3. 100% leveringszekerheid voor elektriciteit;
4. zo min mogelijk biomassa inzetten.

Als we binnen vijftien jaar de energievoorziening verduurzamen, besparen we bijna 60% energie door alle duurzamere technieken, terwijl doorgaan op de oude fossiele route betekent dat we 11% meer energie gaan verbruiken.



Jong geleerd is oud gedaan, ook met duurzaamheid.

In het 100% duurzame scenario bedragen de totale kosten voor de energievoorziening € 40,3 miljard per jaar. Als we door zouden gaan met een fossiele energievoorziening, zouden de kosten voor energie bijna € 3,5 miljard hoger zijn in 2030. Het scenario 'Business As Usual' (BAU), dus het scenario met fossiele energie, geeft minder grote kostenstijgingen voor het netwerk en de elektriciteit, maar toont een sterke kostenstijging voor brandstoffen, doordat de alle brandstoffen stijgen in prijs (ten opzichte van de prijs in euro's in 2013). Het BAU-scenario toont ook een grote afhankelijkheid van de import van energie (73,2%), omdat ons aardgas opraakt.

zullen er investeringen in de industrie nodig zijn voor aanpassing van de productieprocessen om zowel de brandstof- als de grondstoffen zo veel mogelijk hernieuwbaar te maken en de productieprocessen zonder uitstoot van broeikasgassen te laten doordraaien.

Schattingen van 150.000 banen nieuwe banen lijken dan ook realistisch.

	Situatie 2013	100% duurzame energie in 2030	Business As Usual 2030 (= fossiele energie)
Energiegebruik (ref: 2012)	0%	- 58,50%	11%
CO ₂ -uitstoot (ref: 1990)	11%	- 98,90%	22,6%
Netto energie-import	14,20%	7%	73,2%
Energiekosten (miljard €/jaar)	27,32	40,3	43,7
Hernieuwbare energie	4,5%	97,3%	4%

Figuur 3: Er zijn grote verschillen tussen niets doen en naar 100% duurzame energie gaan. Maar we kunnen 99% minder CO₂ uitstoten tegen lagere jaarlijkse kosten!

Hoewel de jaarlijkse kosten voor energie in het 100% duurzame scenario in 2030 lager zijn dan die kosten in het BAU-scenario, stijgen de investeringen de komende jaren natuurlijk wel (de afschrijvingen op die investeringen zijn in die jaarlijkse kosten verwerkt). Er is een extra investering van € 1 miljard per jaar in elektriciteitsnetten nodig en een investering van € 9 miljard per jaar in duurzame elektriciteits- en warmteproductie. Het Nederlandse bruto nationaal product (BNP) in 2014 was € 880 miljard. Voor een jaarlijkse investering van 1,14% van dit bedrag tot en met 2030 kunnen we onze elektriciteits- en warmteproductiecapaciteit inclusief de netwerkkosten volledig verduurzamen. Daarnaast

Werkgelegenheid

In dit scenario komen er per jaar ruim 71.000 extra directe arbeidsplaatsen in de energiesector en installatiebranche. Dus tot 2030 betekent dit bijna 1 miljoen mensjaar extra werk. Daarnaast levert het indirecte banen op van toeleverende en ondersteunende bedrijfstakken en bij andere branches dan de twee hier genoemd. Schattingen van 150.000 banen nieuwe banen lijken dan ook realistisch. Opleidingen dienen daarop aangepast te worden.

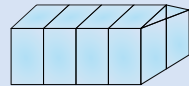
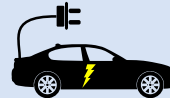
100% duurzame energie in 2030?

Wat betekent dat?



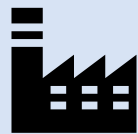
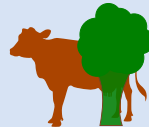
Energie neutrale gebouwen

Elektrische auto's



Energie neutrale kassen

Eiwittransitie van dierlijke naar plantaardige eiwitten



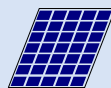
50% energiebesparing industrie in 2030

Industriële Symbiose, afval wordt grondstof



5000 windmolens op zee

150 miljoen zonnepanelen
1,5 keer oppervlakte Texel



Investering van 1% BNP in duurzame energievoorziening en smartgrid

€3 miljard goedkoper per jaar dan scenario fossiele energie



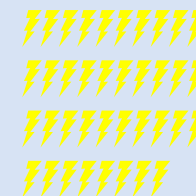
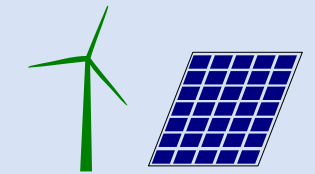
100% duurzame energie in 2030

Wat levert het op?

Doorgaan met fossiel



100% duurzaam

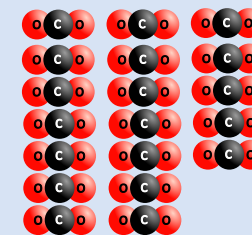


3,8 EJ

Energieverbruik per jaar



1,4 EJ

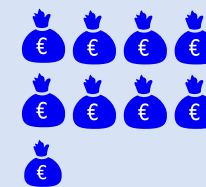


187 Miljoen ton

CO₂-uitstoot per jaar



2 Miljoen ton



€44 miljard

Kosten per jaar

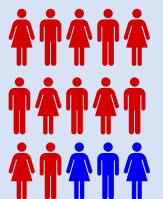


€40 miljard



50 duizend

Werkgelegenheid voltijdsbanen



150 duizend*

*waarvan 30 duizend indirect

VIJF KEER ANDERS

AGENDA



① ANDERS WONEN

WONEN ZONDER ENERGIEREKENING

- A. HUISHOUDENS GAAN 30% ENERGIE BESPAREN (OA. DOOR ISOLATIE EN ZUINIGERE APPARATEN)
- B. KANTOREN VERBRUIKEN 60% MINDER ENERGIE
- C. NIEUWBOUW WORDT ENERGIENEUTRAAL (VANWEGE EU-REGELGEVING 50.000 HUIZEN/JAAR VANAF 2020)
- D. BESTAANDE HUIZEN WORDEN ENERGIENEUTRAAL (GAS ERUIT; REST DUURZAAM OPWEKKEN)
 - A. OPSCHALEN VAN TIENDUIZENDEN WONINGEN PER JAAR IN 2018 NAAR RUIM 1 MILJOEN WONINGEN IN 2030
 - B. OPLEIDEN PROCESBEGELEIDERS, INSTALLATEURS EN ANDEREN DIE HUISHOUDENS GAAN STEUNEN

② ANDERS VAN A NAAR B

SCHONER, STILLER EN MET MINDER ENERGIE

- A. ALLE PERSONENAUTO'S RIJDEN ELEKTRISCH
- B. BESTELWAGENS, BUSJES, OV EN KLEINE VRACHTWAGENS RIJDEN ELEKTRISCH
- C. 90% VAN HET ZWAARDER VERVOER RIJDT ELEKTRISCH EN 10% OP WATERSTOF EN LOKAAL GROEN GAS
- D. GOEDERENVERVOER WORDT PER JAAR 1,5% EFFICIËNTER

③ ANDERS ETEN

EEN MEER PLANTAARDIGE, REGIONALE, SEIZOENSGEBONDENKEUKEN

- A. 30% ENERGIEBESPARING IN DE LAND- EN TUINBOUWSECTOR (VOORAL IN DE KASSEN)
- B. ENERGIE VOOR WARMTE IN DE KASSEN: 95% MET GEOTHERMIE EN WKO-INSTALLATIES, DE RESTERENDE 5% MET BIO-WKK'S

④ ANDERS PRODUCEREN

NAAR EEN CIRCULAIRE, BIO-BASED INDUSTRIE OP DUURZAME ENERGIE

- A. DE INDUSTRIE BESPAART 50% ENERGIE IN 2030, DOOR EEN COMBINATIE VAN:
 - EEN LAGERE VRAAG NAAR NIEUWE PRODUCTEN IN SOMMIGE SECTOREN
 - MEER HERGEBRUIK EN RECYCLING
 - EFFICIENCYVERBETERING VAN GEMIDDELD 2% PER JAAR
 - MEER GEBRUIK RESTWARMTE, O.A. DOOR GEBRUIK VAN INDUSTRIËLE WARMTEPOMPEN
- B. ELEKTRIFICATIE VAN PROCESSEN (20%), GEBRUIK VAN (ULTRA)DIEPE GEOTHERMIE, MEER INZET VAN WATERSTOFTECHNOLOGIE, TEN KOSTE VAN FOSSIEL GAS EN BIOMASSA
- C. BOVEN OP DE MODELBEREKENINGEN EXTRA INZET VAN 20 GW ZONNE-ENERGIE EN 9 GW WIND OP ZEE OM HET GEBRUIK VAN BIOMASSA ZO VEEL MOGELIJK TE VOORKOMEN EN PROCESSEN VERDER TE ELEKTRIFICEREN.

⑤ ANDERS ENERGIE OPWEKKEN

VEEL ZON EN WIND

- A. 12.000 MW WIND OP LAND
- B. 30.000 MW WIND OP ZEE
- C. 26.500 MW ZONNE-ENERGIE
- D. OPSLAG VIA ELEKTROLYSE IN WATERSTOF EN IN (AUTO)BATTERIJEN
- E. OMZETTING IN WARMTE OM PIEKEN OP TE VANGEN

EXTRA NODIG VOOR ELEKTRIFICERING INDUSTRIE

- 20.000 MW ZONNE-ENERGIE
- 9.000 MW WIND OP ZEE



TU Delft
www.pretaloger.nl



1. ANDERS WONEN

WONEN ZONDER ENERGIEREKENING

AGENDA

VOOR NEDERLAND VOOR 2030



- 1 HUISHOUDENS GAAN 30% ENERGIE BESPAREN**
(O.A. DOOR ISOLATIE EN ZUINIGERE APPARATEN)
- 2 KANTOREN VERBRUIKEN 60% MINDER ENERGIE**
- 3 NIEUWBOUW WORDT ENERGIENEUTRAAL**
VANWEGE EU-REGELGEVING 50.000 HUIZEN PER JAAR VANAF 2020
- 4 BESTAANDE HUIZEN WORDEN ENERGIENEUTRAAL**
(GAS ERUIT; DE REST DUURZAAM OPWEKKEN)

**A. OPSCHALEN VAN TIENDUIZENDEN WONINGEN PER JAAR
IN 2018 NAAR RUIM 1 MILJOEN WONINGEN IN 2030**

**B. OPLEIDEN PROCESBEGELEIDERS, INSTALLATEURS EN
ANDEREN DIE HUISHOUDENS GAAN ONDERSTEUNEN**

1. ANDERS WONEN

WONEN ZONDER ENERGIEREKENING

In 2016 zijn er ruim 7,6 miljoen woningen in Nederland. Hiervan is 56% een koopwoning, 30% een huurwoning van een woningcorporatie en 14% een huurwoning in bezit van een particulier. De meeste huurwoningen zijn appartementen/flats of rijtjeshuizen. Van de koopwoningen bestaat het merendeel uit rijtjeshuizen, twee-onder-een-kapwoningen en vrijstaande huizen.² Op dit moment zijn er ongeveer 1500 energieneutrale woningen in de bestaande bouw en 1500 in de nieuwbouw.³

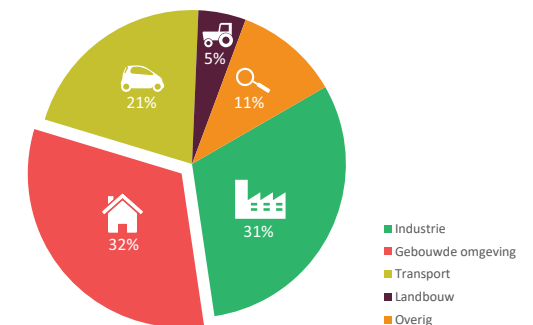
Alle huizen die je nu bouwt met gas en zonder zonnepanelen zijn al bij voorbaat verouderd en minder courant.



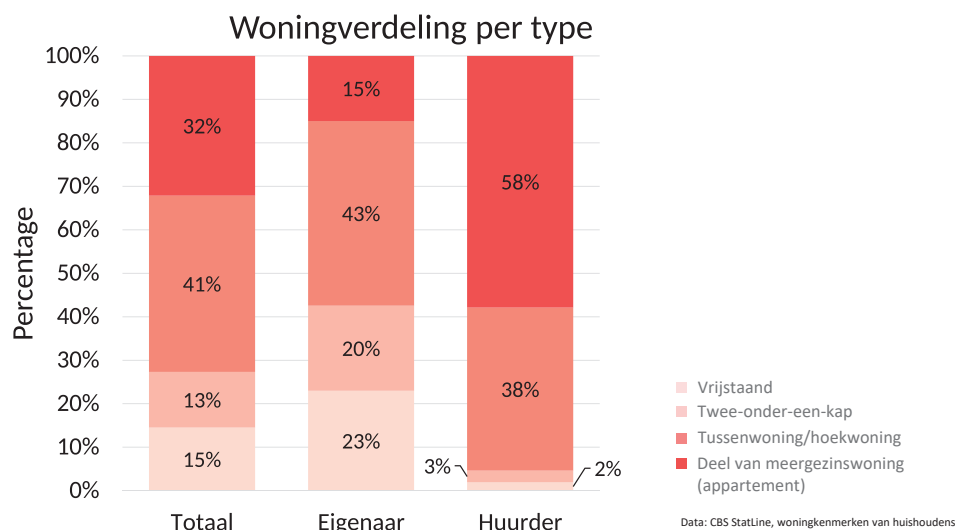
Een groen dak verkoelt en verbetert de luchtkwaliteit.

Nieuwbouwhuizen

Nieuwe huizen moeten vanwege EU-regelgeving vanaf 2020 sowieso 'bijna energieneutraal' worden. Voor nieuwe overheidsgebouwen geldt dat al vanaf 2018.⁴ Dus de nieuwbouw zal binnen een paar jaar verduurzamen. Dat betekent huizen zonder gas en met bijvoorbeeld warmtepompen en geïntegreerde zonnepanelen in het hele dakvlak. De vraag is dan natuurlijk: waarom nog wachten tot 2020? Alles wat je nu bouwt met gas en zonder zonnepanelen is al bij voorbaat verouderd en minder courant. Vanaf 2020 zullen dus rond de 50.000 huizen per jaar energieneutraal nieuw worden gebouwd.⁵



Figuur 1: Aandeel in Nederlandse CO₂-uitstoot per sector



Figuur 2: Verdeling van woningtypen in Nederland

Bestaande bouw: particuliere huizen

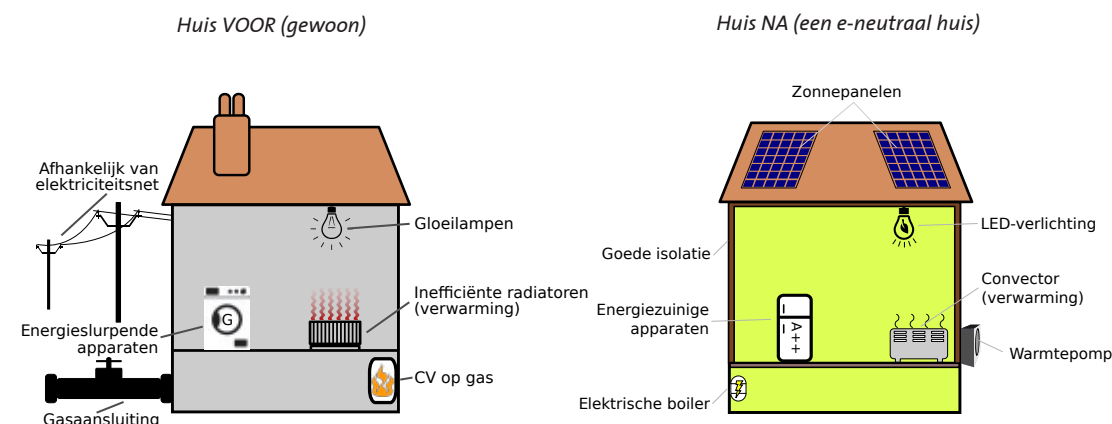
Als we dus veel verschil willen maken, zal er vooral iets gedaan moeten worden aan de bestaande woningen en kantoren. Als we die weten te verduurzamen, maken we een grote stap.

In dit rapport verstaan we onder een energieneutrale woning: een huis dat in een jaar net zo veel duurzame energie zelf produceert op, in en onder de woning (bijvoorbeeld met zonnepanelen) als die woning in dat jaar gebruikt. Het elektriciteitsnet fungeert nog als opslagplaats, want vaak haal je overdag veel zonne-energie van je dak die je 's avonds pas gebruikt. In de toekomst gaan we die energie misschien wel zelf opslaan.

Een gemiddeld gezin met twee kinderen geeft in vijftien jaar € 35.000 uit aan energiekosten. Als je voor dat bedrag het huis energieneutraal maakt, dan heb je geen energierekening meer. Stel dat je het bedrag moet lenen, dan

kun je dat terugbetalen met rente in vijftien jaar voor hetzelfde maandelijkse bedrag als je daarvoor betaalde aan energiekosten. Dus dat gezin is netto niet meer kwijt, maar heeft wel een huis op 100% duurzame energie. Dat kan nu al. Urgenda heeft dat met haar initiatief ThuisBaas laten zien.⁶ Nu is het zaak die aanpak op te schalen. Voor huiseigenaren zijn er vele voordelen, naast de geslonken energierekening. De waarde van de huizen die energieneutraal zijn gemaakt, stijgt met 5 à 10% (conservatief).⁷ Daarnaast leveren huizen die goed aangepakt zijn meer comfort en een gezonder binnenklimaat.

Dus dat gezin is netto niet meer kwijt, maar heeft wel een huis op 100% duurzame energie.



Figuur 3: Voorbeeld van een woning vóór en na het e-neutraal maken. ThuisBaas heeft voor elk huis en elke gebruiker een oplossingspakket.



VanGasLos

In zeer korte tijd is het voorstelbaar geworden dat alle huizen stoppen met het gebruiken van aardgas en op andere wijze hun ruimtes gaan verwarmen en warm water maken. Verwarmen kan onder andere met warmtepompen, maar ook met infraroodpanelen of in een groter verband met warmte-koudeopslag (WKO-installatie). Warm water kun je opwekken met zonnecollectoren en een zonneboiler of met PVT-panelen die zowel warm water als elektriciteit maken. Nadat de minister van Economische Zaken op het NOS Journaal had gezegd dat fossiele brandstoffen eruit gaan en dat niemand ontkomt aan de gevolgen van de energietransitie, gingen velen er pas voor het eerst over nadenken. Huizen zonder aardgas? Er klonk nog wat ongeloof, maar minister Kamp klonk vastberaden. 'Het moet', zegt hij. 'We gaan dit doen.'⁸ De beweging VanGasLos groeit gestaag en bestaat uit partijen die zien dat we versneld moeten stoppen met het gebruiken van aardgas (ook voor de mensen in Groningen!).

De beweging VanGasLos groeit gestaag en bestaat uit partijen die zien dat we versneld moeten stoppen met het gebruiken van aardgas.



‘Wachten? Waar zou je op wachten?’

Rik en Milda Mooi, Wormerveer

Na hun eerste zonnepanelen kregen Rik en Milda Mooi uit Wormerveer de duurzame smaak te pakken. Ze besloten ‘all the way’ te gaan en met ThuisBaas hun huis volledig energieneutraal te maken. En dat doen ze niet alleen voor zichzelf.

Vanwaar het idee om het huis te verduurzamen?

Rik: ‘Voor mijn werk als elektricien volgde ik een cursus over zonne-energie. Dat sprak me aan. De vader van een vriend van mijn zoon kocht zonnepanelen, en toen ik hem hielp die te plaatsen, dacht ik: dat gaan wij ook doen. Ik heb er twaalf op de schuur gelegd.’ Milda: ‘We kregen er een app bij. Dat vond ik leuk, ik houd wel van nieuwe dingen. Als we weg waren, zag ik: hé, ons huis verdient geld!’ Rik: ‘We verdiepten ons steeds meer in energiebesparing. Gas bleek het duurste te zijn. Ons jarenlang huis is een van de eerste met spouwmuren, die hebben we laten isoleren.’

Jullie waren al goed bezig, dus.

Rik: ‘Ja, maar toen Urgenda in Wormerveer in een ThuisBaas-pilot 100 huizen energieneutraal wilde gaan maken, werden we nóg enthousiaster.’ Milda: ‘Zeker toen we Marjan Minnesma over de klimaatverandering hoorden vertellen. We hebben ons meteen aangemeld, want we wilden nog veel verder gaan. Helemaal van het gas af. Dat ze in Groningen zitten te trillen als wij de thermostaat hoger zetten, geeft een rotgevoel. En ik was ongeduldig.’

Wat is er allemaal in en op het huis aangebracht?

Rik: ‘Op het dak liggen tien PVT-panelen, die wekken elektriciteit én warmte op. Ze zijn verbonden met een boiler met 500 liter water voor de douche en de vloerverwarming. Als er niet genoeg zon is, slaat de lucht-waterwarmtepomp aan. Die zuigt lucht van buiten aan en perst die samen, waardoor er warmte ontstaat. De truc is dat wij warmte krijgen met water van 40°C, bij een cv-ketel is dat 60°C.’ Milda: We hebben ook een

convector met een ventilator, die verspreidt de warmte. Bij een cv blijft die meer bij de radiator hangen.’

Is het betaalbaar om je huis energieneutraal te maken?

Rik: ‘De investering is 35.000 euro, de terugverdientijd is vijftien jaar. We hebben de installatie in gebruik sinds 9 oktober 2015, de Dag van de Duurzaamheid, en voor zover we kunnen overzien, klopt vijftien jaar wel.’ Milda: ‘Maar je hoeft geen geld te hebben om dit te doen, want voor dit doel kun je lenen tegen een lage rente. Ik betaal liever hiervoor een lening af dan dat ik elke maand een energiemaatschappij betaal. Dat blijft maar doorgaan. En als je wél geld hebt, kun je beter hierin investeren, want bij de bank krijg je er niks voor.’

Hoe reageert de omgeving erop?

Milda: ‘Onze zonen Wouter en Martijn vinden het doodnormaal. Maar veel mensen snappen ons niet. Die zeggen: zó veel geld, wat brengt dat op? Maar wat kost een auto en wat is die na vijftien jaar nog waard? Dit is voor de lange termijn en voor de goede zaak. Daar zijn veel mensen niet zo mee bezig.’ Rik: ‘We horen ook vaak: je kunt beter een paar jaar wachten. Waar zou je op wachten? De generaties na ons moeten ook kunnen leven. We zijn ook nog niet klaar. Onze volgende stap wordt een hemelwatersysteem, dan zijn we helemaal duurzaam. En intussen ben ik als zelfstandig elektricien in duurzame systemen gestapt. Het is prettig om zulke gemotiveerde mensen tegen te komen.’

Woningcorporaties - huurhuizen

De woningcorporaties in Nederland verhuren zo'n 2,39 miljoen woningen van de 7,65 miljoen bestaande woningen.⁹ Veel huurders zien hun woonlasten toenemen, waardoor steeds meer betalingsproblemen ontstaan. Vanuit hun sociale rol is het ook voor de corporaties belangrijk om de energierekening van huurders te verlagen.

Woningcorporaties zitten al jaren in allerlei convenanten en samenwerkingsverbanden. Ze nemen deel aan het Energieakkoord en moeten aan de slag met energiebesparing en het opwekken van duurzame energie. Toch wil het nog niet heel erg vlotten, terwijl ook huurwoningen betaalbaar energieneutraal gemaakt kunnen worden. Gewone zogenaamde grondgebonden woningen kunnen net als woningen van particulieren met de ThuisBaas-aanpak voor gemiddeld € 35.000 energieneutraal gemaakt worden (inclusief btw!). Bij een grootschalige aanpak moet dat ook goedkoper kunnen. Een kostenbesparing van minimaal 20% is mogelijk. Voor flats zijn andere oplossingen mogelijk dan voor woningen van particulieren, maar de renovatie hoeft niet duurder te zijn per woning.

Veel overheidsprogramma's hebben gewerkt aan het verduurzamen van de bouw, vooral voor de huursector en andere zakelijke afnemers. Er is veel gedaan vanuit Platform31 (voorheen SEV) en hun programma 'Energiesprong' en vandaaruit programma's of projecten zoals 'Slim & Snel' en de Green Deal Stroomversnelling. Samen met de bouwpartijen hebben ze gewerkt aan innovaties voor zogenaamde NOM-renovaties (Nul Op de Meter), van installatiekits tot prefab

voorzetwanden. Zij hebben ook veel werk verzet om voor de verhuurders een Energie Prestatie Vergoeding (EPV) wettelijk mogelijk te maken, waardoor verhuurders een deel van hun investeringen in NOM-woningen onder voorwaarden weer konden terugverdienen via de vergoeding die de huurders aan hen moeten betalen. De huurders hadden in ruil daarvoor lagere energiekosten.

Corporatie Elkien heeft een actieplan om al haar huurwoningen tussen nu en 2030 e-neutraal te maken. Dan kunnen andere corporaties dat toch ook?

Corporatie Elkien in Friesland heeft als doel al haar huurwoningen energieneutraal te maken tussen nu en eind 2030 en heeft een realistisch actieplan per jaar om dat te halen. Dan kunnen andere corporaties dat toch ook? (Zie het interview met Alex Bonnema, directeur van Elkien, op pagina 34). Stel dat je niet alle stroom die nodig is zelf op eigen daken kunt op wekken, dan kan een participatie in een lokale windmolen de rest afdekken. Er zijn ook ideeën geopperd om een eigen lokale molen te exploiteren, wat ook rendabel zou kunnen, maar daar schijnen wetten in de weg te staan en vast ook praktische bezwaren. In de toekomst zou het echter niet gek zijn om wel open te gaan staan voor nieuwe oplossingen en creatieve samenwerkingsvormen, bijvoorbeeld tussen lokale energiecoöperaties en woningcorporaties.

Voorbeeld van een nieuwe samenwerking: Ymere – Tegenstroom – Haarlemmermeer

Een goed voorbeeld van zoeken naar gezamenlijke oplossingen waarover iedereen enthousiast is, is de samenwerking tussen het lokale duurzame energiebedrijf Tegenstroom, de corporatie Ymere en de gemeente Haarlemmermeer. Ymere en Tegenstroom hebben samen aan alle huurders aangeboden dat ze zonnepanelen op hun eigen huurwoning konden krijgen, terwijl hun maandlasten per onmiddellijk omlaag zouden gaan. Inmiddels doet 25% van alle huurders mee.

Hoe werkt het?

- De huurders huren acht zonnepanelen voor € 29,95 per maand.
- De energierekening van de huurders gaat meteen met € 35 per maand omlaag, dus huurders houden zo'n € 60 per jaar over. Ze kunnen elk energiebedrijf kiezen, dus geen gedwongen winkelnering.
- Tegenstroom heeft de panelen verkregen met een lening van de Bank Nederlandse Gemeenten, met een borgstelling van de gemeente (dit kost de gemeente niets), tegen een zeer lage rente. De lening wordt in twintig jaar terugbetaald.
- Ymere stelt de daken ter beschikking en er wordt een opstalrecht gevestigd (collectief voor alle daken tegelijk), zodat Tegenstroom de eigenaar van de panelen kan blijven.
- Ymere zorgt er ook voor dat eventuele nieuwe huurders of kopers ook een contract afsluiten. Tegenstroom dekt de eventuele eerste maand leegstand, Ymere die daarna.
- Ymere heeft er ook voor gezorgd dat de huur niet omhoog ging door de energielabelstijging van het pand vanwege de zonnepanelen.
- Wat er over twintig jaar met de panelen gebeurt is nog niet in cement gegoten. Wél helder is afgesproken tussen Ymere en Tegenstroom dat ze gewoon blijven liggen als ze het nog doen!

Kortom, elke partij heeft haar best gedaan om mee te denken en mee te werken en tot een gezamenlijk werkbaar oplossing te komen. Maar het allermooiste is dat de bewoners die meedoen zo ontzettend blij zijn dat ze op deze manier een wezenlijke bijdrage kunnen leveren. De huurders willen vaak wel iets doen, maar voelen zich doorgaans machteloos. De 1100 huurders die meedoen, wekken samen ruim 2 miljoen kWh zonnestroom op, elk jaar weer. Dit maakt ze trots en in de gemeente Haarlemmermeer zien ze al dat het een aanstekelijke werking heeft. "Als de burens het ook doen..." En zo creëer je samen versnelling. Tegenstroom denkt al na over

De 1100 huurders die meedoen, wekken samen ruim 2 miljoen kWh zonnestroom op, elk jaar weer. Dit maakt ze trots.

de volgende stap: een heel blok van 72 huurwoningen in één klap energieneutraal maken. Dan neemt Tegenstroom de hele energierekening over. Zo schieten we lekker op!



Energieleverend kantoor van Alliander in Duiven, ontworpen door Thomas Rau.

Bron: alliander

Kantoren

Nieuwe kantoren kunnen probleemloos energieneutraal gebouwd worden. Eigenlijk zou dat nu al wettelijk geëist moeten worden. Daar heeft iedereen alleen maar baat bij. Een inspirerend voorbeeld is het duurzaamste kantoor ter wereld (volgens BREEAM) van het bedrijf Geelen Counterflow (zie het interview met directeur Sander Geelen op pagina 42).

Bestaande gebouwen kunnen ook energieneutraal verbouwd worden. Een van de meest opvallende en gelauwerde kantoorrenovaties van de afgelopen jaren is die van netwerkbeheerder Alliander in Duiven. Het gebouw heeft een zeer laag energieverbruik en een hoog comfort voor de gebruikers. Door de inzet van zonnepanelen en het gebruik van grondwater voor warmte-koudeopslag is het complex na renovatie CO₂-positief en kan het in de eigen energiebehoefte voorzien. Er is zelfs overcapaciteit, die wordt geleverd aan de omliggende bedrijven die onderdeel zijn van het samenwerkingsverband Stichting Groene Allianties.¹⁰

De verhouding tussen elektriciteit en warmte is bij kantoren precies andersom dan bij woningen. Het omlaag brengen van de elektriciteitsvraag (verlichting, ICT, ventilatie, koeling) in combinatie met het opwekken van eigen duurzame energie zet dus de meeste zoden aan de dijk. Bij de renovatie van kantoren zullen 'energy service company's' (ESCO's) een steeds belangrijker rol gaan spelen. Die nemen de investeringen (en vaak ook het onderhoud) voor bijvoorbeeld de energie-installaties voor hun rekening en krijgen een bedrag per maand van de gebruiker van het kantoor. De gebruiker heeft als het goed is geen of heel lage energiekosten na de aanpassingen, zonder dat die zelf het geld voor de investeringen hoeft op te hoesten. Het energieneutraal maken van fabriekspanden en de industriële processen daarbinnen komt aan bod in het hoofdstuk 4 'Anders produceren'.

WAT

Als we fossiele energie willen uitbannen in de gebouwde omgeving, dan kan dit in drie stappen (niet noodzakelijk in deze volgorde):

Stap 1: Minder verbruiken

Het is duidelijk dat met simpele maatregelen, zoals stand-by killers, ledverlichting en iets bewuster gedrag, al snel 10 tot 20% van de elektriciteit bespaard kan worden. Als daarnaast de komende vijftien jaar ieder nieuw apparaat ten minste A++ wordt, dan besparen we nog veel meer. Nederlanders gebruiken in huis veel meer gas (vooral voor verwarming) dan elektriciteit, dus het grootste resultaat wordt geboekt als we minder hoeven te verwarmen. Dan gaat het al snel over isoleren (binnen- of buitenkant), (drie)dubbelglas en een goed ingeregelde verwarming. Uiteindelijk willen we de komende vijftien jaar naar huizen zonder aardgas, die doorgaans dus meer elektriciteit gaan gebruiken. Elke kilowattuur die we makkelijk kunnen besparen is dan zeer de moeite en de investering waard. Ook in kantoren kan nog veel bespaard worden op apparaten die dag en nacht onnodig aanstaan en onzuinige verlichting die te lang brandt.

Stap 2: Duurzaam opwekken

Voor burgers, wijken en kantoren zijn er verschillende opties om zelf duurzame energie op te wekken. Allereerst kijken we wat er op het eigen dak kan. Zonnepanelen die elektriciteit opwekken, zonnecollectoren voor warm water of de combinatie van PVT-panelen die beide doen. Afhankelijk van de ligging, de schaduw en de staat van het dak zijn er verschillende mogelijkheden voor verschillende huishoudens. Voor warmte kunnen warmtepompen een rol vervullen, evenals infraroodpanelen, naast WKO-installaties (warmte-koudeopslag) die vooral goed werken op wijkniveau of voor grotere gebouwen en flats. Op gebiedsniveau zijn er nog andere oplossingen, van (lage temperatuur) warmtenetten tot WKO. Of een warmtenet een goed idee is, hangt zeer sterk af van de omstandigheden. Als er warmte uit de diepe ondergrond (diepe geothermie) aanwezig is of als er veel industriële restwarmte

beschikbaar is van een bedrijf dat past in de economie van de toekomst, en als er voldoende gebruikers relatief dicht in de buurt zijn, dan kan het een goede oplossing zijn. Het is niet per definitie een goede oplossing, omdat het ook kan leiden tot ongewenste situaties, zoals het langer openhouden van kolencentrales vanwege een onderliggend warmtecontract (een 'lock-in').

Elektriciteit maakt nu maar 20 tot 30% uit van het energieverbruik van een woning. De hoeveelheid benodigde elektriciteit verdubbelt als het gas eruit gaat. Toch hebben zonnepanelen op een dak een grote invloed op het energieverbruik. Niet alleen door het duurzaam opwekken van stroom, maar vooral door de bewustwording (wat verbruik je eigenlijk?) en omdat het duurzamen 'leuk' maakt. Het wordt een sport om alles zelf op te wekken, waardoor zonnepanelen vaak op een stimulerende manier leiden tot besparing en andere vervolgstappen.

Kantoorgebouwen zijn net als huizen heel goed energieneutraal te maken. Het verschil met veel huizen is vooral dat kantoren ook veel koeling vragen. Koeling kost meestal meer energie dan verwarming. Duurzamere vormen van koeling werken vaak met water, vooral uit de bodem, dat gebruikt wordt om het gebouw te koelen, bijvoorbeeld met systemen voor warmte-koudeopslag. Dat is een relatief zuinige manier van koelen. De extra elektriciteit die daarvoor nodig is, kan met zon of wind worden opgewekt. Ook het anders benutten van het dak, bijvoorbeeld een groen dak (planten) of juist een wit dak, kan helpen om een gebouw koeler te houden. Veel van die opties worden nog niet benut en zijn wel een rendabele investering.

Stap 3: Samen opwekken elders

Niet iedereen heeft voldoende dakoppervlak om zelf alle stroom duurzaam op te wekken. Ook op monumentale panden mag veel niet. Als het niet lukt om op of onder je eigen huis

alle energie op te wekken die je nodig hebt, dan zijn er ook mogelijkheden om dat samen elders te doen. Zo zijn er collectieven die samen een windmolen of een zonneveld beheren, je kunt lid worden van de WindCentrale of meedoen met zonnepanelendelen of je koopt in via een lokale duurzame energiecoöperatie. Er komen wekelijks nieuwe mogelijkheden bij om met andere gelijkgestemden te kiezen voor lokale duurzame energie. Tot slot kun je ook nog groene energie uit Nederland inkopen bij een groter energiebedrijf.

Er zullen veel nieuwe servicegerichte partijen op de markt moeten komen die bewoners gaan helpen om energieneutraal te worden.

HOE

7,6 miljoen bestaande woningen

De opgave wordt om de 7,6 miljoen bestaande woningen zodanig te renoveren dat ook die energieneutraal worden. We kunnen huizen nu energieneutraal maken zonder de maandelijkse kosten voor huishoudens te verhogen (zie ThuisBaas.nl). Bewoners kunnen daarbij volledig 'ontzorgd' worden en de garantie ontvangen dat ze echt geen energierekening meer hebben. De kunst wordt om dit op te schalen, ieder jaar sneller. Als we de monumenten en echte bouwvallen buiten beschouwing laten, hebben we het al snel over honderdduizenden woningen per jaar die aangepakt moeten worden de komende vijftien jaar. Dat betekent dat we een vitale bouw- en installatiesector nodig hebben, met vaardige adviseurs en begeleiders van burgers, met renovatie(bouw)bedrijven, installateurs, toeleveranciers van (drie)dubbelglas en isolatie-

materiaal tot zonnepanelen en warmtepompen. Kortom, dit kan enorm veel werkgelegenheid creëren. Het is een banenmotor voor jongeren en nieuwe mensen en voor mensen die banen verliezen in de sectoren die zullen omvallen de komende vijftien jaar. Honderdduizend nieuwe banen zal het zeker opleveren.

Ontzorgen en adviseren

Waarom zijn mensen nog niet bezig met het energieneutraal maken van hun woning? Enerzijds komt dat door een gebrek aan kennis, ervaring en goede voorbeelden in de omgeving. Men ziet het als een kostenpost, zonder voordelen. Ze besteden hun geld dan liever aan iets anders. Anderzijds komt dat door het feit dat er nauwelijks betrouwbare partijen zijn die mensen kunnen helpen op dit terrein. Er zullen veel nieuwe servicegerichte partijen op de markt moeten komen die bewoners gaan helpen om energieneutraal te worden.

Woningcorporaties, de EPV en de verhuurdersheffing

Woningcorporaties kunnen aan de reguliere renovaties, die ze normaal gesproken heel planmatig aanpakken, toevoegen dat ze dan meteen de woning energieneutraal of 'NOM' (Nul-Op-de-Meter) maken. Dat kost gemiddeld € 20.000 tot € 30.000 extra en dit kan ruimschoots terugverdiend worden met de energieprestatievergoeding (EPV). Als we echter in het tempo van de 'natuurlijke renovatiemomenten' aan de slag gaan, dan is de sector niet in 2030 energieneutraal, dus extra stimulans is wel nodig.

Als de overheid wil helpen om in de corporatiesector binnen vijftien jaar alle woningen e-neutraal te laten maken, dan is de verhuurdersheffing de sleutel. Laat de verhuurdersheffing vallen als de corporatie dat geld gebruikt om de woningen e-neutraal te maken. De overheid roomt nu € 1,7 miljard per jaar af via die heffing.

Corporaties zouden met die kasstroom zo'n € 50 miljard kunnen lenen (tegen zo'n 1,5% rente op dit moment). Daarmee kunnen ze ruim 1,4 miljoen woningen energieneutraal maken, en als de innovatie en industrialisatie op dit gebied voortschrijdt, kunnen dat er nog veel meer zijn. Dat is al een mooi begin en ruim 60% van hun woningvoorraad. Voor de huurders betekent het een huis zonder energierekening en ook de zekerheid dat energiekosten niet meer stijgen.

Voor de huurders betekent het een huis zonder energierekening en ook de zekerheid dat energiekosten niet meer stijgen.

FINANCIERING EN NIEUWE BANEN

De kosten per gemiddelde woning voor het energieneutraal maken zijn rond de € 35.000. Dat wordt in vijftien jaar terugbetaald, waarbij de maandelijkse kosten niet hoger zijn dan het bedrag dat men voorheen kwijt was aan energie. Daarna heeft het huis geen energierekening meer. Investerings kunnen komen uit eigen geld, subsidies (er zijn nu veel subsidies voor huiseigenaren), leningen/fondsen (overheid, later wellicht pensioenfondsen) of een verhoging van de hypotheek. Het belangrijkste is nu de stap om dit te gaan organiseren.

Zelf betalen is doorgaans het goedkoopst. Als iemand het geld heeft, is dat een goede oplossing, maar er is slechts een kleine groep mensen die dat geld op de bank heeft. Er zijn echter ook allerlei leningen mogelijk. Er zijn nu al financieringsmogelijkheden, zowel via banken (verhoging 'groene' hypotheek, greenloans etc.) zoals via bijvoorbeeld SVn (Stichting Stimulerings-

fonds Volkshuisvesting Nederlandse gemeenten), waar tegen een effectieve rente van een paar procent geld geleend kan worden voor het verduurzamen van woningen. Ook de nationale overheid verstrekt sinds januari 2014 via SVn extra fondsen voor het verduurzamen van de bestaande bouw. Zowel banken als SVn werken aan nieuwe producten op landelijke schaal, dus de verwachting is dat er snel meer mogelijkheden komen voor burgers die aan de slag willen.

In het begin gaat het om (tien)duizenden woningen per jaar, vanaf 2020 om honderdduizenden woningen per jaar en vanaf 2025 een miljoen woningen per jaar. Dat levert zeer veel nieuwe banen op, de komende vijftien jaar ongeveer 150.000.

Het vraagt ook om veel investeringen, die binnen vijftien jaar weer terug komen, dus een uitgelezen kans voor onze pensioenfondsen die altijd op zoek zijn naar grote projecten. Tot nu toe zeiden de pensioenfondsen dat die projecten moeilijk te vinden zouden zijn in Nederland. Dit is er echter één van een flinke omvang, met weinig risico. Als je alle 4,25 miljoen particuliere woningen in Nederland energieneutraal wilt maken, vereist dat een investering van € 149 miljard in ruim tien jaar, rond de € 15 miljard per jaar. Een mooi bedrag voor een pensioenfonds. Om de pensioenfondsen meer zekerheid te geven, zou de overheid mede garant kunnen gaan staan. Een andere mogelijkheid is dat de overheid de wetgeving aanpast, zodat huishoudens de investering per maand kunnen terugbetalen via de netwerkbedrijven. Net als de kosten van de infrastructuur van alle netwerken, worden dan ook de kosten van de aanpassingen aan de woning terugbetaald via de netwerken en verbonden aan de woning en niet aan de bewoner. Dat geeft ook meer zekerheid. De rente zou laag moeten zijn, omdat het gaat om investeringen met een laag risico en grote maatschappelijke baten.



‘Dit kan niet in stapjes, dit moet disruptief’

Alex Bonnema, directeur-bestuurder van woningcorporatie Elkie

De Friese woningcorporatie Elkie wil in 2030 zo'n 17.000 woningen energieneutraal hebben, en ook nog eens zo veel mogelijk circulair bouwen. Bovendien moeten de woningen betaalbaar zijn. Een forse ambitie, maar zeker haalbaar, aldus directeur Alex Bonnema.

Ergeneutraal, betaalbaar én circulair, hoe doet Elkie dat?

‘Met kleine stapjes ben je pas in de 22^e eeuw klaar. Dit moet disruptief. Wij maken afspraken voor grootschalige aanpak met enorme volumes. Bij grotere volumes en meer zekerheid voor leveranciers dat ze hun investering terugverdienen, daalt de kostprijs. In 2030 moeten de woonlasten inclusief energie maximaal 615 euro zijn. Met onze investeringen blijven woningen van Elkie betaalbaar voor mensen met een bescheiden inkomen.’

Hoe staat het ervoor?

‘We hebben onze visie en ambitie aan de markt voorgelegd en gevraagd hoe men het zou aanpakken, ook qua kostprijs. We werken met langjarige overeenkomsten, zodat aannemende partijen weten waarop ze kunnen rekenen. Aannemende partijen zijn met allerlei nieuwe concepten gekomen, bijvoorbeeld een woning die in één dag op te zetten of af te breken is, van een materiaal dat 150 jaar meegaat. Alleen al deze verlenging van levensduur betekent een disruptief businessmodel.’

De sleutel ligt dus in samenwerken?

‘Ja, er zijn meerdere partijen met durf nodig: wij met onze ambitie, aannemers die bouw realiseren, huurders die hun steentje bijdragen, en een overheid die volkshuisvestelijk energieneutraliteit nastreeft. We tillen elkaar naar een nieuw niveau.’

Hoe reageren de huurders?

‘Voorzieningen kun je alleen aanbrenge als huurders meewerken. Elkie biedt het perspectief van comfort en betaalbaarheid, maar het belangrijkste is dat we goed uitleggen wat we gaan doen, anders is er veel weerstand. Dat is begrijpelijk, want huurders

weten nu wat ze hebben, maar hebben geen idee hoe het afloopt. We nemen hun vragen om bijvoorbeeld maatwerk zeer serieus. Als het eenmaal klaar is, zijn de huurders onze grootste aanhangers, is onze ervaring.’

Zijn er ook hobbels op de weg?

‘Wet- en regelgeving loopt achter. We willen bijvoorbeeld gasloze woningen, maar een meterkast met gasaansluiting is verplicht. Ook moet er een schoorsteen op, terwijl rookafvoer bij gasloos niet nodig is. Maar er zijn ook prettige verrassingen. We bouwen bijvoorbeeld een woning die zó veel energie produceert dat we ons afvroegen: waar zit nu nog het grootste energiegebruik? Dat blijkt te zitten in water opwarmen, waarvoor een gezin 1000 tot 1500 kWh gebruikt. Samen met waterinstituut Wetsus hebben we een wereldwijde Warm Water Challenge uitgeschreven om daar oplossingen voor te vinden. Daarin zijn nu 22 Nederlandse en buitenlandse partijen over die fossielvrij en energiezuinig warm water kunnen leveren.’

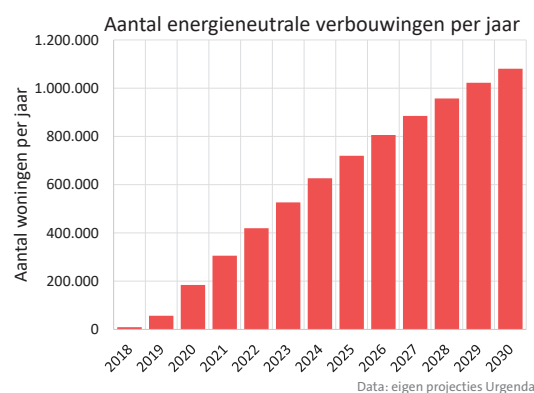
Is het vooral een kwestie van gaan doen?

‘Pas na zes jaar experimenteren kun je zeggen: dit is het concept, maar wachten op een dichtgetimmerde businesscase is zinloos. We moeten starten, ervaring opdoen en zien hoe het efficiënter en slimmer kan. Te veel corporaties wachten af. Ze verduurzamen naar label B en denken: in 2025 zijn er vast goedwerkende concepten. Maar label B is in 2025 het label G van nu. Beter nu flink investeren en het in één keer grondig aanpakken. Maar dit moeten we samen doen. Ik ben blij dat veel partijen bij het kabinet aandringen op een context waarbinnen men initiatieven durft te nemen.’

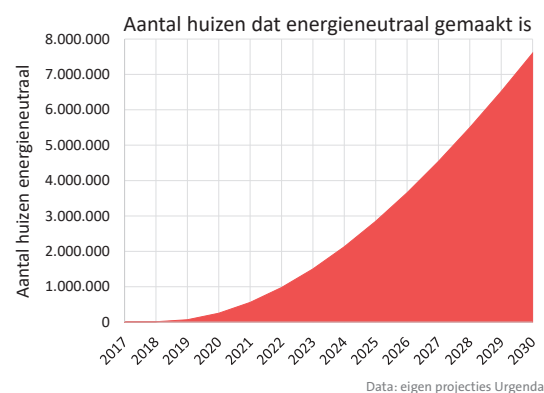
Warm Water Challenge: www.kiencitylab.nl

ACTIEPLAN

De eerste 1500 woningen en kantoren zijn nu energieneutraal gemaakt. Daar is veel van geleerd. In de huursector gaat het trager dan gepland, volgens de Nationale Energieverkenning 2016. “Het oorspronkelijke doel uit het Energieakkoord om in totaal 111.000 nul-op-de-meter-woningen te realiseren in 2020, is vertraagd. Volgens de meest actuele prognose worden in de periode tot en met 2020 in totaal 30.000 nul-op-de-meter-woningen in de sociale huur sector gerealiseerd.” Nu is het zaak om versneld op de schalen, zowel de particuliere woningen als de huurwoningen en alle kantoren.



Figuur 4: Benodigde verbouwsnelheid om alle huizen energieneutraal te maken in 2030.



Figuur 5: Projectie aantal energieneutrale huizen per jaar om in 2030 energieneutraal te zijn.

Actieplan particuliere woningen

‘Verhuis je rijk’

1. **Teruggave van overdrachtsbelasting bij huizen die binnen een jaar na aanschaf e-neutraal zijn gemaakt**
2. **SVn-lening voor e-neutrale woningen € 25.000 zonder nadere toetsing, als de maandlasten gelijk blijven (dus als maandelijkse afbetaling investering = energiekosten);**
3. **Beroepsopleidingen en cursussen voor installateurs worden hieraan aangepast.**

Er verhuizen ieder jaar tussen de 400.000 en 500.000 huishoudens.¹¹ Een uitgelezen kans om hen te verleiden om op dat moment meteen te investeren in het energieneutraal maken van de woning. Het geld moeten ze probleemloos kunnen lenen via SVn, die al dan niet met behulp

van pensioengelden leningen verstrekt tot maximaal het bedrag dat in dat huis normaal gesproken aan energie wordt uitgegeven in vijftien jaar (gemiddeld € 35.000). Mensen betalen de energielening in vijftien jaar terug.

De resterende bijna € 20.000 kan dan meegefinancierd worden in de groene hypotheek.

Een extra stimulans zou kunnen zijn dat lokale overheden de WOZ-waarde verlagen voor energieneutrale woningen.

Een nieuw te introduceren stimulans voor kopers van een bestaande woning zou zijn als ze de overdrachtsbelasting terugkrijgen als hun huis binnen een jaar na aankoop energieneutraal is. De overdrachtsbelasting kan iets omhoog naar 6%, dan is de teruggave gemiddeld in Nederland bijna € 15.000. Dat is nu al meer dan een derde van de investeringen die nodig zijn. De resterende bijna € 20.000 kan dan meegefinancierd worden in de groene hypotheek (er zijn al banken die lagere hypotheekrente geven aan huizen die energieneutraal zijn/worden) of geleend worden bij SVn of deels ingevuld worden met nog aanwezige subsidies. Doordat men de energierekening kwijt is, stijgen de woonlasten niet.

Dit geldt overigens zowel voor particulieren die wonen in hun eigen pand als voor particulieren die hun pand verhuren. Ook zij betalen overdrachtbelasting als ze hun pand verkopen, dus voor hen geldt dit ook. Misschien dat de overheid dit eerst een paar jaar op vrijwillige basis moet doen, maar dat ze op enig moment -als het niet snel genoeg gaat- gaat eisen dat woningen in het eerste half jaar na de verkoop energieneutraal worden gemaakt. Een extra stimulans zou kunnen zijn dat lokale overheden de WOZ-waarde verlagen voor energieneutrale woningen. Daar zullen gemeenten wellicht een compensatie voor verlangen van de rijksoverheid. De rijksoverheid ontvangt extra inkomsten

als mensen hun huis energieneutraal maken, via de btw op de installaties en de loonbelasting en winstbelasting (VPB) voor de extra uren van de installateurs en andere betrokkenen in dit proces. Met 150.000 nieuwe banen brengt dit veel extra belastinginkomsten met zich mee (circa 41% voor iedere euro bouwomzet). De centrale en decentrale overheden zouden samen huiseigenaren kunnen verleiden om aan de slag te gaan. Als de markt dan voldoende aanbieders heeft om hen te ontzorgen, kan het snel gaan. Aan de kant van installateurs en adviseurs zal de komende jaren de kennis vergroot moeten worden en het aanbod aangepast aan het helpen van bewoners om in één klap e-neutraal te worden.

Een nieuw te introduceren stimulans zou zijn als kopers de overdrachtsbelasting terugkrijgen als hun huis binnen een jaar na aankoop energieneutraal is.



Energieneutraal gemaakt huis in Loppersum.

Actieplan woningcorporaties

1. Woningcorporaties mogen de verhuurdersheffing houden als ze deze benutten om de maximale financiering te verkrijgen om hun woningen energieneutraal te maken.
2. Er geldt een verplichting om bij een voorgenomen renovatie altijd onderzoek te doen naar de economische haalbaarheid van een 'NOM-pakket' met inzet van de EPV; bij een 'ja' is er ook een uitvoeringsplicht.

Van alle woningen hebben woningcorporaties er 2,3 miljoen in bezit. Afgelopen jaren zijn er voor hen in de wetgeving al wat zaken aangepast die het makkelijker maken om woningen energieneutraal te maken en dat mee te nemen in de huurprijs, als bewoners dan lagere/geen energielasten meer hebben. De eerste corporaties hebben al een roadmap om in 2030 al hun woningen energieneutraal te hebben. Wat let de anderen om te volgen?

Bouw- en installatiebranche en ontzorgpartijen
De bouw- en installatiebranche zal heel snel moeten opschalen en zorgen dat er voldoende mensen en kennis beschikbaar zijn om de enorme bouwopgave aan te kunnen. Dus wat hen te doen staat, samen met brancheverenigingen en scholen, is het volgende:

- leerervaringen van e-neutrale woningen tot op heden verwerken en verspreiden;
- trainings- en educatietrajecten opzetten voor alle benodigde werknemers;
- financiële mogelijkheden op een rij zetten en fondsen helpen ontstaan;
- vanaf 2020 per jaar 250.000 nieuwe woningen energieneutraal maken en daarna versnellen;
- innovaties en leereffecten meenemen om de prijs per woning steeds verder te verlagen;
- pensioenfondsen mee laten financieren tegen lage rente;
- burgers informeren en verleiden om aan de slag te gaan.

Actieplan Overheid

De overheid kan barrières wegnemen en helpen met versnellen. Dit kan onder andere door:

- een landelijk renovatiefonds ter beschikking te stellen, bijvoorbeeld samen met pensioenfondsen, om de renovaties te financieren tegen lage rentelasten;
- aflossen van een lening mogelijk te maken via het netwerkbedrijf, waardoor de lening aan het huis gekoppeld kan worden in plaats van aan de persoon;
- een lening van gemiddeld € 35.000 mogelijk te maken zonder hoge drempels voor iedereen die zijn huis energieneutraal maakt en de woonlasten constant houdt;
- belastingen sterk te verlagen voor energieneutrale huizen de komende vijftien jaar, om eigenaren aan te zetten tot actie – dit kan door de overdrachtsbelasting kwijt te schelden als je na de verhuizing je huis energieneutraal maakt, of door lokaal bijvoorbeeld de WOZ-waarde te verlagen voor e-neutrale woningen;

Stel een landelijk renovatiefonds ter beschikking, bijvoorbeeld samen met pensioenfondsen, om de renovaties te financieren tegen lage rentelasten.



We moeten de huizenmarkt duurzaam op z'n kop zetten.

Houd het huidige systeem van salderen op eigen dak minstens tien jaar vast en morrel niet aan het systeem.

- het huidige systeem van salderen op eigen dak minstens tien jaar vast te houden en niet te morrelen aan het systeem; vanaf 2025 eventueel afbouwen naar 2030 volgens een van tevoren vastgelegd traject, opdat investeerders weten waar ze aan toe zijn;
- salderen op afstand voor lokale duurzame energiecoöperaties toe te staan.
- schooldakrevolutie te ondersteunen: op alle 6000 geschikte scholen 50 zonnepanelen. Dit kost eenmalig € 100 miljoen, maar levert dan 25 jaar lang € 10 miljoen besparing op bij die scholen. Voor deze € 250 miljoen kunnen scholen leermiddelen en verdere maatregelen bekostigen. Het effect van zonnepanelen op scholen plus bijbehorend lesmateriaal is ook dat duurzame energie meteen normaal is en onderwerp van gesprek.

ANDERS WONEN

INNOVATIES - ER KAN STRAKS NOG VEEL MEER

In dit rapport nemen we innovaties van nieuwe technologieën die nog niet op de markt zijn niet mee in de berekeningen, om niet beticht te worden van 'wishful thinking'. Toch lijkt het vrij zeker dat er nog veel ontwikkelingen zullen volgen die onze inschattingen aan de lage kant zullen maken. Door innovaties en industrialisatie kunnen de prijzen verder dalen. Dat zal zeker gebeuren.

Zo lukt het steeds beter om diffuus licht op te vangen waardoor de zonnepanelen steeds meer opleveren op daken die niet precies op het zuiden liggen en ook op muren. En de eerste ontwikkelingen om transparante zonnepanelen te verwerken in onze ramen zijn al aanwezig.¹² In de toekomst leveren panelen tegelijkertijd betaalbaar warm water en elektriciteit, zodat er minder strijd is om de vierkante meter. Sterker nog, er is de verwachting dat in de toekomst bijna alle oppervlakken energie gaan leveren.

Er komen steeds meer mogelijkheden om energie op te slaan, zowel in je huis als per wijk. Dit zit inmiddels ook in het nieuwe scenario. Het scenario gaat er bijvoorbeeld vanuit dat 30% van de huishoudens in 2030 een batterij thuis heeft. Dat kan lokaal fluctuaties in aanbod van en vraag naar energie opvangen en kan er bijvoorbeeld voor zorgen dat de zon die je overdag opvangt, 's avonds benut kan worden. Door slimme netten, veel betere informatie aan de burgers (op apps, telefoon, displays in huis etc.), mogelijkheden om zelf energie op te slaan, bijvoorbeeld in een accu of in water, en allerlei andere veranderingen die de komende vijftien jaar plaatsvinden, gaan we nog meer energie besparen en wordt het steeds makkelijker om je huis tot energiefabriekje om te bouwen. Kortom, als we innovaties sneller op de markt helpen, kan er nog zo veel meer!

VOORBEELD:

Nerdalize

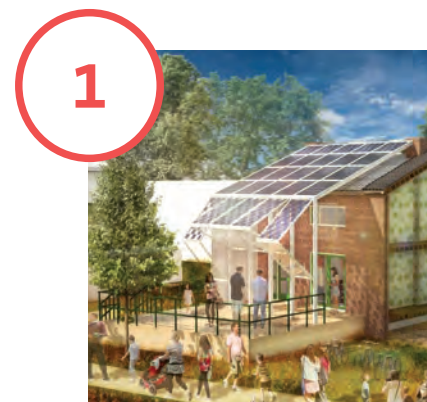
Nerdalize is een startend bedrijf dat servers uit datacenters haalt en in huizen zet, waar ze als verwarming dienen. Dus de ene groep klanten, zoals bedrijven en universiteiten, die rekenkracht nodig hebben van servers, krijgen deze via servers die in de huizen staan van mensen. Voor deze mensen produceren die computers warmte, waarmee ze gratis verwarming of warm water krijgen. Iemand kan dan bijvoorbeeld douchen met de warmte die geproduceerd wordt door berekeningen voor medicijnenonderzoek en bespaart al snel € 300 per jaar op de gasrekening. Kort gezegd lost Nerdalize twee grote problemen op: ze helpen huishoudens besparen op hun energierekening en verduurzamen datacenters.



NEDERLAND 100% DUURZAME ENERGIE VOOR 2030

WAT KAN IK DOEN?

AGENDA



1. ELKE NIEUW APPARAAT DAT IK KOOP WORDT ZEER ENERGIEZUINIG
2. AL MIJN LAMPEN WORDEN LEDLAMPEN
3. IK ISOLEER WAT NODIG EN BETAALBAAR IS
4. IK WEK ELEKTRICITEIT OP MET ZONNEPANELEN
5. IK STOP MET AARDGAS EN GA MIJN HUIS ANDERS VERWARMEN
6. IK HAAL WARM WATER VAN MIJN (SCHUUR)DAK MET EEN ZONNECOLLECTOR EN EEN BOILER
7. IK GA ELEKTRISCH KOKEN (INDUCTIE OF INFRAROOD)
8. IK GA SAMEN ENERGIE OPWEKKEN IN DE BUURT (ZON OF WIND), BIJVOORBEELD MET EEN DUURZAME LOKALE ENERGIECOÖPERATIE EN NEEM DAAR OOK MIJN STROOM AF



‘Ik wil niets meer niet-duurzaam doen’

Sander Geelen, directeur van Geelen Counterflow

Vanuit het duurzaamste kantoorpand ter wereld stuurt Sander Geelen het bedrijf Geelen Counterflow in het Limburgse Haelen aan. Dat maakt voor klanten wereldwijd drogers en koelers volgens het principe van tegenstroom. Na het kantoor en de fabriek zijn de machines aan de beurt voor verduurzaming.

Waar kwam het idee voor een duurzaam kantoor vandaan?

‘In 2010 zeilde ik in de Cariben, waar ik 20 jaar eerder ook was. Ik zag de toestand van het koraal en wist toen: alles moet anders. Dat heb ik eerst privé doorgevoerd. En toen ons kantoor te klein werd en we nieuwbouw moesten neerzetten, heb ik het managementteam meegekregen in de keuze voor 100% duurzaam. Minimaal energieneutraal, van herbruikbare materialen en demontabel, én met de hoogste score van BREEAM, de beoordelingsmethode voor duurzame bouw. Het maximum is vijf sterren, die krijg je bij 85% duurzaam. Onze architect en de bouwmanager gingen op BREEAM-cursus en overal hebben we de BREEAM-eisen naast gelegd.’

Is het gelukt met die vijf sterren?

‘Dik! Met 99,94% is dit volgens BREEAM het duurzaamste kantoor ter wereld. Vooral omdat alle wanden en vloeren van massief hout zijn. Hout is zelfs CO₂-negatief. Het is wel wat duurder, maar verdient zichzelf energetisch terug. En omdat het gebouw zo gezond en aangenaam is, zijn de medewerkers gemotiveerder en trotser en is het ziekteverzuim lager. Dan is hout écht niet duurder. Het luchtdichte kantoor heeft ventilatie met warmteterugwinning, aardwarmtesondes, slimme ledverlichting, driedubbel glas en een dak vol zonnepanelen. Er zijn geen materiaalverbindingen tussen binnen en buiten waardoor warmte zou weglekken, en we hergebruiken regenwater. En rondom ligt een prachtige ecologische tuin.’

Dan is het gebouw vast meer dan energieneutraal.

‘Ja, de zonnepanelen wekken 50% meer op dan nodig voor het kantoor, de rest gaat

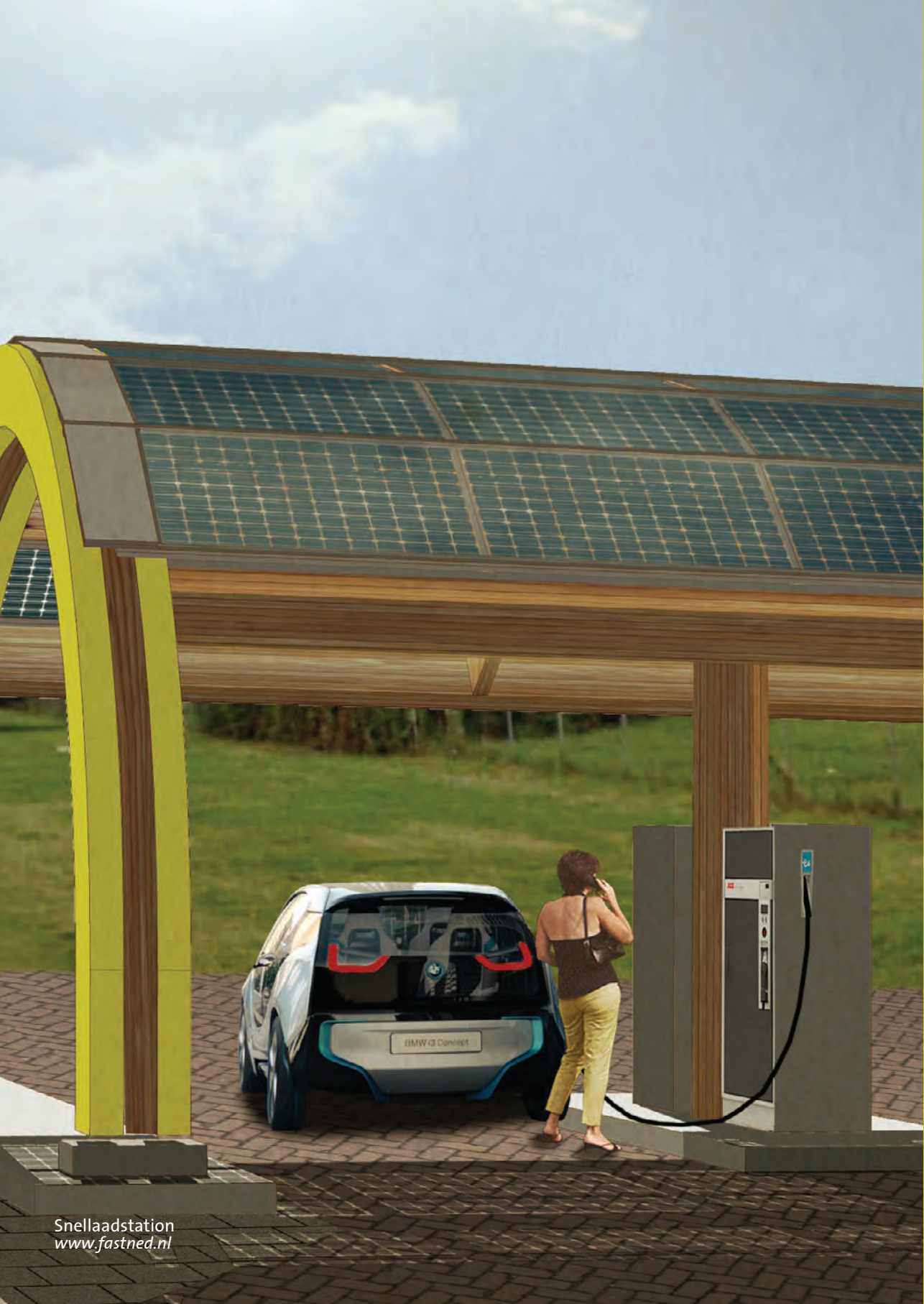
naar de fabriek. Die verduurzamen we nu ook verder. Maar we kunnen nog veel meer impact bereiken met het verduurzamen van onze producten. Daar zijn we sinds 2014 mee bezig.’

Wat maakt Geelen Counterflow?

‘We maken drogers en koelers voor de voedings- en diervoedingsindustrie, gebaseerd op counterflow ofwel tegenstroom. Daarbij gaat de productstroom van boven naar beneden en de luchtstroom andersom. Dat is de meest efficiënte technologie voor warmte-uitwisseling. Meestal wordt kruisstroom gebruikt, maar dat geeft minder overdracht. Mijn oom heeft rond 1980 tegenstroomkoelers ontwikkeld. Zonder dat hij het wist, gebruikte hij het principe van de poten van een poolvos. Het bloed naar beneden koelt in de poten al af, zodat het temperatuurverschil tussen de poot en het ijs afneemt. Omhoog wordt het bloed weer opgewarmd.’

Hoe kunnen die koelers en drogers nog duurzamer?

‘Een gewone industriële droger verbruikt evenveel gas als zo’n 750 gezinnen; met counterflow is dat al zo’n 25% minder. Desondanks blijven het energievreters. Ze werken op aardgas, daar willen we vanaf. We ontwikkelen een droger met warmtepompen, zodat die op groene stroom kan draaien. Dat is niet makkelijk, want een normale warmtepomp komt tot 60°C, maar wij hebben zo’n 130°C nodig. Na een succesvolle pilot vorig jaar leveren we begin 2018 de eerste elektrische droger, waarmee onze klanten zo’n 65% energie en per uur een paar duizend liter water besparen. En wég aardgas. Mijn ambitie is hoog en niet zonder risico’s, maar als ondernemer wil ik niets meer niet-duurzaam doen.’



2. ANDERS VAN A NAAR B

SCHONER, STILLER EN MET MINDER ENERGIE

AGENDA

VOOR NEDERLAND VOOR 2030

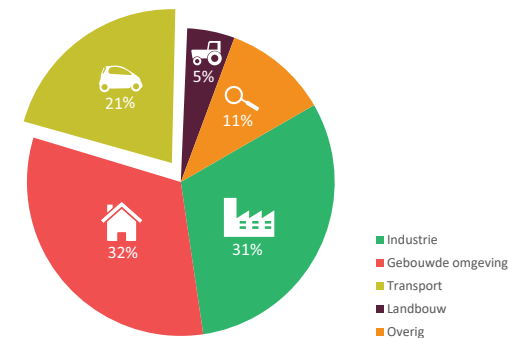
- 5 ALLE PERSONENAUTO'S RIJDEN ELEKTRISCH
- 6 BESTELWAGENS, BUSJES, OV EN KLEINE VRACHTWAGENS RIJDEN ELEKTRISCH
- 7 90% VAN HET ZWAARDER VERVOER RIJDT ELEKTRISCH EN 10% OP WATERSTOF EN LOKAAL GROEN GAS
- 8 GOEDERENVERVOER WORDT PER JAAR 1,5% EFFICIËNTER

2. ANDERS VAN A NAAR B; SCHONER, STILLER EN MET MINDER ENERGIE

Het goederen- en het personenvervoer zijn samen verantwoordelijk voor 23% van de totale uitstoot van CO₂, exclusief internationale scheepvaart en luchtvaart.¹ Daarnaast veroorzaakt de sector veel uitstoot van fijnstof en NOx en is er overlast door geluid en stank. Wegen en parkeerplaatsen nemen nog veel ruimte in beslag. Van de totale hoeveelheid energie die nodig is voor transport binnen Nederland komt ruim 70% voor rekening van personenauto's. Iedere verbetering op dit gebied draagt dus behoorlijk bij aan de doelstelling van 100% duurzame energie.²

In dit rapport wordt gerekend met auto's, bestelwagens en kleine vrachtwagens die in 2030 elektrisch rijden. Zwaar vervoer kan in 2030 voor een groot deel ook al elektrisch rijden, want de ontwikkelingen daarin gaan steeds sneller. Een klein deel van het zwaar vervoer zal rijden op lokaal geproduceerd waterstof of groen gas uit groene afvalstromen. Goederenvervoer over de weg groeit met 0,2% per jaar. Door een toename van het gebruik van deelauto's en door nieuwe combinaties met openbaar vervoer groeit het aantal auto's op de weg niet. Daarnaast wordt vervoer gemiddeld 1,5% per jaar efficiënter.³ Internationaal transport laten we buiten beschouwing.

De opmars van zelfsturende elektrische auto's gaat sneller dan iedereen een paar jaar geleden verwachtte. In de toekomst hebben mensen in steden geen eigen auto's meer nodig, maar rijdt een zelfsturend elektrisch voertuig voor de deur en brengt je van A naar B. Deze nieuwe vorm van individueel comfortabel openbaar vervoer kan zorgen voor een grote reductie in de vraag naar auto's en daardoor voor verminderd gebruik van de weg en van parkeerplaatsen. Parkeergarages worden fietsenstallingen en de lucht in de stad wordt weer fris. De verwachting onder experts is dat de zelfrijdende elektrische voertuigen voor 2030 op de markt zijn. Daarbij is Elon Musk van Tesla iets optimistischer (2018) dan KPMG (2025) of verschillende overheden (vanaf 2020).⁴



Figuur 1: Aandeel in Nederlandse CO₂-uitstoot per sector.

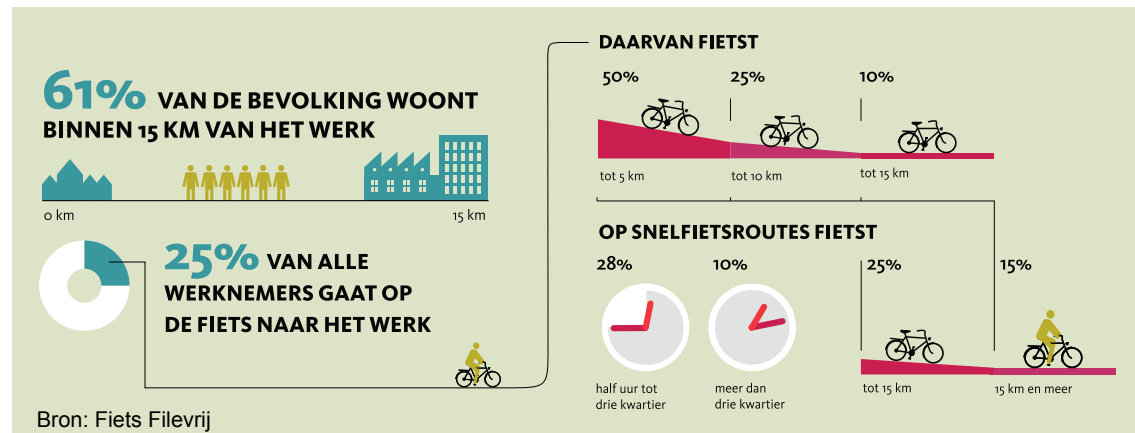
Mobiliteit is in de toekomst een dienst in plaats van een product en faciliteert onze leefwijze. Mensen zijn geen eigenaar meer van een voertuig, maar huren, leasen en kopen 'mobiliteit'. Dat kun je zelf regelen of je gebruikt een mobiliteitsmakelaar die je reis en de vervoermiddelen regelt op basis van de hoeveel tijd en geld die je beschikbaar hebt en het comfort dat je verlangt. Deze servicebedrijven en allerlei innovatieve bedrijven die onderdelen leveren voor nieuwe vormen van vervoer, vormen samen een deel van de nieuwe groene economie en creëren nieuwe banen. Verschillende onderzoeken laten zien dat de kosten per gereisde kilometer aanmerkelijk kunnen dalen als je niet meer zelf een auto bezit, maar gebruikmaakt van een vervoersdienst. Afhankelijk van je reisgedrag kun je wel 20 tot 80% besparen.⁵

In de toekomst komt er meer variëteit: meer verplaatsing over het water, onder de grond en door de lucht. Naast de zelfrijdende nieuwe OV-diensten kan ook het bestaande systeem benut blijven en nog veel worden verbeterd. Zo zou de metro vanuit Amsterdam-Noord door moeten lopen tot Schiphol en kan de Randstadrail, zoals die nu rijdt tussen Den Haag, Rotterdam en Zoetermeer verder opgeschaald worden, zoals in het interview met Geert Kloppenburg op pagina 50 wordt uitgelegd. Zeer frequent rijdende voertuigen over lijnen die allerlei steden en dorpen verbinden, kunnen helpen om mensen uit de auto in het openbaar vervoer te krijgen. Daarvoor moet het netwerk betrouwbaar, schoon en veilig zijn. Om de drukte op het spoor in de spits te verlichten, kunnen de treinen op het hoofdnetwork volgens experts dichter op elkaar rijden als ze volledig geautomatiseerd zijn. Daar moet dan wel wetgeving die nog uit de vorige eeuw stamt voor veranderd worden.

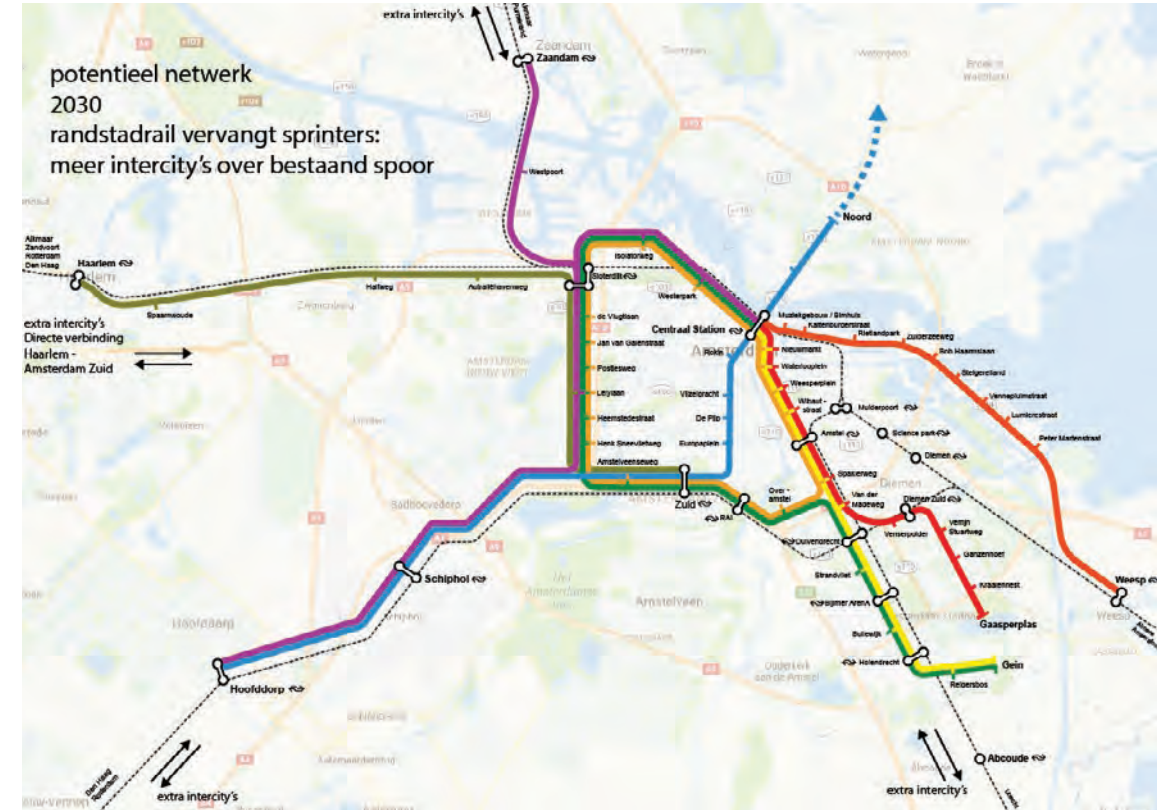
De kosten per gereisde kilometer kunnen aanmerkelijk dalen als je niet meer zelf een auto bezit.

Daarnaast woont 61% van de mensen op fietsafstand van het werk, maar neemt de helft van de werkende mensen op dit moment toch nog de auto.⁶ Dat kan naar een veel hoger percentage fietsers gestuwd worden door snelfietsroutes aan te leggen en elektrisch fietsen te stimuleren.

Ook nieuwe manieren van werken, waarbij videovergaderingen even gewoon worden als fysieke vergaderingen of telefoneren nu, gaan leiden tot minder kilometers.



Figuur 2: Snelfietsroutes verlagen de CO₂-uitstoot en zorgen voor gezondere werknemers.



Figuur 3: Toekomstvisie voor een uitgebreid netwerk van treinen en randstadrail rondom Amsterdam.



Geert Kloppenburg, ondernemer in mobiliteit

‘Dure nieuwe terminals zijn niet nodig, alleen tien metrostations om de regio te ontsluiten en 250 deelfietsen op elk metrostation.’



‘In tien minuten de stad in of uit, het kan!’

Geert Kloppenburg,
ondernemer in mobiliteit

Met de auto de grote steden in of uit raken is nu al ondoenlijk. En het aantal auto's in stedelijk gebied groeit maar door. Ondernemer in mobiliteit Geert Kloppenburg weet hoe de stad duizenden autoritten kan vermijden: met een vliegensvlug en hoogfrequent railnet in de Randstadmetropool.

Wat is het grootste mobiliteitsprobleem in de Randstad?

‘Het autoverkeer in en om de stad. Alle uitvalswegen zitten potdicht. Binnen de ring van Amsterdam komen binnenkort 100.000 nieuwe woningen, tel maar uit. Het toerisme groeit met 20% en het autovervoer tussen Amsterdam en de satellietsteden stijgt met 30%. Ook de parkeerdruk groeit, auto's nemen nu al de helft van de publieke ruimte in. Dan heb ik de CO₂-uitstoot nog niet genoemd. Dit probleem gaan elektrische en zelfrijdende auto's niet oplossen, en het huidige OV ook niet.’

Wat is er nu mis met het OV?

‘De meeste mensen reizen voor hun werk zo'n 10 tot 25 kilometer. Het OV is daarvoor vaak te tijdrovend, want de verbindingen zijn inefficiënt. Van Haarlem naar Amsterdam-Zuid reizen kost nu bijvoorbeeld bijna drie kwartier, met overstap. Tot Sloterdijk liggen er maar twee sporen en zitten sprinters en intercity's elkaar in de weg. En bus 176 staat een uur in de spitsfile. Wie van IJburg met OV richting Utrecht wil, is ook extreem veel tijd kwijt. Dat kan veel sneller en efficiënter.’

Hoe weer je al die auto's in en om de stad?

‘Met een randstadrailnet, een mengvorm van trein, tram en metro, die veel verder doorrijdt dan de treinstations en heel vaak rijdt. Dit levert 120.000 extra stoelen op. Het is te vergelijken met de RandstadRail tussen Den Haag en Rotterdam. Die vervoert 300% meer reizigers dan was verwacht, vanwege de hoge frequentie en de goede verbinding tussen en in de steden. Ook Parijs heeft zo'n net dat buiten de stad snel gaat en ook haltes in het centrum heeft. Veel Duitse steden hebben een S-Bahn. Het is dé oplossing.’

Gaan verstokte automobilisten niet steigeren?

‘De mythe dat de auto vrijheid geeft, is al lang achterhaald. Als je kunt kiezen tussen stilstaan in je auto of snel ergens zijn, is het simpel. Het railnet is er trouwens niet alleen voor automobilisten, maar ook voor bezoekers. Nu gaan er dagelijks 1.000 taxi's en 1.000 hotelbusjes van Schiphol naar Amsterdam-Centrum en kost zo'n prijzig ritje drie kwartier. Het OV kost vaak wel een uur. Trek je de Noord-Zuidlijn over bestaand spoor door naar Schiphol, dan wordt de reistijd van Schiphol naar het Europaplein 14, naar De Pijp 16 en naar het Rokin 18 minuten. En dáár willen de toeristen heen. Deze lijn zorgt voor 8.000 stoelen extra capaciteit per uur, dat zijn 8.000 vermeden autoritten!’

Wordt dat niet schreeuwend duur?

‘Nee, want we benutten vooral bestaande sporen van trein, tram en metro, maar wel veel efficiënter. Het is een revolutionaire verbetering voor relatief weinig geld, met 1 tot 3 miljard euro zijn we klaar. Dure nieuwe terminals zijn niet nodig, alleen tien metrostations om de regio te ontsluiten en 250 deelfietsen op elk metrostation. Er moeten zo'n drie lijnen bijkomen of doorgetrokken worden, dan kunnen intercity's en andere infra echt doorknallen. Zo kan iedereen aan alle kanten Amsterdam in en uit. Het kan binnen een paar jaar. En de tijd dringt.’

WAT

Van de totale CO₂-emissies komt ruim 20% uit de mobiliteitssector. Binnen die sector wordt meer dan de helft van de uitstoot veroorzaakt door personenvervoer (auto en bus), die beide voor 2030 kunnen elektrificeren. Dat geldt ook voor de bestelbussen en kleine vrachtwagens. De uitdaging is nog steeds het zwaardere vervoer, van zware vrachtwagens tot zwaar bouw materieel, al lijken er steeds meer elektrische mogelijkheden te komen. Experts verwachten nu dat bijna alle soorten vervoer in 2030 op elektriciteit kunnen rijden. Dat was in 2013 nog niet het geval.

* Exclusief internationale lucht- en scheepvaart

Vervoerstype binnen Nederland	Emissie
Personenvervoer - auto	51%
Personenvervoer - bus	2%
Goederenwegvervoer - bestelbus	11%
Goederenwegvervoer - vrachtauto	14%
Zeevaart*	14%
Binnenvaart	6%
Luchtvaart*	2%

Figuur 4: Emissie per vervoerstype

Op het gebied van vervoer zien we tot 2030 een aantal mogelijke veranderingen, zowel in het personenvervoer als in andere vormen van transport.

1. Overstappen op deelvervoer

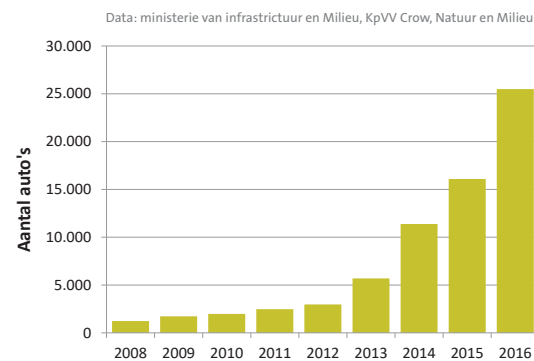
In de stad is parkeren moeilijk en duur. Steeds meer mensen stappen daar over op openbaar vervoer en een vorm van deelvervoer. Deelautoconcepten krijgen steeds meer voet aan de grond, zoals:

- Car-2-Go ('one-way carsharing');
- SnappCar en MyWheels (beide 'peer-to-peer carsharing');
- Wheels4All en GreenWheels ('klassiek autodelen')

Waarom zelf voor veel geld een auto kopen als deze 95% van de tijd stilstaat en je voor parkeren vaak ook nog moet betalen? Waarom het hele jaar in een te grote auto rijden voor die paar weken vakantie?

De markt voor deelauto's zit duidelijk in de lift. In 2013 was de groei 25% ten opzichte van 2012; in 2016 was er in één jaar een groei van 55%.⁷ De groei is het sterkst in de G4-steden, met Amsterdam als koploper. De verwachting is dat deze groei doorzet. In het voorjaar van 2016 waren er 25.128 deelauto's in Nederland. De meeste worden aangeboden via peer-to-peer aanbieder SnappCar, die ongeveer twee derde van deze markt in handen heeft. Van alle deelauto's is 4,5% elektrisch, terwijl van alle personenauto's in Nederland 1,1% elektrisch is.

Om de groei van het aantal deelauto's een impuls te geven, hebben aanbieders, leasebedrijven, gemeenten en het rijk de handen ineengeslagen. Zij streven naar 100.000 deelauto's in 2018. Ze willen ook de bekendheid van autodelen vergroten, meer mogelijkheden creëren en belemmeringen aanpakken. Als de groei per jaar 55% zou blijven, dan zijn in 2030 alle auto's duurzame deelauto's, maar zelfs bij



Figuur 5: Groei van het aantal deelauto's (2008-2016)

een groei van 30% per jaar zijn er in 2030 meer dan een miljoen deelauto's. Dat haalt heel wat auto's van de weg.

'Waarom zelf voor veel geld een auto kopen terwijl deze 95% van de tijd stilstaat?'

2. Elektrische fiets voor woon-werk-verkeer tot 20 km

De elektrische fiets maakt het bij redelijk goed weer aantrekkelijk om de fiets te pakken in plaats van de auto, vooral bij ritjes van 10 tot 20 kilometer. En het is bijna 100 keer zuiniger dan elektrisch rijden met de auto. Ook elektrische fietsen kun je huren en delen. Het aanleggen van fietssnelwegen, zoals nu steeds vaker gebeurt, zal een grote stimulans betekenen voor fietsen tussen woon- en werkplek. Ook het aantal overdekte elektrische ligfietsen (waar Nederland wereldwijd marktleider in is) zal naar verwachting sterk toenemen.

3. Openbaar vervoer ook elektrisch

Tram, metro en trein rijden doorgaans al elektrisch en kiezen steeds vaker voor groene stroom. De NS koopt alle stroom groen in en heeft voor windenergie uit Nederland gekozen. Alle provincies gaan ervoor zorgen dat voor 2030 alle OV-bussen geen schadelijke gassen meer uitstoten. In april 2016 ondertekenden de provincies, de vervoerregio's en staatssecretaris Dijksema van Infrastructuur en Milieu het Bestuursakkoord Zero Emissie Busvervoer. In Noord-Brabant en Limburg rijden binnen een paar jaar alle bussen al elektrisch. Daarna zouden de andere provincies moeten volgen.



Figuur 6: Overzicht huidige en toekomstige fietssnelwegen in Nederland.

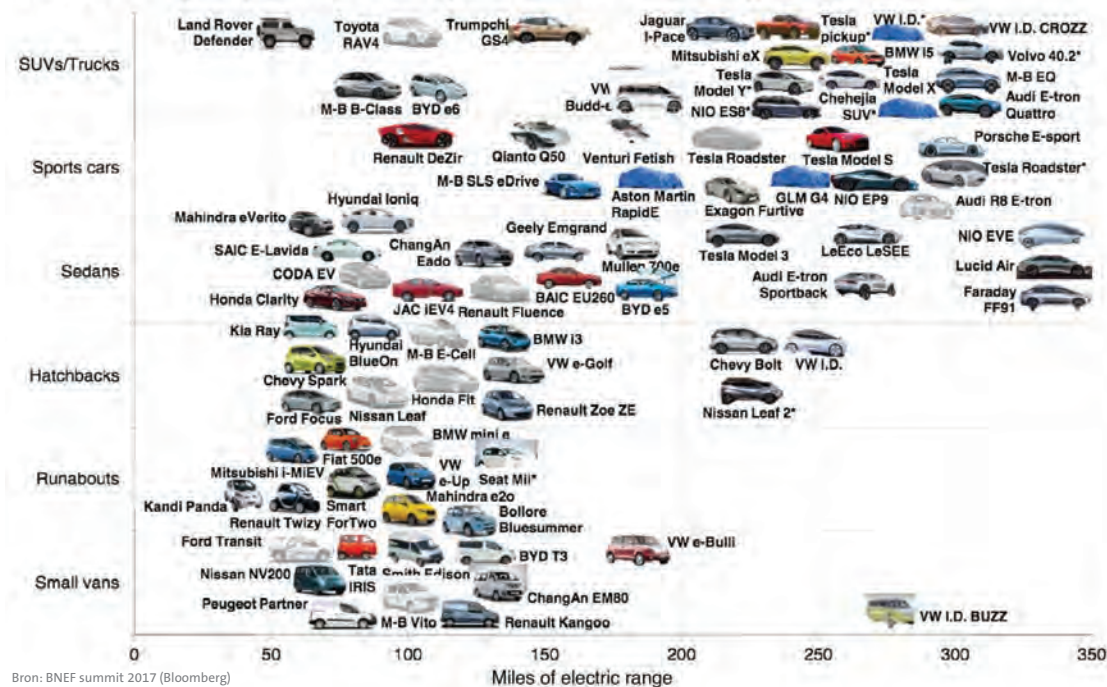
4. Overstappen op elektrische auto's

Voor zover mensen toch nog een eigen auto willen rijden, is de elektrische auto de meest efficiënte oplossing.⁸ De meeste leaserijders krijgen om de 3 à 5 jaar een nieuwe auto. Mensen die zelf hun auto kopen, wisselen gemiddeld om de 8 jaar van auto. Als we 100 procent op duurzame energie willen overstappen in 2030, zullen

deze mensen de komende dertien jaar de overstap moeten maken naar een elektrische auto of naar een andere vorm van duurzaam (deel)vervoer. Het wordt een uitdaging om dat voor elkaar te krijgen, maar het is goed mogelijk. De prijzen zijn de laatste vijf jaar al flink gedaald en accu's worden steeds beter en goedkoper. Voor leaserijders is elektrisch rijden nu al niet duurder; voor particulieren duurt dat iets langer. De komende jaren komen er tientallen types betaalbare elektrische auto's op de markt, die ook meer dan 200 km kunnen rijden op een volle accu. De verwachting is dat het aantal elektrische auto's op de weg dan snel toeneemt. De overheid kan die versnelling nog een handje helpen met de juiste maatregelen.

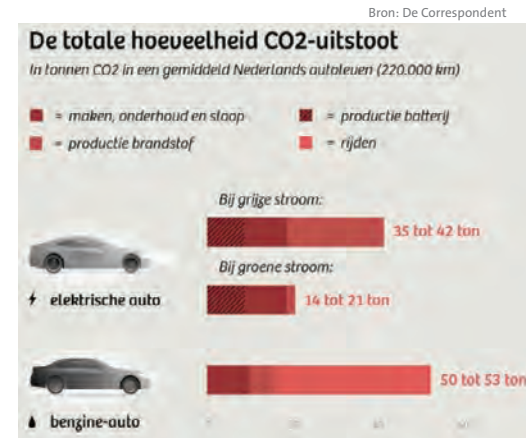
De komende jaren komen er tientallen types betaalbare elektrische auto's op de markt.

Electric-Car Boom
Models by style and range available through 2020



Figuur 7: Elektrische auto's die verkrijgbaar zijn voor 2021, per klasse en actieradius.

Het belangrijkste voordeel van een elektrische auto in het kader van dit boekje is de lage uitstoot van CO₂. De onderstaande afbeelding uit een stuk van *De Correspondent* laat duidelijk zien hoeveel uitstoot een elektrische auto scheelt.⁹



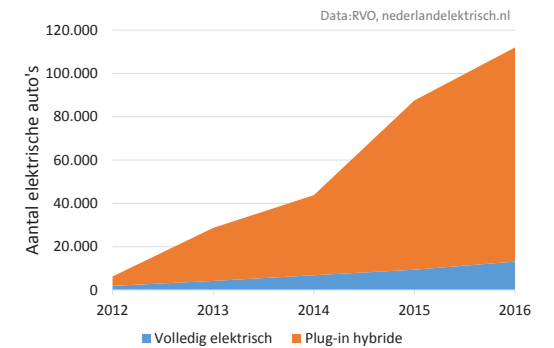
Figuur 8: CO₂-uitstoot tijdens levensduur van een elektrische of fossiele auto.

Elektrisch rijden heeft nog meer voordelen.¹⁰

- Elektrische auto's rijden sportief en zijn zeer zuinig. De elektromotor is bij elk toerental en bij elke belasting 90% efficiënt. De brandstofmotor in de hedendaagse auto heeft slechts een efficiëntie van 15 tot 35%, afhankelijk van het toerental en het vermogen.
- Een elektrisch aangedreven voertuig heeft aanzienlijk lagere brandstofkosten: het is ongeveer vier tot vijf keer goedkoper dan rijden op benzine.
- Er zijn nauwelijks onderhoudskosten.
- Elektrische auto's produceren minder geluid en minder stank en geen uitstoot van fijn stof.
- De betrouwbaarheid is groter, er kan gewoon veel minder stuk.
- Veel elektrische auto's samen vormen een groot batterijpark, wat een stabiliserende werking kan hebben op het slimme elektrici-

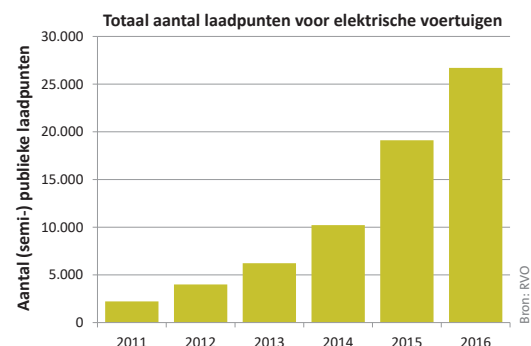
teitsnet van de toekomst. In combinatie met dat slimme net kunnen elektrische auto's ook gebruikt worden om overtollige energie uit zon en wind tijdelijk op te slaan.

Het is frappant hoeveel er al veranderd is sinds de eerste *De agenda Nederland – 100% duurzame energie in 2030* uitkwam. Eind 2013 waren er rond de 30.000 (semi-)elektrische voertuigen in Nederland, in maart 2017 al ruim 110.000. Wetende dat de keuzemogelijkheden voor betaalbare elektrische auto's met een actieradius van meer dan 200 km de komende jaren sterk zullen toenemen, ligt een verdere versnelling in het vooruitzicht.



Figuur 9: Aantal elektrische auto's in Nederland (2012-2016)

Mensen hoeven ook niet meer bang te zijn dat ze niet kunnen opladen, want sinds 2013 steeg het aantal oplaadpunten ook spectaculair. Er zijn zelfs meer dan 640 snellaadpunten (eind 2013 waren er 106!) waar je binnen een kwartier weer een groot deel van je accu vollaadt. Lees ook het interview met Bart Lubbers, de oprichter van Fastned, op pagina 66.



Figuur 10: Groei van aantal laadpunten (2011-2016).¹¹

5. Goederentransport

a. Bestelwagens en kleinere vrachtwagens: elektrificeren en afhaalcentra

Er komen steeds meer elektrische vrachtauto's en bestelwagens op de markt.¹² Vooral gemeenten kunnen ervoor zorgen dat leveranciers sneller deze nieuwe voertuigen gaan aanschaffen, door in binnensteden of rondom steden milieuzones met een maximum uitstootnorm in te stellen. De normen zouden zodanig streng moeten worden dat binnen die zones geen diesel- en benzinebussen meer kunnen rijden. Ook venstertijden, waarbij in de spits en op andere populaire tijden bijvoorbeeld alleen elektrische voertuigen toegelaten worden, kunnen de aanschaf van elektrische voertuigen stimuleren. Het resultaat is een veel lagere uitstoot van CO₂ en fijnstof en veel minder geluidsoverlast.

Naast het verduurzamen van het vervoerssysteem door het aanpassen van voertuigen en brandstoffen, kan natuurlijk ook gekeken worden naar trends die voorzien dat we minder goederen gaan vervoeren, omdat we meer zelf lokaal gaan produceren en maken. Dan hoeft er minder verslept te worden van lagelonenlanden naar Nederland.

De normen zouden zodanig streng moeten worden dat binnen die zones geen diesel- en benzinebussen meer kunnen rijden.

Tegelijkertijd met deze ontwikkelingen krijgen we te maken met het feit dat mensen steeds meer producten bestellen via internet en dat al deze pakketjes individueel moeten worden afgeleverd. Dit levert extra transportkilometers op. Daar staat weer tegenover dat mensen daardoor zelf minder hoeven te reizen naar winkels. Als de professionele vervoerders een goed logistiek systeem opzetten en alleen elektrische voertuigen of fietsen gebruiken, zou dat efficiënter kunnen zijn dan allerlei individuen die apart naar de winkels gaan. Daarbij kan ook gedacht worden aan lokale of regionale afhaalcentra ('hubs'), waar consumenten zowel boodschappen als andere goederen tegelijkertijd kunnen afhalen. Of een Uber-achtig concept waarbij mensen die toch rijden, ook pakketjes voor anderen meenemen en daar een klein bedrag mee verdienen zonder extra vervoersbewegingen te creëren. Op dit soort manieren kunnen we nog veel meer functies combineren.

b. Zwaardere vervoer

Bij het zware vervoer, zoals vrachtwagens vanaf 20 tot 30 ton en ander zwaar materieel, ligt nog een uitdaging. Toch is ook daar de afgelopen vijf jaar veel veranderd. Er kunnen steeds meer vrachtwagens op elektriciteit rijden. De meeste experts verwachten dat door steeds betere, goedkopere en lichtere batterijen in combinatie met steeds betere en snellere laadstations, in 2030 een heel groot deel van de zwaardere vrachtwagens toch ook elektrisch kunnen worden.¹³ Een interessant concept voor het

VOORBEELD:

Picnic: de internetsupermarkt met elektrische bezorgdienst

Picnic bezorgt dagelijkse boodschappen gratis aan huis en is actief in drie steden. Binnen drie jaar wil het bedrijf in heel Nederland kunnen bezorgen, op misschien enkele dunbevolkte gebieden na. In maart 2017 hebben vier ondernemersfamilies € 100 miljoen geïnvesteerd om



die landelijke uitbreiding mogelijk te maken. Met de groeiplannen denkt de onlinesupermarkt de komende drie jaar 10.000 (deeltijd)banen te scheppen. Het bedrijf wil toe naar vijf distributiecentra en 70 bezorgpunten, van waaruit straks 2.000 elektrische bezorgwagentjes op pad gaan. Dat scheelt weer heel wat uitstoot.

7 sept 2016: Picnic kwam ook lunch brengen tijdens de fietstocht van de Grootouders voor het Klimaat

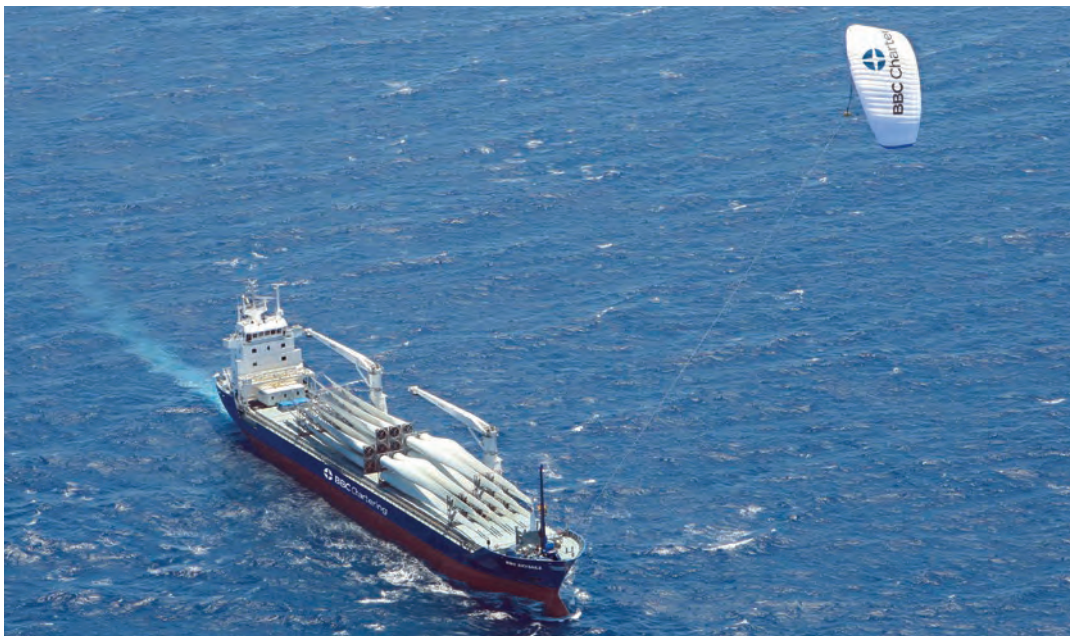
vergroten van de actieradius is om snelwegen te voorzien van oplaadmogelijkheden tijdens het rijden, door middel van bijvoorbeeld bovenleidingen of spoelen onder de weg. Neem daarbij het feit dat chauffeurs toch volgens de wet elke vier uur moeten rusten, dan is dat een mooie gelegenheid om even bij te laden.

De laatste 10% van de voertuigen die mogelijk nog niet elektrisch kunnen worden, kunnen overgaan op waterstof, dat volgens de meeste experts de beste kans maakt als transportbrandstof.¹⁴ Die moet dan wel duurzaam gemaakt worden, zoals via elektrolyse met behulp van windenergie of andere nog te onderzoeken routes. Aanvankelijk wordt dit duurder dan de huidige goedkope fossiele brandstoffen, zeker zolang de vervuiling niet in de prijs is verrekend. Daarom moet de overheid inspringen door accijnzen op fossiele diesel te verhogen of waterstof goedkoper te maken.

Daarnaast zal er nog een beperkte ruimte zijn voor bio-CNG, gemaakt op basis van lokale

groene grondstoffen en/of reststromen. Zo rijden er al vuilniswagens op groengas, gemaakt uit reststromen uit de grijze vuilniszak. Als de reststromen anders toch zouden vergaan (gemaaid gras of waterplanten uit de sloot) en uitstoot zouden veroorzaken, of zouden worden verbrand (groen afval in de grijze zak), dan is er bij gebruik als transportbrandstof per saldo niet meer uitstoot dan er anders zou zijn. Op de lange termijn willen we echter dat de uitstoot echt serieus terug loopt en niet alleen maar 'neutraal' is. Dus zodra het mogelijk is, is de overgang naar duurzame waterstof of synthetische brandstof (op basis van duurzame waterstof en koolmonoxide) te prefereren.

Het goederentransport over land kan nog een verschuiving doormaken van vrachtauto's naar binnenscheepvaart. Een container vervoeren per binnenvaartschip is minder energie-intensief dan per vrachtwagen. Schepen kunnen ook tijdelijk overstappen op bio-CNG en daarna naar waterstof of andere duurzaam geproduceerde brandstoffen.



Schepen besparen brandstof met behulp van windkracht.

6. Internationaal transport

In dit rapport wordt alleen gekeken naar de uitstoot op Nederlands grondgebied. Daar hebben we ook zelf de meeste invloed op. Dat neemt niet weg dat 90% van alle producten over zee wordt vervoerd en dat de internationale scheepvaart verantwoordelijk is voor 2,7% van de wereldwijde uitstoot van CO₂. In 2007 was dat meer dan een miljard ton CO₂.¹⁵ Minder consumeren heeft het meeste effect, maar zal het vervoer niet uitbannen. Uiteindelijk zullen deze vervoerders ook gedwongen of geholpen moeten worden om over te stappen van zware stookolie op duurzame brandstoffen. Daarnaast kunnen ze veel meer gebruikmaken van de wind (zeilen bijzetten levert 10 tot 15% besparing op)¹⁶ en langzamer varen (10% langzamer varen leidt tot 20% minder brandstofverbruik en levert 20% minder CO₂-uitstoot op!). Het bedrijf Yara is bezig met het ontwikkelen van een containerschip op batterijen, dat vanaf eind 2018 moet gaan varen.¹⁷

Veel internationaal personenvervoer vindt plaats per vliegtuig. In 2016 verwerkte Schiphol 63,6 miljoen passagiers, 9% meer dan het jaar daarvoor. Er zijn nu nog weinig geschikte alternatieve brandstoffen voor vliegtuigen die al op grote schaal ingezet kunnen worden. Tot 2030 zal de duurzaamheidswinst internationaal

vooral gevonden moeten worden in minder vluchten. Op termijn is synthetische kerosine uit geconcentreerde zonne-energie (CSP) wellicht een optie.¹⁸

Uit de Europese data blijkt dat 63% van de vluchten wordt gemaakt naar de 28 landen binnen de EU; het grootste deel daarvan zou dus ook per trein of auto kunnen. Vluchten in Europa korter dan 1500 km kunnen vaak comfortabel en makkelijk vervangen worden door reizen per hogesnelheidstreinen. Voor langere en internationale vluchten zijn er helaas niet veel realistische alternatieven op dit moment. Uiteindelijk is minder vliegen nu de enige oplossing. Als we ons deel van het vliegverkeer mee zouden rekenen bij de Nederlandse uitstootcijfers (ze worden er doorgaans buitengehouden), dan zou vliegen 8% van alle CO₂-uitstoot in Nederland veroorzaken. CO₂-beprijzing en belasting op kerosine kunnen helpen. Dat vraagt moedige en visionaire politici. Goederenvervoer door de lucht zal zo veel mogelijk beperkt moeten worden door het te beprizen. In de toekomst zullen alleen de zeer kwetsbare producten vliegen (zo duurzaam mogelijk), terwijl de rest per schip gaat.

ANDERS VAN A NAAR B

HOE

De rode draad door veel vervoersoplossingen is het elektrificeren van alle vervoermiddelen die elektrisch kunnen worden. Het zeer zware vervoer zal nu nog andere oplossingen moeten zoeken, maar in 2030 kan 90% van het zware vervoer waarschijnlijk ook elektrisch rijden. Waar dat niet kan, lijkt duurzaam opgewekt waterstof één van de belangrijke brandstoffen van de toekomst, naast lokaal geproduceerd bio-CNG of biogas. We gaan ervan uit dat de provincies er inderdaad voor zorgen dat alle vormen van openbaar vervoer (bussen, busjes, school- en ziekenvervoer) voor 2025 alleen nog maar op duurzame elektriciteit rijden. Om de versnelling verder te laten doorzetten, kunnen gemeenten en de nationale overheid een belangrijke rol spelen door voor de juiste prikkels te zorgen op het gebied van prijs, ontwikkeling en infrastructuur.

Steden

Grotere steden (G20) zetten de voetgangers en de fietsers centraal en maken zo de leefbaarheid van de (binnen)stad tot prioriteit (schonere lucht, minder ongelukken, meer stilte). Uit onderzoek blijkt dat bewoners bijvoorbeeld binnen de ring van Amsterdam graag hun auto wegdoen als iedereen dat zou doen. Op de vraag "Als iedereen de auto weg zou doen, zou u dat dan ook doen?" antwoordt 95% ja! Dat vraagt dus om een goede infrastructuur voor fietsers en voetgangers en op openbaar vervoer dat daar goed op aansluit, inclusief taxi's (in de toekomst wellicht zelfrijdende e-taxi's). Dat wil zeggen dat het betaalbare openbaar vervoer ook later en dus langer beschikbaar is, zodat mensen ook na 22.00 uur nog weg kunnen.

Daar hoort bij:

- autoloze binnensteden (op OV, taxi en bijzonder vervoer na);
- voldoende fietspaden en fietssnelwegen tussen steden en dorpen, en parkeerplekken voor de fiets (P-garages ombouwen);

- verbod op niet-elektrische scooters;
- goed openbaar vervoer, van elektrische bussen en trams tot elektrische taxi's (aanbesteding daar slim op aanpassen);
- plekken buiten de stad waar mensen uit dunbevolkte gebieden hun auto's kunnen parkeren en verder kunnen gaan met snel en schoon openbaar vervoer;
- voor de bevoorrading alleen toestemming voor elektrische busjes en kleine vrachtwagens in de stad;
- voldoende laadpunten rond de stad, inclusief voldoende snellaadpunten.

De rode draad door veel vervoersoplossingen is het elektrificeren van alle vervoermiddelen die elektrisch kunnen worden.

Kleinere steden, buitenwijken en dorpen

- verder helpen uitbouwen deelvervoer;
- voldoende (snel)laadpunten in en rond de stad/dorp;
- stimuleren zelfrijdende elektrische taxi's als lokaal vervoersmiddel.

Vervoer tussen steden en op snelwegen

Om de komende acht jaar het elektrische (openbaar) vervoer flink te versnellen, zou het helpen om:

- één baan van de grote snelwegen alleen voor elektrisch vervoer vrij te geven, totdat een bepaalde hoeveelheid elektrische voertuigen is bereikt;
- een netwerk van elektrische snelwegbussen van stad naar stad te creëren waarin je een plaats kunt reserveren (hoe eerder hoe goedkoper), zoals Flixbus;



Filebestrijding in Londen

In 2003 introduceerde Londen de Congestion Charge. Dit is nog steeds een van de grootste gebieden in de wereld waar dit systeem bestaat. Het is een tolsysteem waarbij auto's in het centrumgebied binnen de ring, de Congestion Charge Zone, een bedrag per dag moeten betalen (dat was £ 10, het is inmiddels £ 11,50), op doordeweekse dagen tussen 7.00 uur en 18.00 uur. De tol wordt in rekening gebracht via een kentekenherkenningssysteem. Elektrische en zeer schone voertuigen betalen minder dan vieze dieselauto's en -bussen. In de eerste tien jaar van deze Zone werd er netto £ 1,3 miljard verdiend met dit systeem, wat weer werd geïnvesteerd in openbaar vervoer, verbetering van wegen en bruggen en oplossingen voor voetgangers en fietsers. Het grootste bedrag werd geïnvesteerd in de verbetering van het busnetwerk (£ 960 miljoen). Het tolsysteem leidde tot 10% minder drukte en 11% minder autokilometers.¹⁹

- op zeer drukke wegen een fileheffing in te voeren voor het rijden in bepaalde spitsuren op bepaalde wegen. Dat kan automatisch geïnd worden, dus zonder tolpoortjes en andere vertragende obstakels. Mensen die voor hun werk niet anders kunnen dan tijdens deze drukke perioden op drukke wegen rijden, met lage inkomens, krijgen een vorm van dispensatie/compensatie.

Het lijkt logisch als er geen nieuwe fossiele tankstations meer bijkomen.

Opladen in de stad

Als steeds meer mensen een elektrische auto hebben, moeten er ook voldoende laadplekken in de stad komen. Fastned plaatst nu ook snellaadstations in steden zoals Den Haag en Haarlem. Daarbij zou het helpen als deze laadstations dezelfde termijnen krijgen voor vergunningen als de ouderwetse benzinepompen. Daarnaast lijkt het logisch dat er geen nieuwe fossiele benzinepompen meer bijkomen en de bestaande de komende dertien jaar vervangen worden door e-laadplekken. Dit mogen gemeenten allemaal zelf regelen zonder inmenging van Den Haag.

Zo kunnen gemeenten ook projecten faciliteren en helpen financieren op het gebied van (snel) laden en de combinatie met smart grids, opslag en laadpaalmanagement. Een mooi voorbeeld is het Lombox-project in Lombok, Utrecht, waar men elektrische deelauto's benut die stroom van eigen dak kunnen gebruiken, opslaan en terugleveren voor eigen gebruik. Deze eerste zogenaamde 'vehicle-to-grid-laadpaal' was een wereldprimeur in 2015, die sneller opgeschaald mag worden.



Het Zweedse bedrijf Innoventum combineert duurzaamheid en aantrekkelijk design in de Giraffe 2.0 als laadstation of duurzaam bushokje.

Belasting en andere Haagse oplossingen

De overheid kan ook de nodige prikkels geven voor verduurzaming van het vervoer:

- Maak het bezit van auto's en andere voertuigen goedkoper (BPM en wegenbelasting omlaag) en het gebruik van fossiele voertuigen duurder (accijns op benzine en diesel omhoog).
- Sta bedrijven vanaf 2025 alleen toe kilometervergoedingen te geven aan werknemers die elektrisch rijden. Geen vergoedingen voor benzine- en dieselauto's meer (dat is dan verkapt loon en dus belastbaar). Dat zou dan voor werkgevers gepaard moeten gaan met voldoende laadpalen op het werk en de juiste secundaire arbeidsvoorwaarden die duurzaam reizen stimuleren.
- Via belastingwetgeving zouden ook de internationale vliegreizen beteugeld kunnen

worden, door deze slechts beperkt aftrekbaar te maken. Veel reizen kunnen vervangen worden door teleconferenties.

- Heel veel geld uit de algemene middelen van de overheid gaat naar wegen en het stimuleren van meer vervuילend transport via het zogenaamde MIRT (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport). Deze middelen zijn er niet op gericht om zo goed mogelijk ingezet te worden voor de energietransitie, op weg naar een emissieloze transportsector. Als dat wel zo zou zijn, dan zou een groot deel van deze middelen verplaatst worden van snelwegen naar openbaar vervoer, fiets- en voetgangersfaciliteiten. Met de toename van autonoom vervoer, deelvervoer en openbaar vervoer zouden we sowieso moeten stoppen met het aanleggen van extra (brede) wegen.

FINANCIERING

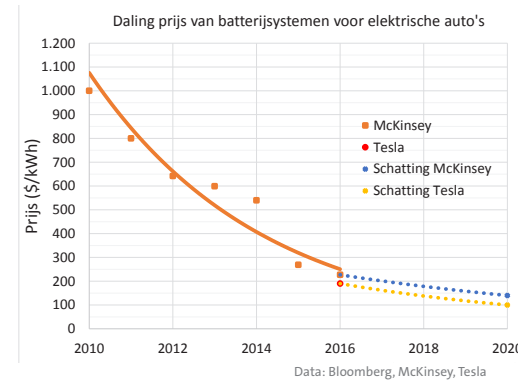
Elektrische voertuigen zijn nu nog duurder in aanschaf dan fossiele voertuigen, maar dat verandert de komende jaren. Daarnaast zijn ze veel goedkoper in gebruik. Voor zakelijke rijders is elektrisch rijden nu al goedkoper dan rijden op diesel of benzine. De overgang van auto's en busjes op fossiele brandstoffen naar elektrische voertuigen zal betaald worden door particulieren en bedrijven. Deze gebruikers zullen – ook als de stimuleringsmaatregelen vanuit de overheid worden teruggebracht – overstappen op elektrisch vervoer, omdat de energiekosten veel lager zijn. Als we dan ook bedenken dat de prijs van batterijen (het enige onderdeel van de elektrische auto dat duurder in plaats van goedkoper is) de komende jaren sterk zal dalen, dan is het duidelijk dat deze overstap geen geld kost, maar bespaart. Thuiswerken en vergaderen via Skype en andere moderne ICT toepassingen is relatief goedkoop voor een werkgever en vaak onderdeel van al aanwezige arbeidsvoorwaarden.

Als we de elektrificering van het wagenpark voor elkaar hebben, is het grootste deel van de mobiliteitssector binnen Nederland vergroend en de CO₂-uitstoot drastisch verlaagd. Voor de andere vormen van vervoer zullen commerciële partijen aan de slag gaan, die laten zien dat vergoenen geld oplevert, zoals met windenergie als toevoeging bij vrachtschepen.

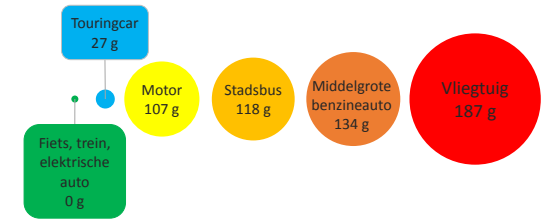
Voor de laatste 10% van het zwaardere vervoer die nog niet elektrisch kan rijden en in de overgangperiode tot 2030 zou het helpen om met belasting- en accijnsmaatregelen de fossiele brandstoffen duurder te maken en de duurzame brandstoffen, zoals waterstof en wellicht tot 2030 ook bio-CNG, goedkoper te maken. Alleen dan durft de hele keten de stap te zetten.



Vervoer zal steeds meer digitaliseren. In de toekomst rijdt de auto voor via een app op je smartphone.



Figuur 11: Prijsdaling accu's van elektrische auto's (2010-2020)



Data: emissiefactoren.nl, delijn.be

Figuur 12: CO₂-uitstoot per passagierskilometer van verschillende vervoermiddelen

ACTIEPLAN

- a. Doel: 1 miljoen elektrische auto's in 2020 en daarna opschalen tot een geheel elektrisch wagenpark in 2030 (nu 8 mln personenauto's en 1 mln bedrijfswagens; in 2030 is het totaal aan auto's 20% gedaald door delen, zelfrijdende elektrische auto's en ICT).
- b. Vanaf 2025 mogen in binnensteden alleen elektrische bestelbusjes, vrachtwagens en scooters rijden. De fossiele varianten zijn verboden.
- c. In het volgende belastingplan mogen bedrijven alleen kilometervergoedingen geven aan werknemers die elektrisch rijden. Geen vergoedingen voor benzine- en dieselauto's meer (is verkapt loon en wordt belast). Wel 100% onbelaste vergoeding voor de elektrische fiets voor woon-werkverkeer.
- d. In 2020 staan er minimaal 100.000 publieke laadpalen: laadpalen in elke parkeergarage en bij alle publieke voorzieningen en laadpalen bij alle bedrijven voor de deur. Er is een voldoende dicht netwerk van snellaadpalen.
- e. Er komen fietssnelwegen tussen alle belangrijke stedelijke knooppunten (vooral van de stad naar forenzensteden).
- f. Belasting en accijns worden zodanig aanpast dat duurzame brandstoffen voor zwaarder vervoer goedkoper worden en fossiele brandstoffen duurder.

Als de overheid werkelijk grote veranderingen wil bewerkstelligen, dan zou ze eindelijk een wezenlijke verandering moeten doorzetten, namelijk geen belasting heffen op het bezit van de auto, maar op het gebruik. Dat betekent het vervangen van wegenbelasting en BPM door een vaste heffing per gram CO₂-uitstoot per gereden kilometer, of de simpele variant: meer accijns op fossiele brandstoffen. Dat zou een reden zijn om zeer zuinige en vooral elektrische auto's te gaan kopen en om minder te rijden.²⁰



Delft Hyperloop, met meer dan 1000 km/uur naar je bestemming door een buis met zeer lage luchtweerstand.

INNOVATIES

De innovaties op het gebied van batterijen, elektrische voertuigen, laadstations en recycling van batterijen en andere onderdelen zullen over elkaar heen blijven buitelen. Het gaat de laatste jaren steeds sneller. Experts verwachten een grote daling van kosten en gewicht van batterijen (50 tot 60%) en een toename van het aantal kilometers dat met een volle accu gereden kan worden (70%). Daardoor worden elektrische auto's betaalbaar en kun je grotere afstanden afleggen op één lading. Dat zal ervoor zorgen dat mensen massaal gaan overstappen op elektrische voertuigen.

De batterij moet goed gerecycled worden en meerdere levens krijgen. Op dit terrein is een snelle ontwikkeling te zien. Ook de systemen om sneller of al rijdend of bij het stoplicht op te laden ontwikkelen zich.²¹ Studenten van de TU Eindhoven hebben de eerste gezinsauto op

zonnepanelen gebouwd. Ook daar is nog veel innovatie te verwachten, die kan bijdragen aan een duurzamer vervoerssysteem.

Op het gebied van luchtvaart zijn de eerste experimenten uitgevoerd om te vliegen op batterijen, waterstof of biobrandstof zoals algen of biodiesel. Deze experimenten waren nog lang niet afdoende voor zwaardere vliegtuigen of de hele vliegtuigindustrie. Op dit moment lijkt synthetische kerosine (zonder CO₂-uitstoot) een nieuwe optie voor de toekomst. Voorlopig lijkt minder vliegen en in Europa met de trein reizen de enige oplossing te zijn. Op de langere termijn dienen zich andere oplossingen aan, zoals ondergrondse hogesnelheidssystemen die werken op duurzame elektriciteit, zoals de Hyperloop. Deze kan met een snelheid van rond de 1000 km per uur binnen twee uur bijna elke plek in Europa bereiken. Mooie toekomstmuziek?²²

NEDERLAND 100% DUURZAME ENERGIE VOOR 2030

WAT KAN IK DOEN?

AGENDA

2



9. ONDER DE TWINTIG KILOMETER GA IK ZO VEEL MOGELIJK (ELEKTRISCH) FIETSEN
10. IK GA VAKER MIJN AUTO DELEN OF IK DOE MEE MET EEN DEELAUTOPROJECT
11. MIJN VOLGENDE (DEEL)AUTO WORDT ELEKTRISCH
12. IK REIS (VAKER) MET OPENBAAR VERVOER (EN OV WORDT ELEKTRISCH!)
13. BINNEN EUROPA REIS IK ONDER DE 1500 KM NIET MET HET VLIEGTUIG
14. DOOR MEER THUISWERKEN EN TELECONFERENTIES REIS IK MINDER



‘De eerste Fastned snellaadstations draaien break-even.’

Bart Lubbers, directeur Fastned

In 2009 dacht nog bijna niemand na over snellaadstations voor elektrische auto's. Bart Lubbers deed het wel. Hij richtte Fastned op om overal in Nederland stations neer te zetten, en straks in heel Europa. Al gaat het hem te langzaam, het aantal laadstations groeit gestaag.

Hoe ontstond het idee voor snellaadstations?

‘Toen ik voor het eerst in een elektrische auto reed, in 2009, was ik er al snel van overtuigd dat die de toekomst had. Alleen kwam je er nog niet zo ver mee. De grootste angst van bezitters van elektrische auto's is dat je ermee strandt. Snelladen is dus een voorwaarde voor bredere acceptatie ervan. Daar wilde ik wel in investeren.’

Hoe ging Fastned van start?

‘Eerder had ik de krant Metro opgezet en daarvoor was de locatiekeuze essentieel voor de distributie. Die ervaring zette me aan het denken. Ook voor laadstations zijn de locaties doorslaggevend. Samen met Michiel Langezaal ben ik daaraan gaan werken. We zijn eerst locaties gaan zoeken. Snelweg-tankstations leken geschikte plekken, maar de oliemaatschappijen lagen dwars. Toen we ontdekten dat Rijkswaterstaat eigenaar van de snelweglocaties was, konden we verder, want toen konden we in één keer een dekend netwerk opzetten. Er volgden nog wat drempels. Er is bijvoorbeeld de Benzinewet, die bepaalt dat pas in 2024 nieuwe vergunningen aangevraagd mogen worden voor benzinstations. Maar gelukkig valt elektriciteit daar niet onder. Ook moest een stekkercommissie komen die moest beslissen over het stekkertype, dat soort dingen. In 2012 lootte een notaris om de locaties. Wij wonnen er 201. Toen konden we Fastned starten.’

Best een kwestie van lange adem, dus.

‘Dat wist ik wel, maar ik heb er altijd op vertrouwd dat de elektrische auto er zou komen. In 2020 rijden er in Nederland 200.000 rond, dan zijn er veel snellaadstations nodig. Je moet doorgaan, gesprekken blijven voeren. Toen we vergunningen gingen aanvragen, hoorden we steeds: dat kan niet, want dat

hebben we nog nooit gedaan. Mensen hadden geen idee, ook ambtenaren niet. Alles duurt lang. Een vergunning van de rijksoverheid kost een jaar, eentje van de gemeente ook, een netaansluiting aanvragen kost wéér een jaar. Dat kan niet allemaal tegelijk. Gelukkig konden we voor die 201 locaties tegelijk procedures starten. Dan heb je altijd ergens een succesje en dat houdt je positief.’

Hoe gaat het nu met Fastned?

‘Op verschillende fronten goed. Het aantal laadstations groeit, in Nederland zijn er nu 63. Het aantal laadbeurten stijgt met 10% per maand, dat verdubbelt elke zeven maanden. De eerste stations draaien nu break-even. We hebben net de eerste 14 Duitse locaties bekendgemaakt en een publieke tender gewonnen bij Transport for London als een van de vijf partijen die straks in en om Londen snellaadstations mag bouwen.’

Hoe ziet de nabije toekomst eruit?

‘Er komt een generatie met een grotere accu. Daardoor groeit niet alleen de actieradius tot meer dan 500 km, hij laadt ook sneller. Met een brandslang een emmertje vullen is ook moeilijker dan een badkuip. Tegen 2020 laad je op een laadstation 100 keer zo snel als nu uit het stopcontact. Dan wordt laden een soort tanken. En de overheid is goed bezig met 4% bijtelling op de elektrische auto. Maar olie is nog te belangrijk, er is een mentaliteitsverandering nodig. Als ik met ambtenaren praat, zeggen ze vaak: even snel hoor, want ik heb zo een afspraak met de olie-industrie. Ook de financiële markt zet nog in op olie. Wij doen alles met particulier geld. De overheid en pensioenfondsen investeren hierin niet. Het besef dat dit écht is, is er nog niet. Maar wat nu als de nieuwe wereld met schone energie wordt gezien, is eigenlijk de normale wereld.’



3.

ANDERS ETEN

EEN MEER PLANTAARDIGE,
REGIONALE EN SEIZOENSGEBONDEN
KEUKEN

AGENDA

VOOR NEDERLAND VOOR 2030

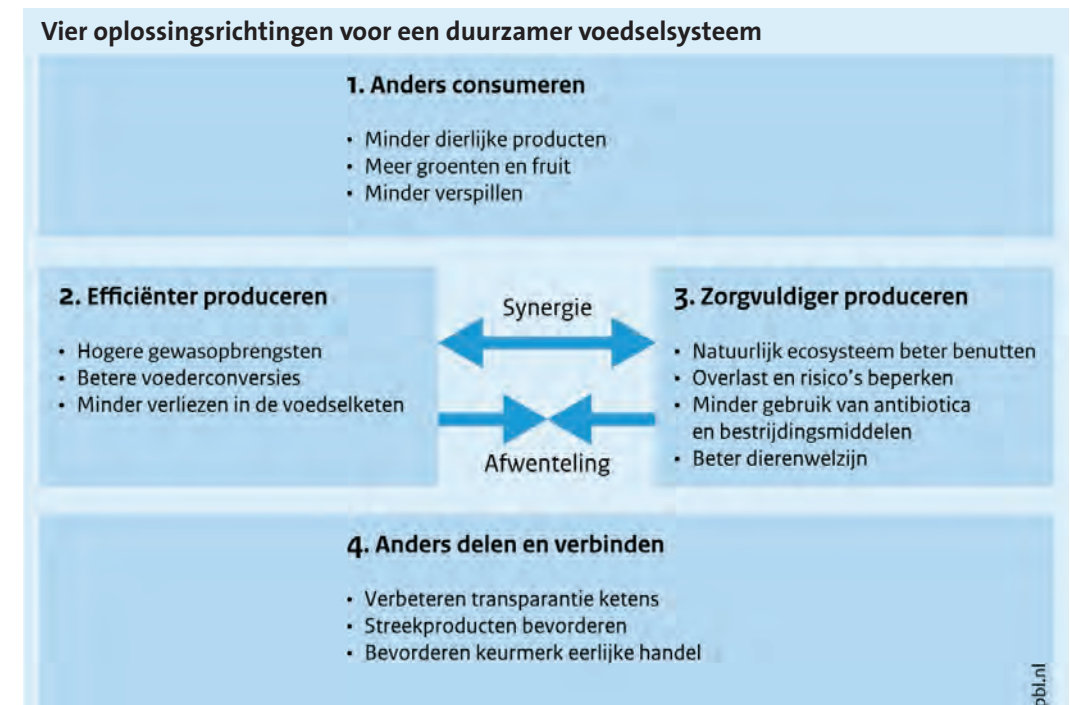
9 30% ENERGIEBESPARING IN DE LAND- EN TUINBOUWSECTOR (VOORAL IN DE KASSEN)

10 ENERGIE VOOR WARMTE IN DE KASSEN: 95% MET GEOTHERMIE EN WKO-INSTALLATIES, DE RESTERENDE 5% MET BIO-WKK'S

3. ANDERS ETEN

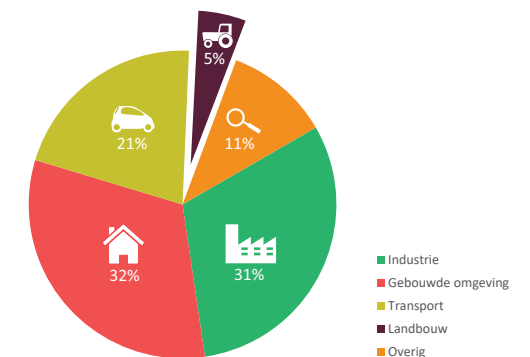
EEN MEER PLANTAARDIGE, REGIONALE EN SEIZOENSGBONDEN KEUKEN

Onze voedselproductie en -consumptie levert een belangrijke bijdrage aan klimaatverandering door al dan niet directe uitstoot van broeikasgassen en het kappen van bossen voor veevoer en landbouwgewassen. Dit zorgt voor veel uitstoot van CO₂, methaan en andere broeikasgassen. Daarnaast veroorzaakt de voedselproductie nog een aantal andere milieuproblemen, heeft het een negatief effect op de biodiversiteit en werpt het tal van ethische en dierenwelzijnkwesties op.



Figuur 1: Het PBL-rapport De macht van het menu van juni 2013 zet het onduurzame menu in Nederland heel mooi op een rij.¹

Met het Energietransitiemodel kan nog niet de CO₂-reductie die samenhangt met andere voedselpatronen berekend worden, noch de reductie door meer te eten uit de regio en meer seizoensgroenten te kiezen of door minder weg te gooien. Daarom is in dit rapport in de cijfers alleen meegenomen hoeveel bespaard kan worden in de landbouwsector, vooral in de kassen. De warmtevraag wordt voor 95% met omgevingswarmte ingevuld (geothermie, WKO). De resterend warmtevraag wordt opgewekt door bio-WKK-installaties. Het totale energiegebruik van de landbouwsector daalt hierdoor met 30%.



Figuur 2: Aandeel in Nederlandse CO₂-uitstoot per sector

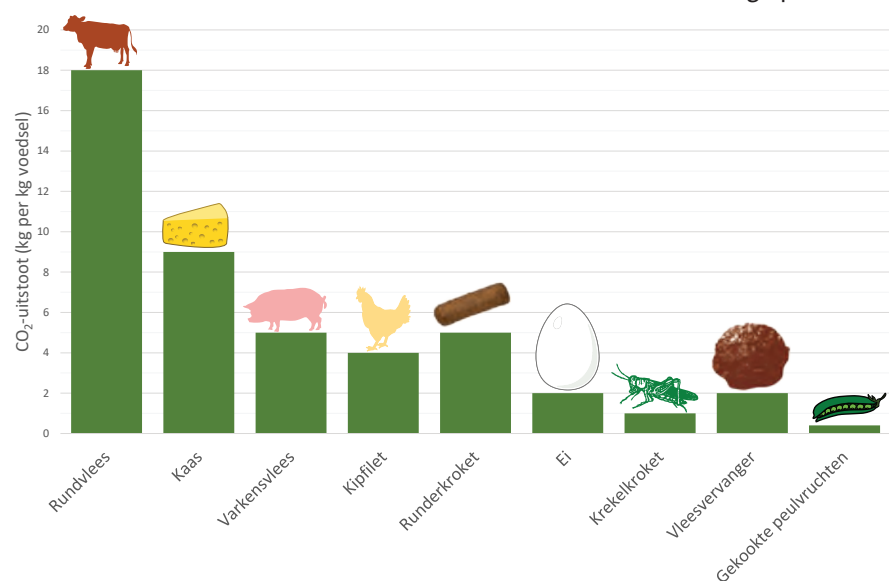
Er is veel meer mogelijk dan nu in cijfers is uit te drukken, zoals we hierna schetsen. Dit kan de deur openen voor verdere CO₂-reductie, maar dan moeten we wel actie ondernemen. Hoewel in de transitie naar een duurzaam voedselsysteem veel verschillende factoren een rol spelen, beperken we ons hier tot de grote stappen en de belangrijkste effecten op de CO₂-uitstoot en dus op klimaatverandering.

WAT

1. Van dierlijke naar plantaardige eiwitten

Landbouw en dan vooral de productie van zuivel en vlees, draagt voor maar liefst 12 tot 14% bij aan de totale broeikasemissies in Nederland.² De helft hiervan komt voor rekening van koeien. Daarnaast veroorzaken de teelt en het vervoer van veevoer veel uitstoot. Minder vlees en zuivel en meer plantaardige eiwitten eten heeft dus een groot positief effect op onze leefomgeving. Deze overgang van dierlijke naar plantaardige eiwitten in ons voedsel staat ook wel bekend als de eiwittransitie.

De productie van dierlijke eiwitten zoals vlees, eieren en zuivel veroorzaakt 10% van de Nederlandse uitstoot van broeikasgassen (in CO₂-equivalenten). Voor die eiwitproductie wordt ook heel veel landoppervlak gebruikt, mede vanwege het verbouwen van veevoer in het buitenland.³ Minder vlees en kaas eten heeft dus veel positieve gevolgen. Een verandering in ons eetpatroon heeft ook effect in andere landen, want wereldwijd wordt 40% van de graanoogst en 70% van de sojaopbrengst gebruikt voor veevoer. Als wij minder vlees eten, kan in andere landen meer voedsel worden verbouwd voor eigen menselijke consumptie. Jaarlijks importeren wij zo'n 2 miljoen ton soja om onze veestapel te voeden, veelal uit Zuid-Amerika. Teelt in Noordwest-Europa van eiwitgewassen (peulvruchten, maar ook lupine en soja) is te prefereren boven het verslepen van soja over de planeet. Lokale teelt draagt bij aan de biodiversiteit en de bodemvruchtbaarheid en past prima in het rotatieschema van de akkerbouwer. Bij voorkeur gebruiken we deze eiwitgewassen natuurlijk rechtstreeks voor menselijke consumptie, maar als we nog veevoer nodig hebben, dan is het beter als het uit Europa komt. De teelt van lupine en soja kan heel goed deel uitmaken van gesloten landbouwkringlopen.



Figuur 3: CO₂ - uitstoot voor verschillende soorten voedsel

Data: Nederland Verbeeld, PBL

Wereldwijd wordt 40% van de graanoogst en 70% van de sojaopbrengst gebruikt voor veevoer.

Er zijn inmiddels goede en smakelijke alternatieven voor vlees. De nieuwe generatie vleesvervangers lijkt niet alleen op vlees of vis, maar heeft een smaak en textuur ('bite') die soms niet meer van echt vlees of echte vis te onderscheiden zijn. De Vegetarische Slager is een moderne onderneming die op basis van onder andere soja, gisten en lupine heerlijke vleesvervangers maakt (zie pagina 82 voor een interview met Jaap Korteweg, de oprichter van de Vegetarische Slager). Ook het Zeeuwse Meatless levert met zijn 'hybride' producten op basis van lupine, rijst en tarwe een belangrijke bijdrage aan de eiwittransitie. Er komen steeds meer soortgelijke lekkere producten op de markt. Verder zijn minder bewerkte producten zoals peulvruchten, noten en paddenstoelen goede bronnen van plantaardige eiwitten. We hoeven trouwens niet altijd vlees te vervangen door andere eiwitten. We kunnen ook simpelweg minder eiwitten eten en veel meer groenten. 80% groenten op het bord, zoals het Koksgilde dit verwoordt in de 'Dutch Cuisine', lijkt een goed uitgangspunt. Dat is gezonder en duurzamer.

Er zijn dus genoeg beschikbare, betaalbare en smakvolle alternatieven voor dierlijke eiwitten. De uitdaging is om de eiwittransitie op een aansprekende en spraakmakende manier grootschalig aan te pakken. Het is de kunst om plantaardig voedsel als de nieuwe norm te gaan zien en vlees als luxe en uitzondering.

2. Meer regionale en seizoensgebonden producten

Groente en fruit die gegeten worden in het seizoen waarin ze worden geteeld buiten de kas, veroorzaken minder verbruik van fossiele brandstoffen en dus minder CO₂-uitstoot. In andere woorden: de energie-intensiteit van seizoensgebonden groente en fruit is veel lager dan van groente en fruit die bijna jaarrond in gasgestookte kassen worden geteeld of worden ingevlogen vanuit een ander continent. Bij voorkeur halen we onze producten uit een regio die maximaal 200 tot 400 kilometer ver ligt. Voor producten die van verder weg komen, is vervoer per schip klimaatvriendelijker dan aanvoer per vliegtuig. Ook hier is veel winst te behalen door de distributie slim te organiseren.

Het is de kunst om plantaardig voedsel als de nieuwe norm te gaan zien en vlees als luxe en uitzondering.

3. Minder eten weggooien

Veel onnodige uitstoot wordt veroorzaakt doordat we grote hoeveelheden voedsel weggooien. We kopen te veel en laten zaken bederven of gooien restjes weg. Gemiddeld gooien we 30% van ons voedsel weg. Dit gebeurt bij de voedselproductie, in de groothandel, de retail, de catering en bij consumenten thuis. Volgens een rapport van Wageningen Universiteit verspilden we in 2009 tussen de 80 en 150 kg voedsel per hoofd van de bevolking, in totaal 1,4 tot 2,5 mln ton.⁴ De Nederlandse overheid had als doel gesteld om te komen tot 20% minder voedselverspilling in 2015, maar dat is niet gelukt. In een evaluatie bleek het algemene beeld dat er van 2009 tot en met 2014 nauwelijks iets veranderd is.⁵ Als we dit verspilde eten zouden voeren aan insecten en er zo nieuwe eiwitten van zouden maken, dan zouden we in ieder geval iets nuttigs doen met dit afval.

Als we minder verspillen en ernaar blijven streven de efficiency in de voedselketen ieder jaar te verbeteren, dan is het mogelijk om de komende periode het energiegebruik door onze voedselconsumptie te verlagen. Dit hoeft zeker niet ten koste te gaan van lekker en gezond eten.

Door relatief lage gasprijzen in Nederland was er lang geen aanleiding om op dat gebied te gaan besparen.

4. Energieverbruik en verduurzaming in de land- en tuinbouw

Aan de productiekant van de landbouw kan ook zuiniger omgesprongen worden met energie en is er veel ruimte voor duurzame vormen van energie. Het verbruik van brandstoffen in de logistieke kant van deze bedrijfstak beschouwen we als onderdeel van het hoofdstuk mobiliteit.

Voor de tuinbouw verbruikt veel energie in kassen. Door relatief lage gasprijzen in Nederland was er lang geen aanleiding om op dat gebied te gaan besparen. De afgelopen tien jaar is er wel veel aandacht geweest voor de energiezuinige of energieproducerende kas. Er werd zelfs een transitieplatform opgericht om duurzamere kassen op weg te helpen. Inmiddels is dit platform, De Kas als Energiebron, onderdeel geworden van de Topsector Tuinbouw & Uitgangsmaterialen.

In 2011 kwam 7,8 Mton van de 166 Mton CO₂-uitstoot in Nederland uit de glastuinbouw.⁶ Toch gebruikte deze sector eind 2011 gemiddeld per eenheid product 52% minder fossiele energie dan in 1990. De CO₂-emissie daalde daardoor ook: in 2011 lag die 18% lager dan in 1990. Er zijn voor de glastuinbouw teeltconcepten ontwikkeld met in potentie 30 tot 40% energiebesparing.

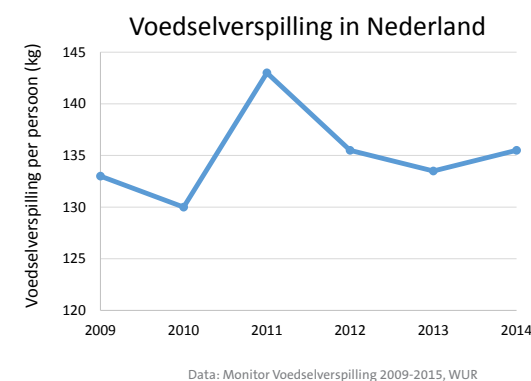
Eind 2015 waren er 34 glastuinbouwbedrijven die aardwarmte gebruiken. Het totale aantal bedrijven met een toepassing van duurzame energie lag op 135, waarbij dan ongeveer 9% van het glastuinbouwoppervlak (deels) wordt ondersteund door duurzame energie. Daarmee was 5% van het energieverbruik duurzaam. Het doel voor 2020 was een maximale CO₂-emissie van 6,2 Mton. Dat is al gehaald, want in 2015 was de uitstoot nog 'maar' 5,7 Mton. Er wordt daarom ook gewerkt aan ambitieuzere doelen.

Met de nieuwste ontwikkelingen kan het energieverbruik in de glastuinbouwsector met 50 tot 60% teruggedrongen worden. Het energieverbruik verder terugdringen is moeilijk, omdat er een minimum hoeveelheid energie nodig is voor bijvoorbeeld het verdampen van vocht en omdat de planten een bepaalde temperatuur nodig hebben. Dit betekent dat de energievraag die overblijft duurzaam ingevuld moet worden. Dit gaat dan om 40 tot 50 PetaJoule. Volgens de sector zijn aardwarmte en warmtepompen de grootste kanshebbers om deze energie te



Krekel pasta

produceren. Ook zonnewarmte kan een deel van de energie leveren. Een mogelijk geschikte technologie voor de toekomst zijn zogenaamde spectrum-specifieke zonnecellen. Die laten het licht door dat planten nodig hebben, maar maken uit de rest van de straling elektriciteit. Deze combinatie is handig, omdat de hoeveelheid elektriciteit die kassen nodig hebben zal toenemen doordat pompen en groeilicht steeds meer gebruikt worden.⁷



Figuur 4: De voedselverspilling neemt nog niet af.

De nieuwe generatie vleesvervangers lijkt niet alleen op vlees of vis, maar heeft een smaak en textuur ('bite') die soms niet meer van echt vlees of vis te onderscheiden zijn.

Zie voor een inspirerend voorbeeld het interview op pagina 146 met Leon Ammerlaan van The Green Innovator, een kweker van potplanten met een energieleverende kas. Als we willen, kunnen kassen in 2030 energieneutraal zijn.⁸

Als we al het genoemde doen, kunnen we niet alleen aan de kant van voedselconsumptie, maar ook aan de kant van de voedselproductie verregaande reducties van energiegebruik bewerkstelligen. Bij elkaar zou dit mogelijk wel tot een besparing van 50% aan energie kunnen leiden. Om conservatief te rekenen gaan we in ons scenario en de modelberekeningen uit van slechts 30% energiebesparing.



v-snaar projecten

Kipster, het kipvriendelijke en duurzaamste initiatief dat de markt wil veranderen

HOE

Tuinbouw – kassen

Het innovatie- en actieprogramma De Kas als Energiebron heeft tot doel energiebesparing

Technisch gezien zijn er geen belemmeringen voor een energieneutrale glastuinbouwsector in 2030.

en minder CO₂-uitstoot in de tuinbouw. In het programma werken glastuinders, toeleveranciers, onderzoekers, brancheorganisaties en de overheid samen. Technisch gezien zijn er geen belemmeringen voor een energieneutrale glastuinbouwsector in 2030, aangezien er al kassen gebouwd kunnen worden die zeer weinig energie verbruiken. Men kan met duurzame energie uit aardwarmte en warmtepompen de kassen verwarmen en verlichten. Steun bij de financiering en de realisatie van een gezamenlijke warmterotonde kan de verduurzaming behoorlijk versnellen en daarmee veel uitstoot terugbrengen.

Landbouw

In de toekomst zullen we zo veel mogelijk CO₂ uit de lucht willen halen en opslaan. De beste manieren van opslaan zijn in de bodem en in bomen. Als de bodem een hoger koolstofgehalte krijgt en goed wordt verzorgd, dan kan ze bijdragen aan CO₂-opslag. Boeren ondersteunen en belonen voor een goede zorg voor de bodem en het bodemleven, helpt om de hoeveelheid organische stof in de bodem omhoog te krijgen. Dat leidt uiteindelijk ook tot sterkere gewassen die minder vatbaar zijn voor ziekten en tot meer biodiversiteit in en op de bodem.

Door klimaatverandering zal er in grote gebieden in de wereld minder opbrengst zijn van de grond. Het is dus zaak dat we in Europa voldoende verbouwen voor de Europese bevolking, zonder de enorme import van elders. Dan gaat het vooral om bijvoorbeeld soja voor veevoer. Minder vlees produceren en eten leidt meteen tot minder import. Meer verbouwen voor onze eigen plantaardige eiwitten en minder tarwe verbouwen voor de export helpt ook.

Veeteelt

Minder vlees en meer plantaardige eiwitten eten maakt enorm veel verschil. Voor het maken van 1 kg dierlijk eiwit is gemiddeld 6 kg plantaardig eiwit nodig. Die 6 kg is een gemiddelde: er is 26 kg plantaardige eiwitten nodig voor 1 kg rund vlees, en 4 kg voor 1 kg kip.⁹ Wereldwijd wordt 40% van het graan en 70% van de soja gebruikt als veevoer. Als we dat rechtstreeks zouden eten, dan zouden er heel veel meer monden gevoed kunnen worden. Minder vlees eten neemt dus minder ruimte in beslag, zorgt voor minder gebruik van water en energie, en leidt zo tot minder uitstoot van broeikasgassen en is gezonder voor mensen.

Een kleine veehouderij die goed omgaat met de dieren is het beste om de bodemkwaliteit op peil te houden. Dierlijke mest, vooral rundvee- en pluimveemest, kan een zegen voor de bodem zijn, maar je kunt de bodemkwaliteit in principe ook op peil houden met groenbemesters, gewasresten en compost. Dat vergt iets meer werk en nadenken, maar het kan.

Een deel van de melkveehouderij zou kunnen blijven, vooral op die grondsoorten die minder geschikt zijn voor akkerbouw, zoals veenweiden

Minder vlees eten kost minder ruimte en vraagt minder water en energie, leidt zo tot minder uitstoot van broeikasgassen en is gezonder voor mensen.

en sommige kleigronden. Die melkveehouderij is strikt grondgebonden, dus bijna alle ruwvoer (gras en maïs) kan komen van het eigen bedrijf en bijna alle mest kan milieuverantwoord binnen het bedrijf worden afgezet. De koeien komen allemaal in de wei en op deze manier kunnen ook gewaardeerde landschappen en weidevogels behouden blijven. Wel is het zaak dan verder te werken aan het flink verminderen van de emissie van methaan uit pens en mest. Dat kan onder andere door het voedsel aan te passen (zie het interview met Johan Sanders en Martijn Wagener over Grassa op pagina 86). De hoogwaardigste manier om reststromen uit de voedselindustrie op te waarderen en te hergebruiken, is als ze weer voedsel worden.

Voor eieren is er Kipster, het kipvriendelijke en duurzaamste initiatief dat de markt wil veranderen. Het kippenvoer van Kipster komt van reststromen die niet geschikt zijn voor menselijke consumptie.¹⁰ Er zijn nu bijvoorbeeld experimenten om de kippen te voeren met eiwitten uit gras die koeien niet nodig hebben (zie pagina 86 over Grassa). De energievoorziening is verduurzaamd door het dak te bedekken met meer dan 1000 zonnepanelen. Het concept is hierdoor op vele vlakken revolutionair, maar ook rijp voor opschaling, zelfs binnen de stad.

Oplossingen zoeken en samenwerken binnen Europa

Het zou goed zijn om het voedselsysteem op de schaal van Noordwest-Europa te beschouwen en daarbinnen grondstoffen, voedsel en voeding uit te wisselen, waarop hoge duurzaamheidsnormen van toepassing zijn. Om dat systeem te beschermen en te verbeteren, zouden importheffingen op producten van buiten Europa die onder lagere standaarden worden geproduceerd, bespreekbaar moeten zijn.

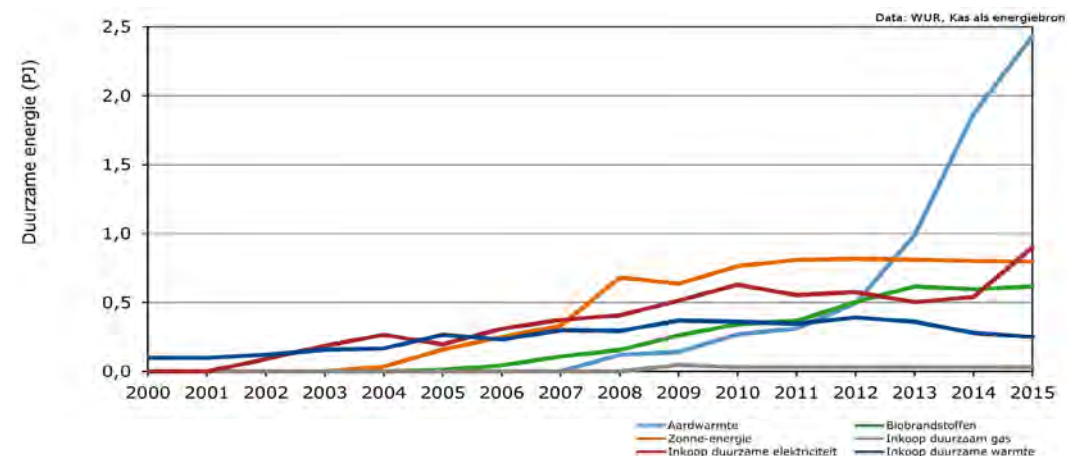
De landbouw- en voedselketen is lang en niet eenduidig. Alle schakels in de keten zullen in beweging moeten komen. Een radicaal andere manier van consumeren en produceren is noodzakelijk als we een transitie willen naar een duurzaam voedselsysteem. Consumenten passen sneller hun voedingspatroon aan als het hen helpt gezond te leven. Het kan dus helpen om uit het enorme aanbod van kookboeken en diëten die menu's te stimuleren die gezond én duurzaam zijn.

FINANCIERING

De activiteiten vanuit De Kas als Energiebron en de Alliantie Duurzaam Voedsel worden deels door de overheid, grote marktpartijen en koepelorganisaties betaald. Ook deelnemende ondernemers en instellingen dragen hun steentje bij. Om alle kassen op 100% duurzame energie te krijgen, is meer (financiële) steun nodig. Steun voor meer onderzoek, maar ook hulp bij het dragen van de risico's, zoals bij het boren naar heet water op kilometers diepte. Daarbij is een langjarige samenwerking van marktpartijen en de overheid nodig.

De energievoorziening is verduurzaamd door het dak te bedekken met meer dan 1000 zonnepanelen.

In de samenleving zijn duizenden vernieuwende initiatieven gaande, van Kipster, de Youth Food Movement, honderden innovatieve MKB-producenten, foodbloggers, workshops voor koks en consumentenvoedselcoöperaties tot aan dak- en moestuinen en stadslandbouw. Deze beweging, die mede wordt gevoed door mensen die gezond en vers voedsel willen en dit samen met anderen willen organiseren, groeit als kool en is niet meer te stuiten. Deze initiatieven worden gefinancierd vanuit vele bronnen, van gewoon ondernemerskrediet en geld van betalende afnemers tot steun van LTO en overheden.



Figuur 5: Ook de kassen verduurzamen. Er zijn vooral grote kansen voor aardwarmte.

ACTIEPLAN !

Fossielvrije landbouw in 2030:

- Alle kassen energieneutraal;
- Landbouwvoertuigen rijden elektrisch of, als elektrisch nog niet mogelijk is, op lokaal gemaakte biodiesel, bio-LNG of blauwe diesel;
- Geen gebruik van kunstmest door lokale kringlopen te sluiten en ander voer te benutten (uit grasraffinage en andere lokaal geteelde gewassen).

Er zijn nog vele andere punten waarop de landbouwsector kan bijdragen aan verduurzaming, bijvoorbeeld door de overgang van dierlijke naar plantaardige eiwitten en door meer koolstof op te slaan in de bodem. Enkele ideeën.

Voor boeren en tuinders:

- De zorg voor bodem en bodemleven wordt topprioriteit. Boeren gaan de organische stof in de bodem bovendien opkrikken. Dit helpt de landbouwproductie op lange termijn, want het zorgt voor sterkere gewassen die veel minder bestrijdingsmiddelen nodig hebben. Goed voor het klimaat en de biodiversiteit. Boeren zouden moeten worden beloond als ze erin slagen meer koolstof (C) in de bodem te behouden.
- Inspirerende voorbeelden creëren van nieuwe (landbouw)producten waar goed geld mee te verdienen is (bijvoorbeeld lupine voor vegetarische gerechten en als grondverbeteraars; Europese soja en multifunctionele gewassen zoals hennep en vlas).
- Zorgen voor waardering door de consument als producten uiteindelijk uit een energieneutrale kas komen. Duurzame bedrijven en cateraars zouden die producten dan ook voorrang kunnen geven. Dat alles helpt de tuinders om sneller de benodigde investeringen te kunnen doen.

Koppelaars voor ondernemers en innovatoren

- Er is positieve aandacht voor koplopers en hulp bij marketing voor nieuwe producenten die zelf moeilijk de markt opkomen. Er zijn partijen nodig die optreden als launching customers en partijen die deze nieuwe producten in het assortiment durven op te nemen. Een goed voorbeeld is Lidl die de eieren van Kipster langjarig gaat afnemen en daardoor deze zeer duurzame eierenproducent helpt met opschalen.
- Ook hulp om relatief kleine innovatoren te koppelen aan grotere verkopende partijen kan veel verschil maken. Als nieuwe duurzame producten zo sneller kunnen opschalen en meer klanten de producten tegenkomen, helpt dat enorm. Een voorbeeld is de Dutch Weed Burger in het assortiment van McDonalds. En de producten van De Vegetarische Slager liggen inmiddels in meer dan tien supermarktketens.

Onderwijs, onderzoek, betere informatie en communicatie:

- Docenten aan ROC's worden opgeleid in de principes van plantaardig, gezond en duurzaam koken, zodat zij op hun beurt nieuwe generaties koks kunnen opleiden.
- Er wordt meer voorlichting en educatie gegeven aan consumenten over gezond en duurzaam voedsel.
- Er ontstaat een grotere transparantie in de keten, met behulp van ICT. Dit kan o.a. met apps op telefoons waarmee je in de supermarkt duidelijkheid krijgt over de aard en herkomst van producten.
- Het woud aan labels en keurmerken verdwijnt. Heldere informatie is voldoende.

Boeren zouden moeten worden beloond als ze erin slagen meer koolstof in de bodem te behouden.

Verduurzamen van de keten

- De (fysieke) afstand tussen producent en consument wordt korter (maximaal 200-400 km).
- Supermarkten helpen om een bodem in de markt te leggen en onduurzame producten uit te faseren (de lat voor de onderkant van de markt komt steeds hoger te liggen).
- De Autoriteit Consument & Markt (ACM) gaat samenwerkingsverbanden voor duurzamere producten stimuleren in plaats van verbieden.¹¹



Aardappels van het Zilt Proefbedrijf maken landbouw ook mogelijk op verzilte gronden.



Drijvende teelt in zilt water.

Bij de overheid ligt de taak om deze transitie te faciliteren.

- De overheid moet het goede voorbeeld geven door zelf steeds te kiezen voor de duurzaamste cateraars. Ook kan de overheid cateraars stimuleren vernieuwende en duurzame producten op te nemen in het assortiment. Daarnaast is er een cultuurverandering nodig dat vlees niet meer de norm is, maar de uitzondering. Via de regels voor inkoop voor overheidsinstanties kan ook op dit terrein meer sturing gegeven worden.
- De overheid moet de teelt van eiwitgewassen in Nederland stimuleren via het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid.

Daarnaast is er een cultuurverandering nodig dat vlees niet meer de norm is, maar de uitzondering.

Voor consumenten betekent duurzaamheid onder meer dat ze:

- vaker vegetarisch eten (bijvoorbeeld Veggie Friday, Meatless Monday);
- minder eten weggoien;
- producten kiezen die qua productie en vervoer klimaatvriendelijk zijn, dus liever seizoensgroenten uit Nederland dan ingevlogen boontjes uit Kenia.



‘Ik hoop in India de vleesconsumptie voor te blijven’

Jaap Korteweg, de man achter De Vegetarische Slager

Net echt, die ‘kipstuckjes’ en die ‘gehacktbal’ van De Vegetarische Slager. Ze vinden hun weg naar vleeseters. Precies wat Jaap Korteweg voor ogen had toen hij een reeks van vleesvervangers op de markt bracht. En de zaak blijft groeien.

Waarom gaat het zo goed met De Vegetarische Slager?

‘Omdat de producten lekker zijn. Mijn doel is ethisch: ik wordt niet blij van de manier waarop we met dieren omgaan in de intensieve veehouderij. Maar mensen zijn genieërs. Je moet dus hun angst voor een leven zonder vlees wegnemen. Dat kan alleen als het alternatief écht lekker is. Zelf ben ik een groot vleesliefhebber, maar eet geen vlees meer van dieren, ik ben mijn eigen doelgroep.’

Ook de culinaire wereld heeft de vleesvervangers omarmd en bekoord.

‘We hebben al veel prijzen gewonnen, ja. Dat helpt. Laatst mocht ik spreken op de Food Inspiration Days voor 1100 mensen, veel chefs, een hele eer. En iedereen kon proeven. Dat leverde alleen maar enthousiaste reacties op, ook van grote spelers die verbaasd waren dat dit bestaat. Niet van echt te onderscheiden, zeiden ze. Met zo’n omvang geeft dat meteen een grote impuls.’

Was het succes verrassend?

‘Ik gaf mezelf 10% kans van slagen, want ik had er geen verstand van. Vleesvervangers waren niet nieuw, maar ik dacht dat het beter kon. Ik heb zeven jaar geïnvesteerd en er deskundigen bijgehaald. Ik ben niet van de businessplannen, maar wel van de ambitie en een duidelijk doel. Mijn eerste klant was de slager van het jaar, nu liggen we in veel supermarkten. De Vegetarische Slager is niet bedoeld voor een nichemarkt of selecte groep, want dan heeft het geen impact op de bio-industrie. We moeten de grootste slager van de wereld worden. En we groeien, ook in het buitenland. Van Berlijn tot Zuid-Korea, maar nog niet in India. Daar wordt nog niet veel vlees gegeten en ik hoop daar de vleesconsumptie voor te blijven.’

Hoe is de groei van het bedrijf bij te benen?

‘Voor dierenvlees is drie keer meer landbouwgrond, energie en water nodig dan voor plantaardig vlees. Driemaal zo veel soja, erwten, tarwe of lupine, de grondstoffen die wij gebruiken en die ook gebruikt worden om dieren te voeren. Eind 2017 gaat onze nieuwe fabriek in Breda open. Die is voor een kwart gefinancierd door obligaties die vooral gekocht zijn door onze klanten. Binnen drie weken waren ze alle 4999 weg, zo veel vertrouwen en enthousiasme is er. Dat leverde 2,5 miljoen euro op, een geweldig signaal voor de bank die de rest moest financieren.’

We moeten de grootste slager van de wereld worden.

Er zijn ook Unox-balletjes van De Vegetarische Slager. Hoe zit dat?

‘We zijn gevraagd om samen te werken met Unilever, waar Unox bij hoort. Het is voor het eerst dat Unilever met een niet-Unilever-merk co-brandt. We staan samen op de verpakking. Voor vleesverwerkers zijn we geen bedreiging, maar juist een partner, want we richten ons allebei op vleesliefhebbers. Zij merken dat plantaardig vlees minder gedoe oplevert en dat er is een markt voor is. We zijn ook niet zo van het beschermen, onze producten worden gekopieerd. Dat gaan we niet tegen, want iedereen heeft belang bij een beter imago van het product.’

INNOVATIES

Grasraffinage

In gras zitten heel veel eiwitten die nu niet worden benut. Koeien gebruiken slechts 30 tot 50% van de eiwitten en de rest belandt in hun mest. Door gras te raffineren kunnen meer eiwitten benut worden, voor verschillende groepen dieren en mensen. Bij grasraffinage wordt gras gekneusd en geperst. Daarbij ontstaat allereerst grassap vol eiwitten die mensen, varkens en kippen zo wél kunnen eten. Varkens en kippen hoeven dan geen sojaschroot meer te eten, wat leidt tot minder import en minder fosfaat in de mest. Daarnaast ontstaat er uitgeperst gras, waar je vezelkoeken van maakt die de koe kan eten en alles bevatten wat zij nodig heeft. Op deze wijze worden graslanden veel productiever, heb je uiteindelijk nauwelijks nog geïmporteerd mengvoer nodig en houd je betere mest over. Het bedrijf Grassa ontwikkelt nu mobiele grasraffinage-units die rendabel zijn als vijf boeren zo'n machine delen. De mengvoerindustrie zal sterk krimpen als deze ontwikkeling doorzet.

Insecten zijn een natuurlijke 'upcycler' van organisch afval

Het grassap vervangt zowel eiwitten als suikers en is bijvoorbeeld voor varkens een volledige vervanging van mengvoer. Als we 60 tot 100% van ons grasland zouden benutten voor grasraffinage, dan kan het grassap van dat land alle 5,1 miljard kilo mengvoer voor varkens vervangen. Dat betekent weer dat elders in de wereld honderdduizenden hectare aan landbouwgrond voor andere toepassingen benut kunnen worden. Ook is er minder kunstmest nodig.¹² Uit berekeningen blijkt dat het ook energetisch vier keer zo efficiënt is om dieren met geraffineerd gras te voeren dan met soja.¹³

Eiwitten uit andere bronnen, van algen tot insecten

Er wordt gewerkt aan allerlei nieuwe vormen van eiwitrijke voeding, zodat we met veel minder vlees toe kunnen. Zo bestaan micro-algen voor 50% uit eiwitten. Die kunnen wellicht in de toekomst een rol gaan spelen. Nu zijn ze nog een factor tien duurder dan eiwitten uit bijvoorbeeld gras, maar de verwachting is dat dit zal dalen. Ook wordt er gewerkt aan vleesproductie in een laboratorium, onder de minder smakelijke naam 'kweekvlees'. Tot slot zijn ook insecten zeer eiwitrijk (40 tot 70%), maar in de Westerse wereld minder bemind. Het Brabantse bedrijf Protix maakt al volop diervoeder en andere eiwitproducten op basis van insecten. Insecten zijn een natuurlijke 'upcycler' van organisch afval: een groot deel van ons keukenafval, van schillen tot etensresten, kan gevoerd worden aan insecten, die daar nuttige eiwitten van maken.¹⁴

Andere gewassen en meervoudig gebruik van gewassen

Er is nog veel meer mogelijk met andere gewassen in de rotatieschema's van de landbouw en het meervoudige gebruik van die gewassen. De vezels van gewassen zoals vlas en hennep zijn toepasbaar voor veel doeleinden en ook koolzaad kan gebruikt worden voor olie, lijnzaadkoeken (veevoer) en andere toepassingen. Daardoor kan grond veel beter benut worden. Hier zijn nog veel innovaties mogelijk. De combinatie van de landbouwsector met de biobased economy kan nog veel verder ontwikkeld worden en naast voedsel ook duurzame brandstoffen opleveren. Zelfs elektriciteit opwekken uit planten wordt onderzocht en kan leiden tot veel positieve doorbraken. Zie bijvoorbeeld plant-e.com.

NEDERLAND 100% DUURZAME ENERGIE VOOR 2030

WAT KAN IK DOEN?

AGENDA

3



15. IK EET MEER GROENTE EN PLANTAARDIGE EIWITTEN EN EEN AANTAL DAGEN IN DE WEEK GEEN VLEES

16. IK KOOP VOORAL PRODUCTEN UIT DE STREEK EN UIT HET SEIZOEN

17. IK GA BETER INKOPEN EN MINDER WEGGOOIEN

18. IK KOOP ALLEEN VIS DIE GROEN IS OP DE VISWIJZER EN IK VERVANG VISOLIE DOOR OLIE VAN ALGEN

19. ALS IK VLEES EET, DAN KOMT DAT NIET UIT DE BIO-INDUSTRIE

20. MET MIJN KOOPGEDRAG STEUN IK RELATIEF DUURZAME PRODUCTEN



**‘Grasraffinage levert
2,5 keer meer eiwit op dan
geïmporteerde soja’**

Johan Sanders en Martijn Wagener van Grassa



Koeien eten gras. Maar slechts een deel daarvan benutten ze echt. En de mest vormt een probleem. Voormalig hoogleraar en expert in duurzame landbouw Johan Sanders kwam op het idee om gras en andere planten te raffineren. Dit resulteerde in Grassa BV, waar Martijn Wagener directeur van is.

Hoe is Grassa ontstaan?

Johan Sanders: ‘Landbouwdieren eten nu nuttige, niet-nuttige en schadelijke stoffen. Door raffinage van voedergrondstoffen, zoals gras, kunnen we ze alleen de nuttige componenten geven en kunnen we met de resterende stoffen fossiele brandstoffen besparen. We pakken meteen het mestprobleem aan. Een aantal partijen hebben de afgelopen jaren onderzoeksprojecten uitgevoerd, en in 2014 heb ik samen met Gjalte de Haan en Bram Koopmans het bedrijf Grassa BV opgericht om dit idee in praktijk te brengen. Het staat nu onder aanvoering van Martijn Wagener.’

Hoe werkt het?

Martijn Wagener: ‘Een mobiele raffinage-installatie verdeelt woekerende waterplanten, reststromen van tuinders of vers gras in eiwitten, vezels, fosfaten en wei. Van geraffineerd gras kun je koeien bepaalde componenten voeren. Andere componenten zijn weer voedzamer voor kippen of varkens.’ Johan: ‘De koeienmaag kan maar een deel van de grascellen openen, een groot deel eindigt onbenut als stikstof in mest. De koe krijgt veel hoogwaardige grondstoffen binnen, terwijl ze eigenlijk aan laagwaardige grondstoffen genoeg heeft.’

Hoeveel zou dat schelen?

Martijn: ‘Met dezelfde hoeveelheid gras kun je zo’n 50% meer dieren voeren.’ Johan: ‘In Nederland is de helft van het landbouwgebied grasland, 1 miljoen hectare. Met grasraffinage kan het gras zelfs 2,5 keer meer eiwit per hectare leveren dan geïmporteerde soja.’

*Met dezelfde hoeveelheid
gras kun je zo’n 50% meer
dieren voeren.*



Johan Sanders



Martijn Wagener

En als je gras meteen na het maaien raffineert, voorkom je verliezen die nu optreden bij inkuielen en kun je ook varkens en kippen van hoogwaardig eiwit voorzien. Zo levert dezelfde hectare veel meer grondstof voor diervoeding.’

Wat kan Grassa aan het mestprobleem doen?

Johan: ‘In Nederland hebben we jaarlijks 35 miljoen ton aan eiwitrijke grondstoffen, zoals mais, tarwe en sojaschroot. Veel daarvan wordt geïmporteerd uit Zuid-Amerika. Daarmee halen we een enorm overschot aan kalium, fosfaat en stikstof binnen. Nederland is daar veel te klein voor. Het kost een miljard euro om het mineralenoverschot te verwerken.’ Martijn: ‘De installatie van Grassa haalt ook de waardevolle fosfaten uit het gras, die niet meer in de koeienpoep op het weiland belanden. Ze zijn apart te verwerken.’

Kan Grassa ook eiwitten uit gras halen voor menselijke consumptie?

Johan: 'Technisch gezien kan dat zeker, maar dan lopen we tegen de acceptatie van de consument aan. Mensen willen geen gras eten. Als we eiwitten voor menselijke consumptie uit gewassen gaan raffineren, dan halen we die uit alfalfa, tarwegras en groentereststromen. Gewassen die mensen al consumeren. Zodra we de diervoeding goed voor elkaar hebben, willen we daarmee verder.'

Als daar allemaal mensen achter zitten die niet durven, gaat die innovatie niet snel.

Hoe ver is Grassa nu in de praktijk?

Martijn: 'In Oeganda staat de tweede generatie van de installatie. Daar brengen de koeien 20% meer melk op en is de biggensterfte sterk teruggedrongen. Voorheen was daar een mesttekort, maar met bioraffinage komt alles terug op het veld en hoeven ze alleen verliezen aan te vullen.' Johan: 'De productie van gewassen is daar nu een factor 2 of 3 hoger. Dat is voor ieders toekomst belangrijk. Als de Afrikanen zichzelf niet kunnen voeden, zoeken ze elders oplossingen, zoals in Europa.' Martijn: 'In Nederland draait generatie drie sinds november 2016. Melkveehouders werken met de Kringloopwijzer om de impact van vermisting en voer in de gaten te houden. Voor acht bedrijven hebben wij die doorerekend, samen met onder andere Stichting Courage, en bij drie bedrijven gaan we grasraffinage in de praktijk testen op milieuaspecten en economische aantrekkelijkheid. We hebben moeten zoeken naar voorlopers in de sector. De melkveesector is hoogproductief, er wordt veel melk uit een koe geperst.

Als een koe één dag van slag is, scheelt dat veel productie en dus geld. Daarom vinden veehouders experimenteren griezelig.'

Waarom is het idee niet eerder uitgevoerd?

Johan: 'Vanwege het businessmodel van de mengvoederindustrie, die grootschalig wereldwijd restproducten opkoopt. Ze weten precies met welk grondstoffenmengsel een big of een kip net voldoende kwaliteit levert tegen de laagste prijs.' Martijn: 'De waarde van lokaal geproduceerd diervoer stijgt en nu kunnen we in Nederland rendabel bioraffineren en iets doen aan de toekomstige voedselschaarste.'

En waarom zo'n voorzichtige start?

Johan: 'Een vernieuwend proces dat veel kapitaal vraagt, wordt vaak niet opgestart vanwege de risico's. In de biobased economy verandert de grondstof van fossiel naar biomassa. Dan gaat het om honderden nieuwe processen. Als daar allemaal mensen achter zitten die niet durven, gaat die innovatie niet snel. Dus bestudeer ik in Wageningen kleinschalige en weinig kapitaalsintensieve processen. Maar op grote schaal is hierin veel winst te behalen. Alleen al in het transport. Denk bijvoorbeeld aan jaarlijks 6 miljoen ton suikerbieten voor de suikerindustrie, die grotendeels uit water bestaan. Gras bestaat ook voor 80% uit water en kent dus dezelfde logistieke uitdaging. Kleinschalige verwerking voorkomt de noodzaak van transport, ook van mest.' Martijn: 'Grassa wil nu doorpakken. Met meerdere machines lokaal diervoer produceren en leveren aan voorlopers in de sector. We verzamelen nu kapitaal om dit naar de markt te brengen. Partijen die ons willen steunen, zijn welkom.'



Landbouw en zonne-energie gaan prima samen



4. ANDERS PRODUCEREN

NAAR EEN CIRCULAIRE, BIO-BASED
INDUSTRIE OP DUURZAME ENERGIE

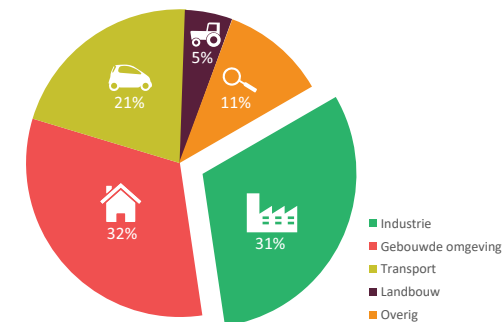
AGENDA

VOOR NEDERLAND VOOR 2030

- 11 **DE INDUSTRIE BESPAART 50% ENERGIE IN 2030, DOOR EEN COMBINATIE VAN:**
 - EEN LAGERE VRAAG NAAR NIEUWE PRODUCTEN IN SOMMIGE SECTOREN
 - MEER HERGEBRUIK EN RECYCLING
 - EFFICIENCYVERBETERING VAN GEMIDDELD 2% PER JAAR
 - MEER GEBRUIK RESTWARMTE, O.A. DOOR GEBRUIK VAN INDUSTRIËLE WARMTEPOMPEN
- 12 **ELEKTRIFICATIE VAN PROCESSEN (20%), GEBRUIK VAN (ULTRA)DIEPE GEOTHERMIE, MEER INZET VAN WATERSTOFTECHNOLOGIE, TEN KOSTE VAN FOSSIEL GAS EN BIOMASSA**
- 13 **BOVEN OP DE MODELBEREKENINGEN EXTRA INZET VAN 20 GW ZONNE-ENERGIE EN 9 GW WIND OP ZEE OM HET GEBRUIK VAN BIOMASSA ZO VEEL MOGELIJK TE VOORKOMEN EN PROCESSEN VERDER TE ELEKTRIFICEREN.**

4. ANDERS PRODUCEREN NAAR EEN CIRCULAIRE, BIO-BASED INDUSTRIE OP DUURZAME ENERGIE

De Nederlandse industrie is de grootste uitstoter van broeikasgassen, waaronder veel CO₂. In gesprek met de grootste uitstoters blijkt dat bijna alle processen zouden kunnen veranderen en dat de vraag naar brand- en grondstoffen kan afnemen door een meer circulaire economie waarbij deze stoffen veel vaker en beter worden benut.



Figuur 1: Aandeel in Nederlandse CO₂-uitstoot per sector

Het gaat bij de energietransitie niet alleen om minder verbruik en gebruik van duurzame bronnen, maar ook om anticiperen op de industrie van de toekomst en op disruptieve veranderingen. Als we bijvoorbeeld allemaal elektrisch gaan rijden en veel schoner gaan varen, dan verliezen raffinaderijen de helft van hun werk. Dat staat niet in hun toekomstscenario's, maar het gaat wel gebeuren. Als er uiteindelijk linksom of rechtsom een CO₂-prijs komt, heeft dat veel effect op alle industrie die nog veel uitstoot. Kortom, de periode tot 2030 is cruciaal en zal veel onverwachte wendingen opleveren voor de industrie. Zoals in het boek *De toekomst van de Nederlandse intensieve industrie - Het verhaal* door Quintel wordt beschreven, zijn er voor veel industrieën duurzame oplossingsrichtingen. Op tijd beginnen met de omslag is cruciaal voor een gezond voortbestaan. De ene industrie is daar al verder mee dan de andere.

De industrie kan 50% energie besparen tussen nu en 2030. Dat denken de vertegenwoordigers van de energie-intensieve industrietakken staal, chemie, papier en beton/cement zelf ook. Dat vereist doorgaans wel een ketenaanpak, en ook

sturing op de vermindering van CO₂-uitstoot in de keten zou helpen. Bijna alle processen blijken op duurzame elektriciteit te kunnen draaien in plaats van op gas, biomassa of kolen. Het grootste vraagstuk is dus: hoe kunnen we die industrieën helpen de bocht te maken om op een andere manier te gaan produceren of andere dingen te produceren? Hoe maken we dat betaalbaar en blijven internationaal opererende bedrijven concurrerend?

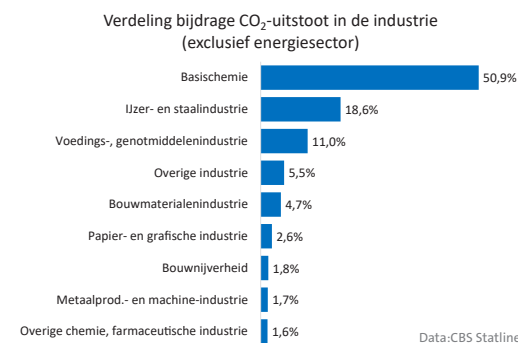
De industrie kan 50% energie besparen tussen nu en 2030. Dat denken de vertegenwoordigers van de energie-intensieve industrietakken staal, chemie, papier en beton/cement zelf ook.

Er zal dan ook voldoende duurzame elektriciteit opgewekt en getransporteerd moeten worden. Als we de noodzaak zien van deze grote veranderingen, is dat mogelijk. De techniek en het transportsysteem zijn niet de beperkende factoren. Het is onze snelheid van handelen (mede bepaald door wet- en regelgeving), het door ons geschapen economisch systeem en de bereidheid om te investeren die bepalen of we snel genoeg de energietransitie in de industrie voor elkaar krijgen. Samen.

Het voert te ver om van alle verschillende bedrijven in Nederland een route naar energie- of klimaatneutraliteit te schetsen. In algemene zin is het energievraagstuk ook niet het ingewikkeldste om op te lossen. In bijna alle gevallen kan voor het voldoen aan de energiebehoefte gebruikgemaakt worden van duurzame elektriciteit uit zon en wind (waar vervolgens ook waterstof en dergelijke mee gemaakt kan worden). Vooral de nieuwe offshore windparken zullen de extra energie gaan leveren voor het elektrificeren van een groot deel van de industrie. De uitdaging ligt vooral bij de zeer energie-intensieve bedrijven waarbij energie een groot deel van de kosten vormt of waarbij fossiele brandstoffen een belangrijke grondstof zijn in het productieproces. Dit zijn doorgaans ook de grootste CO₂-uitstoters.

Voor de nieuwe offshore windparken zullen de extra energie gaan leveren voor het elektrificeren van een groot deel van de industrie.

We laten de elektriciteitsproducenten zoals RWE, Uniper, NUON en ENGIE hier buiten beschouwing (wel grote uitstoters nu!), omdat die in 2030 alleen nog maar duurzame energie leveren in dit scenario. De raffinaderijen van Shell, Esso en BP zullen we verderop nog bespreken, maar ook die zullen door de opkomst van elektrisch vervoer en het verduurzamen van de scheep- en luchtvaart minder omzet kunnen draaien als ze zich niet aanpassen.



Figuur 2: Een klein aantal sectoren is verantwoordelijk voor de uitstoot van de meeste CO₂ in de Nederlandse industrie.

Het produceren van de volgende vijf materialen is zeer energie-intensief en leidt tot meer dan de helft van alle CO₂-uitstoot in de industrie in de EU:

1. ijzer en staal
2. cement
3. chemie/plastics
4. papier & pulp
5. aluminium

In Nederland gaat de laatste faciliteit voor cementproductie in 2018 dicht, dus dan gaan we cement vooral importeren. De laatste aluminiumproducent Aldel ging eind 2013 failliet, maar maakte 1,5 jaar later onder de naam Klesch Aluminium Delfzijl een doorstart. Die kan elektrificeren. De grote producenten en dus ook de grote uitstoters van CO₂ in Nederland zijn vooral de chemie (voornamelijk allerlei soorten plastics) en de staal- en de papierindustrie. Voor al die industrieën zijn de energiekosten hoog en vormen die kosten een belangrijk onderdeel van de kostprijs, dus ze hebben al veel maatregelen genomen die tot besparing leiden. De Nederlandse industrie is daarin ten opzichte van veel andere landen relatief vooruitstrevend. Als er nu nog grote stappen nodig zijn, gaat het om bijna volledige elektrificatie (dus energie vooral uit

duurzame elektriciteit, vaak in combinatie met grondstoffen maken met duurzame stroom) en om allerlei stappen die tegenwoordig vallen onder de noemer 'circulaire economie'.

De eerste stap is altijd reduceren van de hoeveelheid nieuwe materialen die nodig zijn en die geproduceerd moeten worden. Dat kan doordat er vervangende producten komen en er een markt helemaal weggevaagd wordt (zoals bij fotorolletjes gebeurde), maar ook door anders omgaan met materiaalstromen. In het 'Material Manifesto' vanuit Cambridge University werden zes acties benoemd:¹

1. anders en slimmer ontwerpen zodat er minder materiaal nodig is en er minder weggegooid wordt;
2. minder verlies van materiaal tijdens het maakproces;
3. hergebruik van materiaal elders in plaats van omvormen/smelten en opnieuw gebruiken voor hetzelfde;
4. hergebruik van componenten in plaats van recycling;
5. producten langer gebruiken (levensverlenging)
6. vraagreductie.

Voor zo min mogelijk uitstoot zijn dus twee zaken van belang:

- a. minder vraag en meer circulair gebruik van grondstoffen;
- b. datgene wat nog wel geproduceerd wordt, alleen met duurzame energie maken.

WAT – PER INDUSTRIE

Industrie van de toekomst – industriepolitiek nodig!

De nieuwe circulaire economie die draait op groene grondstoffen en duurzame energie vraagt om keuzes. Welke industrieën passen wel in een duurzame, volhoudbare samenleving en welke niet? Welke kunnen zich nog aanpassen en welke zullen verdwijnen? Welke bedrijven kunnen beter naast elkaar staan, zodat de afvalstromen van de ene (bijvoorbeeld koolmonoxide) de grondstof kan zijn van de ander (bijvoorbeeld een chemische fabriek die koolmonoxide samen met waterstof kan omzetten in plastics)? Dat leidt tot zogenoemde industriële symbiose.

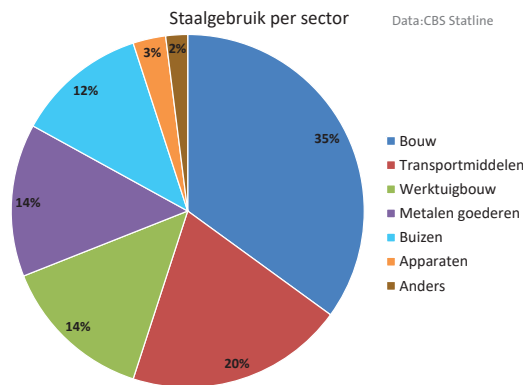
Niet elk bedrijf past bij de toekomstige economie, en we moeten dan ook niet koste wat het kost elke industrietak proberen te redden. Vanaf 2020 neemt de omvang van de beroepsbevolking af, dus laten we nu gaan kiezen wat we met de resterende mensen willen doen. We moeten wel kiezen welke industrieën goed passen en dus steun verdienen op allerlei manieren. Industriepolitiek mag weer, moet zelfs weer en vereist moed en keuzes.

Industriepolitiek mag weer, moet zelfs weer en vereist moed en keuzes.

Hoe zou het er in 2030 uit kunnen zien? Welke industrie heeft overleefd of zich aangepast, welke bedrijven zijn verdwenen? Welke sectoren kunnen groeien, waar gaan we ons geld mee verdienen? Zonder compleet te willen zijn, schetsen we onderdelen van een potentiële economie, startend met de sectoren waar nu veel energie wordt verbruikt. De energiesector zelf, ook een grote uitstoter van CO₂, komt in het volgende hoofdstuk aan bod.

4.1 Staalindustrie

In Nederland is Tata Steel na Shell de grootste uitstoter van broeikasgassen, zo'n 5,8 megaton CO₂ per jaar aan directe uitstoot.² Ze stoten ook nog koolmonoxide uit waar het energiebedrijf Nuon elektriciteit en warmte van maakt, waar ook CO₂ bij vrijkomt, dus eigenlijk stoten ze het dubbele uit.³ Het bedrijf produceerde in 2016 in IJmuiden 7,5 miljoen ton staal voor de volgende sectoren:



Figuur 3: In Europa wordt meer dan de helft van het staal in de bouw- en de transportsector gebruikt.

Van die 7,5 miljoen ton staal werd 3,5 miljoen ton geëxporteerd naar landen in de EU en 1,2 miljoen ton naar landen buiten Europa, waarvan 800.000 ton naar de VS.

a. Vraagreductie

De helft van de omzet van de staalindustrie in Nederland gaat naar de automobiellindustrie en de bouw. Kunnen we daar serieuze reductie van de vraag verwachten of bewerkstelligen?

Minder staal voor auto's – zelfrijdende e-taxi's als OV van de toekomst

Het is de verwachting dat de elektrificatie van de automobiellindustrie doorzet en dat in 2030 bijna alle auto's elektrisch rijden. Als dat gecombineerd wordt met de opkomst van zelfrijdende auto's, dan zou dit het openbaar

De vervoerskosten voor burgers worden per kilometer 20% tot 80% lager als ze zelfrijdende e-taxi's gaan gebruiken.

vervoer van de toekomst kunnen worden. Je zou dan ook kunnen denken aan een abonnement op de zelfrijdende e-taxi die je van deur tot deur brengt. Aangezien auto's nu 90% van de tijd stilstaan, hebben we bij deze nieuwe vorm van OV veel minder auto's nodig en dus ook minder parkeerruimte en minder nieuwe wegen. Vooral in steden zou dat de leefbaarheid, het ruimtebeslag en de doorstroom sterk kunnen verbeteren. Volgens recente studies, simulaties en bijbehorende rapporten kan de vraag naar auto's wel tot 90% afnemen als de zelfrijdende elektrische auto echt het OV van de toekomst zou worden.⁴ Daar gaan we hier niet mee rekenen, maar het geeft wel aan dat het niet vanzelfsprekend is om alleen maar te rekenen op groei in die sector. Bovendien worden de kosten voor vervoer voor burgers per kilometer tot wel 20 tot 80% lager als ze zelfrijdende e-taxi's gaan benutten⁵. Dat zal voor velen ook een reden zijn om van de eigen auto over te stappen op het abonnement van een e-taxi.

De zelfrijdende taxi's kunnen de uitstoot van broeikasgassen in ieder geval sterk reduceren.

Minder staal in de bouw

In de bouw wordt nu veel staal en cement gebruikt. Dat is wellicht voor heel hoge of ingewikkelde gebouwen noodzakelijk, maar voor de laagbouw niet. De bouw zou ook veel meer met hout kunnen werken; in hout is CO₂ opgeslagen. Dus als een pand honderd jaar meegaat, wat niet uitzonderlijk is, dan is dat een mooie vorm van CO₂ vastleggen. Tegenwoordig noemen we dat enigszins eufemistisch ook wel 'negatieve emissies'. Als we de nieuwbouw die nu voorzien

is tot 2030 van hout zouden bouwen, scheelt dat per jaar 160 tot 198 kiloton wapeningsstaal (en 9000 kiloton beton en dus cement).⁶

Staal extra voor windmolens en groei

Tegenover de eventuele vermindering van de vraag naar staal door de ontwikkelingen in zelfrijdend elektrisch vervoer en veel meer houtskelbou, staat een groeiende vraag naar windmolens en wellicht autonome groei van de vraag in de rest van de markt. Het energietransitiemodel rekt met 25% minder nieuw staal ten opzichte van 2013 en 40% gerecycled staal als grondstof om opnieuw staal mee te maken. Als we in de toekomst onze windenergie niet meer oogsten met stalen windmolens, maar met vliegers en vliegtuigjes, zoals van Ampyx Power, dan is er minder nieuw staal nodig. Het is dus belangrijk dat we staal steeds opnieuw benutten in de circulaire economie.

De bouw zou ook veel meer met hout kunnen werken; in hout is CO₂ opgeslagen.

b. Circulaire economie

Het lijstje van het 'Material Manifesto' geldt zeker voor staal. De eerste winst is:

1. anders en slimmer ontwerpen, zodat minder staal nodig is en minder weggegooid wordt;
2. minder verlies van materiaal tijdens het maakproces;
3. hergebruik van staal elders in plaats van smelten en opnieuw gebruiken voor hetzelfde;
4. hergebruik van componenten in plaats van recycling;
5. producten langer gebruiken (levensverlenging).

Staal is zeer geschikt als grondstof in de circulaire economie.

Staal is zeer geschikt als grondstof in de circulaire economie, omdat het zonder veel verlies keer op keer opnieuw gebruikt kan worden. Hergebruik zonder al te veel extra bewerkingsstappen is het beste en kost het minste energie. Tata Steel geeft aan 1,4 miljoen ton staal per jaar te recyclen en zegt dat gerecycled staal soms zelfs een betere kwaliteit heeft dan het oorspronkelijke materiaal. Dat is vrij uniek. Daarnaast wordt 98% van al het restafval hergebruikt. Dat zijn grote prestaties en serieuze cijfers. Toch is de staalindustrie zo omvangrijk en kost ook het recyclen nog steeds zo veel energie dat de staalindustrie in Nederland een grote energiegebruiker blijft en de op één na grootste CO₂-uitstoter van Nederland.

c. Energie besparen

De hoeveelheid energie om een ton staal te maken is sinds 1990 met ruim 30% gedaald. Tata Steel heeft met het Hlsarna-project een techniek ontwikkeld waarmee nog eens 20% minder CO₂ uitgestoten zou kunnen worden als het verder opgeschaald zou worden. Hlsarna is ook heel geschikt om reststromen 'staalschrot' te verwerken en relatief schoon en geconcentreerd CO₂ te leveren, dat afgevangen en benut kan worden, bijvoorbeeld in de chemie. Daarmee is het een mooi project om op te schalen en is het de volgende uitdaging om alle resterende uitstoot van broeikasgassen op te vangen en te benutten.

Volgens experts van bijvoorbeeld Cambridge University en ook veel mensen uit de staalindustrie zelf, zou 50% reductie van CO₂-emissies door circulair gebruik van staal, betere technieken en minder vraag naar nieuw staal moeten

kunnen. Dan is het de uitdaging om ook de andere helft van de CO₂-uitstoot te voorkomen door processen anders in te richten, zodat de broeikasgassen die geproduceerd worden niet in de lucht belanden, maar opnieuw benut worden.

50% reductie van CO₂-emissies door circulair gebruik van staal, betere technieken en minder vraag naar nieuw staal zou moeten kunnen.

d. Nieuwe routes zonder emissies

Uit de staalovens komen drie soorten gassen: ongeveer 25% koolmonoxide (CO), 25% kooldioxide (CO₂) en 50% stikstof (N₂). CO₂ en CO zijn allebei broeikasgassen, die je zo min mogelijk als afval in de lucht wilt lozen.⁷ Het zijn echter ook grondstoffen voor andere producten. Dat is de uitdaging: hoe kunnen we ze benutten? Dat kan of samen met andere bedrijven, zoals de chemische industrie (industriële symbiose), of meteen in en rond de eigen fabriek met nieuwe technologieën.

Industriële symbiose staalindustrie & chemische industrie zonder uitstoot broeikasgassen

Staalfabrieken zoals Tatasteel, de vroegere Hoogovens in IJmuiden, gebruiken veel steenkool. Niet omdat ze dat per se nodig hebben als brandstof om veel warmte te maken, maar primair omdat ze de koolstof (C) nodig hebben om uit ijzererts het ijzer vrij te maken via chemische reacties. Na afloop van het chemische proces hebben ze ijzer/staal over, maar het koolstofatoom C heeft zich dan gebonden aan zuurstof, waardoor je kool(stof)monoxide (CO) en kool(stof)dioxide (CO₂) krijgt. Het CO wordt vervolgens verbrand tot het ons welbekende CO₂; gelukkig vaak in combinatie met de productie van elektriciteit. Om van ijzer staal te

maken, wordt ook met behulp van zuurstof het koolstofgehalte verlaagd van 5% tot zo'n 0,1%.

Een klimaatneutrale staalfabriek zou het liefst dat CO₂ dus niet uitstoten en zo veel mogelijk CO creëren en dat molecuul weer verder benutten, want CO is een gewilde chemische bouwsteen voor allerlei andere producten. Om CO goed te kunnen benutten, moet het 'schoon' zijn. Een chemisch mengsel van zuiver koolmonoxide is zeer bruikbaar en geldt waard in de chemische industrie. Als je dit CO dus vanuit de staalfabriek wilt recyclen als bouwblok voor de chemische industrie, dan moeten andere vervuilende stoffen eruit zijn. We hebben dus een CO-wasserette nodig, een fabriek die zuivere koolmonoxide afvangt zodat die benut kan worden in de volgende stap. De CO-wasserette kan draaien op duurzame energie, dus veroorzaakt geen uitstoot van broeikasgassen. Daar komt bij dat in dit wasproces ook zuiver CO₂ wordt geïsoleerd. Dit kan dan weer beschikbaar worden gemaakt voor een gebruiker van CO₂.

We hebben dus een CO-wasserette nodig, een fabriek die zuivere koolmonoxide afvangt zodat die benut kan worden.

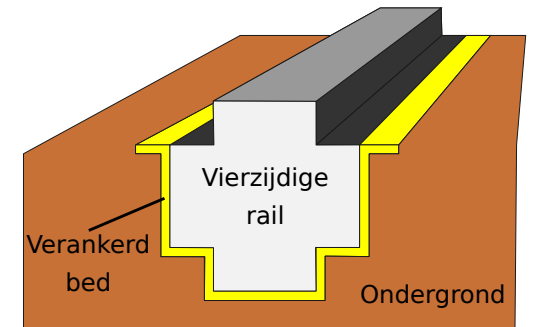
Het zuivere CO is bruikbaar om allerlei chemische basisstoffen mee te maken. Het zou dus heel handig zijn om de chemische fabrieken te koppelen met een staalfabriek om optimale industriële symbiose te creëren. Dow Chemical (Terneuzen) en ArcelorMittal (net over de grens in Gent) treffen al voorbereiding voor een dergelijke uitwisseling. Dit gaat niet zonder slag of stoot, dus industriepolitiek om dit mogelijk te maken en te stimuleren is gewenst. De waterstof die nodig is om de nieuwe moleculen te maken, komt deels als restproduct uit

het staalproces. Deze waterstof moet ook nog een beetje schoongemaakt worden. Dus die H₂ wordt ook gerecycled. Maar dat is niet voldoende, dus er is extra waterstof nodig. Uit water kan waterstof gemaakt worden. Dan houd je zuurstof over, die op het terrein van een staalfabriek de hoogste waarde heeft, omdat zuurstof in grote hoeveelheden nodig is in het proces. Dat kan op een duurzame manier met behulp van bijvoorbeeld windenergie. Dat proces heet elektrolyse en splitst water (H₂O) in waterstof (H₂) en zuurstof (O₂).

Tata Steel kan haar nieuwe technologie van het Hlsarna-project opschalen en daarmee veel zuiver CO₂ produceren. Als dat CO₂ vervolgens benut wordt, eventueel na omzetting in CO, kan 80 tot 100% CO₂-reductie gehaald worden. Onder benutten verstaan we niet onder de grond stoppen, al dan niet om meer olie of gas uit een gasveld te halen.

Nog meer symbiose, maar nu met warmte

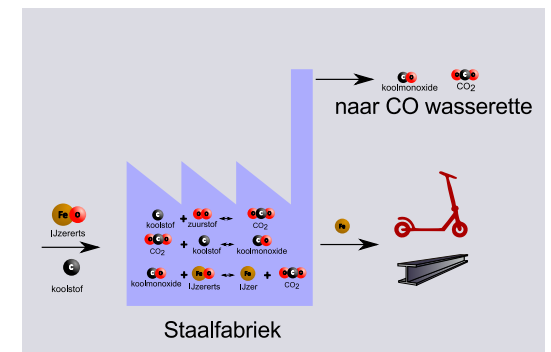
Een staalfabriek houdt ook heel veel warmte over, die nog onderbenut is. In de 'wasserette' kan de afvalwarmte gebruikt worden om ca. 1/3 van de CO₂ af te vangen. In IJmuiden staat vlak bij Tata Steel een papierfabriek die deze warmte ook heel goed kan benutten en daarmee 80 miljoen kubieke meter aardgas zou kunnen besparen. Toch gebeurt dat nog niet. Er liggen nog zoveel onbenutte kansen om uitstoot te verminderen.



Figuur 4: Slim ontwerp voor spoor. Als één zijde van de vierzijdige rail versleten is kan het stuk spoor een kwartslag gedraaid worden. Zo kan een stuk spoor veel langer mee.



Nieuwe processen in de staalindustrie, zoals Hlsarna, zorgen voor minder industrieverbruik.



Figuur 5: Zo wordt ijzer uit ijzererts gemaakt. Als de gassen naar de CO-wasserette gaan kunnen ze nuttig gebruikt worden.



‘De industrie is keihard bezig met verduurzamen’

Tjeerd Jongsma, directeur ISPT

Het beeld dat de industrie verduurzaamt, leeft nog niet zo. Maar als directeur van de stichting voor duurzame procestechologie ISPT weet Tjeerd Jongsma dat de werkelijkheid anders in elkaar zit. Hij geeft een paar indrukwekkende voorbeelden van nieuwe cyclische systemen.

Waar is veel besparing te bereiken in de industrie?

‘De grootste energieslurper is warmte. De industrie gebruikt veel warmte, zoals voor het opwekken van chemische reacties of bij droogprocessen. Daarbij ontstaat restwarmte. Die is niet voor veel doeleinden bruikbaar. Dan is het logisch om die te verhitten en opnieuw te gebruiken. Daar zijn veel partners van ISPT mee bezig.’

Hoe kun je warmte hergebruiken?

‘Tot nu wordt warmte lineair hergebruikt. Warmte van een hoge temperatuur voedt een proces, en de restwarmte daarvan wordt in een volgend proces gebruikt. Bij elke stap daalt de temperatuur. Dat heet pinching. Cyclisch warmtegebruik is veel efficiënter. Dan wordt warmte bij zeg 130°C opnieuw verhit en terug in het proces gebracht. Dat verhitten kan met warmtepompen op duurzame elektriciteit. Zo kun je met 4 KW restwarmte en 1 KW elektriciteit weer 5 KW proceswarmte maken.’

Gebeurt dat ‘as we speak’?

‘Bijna. In het Energieakkoord is afgesproken dat de energie-intensieve industrie 9 petajoule moet besparen. Eén specifiek bedrijf dat natuurlijke grondstoffen verwerkt tot biomethanol kan met cyclische warmte alleen al 0,4 petajoule besparen. Moet je nagaan! Vanaf 2019 starten ze daarmee.’

Zit er nog meer muziek in brandstoffen?

‘Ja, in e-fuel, elektrisch geproduceerde brandstoffen. Er is geprobeerd waterstof als opslagmedium te gebruiken, maar waterstof maakt metalen bros en compressie kost veel energie. Daarom onderzoeken we de verbinding van waterstof en stikstof om ammoniak mee te maken. Ammoniak is geschikt voor opslag en vervoer, en heeft een hoge energiedicht-

heid. NUON ontwikkelt samen met TU Delft een superbatterij om ammoniak te maken. Met de ammoniak kan de Magnum-centrale stroom produceren als er geen zon of wind is. Zo kan alle duurzame energie worden benut en zijn ook pieken en dalen op te vangen. Rond de evenaar is zó veel zonne-energie. Als we daarmee op zee ammoniak maken, is het energieprobleem opgelost. Ammoniak is nu nog duurder dan benzine en bij de productie wordt aardgas gebruikt. Maar met waterstof en stikstof als basis is er geen fossiele brandstof nodig en ontstaat er geen CO₂. Een brandschoon proces.’

Zijn er nog andere cyclische systemen mogelijk?

‘Zeker, bijvoorbeeld in staalfabrieken. Daar is CO₂-uitstoot onvermijdelijk. Die fabrieken sluiten is zinloos, want dan gaan we veel vervuiler geproduceerd staal uit China importeren, dus hier verduurzamen is beter. Dat kan door CO₂ te recyclen. Er is koolstof nodig om ijzer te maken uit de grondstof ijzeroxide. Daarbij wordt koolstof omgezet in koolmonoxide. Dat is een interessante bouwstof voor de chemische industrie, zoals voor het maken van plastic. Als je dat uit elkaar haalt, kun je daarmee de staalfabrieken weer voeden. In principe is alle koolstof uit de staalindustrie te recyclen in de chemische industrie. Dan is het cyclisch. Onze partners Dow Chemical en ArcelorMittal zijn daar al heel ver mee.’

Er gebeurt dus al veel.

‘Ja, en toch heeft de industrie de publieke opinie tegen. Dat werkt remmend, ook op het overheidsbeleid. Er ontstaat zo’n sfeer van “ze lossen het zelf maar op”. Maar “ze” zijn wij allemaal, iedereen gebruikt industriële producten. Dat negatieve beeld is onterecht, de industrie is keihard bezig met verduurzamen.’

Staal maken met ‘eigen CO₂-afval’ of met waterstof uit windenergie

Voor industriële symbiose moet je samenwerken en is het ook handig als de twee partners een beetje bij elkaar in de buurt zitten, zoals ArcelorMittal en Dow Chemical. Naast Tata Steel staat nog niet zo'n chemiereus, maar dat zou wel het overwegen waard zijn. Of de grondstoffen moeten vervoerd worden, wat weer andere kosten en vraagstukken met zich meebrengt, maar wel mogelijk is.

Stel dat je die symbiose niet zo zit zitten, kun je dan ook zelf je eigen reststromen CO en CO₂ benutten om wellicht de koolstof (C) die daarin zit te gebruiken in plaats van koolstof uit kolen? Volgens experts is CO₂ omwerken naar bruikbare koolstof nog niet in de fase dat het industrieel benut kan worden, en men vraagt zich af of dat voor 2030 het geval is, dat wil zeggen, ver genoeg opgeschaald en betaalbaar.⁸

Er komt waterstof vrij in het staalproces en we kunnen waterstof maken met behulp van elektrolyse en windenergie. Die waterstof hebben we in de eerste route van de ‘industriële symbiose’ benut als bouwsteen voor de chemie. Je kunt waterstof echter ook direct benutten in plaats van koolstof uit kolen om het ijzer uit het ijzererts te halen met een zogenaamde redoxreactie. Voor het vrijmaken van ijzer heb je dus niet per se kolen nodig, het kan ook met waterstof (H₂). Waterstof maken is nu echter nog te duur, zelfs als de windenergie bijna gratis zou zijn. In een competitieve industrie als de staalindustrie zou de kostprijs van staal dan al snel ‘minstens’ 10% omhoog gaan. Stel dat we in de EU toch staal willen maken met waterstof omdat het echt héél veel CO₂-uitstoot kan schelen, dan moeten we aan de grens een importheffing opleggen op onduurzaam staal, die de duurzame staalbedrijven beschermt. Dat heeft de EU ook gedaan voor zonnepanelen (een importheffing op Chinese panelen die helaas de markt voor zonne-energie ook heeft geremd en de Duitse industrie niet heeft geholpen), dus waarom niet voor iets dat echt goed is, namelijk hoge CO₂-uitstoot voorkomen en innovatie in de staalindustrie verder aanjagen?

Routes staalindustrie 2030

Er zijn verschillende routes mogelijk naar een staalindustrie zonder uitstoot. Een eerste keuze is:

1. alles zelf oplossen op je eigen terrein zonder een noodzakelijke samenwerking;
2. industriële symbiose, primair tussen de staal- en de chemische industrie, maar ook tussen de staal- en de betonsector als CO₂ bindmiddel wordt in beton.

Optie 1 betekent dat als je naar een staalfabriek wilt die geen broeikasgassen uitstoot in de atmosfeer, je geen kolen zou moeten gebruiken om ijzer uit ijzererts te halen, tenzij je de uitgestoten broeikasgassen kunt afvangen en op-

nieuw benutten. IJzer uit ijzererts halen zou ook met waterstof (H₂) kunnen, maar dat vindt de Nederlandse industrie nu nog te duur. Als CO₂-uitstoot een prijs krijgt, komt waterstof sneller in beeld. Ook andere routes lijkt de Nederlandse staalindustrie nog niet rijp genoeg te vinden, waardoor men neigt naar afvangen en onder de grond stoppen (*carbon capture and storage, CCS*). Aangezien de chemie veel koolstofverbindingen nodig heeft voor haar producten, lijkt het toch vanuit een systeemperspectief jammer om CO₂ vanuit de staalfabriek onder de grond te stoppen. Dit nog los van het feit dat dit veel geld kost en het ook eeuwig netjes bewaard moet blijven of later met kosten weer teruggehaald en benut kan worden, wat dan weer een omweg lijkt. Waarom dan niet meteen benutten?

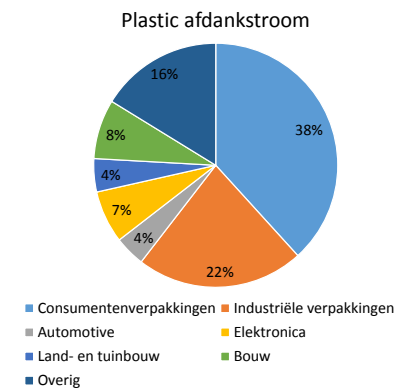
Optie 2 kan economisch al sneller in beeld komen en vereist dat de chemie zich in de buurt van de staalfabriek gaat vestigen, zoals Dow Terneuzen in de buurt van AcelorMittal net over de grens. Dat kan ook in IJmuiden. Voor de chemie is schoongemaakte koolmonoxide zeer welkom en is dat het belangrijkste bouwblok voor de meest gebruikte chemische stoffen. De staalindustrie kan alle nodige C-bouwstenen leveren. De restproducten van staal kunnen ook in de bouw goed benut worden, zowel de slakken als het CO₂. De eerste bedrijfjes die cement maken zonder water en met CO₂ zijn al begonnen (via carbonatatie). Als het CO₂ uit de staalindustrie ook gebruikt kan worden voor uitstootloos cement en daarbij het watergebruik sterk reduceert, slaan we vele vliegen in één klap. Het zou zeer de moeite waard zijn als de industrie geholpen wordt om dat pad op te gaan.

4.2 Chemie – kunststoffen

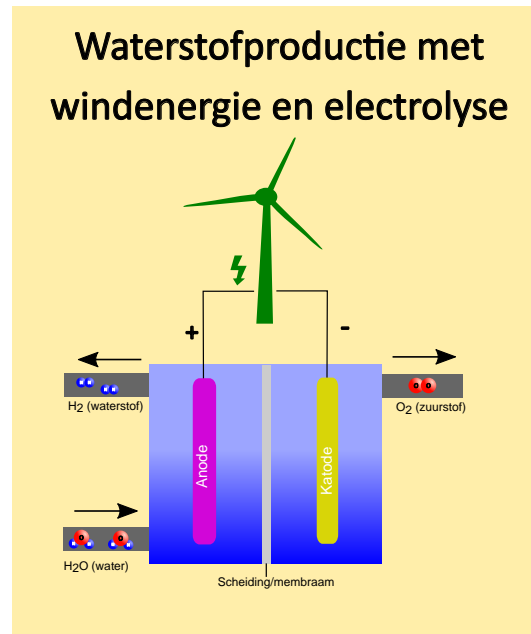
De chemie is na de voedings- en genotmiddelenindustrie de grootste bedrijfstak in Nederland. Bijna 20% van de totale Nederlandse export komt voor rekening van de chemie. In de top tien van grootste uitstoters van broeikasgassen staan ook twee chemische bedrijven/clusters, namelijk Chemelot en Dow Chemical, naast de kunstmestgigant Yara in Sluiskil.

De uitdaging zit in het gebruik van olie en gas als grondstof (‘feed stock’) voor de chemische industrie en de uitstoot die dat oplevert. Hoewel dit boek vooral gaat over de energievoorziening, is dit onderdeel wel relevant vanwege de eventuele industriële symbiose met bijvoorbeeld de staalindustrie. Een grote en belangrijke tak van de basischemie is dan die sector waar de basischemicaliën worden gemaakt voor kunststoffen en andere materialen, voor nu even samen te vatten als ‘plastic’. Plastic wordt in Europa grotendeels gebruikt voor:⁹

- 40% verpakking
- 20% bouw en constructie
- 7% auto-industrie



Figuur 7: Plastic afdankstroom in Nederland. Zonde om al die grondstoffen weg te gooien!



Figuur 6: Waterstofproductie door middel van elektrolyse met windenergie.



Ook daar geldt natuurlijk dat het gebruik veel verder omlaag kan door beter ontwerp, andere processen, hergebruik en recycling.

In de chemie wordt koolmonoxide (CO) doorgaans samengebracht met waterstof (H₂) en daaruit worden bruikbare moleculen gebouwd in de basischemie, zoals etheen (C₂H₄) en andere, waaruit allerlei materialen en plastics gemaakt worden. Het maken van etheen uit waterstof en koolmonoxide is bulkchemie. Nu wordt etheen vooral verkregen door het kraken van het aardolieproduct nafta, waarbij CO₂ vrijkomt. Als we echter het CO uit de staalindustrie kunnen benutten en koppelen aan de waterstof die we maken met windenergie door middel van elektrolyse van water, dan kunnen we etheen maken zonder uitstoot. De koolstof in het CO uit de staalindustrie wordt zo vastgelegd in chemische producten.

Belangrijk is dat die plastics aan het einde van hun leven weer terugkomen en opnieuw gebruikt worden als grondstof en niet verbrand worden voor energie.

Belangrijk is vervolgens dat die plastics aan het einde van hun leven weer terugkomen en opnieuw gebruikt worden als grondstof en niet verbrand worden voor energie. De plastics kunnen gescheiden worden in koolstof en waterstof in een 'koolstoffabriek', maar nog goedkoper is het om ze in kleine stukjes te vermalen en de staaolven weer in te blazen. Daar vallen dan de moleculen door de warmte uit elkaar, en de koolstof (C) kan dan weer zijn werk doen om ijzer vrij te maken uit ijzererts. De koolstof uit plastic die je de hoogoven in blaast, vervangt koolstof uit steenkool. De cirkel is rond.

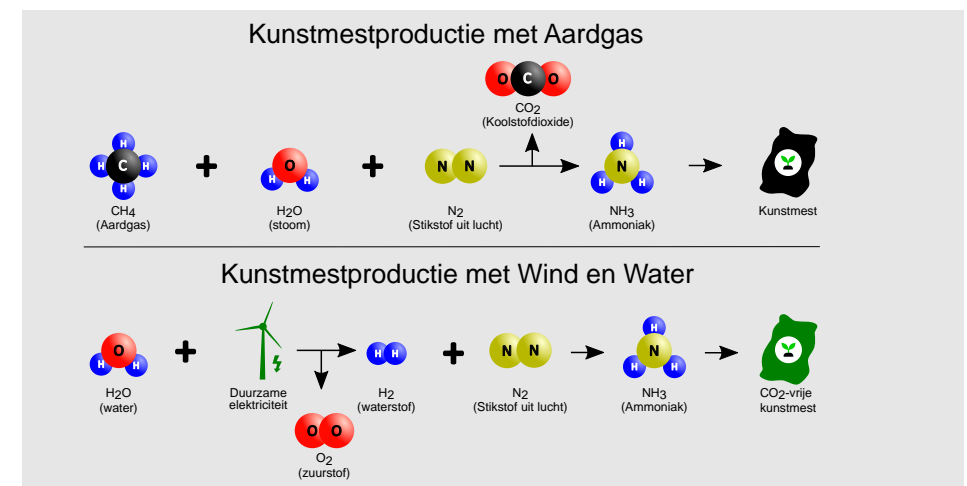
Op dit moment wordt veel plastic door cementproducenten mee gestookt in hun cementovens. Ze krijgen er wel gratis CO₂-rechten voor in de plaats – net zoals voor de rubber banden die ze ook mee verbranden in hun draaiovens – omdat ze geen nieuwe fossiele bronnen gebruiken. Ze kunnen in de cementindustrie echter ook met duurzame energiebronnen werken. Het verbranden van producten die zonder verbranding nog meerdere levens zouden kunnen hebben, is een weeffout in het systeem. Het zou veel beter zijn om die plastics, vanwege de koolstof die erin zit, te gebruiken voor de staalindustrie (en daarna de chemische industrie) om het gebruik van fossiele grondstoffen te verminderen.

Verdere ideeën voor een duurzame 'luchtige chemie' zijn te vinden in *De toekomst van de Nederlandse energie-intensieve industrie – Het verhaal*.¹⁰ Deze industrie kan draaien op 100% duurzame energie in 2030, en ook het non-energetisch gebruik van olie en gas kan vervangen worden als we daar een stevig transitieprogramma op inzetten.

4.3 Chemie – kunstmest

Als we in Nederland de landbouw anders organiseren en mest benutten uit de eigen sector, is kunstmest niet per se noodzakelijk. We maken hier echter ook veel kunstmest voor andere landen, en deze industrie behoort daardoor tot de grootste uitstoters van het land. Ook in andere landen kan het landgebruik heel anders worden georganiseerd waardoor kunstmest niet over de wereld geslept zou hoeven te worden. Maar totdat dat verandert, is het goed om kunstmest te maken zonder uitstoot.

Een belangrijk onderdeel van kunstmest is ammoniak (NH₃).¹¹ Ammoniak wordt nu gemaakt van aardgas (CH₄) en stikstof en dat proces vraagt veel energie. Op dit moment wordt aardgas enerzijds gebruikt als energiebron, dus als brandstof. Anderzijds kun je aardgas (CH₄) uit elkaar knutselen en de H'tjes gebruiken als de grondstof waterstof (H₂). De waterstof wordt dan gebonden aan stikstof uit de lucht (N₂) tot ammoniak (NH₃). De kunstmestindustrie gebruikte in 2014 2,6 miljard m³ aardgas, 7% van het totale Nederlandse aardgasgebruik. Ze stootte daarbij 2,6 megaton CO₂ uit, 1,5% van alle CO₂-uitstoot in Nederland.¹²



Figuur 8: Kunstmest kan ook gewoon met duurzame elektriciteit gemaakt worden.

Je hoeft echter de H₂tjes die je nodig hebt om aan de N te koppelen niet uit aardgas te halen. Je kunt ook die van een watermolecuul benutten (H₂O) en met behulp van windenergie en elektrolyse dat watermolecuul splitsen, zoals ook al eerder beschreven voor de staalindustrie. De 'groene' waterstof die je dan krijgt, kun je ook gebruiken om ammoniak te maken, zonder CO₂-uitstoot.

Als we heel veel zonne- en windenergie gaan neerzetten, dan hebben we op sommige dagen en tijden meer elektriciteit dan er nodig is voor het energiesysteem. Met die 'gratis' overschotten duurzame energie kun je waterstof maken ('power2gas', ofwel P2G), dat je al dan niet meteen omzet in ammoniak. Zo creëer je ook opslag van energie. Als alle ammoniakproducenten dit zouden doen, scheelt dat samen ongeveer 0,5 megaton aan CO₂-uitstoot voor het energiedeel en nog meer als je ook het grondstofdeel meeneemt.¹³ Er zijn twee kunstmestfabrieken in Nederland die samen TenneT, de netbeheerder van hoogspanningsverbindingen, kunnen helpen door waterstof aan te houden als 'omgekeerd noodvermogen'. Wellicht wordt dit een extra onderdeel om geld mee te verdienen.

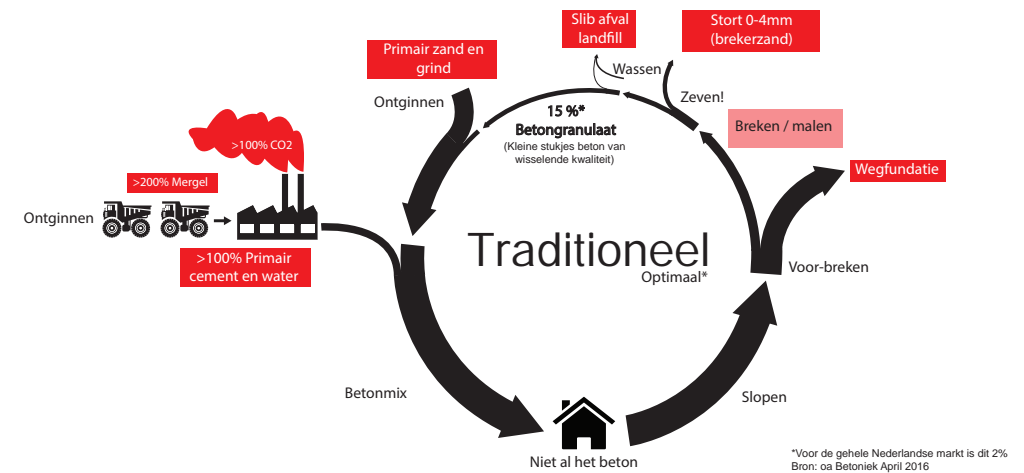
Het is het handigst als de kunstmestfabriek, de windmolens en de elektrolyzers die waterstof maken bij elkaar in de buurt staan, maar als dat niet kan, kan waterstof of ammoniak ook vervoerd worden.¹⁴ In 2030 kan alle energie voor het maken van kunstmest duurzame energie zijn. In het scenario is daarnaast alle waterstof die gebruikt wordt als grondstof voor kunstmest gemaakt met zonne- en windenergie.

4.4 Cementindustrie

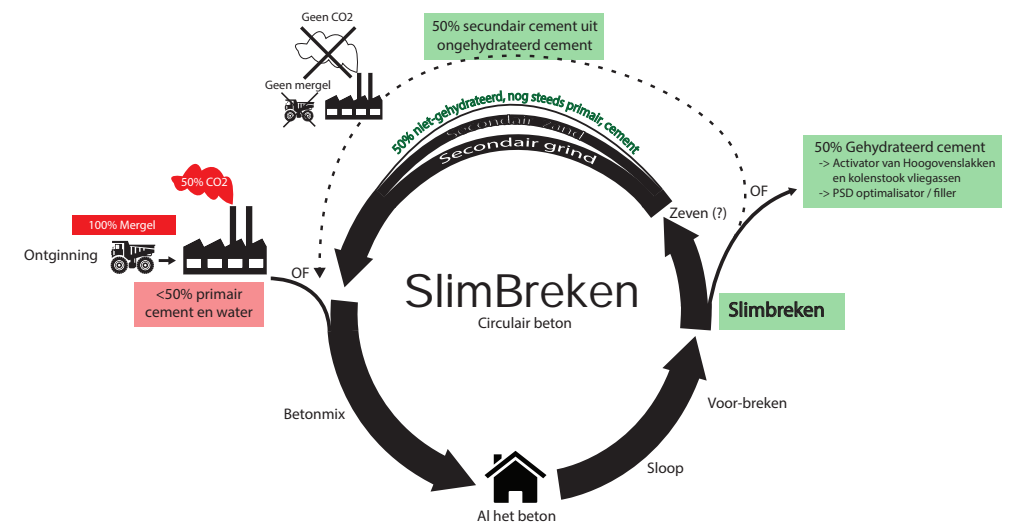
Ongeveer 5% van alle CO₂-uitstoot wereldwijd wordt veroorzaakt door het maken van cement, een belangrijk onderdeel van beton. Beton bestaat voor 80% uit stenen (goed voorradige grondstof) en voor 14% uit cement. Cement is het bindmiddel, dat gemaakt wordt van kalksteen. In Nederland werd het gemaakt van mergel uit onze mergelgroeves. Die kalksteen of mergel, chemisch calciumcarbonaat CaCO₃, wordt in een cementoven 1400 tot 1700°C verhit. Dan gaat de C uit CaCO₃ ervandoor met twee zuurstofatomen en als CO₂ de schoorsteen uit. Wat je overhoudt is de portlandklinker, die verder vermalen wordt tot een zeer belangrijk onderdeel van cement.

In Nederland gaat de laatste mergelgroeve in 2018 dicht en de ENCI-cementoven dus ook. Daarna worden we 100% importeur van cement. Dan leggen we de uitstoot bij de bureneer.

Het proces in de cementoven is de belangrijkste oorzaak van de CO₂-uitstoot. In Nederland gaat de laatste mergelgroeve in 2018 dicht en de ENCI-cementoven dus ook. Daarna worden we 100% importeur van cement. Dan leggen we de uitstoot bij de bureneer en daalt hij in Nederland. Nu is de uitstoot van de betonsector in Nederland nog 3,7 megaton per jaar, waarvan 60% voor cement, 30% voor energie en 10% voor transport.



Figuur 9: De huidige manier van beton maken zorgt voor veel CO₂-uitstoot.



Figuur 10: SlimBreken zorgt voor beton met veel minder CO₂-uitstoot.

In Nederland zijn we zeer vooruitstrevend bezig en vooraanstaand in de wereld. We gebruiken al 30% alternatieve bindmiddelen in plaats van cement, zoals de slakken van de hoogovens van Tata Steel en het vlieggas. Afval dat op deze wijze benut wordt om nieuw cement te voorkomen. Daarnaast kijken we in Nederland naar CO₂ als bindmiddel. Dat zou heel mooi zijn, want dan wordt CO₂ een grondstof die honderden jaren in bouwwerken wordt opgeslagen in plaats van een afvalstroom die we in de lucht uitstoten. Er zijn wereldwijd vier zeer grote cementproducenten, die dit alternatief niet versnellen. Juist Nederland lijkt heel geschikt om deze ontwikkelingen verder te brengen. Dat zou zeer de moeite waard zijn, want het kan heel veel CO₂ uitstoot schelen als we een bindmiddel kunnen gebruiken dat geen CO₂-uitstoot veroorzaakt, maar juist lange tijd CO₂ opslaat! Dat is weer een manier om 'negatieve emissies' te creëren.

In plaats van de buurlanden opscheppen met extra CO₂-uitstoot, zou het veel verschil maken voor de CO₂-uitstoot in de wereld als we doorgaan met alternatieven zoeken voor portlandcement. Daar horen dus de alternatieve bindmiddelen bij, maar ook de nieuwe technieken om beton opnieuw te gebruiken. In het kader van de circulaire economie komt er gelukkig steeds meer aandacht voor het hergebruiken van beton en zijn projecten zoals SlimBreken van het bedrijf SmartCrusher in staat om de uitstoot van CO₂ spectaculair omlaag te brengen.¹⁵ Als het proces zelf met duurzame energie gevoed wordt, kan het hele traject van circulair beton maken nagenoeg energieneutraal worden.

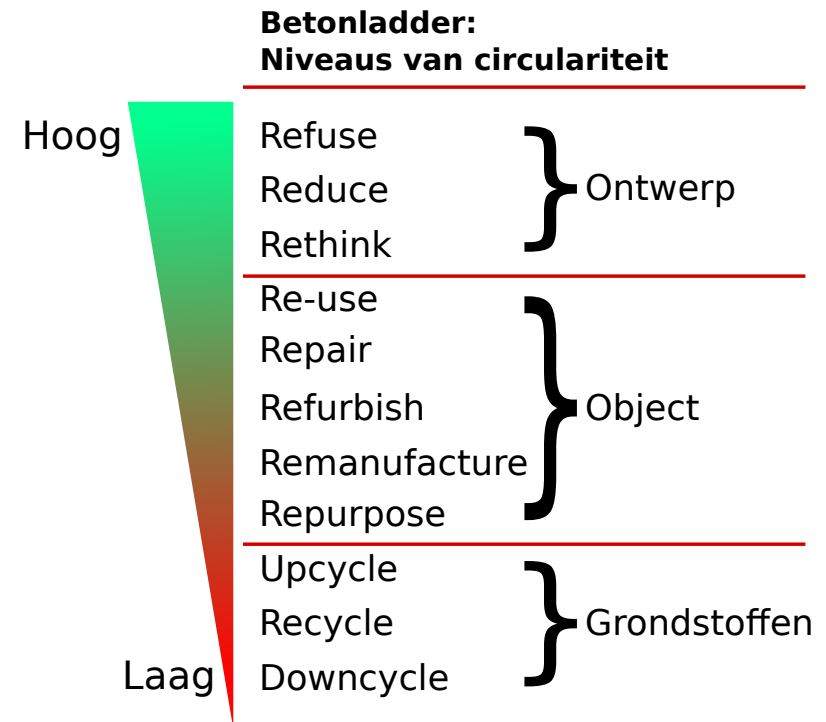
De verwachting van de sector is dat 20 tot 30% van het gevraagde beton circulair zou kunnen zijn, omdat er meer gebouwd wordt dan gesloopt. Toch wordt er te snel uit gegaan van de volumes en manieren van bouwen van het verleden. Vanuit een klimaatperspectief zou veel

meer laagbouw zonder beton kunnen op basis van hout. Dat hout legt dan ook meteen CO₂ vast. Vanuit de afgebeelde Betonladder bekeken zou je dus al een deel niet meer met beton hoeven te maken (refuse of rethink) en kan ook meer bestaande bouw beter benut worden. Dan wordt de verhouding tussen circulair beton en nieuw beton ook anders.

Het kan heel veel CO₂-uitstoot schelen als we een bindmiddel kunnen gebruiken dat geen CO₂-uitstoot veroorzaakt, maar juist lange tijd CO₂ opslaat.

De hele keten van het maken en gebruiken van beton sluit in de eerste helft van 2017 een Betonakkoord onder begeleiding van MVO Nederland. De betonsector streeft ernaar om in 2030 circulair beton te maken dat CO₂-arm is.

- De keten wil verduurzamen met als doelen:
- Een dalende CO₂-uitstoot richting nul in 2050 over de hele keten met in 2030 een reductie van 35% ten opzichte van 2016. Op basis van het productievolume van referentiejaar 2016 is dit een reductie van 1,3 megaton per jaar. 100% terugname van al het vrijkomende betonafval per 2030.
 - 100% van al het secundaire materiaal is in 2030 op een zodanig kwaliteitsniveau dat het toegepast kan worden in nieuw beton. Aangezien er naar verwachting meer gebouwd dan gesloopt wordt, betekent 100% hergebruiken dat 15 tot 20% van de primaire grondstoffen vervangen kan worden.
 - 100% van al het secundaire beton wordt daadwerkelijk toegepast in nieuw beton.



(Naar: J. Cramer, Universiteit van Utrecht, 2015)

Figuur 11: Met nieuwe methoden kan veel CO₂-uitstoot vermeden worden bij het maken van beton.

Dat is een mooie eerste stap. In dit geval geldt: als nul uitstoot in 2050 kan, dan kan het ook in 2030, als iedereen de urgentie zou voelen en begrijpen. De oplossingen liggen er. Sterker nog, de betonsector zou zelfs kunnen bijdragen aan de oplossingen op het moment dat we nieuwe technologieën die CO₂ vastleggen grootschalig gaan gebruiken, in plaats van uitstoten:

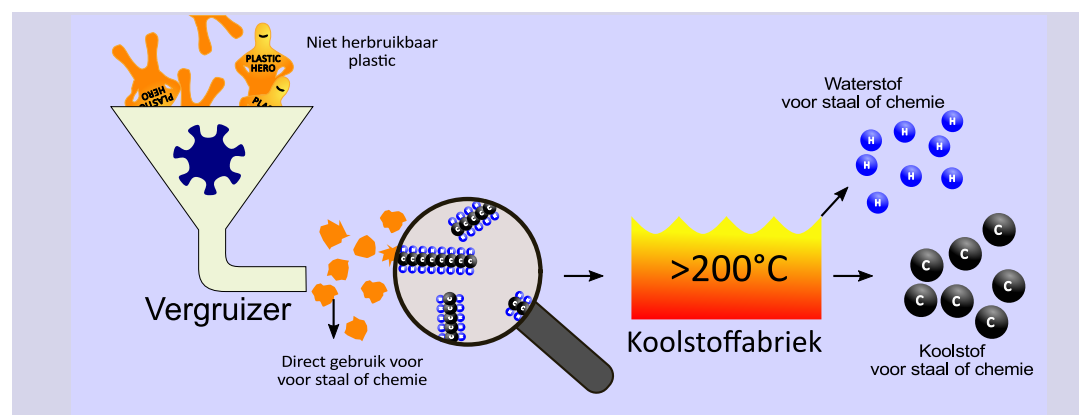
1. CO₂ kan opgeslagen worden in beton (zie Solidia van de groep LaFargeHolcim carboncure.com);
2. CO₂ kan als bindmiddel dienen in beton en zo het portlandcement vervangen, dat verantwoordelijk is voor het grootste deel van de uitstoot in de keten. CO₂ als bindmiddel zou wereldwijd een enorme reductie in uitstoot betekenen. Er is al een bedrijfje dat dit kan en CO₂ gebruikt in plaats van water. Dit proces reduceert het watergebruik in de cementketen met 60 tot 80% en de CO₂-uitstoot tot 70% (zie solidiatech.com), terwijl ze claimen dat ze daarmee beton maken dat sterker en beter is dan traditioneel beton.

Overheden kunnen als klant een belangrijke rol spelen om deze markt op gang te helpen. Ook de wet- en regelgeving zou versnelling mogelijk kunnen maken. De oplossingen zijn er.

4.5 Papierindustrie

Papier is een product dat van hernieuwbare en natuurlijke houtvezels wordt gemaakt en al voor 85% wordt gerecycled. Het past dus wat dat betreft heel goed in de circulaire economie. Het kost alleen heel veel energie om papier te maken, en daarom staat deze sector toch in de top vijf van energieverbruikers en CO₂-uitstoters. In Nederland bestaat de papierproductie voor ongeveer drie kwart uit verpakking (vaak karton) en een kwart uit grafisch papier (boeken, kranten, tijdschriften en dergelijke). Hoewel de vraag naar grafisch papier gestaag daalt, neemt de afzet voor verpakkingsmateriaal juist toe, onder andere door de internetverkopen.

Vanaf 2005 is deze industrie al bezig met energiebesparing (zie het interview met Annita Westenbroek op pagina 112). In de afgelopen tien jaar is, ondanks een stijging van de productie met 27%, het absolute (primaire) energieverbruik gelijk gebleven. Papier- en kartonbedrijven hebben daarmee een energie-efficiëncyverbetering van 23% gerealiseerd. Dat is natuurlijk een stap voorwaarts, maar er wordt nog steeds veel CO₂ uitgestoten. Tegelijkertijd is er een doel van 80% CO₂-reductie in 2050, waarvoor een aantal grote doorbraak-projecten is gedefinieerd. Kan het ook sneller, al in 2030?



Figuur 12: Koolstoffabriek en plasticvergruizer

Naast het klassieke recyclen kan er ook veel meer ingezet worden op verpakkingen die meermaals gebruikt worden.

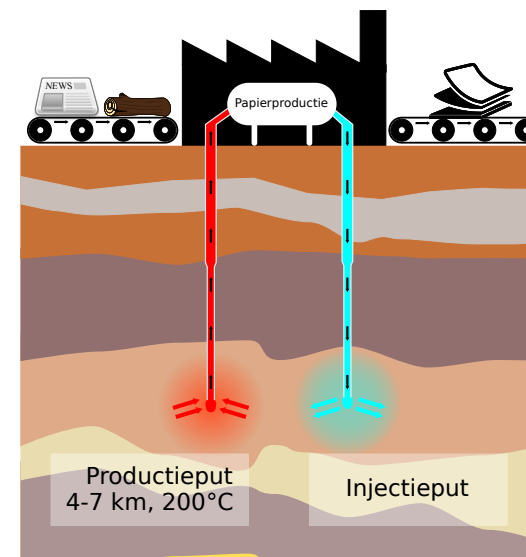
De meeste energie wordt verbruikt omdat stoom nodig is om uit houtige grondstoffen de vezels los te weken, de cellulose, die nodig is om papier en karton te maken. Op dit moment gebruikt men veel aardgas om stoom te maken. Dat kan echter ook op andere manieren.

1. Met ultradiepe geothermie. Dat is aardwarmte op 5 tot 7 km diepte waarmee water van meer dan 180°C naar boven gehaald kan worden voor stoom om hout in op te lossen. Als bijproduct kan 'laagwaardige' warmte van nog steeds 120°C ingezet worden voor de verwarming van woningen.
2. Met elektriciteit uit zon of wind (power to heat).
3. Bio-WKK: in het geval van een warmtekrachtkoppeling op biogas die stoom maakt en groene elektriciteit.¹⁶

De huidige wet- en regelgeving en subsidie op duurzame energie werken op z'n best niet mee aan het verduurzamen van de energievoorziening in de papierindustrie en soms zelfs tegen. Maar een papiersector die draait op duurzame energie is wel mogelijk.

Naast het klassieke recyclen kan er ook veel meer ingezet worden op verpakkingen die meermaals gebruikt worden, bijvoorbeeld bij alle aan huis bezorgde pakjes in karton. Dat karton kan veel vaker gebruikt worden en daarna gerecycled of er kan gedacht worden aan oplossingen zonder karton.

Naast vraagvermindering zijn er ook andere innovaties die nu onderzocht worden, die kunnen



Figuur 13: Door gebruik te maken van warmte diep uit de aarde kan papier ook duurzaam geproduceerd worden.

leiden tot een veel lagere behoefte aan energie. Eén veelbelovende innovatie is een methode die hout laat oplossen bij kamertemperatuur met natuurlijke oplosmiddelen, in plaats van met chemicaliën bij bijna 200°C en hoge druk. Met dit proces 'Deep Eutectic Solvents' (DES) kan er in het pulpproces wel 90% minder energie worden verbruikt. Binnen twee jaar wordt daarvan een eerste demonstratieproject verwacht, en als er voldoende steun gegeven wordt aan dit proces, zou dat voor 2030 van proefproject kunnen opschalen naar een serieuze omvang, die heel veel energiebesparing gaat opleveren en op duurzame energie kan draaien.

In het Energietransitiemodel wordt gerekend met een vraagreductie van 25% en een energiebesparing van 50%, en de rest kan duurzaam opgewekt worden.



‘Ideeën voor een procedé zonder verdamping? Graag!’

Annita Westenbroek,
innovatiemanager bij de Koninklijke VNP

Papier is circulair biobased materiaal, maar de productie vergt veel energie. Met optimalisatie is er nog wel wat te bereiken, maar de papiersector zoekt naar écht grote besparingen. Annita Westenbroek, innovatiemanager bij de koepel van de Nederlandse papier- en kartonfabrieken VNP, vertelt hoe.

Hoe oud is papier eigenlijk?

‘Papier is 2000 jaar geleden uitgevonden. Bij het wassen van kleding ontstond verderop in de rivier een web van kledingvezels dat indroogde bij laag water. Eind 16^e eeuw gingen men in Nederland op wind en waterkracht papier maken van lompen. Het werd aan lijnen te drogen gehangen. Er staan nog steeds fabrieken uit die tijd. De oudste en kleinste is Schut Papier in Heelsum, een 400 jaar oude fabriek, die nu modern is en zonnepanelen gebruikt. Eind 19^e eeuw werd papier uit houtvezel ontwikkeld. Toen de vraag groeide, kon drogen aan de lijn niet meer. Nu maken de meeste papierfabrieken stoom uit aardgas om het water uit het papier te verdampen.’

Is er veel energie voor nodig?

‘Ja, water verdampen kost veel energie. Maar al in 2004, nog voordat daaraan eisen werden gesteld, gingen we energie besparen met warmterugwinning, opwaardering van warmte met warmtepompen, lichtere producten en nieuwe grondstoffen. We waren koploper in de Nederlandse industrie, en ook ten opzichte van onze Europese collega’s. Daar worden we helaas nu voor gestraft met eisen waaraan we moeten voldoen, terwijl we met optimalisaties weinig extra meer kunnen besparen.’

Hoe kan de industrie dan toch aan die eisen voldoen?

‘Elektrificatie is een oplossing, maar dat is niet erg energie-efficiënt. Duurzamer is ultradiepe geothermie, waarbij van kilometers diep stoom omhoog gehaald wordt. Al jaren gebruiken we biogas uit eigen waterzuivering. Daar kan ook biogas uit bijvoorbeeld mestvergisting bij. Maar veel liever willen we weten of het vocht op een andere manier te verwijderen is dan door verdamping.’

Of misschien is een proces zonder water mogelijk. Dit vergt een doorbraak, een slimme uitvinding. Als iemand een idee heeft, doe ik nu de oproep: meld je!’

Scheelt recycling veel energie?

‘Ja, vooral voor de winning van grondstoffen. Maar de papierproductie blijft warmte vragen. In Nederland wordt al 85% gerecycled. Behalve wc-papier en bijvoorbeeld vieze pizzadozen kan papier eindeloos gerecycled worden, in tegenstelling tot wat vaak wordt beweerd. En ondanks de digitalisering blijft papier nodig. Er zijn zó veel toepassingen, denk alleen al aan verpakkingen. Verspilling moeten we voorkomen, zoals bestellingen afleveren in halflege dozen. Dat geeft karton een slecht imago, terwijl de papierindustrie daar niks aan kan doen.’

Hoe presteert Nederland vergeleken met het buitenland?

‘Hier staan relatief veel papierfabrieken, omdat wij zo efficiënt en innovatief zijn. Ook in het zoeken naar andere grondstoffen, zoals olifantsgras en reststromen uit de landbouw. Vergunningstechnisch verloopt dat traag, maar verduurzaming en innovatie zijn belangrijk om onze concurrentiepositie te behouden.’

Is concurrentie binnen de sector een hobbel voor verduurzaming?

‘Nee, fabrieken zijn daarin juist open. Productontwikkeling doen we niet samen, maar over energiebesparing delen we veel. In 2012 is op Europees niveau The Two Team Project gestart om technologie te bedenken voor 80% emissiereductie. Nederland leverde het winnende concept. Het idee is om bij lagere temperaturen en met natuurlijke chemicaliën houtvezels te winnen. De hele Europese sector werkt daaraan mee.’

4.6 Olie- en gassector, raffinaderijen

In het scenario '100% duurzame energie in 2030' rijden bijna alle voertuigen tegen die tijd elektrisch en heeft een deel van de chemie geen grondstoffen meer nodig uit de raffinaderijen, maar krijgt ze die uit andere sectoren. Bijna de helft van de in raffinaderijen omgezette aardolieproducten zijn motorbrandstoffen voor het wegverkeer. Als die wegvallen, zal dat een flinke slag zijn voor deze industrie. De scheepvaart zal schonere brandstoffen willen, dus die omzet valt misschien niet meteen weg, maar vereist wel investeringen in andere productiefaciliteiten. De verwachting is dat 50% van de vraag voor producten van raffinaderijen in 2030 is weggevallen. De producten die nog nodig zijn als grondstoffen in bijvoorbeeld de chemie, moeten daar in de keten gehouden worden, zodat ze niet tot uitstoot leiden.

Als grondstoffen kunnen fossiele producten nog een rol spelen, zolang ze maar in de keten blijven en niet verbrand en uitgestoten worden in de lucht.¹⁸ Aardgas hebben we in 2030 niet meer nodig voor onze energievoorziening. Huizen worden energieneutraal zonder aardgas, kassen benutten diepe geothermie en restwarmte, en kunstmest maken we met wind, water en elektrolyse.

4.7 Overige industrie

In de paragrafen 4.1 tot en met 4.5 zijn we de zeer intensieve industrie langsgelopen en bespraken we oplossingsrichtingen voor een duurzame energievoorziening daarvoor. Bij die grote energievragers liggen de grootste uitdagingen. De andere industrieën gebruiken minder energie en voor hen vormen de kosten van energie ook vaak een kleiner deel van hun kostprijs per product. Als er voldoende duurzame elektriciteit is, kunnen zij daarvan gebruikmaken. Voor warmte zijn er verschillende routes, deels via elektriciteit, deels met aardwarmte en deels met groene grondstoffen voor een flexibeler decentraal sys-

teem. Ook kunnen reststromen soms nog goed benut worden nadat alle nutriënten en andere nuttige stoffen er uitgehaald zijn.

De overige industrie kan ook heel goed gebruikmaken van oplossingsrichtingen die de komende vijftien jaar opgeschaald moeten worden voor de energie-intensieve industrie. Samen kunnen ze dan over op 100% duurzame energie. Dat is wel een enorme opgave, waar ze hulp bij nodig hebben, zowel in wet- en regelgeving als bij het verkrijgen van financiering of het afdekken van risico's. Als we dat echter voor elkaar krijgen als gemeenschap, als land, dan hebben we wel gedaan wat nodig is om een kans te maken om onder de 1,5 à 2 graden temperatuurstijging te blijven. Wij hebben ons deel dan gedaan en we kunnen de opgedane kennis verwaarden en benutten voor andere gemeenschappen in de wereld.



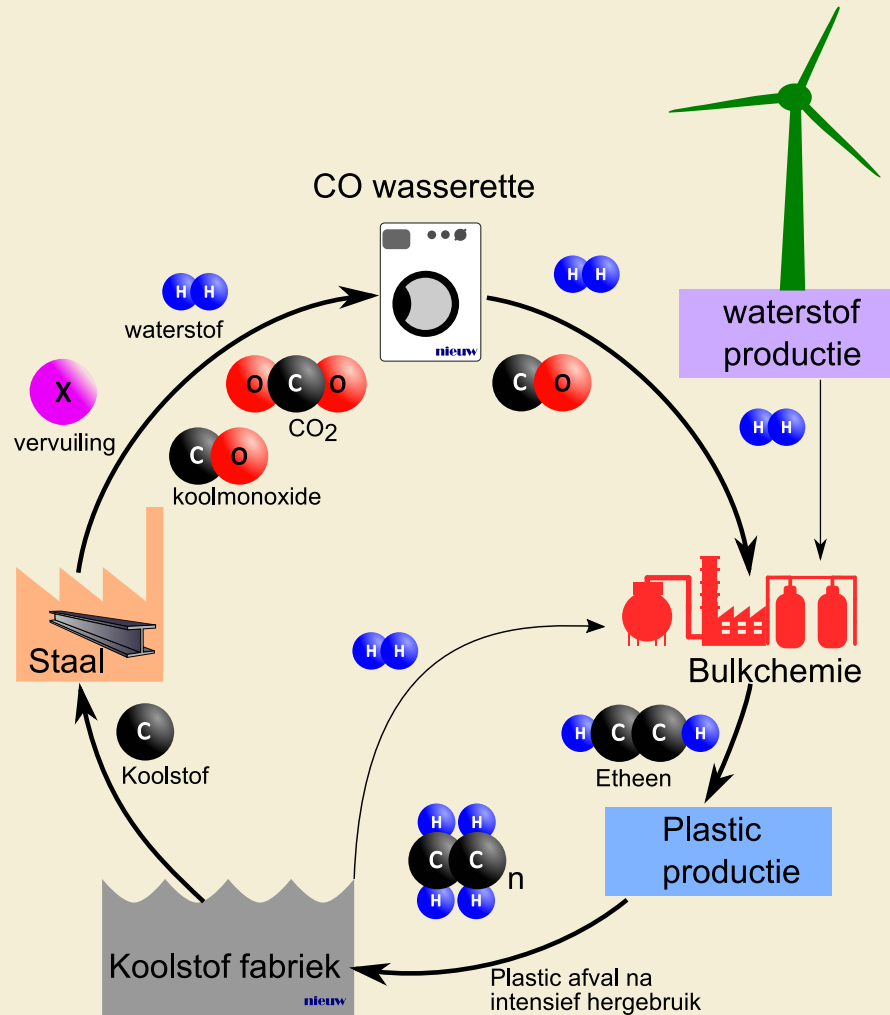
HOE

In de procesindustrie werkt bijna iedereen aan efficiëntere processen die de komende 15 tot 35 jaar minstens 50% energie besparen. Aangezien je vaak voor 40 jaar investeert en de industrie zich ook op 2% energiebesparing gemiddeld per jaar heeft vastgelegd, moet elke nieuwe investering meteen een flinke stap voorwaarts zijn. Als je kijkt naar de industrieën die het meeste CO₂ uitstoten, dan zie je dat een route naar nul uitstoot betekent dat industrieën het beste kunnen samenwerken. Ze zijn soms van elkaar afhankelijk en soms frustreren ze elkaar. Vanuit een systeemperspectief is één oplossing per sector waarschijnlijk niet de beste route, maar een suboptimale. Vanuit een bedrijf bekeken lijkt samenwerken, vooral met een andere branche, misschien in eerste instantie complicerend of vertragend. Toch is dat waarschijnlijk wel de route voorwaarts. Ook een overheid zal meer door een systeembril moeten kijken en regelgeving of subsidies die een suboptimaal systeem in de hand werken moeten veranderen of afbouwen.

Hierna bespreken we een aantal oplossingsrichtingen die kunnen leiden tot grote doorbraken en grote CO₂-reducties.

Vanuit een bedrijf bekeken lijkt samenwerken, vooral met een andere branche, misschien in eerste instantie complicerend of vertragend. Toch is dat waarschijnlijk wel de route voorwaarts.

Voorbeeld van industriële symbiose tussen staal en basischemie



Figuur 14: Voorbeeld van industriële symbiose.

1. CO-wasserette voor de staal- en de chemische industrie

Circulair gebruik van koolmonoxide uit staalfabrieken als bouwsteen voor de chemie.

Industriële symbiose staalindustrie & chemische industrie zonder uitstoot van broeikasgassen

Een klimaatneutrale staalfabriek zou het liefst CO en CO₂ niet uitstoten en zo veel mogelijk CO creëren om verder te benutten. Het CO-molecuul is een gewilde chemische bouwsteen voor allerlei andere producten. Om CO goed te kunnen benutten, moet het 'schoon' zijn. Een chemisch mengsel van zuiver koolmonoxide is zeer bruikbaar en is geld waard in de chemische industrie. Als je dit CO vanuit de staalfabriek wilt recyclen als bouwblok voor de chemische industrie, dan moeten andere vervuilende stoffen eruit zijn. We hebben dus een CO-wasserette nodig, een fabriek die zuivere koolmonoxide afvangt en schoonmaakt en zorgt dat dit benut kan worden in de volgende stap. De CO-wasserette kan draaien op duurzame energie, dus veroorzaakt geen uitstoot van broeikasgassen. Daar komt bij dat in dit wasproces ook zuiver CO₂ wordt geïsoleerd. Dit kan dan weer beschikbaar worden gemaakt voor een gebruiker van CO₂. Het kan ook met waterstof samen omgezet worden in water en CO.

Het zuivere CO is bruikbaar om allerlei chemische basisstoffen mee te maken. Daartoe wordt het doorgaans samengebracht met waterstof (H₂) en daaruit worden bruikbare moleculen gebouwd in de basischemie, zoals etheen (C₂H₄), waaruit allerlei materialen/plastics gemaakt worden. Het maken van etheen uit waterstof en koolmonoxide is bulkchemie. Het zou dus heel handig zijn om de chemische fabrieken te koppelen met een staalfabriek, om optimale industriële symbiose te creëren.

Dow Chemical en het Belgische ArcelorMittal treffen al voorbereidingen voor een dergelijke uitwisseling. Dit is nieuw en grensoverschrijdend, dus hier is steun van de overheid gewenst om dit mogelijk te maken.

De waterstof die nodig is om de nieuwe moleculen te maken, komt deels als restproduct uit het staalproces. Deze waterstof moet ook nog een beetje schoongemaakt worden en wordt dan ook gerecycled.

Dus de 'wasserette' maakt CO, CO₂ en H₂ schoon voor verder gebruik. Vooral CO is heel nuttig voor de chemische industrie, die dan geen nieuwe CO uit fossiele bronnen hoeft te gebruiken. Een eerste project kan met wat steun vanuit de overheid in gang gezet worden en daarna opgeschaald. Het is belangrijk om kunststoffen aan het einde van de levensduur niet te verbranden, met CO₂-uitstoot als gevolg, of in een cementoven verloren laten gaan, maar opnieuw beschikbaar te maken in de staalindustrie, zodat daar minder kolen nodig zijn en het CO weer terug kan vloeien naar de chemie.*



VOORBEELDPROJECT INDUSTRIËLE SYMBIOSE STAAL & CHEMIE

Dow Terneuzen is de op één na grootste productielocatie van The Dow Chemical Company in de wereld en de grootste vestiging van Dow in de Benelux. Het bedrijf zet de grondstoffen nafta en lpg om in ethyleen, propyleen, butadieen en benzeen. Dit zijn de belangrijkste bouwstenen voor veel kunststoffen en chemicaliën. Een enorme CO₂-uitstoter dus. Toch streeft Dow ernaar om in de toekomst geen CO₂ meer uit te stoten en zo veel mogelijk basisblokken voor hun chemie uit andere stromen te verkrijgen dan uit nieuwe fossiele grondstoffen. Dow Terneuzen wil graag het koolmonoxide (CO) van de buurman, staalfabriek ArcelorMittal, benutten als grondstof voor hun chemie. Sommigen noemen het CO van ArcelorMittal fossiel afval (*fossil waste*) en zijn er daarom tegen. Maar waarom zou je daartegen zijn als die koolstofmoleculen in allerlei vormen in de keten blijven, van staal naar chemie, eventueel weer terug naar staal, enzovoorts? Zolang er onderweg geen broeikasgassen naar de atmosfeer ontsnappen, is een fossiel beginproduct niet erg, totdat wellicht ook dat niet meer nodig is. Het werkt industriële symbiose tegen wanneer CO uit de staalindustrie tot een fossiel afvalproduct wordt bestempeld. Hergebruik van CO zou een normaal onderdeel van de circulaire economie moeten kunnen zijn, zolang er maar een proces komt waarbij die koolstof in de kringloop blijft en niet ontsnapt. Binnen vijf jaar kan een proefproject gevolgd door een demonstratiefabriek gebouwd en beproefd zijn en de eerste verkoopbare producten leveren. Enige steun om de risico's te beperken zou helpen om dit van de grond te krijgen. Aangezien het in potentie tot de grootste CO₂-reductie leidt in één klap (van de staal- en de chemiesector), zou het grote prioriteit moeten hebben om dit mogelijk te maken en op te schalen.

2. It's Electrolysing!

Grote elektrolyzers die mee bewegen met de wind en waterstof maken

Uit dit hoofdstuk is gebleken dat waterstof (H₂) op vele manier een belangrijke rol kan spelen in een circulaire economie die draait op duurzame energie. Waterstof kan goed gebruikt worden in de chemie samen met koolmonoxide, en het is belangrijk bij de productie van kunstmest zonder aardgas.

Met elektriciteit, bijvoorbeeld uit een windmolen, kan uit water (H₂O) waterstof (H₂) gemaakt worden. Dat proces heet elektrolyse en splitst water (H₂O) in waterstof (H₂) en zuurstof (O₂). Dan houd je zuurstof over, dat weer benut kan worden, bijvoorbeeld in een staalfabriek, waar zuurstof in grote hoeveelheden nodig is in het proces.

Om voldoende waterstof beschikbaar te krijgen, is het nodig om op veel grotere schaal waterstof te gaan produceren. Het heeft allerlei (kosten) voordelen om dat zo dicht mogelijk bij de fabriek te doen waar de H₂ weer nodig is als grondstof. In Nederland zal dat splitsen van water dus niet met grote zonne-installaties gebeuren, maar veel eerder op basis van windenergie. Op dit moment gebeurt dat wel op kleine schaal, maar voor de schaal die nodig is, moeten er echt grote nieuwe installaties komen van 30 MW en groter. Dat vereist investeringen en een proces van proefproject naar opschaling. Uiteindelijk is dat voor veel bedrijven die waterstof als grondstof gebruiken interessant en dat is een grote markt. De elektrolyzers zullen draaien als er wind is en in die zin meebewegen met de wind. Het zijn geen '9-tot-5-types'. De industrie en de overheid kunnen dit samen mogelijk maken als ze allebei investeren. Dit past goed in de nieuwe economie en het levert nieuwe kennis, producten, banen

De elektrolyzers zullen draaien als er wind is. Het zijn geen '9-tot-5-types'

en exportmogelijkheden op. Daarnaast zal het heel veel CO₂-uitstoot besparen als de chemische industrie overstapt op 100% duurzame energie en nieuwe processen. Ook kunstmest op basis van elektrolyse plus stikstof uit de lucht, in plaats van op basis van fossiel aardgas (CH₄) zoals nu, levert veel klimaatwinst op.

Waterstof is bij normale temperatuur gasvormig en niet een prettig product om langdurig op te slaan of ver te vervoeren. Als je de waterstof echter koppelt aan stikstof (zo'n 78% van de lucht bestaat uit stikstof (N₂), dus dat is ruim voorradig en goedkoop), dan kun je ammoniak maken (NH₃). Ammoniak is veel beter op te slaan en te vervoeren.¹⁹ In de toekomst zou goedkoop ammoniak ook kunnen komen uit zonnige landen, die het heel goedkoop gaan produceren en vervoeren.²⁰

Het is dus een groot project om grote elektrolyzers neer te zetten naast de fabriek waar de waterstof nodig is en om uit te proberen onder welke condities de elektrolyzers het best werken, van te leren en op te schalen. Elektrolyzers zijn een belangrijke stap naar een circulaire industrie zonder CO₂-uitstoot. Daarnaast zijn er verdere zoektochten nodig om op een volhoudbare manier betaalbare waterstof te produceren.

3. Circulaire koolstoffabriek & plasticvergruizer

Als we met heel veel windenergie en hergebruik van koolmonoxide chemische producten hebben gemaakt zonder uitstoot van broeikasgassen, dan wil je niet dat deze aan het einde van hun leven alsnog in de verbrandingsoven gegooid worden en in de vorm van CO₂ de lucht in verdwijnen. Het is dus zaak dat al die plastics en andere materialen die veelal bestaan uit allerlei verbindingen van koolstof en waterstof, weer terugkomen op een plek waar ze opnieuw benut kunnen worden. Er zijn verschillende mogelijkheden om dit te doen. Opnieuw gebruiken zonder te veel bewerkingsschappen is natuurlijk te prefereren. In Nederland komt 70% van de plastics terug. Flesjes worden goed ingezameld, voor een deel door het statiegeldsysteem. De rest van het plastic in Nederland wordt gescheiden opgehaald en verwerkt of bij de afvalwerker gescheiden.

Koolstoffabriek

Voor de plastics die moeilijk zonder bewerking een tweede leven kunnen krijgen, geldt dat ze in de 'koolstoffabriek' met behulp van warmte (meer dan 200°C) en windenergie gescheiden kunnen worden in koolstof (C) en andere chemische verbindingen. De koolstof en andere chemische bouwstenen kunnen weer benut worden in de chemische industrie. Naast de koolstof komt er ook waterstof vrij, die ook daar benut kan worden.

Plasticvergruizer

Je kunt de koolstof echter ook in de staalfabriek zelf scheiden uit het plastic. Er worden daar zulke hoge temperaturen bereikt dat de plastics ook eerst in kleine stukjes vermalen kunnen worden en dan rechtstreeks de hoogovens in geblazen worden, waar het plastic door de hoge temperaturen uiteenvalt en de koolstof vrijkomt om weer benut te worden in het staalproces. Dat scheelt weer steenkolen, die voor dat deel dan niet meer nodig zijn.

Voorsorteren op de economie van de toekomst doe je nu, niet pas na 2030.

Op dit moment wordt plastic en rubber (en slib) ook nog verbrand in cementovens en in de vorm van CO₂ uitgestoten. Dat wordt in de hand gewerkt door het systeem, want bijstoken met 'grondstoffen' bespaart brandstoffen, dus wordt het vanuit de cementproductie gezien als een besparing van CO₂-uitstoot en levert het CO₂-rechten op. Heel wonderlijk.

Als we tijdig betaalbare koolstof kunnen maken uit reststromen plastic en andere materialen, dan zijn we klaar als er ooit een CO₂-prijs of iets dergelijks komt. Als je pas handelt als de CO₂-prijs er definitief is, dan is het waarschijnlijk al te laat en heb je de middelen om te investeren niet meer tot je beschikking. Voorsorteren op de economie van de toekomst doe je nu, niet pas na 2030.

4. Warm, warmer, warmst: naar turboturbines en circulaire warmte

Restwarmte verder opwarmen en benutten met industriële warmtepompen

In principe kan elk industrieel proces draaien op duurzame elektriciteit. Zelfs extreem energie-intensieve productieprocessen met gebruik van warmte van 2500°C kunnen met duurzame elektriciteit worden gemaakt. De vrijgekomen warmte tijdens het productieproces wordt in veel bedrijven niet benut, maar gewoon in het water of de lucht 'gestort'. Ook een vorm van afval lozen, al zien de meeste mensen dat niet zo.

Het maken, vervoeren, bewaren en bufferen van warmte om het eventueel op een geschikter tijdstip te benutten als warmte of om een stof om te zetten of te maken, is cruciaal voor een duurzame energiehuishouding. Het is dus zaak om warmte niet weg te laten lekken, maar opnieuw te benutten om nog meer warmte mee te maken. Met warmte kan dan ook op een gewenst moment elektriciteit gemaakt worden. Warmte kun je opslaan in goed geïsoleerde ruimtes en buizen, elektriciteit niet.

Daarom kan warmte benut worden door op het gewenste moment elektriciteit te maken uit overschotten restwarmte uit industriële processen. Door de techniek van de warmtepomp op deze schaal te gebruiken ('mechanische dampcompressie'), kun je uit één eenheid elektrische energie samen met de restwarmte wel vijf eenheden bruikbare energie maken (in het jargon 'een COP' van 5). Zulke turboturbines, op zo'n industriële schaal, zijn nu nog niet in gebruik. Een project om eerst flexibele 'megawarmtepompen' met een vermogen van 25, 50 en dan 100 megawatt (MW) te maken, is zeer waardevol, omdat deze techniek dan overal benut kan worden en heel goed opschaalbaar is. De verwachting is dat deze techniek al snel rendabel in te zetten is, bijvoorbeeld in de papierindustrie en in de voedings- en genotmiddelen industrie, maar ook in de chemie. Warmtepompen kunnen in verschillende stadia ingezet worden en in stappen water opwarmen van 200 naar 500°C, en daarna eventueel nog verder. De warmtepomp zelf kan duurzame elektriciteit gebruiken voor dit proces. Kortom, met de industriële warmtepomp is bij veel grote energiegebruikers en uitstoters veel te bereiken. Dit zet zoden aan de dijk om de uitstoot van broeikasgassen te beperken.



Bron: GEA

Grote industriële warmtepompen zorgen voor een lager energieverbruik.

5. Oplosbomen

Èn watervrij papier zonder uitstoot

Hout bestaat vooral uit lignine, cellulose en hemicellulose. Van de cellulose maken we uiteindelijk papier en karton. Om de cellulose vrij te maken uit het hout, wordt nu geëxperimenteerd met een zeer efficiënt proces waarbij het hout in vloeibaar suiker wordt gelegd, waardoor de cellulose losweekt van de lignine die dan achterblijft. De lignine wordt nu vaak verstoekt als brandstof, maar dit nieuwe DES-proces (Deep Eutectic Solvents) levert lignine die ook waardevollere functies kan hebben als grondstof voor de industrie. Dit proces verdient steun en aandacht en kan heel veel CO₂-uitstoot schelen. Van de cellulosepulp wordt papier gemaakt. Dat is door de grote waterverdamping een zeer energie intensief proces, dat nu nog zorgt voor zeer veel CO₂-uitstoot. Nieuwe doorbraken om ook daar het water te elimineren zouden zeer welkom zijn.



Het DES-proces in het laboratorium.

6. Elektromotoren: groot onbenut potentieel voor energiebesparing

Volgens onderzoek van de Europese Commissie komt maar liefst 70% van het totale elektriciteitsverbruik van de Europese industrie op conto van elektromotoren.²¹ Een deel van deze energie wordt nuttig gebruikt, maar bij het opstarten, het remmen en het doorschakelen wordt ook veel energie verspild. Dat geldt ook voor elektromotoren die (continu) op een verkeerd toerental draaien.

Daar zijn echter heel praktische oplossingen voor, ook van Nederlandse bedrijven. Dat zijn bijvoorbeeld leveranciers van elektromotoren met een vermogen tussen 7,5 kW tot 375 kW die voldoen aan nieuwe IE3-efficiëntierichtlijnen.²² Of bedrijven die slimme frequentieregelaars op de markt brengen waarmee het toerental van pompen, ventilatoren en compressoren kan worden aangepast, waardoor ze veel energiebesparing realiseren.²³ Dat geldt ook voor de energiebesparende contactloze magneetkoppeling waarmee het Nederlandse bedrijf Zytec²⁴ in 2014 een innovatieprijs won.²⁵ Met deze koppeling kunnen elektromotoren altijd op hun optimale toerental draaien en wordt ook bij het schakelen geen energie verspild, doordat fysiek contact van draaiende schijven wordt vermeden. Het bedrijf heeft inmiddels voor verschillende typen industriële elektromotoren pasklare energiebesparende magneetkoppelingen op de markt.

Grootschalige toepassing van zuinigere elektromotoren en energiebesparende magneetkoppelingen kan volgens de Europese Commissie nog vóór 2020 een energiebesparing en uitstootverlaging opleveren van meer dan 60 miljoen ton CO₂²⁶, ruim meer dan de jaarlijkse CO₂-uitstoot van een land als Zweden.

Grootschalige toepassing van zuinigere elektromotoren en energiebesparende magneetkoppelingen kan volgens de Europese Commissie nog vóór 2020 een energiebesparing en uitstootverlaging opleveren van meer dan 60 miljoen ton CO₂

Ook voor elektromotoren geldt dat het naleven van bestaande wetten al heel veel winst oplevert. De Minimum Energy Performance Standard (MEPS), een Europese richtlijn die bepaalt hoeveel energie er bij verschillende (industriële) processen maximaal mag worden gebruikt, vereist sinds 2015 dat bepaalde type elektromotoren overal vervangen moeten worden door zuiniger modellen.²⁷ Dat geldt dus ook in Nederland²⁸ en kan zelfstandig afgedwongen worden of onderdeel zijn van het werk van de teams die de Wet efficiëntiemaatregelen handhaven. Een schatting van de besparingspotentie in Nederland is volgens sommigen ruim 2 miljoen ton CO₂.²⁹ Tijd voor een Offensief Elektromotoren!

7. En vele andere activiteiten

De zes genoemde grote projecten zullen enorme veranderingen in gang zetten en heel veel CO₂ besparen. Er zijn nog vele duizenden andere bedrijven die ook stappen kunnen zetten. In algemene zin kan ieder bedrijf zijn gebouwen energie neutraal maken, elektrisch rijden en alle overige energie zelf duurzaam opwekken of duurzaam inkopen (100% Nederlandse stroom uit zon en wind). Voor de heetste processen kan duurzame elektriciteit worden toegepast. Als we ons van de urgentie bewust zijn, is voor ieder onduurzaam proces een duurzame oplossing te implementeren.



Een elektromotor van Zytec in actie.

8. Extra zon en wind voor een industrie zonder biomassa

Het scenario van het Energietransitiemodel (ETM) voor 100% duurzame energie in 2030 bevat slechts beperkte elektrificatie van de industrie. In het ETM kan verdere elektrificatie nu niet doorgerekend worden. Dat is echter wel nodig als je bijna alle gebruik van biomassa voor de industrie (360 PJ) wilt uitbannen, zoals Urgenda wil.

Hier geven we toch een inschatting van wat nodig is voor een industrie zonder biomassa. Dit is een inschatting met veel minder detail en accuraatheid dan het ETM-scenario.³⁰ Experts die hebben meegekeken, achten deze verdere opschaling van zonne- en windenergie wel heel goed mogelijk.

Aannames:

- De elektrificatie van het gedeelte van de industrie dat nu biomassa gebruikt, gaat via waterstof.
- De conversiestap naar waterstof heeft een efficiëntie van 66,7%.
- Een deel van de hernieuwbare elektriciteit wordt in het huidige scenario niet gebruikt, maar zit in export en *curtailment*. Bij *curtailment* wordt de aanbodzijde actief beperkt. Denk hierbij aan het uitzetten van windmolens of afschakelen van zonnepanelen.
- De benodigde extra elektriciteit is dan 440 PJ. Deze 440 PJ kan opgewekt worden door het bijplaatsen van zonnepanelen en wind op zee. In het scenario zit nu 25,6 GW zonne-energie. Het PBL schat in dat de potentie voor zon in Nederland 66 GW is.³¹ Als we zonne-energie aanvullen tot 66 GW, dan is nog 25 GW aan wind op zee nodig om de biomassa uit de industrie te vervangen door elektriciteit uit wind en zon.

Deze aannames zijn vrij conservatief. Door een tweede berekening te maken met positievere aannames, krijgen we een beeld van de bandbreedte van het extra wind- en zonvermogen dat nodig is om biomassagebruik uit de industrie te halen.

Stel dat:

- een deel van de energievraag van de industrie met restwarmte wordt ingevuld (10%).
- niet voor de hele industrie eerst een conversie naar waterstof nodig is, maar slechts voor 70% van de industrie. Als alle warmte tot 250°C via warmtepompen wordt gemaakt, is al een deel van de warmtevraag ingevuld. Een groot deel van de industrie heeft echter een warmtevraag van een hogere temperatuur,³² die wordt nog steeds via waterstof ingevuld.
- het deel van de industrie waarvoor de vraag direct met elektriciteit wordt ingevuld, efficiënter wordt (30% afname van het gebruik van dit deel van de industrie).
- de capaciteitsfactor van windmolens op zee stijgt van 40% naar 50%. De capaciteitsfactor (yield factor) is de werkelijke elektriciteitsproductie gedeeld door de productie die er zou zijn als de windmolen het hele jaar maximaal vermogen zou leveren.”

Verdere elektrificatie is nodig als je bijna alle gebruik van biomassa voor de industrie (360 PJ) wilt uitbannen.

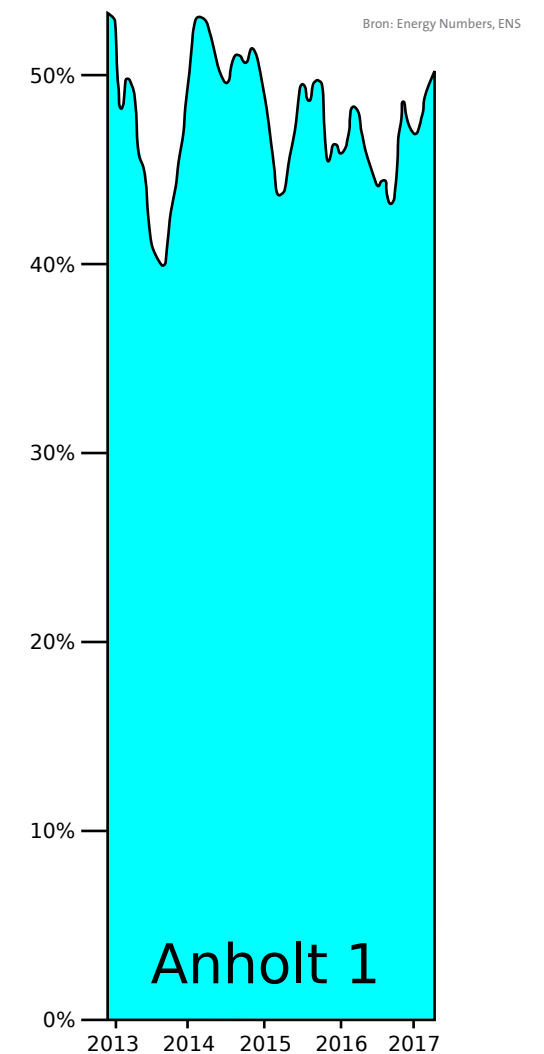
Met deze aannames is er minder extra capaciteit nodig. Ten eerste zal er, door de hogere yield factor, meer elektriciteit beschikbaar zijn van de windmolens die al in het scenario zitten en produceren de bijgeplaatste windmolens meer elektriciteit. Ten tweede is de totale vraag naar elektriciteit dan lager. De energie-opbrengst van 1 GW capaciteit zonne-energie staat gelijk aan de energie-opbrengst van 0,25 GW wind op zee. Urgenda kiest voor 9 GW extra wind op zee en 20 GW extra zonne-energie voor 2030, boven op de berekeningen van het ETM.

Als industrieën die niet volcontinu draaien hun ‘werkuren’ aanpassen aan de energieprijzen, kan dat voor energie-intensieve bedrijven veel geld schelen of zelfs geld opbrengen.

Goedkope duurzame energie; werken als de wind waait

In de toekomst zal er overvloedig zonne- en windenergie opgesteld staan. Op dagen met veel zon en wind geldt dat ook waarschijnlijk in de buurlanden. Er wordt dan veel energie op het net gezet, die dan op dat moment weinig kost, of misschien krijgen bedrijven soms wel geld toe als die duurzame energie gebruikt wordt als er te veel op het net aanwezig is. Dat is niet ondenkbaar, want het gebeurt nu al af en toe dat er in Duitsland te veel energie is en dat wij daarom centrales moeten afschakelen. Als industrieën die niet volcontinu draaien hun ‘werkuren’ gaan aanpassen aan de prijs van de energie, kan dat voor energie-intensieve bedrijven veel geld schelen of zelfs geld opbrengen. De eerste bedrijven die dat doen, zijn er al. Dat kan een nieuwe situatie opleveren, waarbij een

duurzame energievoorziening gunstig is voor energie-intensieve bedrijven. Deze manier van produceren, aangepast aan de aanwezigheid van zon en wind, helpt ook om het netwerk in balans te houden.



Figuur 15: In het Deense windpark Anholt 1 wordt al regelmatig een capaciteitsfactor van 50% gehaald.

FINANCIERING EN BELASTING

De omslag naar een duurzame samenleving kan wel sneller verlopen als het bedrijfsleven en ondernemers meer geholpen worden om de investeringen te doen en de maatregelen te nemen die nodig zijn. Voor de energie-intensieve industrie die in dit hoofdstuk is besproken, betekent het vaak dat die bedrijven moeten starten met nieuwe processen en grote opschalingstrajecten die veel geld kosten. Deze projecten zijn vaak innovatief en hebben daardoor ook een risico-element in zich. Dat maakt dat bedrijven huiverig zijn om alle kosten alleen te dragen. Soms zijn ze al geholpen als de overheid garant gaat staan voor het geval een stap zou mislukken (bijvoorbeeld bij boringen voor ultradiepe geothermie) of een soort garantie geeft dat ze het verschil bijpast als bepaalde grondstofprijzen ineens sterk wijzigen. Daarnaast zou hulp om cofinanciering of (Europese) subsidies te krijgen ook enorm helpen om bedrijven over de eerste hobbel te helpen. Als het eenmaal loopt, kan het snel gaan met opschalen. Alle genoemde oplossingsrichtingen leveren vaak nieuwe technieken en technologieën die we overal ter wereld kunnen verkopen. Dus de BV Nederland zal er wel bij varen, de aarde ook.

We hebben als samenleving veel geld opgehoest om de banksector overeind te houden. Het wordt tijd dat deze sector nu aangezet wordt om meer te doen voor de samenleving. Minder risicovolle beleggingen en transacties, meer steun aan bedrijven die de nieuwe economie gaan dienen, en meer steun voor innovaties en starters op de markt.

De omslag naar een duurzame samenleving kan sneller als het bedrijfsleven meer geholpen wordt om te investeren.

Er zijn vele aangrijpingspunten voor de overheid. Het allergrootste verschil kan gemaakt worden door een majeure ingreep in het belastingbestel. We krijgen een wezenlijk andere economie als we grondstoffen en vervuiling (waaronder CO₂-uitstoot) belasten en arbeid niet of nauwelijks. Dit kan bijvoorbeeld door de producten te belasten naar rato van de grondstoffen die ze verbruiken en de uitstoot die ze veroorzaakt hebben. In de wetenschap en in duurzaamheidskringen wordt hier al heel lang over nagedacht en over gesproken (zoals externalities in de prijzen, true pricing en de Ex'tax zoals die bedacht door wijlen Eckart Wintzen en nu doorontwikkeld wordt door zijn opvolgers in het Ex'taks-project). Dat vereist een moedige overheid met visie. Het verdient het om op de agenda te komen en veel vaker bediscussieerd te worden, ook of juist in de politiek. Een aanzet voor een nieuw systeem is ook gegeven door de Citizens' Climate Lobby met hun oplossing CO₂-heffing én dividend (zie het kader hierna). Ook in *De toekomst van de Nederlandse intensieve industrie - Het verhaal van Quintel* staan een aantal ideeën, van 'kortlevensduurbelasting' tot een supercategorie van 50% btw op zeer vervuilende producten.³³ Daarmee zouden we in ieder geval vervuilende buitenlandse producten van de markt kunnen weren als de Nederlandse industrie duurzamere varianten zou maken (tegen laag btw-tarief bijvoorbeeld).

**De
klimaatoplossing
die wérkt.**



Citizens' Climate Lobby: CO₂-heffing én dividend

In de CO₂-belastingmaatregelen die tot nu toe zijn bedacht, vloeien de inkomsten van belasting op fossiele brandstoffen naar de staatskas. De politiek bepaalt waar dat geld voor wordt gebruikt, bijvoorbeeld voor verlaging van inkomstenbelasting. Maar bij burgers die de CO₂-belasting in hun portemonnee voelen, zal het draagvlak voor die CO₂-belasting snel afnemen als die oploopt naar honderden euro's per ton. En dat is volgens economen wel nodig om fossiele brandstoffen volledig uit te faseren.

Het burgerinitiatief Citizens' Climate Lobby heeft een oplossing bedacht die op draagvlak kan rekenen van links én rechts. Aan de bron, waar fossiele brandstoffen de economie binnenkomen (de mijn, haven of pijpleiding), wordt CO₂-belasting geheven. Bedrijven berekenen de heffing door in de prijzen van producten en diensten die fossiele brandstoffen verbruiken. De opbrengsten worden vervolgens in de vorm van dividend eerlijk verdeeld over alle burgers. Het effect is nivellerend: degenen die veel CO₂-intensieve producten en diensten consumeren, betalen meer dan ze terugkrijgen, en mensen die energiezuinig leven en vooral 'schone' producten kopen, krijgen meer terug dan ze betalen. Dit past bij 'de vervuiler betaalt' en het voorkomt dat de transitie de kleinste beurzen het hardst treft. Om te verhinderen dat bedrijven naar het buitenland gaan, wordt aan de grens gecorrigeerd voor importen uit en exporten naar landen waar dit systeem nog niet bestaat.

Het systeem heeft grote voordelen. Onder de streep is er geen koopkrachtverlies. De economie en de werkgelegenheid groeien zelfs doordat innovatie en nieuwe, arbeidsintensieve bedrijfstakken worden gestimuleerd. De Wereldbank heeft berekend dat een juiste CO₂-prijs de transitie goedkoper maakt. De consument behoudt keuzevrijheid, want die kan CO₂-intensief blijven consumeren, maar moet daar extra voor betalen. De schonere oplossingen zijn goedkoper. Vanwege het nivellerende karakter, de werking van de markt en de grote transparantie zal er onder de meeste burgers draagvlak zijn.

De Citizens' Climate Lobby is ontstaan in de VS en vertakt zich snel over de rest van de wereld. Iedereen kan zich bij dit initiatief aansluiten. Meer hierover is te vinden op <https://nl.citizensclimatelobby.org/>

Op dit moment zijn er veel subsidies voor duurzame energie, maar niet voor de recycling van stoffen die nu als afval van de industrie worden gezien, zoals koolmonoxide en kooldioxide. Die laatste, CO en CO₂, kun je beter opnieuw benutten als grondstoffen voor de chemie, zodat koolstof duurzaam wordt vastgelegd. Als dat ook steun zou krijgen, net als duurzame energiebronnen nu, dan zouden we heel veel meer CO₂-uitstoot kunnen voorkomen, maar subsidies zijn er nu alleen voor energievoorziening en niet voor hergebruik van koolstof. Dat onderscheid zou eigenlijk niet op die wijze gemaakt moeten worden.

ACTIEPLAN 
Industrie van de toekomst

Voor de ideeën genoemd onder ‘HOE’ dient een actieplan te komen met financiering en/of garanties voor het starten van pilots, demofabrieken en een opschalingsplan bij geslaagde trajecten. Er zou een groots ‘Transitieplan Industrie van de Toekomst’ moeten komen, waarmee Nederland in één keer echt flinke meters maakt in het beperken van de CO₂-uitstoot en de industrie op voorsprong zet in een wereld die tóch gaat veranderen. Dan kun je maar beter voorbereid zijn en op tijd klaar voor een wereld die CO₂-uitstoot gaat bestraffen.

Mocht er een groen investeringsfonds komen, dan zou dat met extra overheidssteun kunnen zorgen voor grote en tijdige stappen. Dat is echter niet genoeg. Ook het aanpassen van regelgeving, het bevoordelen van duurzame routes boven onduurzame routes en andere belastingregimes zouden enorm helpen.

Nederland kan in één keer meters maken in het beperken van de CO₂-uitstoot en de industrie op voorsprong zetten in een wereld die tóch gaat veranderen.

Rol van de industrie

De verschillende energie-intensieve industrieën hebben al veel oplossingsrichtingen in kaart gebracht. Er is bij velen ook de wil en de wens om een CO₂-arme industrie vorm te geven en op 100% duurzame energie te draaien. Het is heel goed mogelijk om de transitie versneld in gang te zetten, en we maken meteen de snelste vooruitgang in de richting van de doelen van ‘Parijs’. De bedrijven zijn ook zeker bereid om te investeren, ook de honderden miljoenen die daarvoor nodig zijn. Ze kunnen het echter niet alleen en onbeschermd doen. Zonder steun komt er geen tot weinig beweging, dat is wat we nu zien. De echte grote stappen vereisen steun van de overheid en van de samenleving. Daarna is het aan de industrie om vaart te maken: pilots doen, demo-fabrieken neerzetten, productieprocessen aanpassen, enzovoort.

Rol van de overheid

Gegeven de enorme versnelling die nodig is tot 2030, is de rol van de overheid zeer belangrijk. Zoals door de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) al eerder is gezegd, zou de overheid een duidelijke visie moeten maken op de economie van de toekomst en een laagde strategie “die helpt om onze kwetsbaarheid te verkleinen, onze veerkracht te versterken en de efficiëntie van het grondstoffengebruik in de Nederlandse economie te vergroten” (WRR 2013³⁴). Dat geldt ook voor de overgang naar een economie die op duurzame energie moet gaan

Industriële icoonprojecten

Project	Fase 1 & 2	Middelen
1. CO-wasserette voor symbiose staal- & chemische industrie	Jaar 1-2 pilot Jaar 3 demofabriek	€ 100 mln bedrijfsleven € 100 mln overheid
2. It’s elektrolysing! Maken van waterstof met wind	Pilot 20 MW elektrolysers Opschalen 30 MW en >>	€ 70 mln bedrijfsleven € 70 mln overheid
3. Circulaire koolstoffabriek & plasticvergruizer	Jaar 1-2 pilot scheiden C en H Jaar 3 demofabriek opschalen	€ 50 mln bedrijfsleven € 50 mln overheid
4. Turboturbines & circulaire warmte Opschalen industriële warmtepompen	Jaar 1-2 30 MW warmtepomp Jaar 2-4 50 MW warmtepomp Jaar 5 100 MW warmtepomp	€ 14 mln bedrijvenscoalitie € 6 mln overheid
5. Oplosbomen Watervrij papier zonder uitstoot	Jaar 1-2 voortzetten pilot Jaar 3-5 demo plant	€ 10 mln € 50-70 mln
6. Elektromotoren: groot onbenut potentieel voor energiebesparing	Wet efficiëntiemaatregelen handhaven. Milieudiensten en andere handhavers tijd, kennis en middelen geven om dit te doen.	Investering door bedrijven of energy service companies (Esco’s) is binnen 2 jaar terugverdiend
7. Beton met Oplossingen	- CO ₂ opslaan in beton - CO ₂ als bindmiddel in beton i.p.v. portlandcement - circulair hergebruik beton met SlimBreker-techniek	€ 60 mln bedrijven € 10 mln overheid

Het Nederlandse bedrijfsleven ziet vele oplossingen en is ook bereid te investeren. Vanwege concurrentie en hogere onzekerheden in de eerste proefprojectfase, vragen verschillende trajecten en fasen om een verschillende bijdrage van de overheid. In de demonstratiefase is er vraag naar steun in de vorm van algemene co-financiering, terwijl in de uitrol meer steun nodig is voor de financiering van de onrendabele top. Voor dat laatste zou een soort SDE-achtige subsidie die gericht is op CO₂-uitstootvermindering in de industrie kunnen helpen om meters te maken, net zoals gebeurd is bij wind op zee. De industrie wil in die fase 75% van de benodigde investeringen zelf inleggen. Met een fonds van slechts €800 miljoen kan zo permanent CO₂ bespaard worden, wat veel beter is dan bijvoorbeeld een eenmalige besparing die nu werd gehaald met het subsidiëren van de bijstook van biomassa in een kolencentrale.

draaien, willen we niet te afhankelijk worden van de grillen van de markt en van andere landen als over een jaar of twintig ons gas op is. Daar rolt dan ook uit welke sectoren belangrijk zijn in die toekomstige volhoudbare economie en welke niet. Daar kan vervolgens gericht industriebeleid op gevoerd worden, waarbij de maatschappelijke wensen leidend zijn. Dat leidt niet tot een topsectorenbeleid, maar tot een maatschappelijke-opgavenbeleid.

De overheid kan een rol spelen om de processen die voor een deel al plaatsvinden in het bedrijfsleven te versnellen. De overheid kan koplopers belonen of tot norm maken, en achterblijvers straffen of het voor hen heel ongunstig maken om traag te zijn met verduurzamen.

De eerdergenoemde industriële iconoprojecten hebben steun nodig bij het verkrijgen van middelen en afdekken van risico's. Die projecten in uitvoering krijgen zou topprioriteit moeten zijn.

De overheid kan een rol spelen om de processen die voor een deel al plaatsvinden in het bedrijfsleven te versnellen.

Daarnaast zou de overheid vele andere zaken kunnen steunen om energiebesparing te bespoedigen en de omslag naar een nieuwe duurzame economie te versnellen en te helpen (niet uitputtend):

- Energiebesparing is al een wettelijke verplichting. De Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) en het Activiteitenbesluit verplichten energieverbruikers tot het nemen van besparingsmaatregelen die binnen vijf jaar zijn terugverdiend. Alle bedrijven die meer dan 50.000 kWh elektriciteit of 25.000 m³ aardgas-equivalenten

verbruiken, moeten die besparingsmaatregelen nemen.³⁵ Als deze wetgeving stringent nageleefd zou worden, zou er al een grote winst geboekt worden. De overheid kan dat sterk verbeteren door te gaan controleren en voorlichten. Bedrijven houden zich nog maar zeer mondjesmaat aan deze wetgeving, maar vele weten ook niet goed wat er van hen verwacht wordt.

- Er komen nu al allerlei nieuwe business- en organisatiemodellen op de markt die, naast technologische innovaties, behulpzaam zijn om de circulaire economie op te bouwen. De overheid kan deze nieuwe bedrijven, producten en diensten steunen door ze af te nemen (launching customer te zijn), door ze positieve aandacht te geven en daarmee positieve PR, door mee te denken en door in het begin een (financieel) steuntje in de rug te geven om te helpen bij startkapitaal.
- Zoals ook de WRR schrijft, zijn nieuwe beleidsconcepten vereist in een nieuwe circulaire economie. Daarbij kan gedacht worden aan andere concepten dan de huidige btw (belasting toegevoegde waarde) en aan een onderscheid tussen primaire grondstoffen (uit de grond gehaald en voor het eerst gebruikt in een product) en grondstoffen uit recycling. In de overgangseconomie kan het helpen om de niet-primaire grondstoffen fiscaal te bevoordelen.³⁶
- De overheid is bij uitstek geschikt om allerlei vormen van innovatie aan te jagen en te zorgen dat nuttige innovaties sneller naar de markt gaan. Het gaat om innovaties in producten en diensten en nieuwe samenwerkings- en organisatievormen. De overheid kan helpen in regelgeving, steun bij financiering, zelf eerste afnemer zijn en zorgen voor een beter onderwijssysteem met hoger opgeleide leerkrachten.³⁷
- Het innovatie-, onderzoeks- en onderwijsbeleid van de overheid zou zich moeten toespitsen op het oplossen van

maatschappelijke opgaven. Het klimaatprobleem en de grondstoffenschaarste zijn dan twee kandidaten die hoog op het prioriteitenlijstje zouden moeten staan.

De burger

De burger is voor de grote opgaven van de industrie vooral belangrijk als klant en consument en als degene die plastic en andere grondstoffen scheidt en helpt inzamelen. De burger zal ook enige invloed hebben met nieuw gedrag dat leidt tot meer delen en repareren en omgaan met duurzamer materiaal, bijvoorbeeld 3D-printen.

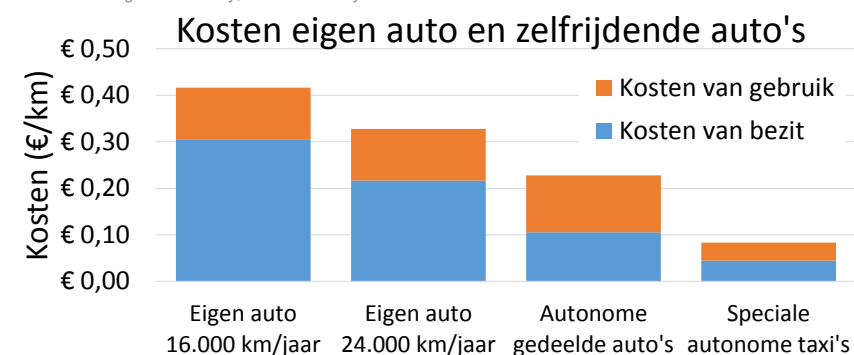
INNOVATIES

De innovaties die nodig zijn om de omslag te maken naar een circulaire economie die minder energie verbruikt, zullen veranderingen vergen van de samenleving. We zullen steeds meer producten moeten gaan maken die aan het einde van hun levensduur 100% herbruikbaar zijn. Ook zullen we afscheid moeten nemen van de traditionele productieprocessen van onze grootste industrieën, die gebaseerd zijn op grondstoffen die eindig zijn en verbruikt worden in het productie-

proces en grondstoffen die leiden tot vervuiling tijdens winning, productie, gebruik of aan het einde van hun levensduur. Maar de vooruitgang is op vele terreinen indrukwekkend, zoals al eerder geschetst. Naast de grote bestaande industrieën, die verstrekkende veranderingen zullen ondergaan en op die manier kunnen blijven behoren tot de economie van de 21^e eeuw, zijn er ook andere of nieuwe bedrijfstakken in zicht die (verder) kunnen groeien en passen in de nieuwe duurzame economie:

- Watergerelateerde 'deltatechnologie', van bouwen op water tot nieuwe dijken.
- De havens ontwikkelen zich tot 'hub' voor stromen waterstof, ammoniak, methanol, biomassa en als 'grondstoffenrotonde'. In de nieuwe economie wordt veel opnieuw gebruikt en zullen er dus nieuwe stromen vervoerd moeten worden (retourstromen die passen in de circulaire economie rond recycleren en upcyclen). In de haven is nog ruimte voor nieuwe industrie rond het scheiden en hergebruiken van stromen.

Bron: 'Transforming Personal Mobility', Colombia University



Figuur 16: De transitie naar duurzame systemen leveren de burger ook voordeel op. De prijs van reizen met de auto kan sterk dalen.

- Activiteiten ‘2e-3e-lange levens’ en nieuwe services: er komen steeds meer bedrijven die apparaten of onderdelen daarvan nieuwe levens geven en bedrijven die inzetten op het delen van ‘spullen’, zoals FLOW2, of het leveren van diensten zoals lichten, loopuren en zituren in plaats van lampen, tapijt en stoelen (idee van Turntoo). Er is veel creativiteit in de markt op het gebied van de overgang naar een deel- en ruleconomie, waarbij een dienst wordt verlangd en niet per se een product.
- Afvalbedrijven worden grondstofbanken. Het verkopen van grondstoffen gaat meer opleveren dan het verbranden van afval. Afvalbedrijven worden steeds creatiever in de cradle-to-cradle economie.
- Energielieferende grootschalige tuinbouw groeit, naast allerlei innovatieve vormen van lokale landbouw en nieuwe concepten in de regionale voedingseconomie.
- Cluster duurzame mobiliteit: in Nederland is er veel kennis op dat gebied – vooral rondom Eindhoven – waarin Nederland nu al voorop loopt. Wij gaan niet grootschalig auto’s produceren (voorlopig te duur in Nederland), maar kunnen wel veel innovatie vermarkten en toeleverende industrieën een plek bieden. Samenwerken en clusteren is daarbij een voordeel. Dat geldt niet alleen voor personenvervoer, maar ook voor bussen en nieuwe vervoersconcepten. Op het gebied van elektrisch vervoer en opladen vervult Nederland een belangrijke positie die we vast kunnen houden.
- Duurzame energie en zuinige apparaten, meet- en regeltechniek, nieuwe diensten: hoewel Nederland bepaald geen koploper is in hoeveelheden opgewekte duurzame energie, zijn we wel heel goed in innovaties op dat terrein. Vele vindingen van ECN en anderen op het gebied van zonneceltechnologie

worden wereldwijd benut. De laatste jaren zijn er ook veel nieuwe diensten en concepten bedacht die goed op te schalen zijn en waar mensen in de toekomst in vele variaties hun brood mee kunnen verdienen, van de Windcentrale en de coöperatie TexelEnergie tot leveranciers van zuinige warmtepompen en panelen die tegelijkertijd warmte en elektriciteit leveren. In de toekomst gaan zonne- en windenergie wereldwijd een belangrijke rol spelen. Nederland is bijzonder gunstig gelegen en goed geëquipeerd om de wind-industrie te dienen. Hoewel we dat in het verleden kwijt zijn geraakt en hebben laten lopen, is het zeker de moeite om dat voor de kop van Noord-Holland en Groningen weer op te pakken. Dat kunnen we combineren met het maken van producten zoals waterstof en methanol met overschotten aan wind. Als groeimarkt en land gelegen aan de Noordzee levert dat veel werkgelegenheid op.

- Derde generatie biomassa: algen en wieren. Dit is een groeimarkt, zowel voor de voedselmarkt als in de chemie en ook in de energiemarkt. Daarbij is het belangrijk te kiezen voor de toepassing met de hoogste toegevoegde waarde en voor de toepassingen die moeilijker op andere manieren duurzaam zijn in te richten (energie staat dan niet bovenaan in de pikorde, maar kan wellicht een bijproduct zijn).

NEDERLAND 100% DUURZAME ENERGIE VOOR 2030

WAT KAN IK DOEN?

AGENDA

4



21. IK GOOI MINDER SNEL IETS WEG, MAAR KIJK EERST OF IK HET KAN REPAREREN OF RECYCLEN
22. MIJN BEDRIJF GEBRUIKT GEEN OLIE ALS GRONDSTOF, MAAR ALLEEN GROENE GRONDSTOFFEN
23. MIJN BEDRIJF DRAAIT OP DUURZAME ENERGIE
24. IK KIES VOOR EEN BEROEP OF BEDRIJF DAT PAST IN DE TOEKOMSTIGE CIRCULAIRE ECONOMIE
25. IK GA MEER ZELF (LATEN) MAKEN, O.A. MET DE 3D-PRINTER
26. IK WORD EEN ‘VERSCHILLIGE’ CONSUMENT EN WIL WETEN WAT IK KOOP EN HOE HET GEMAAKT IS



5. ANDERS ENERGIE OPWEKKEN

VEEL ZON EN WIND

AGENDA

VOOR NEDERLAND VOOR 2030

- 14 12.000 MW WIND OP LAND
- 15 30.000 MW WIND OP ZEE
- 16 26.500 MW ZONNE-ENERGIE
- 17 OPSLAG VIA ELEKTROLYSE IN WATERSTOF EN IN (AUTO)BATTERIJEN
- 18 OMZETTING IN WARMTE OM PIEKEN OP TE VANGEN

EXTRA NODIG VOOR ELEKTRIFICERING INDUSTRIE

- 20.000 MW ZONNE-ENERGIE
- 9.000 MW WIND OP ZEE



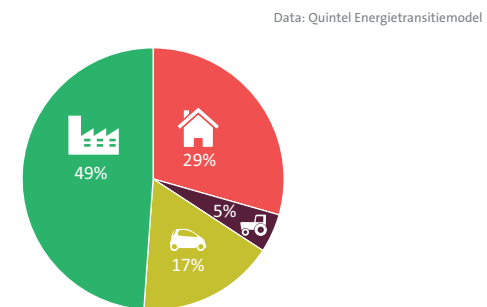
5. ANDERS ENERGIE OPWEKKEN

VEEL ZON EN WIND

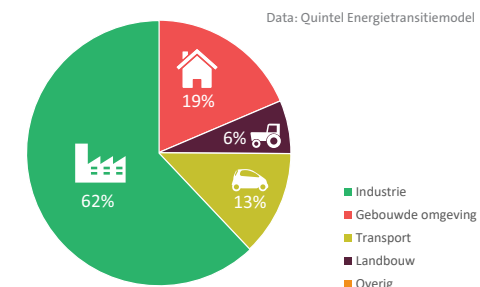
We streven naar een samenleving die 100% draait op duurzame energie.¹ In dit rapport willen we laten zien dat het kan en hoe het kan. We hebben gerekend met hoge reducties van energie in de gebouwde omgeving, bij transport, in de kassen en in de industrie. We kunnen de vraag naar centraal opgewekte energie dan al substantieel reduceren. Dat vereist een goede aanpak en er samen de schouders onder zetten, in combinatie met nieuwe technieken en gedragsveranderingen. In dit scenario neemt de behoefte aan centraal geproduceerde elektriciteit sterk af en gaat fossiel gas eruit.

In de vorige hoofdstukken hebben we gezien hoe we energie kunnen reduceren in verschillende sectoren en wat we lokaal kunnen opwekken aan duurzame energie, vooral in de bestaande bouw. We zagen dat een combinatie van energiezuinige gebouwen en kassen, andere vormen van vervoer, meer plantaardige voeding en flinke energiebesparing in de industrie kan leiden tot energiereducties van meer dan 50% per sector.

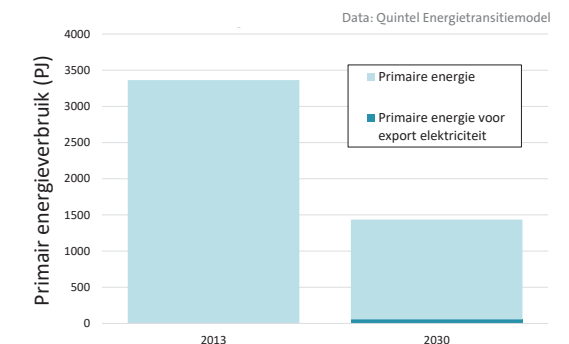
Door de energiebesparing verandert de verdeling tussen de sectoren drastisch. De totale energievraag in het 2030-scenario is gedaald met 57%. Was er eerst in 2013 een totale hoeveelheid primaire energie nodig van 3,4 EJ², in 2030 is dit 1,4 EJ. Van de overgebleven energie wordt in 2030 veruit het meeste gebruikt door de industrie (dit was 49% van het totaal in 2013, het wordt 62% in 2030, zie figuur 1 en 2).



Figuur 1: Verdeling finale energievraag in 2013



Figuur 2: Verdeling finale energievraag in 2030



Figuur 3: Primaire energieverbruik in Nederland

WAT

In het scenario voor 100% duurzame energie in 2030 is veel duurzaam opgewekte elektriciteit nodig, want aardgas wordt niet meer gebruikt. Deze elektriciteitsproductie komt van een combinatie van zonnepanelen op daken van huizen, kantoren en andere gebouwen en van windmolenparken op zee, aan de kust en op land. Mede door steun van de overheid en de salderingsregeling voor zonne-energie van huishoudens is er de afgelopen vijf jaar een flinke versnelling geweest. Dat tempo vasthouden is belangrijk. In het scenario 100% duurzaam maken we gebruik van totaal 42.000 MW aan windenergie en 26.500 MW³ zonne-energie (opgesteld vermogen). Dat leidt tot 83 PJ aan zonne-energie⁴ en 460 PJ aan windenergie. Er is dan in 2030 een grote capaciteit op zee (ongeveer 30.000 MW) en ook een forse capaciteit op land van 12.000 MW (ongeveer 10.500 MW in het binnenland en aan de kust ongeveer 1500 MW).

Ook is er voor ongeveer 26.500 MW aan zonvermogen neergelegd: 17.400 MW op huizen (bijna allemaal zijn ze energieneutraal in 2030), 8600 MW op kantoren en andere utiliteitsbouw en 500 MW op zonnenvelden.

Het scenario 100% duurzame energie leidt tot 83 PJ aan zonne-energie en 460 PJ aan windenergie.

Het Energietransitiemodel (ETM) kan nog niet omgaan met een aantal nieuwe technieken en verdere opschaling van wind en zon, want dat moet eerst verder gevalideerd worden en vereist aanpassingen in het model. Op basis van gesprekken met experts verwachten we dat die verdere opschaling wel mogelijk is en ook gaat plaatsvinden. Onze agenda zou dus zijn om boven op de 30 gigawatt (GW) wind op zee die het ETM berekent nog 9 GW extra wind op zee te installeren en de 26,5 GW aan zonne-energie aan te vullen met nog 20 GW zonne-energie (25% groei per jaar). Volgens het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) kan er in theorie op alle daken 66 gigawatt (GW) geplaatst worden.⁵ Niet alle daken zijn geschikt, maar daar staat tegenover dat het PBL niet heeft gerekend met zonnepanelen op water, wanden en geluidswallen, om maar wat andere voorbeelden te geven. Dus als 66 GW zou kunnen, dan is onze 46,5 GW zeker mogelijk.



Zonnepark XXL bij TT Circuit Assen

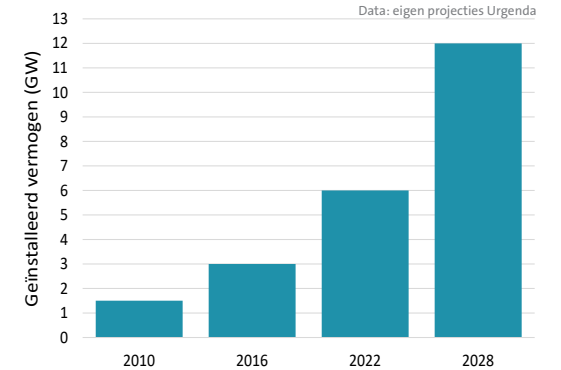
Wind op land: 12.000 MW in 2030

De afgelopen jaren is er veel beweging gekomen in windenergie. Op land gaan we rond 2022 de doelstelling van 6.000 MW halen, die eerder gepland was voor 2020. Gegeven de versnelling die nu overal te zien is en de vervanging van kleine molens door grotere en rendabelere molens, zou een verdubbeling in 2030 moeten kunnen, wat leidt tot 12 GW wind op land. Volgens de experts kan dat lukken omdat:

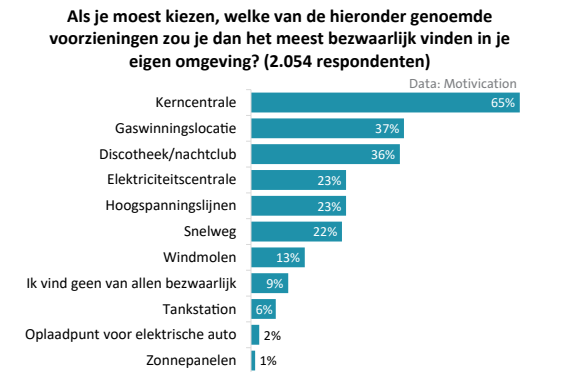
- het vervangen van oude kleinere molens door grotere nieuwe molens al 2.000 MW kan opleveren tot 2030;
- een aantal grote nieuwe locaties op stapel staan – Zeeuws Vlaanderen, Oost-Groningen, Houtribdijk, Friesland, Den Bosch en Oss – die samen ook 1.000 MW opleveren;
- er veel kleinere initiatieven zijn, zoals van lokale energiecoöperaties en burgergroepen, die samen ook 1.000 MW opleveren.

Als we de exponentiële groei doortrekken, dan zou 12.000 MW op land al in 2028 bereikt kunnen zijn. Dat lukt zeker als we uitgaan van steeds grotere molens.

Een vertragende factor kan natuurlijk weerstand tegen wind op land zijn. Als omwonenden echter in een vroeg stadium betrokken worden bij beslissingen en bij voorkeur ook voordeel hebben van de molen (goedkope energie, een aandeel of iets anders), dan blijkt de weerstand veel minder groot te zijn. Al bestaat vanwege groepen boze mensen misschien het beeld dat de meerderheid van de mensen tegen windenergie is, in de praktijk blijkt dit mee te vallen, zoals te zien is in de figuur 5. Zet de molens op industrieterreinen, langs snelwegen, op nieuwe dijken en op andere plekken die geen groene oase of groot natuurgebied zijn.



Figuur 4: Wind op land groeit door.



Figuur 5: Hoe bezwaarlijk is een windmolen eigenlijk?

Wind op zee: 30.000 MW in 2030

De afgelopen jaren zijn de kosten van wind op zee enorm gedaald. Niet alleen in Nederland, maar ook in andere landen. In Duitsland wordt het eerste windturbinepark gebouwd zonder subsidie. Dit vergroot het bestuurlijke draagvlak voor een versnelde transitie en maakt een grotere versnelling mogelijk dan de meeste experts hadden verwacht.

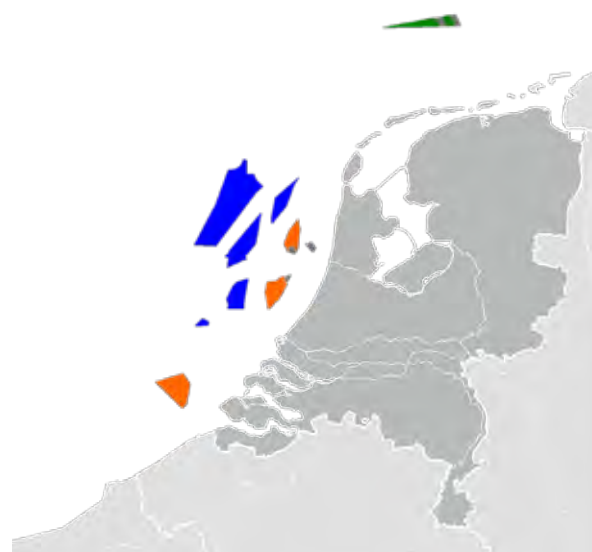
Volgens het Energieakkoord wordt er voor een vermogen van 3500 MW uit windenergie op zee bijgebouwd tot 2023. Daarna kunnen er grotere stappen gezet worden met grotere molens van zo'n 10 MW op de locatie IJmuiden-Ver en ten noorden van de Waddeneilanden. Men verwacht dat nog grotere molens van wel 20 MW pas na 2030 op de markt komen, maar misschien gaat dat ook wel sneller dan verwacht. Dan maken we echt grote stappen!

Bij een leeftijd tussen 20 en 25 jaar worden windturbineparken ontmanteld en opnieuw gebouwd, met modernere molens. Dat leidt sowieso tot een opgewekt vermogen op zee van circa 22.000 MW (= 22 Gigawatt) in 2030, maar meer is mogelijk, zeker met de huidige groeicijfers. Het Energietransitiemodel rekent met 30.000 MW in 2030, wat heel goed haalbaar is. Om de kosten nog verder te drukken, kan men in de toekomst molens op zee industrieel gaan bouwen in een continu proces. Dan zijn nieuwe kunstmatige eilanden voor de kust nodig voor de bouw van noodzakelijke elektrische infrastructuur, voor onderhoud en exploitatie en voor de accommodatie voor de duizenden technici. Daarnaast kan men daar overvloedige windenergie opslaan in de vorm van waterstof, ammoniak of andere stoffen. Die zijn vervolgens als grondstof in de industrie te benutten of ze kunnen op een later moment gebruikt worden voor elektriciteitsopwekking als er te weinig wind of zon zou zijn.

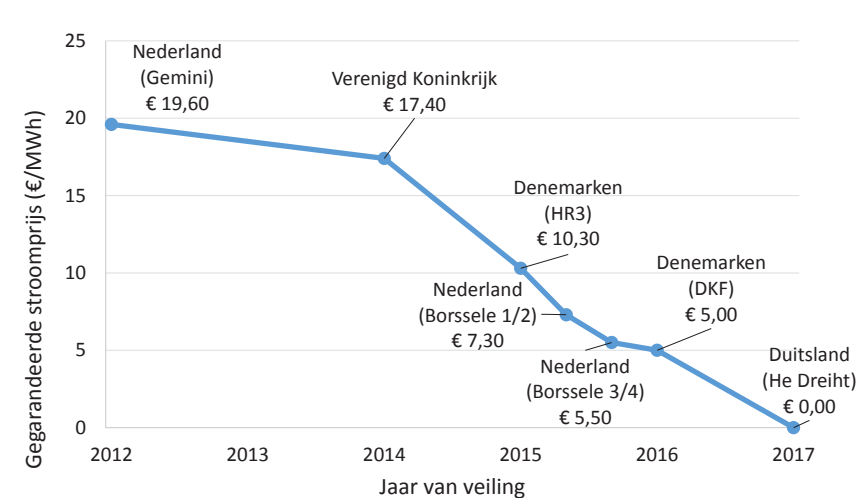
Extra windparken, grotere molens, meer energie per molen ('loadfactor' van 40% naar 50%, waar het ministerie van EZ en energiebedrijven nu al mee rekenen), dat gaat allemaal leiden tot veel meer windenergie. 39 GW in 2030 kan, als we het willen. Dan hebben we nauwelijks nog biomassa nodig, ook niet in de industrie.

Benodigde actie:

1. Planologie: nieuwe windenergie-gebieden (in Europees verband) snel op orde brengen;
2. Inpassingsscenario's voor de elektriciteit maken;
3. Eilanden aanleggen voor omvormstations voor sterke gelijkstroomverbindingen met elektriciteitsnet op land.

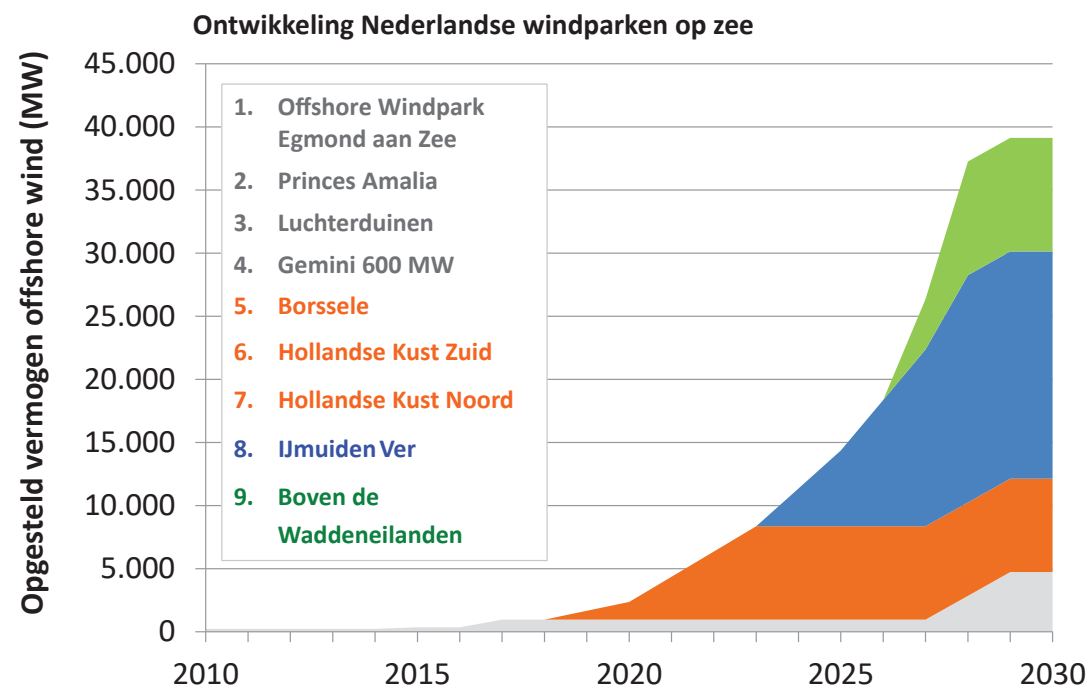


Figuur 6: Locaties voor windparken op zee.



Bron: Bloomberg

Figuur 7: Maximale subsidie wind op zee



Figuur 8: Scenario voor groei van wind op zee tot 2030.

Met dank aan Chris Westra



‘Nederland fietst mee in de kopgroep van windenergie’

Chris Westra, van Chris Westra Consulting

Een poos geleden dacht Chris Westra nog dat flink versnellen met windenergie niet kon. Nu ziet hij dat totaal anders. Veel ontwikkelingen maken enorme schaalvergroting mogelijk. Goed nieuws voor Nederland en voor de man die al sinds 1972 als een omgekeerde Don Quichot voor windmolens vecht.

Gaat windenergie ons helpen bij 100% duurzame energie in 2030?

‘Absoluut. Voorheen dacht ik: versnellen kan maar beperkt, alles heeft z’n tijd nodig. Maar er is in korte tijd veel gebeurd. De politiek ziet er eindelijk de noodzaak van in en de technologische ontwikkeling is hard gegaan, waardoor de kosten sterk zijn gedaald. En eerdaags kan windenergie op zee zonder subsidie verder.’

Hoe kan het dat dat zo vlug is gegaan?

‘Ten eerste door schaalvergroting. Vroeger leverde één molen een vermogen van 3 MW, nu gaan we naar 10 MW en na 2030 wellicht naar 20 MW. We hebben veel geleerd waardoor alles efficiënter kan. Met minder handelingen, minder risico’s en met grotere molens wordt alles goedkoper. Ten tweede: geld is ruim voorradig en goedkoop, en de staalprijs is laag. De conjunctuur is gunstig. Willen we deze prijsontwikkeling vasthouden, dan moeten we per jaar 200 tot 300 molens installeren. We kunnen het! Er moet geen gat vallen in de continuïteit. Nederland heeft een goede route ingezet en we fietsen internationaal echt mee in de kopgroep. Als in 2023 het Energieakkoord afloopt, moet we full speed doorgaan. Na 20 jaar zijn turbines aan vervanging toe en komen er grotere en dus goedkopere molens.’

Hoe staat het met het draagvlak voor wind?

‘Voor parken ver uit de kust is dat er, op land niet. Zoals de kust van Urk volgebouwd is met enorme molens, vind ik minder. Wat ook het draagvlak ondermijnt, is dat men in de gaten heeft dat er veel verdiend wordt aan windenergie en dat de lasten afgewenteld worden op de kleinverbruiker. Toen ik in 1972 begon met windenergie – vooral omdat ik geen Tsjernobyl in Zandvoort wilde – was wind een

democratische energiebron. Het gaat nu om veel geld en er komen steeds meer miljonairs in deze business. Het lijkt op de ontwikkeling bij de banken. Dat waren vroeger kleine, lokale coöperaties, nu zijn het grote bedrijven met dikke bonussen. Ik gun het de agrariërs die al vroeg met windmolens begonnen en grote risico’s namen. Maar in de energietransitie moeten ook de lagere inkomens mee. De lusten en lasten zijn nu niet in balans.’

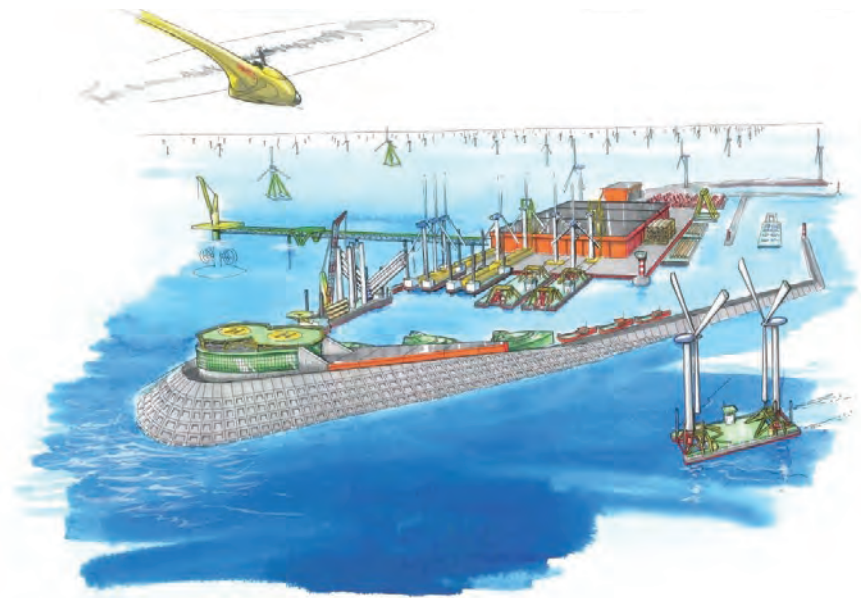
Willen we deze prijsontwikkeling vasthouden, dan moeten we per jaar 200 tot 300 windmolens installeren. We kunnen het!

Is subsidie op windmolens nog nodig?

‘Een baby eet niet meteen boerenkool, die drinkt eerst melk. Zo had windenergie ook een zetje nodig. Maar wind op land is veel te lang gepamperd. Ontwikkelaars nemen de omwonenden onvoldoende mee in hun business en werken niet transparant. Subsidie voor windenergie op land moet stoppen. Dan kunnen projectontwikkelaars ook niet meer met “gratis” geld strooien om draagvlak te krijgen. In Duitsland komt het eerste park op zee zonder subsidie eraan. Welk park op land volgt?’

Hoe vrij is de markt voor wind op zee eigenlijk?

‘De overheid bepaalt de geschikte windgebieden, doet vooronderzoek zoals naar het windaanbod, de bodemgesteldheid en stroming, en schrijft tenders uit. De overheid verzorgt ook, met landelijke netbeheerder TenneT, de aansluiting van de parken op het landelijke elektriciteitsnet. Bij elkaar een prima systeem dat goed beheersbaar is.’



Figuur 9: Het windeiland van de toekomst.

Dan zou je zeggen: dat moet *nóg* sneller kunnen.

‘De industrie kan sneller, maar de bottleneck is na 2023 het aan land brengen van de stroom. Het net in West-Nederland kan het niet aan. Er moeten grote elektrische leidingen komen van zee naar het oosten en het zuiden en naar de landen om ons heen. Daar moet zo snel mogelijk aan gewerkt worden. Dat vergt een grote investering en nieuwe technieken. Dit is geen Nederlandse kwestie, dit moeten we Europees aanpakken. Een voordeel is dat TenneT ook in Duitsland het net op zee en het landelijke net deels beheert. Maar de politiek moet de noodzaak inzien en actie ondernemen.’

Nederland heeft de kennis, kunde en innovatiekracht om van die eilanden op zee juweeltjes te maken.

Hoe gaat het vervangen en onderhouden van molens zo ver op zee?

‘Daar valt nog veel te halen. Nu gaat er veel tijd verloren met het heen en weer varen van technici. Daarom hebben we kunstmatige eilanden nodig dicht bij de molens. Ook om ruimte te creëren voor elektrische installaties waarmee landen rondom de Noordzee elektriciteit van zee en van andere duurzame bronnen kunnen uitwisselen. Al in 2009 was ik bezig met het ontwikkelen van eilanden op de Noordzee. Nu TenneT ook mogelijkheden ziet, heb ik het weer opgepakt. Nederland heeft de kennis, kunde en innovatiekracht om van die eilanden juweeltjes te maken. Met elektrische infrastructuur, duurzame hotels, een haven voor bevoorradings- en onderhoudsschepen, op elektriciteit van de molens of waterstof, en vele andere activiteiten zoals aquacultuur. Zo’n eiland op zee is een icoon van de Nederlandse waterbouw, het bedrijfsleven en de leidende positie van windenergie op zee.’

‘It always seems impossible, until it’s done.’

Nelson Mandela

Zonne-energie: 26.500 MW in 2030

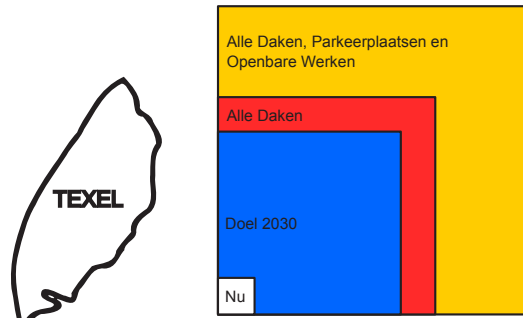
De laatste vijf jaar is de hoeveelheid geplaatste zonnepanelen enorm gegroeid, met groeicijfers per jaar tussen de 35% en de 148%. Als we kiezen voor een bescheiden jaarlijkse groei van 20% tot 2030, dan eindigen we op 26.500 MW in 2030. De groei ligt wereldwijd al jaren rond de 30%, dus dat zou geen al te optimistische aanname moeten zijn. Dat kan met panelen op (energieneutrale) huizen, op daken van allerlei publiek vastgoed, van scholen tot zorginstellingen, op zonnevelden zoals op de Waddeneilanden en op nieuwe plekken zoals zonneveranda's en bushokjes. Ook is er in Nederland nog veel onbenut water. Hier komen nu steeds meer projecten met drijvende zonnepanelen die aan twee kanten licht opvangen, ook uit de weerkaatsing door het water, en omzetten in energie ('bifacial' panelen).⁶ Zo zal de additionele 20 GW zonne-energie die nodig is om biomassa overbodig te maken in de industrie op allerlei extra oppervlakten gevonden worden.



De snelweg van de toekomst is ook een energiesnelweg.



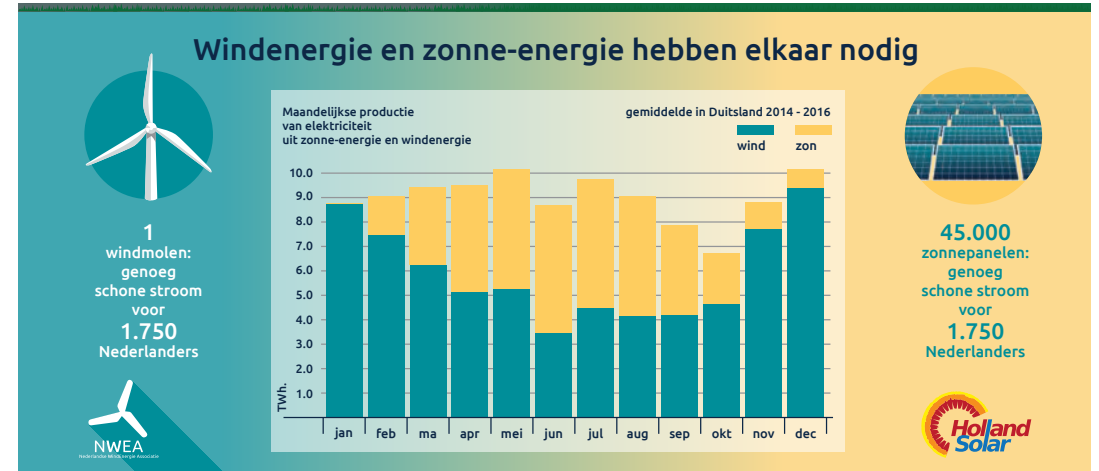
Drijvende zonnepanelen.



Figuur 10: Benodigde oppervlakte voor zonnepanelen



Bushokjes zijn prima plekken voor zonnepanelen.



Figuur 11: Windenergie en zonne-energie vullen elkaar aan qua productie.

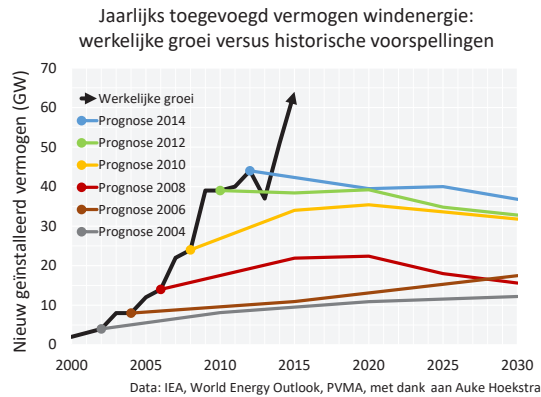
Zo veel zon en wind in Nederland, kan dat?

De omslag die wij beschrijven, van veel kolen en gas naar vooral veel zon en wind, roept natuurlijk vragen op. Een deel daarvan wordt beantwoord in bijlage 1. De conclusie is dat zo veel vermogen uit zon en wind in Nederland mogelijk is in 2030. Ter vergelijking: in Duitsland wordt al in 2020 eenzelfde hoeveelheid wind- en zonvermogen opgewekt. De huidige hoeveelheid zonne-energie en windenergie in Duitsland toont op maandbasis een mooi vlak productieprofiel (zon en wind leveren de meeste maanden samen steeds evenveel energie op).

Op kortere termijn zijn er oplossingen nodig voor de dagen waarop er niet voldoende zon en wind is. In de hele wereld wordt onderzoek gedaan naar steeds betere en goedkopere batterijen in huis of per buurt. Ook komen er in de toekomst combinaties van elektrische voertuigen die 90% van de dag stilstaan met enorme batterijen en andere gebruikers die deze batterij-energie kunnen gebruiken in zogenaamde smart grids. De eerste initiatieven zijn er, die dienen snel opgeschaald te worden. Daarnaast wordt er geëxperimenteerd met opslag in onder andere zouten

en water. Voor 2030 komen er vele betaalbare oplossingen bij. Het ondiepe gedeelte van de Noordzee is groot genoeg om alle windmolens te plaatsen die we nodig hebben op zee. Er is dan ook nog ruimte voor scheepvaart, vogels en militairen. Zo veel windmolens plaatsen en onderhouden is een enorme inspanning die veel werkgelegenheid oplevert voor verschillende bedrijfstakken. Er zijn genoeg boten, molens en mensen om dat te doen als we het goed plannen en er een continu proces van maken. De productie van windmolens en zonnepanelen kost ook energie. Dat is al binnen één à twee jaar terugverdiend.

Als er tijdelijk meer elektriciteit wordt geproduceerd dan de vraag, dan is er tijdelijk 'gratis' energie. Die tijdelijke overschotten kunnen gebruikt worden om waterstof te maken en/of ammoniak of andere producten. Deze opslag-media kunnen benut worden om later weer energie van te maken of voor bouwstenen voor de chemie. De markt zal reageren als er gratis energie komt, wat leidt tot nieuwe economische activiteiten. Daardoor neemt na verloop van tijd de economische groei toe en zal de prijs van elektriciteit weer steeds vaker boven nul komen.



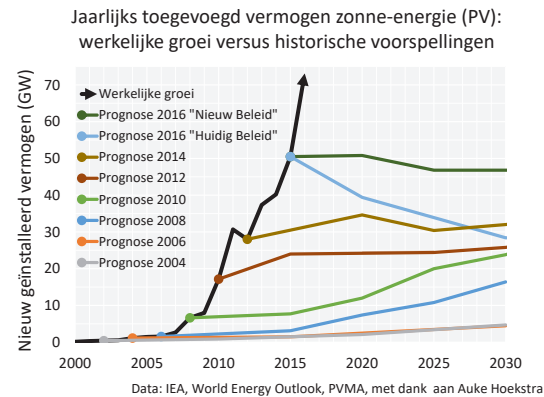
Figuur 12: De werkelijke wereldwijde groei van windenergie is consequent hoger dan de voorspelde.

HOE

Zon

Veel zonnepanelen worden neergelegd door particulieren en bedrijven. Als voor hen de omstandigheden gunstig zijn en blijven, dan zal de groei die de laatste jaren is ingezet, doorzetten. De overheid kan natuurlijk wel enorm helpen, bijvoorbeeld door de salderingsregeling voor zonne-energie van eigen dak langer door te zetten. Salderen betekent dat mensen die overdag zelf zonne-energie opwekken op hun eigen dak, de opbrengst qua kosten mogen wegstrepen tegen de energie die ze 's avonds gebruiken. Voor huurders, scholen en verenigingen van eigenaren is zon op het eigen dak ook realiseerbaar als de overheid duidelijk maakt dat salderen mogelijk blijft tot minstens 2025 en dan gelijkmatig afgebouwd wordt tot 2030. Investeerders en banken willen langer zekerheid, anders gaan ze niet financieren. Duidelijkheid tot 2025 en 2030 is nodig om de financiering rond te krijgen. Voor particulieren is de salderingsregeling ook gunstig en het is een van de weinige regelingen waar zij echt baat bij hebben. Aangezien politici steeds op zoek zijn naar draagvlak bij de bevolking, zou het handhaven van deze regeling zeer

voor de hand liggen. Voor de grotere projecten zijn de zogenaamde 'postcoderoosregeling' en de subsidie voor duurzame energie (SDE) voor zonnepanelen doorslaggevend. Zonder deze regelingen gaan bijna alle grote projecten niet door. Dat komt vooral doordat elektriciteit te goedkoop is voor vele grote afnemers. Als grootverbruikers meer zouden moeten betalen voor hun energie, dan zouden ze sneller overstappen op duurzame energie.



Figuur 13: Ook de werkelijke groei van zonne-energie blijft de voorspelde groei overstijgen.

Wind

Om verdere opschaling op land te stimuleren, zou de nationale overheid ervoor kunnen zorgen dat provincies geen eenzijdig 'extra-windmolens-op-land-verbod' afkondigen, zoals Noord-Holland en Friesland hebben gedaan. Ook andere provincies maken pas op de plaats. Dit sluit niet aan bij de urgentie om extra windvermogen neer te zetten. Als de windmolens in de toekomst niet meer nodig zijn vanwege nieuwe technieken zoals vliegers of genoeg andere duurzame energie, dan kunnen windmolens altijd weer weggehaald worden en kunnen de metalen opnieuw worden gebruikt.



Zo kun je een multifunctioneel dak maken.

Als de overheid het goed faciliteert, dan zijn er steeds meer partijen die graag een windmolen op land exploiteren, van lokale energiecoöperaties en bestaande energiebedrijven tot nieuwe ondernemers met nieuwe bedrijfsmodellen zoals de WindCentrale.

Het is belangrijk dat de overheid stuurt op de doelen en niet op middelen of technieken, zodat er ruimte blijft om innovaties snel op te nemen.

Duurzame energie heeft voorrang op het net en zou door de overheid maximaal gestimuleerd moeten worden tot we de gewenste situatie hebben bereikt. Dat zou ook verstandig zijn, omdat over twintig jaar ons goedkope gas bijna op is en de kosten voor fossiele energie oplopen. We hebben meer zekerheid en ons lot in eigen hand als we onze eigen energievoorziening regelen en betaalbaar houden.

Voor later

Een deel van de elektriciteit zouden we kunnen importeren vanuit zonneparken in zonnige landen zoals Spanje en Griekenland. Daarmee kunnen we tegelijk een boost geven aan de economieën van de Zuid-Europese landen. Door een zo groot mogelijke spreiding te kiezen van deze parken van oost naar west (ook buiten Europa), is het voorstelbaar dat een groot deel van de vroege ochtend tot de late avond gedekt kan worden met zonnestroom. Hoogvoltage gelijkspanningsleidingen moeten worden aangelegd om de stroom over duizenden kilometers te transporteren. Die techniek is inmiddels beschikbaar en wordt onder andere in China al veelvuldig toegepast, maar ook tussen Nederland en Noorwegen en Nederland en Engeland.⁷ Bij deze techniek is er 3 tot 5% stroomverlies per 1000 km. In het scenario voor 100% duurzame energie in 2030 van het Energietransitiemodel nemen we alleen lokaal geproduceerde stroom met zonnepanelen mee en laten we de Zuid-Europese optie nog buiten beschouwing. Ook in dit opzicht is het scenario dus conservatief.



‘Kassen gaan straks de steden verwarmen’

Leon Ammerlaan van The Green Innovator

De broers Ammerlaan uit Pijnacker zijn van huis uit tuinders. Ze kweken tropische potplanten op. Maar sinds ze aardwarmte produceren, hebben ze er onbedoeld een verwarmingsbedrijf bijgekregen. Als The Green Innovator verduurzamen ze nu een stukje Zuid-Holland. En ze helpen iedereen met hun kennis, vertelt Leon Ammerlaan.

Hoe werkt geothermie, ofwel aardwarmte?

‘Op 2200 meter diepte zit zout water van 70°C. Dat pompen we omhoog. Een warmte-wisselaar neemt de warmte op en geeft die af aan een verwarmingssysteem met zoet water. Het afgekoelde zoute water gaat terug naar 2200 meter diepte.’

Waarom hebben jullie daarvoor gekozen?

‘De aanleiding was dat rond 2008 de gasprijs binnen een halfjaar verviervoudigde. Dat was niet op te brengen. Zonne-energie was geen optie, want we hebben verwarming nodig, geen elektriciteit. En een snelgroeiend productiegewas heeft CO₂ nodig, onze planten niet. Zo kwamen we bij geothermie uit. De TU Delft had daarvoor de rechten op dit gebied. We besloten tot samenwerking, maar de TU stelde het boren uit. Toen zijn we het zelf gaan doen, als tweede in Nederland, na een tomatenkweker. In 2010 was de installatie klaar.’

Hoe heeft dat uitgepakt?

‘We hebben 4 miljoen geïnvesteerd, naast de subsidie, en enorm veel bijgelegd vanwege tegenslagen. Er kwam bijvoorbeeld olie en gas mee omhoog, dat kostte twee jaar en veel geld. Ook is de pomp al elf keer gerepareerd en zijn kabels en pijpen hersteld. Maar ik geloofde én geloof erin. Je moet het gewoon dóén, niet gaan zitten wachten. Behalve de stabiele energieprijs is duurzaamheid onze drijfveer. We verkopen planten die CO₂ consumeren en het binnenklimaat reguleren, vooral in kantoren. We doen al jaren alles biologisch en duurzaam.’

Is jullie initiatief dan wel een succes?

‘Jazeker. We hadden veel warmte over, dus hebben we een school en een sportcentrum

met zwembad aangesloten, daarna een aantal collega-tuinders, en vorig jaar 470 appartementen. Ze betalen minder dan de gasprijs. Wij leggen zelf alle installaties aan. De aanvragen blijven komen. Ons volgende “projectje” is de aansluiting op de Warmterotonde, een warmtenet in Zuid-Holland. Daar kan een groot deel van de provincie in één klap mee verduurzamen.’

Jullie zijn dus een ander soort ondernemers geworden.

‘Klopt, de planten zijn bijna bijzaak. En ik heb geleerd wat geen enkele school je kan leren. Nu ik veel met de gemeente en de overheid aan tafel zit, kijk ik anders naar mensen. Zonder samenwerking kom je er niet. Je hebt iedereen nodig: overheden, kennisinstellingen... Allemaal leren we hiervan. Onze kennis vermarkten we niet, die delen we. Dat hoort bij de tuinbouw, in onze sector gooien we elkaars valkuilen dicht.’

Daar kunnen andere sectoren nog wat van leren.

‘De tuinbouwsector is sowieso onderbelicht. Niemand weet dat die allang aan de duurzaamheidscriteria voor 2020 voldoet. Als bedrijf zijn wij ook te bescheiden. Bij een tuinbouwprijs in China waar duurzaamheid een criterium was, werden we derde van de wereld, na een bedrijf dat personeel doorbetaalt bij ziekte en een bedrijf dat water hergebruikt. Wij deden dat al jaren, maar ja, dat hoort niemand.’

Zijn alle kassen in 2030 van het gas?

‘De geclusterde kassen zeker, maar voor de verspreid liggende is aansluiting op aardwarmte te duur. Ik voorzie een andere ontwikkeling: straks liggen de kassen om de stad heen als leverancier van warmte én van groente en fruit. Dat gaat ook niet meer de hele wereld over.’

FINANCIERING

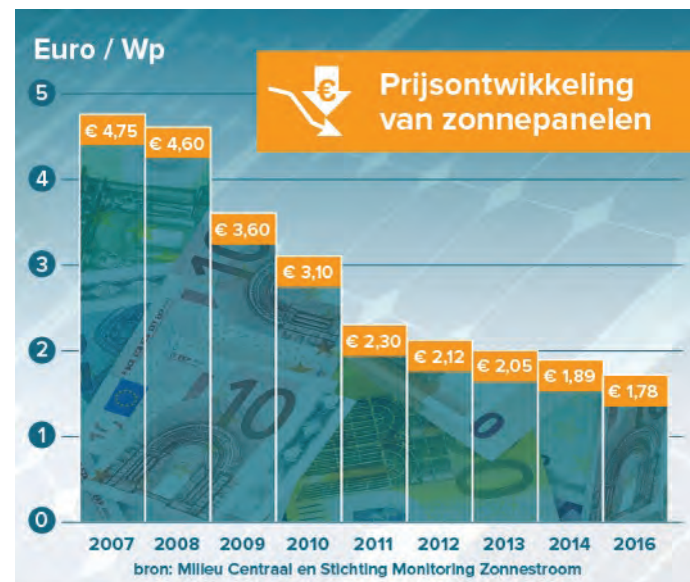
Het neerleggen en onderhouden van zonnepanelen zal veelal betaald worden door huishoudens en bedrijven. Ze krijgen er lagere energiekosten voor terug. Voor particulieren is dat nu in zeven tot tien jaar terugverdiend en daarna gaan de panelen nog twintig tot dertig jaar mee. Halverwege moet alleen de omvormer vervangen worden. Anders geformuleerd: het geld voor zonnepanelen rendeert vijf keer beter op het dak dan op de bank. Dat wordt minder gunstig als het salderen op eigen dak wordt afgeschaft. Hopelijk wil een volgend kabinet de versnelling van een duurzame energievoorziening verder vormgeven door de huidige regelingen zoals salderen en de SDE te handhaven.

Woningcorporaties kunnen ook het energieneutraal maken van hun woningen financieren – en daarmee veel zonne-energie stimuleren – als ze de verhuurderheffing niet meer hoeven te af te dragen aan het rijk, maar mogen inzetten voor dit soort duurzame doelen.

Als we de huidige plannen voor het opschalen van windenergie doorzetten, dan kan de opschaling na 2023 zonder subsidie voor windmolens. Steun van de overheid voor een productie-eiland op zee waar ook energie opgeslagen kan worden, is waarschijnlijk wel nodig.

Voor het opschalen of starten van (ultra)diepe geothermie is de steun van de overheid ook nodig, al was het maar om garant te staan in gevallen waar de boringen niets opleveren of ongewenste zaken naar boven halen.

Uit berekeningen van het Energietransitiemodel blijkt ook dat de totale energiekosten in 2030 niet hoger zijn bij het scenario voor 100% duurzame energie in 2030 in vergelijking met een scenario waarbij je doorgaat met fossiele energie. In de overgangperiode vereist het wel sterke benen en een rechte rug, want de tegenkrachten zullen groot zijn.



Figuur 14: Zonnepanelen zijn veel goedkoper geworden

ACTIEPLAN

Het actieplan wordt natuurlijk deels gevormd door alle acties die al beschreven zijn om het energieverbruik terug te dringen, de huizen energieneutraal te maken en anders te gaan reizen, eten en produceren. Daar zullen burgers en bedrijven een belangrijke rol bij spelen. Iedereen kan een grote bijdrage leveren.

Daarnaast dient de overheid een plan te maken om een duurzame energievoorziening in 2030 mogelijk te maken. Dat vereist allereerst dat de overheid de urgentie om dat te doen inziet en ernaar durft te handelen. Dat vraagt visie en daadkracht. Als de overheid duidelijk koerst op een volledig duurzame energievoorziening in 2030 en daarvoor langjarig beleid maakt en vastlegt (lieft deels wettelijk zodat het niet zo snel veranderd kan worden als er weer andere politici op het toneel verschijnen), dan gaan ondernemers ook investeren en hun rol spelen. Het is belangrijk dat de overheid stuurt op de doelen en niet op middelen of technieken, zodat er ruimte blijft om innovaties snel op te nemen en activiteiten en beleid aan te passen aan nieuwe inzichten.

Het is belangrijk dat de overheid stuurt op de doelen en niet op middelen of technieken

Wat ons betreft zijn de doelen van het actieplan duidelijk voor 2030:

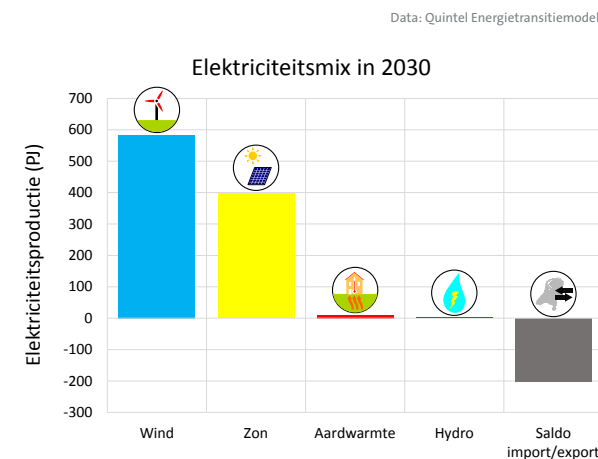
1. 12.000 MW wind op land
2. 30.000 MW wind op zee (offshore)
3. 26.500 MW zonne-energie

Plus een extra bijdrage om de industrie te verduurzamen zonder biomassa:

4. 9.000 MW wind op zee extra
5. 20.000 MW zonne-energie extra

Minimaal benodigde acties van de overheid:

1. Geef wind op land meer ruimte en zorg dat een windmolen veel sneller gerealiseerd kan worden, onder meer door omwonenden vroeg mee te nemen in het proces en mee te laten profiteren van de molen.
2. Handhaaf nog minimaal tot 2025 het salderen op eigen daken en definieer een afbouwregeling tot 2030.
3. Oormerk een deel van de Subsidie Duurzame Energie (SDE) speciaal voor grotere zonne-energieprojecten.
4. Steun (ultra)diepe geothermie, minimaal met garantstellingen en een verlaging van het risico van boringen.



Figuur 15: Energiemix van de toekomst

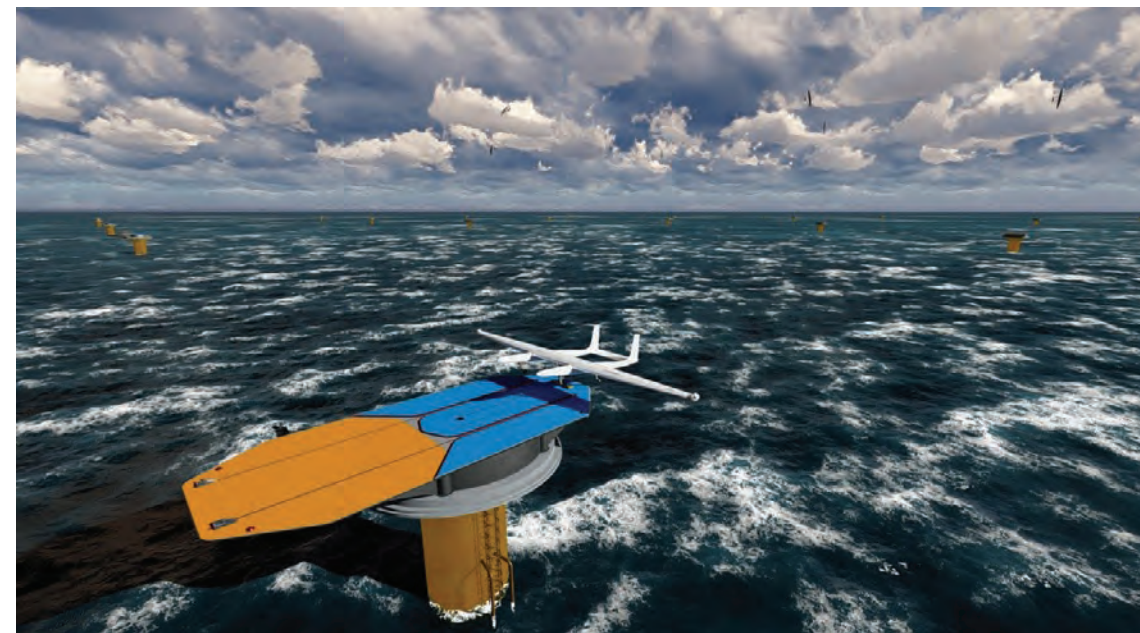


23.000 zonnepanelen voorzien Ameland van elektriciteit zonder CO₂.

INNOVATIES

Op dit moment werken vele wetenschappers in de hele wereld aan een scala van opties voor duurzame energie. In dit rapport kunnen we niet al deze mogelijke innovaties beschrijven, maar het is zeer waarschijnlijk dat er de komende vijftien jaar extra opties bijkomen om duurzame energie op te wekken. Een aantal experimenten die nu al lopen in Nederland zijn:

1. **Blue Energy:** een proef met het opwekken van elektriciteit uit het potentiaalverschil tussen zoet en zout water in de Afsluitdijk.⁸
2. **Plant Energy:** proeven met planten die geholpen door bacteriën bij de wortels constant elektriciteit kunnen opwekken.⁹
3. **Tidal Energy:** een proef met het opwekken van elektriciteit uit het getijdeverschil in een van de Deltawerken in Zeeland.¹⁰ Ook bij de Afsluitdijk wordt energie gewonnen door Tocado, die turbines maakt om energie op te wekken uit verschillen tussen eb en vloed (getijde-energie) en ook uit stromend water in rivieren.
4. **Yellow Energy:** een proef om elektriciteit op te wekken uit de stoffen die gevonden worden in bijvoorbeeld menselijke urine bij een aantal waterschappen.¹¹
5. **Kite Energy:** proeven met vliegers die permanent op grote hoogte figuren in de vorm van een acht beschrijven.¹² Veel wetenschappers verwachten dat vliegers op den duur de rol van windmolens over gaan nemen. Op grote hoogte is meer wind en vliegers vereisen veel minder grondstoffen dan de metalen windmolens.
6. **Slow flowing river energy:** een techniek om energie op te wekken in langzaam stromende rivieren zonder schade toe te brengen aan de flora en fauna.¹³



Windenergie met behulp van zweefvliegtuigjes.

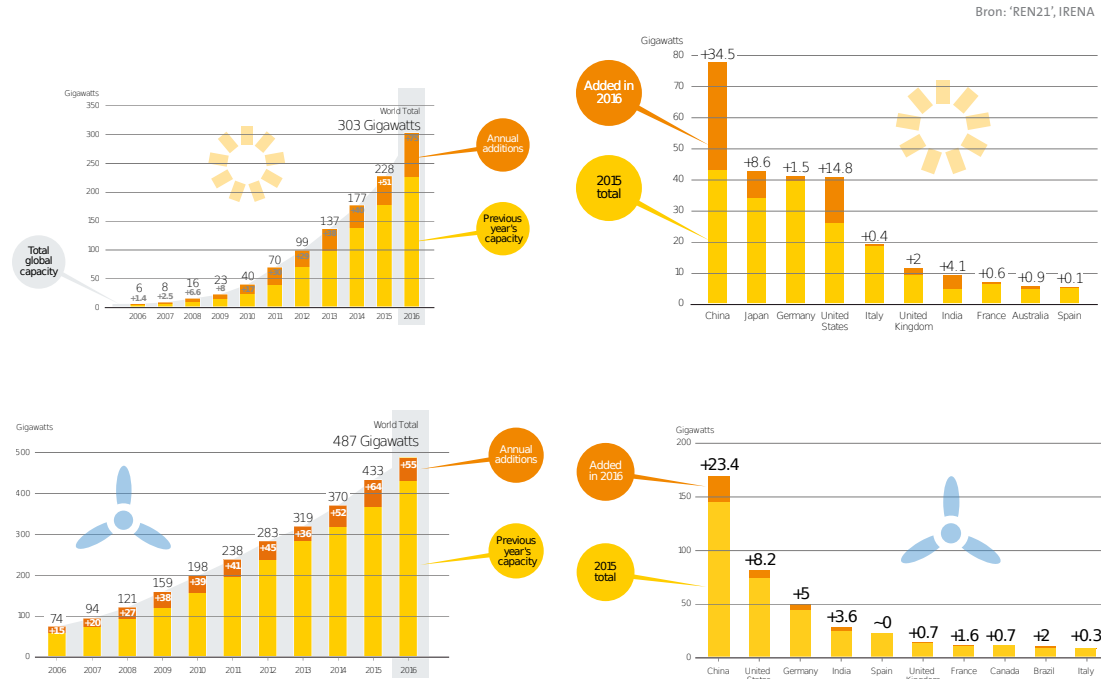
7. **Algen en wieren:** de derde generatie biomassa gaat een belangrijke functie vervullen in de nieuwe economie. Algen en wieren kunnen gebruikt worden als voedsel, in de chemische sector als grondstof, als medicijn, als kleurstof en in laatste instantie wellicht als brandstof.

Ampyx Power

Een voorbeeld van een veelbelovende innovatie is Ampyx Power, een bedrijfje dat startte vanuit Wubbo Ockels' ideeën over vliegers en zich ontwikkelde tot wat zij noemen een Airborne Wind Energy System, een soort vliegtuigje aan een kabel dat wind omzet in elektriciteit. Een dergelijk systeem kan de kosten van windenergie op land en zee drastisch verlagen, met als bijkomstig voordeel dat het relatief kleine systeem minder milieubelastend, minder zichtbaar en geruislozer zal zijn. Bovendien kan met dit systeem windenergie worden opgewekt in gebieden

Veel wetenschappers verwachten dat vliegers op den duur de rol van windmolens gaan overnemen.

waar windturbines om economische, planologische of technische redenen niet geplaatst kunnen worden. Het bedrijf wil de constantere en hardere wind oogsten die in hogere luchtlagen te vinden is. Zo'n vliegtuig bevat ook veel minder materiaal dan een klassieke windmolen, omdat er geen enorme paal met een zware voet nodig is, waardoor de kosten significant lager zijn. Grote hoeveelheden beton en staal zijn dan niet meer nodig. Het bedrijf verwacht dat energie uit dit systeem binnen vijf jaar goedkoper is dan elektriciteit uit een kolencentrale.¹⁴



Figuur 16: Internationaal groeien wind- en zonne-energie als kool. Op veel plaatsen is duurzame energie al goedkoper dan fossiele energie.



Door middel van drijvende zonnepanelen kunnen we op nog veel meer plekken duurzame energie opwekken.

NEDERLAND 100% DUURZAME ENERGIE VOOR 2030

WAT KAN IK DOEN?

AGENDA



27. IK WEK ZELF DUURZAME ENERGIE OP WAAR IK KAN , OP MIJN DAK, IN DE TUIN OF HEEL KLEINSCHALIG
28. IK PARTICIPEER IN EEN GEZAMENLIJKE WINDMOLEN
29. IK PARTICIPEER IN GROTE ZONNE-ENERGIEPROJECTEN ZOALS DIE VAN ZONNEPANELENDELEN.NL
30. IK STEM VOOR POLITIEKE PARTIJEN DIE VOOR ZONNE- EN WINDENERGIE ZIJN
31. IK WIL DAT SALDEREN OP ENERGIE VAN EIGEN DAK BLIJFT
32. IK BEN LID VAN EEN LOKALE DUURZAME ENERGIECOÖPERATIE OF KOOP GROENE NEDERLANDSE ENERGIE

BIJLAGE 1

VEEL WIND EN ZON

In het scenario 100% duurzaam in 2030 is er een grote capaciteit aan windenergie op zee, circa 30.000 MW, en ook een forse capaciteit op land, ongeveer 12.000 MW. Ook is er voor ongeveer 26.500 MW aan zonvermogen neergelegd op onze daken en velden. Aan dit scenario in het Energietransitiemodel zou 9 GW wind op zee en 20 GW zonne-energie toegevoegd moeten worden om alle biomassa die nog in het model aanwezig is te vervangen door duurzame energie. Nu is het niet per se nodig om alle biomassa te vervangen, want een deel van de reststromen kunnen lokaal of regionaal nuttig benut worden als ze geen andere functie meer hebben. Maar stel dat we alle biomassa willen vervangen, dan kan dat wel. Dit roept vragen op die we hierna uitgebreider beantwoorden.

Is Nederland het eerste land dat zo veel windvermogen opstelt?

In Duitsland stond er in 2015 al 41.400 MW wind op land en 3.500 MW wind op zee.¹ De prognose van de European Wind Energy Association (EWEA) is dat Duitsland in 2020 45.000 MW wind op land heeft en 6.500 MW wind op zee.² Kortom, Duitsland heeft nu al meer vermogen geïnstalleerd dan wij gepland hebben voor 2030. Verschil is wel dat de Duitsers eerst fors op land zijn gestart en later pas zijn begonnen aan de bouw op zee. Maar een windvermogen van meer dan 50.000 MW is dus bij onze burens al voorspeld in 2020.

Wat gebeurt er als je niet alleen veel windvermogen opstelt, maar ook veel zonvermogen neerlegt?

Duitsland had in 2015 al 39.300 MW zonvermogen.³ De verwachting is dat dit tegen 2020 rond de 46.000 MW zal zijn.⁴ Opgeteld dus een wind- en zonvermogen van ongeveer 100 GW! In ons scenario plannen we in 2030 een zonvermogen van 26.500 MW, eventueel plus nog 20.000 MW als we alle nog aanwezige biomassa ook zouden willen vervangen. Het is interessant om te zien wat een combinatie van veel wind en veel zon doet in 2016 in Duitsland. Het blijkt dat de afname van wind in de zomer gecompenseerd wordt door de stijging in zonne-instraling en vice versa. Dit resulteert in een verrassend constante productie van elektriciteit op maand-

basis. Het probleem van beschikbaarheid van wind en zon is daarmee een probleem op dag of week basis en niet op maand- of seizoensbasis. Op maandbasis schommelt de gezamenlijke productie tussen 11.1 TWh (februari 2016) en 7.3 TWh (oktober 2016).⁵

De grootste uitdaging wordt waarschijnlijk het opleiden van duizenden mensen.

Kunnen we zo veel windmolens en zonnepanelen wel bouwen, installeren en onderhouden?

Wind

Uit informatie van We@Sea⁶ blijkt dat je met twee schepen (één voor plaatsing van de fundering en één voor installatie van de windmolen) ongeveer 500 MW aan vermogen per jaar kunt neerzetten op de Noordzee. Aangezien wij mikken op ruim 30.000 MW op zee in ruim dertien jaar, zullen er ongeveer vijf sets van deze schepen nodig zijn. Daarnaast zijn er schepen nodig voor het leggen van stroomkabels en service-schepen voor het onderhoud van de windmolens. De grootste uitdaging wordt waarschijnlijk het opleiden van duizenden mensen om alle hiervoor benodigde werkzaamheden te kunnen uitvoeren. Een grote operatie, maar wel een die leidt tot veel werkgelegenheid in een

sector waarin Nederland veel kan betekenen. Onze offshore-industrie heeft de ontwerpen voor de volgende generatie plaatsings- en onderhoudsschepen al gemaakt. Die kunnen dan overstappen van boren naar olie en gas naar het plaatsen van windmolens.

Zon

De komende twintig jaar kunnen we 26.500 MW aan zonnepanelen kopen op de wereldmarkt. Dat lijkt geen probleem. We hebben ook voldoende installateurs en bouwvakkers nodig om deze neer te leggen op daken en ook het weinige onderhoud dat deze installaties vragen uit te voeren. Dit levert veel nieuwe banen op. Een consortium van netwerkpartijen en andere organisaties die actief zijn in deze branche, is bezig met extra opleidingen om mensen om te scholen en op te leiden voor dit werk.

De productie van windmolens en zonnepanelen kost ook energie. Hoe snel is dat terugverdiend?

Een redelijk gedetailleerd rapport⁷ dat is gemaakt in opdracht van windmolenproducent Vestas geeft de volgende getallen voor een bestaand windmolenpark op zee met een vermogen van 100 MW, met windmolens van 3MW per stuk. Zij concluderen dat minder dan 1% van iedere kWh die door het park geproduceerd wordt, nodig is om de energie te compenseren die nodig was bij de bouw van het park, mits hierbij duurzame elektriciteit wordt gebruikt. Wordt deze productie gedaan met fossiele primaire energie, dan stijgt de impact naar 2,5% per kWh. Dit betekent dat een park dat twintig jaar meegaat, zijn eigen energieconsumptie terugverdiend in minder dan 0,5 jaar. Ook blijkt dat het park voor ruim 80% recyclebaar is. Aangezien een belangrijk deel van een windmolen bestaat uit staal, is een groot deel weer recyclebaar om als basismateriaal te kunnen worden gebruikt voor een toekomstig park. Voor

zonnepanelen worden meestal energierugverdiëntijden rond de 2,5 jaar gerekend⁸. Aangezien zonnepanelen een technische levensduur van meer dan 25 jaar hebben, is er tot 4% per geproduceerde kWh nodig om de eigen energieconsumptie te compenseren. Overigens verdient een fossiele centrale haar eigen energie nooit terug, want die blijft continu grondstoffen vragen die met energie gewonnen en getransporteerd moeten worden.



Innovatieve concepten zoals een zwevende windmolen door middel van helium kunnen de energietransitie helpen.

Kun je wel op wind en zon vertrouwen? Wat als de wind niet waait en de zon niet schijnt, of als we juist meer elektriciteit produceren dan we nodig hebben?

We leven in een samenleving waarin de elektriciteit nooit mag uitvallen. Uitval betekent dat onze samenleving niet meer kan functioneren. Het is extreem belangrijk dat het elektriciteitsstelsel betrouwbaar is. Maar wind en zon zijn dat niet. De zon is er 's nachts niet en soms is het ook windstil. Alleen is het nooit overal op aarde windstil. Dus wat gebeurt er als je veel windmolens over een groot gebied verspreid installeert? Draaien er dan altijd wel ergens een paar windmolens? Hoe vaak komt windstilte voor?

BIJLAGE 1

Doordat de Duitsers nu als eerste veel wind- en zonnestroom hebben en ook nog veel goedkope bruinkool en steenkoolcentrales, blijkt in eerste instantie dat ze hun overschot van elektriciteit kunnen exporteren naar de omliggende landen. Nederland kreeg in 2016 gemiddeld 1,4 TWh per maand uit Duitsland.⁹ Maar tegen de tijd dat wij veel zon- en windstroom over hebben op zonnige en winderige dagen, is de kans dat wij dat tegen 2030 ook kunnen exporteren gering, omdat de ons omringende landen ongetwijfeld ook verder gaan met hun plannen voor zon en wind en op die dagen waarschijnlijk ook vaker zelfvoorzienend zullen zijn. Daarom moeten we kijken naar verschillende opties om met deze tijdelijke overschotten om te gaan.

Het Energietransitiemodel (ETM) gebruikt wind- en zonprofielen die gebaseerd zijn op meetdata. Het vermogen van de volatiele bronnen wordt met die profielen per uur gemodelleerd. In het scenario worden stroomoverschotten ingezet om batterijen in huishoudens en auto's op te laden, om waterstof voor de kunstmest- en transportsector mee te maken en om warmwaterbuffers op te warmen. Als er na inzet van deze flexibiliteitsopties nog overschotten zijn, worden die geëxporteerd. Als ook hier de maximumcapaciteit voor is bereikt, wordt curtailment ingezet. Windmolens worden dan uitgezet en omvormers van zonnepanelen afgeschakeld.

Tekorten kunnen deels worden opgevangen door teruglevering uit batterijen en auto's. Als dit niet genoeg effect heeft, worden back-up-centrales ingezet. In dit scenario zijn dat snel opregelende gasturbines op groen gas. Aangezien deze bijna nooit draaien, zijn ze kostenverhogend voor het scenario, maar ze gaan ook lang mee en kunnen relatief eenvoudig overal decentraal worden neergezet. Hierdoor stijgen in ons scenario de investeringen bij 26,5 GW zon en 40 GW wind met ongeveer € 2,5 miljard, maar de totale jaarlijkse kosten dalen licht.

De bio-footprint stijgt iets doordat de biomassa-centrales meer uren maken.

In het gepresenteerde scenario zijn er, na inzet van de flexibiliteitsopties, ongeveer 3600 uur per jaar overschotten. In totaal wordt 98 PJ aan elektriciteit geëxporteerd of 'gecurtailed'. Als er verdere elektrificatie van de industrie is doorgevoerd (deels via waterstof), kunnen de elektriciteitsoverschotten meer dan in het huidige scenario het geval is ingezet worden om waterstof te produceren.

Het theoretisch potentieel voor wind op zee is veel groter dan de gebieden die nu aangewezen zijn.

Hebben we genoeg Noordzee om zo veel windmolens neer te zetten?

Op dit moment rekenen we met 0,5 km² benodigde ruimte per windmolen met 3 MW vermogen, dat is 6 MW/km². Daarmee is voor de wind op zee in het scenario 5.000 km² nodig. De huidige aangewezen gebieden voor windparken op zee hebben een totale oppervlakte van ongeveer 3000 km². Het Gemini windpark dat in 2017 werd geopend, gebruikt voor 600 MW ongeveer 68 km² (9 MW/km²).¹⁰ Als we met 9 MW/km² rekenen, is dat al bijna genoeg voor de 30.000 MW wind op zee in het scenario. Daarbij komt dat het theoretische potentieel voor wind op zee veel groter is dan de gebieden die nu aangewezen zijn. Het Nederlandse deel van de Noordzee is ongeveer 57.000 km² groot. Daarvan is 16.000 km² minder dan 30 meter diep.

VERBETER DE WERELD

BEGIN

Loesje

BIJLAGE 2

HET ENERGIETRANSITIEMODEL EN KEUZES IN HET SCENARIO 100% DUURZAME ENERGIE

In dit rapport geven we aan welke veranderingen in verschillende sectoren plaats zouden kunnen vinden. Als we die veranderingen meenemen, hoeveel energie moeten we dan nog duurzaam opwekken om een betrouwbare duurzame energievoorziening te garanderen? Het Energietransitiemodel van Quintel is een model dat gemaakt is met steun van vele partijen, van Stichting Natuur en Milieu tot Shell. Het is een model waar ruim 100 mensen in geïnvesteerd zijn om de Nederlandse situatie van de energievoorziening zo goed mogelijk te modelleren. Met het model kunnen de gevolgen van keuzes en veranderingen in het systeem zichtbaar gemaakt worden. Wat gebeurt er als alle kolencentrales afgeschakeld worden? Wat gebeurt er als we allemaal elektrisch gaan rijden? Welke invloed heeft dat op de CO₂-uitstoot en wat kost de energievoorziening dan? Wat betekent het als we fossielvrij willen worden, oftewel alle energie die nog nodig is na besparingen duurzaam willen opwekken in 2030?¹

In deze bijlage laten we zien dat het model aangeeft dat het met bestaande technologieën mogelijk is om onze samenleving nagenoeg helemaal op duurzame energie te laten draaien. Sterker nog, het is ook betaalbaar en we houden een betrouwbaar systeem, want dat was een vereiste. Welbewust laten we innovaties die nog niet 'rijp'² zijn achterwege. Als die tot wasdom komen, kan het dus nog 'makkelijker' of nog sneller. Met het model laten we een scenario zien, gebaseerd op onze visie, dat mogelijk is. Als we dat echt willen. Als de urgentie van het klimaatprobleem doordringt tot veel mensen, dan kunnen we nu nog binnen vijftien jaar naar een samenleving die helemaal draait op duurzame energie. Dan moeten we wel sterk versnellen nu, de turbo erop!

In het scenario 100% duurzame energie gebruiken we vooral heel veel energie uit zon en wind en vooral voor de kassen ook aardwarmte. Biomassa is vooral back-up voor als er niet voldoende zon en wind is en de eerder opgeslagen energie al ingezet is. Lokaal en kleinschalig kunnen reststromen soms nog wel benut worden, zoals de afvalverwerker die zijn vuilniswagens laat rijden op groene reststromen die anders in de grijze vuilniszak waren beland, of de transporteur die 'blauwe diesel' gebruikt, ook een diesel uit afvalstromen.



Bron: Nikola Motor Company

Met aerodynamische verbeteringen en waterstof kunnen vrachtauto's ook duurzaam worden, zoals de Nikola One.



Bron: YARA

Ook vrachtschepen zullen in de nabije toekomst elektrisch en zelfsturend worden. In 2018 wordt de eerste gelanceerd!

In ons scenario is het primair energiegebruik in 2030 met 58,5% gedaald tot 1,4 EJ. Als je kijkt naar de energievraag per sector, dan kun je beter kijken naar het eindgebruik. In het scenario 100% duurzame energie in 2030 geldt dat 62% van het eindgebruik dan voor rekening komt van de industrie, nog maar 11% van huishoudens, 8% van gebouwen, 13% van transport en 7% van de landbouw

Targets that are met or not		
	Goals	Scenario
● CO2	3.06 MT	1.66 MT
● Net energy imports	50.00%	4.59%
● Net electricity import	20.00%	0.08%
● Cost	54.64 € bln	39.82 € bln
● Electricity Cost	146.58 €/MWh	76.37 €/MWh
● Renewables	97.00%	97.25%
● Onshore land	700.00 km ²	700.00 km ²
● Onshore coast	200.00 km	100.00 km
● Offshore	5000.00 km ²	5000.00 km ²

Figuur 1: Het Energy Transition Model van Quintel biedt heel veel opties en informatie voor de energievoorziening van de toekomst.

De samenleving is in 2030 voor een groot deel geëlektrificeerd. In plaats van fossiel aardgas, dat in 2013 nog veel werd gebruikt, wordt nu elektriciteit of (ultradiepe) geothermie gebruikt om warmte op te wekken. De CO₂-emissies zijn dan bijna 100% gedaald ten opzichte van 1990.

Doelen voor het scenario

Het fossielvrije scenario wordt door het model geoptimaliseerd aan de hand van doelen. Het belangrijkste doel voor deze toekomstvisie is natuurlijk een volledige duurzame energievoorziening, zonder gebruik van olie, kolen en gas.

Maar er zijn nog meer doelen:

1. zo dicht mogelijk bij 100% duurzame energie in Nederland komen;
2. een zo laag mogelijke kostenstijging;
3. 100% leveringszekerheid voor elektriciteit;
4. zo min mogelijk biomassa inzetten.

Biomassa willen we vooral inzetten voor activiteiten met een hogere toegevoegde waarde, zoals voor toepassingen in de zogenaamde 'bio-based economy', als grondstof voor chemie en medicijnen, en andere toepassingen. Biomassa verbranden is doorgaans geen toepassing met een hoge toegevoegde waarde.

In het scenario 100% duurzame energie gebruiken we biomassa als back-up. In dit scenario wordt ook gebruikgemaakt van (tijdelijke) opslag van elektriciteitsoverschotten. Hier-

De CO₂-emissies zijn dan bijna 100% gedaald ten opzichte van 1990.

door, en door de inzet van meer wind, wordt er in het scenario zoals we het nu presenteren minder biomassa gebruikt voor back-up dan in het scenario zoals dat in 2013 voor het eerst is gepresenteerd. Om het scenario door te rekenen voor 2030, doen we ook bepaalde aannames. Sommige aannames komen voort uit het scenario zoals beschreven in dit rapport (we maken bijvoorbeeld bijna alle huizen energieneutraal). Andere aannames kunnen niet uit het scenario worden afgeleid, zoals de prijs van biomassa in 2030. Voor aannames die niet voortkomen uit het scenario 100% duurzame energie is gewerkt met getallen uit andere bronnen (o.a. World Energy Outlook en experts).

Voordat we nader ingaan op het scenario 100% duurzame energie zelf, geven we eerst nadere uitleg over het Energietransitiemodel.

Het Energietransitiemodel (ETM) maakt het mogelijk om de toekomst van het energiesysteem van een land te verkennen. Het model start met de bestaande energiesituatie in een bepaalde regio, bijvoorbeeld Nederland. De gebruiker bepaalt vervolgens door middel van schuifjes hoe het energiesysteem er in de toekomst uit zal zien. Het ETM berekent direct de effecten van de veranderingen en presenteert deze door middel van visualisaties in grafieken en waarden in het dashboard. Via <http://www.energietransitiemodel.nl/urgenda> kan iedereen het voorbeeld van het 98% duurzame scenario ‘Het kan als je het wilt’ laden en er vervolgens zelf mee spelen om te kijken of er naar eigen inzicht een nog beter scenario van gemaakt kan worden, of aannames naar eigen bevinding veranderen. De gebruiker kan op deze manier zelf een scenario ontwerpen dat een beeld geeft van een mogelijk toekomstig energiesysteem. De startwaarden in het ETM zijn gebaseerd op die van het Internationaal Energieagentschap (IEA), nationale statistieken en state-of-the-art-technologieën. Het ETM is daarmee een transparant en op feiten gebaseerd model dat het hele energiesysteem beschrijft en ideaal is voor het onderzoeken van mogelijke toekomst.

In de volgende paragrafen beschrijven we de achtergrond van het ETM. Allereerst komt de gebruikersinterface aan de orde, waarbij de mogelijkheden voor de gebruiker uitgelegd worden. Vervolgens maken we inzichtelijk hoe het model werkt en welke vooronderstellingen eraan ten grondslag liggen. Ten slotte wordt een overzicht gegeven van informatiebronnen die geraadpleegd kunnen worden.

Gebruikersinterface

De gebruikersinterface van het ETM bestaat uit vijf belangrijke onderdelen: doelen, vraag, aanbod, elektriciteitsbalans en kosten.

In het onderdeel ‘doelen’ kan de gebruiker verschillende doelen stellen voor hernieuwbaarheid, energie-import, kosten en landgebruik. Deze doelen worden tijdens het ontwerpen van het scenario voortdurend geëvalueerd en kunnen richting geven aan de keuzes die gemaakt moeten worden.

In het onderdeel ‘vraag’ beschrijft de gebruiker de toekomstige vraag naar energie voor zes economische sectoren: huishoudens, gebouwen, transport, industrie, landbouw en overig. De gebruiker geeft hier verwachtingen van bijvoorbeeld de bevolkingsgroei, het gebruik van verschillende technologieën voor warmteproductie en de hoeveelheid zonnepanelen die gebruikt worden. In totaal kan de gebruiker met ruim 150 schuifjes de vraag in de toekomst beïnvloeden.

Het ETM is daarmee een transparant en op feiten gebaseerd model dat het hele energiesysteem beschrijft en ideaal is voor het onderzoeken van mogelijke toekomst.

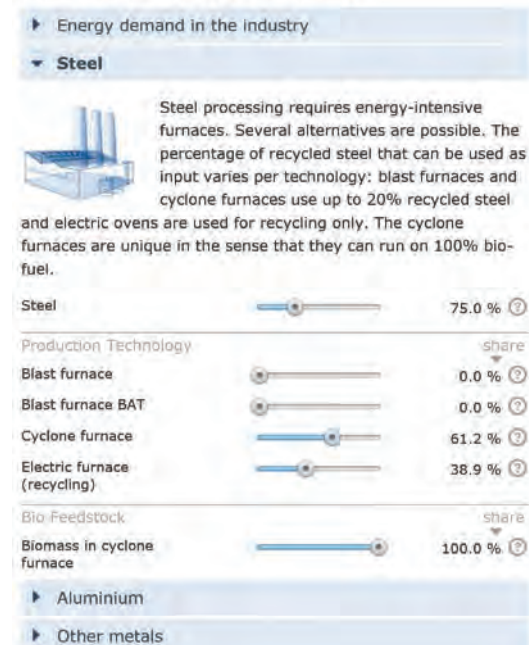
In het onderdeel ‘kosten’ beschrijft de gebruiker de verwachtingen van de toekomstige kosten van brandstoffen en technologie. Daarnaast wordt informatie gegeven over de kosten van het elektriciteitsnet en kunnen vooronderstellingen over de werkgelegenheid gespecificeerd worden.

Bij het onderdeel ‘electriciteitsbalans’ is het mogelijk om de ‘merit order’ in te schakelen, waarbij de elektriciteitscentrales gerangschikt worden naar variabele kosten in plaats van integrale kosten. Ook is hier aan te geven welke flexibiliteitsopties beschikbaar zijn om elektrici-

teitsoverschotten op te slaan en in welke volgorde ze worden ingezet en kan hier de laadstrategie van elektrische auto’s worden aangepast. Door de interconnectiecapaciteit in te stellen, is aan te geven hoeveel elektriciteit geïmporteerd dan wel geëxporteerd kan worden.

In het onderdeel ‘aanbod’ beschrijft de gebruiker uiteindelijk welke soort energie geproduceerd wordt in de toekomst en hoe dat gebeurt. De gebruiker beschrijft de productie van elektriciteit, warmte en brandstoffen voor transport. Daarnaast is er aandacht voor de hele productieketen van brandstoffen en de benodigde back-upcapaciteit bij minder betrouwbare elektriciteitsproductie. In totaal kan de gebruiker met meer dan 250 schuifjes zelf een nieuwe energietoekomst creëren, startend vanuit de energiesituatie van vandaag.

Industry energy demand



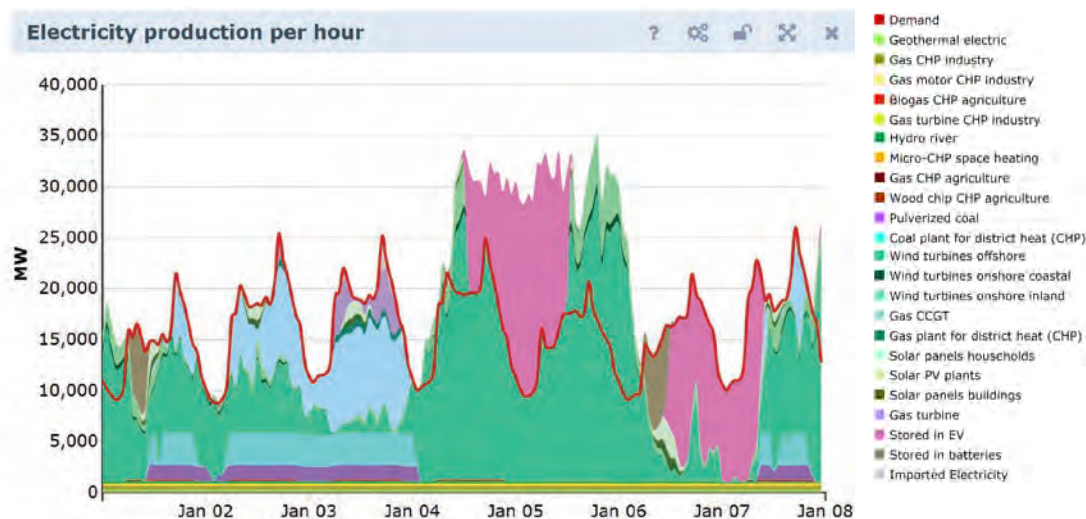
Figuur 2: Het model biedt ook vele mogelijkheden om verduurzaming van de industrie mee te nemen in de berekeningen.

Al deze uitkomsten geven samen een indicatie van het succes en de haalbaarheid van het ontworpen scenario.

De uitkomsten van het model worden weergegeven in het dashboard: het energiegebruik, de CO₂-uitstoot, de energie-import, de kosten, de bio-voetafdruk, het aandeel hernieuwbare energie en het aantal behaalde doelen. Daarnaast kan de gebruiker het dashboard aanpassen en ook de kans op onvermogen, de jaarlijkse energiekosten per huishouden, informatie over de werkgelegenheid en de winstgevendheid van centrales en het aandeel van hernieuwbare elektriciteit weergeven. Al deze uitkomsten geven samen een indicatie van het succes en de haalbaarheid van het ontworpen scenario.

Modellering

In het ETM wordt het energiesysteem beschreven door middel van een energiestromendiagram (Sankey-diagram). Indicatoren als het energiegebruik, de CO₂-emissies en de kosten worden bottom-up berekend. Het nuttige gebruik (useful demand), zoals de warmtevraag in huishoudens, wordt door middel van conversies via het finale gebruik (final demand) omgerekend naar het primaire gebruik (primary demand). Het netwerk, leidend van de bruikbare vraag tot de primaire vraag, wordt gevormd door converters die energiedragers omzetten in andere energiedragers en verlies. Voorbeelden van deze converters zijn cv-ketels, elektrische auto’s, maar ook elektriciteitscentrales en het elektriciteitsnetwerk. De prestatie van deze omzetting wordt berekend aan de hand van een mix van standaardtechnologieën en wordt, op een enkele uitzondering na, gebaseerd op wetenschappelijke literatuur van gerenommeerde instituten en zo veel mogelijk gevalideerd door



Figuur 3: Het Energietransitiemodel laat ook zien welke elektriciteit opgewekt wordt per uur.

meerdere partners van het Energietransitiemodel. De uitzonderingen zijn specifieke ervaringsgetallen voor het Nederlandse energiesysteem waarvoor geen literatuur bestaat. Denk bijvoorbeeld aan specifieke gegevens voor het Nederlandse elektriciteitsnet.

Het gaat in het ETM altijd om 'state-of-the-art' technologie (het beste wat er op dit moment te koop is) met daarnaast een vermelding van conventionele technologieën die de oudere technologieën representeren. Het netwerk van converters wordt een graaf genoemd. Het ETM maakt gebruik van twee grafen: een statische die het huidige energiesysteem beschrijft en een dynamische die de toekomstige situatie beschrijft. Deze laatste wordt aangepast met behulp van de schuifjes die de gebruiker zelf instelt. Het ETM voert verschillende berekeningen uit na het aanpassen van de schuifjes. Allereerst wordt de toekomstige energiebalans in het model opnieuw berekend, om vervolgens verschillende secundaire berekeningen uit te voeren: het berekenen van de energiestromen, de primaire energievraag, de CO₂-emissies, de

kosten, de biovoetafdruk, enzovoort. Het ETM gebruikt actuele gegevens over de energieconsumptie en -productie en technologische data gebaseerd op de state-of-the-art-technologie.

De gegevens over de energiebalans voor de huidige situatie worden minimaal eenmaal per jaar bijgewerkt in het ETM. Deze energiebalans is afkomstig van de IEA. Op deze manier krijgt de gebruiker een gevalideerde startsituatie en worden aannames over de toekomst aan de gebruiker overgelaten. Deze benadering vraagt echter van de gebruiker dat de aannames die ingesteld worden consistent en realistisch zijn. Zo wordt de vraag en het aanbod van energie onafhankelijk van elkaar bepaald. Het energiesysteem wordt in balans gehouden door een overschot of tekort aan elektriciteit te exporteren of importeren. Dit kan echter betekenen dat de gebruiker een productiecapaciteit heeft ingesteld die vele malen groter is dan het gebruik in de regio. Als er niet geëxporteerd kan worden, is bij het gebruik van de module *merit order* zichtbaar dat deze overcapaciteit leidt tot verliesgevende elektriciteitscentrales met weinig vollasturen. Ook een

overschot of tekort aan primaire energiedragers kan geëxporteerd of geïmporteerd worden. Denk hierbij nu bijvoorbeeld aan de export van Nederlands aardgas en de import van steenkool en aardolie. Overproductie van warmte wordt vanwege de beperkte mogelijkheden van transport gezien als verlies.

Enkele andere belangrijke aannames zijn:

- Het ETM is een lineair model en maakt daarom geen gebruik van feedback loops of prijelasticiteiten. Er worden daarom ook geen automatische correcties uitgevoerd op de vooronderstellingen van de vraag op basis van de vooronderstellingen van de kosten, het aanbod of de doelen. De maker van het scenario moet dus zelf rekening houden met deze zaken en ze invoeren naar zijn idee van de toekomst. Dit is bewust gedaan zodat de gebruiker zelf stapje voor stapje de toekomst kan onderzoeken en zodat het systeem op de achtergrond geen aanpassingen maakt die de gebruiker verwarren. Ook wordt het hierdoor mogelijk om marktperfectionen (denk aan de huidige overcapaciteit van elektriciteitsproductie) of technologische doorbraken te modelleren. Daarmee kunnen ook echte transitieën goed met het model worden onderzocht, die met traditionele demand- en supply-modellen niet gevonden worden.
- Het ETM maakt gebruik van huidige state-of-the-art-technologie, zonder gebruik te maken van impliciete ontwikkelingscurven. Sommige technologieën zijn nog niet of slechts deels in het model verwerkt, omdat ze (nog) niet commercieel toepasbaar zijn of er te weinig informatie beschikbaar is om ze goed te kunnen implementeren. De gebruiker kan zelf de kostprijs van bestaande technologieën aanpassen en daarmee een bepaalde ontwikkeling simuleren. Zo simuleert het verlagen van de prijs van zonnepanelen door de gebruiker in een toekomstjaar een zekere innovatie dan wel schaalvoordelen bij de

Daarmee kunnen ook echte transitieën goed met het model worden onderzocht, die met traditionele demand- en supply-modellen niet gevonden worden.

- productie en inzet van zonnepanelen. Voor niet-commerciële technieken is het model conservatief. Ze kunnen nog niet meegenomen worden, ook al kunnen ze mogelijk wel op termijn een bijdrage leveren.
- Het ETM gebruikt de kosten (en niet de prijs) in euro's uit 2013 en rekent daarom zonder belastingen, subsidies en inflatie. Subsidies en inflatie worden niet meegenomen, ondanks hun relevantie op de korte termijn, omdat ze op lange termijn alleen het zicht op een economisch optimale uitkomst verstoren. Bijvoorbeeld, in een scenario 97% duurzame energie, waarin er praktisch geen inzet van fossiele brandstoffen is en de variabele kosten van elektriciteit praktisch nul zijn, zal het belasting- en subsidieregime evident moeten worden aangepast, evenals het hele marktmodel voor de elektriciteitssector. Dit gezegd hebbende, kan het dan niet zo zijn dat de huidige belasting- en subsidieregimes en marktmodellen het zicht op die toekomst onmogelijk maken in het ETM.
- Het ETM maakt gebruik van twee grafen en kent geen transitiepaden. De waarden tussen het begin- en het eindjaar worden lineair of exponentieel geïnterpoleerd. Dit heeft als voordeel dat het systeem realtime feedback kan geven aan de gebruiker en dat ingewikkelde discussies over de snelheid waarmee een bepaalde ontwikkeling verloopt worden vermeden, zonder het zicht op het beeld in het eindjaar te verliezen.

In het model zijn voor de verschillende besproken sectoren de volgende gegevens en getallen meegenomen:

Huishoudens

Het aantal inwoners van Nederland stijgt in de komende jaren licht tot zo'n 17,2 miljoen mensen in 2030. De energievraag van huishoudens wordt bepaald door de elektriciteitsvraag, de warmtevraag en de warmwatervraag. De grootste besparingen worden behaald in de warmtevraag als gevolg van vergaande isolatie van oude huizen. Ruimteverwarming en de warmwatervoorziening worden in het model grotendeels gerealiseerd door warmtepompen (86%) en door warmte afkomstig van het warmtenet (11%). Ook zonneboilers spelen een rol (maar die worden in het model als besparing meegenomen, niet als warmtebron). Warmte vanuit het warmtenet wordt geproduceerd uit geothermische bronnen.

Verder wordt over de hele lijn energie bespaard door efficiëntere elektrische apparaten, efficiëntere verlichting en verandering in gedrag. Zo wordt er gekookt op een inductiekookplaat, zijn er voornamelijk apparaten in gebruik die naar de huidige standaard het label A+ of hoger hebben en is led de belangrijkste technologie voor verlichting. De energievraag verandert ook door het vaker uitzetten van apparaten, lichten en verwarming en het wassen op een lagere temperatuur. Naast de besparing is de marktpenetratie van zonnepanelen en zonnecollectoren zeer hoog, respectievelijk 76% en 56% van het potentieel wordt benut. Lagere percentages zijn ook mogelijk, maar dan stijgt de inzet van biomassa verder.

Gebouwen

De utiliteitsbouw maakt in de komende jaren een krimp door (- 0,6% per jaar), wat resulteert in een lagere energievraag. De energievraag in de bouwsector wordt voornamelijk bepaald door de elektriciteitsvraag en de warmtevraag,

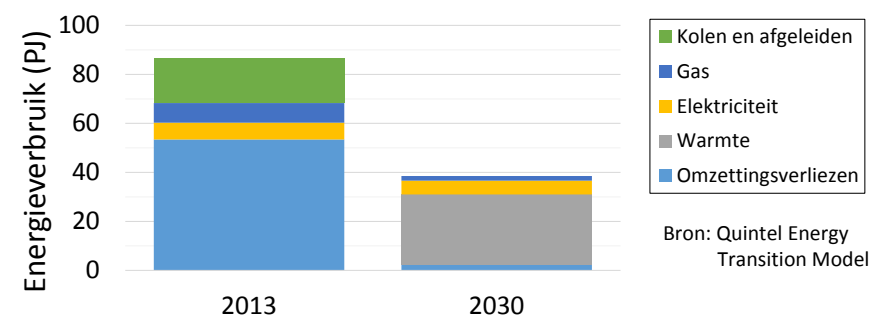
maar ook – meer dan in de huishoudens – door de koudevraag. Besparingen worden behaald door isolatie, warmteterugwinning bij ventilatie, efficiëntere apparaten en verlichting door voornamelijk ledbuizen. Intelligente systemen als bewegingsdetectie en daglichtafhankelijke regeling reduceren de vraag nog verder. In de utiliteitsbouw worden ruimtes verwarmd met behulp van elektrische warmtepompen in combinatie met warmte-koudeopslag (WKO) (65%) en zonthermische panelen (9%). Daarnaast is er een substantieel aandeel voor warmtenetten (16%) die werken met geothermische warmte. Een groot deel van de koeling in gebouwen wordt ook via warmte-koudeopslag gerealiseerd. Ook in deze sector is de marktpenetratie van zonnepanelen hoog, met zo'n 74% van het potentieel.

Het totale energiegebruik van de industrie daalt in dit scenario van ongeveer 1350 PJ naar ongeveer 870 PJ.

Transport

In de komende jaren zit de mobiliteitsgroei voornamelijk in het treinverkeer (1,1% per jaar) en de binnenvaart (zo'n 1,7% per jaar). Personenvervoer wordt 100% elektrisch. Vrachtvervoer gaat voor 90% elektrisch rijden; de overige 10% wordt met waterstof ingevuld. Naast een grootschalige elektrificatie van de transportsector zijn er ook de nodige efficiëntieverbeteringen, zoals de grotere efficiëntie van elektrische en waterstofvoertuigen (+1,3% per jaar) en treinen (+0,8% per jaar). Opgemerkt moet worden dat de internationale scheepvaart en luchtvaart nog niet in het Energietransitiemodel zijn opgenomen en ook niet in dit scenario zijn verwerkt.

Energieverbruik staalindustrie 2013 en 2030



Figuur 4: Het model biedt ook vele mogelijkheden om verduurzaming van de industrie mee te nemen in de berekeningen.

Industrie

Het totale energiegebruik van de industrie daalt in dit scenario van ongeveer 1350 PJ naar ongeveer 870 PJ. Dit komt door krimp van een aantal sectoren, efficiëntieverbeteringen en het gebruik van andere, efficiëntere technieken. Dit scenario is geoptimaliseerd om gebruik van biomassa te beperken. Verdere elektrificatie van de industrie kan het gebruik van biomassa en energie verder terugdringen.

De industrie is opgedeeld in meerdere sectoren. Kunstmest, aluminium, overige metalen, chemie, voedsel en overige industrie krimpen een klein beetje in dit scenario, ongeveer 0,5% per jaar. De efficiëntie van overige metalen, raffinaderijen, kunstmest, chemie, voedsel, papier en overig verbetert met 2% per jaar. De vraag naar staal daalt naar 75% van de vraag in 2013. Van het staal komt 39% uit elektrische recycle-ovens. De overige 62% wordt gemaakt in op biomassa gestookte cycloonovens. Ook andere technieken zijn mogelijk in de toekomst, zonder het gebruik van biomassa, maar omdat daarover nog onvoldoende wetenschappelijk materiaal voorhanden is, kan het ETM dat nog niet meenemen. Uiteindelijk verwachten we wel dat veel biomassa kan verdwijnen.

Aluminium wordt voor het grootste gedeelte gerecycled. Raffinaderijen krimpen (ten gevolge van elektrisch transport) met 50%. Het grootste deel van de warmte (58%) wordt door gasketels op biogas geproduceerd, de rest door WKK's (25%) en biomassaketels. In de kunstmestsector wordt 70% van de benodigde warmte opgewekt door biomassaketels en 28% via WKK's. Het non-energetisch waterstof dat nodig is voor het maken van ammoniak voor de kunstmest wordt via elektrolyse gemaakt met behulp van elektriciteitsoverschotten.

In de chemie wordt de warmte geproduceerd door WKK's (43,6%), gasketels (37,0%) en biomassaketels (19,4%). Voor papier is in 2030 een krimp van de vraag naar 75% ten opzichte van 2013 aangenomen. Warmte wordt geproduceerd door WKK's (8%) en gasketels (12%).

ICT verandert niet in het scenario. De warmte voor voedsel wordt met name opgewekt door elektrische stoomketels (72%). Het gebruik van aardolie en aardgas voor niet-energetische toepassingen daalt jaar na jaar (respectievelijk - 0,5% tot - 0,9% per jaar) en wordt op termijn vervangen door bio-grondstoffen (of andere chemische constructen, zoals ammoniak gemaakt met waterstof via windenergie), maar dat valt buiten de reikwijdte van dit rapport.

BIOMASSA; bij voorkeur niet voor energie

In de eerste versie van het boek *De agenda Nederland – 100% duurzame energie in 2030* uit 2014 beschreven we nog dat biomassa op een aantal plekken werd ingezet. Door snelle ontwikkelingen en aanpassingen in het Energietransitiemodel is dat nu gelukkig veel minder nodig. Gelukkig, want biomassa wil je primair benutten als voedsel of als grondstof in de industrie, niet om te verbranden.

Naast meer energie uit zon en wind komen er steeds meer opslagmogelijkheden, bijvoorbeeld in warmte, waterstof en ammoniak. Ook (ultra) diepe geothermie, waarbij we zeer warm tot kokend water oppompen diep uit de aarde, kan een bijdrage leveren aan de stroomvoorziening op momenten dat wind en zon het laten afweten. Deze vorm van aardwarmte is nu onderbenut, al zijn er steeds meer serieuze plannen om aardwarmte in te zetten in de industrie en in de kassen.

Zwaar elektrisch vervoer kan voor 90% elektrisch rijden. De industrie kan ook elektrificeren, in combinatie met gebruikmaking van (ultra)diepe geothermie en betere benutting van restwarmte. Die volledige elektrificering kan nog niet in het Energetransitiemodel meegenomen worden. Daardoor staan in het model nog back-up biomassacentrales stand-by, waarvan de kosten 'gesocialiseerd' worden. Deze centrales zijn namelijk wel rendabel wanneer ze in gebruik zijn, maar ze zullen doorgaans stil staan, omdat het doel is om ze dus alleen als het echt nodig is te gebruiken. Dat is voor een bedrijf niet rendabel te maken. Wij hebben buiten het model om gerekend met extra zonne- en windenergie vermogen, dat nog bijgeplaatst kan worden, waardoor biomassa nauwelijks nog nodig is en die back up centrales uit kunnen blijven. Dat gaat dan om 20 GW zonne-energie en 9 GW wind op zee extra.

Landbouw

De landbouwsector gaat ieder jaar iets minder elektriciteit (- 0,6% per jaar) en warmte vragen (- 0,8% per jaar) in dit scenario. Dit kan komen door efficiëntieverbeteringen, maar ook door bijvoorbeeld het vermijden van teelt in kassen in het koude seizoen. De benodigde warmte is afkomstig van elektrische warmtepompen gecombineerd met warmte-koudeopslag (22,5%), van WKK op groen gas (5%) en uit geothermische bronnen (72,5%).

Elektriciteitsbalans

Ten tijde van elektriciteitsoverschotten en -tekorten worden flexibiliteitsopties ingezet. De volgorde waarin deze hier worden besproken, is gelijk aan de volgorde waarin ze worden ingezet. In het scenario heeft 33% van de huishoudens in 2030 een thuisbatterij. Van de accu's van elektrische auto's is 40% beschikbaar voor flexibiliteitsdoeleinden. 15% van de huishoudens heeft een kleine elektrische boiler om water mee (voor) te verwarmen wanneer er elektriciteitsoverschotten zijn. De waterstof die nodig is voor het vrachtverkeer wordt opgewekt via elektrolyse. Hiervoor worden elektriciteitsoverschotten gebruikt. Dit geldt ook voor het non-energetisch waterstof dat de kunstmestindustrie gebruikt. Voor vrachtverkeer en kunstmest zijn er respectievelijk 2100 power-to-gas-installaties met een inputcapaciteit van 0,74 MWe en 3200 power-to-gas-installaties met een inputcapaciteit van 1,85 MWe nodig.

In het scenario 100% duurzame energie in 2030 bedragen de totale kosten voor de energievoorziening € 40,3 miljard per jaar. Als we door zouden gaan met een fossiele energievoorziening, zouden de kosten voor energie bijna € 3,5 miljard hoger zijn in 2030 dan in het 100% duurzame scenario.

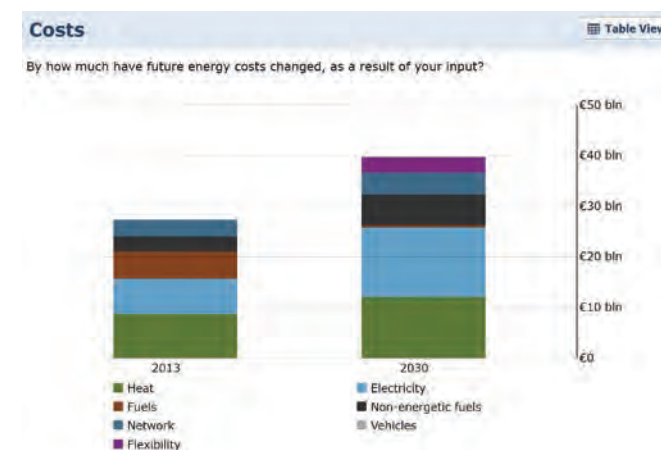
Door het praktisch geheel uitfasen van fossiele brandstoffen zijn de prijzen van fossiele energie in 2030 niet meer van belang. Daarentegen zijn de investeringskosten van wind op zee, zon-PV en warmtepompen van belang, net als de prijs van biomassa.

Het Energietransitiemodel laat zien dat 100% duurzame energie in 2030 betaalbaar is. Sterker nog, in 2030 kunnen de jaarlijkse energiekosten zelfs lager uitvallen dan wanneer we niet drastisch het roer omgooien en zoals nu blijven vertrouwen op olie, kolen en gas als onze voornaamste bron van energie. Bij dergelijke voorspellingen past enige terughoudendheid. Het voorspellen van de ontwikkelingen van kosten voor zowel technologieën als grondstoffen is in-

herent onzeker. Voor het scenario in het Energietransitiemodel is gebruikt gemaakt van verschillende bronnen en experts om een inschatting te maken van verschillende kosten in 2030.

In het Energietransitiemodel zijn de totale energiekosten opgedeeld in de kosten voor warmte, elektriciteit, brandstoffen, niet-energetische brandstoffen en netwerkkosten. Op dit moment geven we aan energiekosten in Nederland al ruim € 27 miljard per jaar uit. Dit zijn de kosten van de energiegrondstoffen (met name olie, gas en kolen) en de afschrijvingen van de bijbehorende elektriciteit- en warmteproducerende apparaten en het elektriciteits- en gasnetwerk.³

Als we door zouden gaan met een fossiele energievoorziening, zouden de kosten voor energie bijna € 3,5 miljard hoger zijn in 2030 dan in het 100% duurzame scenario.



Figuur 5: Als er slim geïnvesteerd wordt heeft het duurzame pad lagere kosten dan als we niks veranderen!

Inschattingen van kosten energiebronnen en investeringskosten in 2030

De kosten in het scenario 100% duurzame energie in 2030 en de kosten in een scenario zonder de overgang naar een duurzame energievoorziening (ter vergelijking) zijn voor een aantal belangrijke kostenposten de kosten genomen uit het rapport World Energy Outlook (WEO) van het IEA uit hun scenario '450'⁴.

Dan geldt:

- aardgas wordt 34% duurder;
- aardolie wordt 124% duurder;
- steenkool wordt 40% duurder;
- biomassa wordt 0% duurder (niet uit WEO⁵).

Op basis van de inschatting van experts werd gerekend met de volgende investeringskosten (ten opzichte van 2013) in 2030:

- wind op zee wordt 80% goedkoper (€ 50/MWh);
- wind op land wordt 60% goedkoper (€ 50/MWh)⁶
- zon-PV wordt 55% goedkoper (€ 71/MWh)
- warmtepompen worden 30% goedkoper.⁷

Vergelijken van kosten in 2030: 100% duurzame energie versus doorgaan met fossiel

Het scenario dat laat zien wat de gevolgen zijn als we doorgaan met fossiele brandstoffen en niet overstappen op duurzame energiebronnen, noemen we Business As Usual (BAU), oftewel 'niet veranderen'. Het is interessant om te kijken hoeveel de energievoorziening in 2030 zou kosten in het BAU-scenario en wat het gaat kosten als we op 100% duurzame energie overstappen. Voor het BAU-scenario gebruiken we aannames over economische groei en andere kosten die ook zijn gebruikt bij de doorrekening van het energieakkoord uit 2013.

Kosten in 2030 als we op 100% duurzame energie overstappen

Eenzijds stijgen de volgende kosten:

- de netwerkkosten (+ 90%)
- warmte (+ 7%)
- elektriciteit (+ 168%).

Anderzijds dalen de kosten voor vloeibare brandstoffen (- 57%; dat zijn bio-ethanol en biodiesel in plaats van benzine en diesel) door de drastische reductie van het brandstofgebruik en de verregaande elektrificatie in alle sectoren.

De totale kosten zullen in het 100% duurzame scenario met de meest conservatieve aannames (geen innovaties) met zo'n 47,5% stijgen, van circa € 27 miljard in 2013 naar € 40,3 miljard in 2030.

Kosten bij 'Business as Usual'

Het BAU-scenario geeft minder grote kostenstijgingen voor het netwerk en elektriciteit, maar toont een sterke kostenstijging in plaats van daling voor brandstoffen, doordat de alle brandstoffen stijgen in prijs (ten opzichte van de prijs in euro's van 2013). In het BAU-scenario stijgen de kosten met 60% naar € 43,7 miljard in 2030. Het BAU-scenario toont ook een grote afhankelijkheid van de import van energie (73,2%), omdat ons aardgas opraakt.

Dus de overgang naar 100% duurzame energie levert in 2030 een goedkopere energievoorziening op dan vasthouden aan een fossiele energiehuishouding.

Investeringskosten

Hoewel de jaarlijkse kosten voor energie in het 100% duurzame scenario in 2030 lager zijn dan die kosten in het BAU-scenario, stijgen de investeringen de komende jaren natuurlijk wel (de afschrijvingen op die investeringen zijn in die jaarlijkse kosten verwerkt).

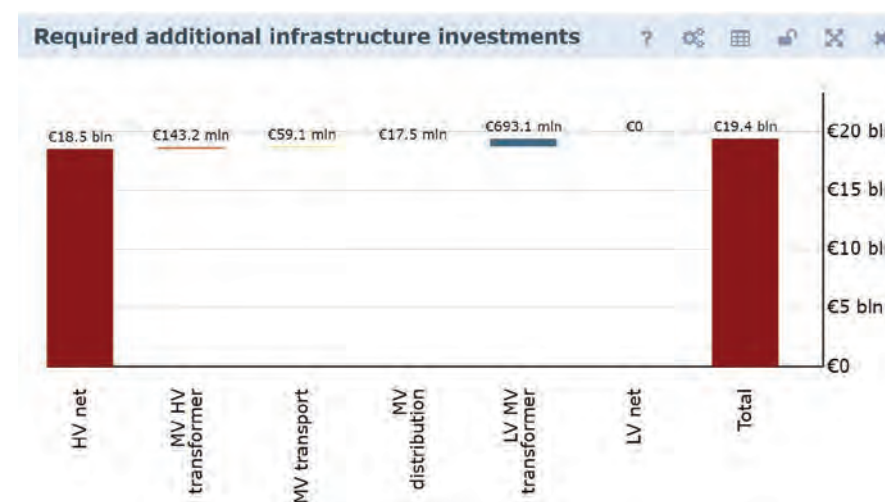
Vergelijken

Als we het model laten rekenen met de aangegeven gegevens, dan is de uitkomst als volgt:

	Situatie 2013	100% duurzame energie in 2030	Business as Usual 2030
Energiegebruik (ref: 2013)	0%	- 58,50%	11%
CO ₂ -uitstoot (ref: 1990)	11%	- 98,90%	22,6%
Netto energie-import	14%	7%	73,2%
Energiekosten (miljard €/jaar)	27,32*	40,3	43,7
Hernieuwbare energie	4,5%	97,3%	4%

*Uitgaande van gemiddelde prijzen in 2013 van kolen, ruwe olie, aardgas, uranium en CO₂.

Figuur 6: Hier is duidelijk te zien dat de energietransitie grote voordelen biedt.



Figuur 7: Voor de transitie moet natuurlijk wel in de infrastructuur geïnvesteerd worden.

Als gevolg van verregaande elektrificatie en decentrale opwekking zijn aanpassingen en gerelateerde investeringen in de infrastructuur voor elektriciteit onvermijdelijk. Investeringskosten zijn nodig voor zowel het hoogspanningsnet (als gevolg van bijvoorbeeld windmolenparken) als het laagspanningsnet (als gevolg van decentrale energievoorziening).

De benodigde investering in netwerkinfrastructuur is circa € 19,4 miljard tot en met 2030 (figuur 7) oftewel ruim € 1 miljard per jaar.

De extra investeringen in elektriciteits- en warmteproductiecapaciteit komen op € 116 miljard in totaal, dus € 9 miljard per jaar. Deze investeringen zitten voornamelijk in zon-PV (5%), wind op zee (19%) en warmtepompen voor huishoudens (38%). Het scenario is dan ook gevoelig voor de ontwikkeling van deze investeringskosten in de komende jaren.

Er is dus een extra investering nodig van:

- € 1 miljard per jaar in elektriciteitsnetten
- € 9 miljard per jaar in duurzame elektriciteit- en warmteproductie.

Dat is ongeveer 0,15% van ons BBP^a voor de netten en krap 1,4% voor de duurzame productie. Samen nog geen 1,6% van het BBP per jaar voor een volledige omschakeling naar een duurzame energievoorziening.

Het Nederlandse bruto nationaal product (BNP) in 2014 was € 880 miljard. Voor een jaarlijkse investering van 1,14% van dit bedrag tot en met 2030 kunnen we onze elektriciteits- en warmteproductiecapaciteit inclusief de extra netwerken volledig verduurzamen. Daarnaast zullen er investeringen in de industrie nodig zijn voor aanpassing van de productieprocessen om zowel de brandstof- als de grondstoffen zo veel mogelijk hernieuwbaar te maken en de productieprocessen zonder uitstoot van broeikasgassen te laten doordraaien.

Dus tot 2030 betekent dit bijna 1 miljoen mensjaar extra werk.

Werkgelegenheid

In dit scenario komen er per jaar ruim 71.000 extra directe arbeidsplaatsen in de energiesector en installatiebranche. Dus tot 2030 betekent dit bijna 1 miljoen mensjaar extra werk. Hoogstwaarschijnlijk levert dit scenario nog meer werk op omdat:

- het model niet van alle elementen in het energiesysteem de arbeidscomponent al meeneemt;
- we nu in dit scenario het effect van deze extra directe 71.000 banen op de rest van de economie (indirecte werkgelegenheid) niet meerekenen;⁹
- we er nog van uitgaan dat de meeste onderdelen in het buitenland worden gemaakt (en dat rekenen we niet mee), maar als we het echt goed aanpakken, komt de toeleverende industrie wellicht naar Nederland.

Schattingen van 150.000 banen per jaar extra lijken dan ook realistisch en wellicht aan de lage kant. In de nieuwe economie zullen bepaalde bedrijfstakken minder of geen werk meer hebben, maar er komen zeer veel andere banen bij. Vanaf 2020 neemt de omvang van de beroepsbevolking af en zullen er nog meer banen gevraagd worden in de zorg. Dus dat bepaalde industrieën wellicht geen plaats meer hebben in een circulaire economie op 100% duurzame energie, hoeft niet erg te zijn. Er komt andere werkgelegenheid terug. Dat vraagt vooral om ander en vernieuwd onderwijs en bijscholing.

Verrassend

Het uiteindelijke scenario is een verrassend en realiseerbaar scenario. Voor mensen die voornamelijk naar betaalbaarheid kijken: de betaalbaarheid van de huidige energiemix is vooral afhankelijk van de prijs van olie, gas en steenkool. In het 2030 'het kan als je het wilt'-scenario zijn de prijzen van olie, gas en steenkool irrelevant, maar zijn de prijzen van wind op zee, zon-PV,



warmtepompen en aardwarmte bepalend. Zoals we eerder zagen, is het scenario 100% duurzame energie iets goedkoper dan het BAU-scenario.

Er is echter een groot verschil voor de economie tussen doorzetten van de huidige technologie en de huidige energiemix versus het duurzame 'het kan als je het wilt'-scenario. Alleen in het duurzame scenario ontstaat er veel nieuwe werkgelegenheid en zal er volop geïnnoveerd worden. Ook voor onze handelsbalans is er een groot verschil. Als we het huidige scenario doortrekken, zullen we in 2030 ruim 70% van onze energie moeten importeren. In het duurzame scenario importeren we maar 7% en dat is dan alleen biomassa. Als we er door verdere elektrificatie van de energie en andere innovaties in slagen om zo min mogelijk biomassa te gebruiken voor de energievoorziening, dan valt de energie-import nagenoeg weg. Het model houdt nog geen rekening met importen van zogenaamde 'e-fuels' tegen die tijd, terwijl het ook heel goed zou kunnen dat landen met veel

goedkope zonnestroom duurzame brandstoffen gaan produceren voor onze industrie, zoals waterstof en andere chemische bouwstenen, die dan niet meer van aardolie en aardgas komen. Het duurzame scenario zorgt in ieder geval voor een veel schonere (fijnstof) en koolstofarme economie en levert daarmee een bijdrage aan een volhoudbare samenleving.

Alleen in het duurzame scenario ontstaat er veel nieuwe werkgelegenheid en zal er volop geïnnoveerd worden.



**‘Vijf keer anders
scheelt ons 80% CO₂’**
John Kerkhoven, partner van Quintel

Foto: Patricia Böger

John Kerkhoven is oprichter en partner van Quintel Intelligence, de maker van het Energietransitiemodel dat scenario's voor de energietransitie opstelt voor bedrijven, overheden en onderwijs. In 2013 legde hij de basis voor de eerste Urgenda 2030-visie. Sinds 2007 brengt hij met zijn gezin ‘vijf keer anders’ uit dit Urgenda-rapport in de praktijk.

Hoe bevalt ‘vijf keer anders’ leven?

‘Heel goed, het kost eigenlijk geen moeite. Het is bijvoorbeeld heel comfortabel om in een energieneutraal huis te wonen. Het is 's zomers koel en 's winters warm. Wat eten betreft, veganistisch eten vinden we allemaal lekker en we besparen op voedseltransport omdat we een moestuin hebben. En voorheen had ik een hybride auto, maar nu rijd ik volledig elektrisch, dat is erg aangenaam. Ik ervaar nu meer luxe in het dagelijks leven dan voorheen.’

Hoeveel CO₂ scheelt het?

‘Op sommige dingen heb je weinig invloed. Ik noem iets gek, een heggenschaar, bijvoorbeeld. Hoe duurzaam is die gemaakt? En hoe wordt die gerecycled? De CO₂-uitstoot van dat soort producten is voor mij niet te meten bij aanschaf. En voor vliegreizen naar andere werelddelen hebben we nog geen alternatief. Als ik dus alleen naar wonen, transport in Nederland, eten en energieopwekking kijk, dan hebben we als gezin sinds 2007 onze CO₂-uitstoot met ruim 80% verlaagd.’

Wat veel! Dat moet toch heel Nederland meteen doen?

‘Het is niet voor iedereen weggelegd om deze manier van leven zo rigoureuus door te voeren. Je moet er budget voor hebben om erin te kunnen investeren. Maar wat een paar jaar geleden nog 100 euro kostte, kost nu nog maar 50 euro. Zonnepanelen zijn bijvoorbeeld echt betaalbaar geworden. Het zal ook niet lang meer duren voordat elektrische auto's goedkoper zijn dan benzineauto's. Ook zijn er nu veel opties om smakelijk en voordelig plantaardig te eten.’

Is het altijd makkelijk of vallen er ook dingen tegen?

‘Sommige vrienden vinden het lastig om voor ons veganistisch te koken. En ik merk ook wel dat mensen in onze omgeving zich verontschuldigen omdat zij niet zo leven. Dat schept soms afstand, dat vind ik jammer.’

Toen we in 2010 een energieneutraal huis gingen bouwen, hoorde ik veel mensen denken: die mensen zijn gek! Nu zien ze ons huis als voorbeeld.

Is deze manier van leven dan nog steeds uitzonderlijk?

‘Nu veel minder. Toen we in 2010 een energieneutraal huis gingen bouwen, hoorde ik veel mensen denken: die mensen zijn gek! Nu zien ze ons huis als voorbeeld. Ook tegen eten wordt anders aangekeken. Zes jaar geleden belde ik een restaurant met de vraag of we daar veganistisch konden eten en kreeg ik als antwoord: daar beginnen we niet aan. Nu raak ik erover in gesprek met jonge mensen die ook plantaardig eten, maar het bijzonder vinden dat wij dat in 2007 al deden. Toen was dat vreemd, nu is het onder veel jongeren zelfs hip. Het is echt aan het veranderen.’

AFKORTINGEN

BNP	Bruto Nationaal Product
BAU	Business As Usual
BBP	Bruto Binnenlands Product
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CNG	Compressed Natural Gas
CCS	Carbon Capture and storage
DES	Deep Eutectic Solvents
ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland
EIA	Energie-investeringsaftrek
EJ	Exajoule (10 ¹⁸ joules)
EPV	Energie Prestatie Vergoeding
ESCo	Energy Service Company
ETM	Energietransitiemodel
ETS	Emissions Trading System
EWEA	European Wind Energy Association
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattuur
IEA	Internationaal Energieagentschap (in Parijs)
i-MiEV	innovative Mitsubishi Electrical Vehicle
LNG	Liquefied Natural Gas
kWh	Kilowattuur
LTO	Land- en Tuinbouworganisatie
MEPS	Minimum Energy Performance Standard
MER	Milieu-effectrapportage
MIA	Milieu-investeringsaftrek
MKB	Midden- en kleinbedrijf
NOM	Nul Op de Meter
MW	Megawatt (10 ⁶ watt)
MWh	Megawattuur
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving
P2G	Power2gas
PJ	Petajoule (10 ¹⁵ joules)
PV	Photovoltaic (zonnepanelen die elektriciteit opwekken)
PVT	Photovoltaic Thermal
R&D	Research and Development
SVn	Stichting Stimuleringsfonds Volkshuisvesting Nederlandse gemeenten
TWh	Terawattuur (tera = 10 ¹²)
VAMIL	Vervroegde afschrijving milieu-Investeringen
WEO	World Energy Outlook
WKK	Warmte-krachtkoppeling
WKO	Warmte-koudeopslag
WRR	Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid

EINDNOTEN

VERWIJZINGEN IN DE TEKST

SAMENVATTING

1. Wereldbank: *Turn Down the Heat – Why a 40 C Warmer World Must be Avoided*, oktober 2012. http://climatechange.worldbank.org/sites/default/files/Turn_Down_the_heat_Why_a_4_degree_centrigrade_warmer_world_must_be_avoided.pdf; IEA : *World Energy Outlook 2013*.
2. James Hansen et al., *Assessing “Dangerous Climate Change”: Required Reduction of Carbon Emissions to Protect Young People, Future Generations and Nature*, PLOS ONE, December 2013, Volume 8, Issue 12, p. 8-10. *Maximaal 1 graad temperatuurstijging toestaan betekent niet meer dan 350 ppm (parts per million: aantallen CO₂ deeltjes of CO₂-equivalenten per miljoen deeltjes in de atmosfeer).*
3. Zie ook het rapport van het New Climate Institute, *What does the Paris Agreement mean for climate policy in the Netherlands?*, September 2016. Dit instituut komt uit op nul uitstoot in 2035.
4. Zie voor uitgebreide uitleg en omschrijving: James Hansen et al., *Assessing “Dangerous Climate Change”: Required Reduction of Carbon Emissions to Protect Young People, Future Generations and Nature*, PLOS ONE, December 2013, Volume 8, Issue 12, p. 26.
5. http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf

HOOFDSTUK 1 - ANDERS WONEN

1. Zo'n 58% besparing voor gebouwen en zo'n 28% besparing voor huishoudens. Van 838 PJ in 2013 naar 495 PJ in 2030.
2. WoON uitleg: <https://www.cbs.nl/nl-nl/onz-diensten/methoden/onderzoeksomschrijvingen/korte-onderzoeksbeschrijvingen/woononderzoek-nederland--woon--> WoON data: <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2016/14/woningkenmerken-tijdreeks> CBS StatLine over woningvoorraad: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=82900NED&D1=a&D2=o&D3=o&D4=a&VW=T>
3. Bron: Jan Willem van de Groep van Factory Zero, *voorheen werkzaam bij de Energiesprong*
4. EPBD nr. 2010/31/EU Richtlijn 2010/31/EU van 19 mei 2010 betreffende de energieprestatie van gebouwen en <http://www.rijksoverheid.nl/nieuws/2012/06/28/minister-spies-vanaf-2020-nieuwbouw-energieneutraal.html>
5. Er worden ook gebouwen gesplitst, kantoren omgebouwd naar woningen en huurhuizen omgezet in koophuizen. Dat heet sinds 2012 ook 'nieuwbouw', maar die huizen zijn minder makkelijk meteen om te zetten in energieneutrale woningen. Van de 90.000 'nieuwbouw' is ongeveer 50.000 echte nieuwbouw en 40.000 'ombouw'.
6. Zie www.thuisbaas.nl voor informatie over het energieneutraal maken van een woning.
7. Zie <https://www.tias.edu/kennisgebieden/detail/vastgoed/detail/groen-energielabel-helpt-bij-woningverkoop> en <https://www.tias.edu/kennisgebieden/detail/vastgoed/detail/zonnepanelen-behouden-waarde-bij-woningverkoop>
8. Renée Postma (2016), *De politieke nalatenschap van Henk Kamp: het einde aan het gas-tijdperk*. In: NRC, 7 december 2016.
9. Zie <https://www.aedes.nl/feiten-en-cijfers/bedrijfsvoering.html> (2015) en <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=81955NED> (2016)
10. Meer informatie op <https://www.lente-akkoord.nl/gebouwen-alliander-duiven-gegarandeerd-15-jaar-energieneutraal/>. Urgenda hielp mee bij het starten van de Groene Allianties en faciliteerde de eerste gezamenlijke projecten. Zie ook <https://www.groeneallianties.nl/stichting-groene-allianties/>
11. 870.000 verhuisbewegingen in de afgelopen twee jaar: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/04/11/cijfers-over-wonen-en-bouwen-2016>
12. Zie bijvoorbeeld <http://www.extremetech.com/extreme/149163-mit-startup-makes-transparent-solar-cells-that-will-allow-your-smartphone-to-power-itself> en <http://www.physee.eu/>

HOOFDSTUK 2 - ANDERS VAN A NAAR B

1. PBL (2012). *Nederland verbeeld. Een andere blik op vraagstukken rond de leefomgeving*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
2. *De mobiliteitssector gebruikt zo'n 18% van alle energie in Nederland en draagt daarmee in aanzienlijke mate bij aan het klimaatprobleem* (IEA Extended Energy Balance Netherlands 2011).
3. *Precieze getallen zijn te vinden op pro.energietransitiemodel.nl*
4. Kirsten Korosec (2015), *Elon Musk Says Tesla Vehicles Will Drive Themselves in Two Years*. In: *Fortune*, 21 december 2015; KPMG (2015), *Connected Autonomous Vehicles – The UK Economic Opportunity*, p. 5; UK Department of Transport (2015), *Pathway to driverless Cars*, p.17.; La Republique Française (2013), *The New Face of Industry in France*, p.15.
5. *The Earth Institute, Columbia University (2013), Transforming Personal Mobility*, p.15.
6. http://web.minienm.nl/mob2016/4_1.html
7. <http://kpvvdashboard-4.blogspot.nl/>
8. *Zie voor een vergelijking tussen elektrische auto's en auto's op biobrandstof of waterstof het boek Elektrisch rijden (2009), Rijkswaterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat (ISBN/EAN 978-90-815096-1-9), pag. 38-45.*
9. <https://decorrespondent.nl/6601/waarom-de-elektrische-auto-nu-al-groener-rijdt-maar-er-betere-argumenten-zijn-om-over-te-stappen/694075842075-4e3a4cf5>
10. *Zie o.a. Elektrisch rijden (2009), Rijkswaterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.*
11. <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/energie-en-milieu-innovaties/elektrisch-rijden/stand-van-zaken/cijfers>
12. *Bestelbussen zijn max. 3500 kg. Kleine vrachtwagens tot 20 ton en OV-bussen kunnen allemaal elektrificeren.*
13. *Ter inspiratie: <http://www.abb.com/cawp/seitp202/6545DF6962811EBBC1258109003EDD29.aspx>; <https://electrek.co/guides/tesla-semi/>; <https://truckstar.nl/handige-paginas/rijtijden/>; <https://www.proterra.com/>*
14. *Ook ammoniak en mierenzuur met een brandstofcel en elektrische motor worden nog wel genoemd, maar lijken minder waarschijnlijk. Op verschillende plaatsen wordt er met andere technologieën geëxperimenteerd, zoals een vervoerssysteem met een bovenleiding, 'trolley', maar dat lijkt gezien de kosten en de technische uitdagingen toch niet de grootste kanshebber (los van wellicht wat korte stukjes hier en daar).*
15. <http://schonescheepvaart.nl/emissies/cosub2sub>
16. *Het bedrijf SkySails bevestigt grote kites aan vrachtschepen. In optimale windcondities kan tot de helft van de kracht van de machine worden vervangen door windkracht. Vrachtschepen zijn grootverbruikers van stookolie, die qua samenstelling veel vuiler is dan diesel.*
17. <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbgo240.nsf/AllWeb/4B8113B707A50A4FC125811D00407045?OpenDocument>
18. <https://www.technischweekblad.nl/nieuws/kerosine-uit-water-en-co2/item3137>
19. <http://www.platform31.nl/wat-we-doen/programmas/ruimte-en-economie/smart-cities-nl/smart-cities-nl-projecten/londen-congestion-charge>
20. *Serge van Dam (2014), *Simpel, goedkoop en goed uitvoerbaar model voor kilometerheffing ligt voor het grijpen*. In: *Het Financieele Dagblad*, 18 januari 2014.*
21. *Zie bijvoorbeeld: <http://www.scientias.nl/elektrische-auto-kan-al-rijdend-opladen/45261>*
22. <http://delfthyperloop.nl/#intro>

HOOFDSTUK 3 - ANDERS ETEN

1. PBL (2013), *De macht van het menu. Opgaven en kansen voor duurzaam en gezond voedsel*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
2. *Jan Rotmans (2012), In het oog van de orkaan (p.51). 's-Hertogenbosch: Aeneas.*
3. *Ingrid Odegard en Geert Bergsma (2012), Milieueffecten van verbeteropties van de Nederlandse eiwitconsumptie (p.12). Delft: CE Delft.*
4. *Han Soethoudt en Toine Timmermans (2013), Monitor Voedselverspilling, mid-term rapportage*. Wageningen: Wageningen UR Food & Biobased Research.
5. *Han Soethoudt, Martijntje Vollebregt en Marianne van der Burgh (2016), Monitor Voedselverspilling - Update 2009-2014*. Wageningen: Wageningen UR Food & Biobased Research.
6. *Compendium voor de leefomgeving (website van PBL, CBS en Wageningen UR). www.clo.nl*
7. <http://news.ucsc.edu/2016/05/solar-greenhouse.html>
8. www.kasalsenergiebron.nl
9. *Quintel Intelligence (2016), Industrie in transitie (p. 63-64).*
10. www.kipster.nl
11. *Zie casus De Kip van Morgen: <https://www.pluimveeweb.nl/artikelen/2015/01/afspraken-kip-van-morgen-illegaal/>*
12. *Quintel Intelligence (2017), De Tesla van de landbouw. In: De toekomst van de Nederlandse energie-intensieve industrie. Het verhaal.*
13. *Quintel Intelligence (2016), Industrie in transitie (p. 75).*
14. *Quintel Intelligence (2017), De toekomst van de Nederlandse energie-intensieve industrie. Het verhaal.*

HOOFDSTUK 4 - ANDERS PRODUCEREN

1. *Dr. Julian Allwood en zijn Low Materials Processing Group (University of Cambridge) (2012), Sustainable materials – With both eyes open, Cambridge UIT, <http://www.withbotheyesopen.com/>*
2. *Uit: De Groene Amsterdammer, 18 mei 2017, p. 22-23.*
3. *Tata Steel, Sustainability Report 2015/2016.*
4. *Greenblatt, J.B. & Saxena S. (2015), Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles. In: Nature Climate Change, pp. 860-863; Quintel (2016), Industrie in Transitie, p. 31; The Earth Institute (2013), Transforming Personal Mobility, Columbia University.*
5. *The Earth Institute (2013), Transforming Personal Mobility, Columbia University, p.15.*
6. *Greenblatt, J.B. & Saxena S., (2015), Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles. In: Nature Climate Change, pp. 860-863*
7. *CO wordt nu door Tata Steel aan Nuon verkocht als brandstof en eindigt dan als CO₂ weer in de lucht. Die CO₂ wordt bij de uitstoot van Nuon geteld en niet bij die van Tata Steel.*
8. *De zogenaamde Bosch Reactie, die in twee stappen CO₂ via CO met steeds waterstof combineert tot C, vraagt hoge temperaturen en leidt nu nog tot vervuiling/aanslag op de katalysator die opgelost moet worden.*
9. *Dr. Julian Allwood en zijn Low Materials Processing Group (University of Cambridge) (2012), Sustainable materials – With both eyes open, Cambridge UIT, p. 21 e.v. <http://www.withbotheyesopen.com/read.php?c=21>*
10. *Quintel Intelligence (2017), De toekomst van de Nederlandse Energie-intensieve industrie. Het verhaal, p. 26-29.*
11. http://www.chemischefeitelijkheden.nl/Uploads/Magazines/Kunstmest-246_1.pdf
12. *Quintel Intelligence (2017), De toekomst van de Nederlandse Energie-intensieve industrie. Het verhaal, p.34.*
13. *Quintel Intelligence (2016), Industrie in transitie, p. 41.*
14. *Quintel (2017), De toekomst van de Nederlandse Energie-intensieve industrie. Het verhaal, p.34-36.*
15. http://www.betonketen.nl/userfiles/file/Slim_Breken_Smart_Concrete_20-5-2016.pdf
16. *Er wordt nu ook gewerkt met bio-WKK (warmte-krachtkoppeling op biomassa) die groene elektriciteit en warmte produceert. Dit geeft ook flexibiliteit op het elektriciteitsnet als er eens weinig zon of wind is, en het is snel op en af te regelen. Toch willen we uiteindelijk biomassa zo min mogelijk voor energie gebruiken.*
17. *Quintel (2016), Industrie in transitie, p. 28-29.*

18. Quintel Intelligence (2016), *Industrie in transitie: Biobased chemie en petrobased chemie*, p. 43-53.
19. *Pas onder druk bij min 250°C wordt het vloeibaar.*
20. *Je zou een deel van de ammoniak die je per schip vervoert weer kunnen omzetten in waterstof en stikstof en op waterstof varen. Dan is het schip ook klimaatneutraal. Varen op NH₃ zelf levert waarschijnlijk NO_x op als uitstoot, wat je ook niet wilt.*
21. <https://www.2degreesnetwork.com/groups/2degrees-community/resources/around-70-industrial-electricity-consumption-can-be-attributed-directly-electric-motors-which-consequently-responsible-majority-worlds-carbon-emissions-find-out-how-meet-eus-iec-motor-efficiency-legislation/>
22. <http://www.engineersonline.nl/artikelen/id1215-regels-voor-zuinige-elektromotoren.html>
23. <http://www.emotron.nl>
24. <http://www.zytec.eu/nl>
25. <http://www.zytec.eu/nl/nieuws/zytec-in-finale-van-de-groene-tulp-2014>
26. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficient-products/electric-motors>
27. <https://www.2degreesnetwork.com/groups/2degrees-community/resources/around-70-industrial-electricity-consumption-can-be-attributed-directly-electric-motors-which-consequently-responsible-majority-worlds-carbon-emissions-find-out-how-meet-eus-iec-motor-efficiency-legislation/>
28. http://www.epbd-ca.org/Medias/Pdf/country_reports_14-04-2011/The_Netherlands.pdf
29. *Het Nederlandse aandeel in de industriële productie van de EU op basis van toegevoegde waarde is 59,9 miljard. Dat is 3,7% van de Europese productie. Dan zou je dus 3,7% van 60 Mton = 2,2 Mton in NL moeten kunnen halen per 2020.*
30. *Er is geen rekening gehouden met het effect op de rest van het systeem, de kosten zijn niet berekend en er is maar in zeer beperkte mate een inschatting gemaakt van de efficiëntie van elektrische technologieën (ten opzichte van huidige technologieën).*
31. <http://www.pbl.nl/publicaties/het-potentieel-van-zonnestroom-in-de-gebouwde-omgeving-van-nederland>
32. *Zie figuur 2 in http://www.ce.nl/art/uploads/file/Denktank/Notities/CE_Delft_3F13_Denktank_Energiemarkt_Industriële_Warmtemarkt_DEF.pdf*
33. Quintel (2017), *De toekomst van de Nederlandse Energie-intensieve industrie. Het verhaal. 8 maart 2017, p.74-75.*
34. WRR (2013), *Naar een lerende economie. Investeren in het verdienvermogen van Nederland (p.175). Den Haag: Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.*
35. *Welke besparingsmaatregelen genomen kunnen worden staat o.a. op <http://www.infomil.nl/onderwerpen/duurzame/energie>*
36. WRR (2013), *Naar een lerende economie. Investeren in het verdienvermogen van Nederland (p.176, ook verwijzend naar rapport van RLI 2013). Den Haag: Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid.*
37. *In het WRR-rapport Naar een lerende economie staan meer dan genoeg aanbevelingen die zeer behartenswaardig zijn, ook over universitaire en hbo-opleidingen en onderzoeksinstituten.*

HOOFDSTUK 4 - ANDERS ENERGIE OPWEKKEN

1. *Het Energietransitiemodel kent geen scenario '100% duurzame energie' omdat er altijd een paar kleine bronnen overblijven in het model, waardoor het in dat model 98% duurzame energie is. Die 2% ronden we hier af naar boven: we streven naar 100% duurzame energie, oftewel een fossielvrije samenleving.*
2. *Het model rekent inclusief niet-energetisch gebruik olie en gas en komt dan op 3,4 EJ, zoals in de grafieken te zien is.*
3. *Overall waar het gaat over opgesteld vermogen zonne-energie, moet eigenlijk staan Wp in plaats van W, of MWp in plaats van MW. Het gaat om opgesteld vermogen en dat is niet hetzelfde als de hoeveelheid stroom die uit het systeem komt.*
4. *Dit is alleen zon-pv (zonnepanelen voor elektriciteit).*
5. PBL/DNV GL (2014), *Het potentieel van zonnestroom in de gebouwde omgeving van Nederland. Rapport nr. 14-1932. Den Haag/Arnhem: Planbureau voor de Leefomgeving / DNV GL.*
6. *Zie <http://www.energiepodium.nl/nieuws/item/ecn-ziet-groeiemarkt-voor-tweezijdige-zonnepanelen>*
7. *Zie: <http://www.hoogspanningsnet.com/over-hoogspanningsmasten/luchtlijnen-grondkabels/hvdc-zeekabels/>*

8. *Zie bijvoorbeeld <https://resource.wur.nl/nl/wetenschap/show/Financiering-proefcentrale-blue-energy-rond.htm>*
9. *Zie bijvoorbeeld <http://www.plant-e.com/>*
10. *Zie bijvoorbeeld <http://zeeland.blog.nl/nieuws/2013/03/10/getijdenenergie-zeeland-vandaag-op-rtl7>*
11. *Zie bijvoorbeeld <http://www.binnenlandsbestuur.nl/ruimte-en-milieu/nieuws/plas-van-ambtenaren-omgezet-in-elektriciteit.8846720.lynkx>*
12. *Zie bijvoorbeeld <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:84b37454-5790-4708-95ef-5bc2c60be790?collection=research>*
13. *Zie bijvoorbeeld <https://www.technischweekblad.nl/nieuws/nieuwe-techniek-maakt-waterkracht-uit-nederland-se-rivieren-mogelijk/item4321>*
14. *Zie <https://www.ampyxpower.com/nl>*

BIJLAGE 1

1. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html
2. <https://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/EWEA-Wind-energy-scenarios-2030.pdf>
3. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Erzeugungskapazitaeten/Kraftwerksliste/kraftwerksliste-node.html
4. <https://www.apricum-group.com/global-pvs-five-year-outlook-going-from-strength-to-strength/>
5. <https://www.energy-charts.de/energy.htm>
6. www.we-at-sea.org ; http://www.we-at-sea.org/wp-content/uploads/2013/01/ecn_lri.pdf
7. https://www.vestas.com/~media/vestas/about/sustainability/pdfs/lca_v112_study_report_2011.pdf
8. <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
9. <https://www.energy-charts.de/energy.htm>
10. <http://geminivindpark.nl/feiten--cijfers.html>

BIJLAGE 2

1. *In het Energietransitiemodel staat dat gelijk aan 97,3% duurzaam opgewekt, oftewel 97,3% fossielvrij. Die laatste 2,7% 'overig' kan het model niet accommoderen en nemen we voor lief.*
2. *Voorspelbare innovaties van bestaande technieken, zoals betere en goedkopere zonnepanelen en windmolens, zijn wel in het model verwerkt.*
3. *De kosten van de energievoorziening worden voornamelijk bepaald door brandstofprijzen, investeringskosten van centrales en kosten voor onderhoud. Daarnaast hebben ook de CO₂-prijs, investeringen in het elektriciteitsnet en het aantal vollasturen van centrales invloed op de kosten van het energiesysteem.*
4. <http://www.iea.org/newsroom/news/2016/november/world-energy-outlook-2016.html>
5. *De inschattingen van de toekomstige prijs van biomassa lopen sterk uiteen. Vandaar dat in dit scenario is aangenomen dat de prijs voor biomassa gelijk blijft aan die in 2013.*
6. *Onder andere discussies op Energy Post en Bloomberg New Energy Finance.*
7. *Deze prijzen worden bevestigd in een recent onderzoek door Ecofys in opdracht van de Nederlandse WindEnergie Associatie (NWEA): *Kostprijsanalyse windenergie op land*, 5 april 2017.*
8. *Hiervoor zijn de leercurves op kostenparameters van CE Delft aangenomen. <http://www.ce.nl/publicatie/een-klimaatneutrale-warmtevoorziening-voor-de-gebouwde-omgeving-%E2%80%93-update-2016/1838>*
9. *Hier wordt gerekend met een BBP van € 652,75 miljard. Gebaseerd op CBS StatLine: <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=82262NED&D1=0-4,9-17,20-21,88,91,94,97,130-132,135-136,139,142&D2=a&HD=141013-1643&HDR=G1&STB=T>*
10. *Schiphol kent bijvoorbeeld circa 65.000 directe banen, terwijl het totale werkgelegenheidseffect voor Nederland van de Mainport Schiphol circa 300.000 banen is (bron: <http://www.jaarverslagschiphol.nl/resultaten/onze-resultaten/competitive-marketplace>).*

FIGUREN

EN HUN VINDPLAATSEN

SAMENVATTING

- Figuur 1** Grafiek; Resterend carbonbudget voor 1,5°C, © Glen Peters
Figuur 2 Infographic; 20 dagen zon is gelijk aan alle fossiele brandstoffen, © Reinier van den Berg
Figuur 3 Tabel; vergelijking scenario's '100% duurzame energie' en 'Business As Usual' in 2030 © Quintel ETM

HOOFDSTUK 1

- Figuur 1** Taartdiagram; Aandeel in Nederlandse CO₂-uitstoot van elke sector, © Data: Quintel ETM Visualisatie: Urgenda
Figuur 2 Staafdiagram; Verdeling van woningtypen in Nederland, © Data: CBS Visualisatie: Urgenda
Figuur 3 Infographic; Voorbeeld van een woning vóór en na e-neutraal maken
Figuur 4 Staafdiagram; Benodigde verbouwsnelheid om alle huizen energieneutraal te hebben in 2030, © Urgenda
Figuur 5 Vlakdiagram; Groei van aantal energieneutrale huizen in Nederland om in 2030 alle huizen energieneutraal te laten zijn, © Urgenda

HOOFDSTUK 2

- Figuur 1** Taartdiagram; Aandeel in Nederlandse CO₂-uitstoot van elke sector, © Data: Quintel ETM Visualisatie: Urgenda
Figuur 2 Infographic; Statistieken fietsen naar werk Fietsersbond/Fiets filevrij
Figuur 3 Metrokaart; Toekomstvisie voor een uitgebreid netwerk van treinen en randstadrail rondom Amsterdam, © Low Car Diet
Figuur 4 Tabel; Bijdrage van vervoermiddelen aan CO₂-uitstoot transportsector, © CBS
Figuur 5 Staafdiagram; Groei van het aantal deelauto's in Nederland, © Data: Min IenM, KpVV Crow, Natuur en Milieu Visualisatie: Urgenda
Figuur 6 Kaart; Overzicht huidige en toekomstige fietssnelwegen in Nederland, © Tour de Force 2020
Figuur 7 Infographic; Elektrische auto's die verkrijgbaar zijn voor 2021, per klasse en actieradius, © Bloomberg
Figuur 8 Infographic; CO₂-uitstoot elektrische auto en traditionele auto op fossiele brandstof De Correspondent
Figuur 9 Vlakdiagram; Aantal elektrische auto's in Nederland (2012-2016), © RVO, nederlndelektrisch.nl
Figuur 10 Staafdiagram; Groei van het aantal laadpunten voor elektrische auto's (2011-2016), © RVO
Figuur 11 Grafiek; Prijzdaling accu's van elektrische auto's (2010-2020), © McKinsey, Tesla
Figuur 12 Boldiagram; CO₂-uitstoot per passagierskilometer per vervoermiddel, © emissiefactoren.nl, delijn.be

HOOFDSTUK 3

- Figuur 1** Infographic; 4 oplossingsrichtingen voor een duurzamer voedselsysteem, © PBL
Figuur 2 Taartdiagram; Aandeel in Nederlandse CO₂-uitstoot van elke sector, © Data: Quintel ETM Visualisatie: Urgenda
Figuur 3 Staafdiagram; Uitstoot van verschillende soorten voedsel per kilogram, © 'Nederland verbeeld', PBL
Figuur 4 Grafiek; Voedselverspilling in Nederland per hoofd van de bevolking, © 'Monitor Voedselverspilling 2009-2015', WUR
Figuur 5 Grafiek; Ontwikkeling duurzame energie in kassen, © WUR, Kas als Energiebron

HOOFDSTUK 4

- Figuur 1** Taartdiagram; Aandeel in Nederlandse CO₂-uitstoot van elke sector, © Data: Quintel ETM Visualisatie: Urgenda
Figuur 2 Staafdiagram; Verdeling CO₂-uitstoot per industriële sector, © CBS
Figuur 3 Taartdiagram; Staalgebruik in Europa, © The Steel Index
Figuur 4 Infographic; Slim ontwerp voor treinspoor, © Urgenda
Figuur 5 Infographic; Staalproductie met CO-wasserette, © Urgenda
Figuur 6 Infographic; Waterproductie via elektrolyse met windenergie, © Urgenda
Figuur 7 Taartdiagram; Afvalstroom plastic in Nederland, © RVO
Figuur 8 Infographic; Kunstmestproductie uit aardgas of met duurzame elektrolyse, © Urgenda
Figuur 9 Infographic; Traditionele methode om beton te maken, © SmartCrusher bv
Figuur 10 Infographic; Nieuwe duurzame methode 'SlimBreken' om beton te maken, © SmartCrusher bv
Figuur 11 Infographic; Niveau's van circulariteit voor beton, © J. Cramer, Universiteit Utrecht
Figuur 12 Infographic; Verwerking van plastic tot bouwstenen in de koolstoffabriek, © Urgenda
Figuur 13 Infographic; Papier maken met diepe geothermie, © Urgenda
Figuur 14 Infographic; Circulariteit door symbiose staalindustrie en chemische industrie, © Urgenda
Figuur 15 Grafiek; Capaciteitsfactor Deens windpark Anholt 1, © Energy Numbers, ENS
Figuur 16 Staafdiagram; Kosten eigen auto en zelfrijdende, gedeelde auto, © 'Transforming Personal Mobility', Columbia University

HOOFDSTUK 5

- Figuur 1** Taartdiagram; Verdeling finale energievraag 2013, © Quintel ETM
Figuur 2 Taartdiagram; Verdeling finale energievraag 2030, © Quintel ETM
Figuur 3 Staafdiagram; Primair energieverbruik in Nederland, © Quintel ETM
Figuur 4 Staafdiagram; Ontwikkeling en prognose opgesteld vermogen windenergie op land, © Urgenda
Figuur 5 Balkdiagram; Bezwaar tegen verschillende voorzieningen, © Motivaction
Figuur 6 Kaart; Locaties windparken op zee, © Chris Westra
Figuur 7 Grafiek; Daling maximale subsidie voor wind op zee Chris Westra, Bloomberg
Figuur 8 Vlakdiagram; Scenario voor groei van windenergie op zee tot 2030, © Chris Westra, Urgenda
Figuur 9 Artist's impression; Het windeiland van de toekomst, © We@Sea
Figuur 10 Infographic; Visualisatie benodigd oppervlak zonnepanelen, vergelijking met Texel, © Urgenda
Figuur 11 Infographic; Opbrengst combinatie windenergie en zonne-energie per maand, © Holland Solar
Figuur 12 Grafiek; Nieuw geïnstalleerd vermogen windenergie en voorspellingen van verschillende jaren wereldwijd, © Auke Hoekstra, World Energy Outlook
Figuur 13 Grafiek; Nieuw geïnstalleerd vermogen zonne-energie en voorspellingen van verschillende jaren wereldwijd, © Auke Hoekstra, World Energy Outlook
Figuur 14 Infographic; Prijsontwikkeling van zonnepanelen, © Milieu Centraal
Figuur 15 Staafdiagram; Elektriciteitsproductie uit duurzame bronnen in 2030, © Quintel ETM, Urgenda
Figuur 16 Staafdiagram; Wereldwijde groei duurzame energie, © 'REN21', IRENA

BIJLAGE

- Figuur 1** Tabel; Behaalde doelen Urgenda in Energy Transition Model, © Quintel ETM
Figuur 2 Overzicht; User Interface Quintel Energy Transition Model, © Quintel ETM
Figuur 3 Grafiek; Elektriciteitsvoorziening per uur, © Quintel ETM
Figuur 4 Staafdiagram; Energieverbruik staalindustrie in Energietransitiemodel, © Quintel ETM
Figuur 5 Staafdiagram; Jaarlijkse kosten voor huidige energievoorziening en voor 100% duurzame energie in 2030, © Quintel ETM
Figuur 6 Tabel; Uitkomsten van het Energietransitiemodel, © Quintel ETM
Figuur 7 Staafdiagram; Investering infrastructuur, © Quintel ETM

Stichting Schooldakrevolutie wil iedere school een set zonnepanelen geven



Geef iedere school een set zonnepanelen. Met een eenmalige investering van €100 miljoen wordt 25 jaar lang jaarlijks €10 miljoen op de stroomrekening van scholen bespaard en wordt een vliegwiel voor verdere verduurzaming in beweging gezet. Met €50 miljoen van het rijk en €50 miljoen van (pensioen)fondsen en donateurs ervaren 2,5 miljoen huishoudens met kinderen in één klap dat duurzaam de normaalste zaak is.

‘The time is always right to do what is right.’

Martin Luther King, jr.



REUSE
REDUCE
RECYCLE

WATER- en energiebesparend
CO2-uitstoot 10% lager



urgenda
SAMEN SNELLER DUURZAAM