

ECONOMIE SIMULATIE

DAAR KRIJG JE ENERGIE VAN!



LEERLINGENHANDLEIDING



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

De Praktijk

natuurwetenschappelijk onderwijs & wetenschapscommunicatie

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

Voor meer informatie over de simulatie, e-mail naar foodvalleynetwerk@wur.nl.

Lijkt je dit een leuk onderwerp voor je Profielwerkstuk, of heb je hulp nodig bij je Profielwerkstuk, surf dan naar www.wur.nl/pws of scan onderstaande code.



BSc opleidingen Wageningen University:

Agrotechnologie
Bedrijfs- en Consumentenwetenschappen
Biologie
Biotechnologie
Bodem, Water, Atmosfeer
Bos- en Natuurbeheer
Communicatie en Life Sciences
Dierwetenschappen
Economie en Beleid
Gezondheid en Maatschappij
Internationaal Land- en Waterbeheer
Internationale Ontwikkelingsstudies
Landschapsarchitectuur en Ruimtelijke Planning
Levensmiddelen­technologie
Milieuwetenschappen
Moleculaire Levenswetenschappen
Oriëntatiejaar Life Sciences
Plantenwetenschappen
Tourism (*Engelstalig*)
Voeding en Gezondheid

www.wur.nl/bsc

DAAR KRIJG JE ENERGIE VAN!

LOCATIE: SAMSO

Samsø is een eiland in de Noordzee, een paar uur varen van de Nederlandse kust. Het eiland is lid van de Europese Unie en er wonen ongeveer 15 miljoen mensen.

Op Samsø zijn in de loop der jaren allerlei elektriciteitscentrales gebouwd. Er wordt elektriciteit geproduceerd uit uranium, steenkool, windenergie, aardgas en zonne-energie.



DOEL VAN DE LESSENSERIE

Het Ministerie van Economische Zaken en Energie van Samsø heeft advies nodig om de elektriciteitsvoorziening voor de komende jaren te plannen. Hiervoor is een team van milieueconomen van Wageningen University ingeschakeld om na te denken over een langetermijnplanning, de zogenaamde energietransitie. Zij hebben een model ontwikkeld (de Economie Simulatie), waarmee geëxperimenteerd kan worden met het elektriciteitsaanbod tot en met het jaar 2053.

Jij bent een van de onderzoekers die met behulp van dit model een advies gaat uitbrengen aan de minister van Economische Zaken en Energie. Om een goed onderbouwd advies uit te brengen moet je eerst het model goed begrijpen. Dit doe je in een aantal stappen:

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

1. Deel 1: Energie en economie.

Voordat je aan de slag gaat met de Economie Simulatie ga je eerst dieper in op hoe economie met energie verbonden is.

2. Deel 2: Oefenen met de Economie Simulatie.

In dit deel gebruik je het model om de basisfuncties te leren.

3. Deel 3: Het advies

Je hebt nu genoeg kennis van energie en het model om complexere vraagstukken te beantwoorden. Wil je bijvoorbeeld gebruik maken van subsidies om zonne-energie te stimuleren? Zo ja, heb je daar genoeg budget voor? Of wat verandert er als er een maximum is gesteld aan de jaarlijkse emissies van koolstofdioxide (CO₂)? Door deze vraagstukken mee te wegen in je simulatie stel je een weloverwogen advies op voor de elektriciteitsvoorziening in 2033 en 2053. Dit advies presenteer je als onderzoeker van Wageningen University aan de minister van Economische Zaken en Energie van Samso.



DEEL 1: ENERGIE EN ECONOMIE

Wie het nieuws de afgelopen jaren een beetje heeft gevolgd, weet dat energie een essentiële rol speelt bij het in stand houden van onze welvaart en economie. We gebruiken veel energie, die opgewekt wordt in verschillende typen elektriciteitscentrales. Omdat fossiele brandstoffen dreigen op te raken, maar ook een grote impact hebben op onze leefomgeving wordt er naarstig gezocht naar alternatieven.

In deel 1 ga je dieper in op de raakvlakken tussen economie en energie. Hiervoor wordt de Nederlandse elektriciteitsmarkt als voorbeeld gebruikt.

DE MARKT

- 1.** De elektriciteitsmarkt is een markt waarin elektriciteit wordt aangeboden door een aantal aanbieders.
 - a.** Welke marktform typeert de Nederlandse elektriciteitsmarkt het best?
 - A Monopolie
 - B Oligopolie
 - C Volkomen concurrentie
 - b.** Leg je antwoord bij vraag 1a. uit.

.....

.....

- c.** Is elektriciteit een heterogeen of homogeen product? Leg je antwoord uit.

.....

.....

.....

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

Op de Nederlandse elektriciteitsmarkt is een aantal spelers actief. Deze spelers zijn te verdelen in producenten, leveranciers, handelaren en netbeheerders. Tot slot is er de Energiekamer, een dienst van de Nederlandse Mededingingsautoriteit, die toezicht houdt op de markt en daarmee goed het Nederlandse elektriciteitsbeleid in de gaten houdt. Het Nederlandse elektriciteitsbeleid is gebaseerd op een drie-eenheid: **betaalbaar**, **betrouwbaar** en **schoon**.

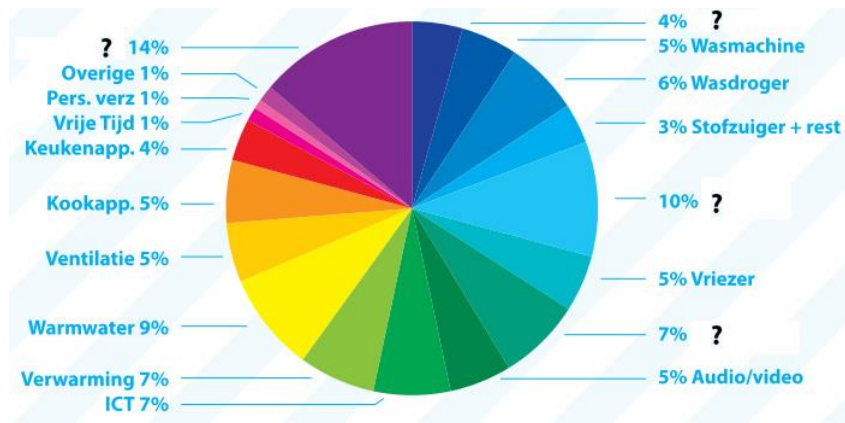
2. Welk belang vindt jij dat het zwaarst moet wegen in het Nederlandse elektriciteitsbeleid? Overleg met een klasgenoot en leg uit waarom.

.....

.....

DE VRAAG

De vraag naar elektriciteit ontstaat doordat allerlei verschillende partijen energie gebruiken. Een van die partijen is je eigen huishouden. Hieronder zie je een cirkeldiagram die de verdeling van elektriciteitsgebruik van apparaten voor een gemiddeld huishouden weergeeft.



Figuur 1: Verdeling elektriciteitsgebruik van apparaten

3. Bij een paar percentages in het cirkeldiagram staat geen apparaat. Vul deze lege plekken in met de volgende apparaten: koelkast, vaatwasser, verlichting en televisie.

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

4. Wat voor een trend verwacht jij voor de vraag naar elektriciteit voor de komende 10 jaar? Gaat de vraag naar elektriciteit dalen, stijgen, of blijft deze gelijk? Waardoor? Wat voor gevolgen heeft dit voor de prijs van elektriciteit? Overleg met een klasgenoot en leg je antwoord uit. Gebruik maximaal 100 woorden.

.....

.....

.....

HET AANBOD

5. De Nederlandse overheid streeft naar een aandeel van duurzame energie in 2020 van 16 procent en een volledig duurzame energievoorziening in 2050. Bekijk op de volgende websites de definitie van duurzame energie:

- http://nl.wikipedia.org/wiki/Duurzame_energie
- <http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/duurzame-energie>
- <http://www.milieucentraal.nl/themas/bronnen-van-energie/duurzame-energiebronnen>

a. Wat zijn de overeenkomsten in de definities?

.....

.....

b. Geef je eigen definitie van duurzame energie gebaseerd op de definities van de verschillende websites.

.....

.....

Onder energie wordt zowel warmte als elektriciteit verstaan. De Economie Simulatie, waar je in deel 2 mee aan de slag gaat, behandelt alleen elektriciteit. De elektriciteitsvoorziening wordt opgewekt door een mix van energiebronnen. Er wordt o.a. elektriciteit gewonnen uit uranium, steenkool, aardgas, olie, wind en zon. Deze energiebronnen komen ook aan de orde in de Economie Simulatie.

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

c. Maak een inschatting welk aandeel elke energiebron in de Nederlandse elektriciteitsmix van 2010 had. Kies uit: 0,1%, 4%, 4%, 6%, 20%, 60%. Elk percentage komt één keer voor. Elektriciteitsopwekking uit biomassa is 6% en wordt niet meegenomen in de Economie Simulatie.



Uranium:



Olie:



Steenkool:



Wind:



Aardgas:



Zon:

HET EVENWICHT

6. Vraag en aanbod van elektriciteit moeten altijd aan elkaar gelijk zijn. Hierdoor ontstaat een evenwicht op de markt.

a. Waarom moet er altijd een evenwicht op de elektriciteitsmarkt aanwezig zijn?

.....

.....

b. Er zijn verschillende manieren om ervoor te zorgen dat de vraag en het aanbod van elektriciteit goed op elkaar afgestemd blijven.

1. Markten zijn goed met elkaar verbonden
2. Gebruik van waterkrachtcentrales (buffercentrales)

Kies een van de twee voorbeelden en leg uit hoe deze maatregelen ervoor zorgen dat vraag en aanbod goed op elkaar afgestemd blijven.

.....

.....

.....

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

Doordat elektriciteit steeds meer wordt opgewekt met duurzame energiebronnen zoals wind- en zonne-energie, wordt het aanbod van elektriciteit steeds wisselvalliger. Er komen meer pieken en dalen, met gevolgen voor de elektriciteitsprijs.

c. Duitsland is koploper in Europa in gebruik van duurzame energie en is goed verbonden met de Nederlandse markt. Wat is het gevolg voor de Nederlandse elektriciteitsprijs als het hard waait bij onze oosterburen?

.....

.....

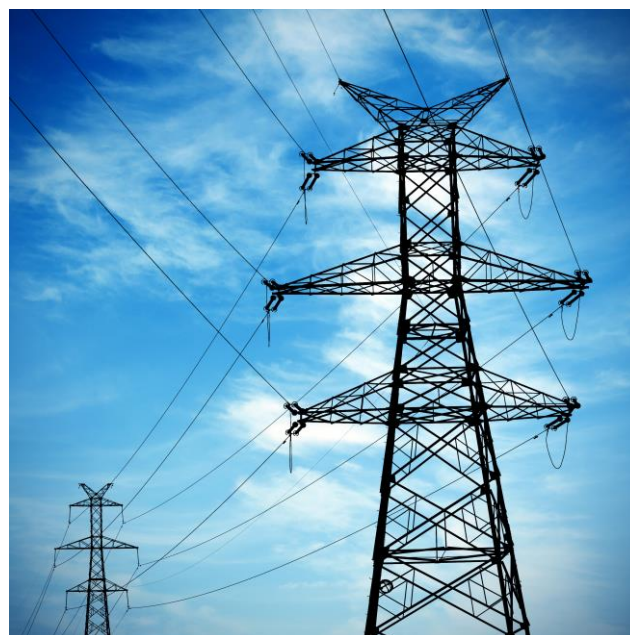
In Nederland houdt TenneT goed in de gaten dat er een evenwicht op de elektriciteitsmarkt aanwezig is. TenneT is eigenaar van het Nederlandse hoogspanningsnet en transporteert elektriciteit om zo evenwicht te garanderen.

d. De Nederlandse staat is voor 100% aandeelhouder in TenneT. TenneT is dus een staatsbedrijf. Waarom zou dit zijn?

.....

.....

.....



DEEL 2: OEFENEN MET DE ECONOMIE SIMULATIE

Open de Economie Simulatie. Je kunt de Economie Simulatie vinden op: <http://www.betasimulaties.nl/sims/energy/>.

BASISINFORMATIE

De Economie Simulatie is gemaakt in samenwerking met de leerstoelgroep Milieueconomie en Natuurlijke Hulpbronnen van Wageningen University en geeft inzicht in de elektriciteitsmarkt van het eiland Samsø.

De simulatie start in het jaar 2013 waar de elektriciteitsvoorziening al bekend is. In 2033 en 2053 ga je aan de slag om zelf een energievoorziening te creëren. Voordat het echter zo ver is, ga je eerst oefenen met de Economie Simulatie en een aantal energiebegrippen.

In de tabel hieronder staan alle gegevens van de Economie Simulatie samengevat. Deze informatie heb je nodig wanneer je werkt met de Economie Simulatie.

Begrip	Eenheid	Type elektriciteitscentrale				
		Nucleair	Kolen	Wind	Gas	Zon
Capaciteit	TWh	4,320	2,576	0,008	2,400	0,027
Aanschafprijs	mld euro / TWh	1,181	0,466	0,560	0,267	1,9161
Aanschafprijs	mld euro / centrale (of molen of 10.000 panelen)	5,100	1,200	0,004	0,640	0,053
CO ₂ -uitstoot	kg CO ₂ / kWh	0,066	0,900	0,012	0,450	0,077
Marginale kosten	ct / kWh	2,5	2,8	4,0	4,6	19,6

Tabel 1: Samenvatting gegevens van elk type elektriciteitscentrale

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

BELANGRIJKE BEGRIPPEN

Capaciteit

Het aanbod van een elektriciteitscentrale is de hoeveelheid elektriciteit die geleverd wordt. Dit wordt de **effectieve capaciteit** genoemd, in het kort **capaciteit**. Capaciteit wordt uitgedrukt in hoeveelheid Watt per uur. Een kerncentrale heeft bijvoorbeeld een capaciteit van 4,320 terawattuur (TWh). Dit betekent dat deze centrale jaarlijks 4,320 TWh aan elektriciteit levert. Zoals je uit de tabel kunt afleiden staat **1 TWh gelijk aan 1.000.000.000 kWh!** Om je een voorbeeld te geven: een gemiddeld huishouden verbruikt 3.500 kWh aan stroom. Een kerncentrale levert dus jaarlijks elektriciteit aan ruim 1,2 miljoen huishoudens!

Factor	Begrip	Symbol
10 ⁰ Wh	x wattuur	Wh
10 ³ Wh	x kilowattuur	kWh
10 ⁶ Wh	x megawattuur	MWh
10 ⁹ Wh	x gigawattuur	GWh
10 ¹² Wh	x terawattuur	TWh

Tabel 2: Wattuur grootheden

Andere begrippen

De **aanschafprijs** van een type elektriciteitscentrale staat gelijk aan de vaste kosten. In de Economie Simulatie wordt deze uitgedrukt per type centrale en per TWh. Let op dat wind wordt uitgedrukt *per molen* en zon per *10.000 panelen*. Een eenheid zon staat dus voor 10.000 panelen.

De variabele kosten worden uitgedrukt door de **marginale kosten** (MK).

De **CO₂-uitstoot** is uitgedrukt in kg/kWh en geeft in dit geval de zogenaamde *lifecycle*-emissies weer. Dit houdt in dat er niet alleen rekening gehouden wordt met de productie van elektriciteit, maar óók bijvoorbeeld met de CO₂ die is uitgestoten bij:

1. de winning van de energiebron
2. het transport
3. de bouw van de elektriciteitscentrale (dan wel windmolen of zonnepaneel)

In de Economie Simulatie is er sprake van een **endogene prijs**. Het marktevenwicht wordt bepaald door het snijpunt van de gegeven vraaglijn met de getrapte aanbodlijn. Hierdoor simuleert het model een markt van volkomen concurrentie waarin de marginale opbrengst in het evenwicht gelijk is aan de marginale kosten.

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

OEFENEN MET DE ECONOMIE SIMULATIE

De komende vragen gaan over het eiland Samsø. De vraagfunctie van Samsø in het jaar 2013 wordt weergegeven met de volgende functie:

$$q = 120 - 3p .$$

Hier staat q voor de vraag naar elektriciteit in TWh en p voor de marginale kosten (MK) in cent per kWh. Omdat elektriciteitsproducenten winst-maximaliserende ondernemers zijn, zullen zij alleen produceren wanneer de prijs hoger is dan hun marginale kosten (MK). Dit betekent dat centrales met de laagste MK als eerste worden ingezet. Je kunt de MK vinden in de infosheets van elke elektriciteitscentrale. In de Economie Simulatie heeft energie opgewekt door kerncentrales de laagste MK (2,5 ct/ kWh), vandaar dat het aanbod van kerncentrales helemaal links in de Economie Simulatie is weergegeven. De verschillende technologieën zijn dus geordend op volgorde van oplopende marginale kosten.

1. Bekijk in de Economie Simulatie de vraagcurve en getrapte aanbodcurve van elektriciteit van het jaar 2013.

a. Leg uit wat er wordt weergegeven op de twee assen van de grafiek.

.....
.....

b. Hoeveel elektriciteit (TWh) wordt er in 2013 geproduceerd door kerncentrales? Aan hoeveel kWh is dit gelijk?

.....

c. Wat is de evenwichtsprijs en -hoeveelheid voor elektriciteit in het jaar 2013?

.....

d. Bereken het consumenten- en producentensurplus voor dit jaar (**tip:** maak gebruik van de 'Export' knop in de Economie Simulatie om de productiehoeveelheden te achterhalen).

.....
.....

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

e. Bereken de kostprijs van deze kerncentrale in ct/kWh over de gehele levensduur (40 jaar). De kostprijs is opgebouwd uit variabele en constante kosten. De restwaarde van de centrale bedraagt 0.

.....

.....

.....

2. Open de Economie Simulatie en ga vervolgens naar 2033.

a. Probeer een optimaal aanbod te creëren voor de volgende scenario's **en zorg dat er een evenwicht is op de elektriciteitsmarkt**. Vul de aantallen van elk type elektriciteitscentrale in 2033 in de onderstaande tabel.

scenario	Nucleair	Kolen	Wind	Gas	Zon	
zo laag mogelijk marginale kosten						MK:
zo laag mogelijk besteed budget						Budget:
zo laag mogelijke CO ₂ -emissies						CO₂:

b. Vergelijk je resultaten met enkele klasgenoten. Bespreek de verschillen en overeenkomsten. Had iemand betere resultaten? Zo ja, geef aan bij welk scenario en hoe de resultaten optimaler waren.

scenario	Nucleair	Kolen	Wind	Gas	Zon	
zo laag mogelijk marginale kosten						MK:
zo laag mogelijk besteed budget						Budget:
zo laag mogelijke CO ₂ -emissies						CO₂:

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

c. Reset het aanbod in 2033 en ga naar 2053. Wat gebeurt er? Leg je antwoord uit aan de hand van de vraag- en aanbodcurve.

.....

.....

d. Wat moet je doen in de Economie Simulatie om de situatie uit vraag c. te voorkomen? Leg je antwoord uit aan de hand van de vraag- en aanbodcurve.

.....

.....

SCHONE ENERGIE

Bondskanselier Merkel besloot in 2011 om alle 17 Duitse kerncentrales uiterlijk in 2022 te sluiten. Dit resulteerde in veel ophef onder energieleveranciers. Voor een kort artikel hierover zie:

<http://nos.nl/op3/artikel/244638-waar-haalt-duitsland-stroom-vandaan-als-kerncentrales-sluiten.html>

3. Het besluit om kernenergie uit te faseren zorgt ervoor dat een deel van het energieaanbod moet worden opgevangen door andere energiebronnen. Een mogelijke oplossing is windenergie. Ook Samsø heeft mogelijkheden om windenergie in te zetten in de energiemix. Samsø is een windrijk eiland in de zeer winderige Noordzee.

Windenergie kent naast kernenergie ook negatieve effecten, ook wel externaliteiten genoemd. Leg uit wat externaliteiten zijn en gebruik hierbij het voorbeeld van windenergie.

.....

.....

.....

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

4. In de Economie Simulatie is het ook mogelijk om subsidies toe te kennen aan elektriciteitsopwekking door middel van zonnepanelen. Subsidies worden jaarlijks toegekend en staan vast voor een periode van 20 jaar. Wanneer subsidies worden toegekend, is dit in de grafiek terug te zien. De marginale kostprijs daalt met het subsidiebedrag in centen. Het verschil tussen de originele en de nieuwe marginale kostprijs wordt weergegeven door het transparante oranje gebied.

Reset het aanbod en vul in het jaar 2033 de volgende aantallen in:

Nucleair:	1
Kolen:	10
Wind:	250
Gas:	10
Zon:	500

a. Bereken het bedrag dat in totaal aan subsidies wordt uitgegeven wanneer men 2 cent subsidie per kWh opgewekte zonne-energie uitgeeft voor een periode van 20 jaar. Let op, de subsidie wordt alleen toegekend voor zonnepanelen die gebruikt worden om te voldoen aan de vraag! Net als bij vraag 1d. kan de export-knop wederom van pas komen bij het beantwoorden van deze vraag.

.....

.....

.....

Een punt van kritiek is dat door subsidie te verstrekken het begrotingstekort van de overheid zal toenemen. Voorstanders van deze subsidie weerleggen deze kritiek als volgt: als de subsidie het beoogde effect sorteert, zal die zichzelf grotendeels terugverdienen via de overheidsontvangsten.

b. Beschrijf hoe de subsidie via de overheidsontvangsten kan worden terugverdiend.

.....

.....

.....

DEEL 3: HET ADVIES

Geachte onderzoekers,

Uit naam van de minister van Economische Zaken en Energie van Samsø verzoeken wij u een advies uit te brengen voor de elektriciteitsvoorziening van ons eiland in 2033 en 2053. U heeft hiervoor samen met collega's van Wageningen University een model gebouwd en naar aanleiding van uw ervaringen ontvangen wij graag een gedetailleerd en goed onderbouwd advies. U geeft een advies, vanuit het oogpunt van een van de belangengroepen.

Er zullen meerdere teams van onderzoekers door ons benaderd worden, waarna wij het beste advies ten uitvoer zullen brengen. Wij willen u vragen om u bij het opstellen van het advies aan onderstaande richtlijnen te houden.

Richtlijnen

1. Het ministerie heeft een bedrag van **65 miljard euro** beschikbaar gesteld om de benodigde elektriciteitscentrales aan te schaffen.
2. Het eiland Samsø dient zich net als de rest van de Europese Unie te houden aan de afspraken om de hoeveelheid broeikasgassen terug te dringen. **In 2053 moet de uitstoot van koolstofdioxide met minimaal 50% afgenomen zijn ten opzichte van 2013.**
3. In 2053 dient **minimaal 50%** van de aangeboden elektriciteit opgewekt te worden met **duurzame energiebronnen**.
4. U kiest een van de belangengroepen voordat u het advies opstelt en laat hun belang meewegen in het onderzoek en formulering van het advies.
5. Voor het aanleveren van het advies willen wij u vragen bijgevoegd formulier (bijlage 1) te gebruiken én uw beslissingen over de periodes 2033 en 2053 te verantwoorden door het resultaat van uw simulaties in de Economie Simulatie uit te printen en bij te voegen. Dit doet u via de export knop in de Economie Simulatie.

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

BIJLAGE 1: HET ADVIES

Formulier t.b.v. de elektriciteitsvoorziening van Samsø

Namen indieners:

.....

Geef aan welk belang u bij uw advies heeft benadrukt:

#	Vertegenwoordiger van belangengroep	Kerndoel
	Consumentenorganisatie: Consumentenbond	Betaalbaar
	Netbeheerder: TenneT B.V.	Betrouwbaar
	Milieu-organisatie: Greenpeace	Schoon

Vul de onderstaande tabel in:

		2013	2033	2053	Richtlijnen 2053
Nucleair	#	1			
Kolen	#	10			
Wind	#	250			
Gas	#	10			
Zon	#	200			
Subsidies	ct / kWh	0			
Aandeel nucleair, kolen, gas	%				
Aandeel wind, zon	%				Minimaal 50%
Evenwichtshoeveelheid	TWh				
Evenwichtsprijs	ct				
Besteed budget periode	miljard euro				
Besteed budget cumulatief	miljard euro	0			Maximaal 65 miljard Euro
CO₂ uitstoot periode	ton/jaar				
CO₂ uitstoot cumulatief	ton/jaar	34.708.920			50% reductie t.o.v. 2013

Economie simulatie

Leerlingenhandleiding

Beschrijving advies (max. 300 woorden): geef aan welke keuzes u heeft gemaakt en beargumenteer deze.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....