

MILIEURAPPORT
VLAANDEREN

MIRA

Systemebalans 2017



Vlaanderen
is milieu

VLAAMSE
MILIEUMAATSCHAPPIJ



MILIEURAPPORT
VLAANDEREN

— **MIRA**

Systemebalans 2017

Milieu-uitdagingen voor het energie-, mobiliteits-
en voedingssysteem in Vlaanderen

INHOUD

INLEIDING [7](#)

1 Energiesysteem [12](#)

INLEIDING [14](#)

MAATSCHAPPELIJKE ONTWIKKELINGEN EN ACTIVITEITEN [17](#)

Vraagzijde van het energiesysteem [17](#)

Energiegebruik in Vlaanderen [17](#)

Trend naar minder energie-intensieve economie zet verder door [19](#)

Energiedragers: fossiele brandstoffen dominant [19](#)

Energiediensten: klimaatregeling & warm water op de eerste plaats [23](#)

Aanbodzijde van het energiesysteem [24](#)

Import domineert invulling van de energievraag [24](#)

Levering fossiele brandstoffen: mogelijke rendementswinst beperkt [25](#)

Centrale stroomproductie: slechts twee vijfde primaire energie omgezet in nuttige energie voor eindgebruikers [27](#)

Warmte-krachtkoppeling staat in voor meer dan een kwart van de stroomproductie [29](#)

De drie sporen van hernieuwbare energie [29](#)

Verschuiving van centrale naar decentrale energieproductie doet grens tussen vraag- en aanbodzijde vervagen [31](#)

MILIEUVERSTORINGEN [31](#)

Milieuverstoringen door het energiesysteem [31](#)

Energiegebruik heeft grootste aandeel in luchtverontreiniging [33](#)

OPLOSSINGSRICHTINGEN [34](#)

Naar een koolstofarme economie tegen 2050 [34](#)

Energietransitie: een huis met vele kamers [35](#)

Vraagzijde van het energiesysteem [35](#)

Aanbodzijde van het energiesysteem [37](#)

Integratie van vraag- en aanbodzijde [38](#)

Klaar voor de start [39](#)

REFERENTIES [40](#)

2 Mobiliteitssysteem [42](#)

INLEIDING [44](#)

MAATSCHAPPELIJKE ONTWIKKELINGEN EN ACTIVITEITEN [45](#)

Ruimtegebruik en mobiliteit beïnvloeden elkaar [45](#)

Drie grote groepen van verplaatsingsmotieven [47](#)

Aantal afgelegde personenkilometers met gemotoriseerd personenvervoer blijft stijgen **47**

Geen verdere modale verschuiving bij het gemotoriseerd personenvervoer de laatste jaren **49**

Sterke verdieselijking wagenpark afgeremd **50**

MILIEUVERSTORINGEN 51

Transport nog steeds belangrijke emissiebron van schadelijke stoffen **51**

NO_x-emissie personenwegverkeer weinig gedaald **53**

Belang van niet-uitlaatemissie van fijn stof wordt groter **53**

Vooraf benzinevoertuigen stoten NMVOS uit **55**

Verkeersemisies: conclusies **55**

Druk verkeer beïnvloedt luchtkwaliteit **55**

Te hoge NO₂-concentraties op verkeersdrukke plaatsen en in *street canyons* **55**

EU-jaargrenswaarde voor fijn stof gehaald, maar voldoende ambitieus? **57**

NO_x-emissies van wegverkeer spelen complexe rol in ozonverontreiniging, langetermijndoelstellingen voor ozonconcentraties nog niet bereikt **59**

Luchtkwaliteit: conclusies **61**

Gezondheidseffecten door milieuverstoreningen **61**

Milieuverstoreningen kosten de Vlaming gemiddeld 1 gezond levensjaar **61**

Vooraf langdurige blootstelling aan PM_{2.5} bepaalt de gezondheidsimpact door fijn stof **63**

Ademhalingsklachten door blootstelling aan verhoogde ozonconcentraties **63**

Verkeer belangrijkste bron van geluidshinder **64**

OPLOSSINGSRICHTINGEN 64

Betere ruimtelijke ordening leidt tot minder mobiliteitsproblemen **65**

Duurzame modi verdienen voorrang **65**

Financiële stimuli kunnen het verplaatsingsgedrag sturen **66**

Technologische verbeteringen zullen niet alle problemen oplossen **66**

Nieuwe socio-economische ontwikkelingen bieden nieuwe perspectieven **67**

De overheid speelt een sleutelrol **67**

Het belang van individuele keuzes **68**

REFERENTIES 68

3 Voedingssysteem **72**

INLEIDING **74**

MAATSCHAPPELIJKE ONTWIKKELINGEN EN ACTIVITEITEN **75**

Hoe ziet ons consumptiepatroon eruit? **75**

Consument geniet van ruim voedselaanbod tegen lage prijzen **75**

Vleesconsumptie is hoog **75**

... maar wel dalend? **75**

Welke patronen zien we in de landbouwproductie? **77**

Evolutie naar steeds minder maar grotere Vlaamse landbouwbedrijven zet door **77**

Intensieve landbouw is niet op alle vlakken even efficiënt **78**

Lage marges geven minder ruimte voor duurzamere productie **78**

MILIEUVERSTORINGEN **79**

Broeikasgasemissies **79**

Koolstofvoetafdruk voedingsconsumptie ontstaat grotendeels buiten Vlaanderen **79**

Landbouw en energiesector leveren grootste bijdrage aan koolstofvoetafdruk
voedselconsumptie **81**

Emissies van biologische processen vormen de grootste uitdaging voor de
Vlaamse landbouw **81**

Landbouw ondervindt de gevolgen van klimaatverandering **83**

... maar kan ook bijdragen aan de buffering ervan **83**

Stikstofverliezen in de landbouw **83**

Landbouw zorgt voor de helft van stikstofverliezen naar het milieu **83**

Ondanks verstrengd mestbeleid stagneert ammoniakemissie **83**

Nitratconcentratie in oppervlakte- en grondwater landbouwgebied daalt te traag **85**

Stikstofverliezen schaden de natuur **85**

OPLOSSINGSRICHTINGEN **87**

Milieu-uitdagingen vragen structurele innovaties in het hele voedingssysteem **87**

Werken op alle fronten tegelijk **87**

Oplossingsrichting 1: Anders eten **88**

Lagere consumptie van dierlijke producten **88**

Minder voedsel verspillen voorkomt onnodige milieudruk **88**

Alternatieve eiwitbronnen kunnen dierlijke producten vervangen **88**

Aanhaken bij nieuwe trends **89**

Oplossingsrichting 2: Anders produceren en verdienen **89**

Efficiënter en meer circulair produceren binnen de grenzen van de milieugebruiksruimte **89**

Zorgvuldiger produceren en sluiten van lokale kringlopen **90**

Verdienmodellen met hogere toegevoegde waarde voor landbouwer nodig **90**

Milieu-impact doorheen de hele voedselketen moet verminderen **91**

Oplossingsrichting 3: Anders vermarkten, (ver)delen en verbinden **91**

Milieu- en sociale kosten integreren in de voedselprijs **91**

Samenwerken in de keten **91**

Anders vermarkten en verbinden **91**

Alle neuzen in dezelfde richting **92**

REFERENTIES **93**

LIJST VAN FIGUREN EN TABELLEN

- Figuur 1.1: Stroomschema energiegebruik en aandelen energiedragers in primair energiegebruik (Vlaanderen, 2014) **16**
- Figuur 1.2.a: Evolutie energie-intensiteit (Vlaanderen, 2000-2014) **18**
- Figuur 1.2.b: Evolutie energie-intensiteit (Vlaanderen, België en buurlanden, 2003-2014) **18**
- Figuur 1.3: Evolutie van het energetische energiegebruik per sector opgedeeld naar energiedrager (Vlaanderen, 2000-2014) **20**
- Figuur 1.4: Energetisch eindgebruik per energiedrager opgedeeld naar sectoren (Vlaanderen, 2014) **20**
- Figuur 1.5: Energetisch eindgebruik per energiedienst opgedeeld naar sector (Vlaanderen, 2014) **22**
- Figuur 1.6: Energetisch energiegebruik per energiedienst opgedeeld naar energiedrager (Vlaanderen, 2014) **22**
- Figuur 1.7: Energiebalans en nettorendement centrale stroom- en warmteproductie (Vlaanderen, 1990-2014) **26**
- Figuur 1.8: Inzet hernieuwbare energie (Vlaanderen, 2005-2014) **28**
- Figuur 1.9: Aandeel van energiegebruik, energieproductie & -verdeling en niet-energiegebonden activiteiten in de milieudruk (Vlaanderen, 2000*, 2010, 2014*) **32**
- Figuur 1.10: Evolutie van het BBP en van de CO₂-uitstoot vanuit historisch perspectief en onder een scenario met transitie naar een koolstofarme economie (België, 1970-2030) **36**
- Figuur 2.1: Relatie ruimtegebruik en mobiliteit **46**
- Figuur 2.2: Personenkilometers van het gemotoriseerd personenvervoer (wegverkeer en spoor), aantal private huishoudens en bevolkingsaantal (Vlaanderen, 2000-2015) **46**
- Figuur 2.3: Modale verdeling van het aantal personenkilometers afgelegd met gemotoriseerde modi (Vlaanderen, 2000 en 2012) **48**
- Figuur 2.4: Aandeel van de sector transport in de milieudruk (Vlaanderen, 2014) **52**
- Figuur 2.5: Uitlaat- en niet-uitlaatemissie van luchtpolluenten NO_x, PM_{2,5}, PM₁₀, NMVOS en Pb door de sector transport (Vlaanderen, 2000-2014) **52**
- Tabel 2.1: Overzicht EU-doelstellingen en WGO-advieswaarden luchtkwaliteit **54**
- Figuur 2.6: Gemodelleerde ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde NO₂-concentraties in lucht (Vlaanderen, 2015) **56**
- Figuur 2.7: Gemodelleerde opbouw van de NO₂-concentraties in een straat met druk verkeer **56**
- Figuur 2.8: Gemodelleerde ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde PM_{2,5}-concentratie getoetst aan EU-grenswaarde (boven) en WGO-advieswaarde (onder) (Vlaanderen, 2015) **58**
- Figuur 2.9: Jaargemiddelde concentratie zwarte koolstof per typegebied (Vlaanderen, 2007-2015) **60**
- Figuur 2.10: Gemodelleerde ruimtelijke spreiding van het aantal ozonoverschrijdingsdagen (NET60ppb-max8u) (Vlaanderen, 2015) **60**
- Figuur 2.11: Verloren gezonde levensjaren door blootstelling aan fijn stof (Vlaanderen, 2005-2015) **62**
- Figuur 3.1: Evolutie van de vleesconsumptie (België, 2005-2015) **76**
- Figuur 3.2: Evolutie van de veestapel volgens diercategorie (Vlaanderen, 1990-2015) **76**
- Figuur 3.3: Broeikasgasemissies veroorzaakt door de productie en distributie van voedingsmiddelen aangekocht door Vlaamse huishoudens (koolstofvoetafdruk voedingsmiddelen), opgesplitst over de emitterende sectoren en volgens geografische oorsprong (2010) **80**
- Figuur 3.4: Toegevoegde waarde gecreëerd door de productie en distributie van voedingsmiddelen aangekocht door Vlaamse huishoudens, opgesplitst over sectoren en volgens geografische oorsprong (2010) **80**
- Figuur 3.5: Evolutie van de broeikasgasemissies door de landbouw (akker- en tuinbouw en veeteelt) en de voedingsindustrie, opgesplitst per emissiebron (Vlaanderen, 1990-2014) **82**
- Figuur 3.6: Evolutie van de ammoniakemissie (NH₃) door de landbouw (akker- en tuinbouw en veeteelt), opgesplitst per emissiebron (Vlaanderen, 1990-2014) **82**

Figuur 3.7: Evolutie van gemiddelde nitraatconcentratie en het percentage meetpunten met overschrijding van de drempelwaarde gelegen in oppervlaktewater landbouwgebied (Vlaanderen, 1999-2016) **84**

Figuur 3.8: Eco-efficiëntie (EE) van de landbouw voor een aantal milieuparameters (Vlaanderen, 1990-2014) **86**

INLEIDING

Indicatorrapportering met een systeemplens

MIRA volgt sinds 'jaar en dag' de milieutoestand in Vlaanderen op met behulp van indicatoren. Hoe zit het met de luchtkwaliteit? Wat zijn de belangrijkste bronnen van waterverontreiniging? Wat is de impact van milieuverstoring op de gezondheid? Beleidsmakers en geïnteresseerden kunnen een beroep doen op een set van een 200-tal actuele indicatoren op www.milieurapport.be om dergelijke vragen te beantwoorden. Indicatoren zijn bovendien ook geschikte bouwstenen om milieuproblemen te documenteren en te analyseren. Door de informatie van verschillende indicatoren samen te brengen, kunnen nieuwe inzichten ontstaan en neemt de informatiewaarde toe.

De MIRA-indicatoren tonen aan dat de milieukwaliteit op verschillende vlakken verbetert maar dikwijls te traag om de doelstellingen te bereiken. Ook worden we meer en meer geconfronteerd met hardnekkige milieuproblemen, zoals klimaatverandering en aantasting van de biodiversiteit. Als we onze welvaart willen behouden binnen de planetaire grenzen, dan zijn er ingrijpende veranderingen nodig in de manier waarop we consumeren & produceren, wonen, werken, eten en ontspannen. Maatschappelijke systemen lopen tegen hun grenzen aan: we staan voor de uitdaging om aan onze huidige én toekomstige behoeften te voldoen binnen de draagkracht van onze aarde. Vandaar de keuze voor een systeemplens in deze publicatie. Een systeembenadering laat immers toe om zowel de complexiteit van de milieuproblemen als de hefboomen voor de noodzakelijke veranderingen in beeld te brengen. Gezonde systemen zijn voldoende veerkrachtig, zelforganiserend en hiërarchisch gestructureerd. Maar te dikwijls worden deze kenmerken in de weegschaal, de balans, gelegd met productiviteit en uniformiteit, met als resultaat minder

goed functionerende systemen. Een evaluatie dringt zich op.

Met deze nieuwe publicatie 'Systeembalans' willen we onderzoeken hoe belangrijke maatschappelijke systemen presteren op milieuvlak, waar er weeffouten optreden en welke verbeteringen nodig zijn. We willen onderzoeken in welke mate deze systemen al dan niet in balans zijn op milieuvlak en welke systeemveranderingen zich opdringen. De urgentie, omvang en geografische reikwijdte van de milieu-uitdagingen vragen immers structurele innovaties in de verschillende systeemcomponenten en bij de betrokken actoren.

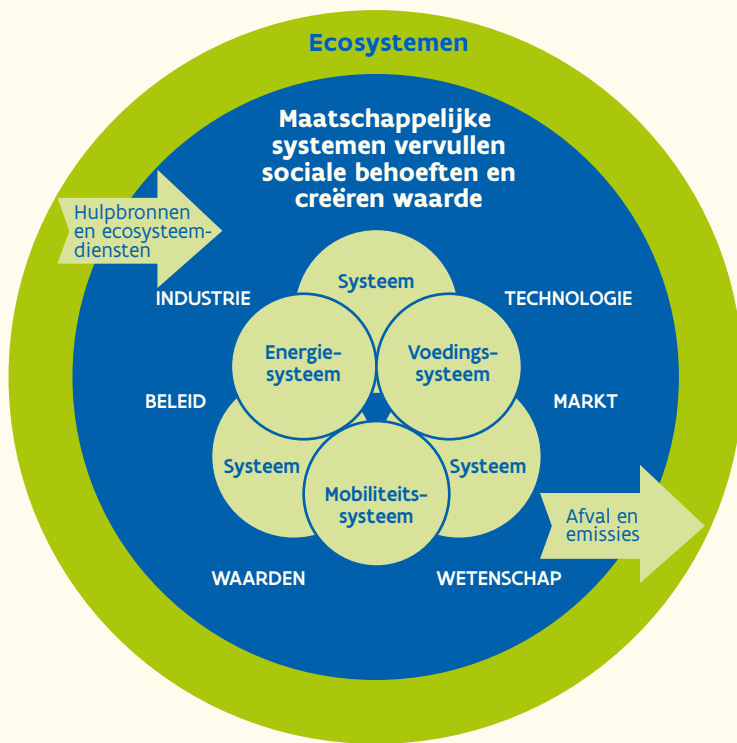
Het MIRA-rapport 'Megatrends' (2014)¹ bracht drie socio-technische systemen voor het voetlicht: energie, mobiliteit en productie & consumptie, met ruimtelijke ordening als vierde 'systeem'. Voor de voorliggende publicatie viel onze keuze op het energiesysteem, het mobiliteitssysteem en het voedingssysteem (dit laatste als onderdeel van het algemene productie- & consumptiesysteem). Merk op dat ook het Megatrendsrapport tot de conclusie kwam dat maatschappelijke systemen duurzamer, veerkrachtiger en dus toekomstbestendiger moeten worden gemaakt.

De voorliggende Systeembalans is ten gronde een indicatorgebaseerde analyse, aangevuld met informatie die nog ontbreekt in de huidige set van MIRA-indicatoren (bv. energiegebruik door de verschillende energiediensten). Het kan hierbij ook gaan over informatie uit recente onderzoeksprojecten uitgevoerd in opdracht van MIRA (bv. koolstofvoetafdruk van de voedselconsumptie).

Met deze publicatie willen we informatie die meer verscholen zit in de indicatoren op de

¹ VMM (2014) Megatrends: ingrijpend, maar ook ongrijpbaar? Hoe beïnvloeden ze het milieu in Vlaanderen. MIRA Toekomstverkenning 2014, Vlaamse Milieumaatschappij. www.milieurapport.be

Figuur Belangrijke maatschappelijke systemen vervullen verschillende menselijke behoeften maar zijn ook belangrijke veroorzakers van milieuverstoring.



Bron: EEA 2016, Sustainability transitions: Now for the long term. Eionet report No1/2016.

De langetermijnvisie van het 7^{de} Milieuactieprogramma van de Europese Unie 'Goed leven, binnen de grenzen van onze planeet':

"In 2050 leiden we een goed leven, binnen de ecologische grenzen van de planeet. Onze welvaart en onze gezonde natuurlijke omgeving zijn te danken aan een innovatieve kringlooeconomie waarin niets wordt verspild en waarin natuurlijke hulpbronnen duurzaam worden beheerd en de biodiversiteit wordt beschermd, naar waarde geschat en hersteld op manieren die de veerkracht van onze samenleving versterken. Onze koolstofarme groei is al lang losgekoppeld van het gebruik van hulpbronnen en geeft de toon aan voor een veilige en duurzame mondiale maatschappij".

voorgond brengen. We doen dit door een weloverwogen selectie van figuren en cijfers, die we uitvoerig voorzien van duiding. Deze publicatie past dus binnen de MIRA-opdracht van

toestandsbeschrijving en is door zijn inhoud en vorm complementair aan de individuele indicatoren op www.milieurapport.be.

Wat kan je (niet) verwachten van de voorliggende Systeembalans

Welke (deel)systemen liggen aan de basis van de milieudruk in Vlaanderen en welke verbeteringen zijn er nu al zichtbaar? Waar loopt het op milieuvlak nog spaak? Welke oplossingen komen in beeld? Dit waren de vragen die de auteurs van deze nieuwe publicatie voorgelegd kregen (zie ook **figuur**).

Elk van de drie systeemhoofdstukken heeft eenzelfde opbouw en start met een beschrijving van de structuur en de werking van het systeem, en de resulterende milieu-uitdagingen. In deze inleiding wordt ook de gekozen focus toegelicht. Zo wordt bij het energiesysteem de vraagzijde, met de verschillende energiediensten, geplaatst tegenover de aanbodzijde. Voor het mobiliteitssysteem wordt voornamelijk ingezoomd op het personenvervoer en de link met luchtkwaliteit en gezondheid; het voedingsstelsel gaat dieper in op twee belangrijke milieu-uitdagingen, namelijk klimaatverandering en vermessing.

Na de inleiding volgt een bespreking van de maatschappelijke ontwikkelingen en activiteiten, hoofdzakelijk aan de hand van MIRA-indicatoren (bv. energie-intensiteit en inzet hernieuwbare energie bij het energiesysteem). Ook het deel Milieuverstoringen is grotendeels opgebouwd met de hulp van bestaande MIRA-indicatoren (bv. emissies naar de lucht, luchtkwaliteit en impact op gezondheid bij het mobiliteitssysteem).

Elk systeemhoofdstuk sluit af met een beschrijving van mogelijke oplossingsrichtingen: "Wat nu niet goed loopt, kan beter als we het vanaf morgen anders doen". Milieu-uitdagingen vragen immers structurele innovaties in het hele systeem. Merk ook op dat ruimtelijke ordening als oplossing in de drie onderzochte systemen in het vizier komt. De keuzes dienen zich nu aan en met het samenbrengen van oplossingsrichtingen willen we beleidsmakers en stakeholders inspiratie bieden voor de noodzakelijke transitie naar duurzamere systemen. Hoewel we de oplossingsrichtingen in de eerste plaats vanuit een milieu-invalshoek benaderd hebben, kunnen ze ook tegemoet komen aan andere maatschappelijke uitdagingen waarmee de verschillende systemen geconfronteerd worden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de positieve impact van energie-efficiëntie op de energiearmoede en van verplaatsingen te voet of met de fiets op de gezondheid.

Voor de tekst van elk systeemhoofdstuk is een beroep gedaan op de informatie zoals gerapporteerd in de MIRA-indicatorfiches en de basisdata zoals verzameld in de MIRA Kernset Milieudata 2016, beide op de website. Vooral voor het deel 'Oplossingsrichtingen' was het nodig aanvullende of nieuwe informatie te verzamelen, en de geraadpleegde bronnen zijn opgenomen in de referentielijst achteraan elk systeemhoofdstuk. De teksten zijn geschreven door de medewerkers van de dienst Milieurapportering van de Vlaamse Milieumaatschappij en voorgelegd aan experts.

Op weg naar een volwaardige systeembalans

Wat voorligt is nog geen volwaardige systeembalans, daarvoor is het denkwerk onvoldoende ver gevorderd en de informatie onvoldoende ontwikkeld. Niettegenstaande de uitgebreide reeks van 200 MIRA-indicatoren, ontbreekt dikwijls nog systematische informatie om

systeemveranderingen goed op te volgen. Zoals in het verleden het geval was bij MIRA-rapporteringen, moet dit gezien worden als een signaal voor verdere kennisontwikkeling in het algemeen, en indicatorontwikkeling in het bijzonder.

Dikwijls is de impact van oplossingen nog onzeker, vooral als het over nieuwe of vernieuwende richtingen gaat. De impact kan bovendien contextgevoelig zijn, vandaar een pleidooi voor de blijvende studie van globale ontwikkelingen en megatrends. Of breder, een pleidooi voor verdere analyse van kernsystemen. Met de hulp van systeemanalyse kunnen maatschappelijke en fysische processen met elkaar in verband worden gebracht. Systeemdenken richt zich dus zowel op de structuur van de systemen - met stocks, stromen en feedback-loops - als op het gedrag van systemen, nu en in de toekomst. Systeemanalysen brengen ook connecties tussen de systemen in beeld. Dit is belangrijk, aangezien ook via andere systemen

kan worden ingegrepen op een systeem waarvoor zich verandering aandient. Zo bepaalt de plaats van voedselproductie mee de nood aan transport. Ook in het MIRA-rapport 2012 over het landbouw- en voedingssysteem² werd opgeroepen tot een continu proces van systeemanalyse en werd geconcludeerd dat “de combinatie van harde (cijfermatige) en zachte (conceptuele, kwalitatieve) elementen, een geslaagde combinatie is om een verhaal op te bouwen over hoe een (deel)systeem functioneert”. De verdere focus op systemen in de indicatorrapportering moet dan ook mee helpen om de kennisbasis voor systeemverandering, en de beleidsmatige opvolging ervan, verder te ontwikkelen.

SYSTEEMBALANS
2017

— 1 Energiesysteem

Auteurs

JOHAN BROUWERS, SANDER DEVRIENDT, HUGO VAN HOOSTE
(MIRA, VMM)

Lectoren

JOHAN COUDER (Universiteit Antwerpen)
DANIELLE DEVOGELAER (Federaal Planbureau, België)
ERIK LAES (VITO-EnergyVille)
JAN ROS (Planbureau voor de Leefomgeving, Nederland)

INLEIDING

Energiegebruik is verweven met bijna alle activiteiten van onze samenleving. Elke sector (landbouw, industrie, handel & diensten, transport en huishoudens) heeft energie nodig, de samenstelling van de energiemix kan variëren naargelang de activiteiten. Bij de voedselvoorziening is energie nodig voor de productie van kunstmest, de verwarming van stallen en serres, de bewerking van landbouwgronden, de verwerking van landbouwproducten in de voedingsnijverheid en het voedseltransport naar de consument. Industriële productieprocessen vereisen energie voor de aanmaak van intermediaire en afgewerkte producten. Voor het vervoer van goederen en personen zijn ook brandstoffen nodig. De verwarming, ventilatie en koeling van de gebouwen waarin we wonen en werken vereisen nog vaak energie. Daarnaast zijn er nog tal van andere activiteiten in onze samenleving waarvoor energie nodig is: uitgebreide communicatie- en informaticasystemen (GSM-masten, servers), binnen- en buitenverlichting, huishoudtoestellen (diepvriezers, koelkasten, kookvuren, wasmachines ...), vrijetijdsbestedingen (reizen en uitstappen, sport- en cultuurbeleving, sociale activiteiten, TV, tablets, PC's ...) enz.

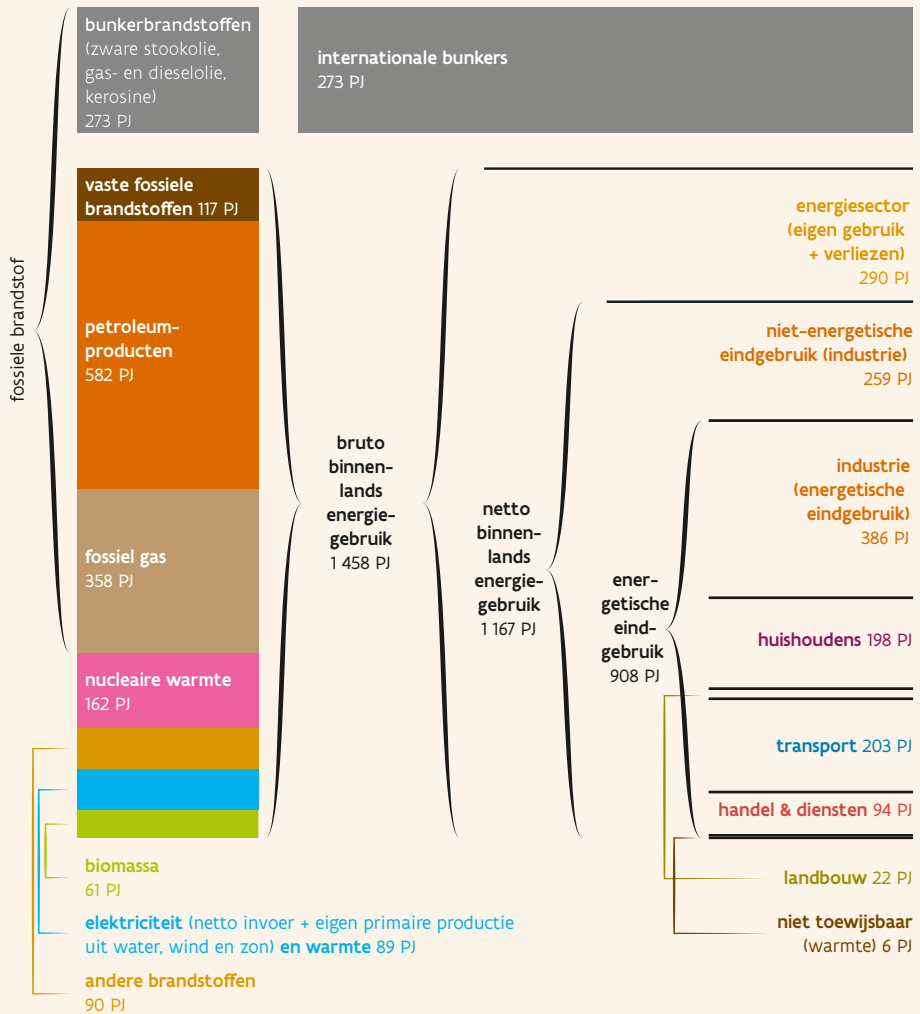
Om aan deze energievraag te voldoen, moeten primaire energiedragers worden aangesproken: fossiele brandstoffen (kolen, aardgas en petroleumproducten), nucleaire warmte, biomassa en andere hernieuwbare energiebronnen zoals wind en zon. In deze tekst verstaan we onder aanbodzijde de productie, transformatie en levering van eindgebruiksvormen van energie aan de eindgebruikers in de verschillende sectoren. Bij de aanbodzijde situeren we onder andere stroomcentrales, petroleumraffinaderijen en distributie van aardgas. De vraagzijde van het energiesysteem betreft de eindgebruikers die energiedragers gebruiken voor de invulling van hun behoeften, bijvoorbeeld huishoudens die aardgas gebruiken voor de verwarming van hun woning, openbare diensten die met stroom zorgen voor de straatverlichting of de staalindustrie die kolen of cokes inzet om in hun hoogovens ijzer te smelten.

Zowel voor de aanbodzijde als de vraagzijde blijkt dat geïmporteerde fossiele energiebronnen nog altijd een hoofdrol spelen. Slechts een deel van het finale energiegebruik in Vlaanderen wordt ingevuld door elektriciteit. De opwekking daarvan steunt grotendeels op een nucleair park dat tussen 1975 en 1985 in dienst genomen werd en de flexibele inzet van enkele fossiele centrales. Het aandeel groene stroom in de elektriciteitsproductie in Vlaanderen neemt wel gestaag toe, en bedroeg 12,7 % in 2015¹. Vooral het finale energiegebruik maar ook de elektriciteitsproductie en petroleumraffinaderijen brengen heel wat milieudruk teweeg. Deze milieudruk situeert zich voornamelijk in de uitstoot van broeikasgassen (vooral CO₂) en emissies naar de omgevingslucht van pollutanten zoals NO_x, SO₂, NMVOS, PAK's, dioxines, fijn stof en zware metalen. Om de milieudruk van het energiesysteem verder te doen dalen moet het energiegebruik waar mogelijk beperkt worden (bv. licht doven bij verlaten kamer), het resterende energiegebruik zo efficiënt mogelijk gebeuren (bv. halogeenlampen vervangen door LED-lampen) en de energieproductie maximaal hernieuwbaar ingevuld worden met respect voor mens en milieu (bv. stroom opwekken met zonnepanelen). Bovendien maakt het groeiende aandeel aan variabele hernieuwbare stroomproductie (wind- en zonne-energie) een betere afstemming tussen elektriciteitsproductie en energiegebruik meer nodig (bv. elektrische boilers inschakelen bij een groot aanbod van hernieuwbare elektriciteit). Inzicht in de verdeling van het energiegebruik over de verschillende energiediensten helpt om mogelijke efficiëntiewinsten te detecteren.

Tot twee decennia terug bestond het energiesysteem uit twee grote blokken: de centrale productie in enkele raffinaderijen en grote elektriciteitscentrales, en het decentrale energiegebruik bij eindgebruikers in economische sectoren en bij de huishoudens. Samen met een streven naar een verhoogde inzet van hernieuwbare energiebronnen verscheen geleidelijk aan een derde segment, de zogenoemde prosumenten, die decentraal zowel energie gebruiken als produceren. Ook bij de zoektocht naar efficiëntiewinsten ontstaan kleinere decentrale netwerken waarlangs energie(neven)stromen zoals restwarmte lokaal worden uitgewisseld.

In het eerste deel van dit hoofdstuk wordt de vraagzijde en de aanbodzijde van het energiesysteem beschreven. Bij de vraagzijde komen de energievraag van de sectoren, het gebruik van de energiedragers en de energiediensten aan bod. Bij de aanbodzijde wordt uitgelegd hoe de finale energievraag in Vlaanderen wordt ingevuld en welke primaire energiebronnen daarvoor worden gebruikt. Vervolgens wordt de milieudruk van zowel het gebruik als de productie van energie in kaart gebracht. Om af te sluiten worden oplossingsrichtingen in beeld gebracht die het energiesysteem kunnen verduurzamen door een combinatie van optimalisatie en innovatie.

Figuur 1.1 Stroomschema energiegebruik en aandelen energiedragers in primair energiegebruik (Vlaanderen, 2014)



Voor primair energiegebruik zijn verschillende definities in gebruik bij IEA, Eurostat e.a. In tegenstelling tot deze figuur sluiten sommige van die definities het niet-energetische eindgebruik en de bunkers voor maritieme scheepvaart uit (niet deze voor luchtvaart).

De internationale bunkers, dit zijn de brandstoffen die worden getankt door de internationale scheep- en luchtvaart, worden in deze tekst buiten beschouwing gelaten.

Circa 6 PJ warmte kan voor 2014 niet aan één bepaalde sector toegewezen worden, en wordt buiten beschouwing gelaten in de tekst. Hierdoor bedraagt het (hier besproken) energetische binnenlands gebruik net geen 903 PJ.

Bron: MIRA op basis van Aernouts et al. (2016)²

MAATSCHAPPELIJKE ONTWIKKELINGEN EN ACTIVITEITEN

Vraagzijde van het energiesysteem

——— Energiegebruik in Vlaanderen

Het energiegebruik in Vlaanderen of het bruto binnenlands energiegebruik (BBE) van Vlaanderen omvat alle energie die gebruikt wordt door de energie(transformatie)sector, industrie, huishoudens, handel & diensten, landbouw en transport (**figuur 1.1**). In 2014 bedroeg het BBE in Vlaanderen 1 458 PJ, de piek lag in 2010 en bedroeg 1 654 PJ.

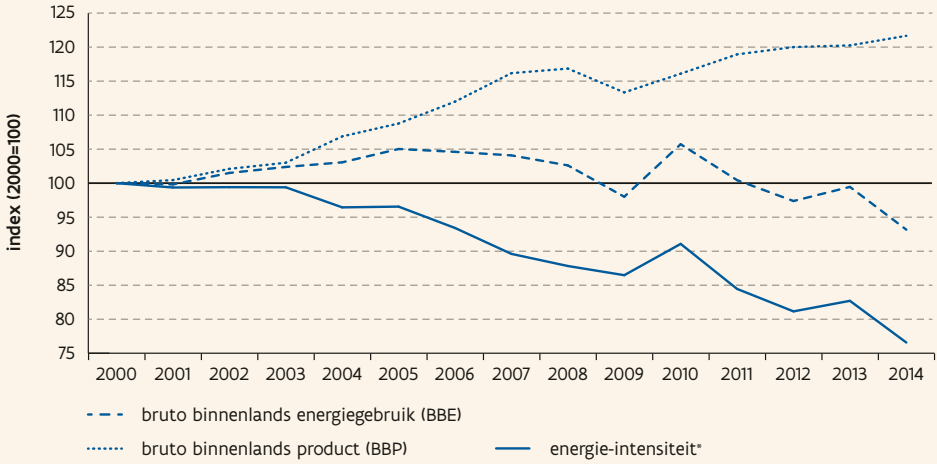
Het verschil tussen bruto en netto binnenlands energiegebruik is het gebruik in de energiesector inclusief verliezen bij transformatie, transport en distributie, en bedroeg in 2014 290 PJ of 20 % van het BBE. Het energiegebruik in de energiesector (aanbodzijde) wordt bepaald door de activiteiten in de andere sectoren (vraagzijde), waarbij de klimatologische omstandigheden mee de behoefte aan warmte bepalen. In Vlaanderen omvat de energiesector in hoofdzaak petroleumraffinaderijen, elektriciteitsproducenten en bedrijven die instaan voor het transport en de distributie van stroom en aardgas tot bij de eindgebruiker.

Het netto binnenlands energiegebruik kan worden opgesplitst in het energetische eindgebruik en het niet-energetische eindgebruik waarbij energiebronnen ingezet worden als grondstof. Dit laatste gebeurt bijna uitsluitend in de (chemische) industrie, en betreft vooral het gebruik van aardgas voor de productie van ammoniak en kunstmest, de inzet van nafta voor de aanmaak van diverse kunststoffen (polypropyleen, polyetheen ...) en het gebruik van afgeleide aardolieproducten als organisch smeermiddel. In 2014 bedroeg het niet-energetische energiegebruik 259 PJ of bijna 18 % van het BBE. Het beperken van het niet-energetische gebruik van (fossiele) energiebronnen is geen energetisch vraagstuk, maar situeert zich eerder in het domein van materiaalbeheer.

Het energetische eindgebruik verwijst naar het gebruik van energiedragers zoals steenkool, aardgas en elektriciteit voor toepassingen zoals warmtelevering en aandrijving. In 2014 bedroeg het energetische eindgebruik 908 PJ of 62 % van het BBE. Uit **figuur 1.1** blijkt dat de industrie de grootste energiegebruiker is met ruim twee vijfde van het totale energetische eindgebruik. De industrie in Vlaanderen is immers erg energie-intensief. Het energiegebruik in de landbouw is met iets meer dan 22 PJ beperkt (2 % van het energetische eindgebruik). In vergelijking met de industrie is ook de werkgelegenheid en toegevoegde waarde van de landbouw laag. De activiteiten in handel & diensten, naar toegevoegde waarde en werkgelegenheid de belangrijkste sector in Vlaanderen, zijn weinig energie-intensief en vergen slechts een tiende van het energetische eindgebruik. Huishoudens en transport hebben elk een aandeel van iets meer dan een vijfde van het energetische eindgebruik.

Bij de evolutie van energiegebruik kan er een onderscheid gemaakt worden tussen de jaarlijkse variaties en de trends op langere termijn. Het energiegebruik van de industrie, transport en handel & diensten fluctueren afhankelijk van de economische activiteiten. Zo daalde het energiegebruik sterk als gevolg van de financieel-economische crisis van 2008-2009. Klimatologische omstandigheden, zoals bijvoorbeeld de strenge winters van 2010 en 2013, spelen dan weer een grote rol bij het energiegebruik voor het verwarmen en eventueel koelen van gebouwen en serres bij huishoudens, handel & diensten en landbouw. Voor de periode 2000-2014 laten alle sectoren, na een piek te hebben bereikt tussen 2000 en 2010, eerder een dalend energiegebruik optekenen. Uitzondering hierop is de transportsector, waar een toename van het aantal gereden voertuigkilometers leidt tot een verdere stijging van het energiegebruik.

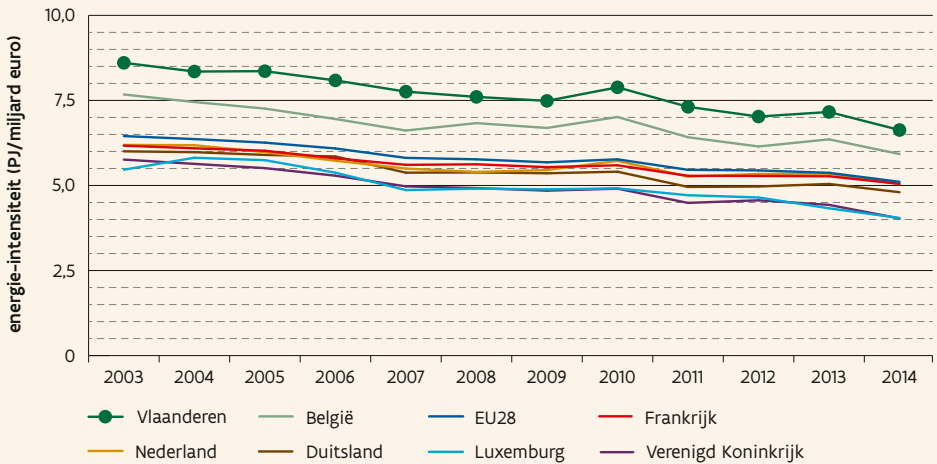
Figuur 1.2.a Evolutie energie-intensiteit (Vlaanderen, 2000-2014)



* energie-intensiteit = hoeveelheid bruto binnenlands energiegebruik (BBE) per eenheid bruto binnenlands product (BBP; uitgedrukt in kettingeuro's)

Bron: MIRA op basis van Aernouts et al. (2016)² en Departement Kanselarj en Bestuur

Figuur 1.2.b Evolutie energie-intensiteit (Vlaanderen, België en buurlanden, 2003-2014)



* energie-intensiteit = hoeveelheid bruto binnenlands energiegebruik (BBE) per eenheid bruto binnenlands product (BBP; uitgedrukt in kettingeuro's)

Bron: MIRA op basis van Aernouts et al. (2016)² en Departement Kanselarj en Bestuur

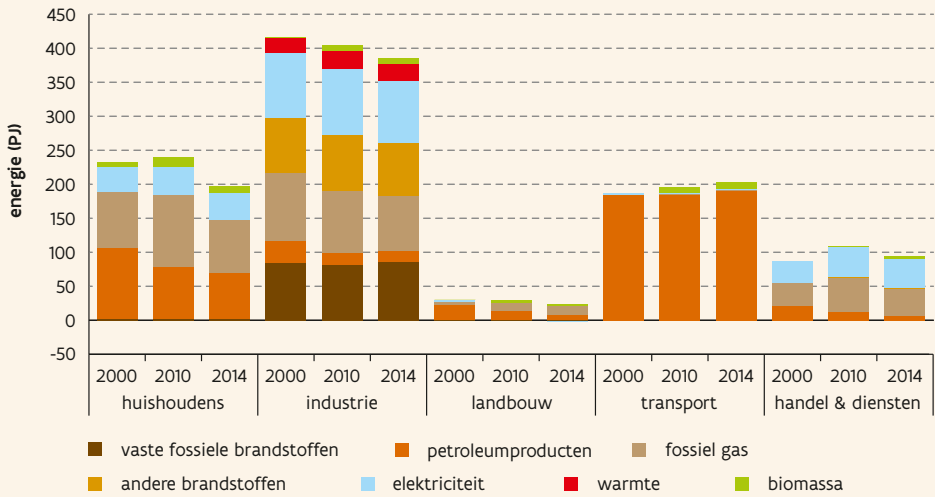
Trend naar minder energie-intensieve economie zet verder door

Figuur 1.2.a toont dat Vlaanderen tussen 2003 en 2009 een duidelijke ontkoppeling realiseerde tussen de economische groei en het energiegebruik. Daardoor daalde de energie-intensiteit van de Vlaamse economie met bijna 7 % tussen 2000 en 2009. Die verandering van de energie-intensiteit was zowel het gevolg van structurele effecten (verschuivingen van het belang van sectoren in de Vlaamse economie) als van wijzigingen in de energie-efficiëntie (bv. wijzigend energiegebruik per eenheid product of dienst, mede onder invloed van energiebeleidsovereenkomsten en benchmarkingconvenanten). De financieel-economische crisis remde die gunstige trend af in 2008 en 2009 doordat in enkele energie-intensieve industriële deelsectoren (bv. chemie) het activiteitsniveau sterker terugviel dan het totale energiegebruik. Immers, zelfs bij lagere productie moeten installaties en machines draaiende worden gehouden, moeten gebouwen worden verwarmd, opslagplaatsen gekoeld, enz. Algemeen gesproken is de energie-efficiëntie dan ook lager bij deellast of onderbezetting. Verder werden bedrijven voor nieuwe investeringen in energiebesparende technologie geconfronteerd met aangescherpte criteria voor kredietverstrekking. In 2010 werd de trend zelfs abrupt onderbroken: de energie-intensiteit van Vlaanderen nam weer toe (+6 % in 1 jaar), vooral door de extreem koude wintermaanden. Geholpen door enkele jaren met zachte wintermaanden en een verminderde centrale niet-hernieuwbare stroomproductie, kon in de jaren 2011-2014 opnieuw aangepikt worden bij de algemeen dalende trend. De energie-intensiteit ligt inmiddels 23 % beneden het peil van 2000, terwijl het BBE over de periode 2000-2014 slechts met 7 % is afgenomen. Met deze daling inzake energie-intensiteit houdt Vlaanderen gelijke tred met de evolutie in onze buurlanden (-18 % à -30 %) en de EU28 (-21 %). Maar gezien het hogere vertrekpunt blijft de Vlaamse economie beduidend energie-intensiever dan de buurlanden (**figuur 1.2.b**).

Energiedragers: fossiele brandstoffen dominant

De energiebehoefte van eindgebruikers werd in 2014 ingevuld met vier finale energiedragers: fossiele brandstoffen (vaste brandstoffen, petroleumproducten, gas en 'andere brandstoffen'), elektriciteit, biomassa en nuttige warmte (**figuur 1.3**). Ook al viel het aandeel van verbrandingsprocessen op basis van fossiele brandstoffen gradueel terug van 83 % (636 PJ) in 1990 naar 73 % (666 PJ) in 2014, toch blijven deze verbrandingsprocessen dominant bij de eindgebruikers. Een elektrificatie van het energiegebruik kan leiden tot een vermindering van de totale milieudruk, zeker wanneer de stroom wordt opgewekt met behulp van hernieuwbare energiebronnen. Van zo'n elektrificatie van het finale energiegebruik lijkt nog niet echt sprake in Vlaanderen. Het stroomaandeel schommelt immers al 10 jaar rond de 19 %. Iets duidelijker zichtbaar is de opmars van biomassa met een factor 4: het aandeel hiervan nam toe van 1 % in 1990 naar 4 % in 2014. De rest betreft vooral de nuttige aanwending van restwarmte afkomstig van de energiesector door industriële bedrijven (iets minder dan 3 %) en groene warmte netto onttrokken aan de omgeving door zonneboilers, warmtepompen en warmtepompboilers (minder dan 1 %)^{2, 4}.

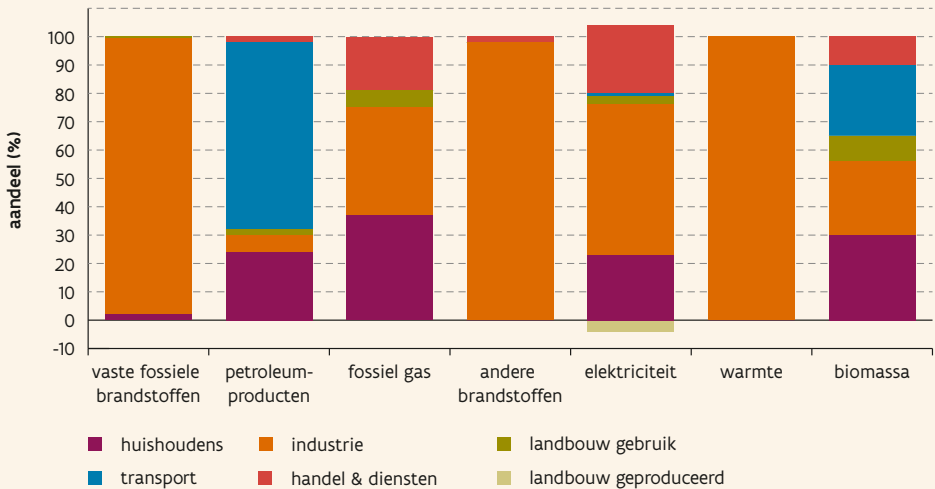
Figuur 1.3 Evolutie van het energetische energiegebruik per sector opgedeeld naar energiedrager (Vlaanderen, 2000-2014)



'Andere brandstoffen': hoofdzakelijk bijproducten – veelal van fossiele oorsprong – uit de chemie die binnen die deelsector worden ingezet als energiedrager.

Bron: MIRA op basis van Aernouts et al. (2016)²

Figuur 1.4 Energetisch eindgebruik per energiedrager opgedeeld naar sectoren (Vlaanderen, 2014)



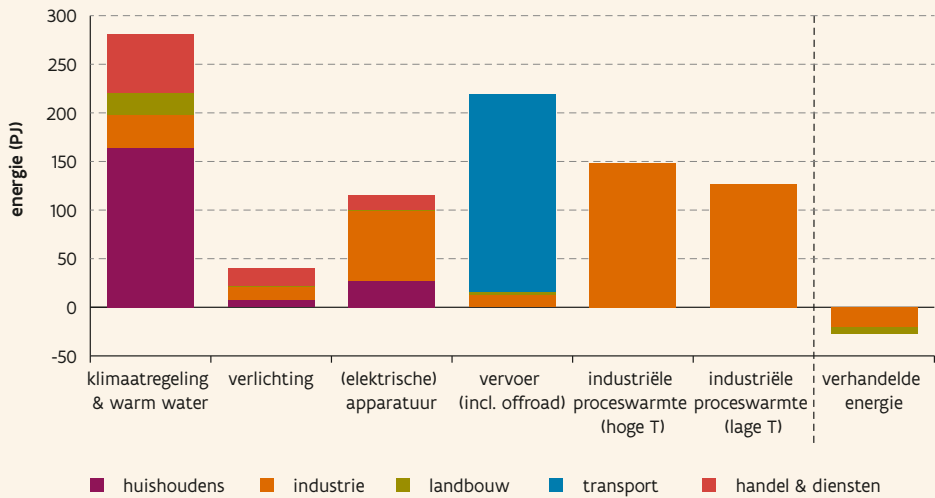
Bron: MIRA op basis van Aernouts et al. (2016)²

De vaste fossiele brandstoffen zoals kolen, cokes en koolteer worden bijna volledig gebruikt in de industrie en meer specifiek in de deelsector ijzer & staal (**figuur 1.4**). De helft van de fossiele brandstoffen zijn petroleumproducten met als belangrijkste energiedragers diesel, benzine en stookolie. De grootste gebruiker van de petroleumproducten is de sector transport (benzine en diesel). Aardgas is het meest gebruikte fossiele gas, naast een klein deel cokes- en hoogovengas geproduceerd en verhandeld door de industrie. Drie vierde van de fossiele gassen wordt gebruikt in de huishoudens en de industrie.

De helft van het elektriciteitsgebruik komt op rekening van de industrie. Andere belangrijke stroomgebruikers zijn handel & diensten en de huishoudens. Bij de transportsector daarentegen blijft het relatieve aandeel van elektriciteit (tram, metro, elektrische trein en elektrische wegvoertuigen) vooralsnog erg beperkt. De landbouw is sinds 2014 een netto elektriciteitsproducent. Warmtekrachtkoppelingsinstallaties (WKK's) leveren er niet alleen warmte en CO₂ voor stimulering van de gewasgroei in serres, maar produceren tegelijkertijd een overschot aan stroom dat verder verhandeld wordt.

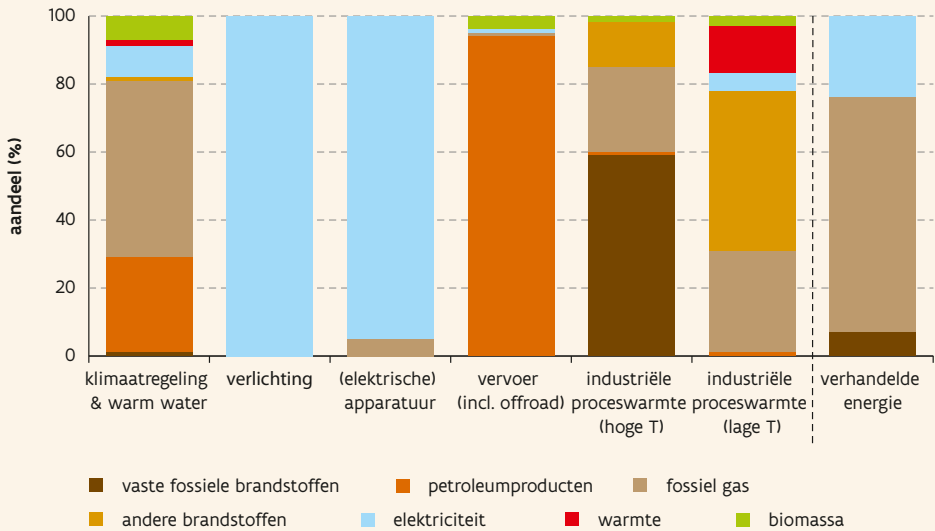
Biomassa (vast, vloeibaar en gasvormig) en (verhandelde) warmte zijn samen goed voor bijna 7 % of 61 PJ van het totale energetische eindgebruik. In tegenstelling tot biomassa die in alle sectoren wordt gebruikt, wordt (verhandelde) warmte haast uitsluitend in de industrie gebruikt. Het eindgebruik van biomassa verviervoudigde sinds 2000. De stijging was er zowat in alle sectoren, maar de sterkste stijging kon worden waargenomen in de papiersector, bij het wegverkeer en bij de huishoudens.

Figuur 1.5 Energetisch eindgebruik per energiedienst opgedeeld naar sector (Vlaanderen, 2014)



Bron: MIRA op basis van Aernouts et al. (2016)², Couder (2013)⁵, ODYSSEE-MURE (2016)⁶, CLO (2016)⁷, Pennartz & Van den Bovenkamp (2016)⁸

Figuur 1.6 Energetisch energiegebruik per energiedienst opgedeeld naar energiedrager (Vlaanderen, 2014)



Bron: MIRA op basis van Aernouts et al. (2016)², Couder (2013)⁵, ODYSSEE-MURE (2016)⁶, CLO (2016)⁷, Pennartz & Van den Bovenkamp (2016)⁸

— Energiediensten: klimaatregeling & warm water op de eerste plaats

Om te weten waar energiebesparingen mogelijk zijn of waar efficiëntiewinsten kunnen worden geboekt, is het belangrijk om te weten waarvoor energie wordt gebruikt. **Figuren 1.5** (volgens sectoren) en **1.6** (volgens gebruikte energiebron) brengen het energetische eindgebruik in beeld, opgedeeld naar zeven energiediensten: klimaatregeling & warm water, verlichting, (elektrische) apparatuur, vervoer, industriële proceswarmte op hoge temperatuur, industriële proceswarmte op lage temperatuur en verhandelde energie.

Klimaatregeling & warm water (voor bad, douche, enz.) staat in voor ongeveer 278 PJ of 31 % van het energetische eindgebruik in Vlaanderen in 2014. Onder klimaatregeling valt het verwarmen, ventileren en koelen van gebouwen. Iets meer dan vier vijfde van het energiegebruik voor klimaatregeling & warm water wordt gebruikt voor de verwarming van gebouwen, en wordt voor meer dan 80 % opgewekt met fossiele brandstoffen (**figuur 1.6**)^{2, 5, 6, 7, 8}.

Slechts een beperkt deel van het energetische eindgebruik in Vlaanderen gaat naar verlichting: 4 % of 40 PJ. De aandelen voor elektrische verlichting zijn in de landbouw, de huishoudens en de industrie vrij gelijkaardig en schommelen tussen de 3 à 4 %^{2, 5, 6, 7, 8}. In de sector handel & diensten gaat 20 % van het energiegebruik naar verlichting. Met 40 % van het energiegebruik voor verlichting is de deelsector kantoren & administratie, inclusief de openbare straatverlichting, de grootste gebruiker^{2, 5}.

Alle sectoren maken gebruik van elektr(on)ische toestellen zoals computers, televisies en huishoudelijke apparatuur zoals ijskasten of koffiezetapparaten. Veel van deze toestellen bevatten motoren met zeer uiteenlopende vermogens, van heel klein zoals in staafmixers of scheerapparaten tot heel groot zoals voor pompsystemen of transportbanden in de industrie. De meeste van die motoren worden elektrisch aangedreven (95 %), de overige aandrijving gebeurt door bijvoorbeeld diesel- en benzinemotoren. In Vlaanderen wordt 13 % of 115 PJ van het energetische eindgebruik ingezet om deze apparatuur draaiend te houden. Het merendeel of 62 % van de energetische energie voor (elektrische) apparatuur wordt gebruikt in de industriële sector^{2, 5, 6, 7, 8}.

Net geen vierde (of 219 PJ) van het binnenlands energetische energiegebruik in Vlaanderen wordt gebruikt voor vervoer, zowel *on-* als *offroad*. *Onroad* omvat zowel het wegvervoer als het spoorverkeer en de inlandse scheep- en luchtvaart, samen goed voor 203 PJ. Het wegvervoer (motorfietsen, auto's, vrachtwagens ...) gebruikt 95 % van alle energie *onroad*. Het *offroad* vervoer in de industrie (12 PJ) omvat bijvoorbeeld graafmachines, kranen, bulldozers, vorkliften ... en in de landbouw (4 PJ) gaat dit hoofdzakelijk over tractoren^{2, 7, 8}. Het vervoer wordt voor iets meer dan 93 % aangedreven op fossiele brandstoffen, iets meer dan 4 % op biomassa, en zowel gas als elektriciteit zijn elk goed voor ruim 1 %. Diesel is met een aandeel van ongeveer vier vijfde de meest gebruikte energiedrager^{2, 7, 8}. Innovatieve voertuigtechnologie onder de vorm van nul-emissievoertuigen komt nog maar bescheiden op gang.

De industrie zet heel wat proceswarmte in, die kan worden opgedeeld in proceswarmte op hoge temperatuur en proceswarmte op lage en middelhoge temperatuur. Om allerhande smelt-, bak-, droog- en andere ovens op temperatuur te brengen zijn hoge temperaturen van meer dan 300 à 400 °C nodig. De lagere temperaturen worden gebruikt voor de productie en distributie van stoom, stoken van destillatiekolommen, fractionering ... Bijna een derde van het energetische eindgebruik in Vlaanderen wordt gebruikt voor proceswarmte, waarvan 16 % of 149 PJ voor hoge temperaturen en 15 % of 127 PJ voor lagere temperaturen. 85 % van de warmte nodig voor processen op hoge temperatuur is afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen. Daarbij wordt voor ongeveer drie vijfde gebruik gemaakt van vaste fossiele brandstoffen, nagenoeg volledig te situeren binnen de ijzer- & staalindustrie. Bij de processen op lagere temperatuur is slechts een derde van de benodigde energie afkomstig van de directe inzet van fossiele brandstoffen, maar indirect is dit meer. Iets minder dan de helft van de energiedragers voor de processen op lage temperatuur zijn immers 'andere brandstoffen', nevenstromen uit de chemie – vaak van fossiele oorsprong – die bijna allemaal als energiebron worden ingezet in de chemische industrie^{2, 7, 8}.

Eerder werd al aangehaald dat de landbouw in 2014 een netto stroomproducent was, en dus elektriciteit leverde aan het openbaar net. Ook bij de industrie wordt nog een deel energie verhandeld (iets meer dan 20 PJ). Hier gaat het voornamelijk om hoogovengas en een klein deel cokesovengas en koolteer^{2, 7, 8}.

Aanbodzijde van het energiesysteem

———— Import domineert invulling van de energievraag

Het gros van alle (verhandelde) energiedragers ingezet bij de eindgebruikers wordt aangeleverd vanuit de energiesector, vaak na transformatie van primaire bronnen zoals aardolie, splijtstoffen, aardgas en steenkool. Die primaire energiebronnen zijn bijna altijd afkomstig uit het buitenland. Vlaanderen heeft immers geen gekende reserves van uranium, aardolie of aardgas. Wereldwijd zijn Kazachstan, Canada en Australië de grootste leveranciers van uranium. Voor aardgas en petroleumproducten rekende Vlaanderen in 2014 vooral op aanvoer uit andere Europese landen (vooral Nederland en Noorwegen en in mindere mate het Verenigd Koninkrijk voor aardgas; vooral Rusland en in mindere mate Noorwegen en het Verenigd Koninkrijk voor aardolie), aangevuld met leveringen voornamelijk uit het Midden-Oosten. In het Kempens bekken beschikt Vlaanderen wel over 8 miljard ton technisch winbare steenkool. Door de veel goedkopere prijzen op de wereldmarkt, werd in 1992 de ondergrondse

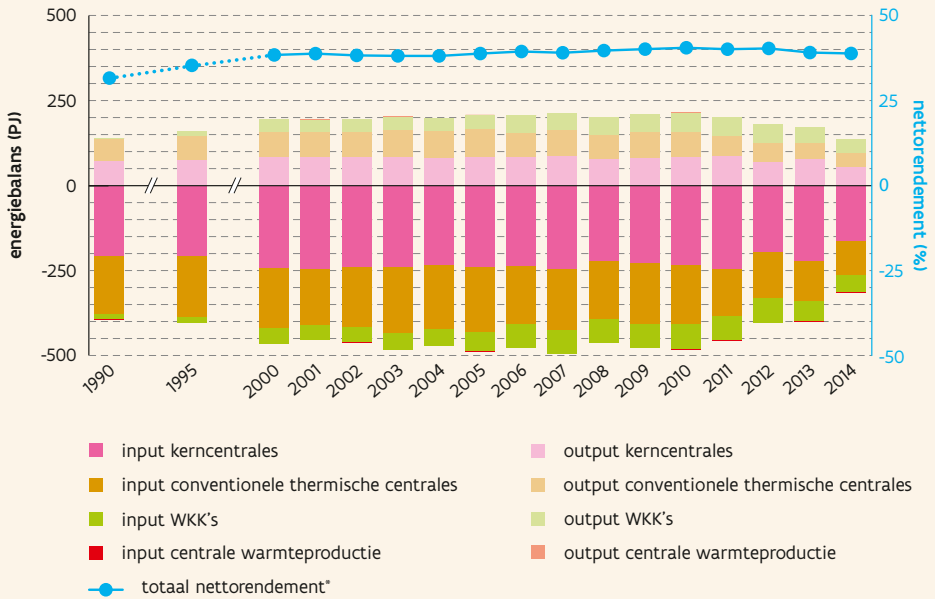
ontginning in Vlaanderen definitief stopgezet. Inmiddels voert Vlaanderen ook alle steenkool in, vooral uit Zuid-Afrika, de Verenigde Staten, Australië en Rusland. De Kempense steenkoolreserves bevatten ook methaangas. VITO schat dat 7 à 31 miljard m³ daarvan zich in de best winbare zones bevindt. Door ongunstige marktomstandigheden is de ontginning hiervan echter erg onzeker geworden. Tot slot komen nog dieper in de Vlaamse bodem ook schalielagen voor waaruit mogelijk (fossiel) schaliegas kan gewonnen worden. Het potentieel aan schaliegas in de Vlaamse ondergrond is nog totaal onbekend, en de winning ervan vereist de inzet van de omstreden fracking-techniek. Onder andere de mogelijke impact van daarbij gebruikte chemicaliën op waterwinning uit watervoerende lagen is reden tot bezorgdheid. Tot er meer duidelijkheid is over de voorwaarden om schaliegas te winnen zonder schade aan mens en milieu, is er in Vlaanderen een moratorium van kracht op de winning van schaliegas.

———— Levering fossiele brandstoffen: mogelijke rendementswinst beperkt

Het rendement van de petroleumraffinaderijen in Vlaanderen blijft jaar na jaar rond de 94 % schommelen. Dat betekent dat de energie-inhoud van alle petroleumproducten zoals stookolie, benzine en diesel die de raffinaderijen voortbrengen slechts 6 % lager ligt dan de energie-inhoud van de aangevoerde aardolie. Die 6 % valt op te delen tussen circa 5 % eigen energiegebruik in de fornuizen en ketels, en 1 % transformatieverliezen (lekverliezen e.a.). De mogelijkheden om het rendement van petroleumraffinaderijen verder op te krikken zijn beperkt. Naast het verder terugdringen van de genoemde verliezen, kunnen de raffinaderijen proberen om het eigen brandstofgebruik nog wat te reduceren door een minimalisatie van de reflux in de destillatietorens, van de luchtvermaat in de fornuizen en van de druk in bepaalde processen. Daarnaast kunnen bijkomende investeringen in betere isolatie, warmterecuperatie en warmte-integratie verder energiebesparend werken.

Samen met de raffinaderijen staan de gasbedrijven in voor de levering van fossiele energiebronnen aan de eindgebruikers. Het aardgas ondergaat geen transformatie tussen de levering vanuit het buitenland en de gasmeters bij de gebruikers. Wel gebruiken gasbedrijven zelf een deel energie (bv. in de compressiestations op het netwerk van transport- en distributieleidingen) en treden diverse lekverliezen op. Tot slot hebben de gasbedrijven een beperkt stroomgebruik. Het eigen energiegebruik en de verliezen bij de gasbedrijven bedroegen samen 2 PJ in 2014, of slechts 0,5 % ten aanzien van het totale gebruik aan aardgas in Vlaanderen. Voorgaande jaren wisten de gasbedrijven de lekverliezen nog te beperken door gaandeweg alle oude gietijzeren leidingen – die nog dateerden uit de periode van het 'stadsgas' en die zich vooral in de steden bevonden – en de leidingen uit asbestcement (vezelcement) te vervangen door polyethen- of staalleidingen die tot een factor 100 minder doorlatend zijn.

Figuur 1.7 Energiebalans en nettorendement centrale stroom- en warmteproductie (Vlaanderen, 1990-2014)



* nettorendement = (output - eigen gebruik - netverliezen) / input
 Stroom- en warmteproductie op basis van zon, wind en water worden niet beschouwd. Voor deze hernieuwbare energiebronnen wordt immers gerekend met een theoretisch rendement van 100 %.

Bron: MIRA op basis van Aernouts et al. (2016)²

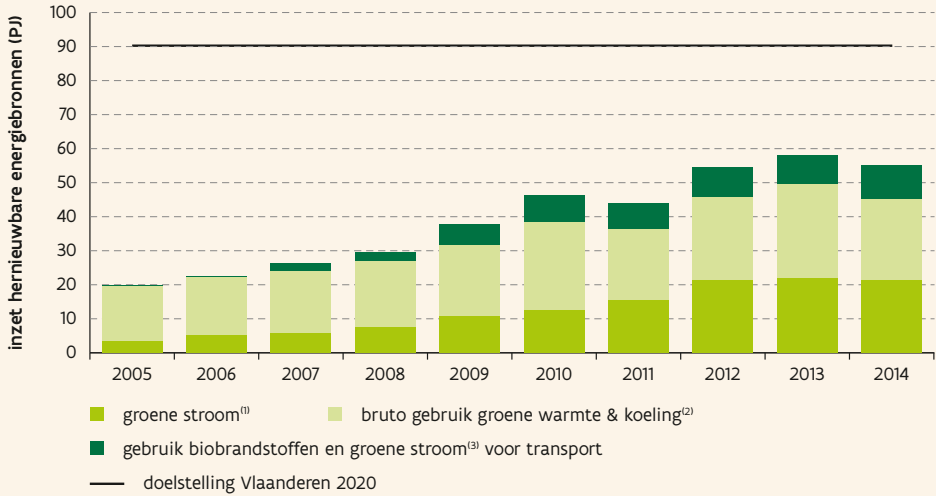
Centrale stroomproductie: slechts twee vijfde primaire energie omgezet in nuttige energie voor eindgebruikers

Bij de centrale productie van elektriciteit (en warmte) wordt slechts een deel van de aangewende primaire energie omgezet in nuttige energie voor de eindgebruikers. Naast transformatieverliezen en eigen energiegebruik in de elektriciteitscentrales gaat er ook nog energie verloren tijdens het transport en de distributie tot bij de eindgebruikers. Het nettorendement van de productie, het transport en de distributie van elektriciteit en warmte binnen de energiesector in Vlaanderen houdt rekening met al deze verliesposten. Tussen 1990 en 2010 is dit rendement gestegen van 31,6 tot 40,5 %. Sindsdien ging het rendement opnieuw achteruit naar 38,9 % in 2014 (rechter Y-as in **figuur 1.7**). We overlopen de verschillende technieken ingezet voor stroomproductie in Vlaanderen om deze vaststelling te duiden.

Het elektrisch rendement – of de verhouding tussen de energie-inhoud van de geproduceerde stroom en de energie-inhoud van de gebruikte brandstoffen – van een klassiek thermische elektriciteitscentrale op fossiele brandstoffen bedraagt 34 à 40 %. Stoom- en gascentrales of STEG-centrales halen door de inzet van twee turbines een hoger elektrisch rendement van 50 à 60 %. Maar net als bij de kerncentrales gaat ook bij fossiele centrales heel wat restwarmte verloren. Door de verminderde inzet van centrales op kolen en aardgas liepen de transformatieverliezen (en ook het eigen energiegebruik) de laatste jaren in absolute waarden sterk terug. Het gebruik van kolen kwam onder druk door de verstrengde milieuwetgeving die zorgde voor een shift naar aardgascentrales en door de opkomst van biomassa (zowel bijstook als zuivere biomassacentrales) bij het streven naar een verhoogd aandeel groene stroom (en de bijhorende vergoeding voor groenestroomcertificaten). De input van kolen in elektriciteitscentrales is met 83 % teruggevallen tussen 1990 en 2014. Na eerst te verviervoudigen tussen 1990 en 2009, halveerde ook de inzet van aardgascentrales. De reden hiervoor is dat ze enkel nog de resterende vraag dienen te dekken die niet kan ingevuld worden door kernenergie en het stijgend aanbod van hernieuwbare energie. Die laatste hebben een prioritaire toegang tot het elektriciteitsnet, terwijl de stroom die gascentrales leveren flexibel op- of neergeschaald kan worden in functie van de resterende stroomvraag. De marginale kosten van variabele hernieuwbare energiebronnen (wind, zon), kernenergie en steenkool waren de afgelopen jaren lager dan deze van de gasgestookte centrales, waardoor op basis van de economische logica eerst deze bronnen zullen aangesproken worden vooraleer elektriciteit te produceren op basis van aardgas. Dit betekent eveneens dat de import van stroom uit buurlanden geproduceerd in nucleaire centrales, steen- of bruinkooleenheden, windturbines en zonnepanelen een krimp in de rentabiliteit van onze gascentrales veroorzaakte. De netto-import van elektriciteit in België neemt sinds 2010 immers gestaag toe, en bedroeg in 2015 ongeveer één vierde van het totale elektriciteitsgebruik.

Sinds de kerncentrales in werking werden gesteld tussen 1975 en 1985 hebben ze de stroomproductie in ons land gedomineerd. Nucleaire centrales zijn voornamelijk geschikt voor de productie van de zogenaamde basislast en draaien vrijwel het hele jaar door continu. Met een aandeel van 50 à 60 % in de totale stroomproductie behoorde België wereldwijd steeds tot de top-5 van landen met het hoogste aandeel nucleaire energie⁹. Pas na 2013 zakte het aandeel in de Belgische elektriciteitsproductie voor het eerst in meer dan drie decennia onder de 50 % door het herhaaldelijk stilleggen van enkele reactoren: naar 47,5 % in 2014 en 37,5 % in 2015. De wet op de kernuitstap uit 2003 bepaalt dat geen nieuwe kerncentrales voor industriële elektriciteitsproductie mogen worden gebouwd, en dat de bestaande kerncentrales gesloten worden wanneer ze 40 jaar oud zijn. Volgens die wet op de kernuitstap moesten de oudste drie reactoren (Doel 1 en 2, en Tihange 1) in 2015 sluiten en de jongste (Doel 4 en Tihange 3) in 2025; Doel 3 en Tihange 2 zouden respectievelijk in 2022 en 2023 gesloten worden. Uit vrees dat de bevoorradingszekerheid in het gedrang zou komen, heeft de Belgische overheid echter beslist de operationele werkingsduur van die eerste drie centrales met 10 jaar te verlengen. Daardoor is de kernuitstap nu geconcentreerd in de periode 2022-2025. In Vlaanderen schommelde het aandeel van kernreactoren in de totale netto stroomproductie de laatste 20 jaar rond de 45 %. Maar door

Figuur 1.8 Inzet hernieuwbare energie (Vlaanderen, 2005-2014)



Datasets berekend overeenkomstig de definities in de Europese Richtlijn 2009/28/EC:

⁽¹⁾ De totale bruto stroomproductie uit hernieuwbare energiebronnen omvat ook de netverliezen en het eigengebruik van elektriciteit door de producenten. Exclusief groene stroom gebruikt voor transportdoeleinden.

⁽²⁾ Het bruto gebruik van groene warmte & koeling omvat de hoeveelheid warmte & koeling die in Vlaanderen wordt geproduceerd uit hernieuwbare energiebronnen, plus het gebruik van andere energie uit hernieuwbare bronnen voor verwarmings-, koelings- en verwerkingsdoeleinden.

⁽³⁾ Met toepassing correctiefactor 2.5 voor elektrische wegvoertuigen ter omrekening naar input primaire energie.

Bron: MIRA op basis van Jespers et al. (2016a)⁴

onvoorziene, tijdelijke sluitingen in de kerncentrale van Doel vanaf de zomer van 2012 (o.a. door het onderzoek naar mogelijke waterstofinsluitels in de reactorwand van Doel 3), daalde dat aandeel naar 37,5 % in 2014. Naast de dalende beschikbaarheid van de reactoren en het vooruitzicht van de kernuitstap is het ook belangrijk te vermelden dat in kerncentrales slechts één derde van de ingebrachte nucleaire warmte wordt omgezet in stroom. Dat blijkt ook duidelijk uit het verschil tussen input en nuttige output in **figuur 1.7** (linker Y-as). De rest van de warmte wordt niet nuttig gebruikt en wordt grotendeels weggekoeld in de koeltorens.

Sluitstuk voor het verschil tussen de vraag en het aanbod naar elektriciteit is de import van stroom. Vooral door het tijdelijk en herhaaldelijk stilleggen van kernreactoren nam de netto import van elektriciteit de laatste jaren sterk toe. Die netto import piekte in 2014 op 67 PJ, 6 keer meer dan de netto stroomproductie uit zon, water en wind in Vlaanderen (zie verder).

———— Warmte-krachtkoppeling staat in voor meer dan een kwart van de stroomproductie

Warmte-krachtkoppeling of WKK is de gelijktijdige omzetting van een energiebron in kracht (meestal gebruikt om stroom op te wekken) en nuttige warmte. WKK-installaties benutten de primaire energiebronnen beter en verlagen de emissies in vergelijking met de gescheiden opwekking van kracht en warmte. WKK laat bovendien decentrale productie toe, wat de transportverliezen beperkt. WKK-installaties worden niet enkel uitgebaat door of in samenwerking met elektriciteitsbedrijven (energiesector), maar ook door zelfproducenten (= bedrijven die naast hun hoofdactiviteit zelf elektriciteit produceren voor eigen gebruik en eventuele verkoop aan anderen, bv. een glastuinbouwbedrijf) uit andere sectoren. Na een eerste sterke groei in de tweede helft van de jaren 90 viel de bouw van nieuwe WKK-installaties nagenoeg stil door de liberalisering van de elektriciteitsmarkt met een ongunstige verhouding tussen brandstof- en elektriciteitsprijzen. Maar sinds eind 2004 wordt de verdere invulling van het WKK-potentieel ondersteund door een certificaatsysteem dat de Vlaamse overheid oplegt aan de elektriciteitsleveranciers. De invoering van de certificaten zorgde voor een verdubbeling van het opgesteld vermogen aan WKK-installaties tussen 2004 en 2012. Voor alle WKK's in Vlaanderen samen bestond de nuttige energetische output in 2014 voor 67 % uit stoom en andere warmte, 29 % uit elektriciteit en 4 % uit directe aandrijvingskracht. Tussen 2005 en 2014 bleef de verhouding tussen nuttige output en energetische input van WKK's schommelen rond de 80 % (**figuur 1.7**). Maar met een totaalrendement van 83 % bleven de transformatieverliezen in 2014 beperkt tot 17 %. Dit rendement ligt heel wat hoger dan bij de eerder vermelde centrales. De input blijft voornamelijk uit aardgas bestaan, met een aandeel van 61 % in 2014. Het gebruik van hernieuwbare brandstoffen (biomassa, plantaardige olie, biogas) in WKK's neemt wel jaar na jaar toe. De opmars van deze zogenaamde bio-WKK's leidde tot een aandeel hernieuwbare energie van 12 % in de brandstofinput van WKK's in 2014. De nuttige output van elektriciteit door WKK-installaties was in 2014 goed voor 17,6 % van het bruto binnenlands elektriciteitsgebruik en zelfs 27,2 % van de totale netto stroomproductie in Vlaanderen. Toch is de laatste jaren de groei van het operationele WKK-vermogen afgevlakt en viel de stroomoutput van de WKK's met een vijfde terug tussen de piek van 2012 en 2014, door de verminderde inzet van aardgasgestookte installaties¹⁰.

———— De drie sporen van hernieuwbare energie

Het gros van het energiegebruik in Vlaanderen steunt nog altijd op niet-hernieuwbare energiebronnen. Toch winnen hernieuwbare bronnen zeker de laatste 10 jaar aan belang. Dit gebeurt via drie sporen: groene stroom, groene warmte & koeling en biobrandstoffen voor transport (**figuur 1.8**).

De Europese Richtlijn Hernieuwbare Energie verplicht België om het aandeel hernieuwbare energie in het bruto finaal energiegebruik op te trekken van 2,3 % in 2005 naar 13 % in 2020 (in 2014 zat België aan 8,0 %¹¹). Daarbij hoort zowel de inlandse productie van groene stroom, de groene warmte &

koeling als het gebruik van hernieuwbare energiebronnen voor transportdoeleinden. Het bruto finaal energiegebruik wordt gedefinieerd als de som van de energiegroenstoffen geleverd voor energiedoel-einden aan alle sectoren buiten de energiesector (elektriciteit en raffinaderijen), inclusief het gebruik van elektriciteit en warmte door de energiesector zelf en de netverliezen bij de productie en distributie van elektriciteit en warmte maar exclusief het niet-energetische eindgebruik van de industrie. Om die doelstelling tijdig te realiseren, heeft Vlaanderen zich akkoord verklaard in 2020 in te staan voor 90,267 PJ hernieuwbare energie. Ook moet iedere lidstaat tegen 2020 minstens 10 % hernieuwbare energie inzetten in het weg- en spoorvervoer. Daaronder worden zowel biobrandstoffen als groene stroom en waterstof gewonnen uit hernieuwbare energiebronnen verstaan. In Vlaanderen geschiedt de productie van biobrandstoffen van de 1^{ste} generatie (uit voedselgewassen zoals koolzaad, maïs, graan en suikerbiet) momenteel in drie bedrijven voor biodiesel en twee bedrijven voor bio-ethanol. Maar omdat biobrandstoffen van de 1^{ste} generatie leiden tot een eerder beperkte of soms zelfs geen netto CO₂-reductie en tot concurrentie met de productie van voedingsmiddelen, mogen biobrandstoffen van de 1^{ste} generatie slechts voor 7 van de hoger vermelde 10 % meetellen. De overige 3 % zal moeten komen van biobrandstoffen van de 2^{de} generatie (gewonnen uit afvalolie en -vetten, oogstresten, of houtafval) en het gebruik van groene stroom voor elektrische voertuigen.

Figuur 1.8 geeft aan dat de inzet van de drie hernieuwbare fracties een duidelijke groei kende tussen 2005 en 2014 in Vlaanderen. Voor groene stroom nam de geproduceerde hoeveelheid elk jaar verder toe. Enkel in 2014 is er een kleine terugval (-2 %). Dat jaar was voor het eerst meer dan de helft van de groene stroom afkomstig van zonnepanelen en windturbines (op land of *onshore*), en niet langer van biomassa & -gas. Aangevuurd door een gunstig ondersteuningsmechanisme van groenestroomcertificaten nam immers vooral de stroomproductie door middel van zonnepanelen sterk toe in Vlaanderen: +330 % tussen 2010 en 2014. Ook windturbines op land lieten met een productiestijging van 158 % een belangrijke toename optekenen. De groenestroomproductie uit biomassa kende na 2012 daarentegen een belangrijke daling. Redenen daarvoor zijn de sluiting van de co-verbrandingscentrale van Ruiien in het voorjaar van 2013, alsook het tijdelijk stilleggen van de stroomproductie in de biomassacentrale van Rodenhuize in 2014. OVAM en de federaties Fedustria en Cobelpa hadden immers niet tijdig een positief advies gegeven over de gebruikte houtsoorten, waardoor de centrale geen recht meer had op subsidies in de vorm van groenestroomcertificaten voor de verbranding van biomassa. Door het uitblijven van die adviezen viel niet langer uit te sluiten dat die biomassa ook gebruikt zou kunnen worden als industriële grondstof bijvoorbeeld in de Vlaamse meubel- of papiernijverheid.

Na toepassing van de rekenregels uit de Europese Richtlijn 2009/28/EG blijkt de totale inzet van hernieuwbare energiebronnen in Vlaanderen inmiddels toegenomen tot 54,9 PJ. Dit betekent dat de totale inzet van hernieuwbare energie nog met 64 % moet toenemen ten opzichte van 2014, wil Vlaanderen de doelstelling halen die het heeft onderschreven tegen 2020. Voorlopige cijfers voor 2015 geven aan dat de inzet van hernieuwbare energiebronnen verder is toegenomen tot 58,7 PJ dankzij een toename in de productie van groene stroom en groene warmte¹, maar aan een groeitempo van bijna 4 PJ extra per jaar zal het doel niet tijdig gehaald worden.

Het dichten van de kloof tot de doelstelling voor 2020 zal bijkomende inspanningen vragen op elk van de drie sporen. Eerdere initiatieven deden het aandeel groene stroom in het bruto eindgebruik van elektriciteit opklimmen van 1,8 % in 2005 naar 10,5 % in 2014 (en 12,7 % in 2015). De groeisnelheid van hernieuwbare energieproductie blijkt tot nog toe sterk afhankelijk van regelgeving en steunmaatregelen. Zo is de jaarlijkse toename in het geïnstalleerde piekvermogen aan zonnepanelen door het wegvallen van de gunstige subsidieregeling bijvoorbeeld sinds 2013 tot onder 50 MW gezakt, terwijl in het topjaar 2011 ongeveer 800 MW capaciteit aan het net werd aangesloten. De aandelen van groene warmte & koeling (vooral biomassa, maar stilaan ook wat meer warmtepompen, pompboilers en zonneboilers) in het totale energiegebruik voor verwarming & koeling in Vlaanderen en van biobrandstoffen en groene stroom voor transport groeiden sterk tot 2010. Dit kwam door respectievelijk een

combinatie van groenestroom- en WKK-certificaten en een bijmengplicht, gecombineerd met een tijdelijke accijnsvrijstelling. Sinds 2010 blijven de aandelen van groene warmte & koeling en hernieuwbare energie voor transport echter schommelen tussen 4 % en 5 %. Onder impuls van een nieuw ondersteuningssysteem voor groene warmte uit biomassa of diepe geothermie, het herwerkte premiestelsel voor warmtepompen, pompboilers en zonneboilers, de invoering van het verplichte aandeel hernieuwbare energie voor nieuwbouw en een verstrengde bijmengplicht voor biobrandstoffen kunnen deze aandelen de komende jaren weer verder oplopen.

————— Verschuiving van centrale naar decentrale energieproductie doet grens tussen vraag- en aanbodzijde vervagen

Tot voor een tiental jaar was er binnen het Vlaamse energiesysteem nog een duidelijk onderscheid tussen aanbodzijde en vraagzijde, tussen producent (gecentraliseerd) en consument (decentraal). Dit onderscheid vervaagt onder impuls van het streven naar een verhoogde inzet van hernieuwbare energiebronnen (zonnepanelen, prosumenten) en de zoektocht naar efficiëntiewinsten (bv. WKK's, benutten van nevenstromen en restwarmte).

MILIEUVERSTORINGEN

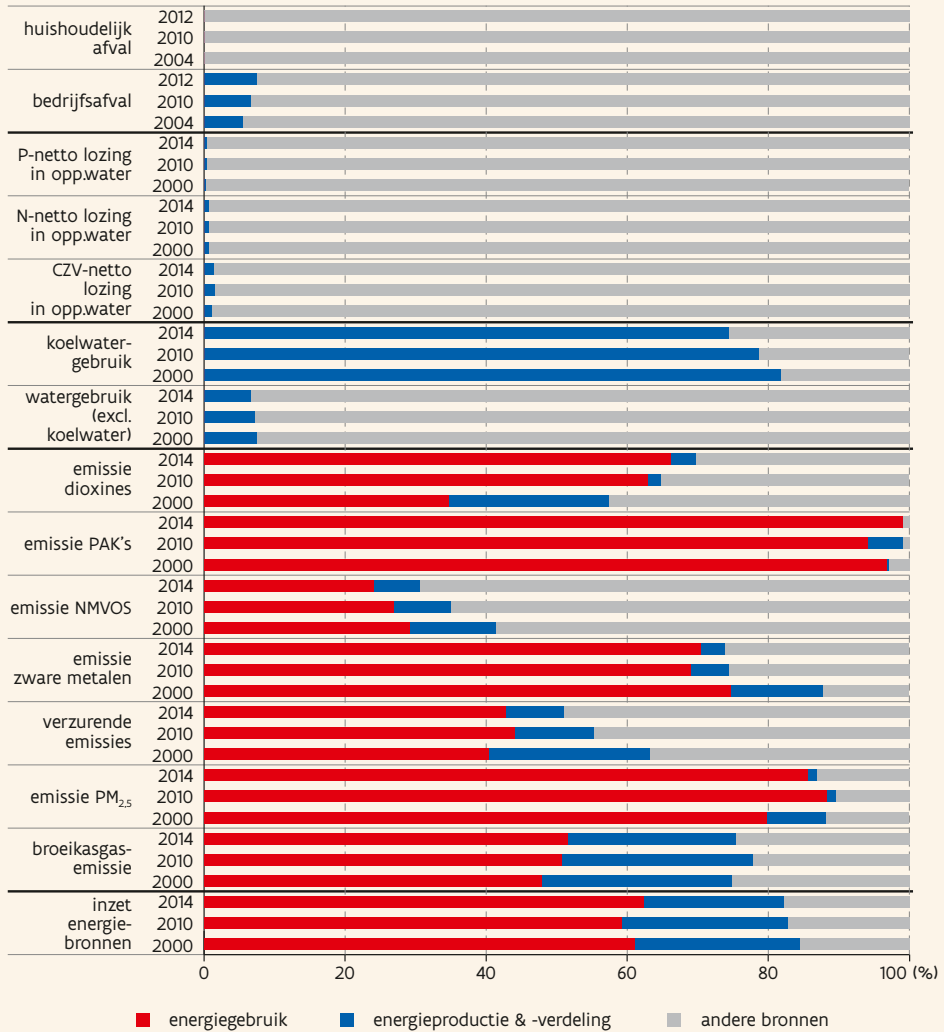
Milieuverstoringen door het energiesysteem

In hoeverre speelt ons energiesysteem een rol in de milieudruk in Vlaanderen? Deze vraag krijgt een antwoord door de totale milieudruk in Vlaanderen op te splitsen naar de bijdrage van:

- energiegebruik: de vraagzijde in het energiesysteem met de finale energievraag voor diverse energiediensten (verwarmen & koelen, verlichten, aandrijven van motoren ...) in woningen, bedrijven, voertuigen, handelszaken en diensten;
- energieproductie & -verdeling: de aanbodzijde in het energiesysteem met de transformatie van energiebronnen in energiedragers geschikt voor de eindgebruikers, en het transport en de distributie van die energie tot bij de eindgebruikers. Dit omvat dus zowel milieudruk gerelateerd aan activiteiten van de energiesector (centrale productie) zelf, als van decentrale energieproductie (bv. installaties voor warmte-krachtkoppeling);
- niet-energiegebonden activiteiten: andere bronnen van milieudruk die geen directe link hebben met energiegebruik of -productie staan in voor belangrijke aandelen in de milieudruk. Voorbeelden zijn huishoudelijk en industrieel verfgebruik, compostering, industriële procesemissies, afvalverbranding zonder energierecuperatie, verteringsprocessen in de landbouw en mestopslag.

Figuur 1.9 geeft een overzicht van de aandelen in de milieudruk van het energiegebruik, de energieproductie & -verdeling en niet-energiegebonden activiteiten, dit voor de milieuthema's afvalproductie, emissies naar de lucht (inclusief broeikasgassen), lozingen in oppervlaktewater, watergebruik en gebruik van energiebronnen. Zo wordt duidelijk in welke mate de milieudruk gerelateerd aan het energiesysteem toe te wijzen is aan de vraagzijde (rode balken) en de aanbodzijde (blauwe balken). De grijze balken geven het aandeel in de milieudruk weer van niet-energiegebonden activiteiten in Vlaanderen. De drie zichtjaren 2000, 2010 en 2014 worden gekenmerkt door verschillen in de economische activiteitsniveaus van de sectoren, veranderingen in de bevolking (toename, gezinsverdunding,

Figuur 1.9 Aandeel van energiegebruik, energieproductie & -verdeling en niet-energiegebonden activiteiten in de milieudruk (Vlaanderen, 2000*, 2010, 2014*)



* Voor afvalproductie zijn geen basisdata voor de jaren 2000 en 2014 beschikbaar, en werd het eerst en laatst beschikbare jaar genomen, namelijk 2004 en 2012.

Bron: MIRA op basis van VMM, VITO en OVAM

vergrijzing) en het klimaat (erg koude winter in 2010 versus uitzonderlijk warme in 2014). Deze verschillen resulteren niet in eenduidige patronen van wijzigende aandelen voor energiegebruik en energieproductie & -verdeling over de periode 2000-2014, mogelijk omdat er ook nog andere factoren spelen zoals verschuivingen in aandelen van gebruikte energiebronnen, ingezette technologie, mogelijk gerealiseerde efficiëntiewinsten, enz.

Door het vervagen van de grens tussen energieproductie & -verdeling en energiegebruik (bv. door het stijgend aandeel van prosumenten of energiegebruikers die zelf een deel van hun energie opwekken), kan milieuwinst aan de ene zijde (deels) ten koste gaan van milieuwinst aan de andere zijde. Energieproductie & -verdeling en energiegebruik treden als het ware op als communicerende vaten. Zo kan het toenemende elektriciteitsgebruik bij de eindgebruikers (bv. warmtepompen: eind 2014 al 14 162 geïnstalleerd in Vlaanderen; elektrische wagens: in 2015 zijn 991 volledig elektrische personenwagens en 1 860 plug-in hybrides nieuw ingeschreven in Vlaanderen) leiden tot een lagere milieudruk aan de gebruikerszijde maar een hogere milieudruk aan de productiezijde, vooral als de benodigde stroom niet wordt opgewekt met hernieuwbare energiebronnen. In de mate dat de consumenten zelf groene stroom opwekken, zoals bijvoorbeeld in bijna nulenergiewoningen, kan men deels vermijden dat de milieudruk wordt verschoven naar de centrale aanbodzijde.

Energiegebruik heeft grootste aandeel in luchtverontreiniging

De hoofdmoot van de milieudruk door het energiegebruik situeert zich bij de emissies van diverse luchtpolluenten. Bij de omzetting in mechanische energie, nuttige warmte enz. (verbrandingsmotoren, industriële stookinstallaties, kachels, centrale verwarming ...) worden verschillende fossiele energiedragers verbrand. Bij deze verbrandingsprocessen komen tal van polluenten vrij in de omgevingslucht: altijd CO₂, en afhankelijk van de brandstof en de efficiëntie van het verbrandingsproces ook SO₂, NO_x, NMVOS, PAK's, stofdeeltjes als PM_{2,5}, zware metalen ...

In 2014 is het energiegebruik verantwoordelijk voor 51 % van de broeikasgasemissies (bijna uitsluitend CO₂) en 43 % van de totale verzurende emissies (met aandelen van 81 % in de totale NO_x- en 55 % in de totale SO₂-emissie) in Vlaanderen. De CO₂-emissie is afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen: vooral voor vervoer, gebouwenverwarming en industriële proceswarmte. De NO_x-emissies zijn in 2014 voor 68 % toe te schrijven aan de verbrandingsmotoren op diesel en benzine in de sector transport (hoofdzakelijk wegverkeer). De SO₂-emissies komen in 2014 voor 66 % uit de industriële verbrandingsprocessen (door stoken met energiedragers met een hoog zwavelgehalte zoals kolen, cokes en zware stookolie).

Voor de emissies van zware metalen, PAK's en stofdeeltjes (PM_{2,5}) liggen de aandelen van het energiegebruik nog hoger (respectievelijk 70 %, 99 % en 86 % in 2014). De reden hiervoor is onder andere te vinden in het verbranden van vaste fossiele brandstoffen, biomassa (hout) en (zware) stookolie. Klimaatregeling in gebouwen en de productie van warm water bij eindgebruikers is verantwoordelijk voor 31 % van het energiegebruik, en hangt af van de schommelende weersomstandigheden (streng of zachte winters). Door niet-optimale verbrandingsomstandigheden dragen de bijhorende verbrandingsprocessen in belangrijke mate bij aan de emissies naar de lucht. Vooral de woningverwarming op vaste brandstoffen (steenkool en hout) en op stookolie in verouderde kachels, verwarmingsketels en allesbranders gebeurt niet altijd efficiënt. Daarom heeft woningverwarming het hoofdaandeel in de energetische emissies van PM_{2,5} (bijna 62 % in 2014) en PAK's (90 % in 2014).

Ook in de industrie worden nog vrij veel vaste fossiele brandstoffen (o.a. steenkool, cokes ...) en diesel gebruikt, dit onder andere voor de aanmaak van proceswarmte op zowel hoge als lage(re) temperatuur. De industrie heeft daardoor een aandeel van 23 % in de energetische emissies van PM_{2,5}.

Daarnaast is de transportsector verantwoordelijk voor ruim 10 % (in 2014) van de energetische PM_{2,5}-uitstoot, dit door het dieselgebruik in het personen- en goederenvervoer.

De energieproductie & -verdeling veroorzaakt, wat luchtmissies betreft, een kleinere milieudruk dan het energiegebruik. Hierbij speelt zeker een belangrijke rol dat grote verbrandingsinstallaties – meer dan kleinschalige verbrandingsinstallaties – kunnen uitgerust worden met ontstoffings-, ontzwavelings- en ontstikkingstechnieken. Toch blijven voornamelijk de elektriciteits- en warmteproductie en de petroleumraffinaderijen ook nu nog een wezenlijke bijdrage leveren aan de milieudruk in Vlaanderen door het gebruik van fossiele brandstoffen. Voor de emissies naar lucht in 2014 valt die bijdrage vooral op bij de uitstoot van broeikasgassen (vooral CO₂) met een aandeel van 24 % in de totale uitstoot, en de verzurende stoffen met een aandeel van 8 % (aandelen van 9 % in de NO_x- en 30 % in de SO₂-emissie). Het koelwatergebruik is voor meer dan 75 % toe te schrijven aan de elektriciteitsproductie (zowel de kerncentrale van Doel als de conventionele thermische centrales).

Afvalproductie (huishoudelijk en industrieel afval), lozingen naar oppervlaktewater van diverse pollutanten (P, N, CZV, BZV ...), watergebruik (exclusief koelwater) zijn hoofdzakelijk toe te schrijven aan activiteiten die niet direct gelinkt zijn aan het energiegebruik en de energieproductie & -verdeling. Ook een aanzienlijk deel van de emissies van NMVOS, dioxines en verzurende stoffen is afkomstig van niet-energiegebonden activiteiten (bijvoorbeeld tal van verdampingsemisies van coating-, druk- en reinigingsprocessen, huishoudelijk en industrieel verfgebruik, composteringsbedrijven, verteringsprocessen in de landbouw, mestopslag, huishoudelijk afvalwater ...).

Het energiegebruik van alle energiediensten maakt het grootste deel uit van het bruto binnenlands energiegebruik (62 % in 2014), gevolgd door het eigen gebruik van energiedragers in de energieproductie & -verdeling (20 %). De rest van de energiebronnen (18 %) worden aangewend voor niet-energetische doeleinden, bijvoorbeeld als 'bouwstenen' voor de productie van diverse kunststoffen in de chemische industrie.

OPLOSSINGSRICHTINGEN

Naar een koolstofarme economie tegen 2050

Naast een reductie van de broeikasgasuitstoot met 20 % in 2020 ten opzichte van 1990, streeft de EU ook naar een emissiereductie met 40 % tegen 2030. Dit laatste geldt als eerste intermediaire doelstelling om de EU op het juiste pad te zetten in de energietransitie naar een koolstofarme economie tegen 2050, met een uitstootreductie van 80 à 95 %. Begin 2016 heeft België zich bij de ondertekening van het Klimaatakkoord van Parijs alvast geëngageerd tot een reductie van de broeikasgasuitstoot met minstens 40 % tegen 2030. Dat akkoord is opgevat als een actieplan om de gemiddelde temperatuurtoename op aarde beneden de 2 °C of zelfs 1,5 °C te houden ten opzichte van het pre-industriële tijdperk.

Wil ook Vlaanderen zich inschrijven in zo'n koolstofarme economie, dan zal ons energiesysteem een heuse transitie moeten ondergaan. Eerder toonden enkele studies al aan dat een transitie naar een koolstofarme economie met minstens 80 % minder broeikasgasuitstoot tegen 2050 wel degelijk mogelijk is voor België, louter op basis van bestaande technologie aangevuld met koolstofafvang en -opslag (*Carbon Capture and Storage*, CCS) in industriële processen en diepe geothermie^{12, 13, 14}. Bovendien kon worden aangetoond dat zo'n scenario geen meerkosten voor de maatschappij met zich zou

meebrengen¹². Wel zouden er verschuivingen in het bestedingspatroon van individuen en bedrijven nodig zijn: grote investeringen op de korte en middellange termijn in energie-efficiëntie, nieuwe infrastructuur, flexibele afstemming tussen vraag en aanbod, hernieuwbare energie en koppelingen tussen de netwerken (interconnectie) worden gecompenseerd door lagere brandstofkosten op de langere termijn. Een recente vervolgstudie concludeert dat zo'n transitie niet enkel leidt tot milieuwinst maar ook kan resulteren in gunstige macro-economische gevolgen¹⁵. In **figuur 1.10** is duidelijk te zien dat een transitie scenario met reductie van de CO₂-uitstoot met 46 % tegen 2030 toch voor een bijkomende stijging van het bruto binnenlands product (BBP) kan zorgen met 2 % ten opzichte van een referentie scenario zonder bijkomend energie- en klimaatbeleid. Maar in een koolstofarme economie zal die groei voor een deel afkomstig zijn van andere economische activiteiten in vergelijking met een traditionele economie. Ook de tewerkstelling gaat er netto op vooruit, met de grootste toename in de bouw en enkele industriële deelsectoren. Zeker bij de homogene invoering van beleidsinitiatieven op Europees of internationaal niveau kunnen Belgische sectoren, die bij de meest competitieve binnen de EU horen, hun export en marktaandeel uitbreiden.

Energietransitie: een huis met vele kamers

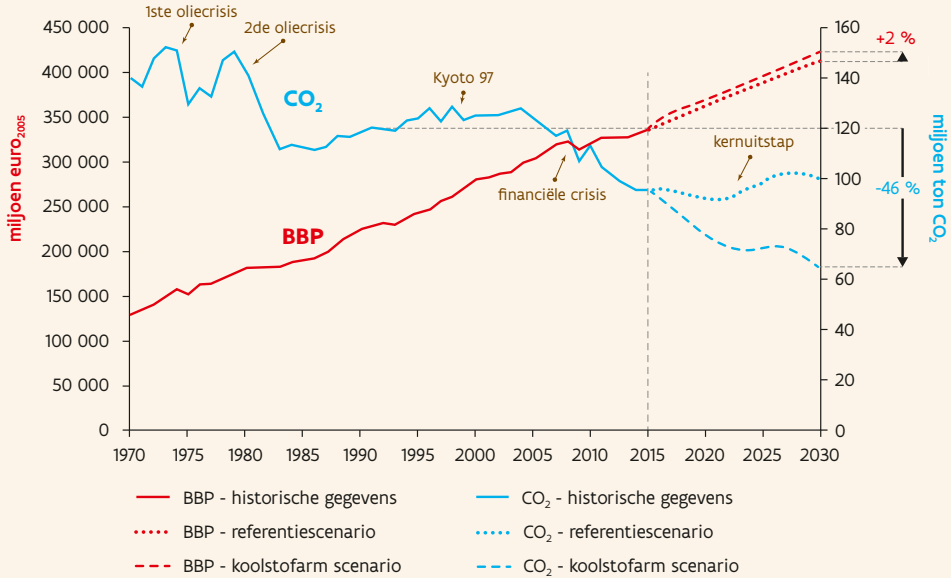
De energietransitie die Vlaanderen en Europa hebben ingezet is zowel economisch, ecologisch als sociaal een van de grootste uitdagingen voor onze beleidsmakers en belanghebbenden. Naast het tegengaan van de verdere klimaatverandering spelen voor deze energietransitie nog andere doelstellingen een belangrijke rol, zoals het garanderen van de bevoorradingszekerheid onder nagenoeg alle voorzienbare omstandigheden, een veilige energievoorziening en de beschikbaarheid van betaalbare hernieuwbare energie. Gezien de vele onzekerheden is het onmogelijk aan te geven hoe het energiesysteem van Vlaanderen er tegen 2050 uit zal zien. De prijsevolutie van technieken en energiebronnen, het maatschappelijk draagvlak en het wijzigende internationale kader zijn slechts enkele factoren die het pad van de energietransitie naar een koolstofarme economie zullen bepalen. Ook de wijze waarop we de komende decennia onze ruimtelijke ordening al dan niet bijsturen, zal determinerend zijn voor het uiteindelijke pad. Bovendien zal de energietransitie niet enkel winnaars kennen, en dus ook geconfronteerd worden met tegenwerkende krachten.

Niettemin dienen bepaalde keuzes zich nu al aan, en zijn een aantal doorbraken vereist om de broeikasgasemissies met minstens 80 % te kunnen reduceren tegen 2050. Een aantal elementen die zeker zullen of kunnen bijdragen, worden hieronder opgelijst op basis van Ros & Schure (2016)¹⁶, Cornet et al. (2013)¹², VMM (2016)¹⁷, EEA (2016)¹⁸ en eigen inzichten.

————— Vraagzijde van het energiesysteem

- In het licht van de noodzakelijke energietransitie moet de manier waarop we **maatschappelijke activiteiten zoals wonen, werken, transport en vrijetijdsbesteding invullen** kritisch bevestigd worden. Zo kunnen ruimtelijke en stedenbouwkundige ontwikkelingen in belangrijke mate bepalend zijn voor het aanbod en gebruik van hernieuwbare energie. Door bijvoorbeeld woningen doordacht in te plannen en zongericht te ontwerpen, kan de zon tot 40 % van de noodzakelijke warmte voorzien. En bij belangrijke nieuwe gebiedsontwikkelingen (woonwijken, bedrijventerreinen) dient steeds in functie van lokale mogelijkheden en opportuniteiten een grondige afweging gemaakt te worden om al dan niet in te zetten op warmtenetten, gasnetten, warmtepompen of andere duurzame opties.
- Een **blijvende inzet op energie-efficiëntie** is nodig in het licht van de doelstellingen voor hernieuwbare energie en voor het terugdringen van de broeikasgasemissies. Door de afwezigheid van eigen, economisch winbare fossiele energiebronnen en uranium, ligt in Vlaanderen de sleutel naar een hogere zelfvoorzieningsgraad en een garantie op stabiele energievoorziening bij de combinatie

Figuur 1.10 Evolutie van het BBP en van de CO₂-uitstoot vanuit historisch perspectief en onder een scenario met transitie naar een koolstofarme economie (België, 1970-2030)



Bron: Lemerrier et al. (2016)¹⁵

van een verhoogde energie-efficiëntie en de overschakeling op hernieuwbare energiebronnen. Naast een lager energiegebruik en de hierbij horende emissiereductie heeft energie-efficiëntie in de klimaatregeling voor woningen en gebouwen bijkomende potentiële voordelen. Maatregelen voor energie-efficiëntie bij de laagste inkomensgroepen en bij zogenaamde energiearmoede kunnen een grote sociale impact hebben. Een lagere energiefactuur zorgt immers voor een ruimer beschikbaar inkomen dat kan worden besteed aan andere kostenposten zoals voeding. Betere isolatie en verwarmingsinstallaties in verouderde woningen zorgen bovendien voor een betere fysieke en mentale gezondheid van de bewoners. Verbeteringen in energie-efficiëntie in commerciële en openbare gebouwen kunnen een positieve impact hebben op de arbeidsproductiviteit¹⁹.

- De toename van het **aandeel van elektriciteit in de energiemix** is wenselijk omdat die elektriciteit (deels) kan worden voorzien door hernieuwbare energiebronnen. Zo zorgt een toenemende isolatie van bestaande gebouwen en het bouwen van bijna nulenergiewoningen voor een toenemend gebruik van alternatieve systemen. Voorbeelden daarvan zijn warmtepompen en zonneboilers, al dan niet aangevuld met elektrische verwarming. Elektrische warmtepompen kunnen ook ingezet worden voor warmteleveringen beneden 100 °C in industriële processen.
- Een doorgedreven **elektrificatie van het personenvervoer** verzoent meerdere doelen. Het dringt de schadelijke uitstoot van wegtransport terug en de batterijen in de voertuigen kunnen schommelelingen in de bevoorrading met groene stroom opvangen op het elektriciteitsnet (samen met stationaire batterijen in woningen en collectief in appartementsblokken of op wijkniveau).
- De reeds gesignaleerde trend van centrale naar decentrale productie en vervaging van het onderscheid tussen energieproducenten en energiegebruikers zet zich verder door onder invloed van **burgercoöperaties**. Die coöperaties laten de bevolking toe te participeren in lokale initiatieven rond opwekking van groene stroom, groene warmte en energiediensten gericht op energiebesparing zonder comfortverlies. Groepsgevoel en winstparticipatie zijn hier hefboomen voor een verruimd draagvlak (bv. bij plaatsing van windturbines) en responsabilisering (bv. alertheid ten aanzien van het eigen energiegebruik).

————— Aanbodzijde van het energiesysteem

- **Zonnestroom** wordt erg competitief door een verdere daling van de totale kost van PV-systemen (zonnepanelen), en vormt samen met de eerder vernoemde coöperaties een belangrijke stimulus voor de eigen energievoorziening en een grotere betrokkenheid van burgers bij de werking van het energiesysteem. Naast de panelen die we nu kennen, zullen op termijn ook dunne fofovoltaïsche filmen op de markt worden geïntroduceerd, met toepassingen op wanden, glaspartijen, voertuigen ...
- Windenergieparken op zee zijn een federale bevoegdheid. De toegekende concessies laten een uitbreiding van de huidige capaciteit (701 MW_e) toe tot 2 089 à 2 480 MW_e, goed voor een jaarlijkse stroomproductie van circa 8 TWh of ongeveer 10 % van het totale Belgische elektriciteitsgebruik^{20, 21}. Maar buiten een eventuele verdere uitbreiding van windenergieparken op zee, is er zeker ook nood én potentieel aan **bijkomende windenergie** op land. Daartoe is een betere integratie van windenergie in de ruimtelijke planning nodig, samen met een versoepeling van de vergunningsprocedures en een verhoogde aandacht voor het lokale draagvlak (bv. mogelijkheid bieden tot financiële deelname aan een lokaal windpark via de eerder genoemde coöperaties). Omdat grote windturbines regelmatig botsen met de ruimtelijke planning en het NIMBY-syndroom (*not in my backyard*) bij omwonenden, wordt ook gedacht aan de integratie van kleine(re) windturbines (0,1 tot 0,5 MW_e) in het landschap (op kantoorgebouwen, nabij boerderijen, aan fabriekspanden ...).

- Om het evenwicht tussen vraag en aanbod op het stroomnet te garanderen zullen nog een tijdlang **flexibele installaties op aardgas en/of biomassa** nodig zijn. Mits economisch rendabel kunnen deze installaties in de toekomst uitgerust worden met CO₂-afvang en -opslag (CCS). De doorbraak van de CCS-techniek laat echter al enkele jaren op zich wachten, omdat geen enkel van de 12 grote proefprojecten die binnen de EU voorzien waren tegen 2015 operationeel waren¹⁸. Het aanbod van duurzaam geproduceerde biomassa is op de lange termijn zeer onzeker. Dit wordt mede veroorzaakt doordat de koolstofbalans bij de biomassateelt op landbouwgronden en in bossen in sommige gevallen ongunstig uitpakt.
- Grootschalige omzetting van duurzaam geproduceerde biomassa in **groen gas en/of biobrandstoffen**, is een reële en misschien de enige optie voor enkele belangrijke energiegebruikers zoals een deel van de gebouwde omgeving, vliegverkeer en zwaar transport over de weg en het water. Eventueel kan dit gecombineerd met CO₂-afvang en -opslag (CCS) of gebruik als grondstof (CCU) leiden tot netto negatieve emissies of *sinks*.
- De verdere ontwikkeling van **warmtenetten** kan heel wat energie helpen besparen. Via warmtenetten kunnen gebouwen voor hun warmtevraag gekoppeld worden aan bedrijven die beschikken over restwarmte op relatief lage temperatuur, of aan een duurzame centrale warmtebron (geothermie, biomassa-WKK's ...). Daarnaast bieden warmtenetten nog andere voordelen: warmtebronnen en warmte-opslag kunnen omwille van het schaalvoordeel energetisch, ecologisch en economisch zo efficiënt mogelijk ingezet worden. Bovendien is het overschakelen naar een andere (duurzamere) bron bij een centraal systeem zoals een warmtenet eenvoudiger dan bij een verzameling van decentrale opwekkers. Deze technieken zijn echter slechts lokaal inzetbaar, gelet op het warmteverlies dat optreedt bij transport door pijpleidingen. Zowel omwille van de energetische efficiëntie als omwille van de economische kost zijn warmtenetten ideaal voor gebieden met een voldoende hoge bouwdichtheid. De mogelijkheden voor warmtenetten met industriële restwarmte zijn bovendien direct afhankelijk van de continuïteit van bedrijven over perioden van vele decennia. Voor diepe geothermie zijn enkel in de Kempen vanaf 3 km diepte grondwaterlagen beschikbaar die een voldoende hoge temperatuur hebben. Vanuit een menselijk tijdsperspectief verloopt de aanvoer van warmte in de bodem traag, maar constant in de tijd en is ze haast onuitputtelijk. Daarom wordt aardwarmte net als zonne-energie aanzien als een hernieuwbare energiebron. Een recente variant hierop betreft riothermie, waarbij warmte wordt onttrokken aan rioolwater.

———— Integratie van vraag- en aanbodzijde

- De vele veranderingen met betrekking tot stroomvoorziening vereisen belangrijke aanpassingen aan het elektriciteitsnet. Het huidige net, uitgebouwd rond een beperkt aantal centrale productiepunten, moet worden getransformeerd tot een **internationaal goed geïnterconnecteerd en slim net** waaraan decentrale productie-eenheden en nieuwe toepassingen kunnen worden gekoppeld. Daarbij worden informatietechnologieën ingezet om de productie en distributie van elektriciteit te optimaliseren en om de flexibele vraag en het aanbod op elkaar af te stemmen. Een uitgebreide interconnectiecapaciteit laat toe tijdelijke tekorten en overschotten langs productiezijde of onvermijdbare pieken langs gebruikszijde op te vangen door stroomuitwisseling met de buurlanden, en ook om over nog grotere afstand binnen Europa groene stroom te transporteren vanuit gebieden met het grootste productiepotentieel: bijvoorbeeld zonnestroom uit Zuid-Europa, windenergie uit de Noordzee en waterkracht uit Scandinavië en uit de Alpen. Door zijn centrale ligging kan Vlaanderen, net als het al doet voor aardgas, een strategische rol gaan vervullen in het Europese supergrid. Een belangrijke factor daarin is zeker de koppeling met het geplande Noordzeenet van offshore windenergieparken.

- Het technisch potentieel voor de productie van CO₂-arme elektriciteit is zo groot dat er meer mee kan worden gedaan dan alleen het huidige elektriciteitsgebruik verduurzamen. Voor vormen van energiegebruik waar een alternatief voor (methaan)gas of vloeibare brandstoffen als diesel of kerosine moeilijk zijn te vinden, kan gas of vloeibare brandstof geproduceerd met behulp van groene stroom een oplossing bieden: het zogenaamde **power-to-gas** en **power-to-liquids**. Tevens kan dit bijdragen aan het vraagstuk van energieopslag, van belang als het aanbod van zon- en windenergie groot is en de vraag beperkt: waterstofgas en vloeibare brandstoffen zijn goed op te slaan, in tegenstelling tot elektriciteit.

Ook al zijn ze vaak erg divers van aard, toch dragen de meeste elementen voor transitie zowel aspecten van optimalisatie als innovatie in zich en verweven ze vaak meerdere sporen naar een duurzaam energiesysteem: energienoden beperken, maximalisatie van de energie-efficiëntie en verhoogde inzet van hernieuwbare energiebronnen. Het gaat daarbij om meer dan CO₂-arme technologie. Zoals hiervoor al aangegeven zijn ook ingrijpende vernieuwingen van de infrastructuur van groot belang en is er slechts kans van slagen als ook de institutionele vormgeving wordt aangepast. Beide vormen essentiële randvoorwaarden die al in een vroeg stadium moeten worden ingevuld. Ze vragen in de praktijk veel tijd.

Klaar voor de start

Onzekerheden zijn haast inherent verweven in elk van bovenvermelde transitie-elementen. Die kunnen te maken hebben met het maatschappelijk draagvlak als gevolg van mogelijke neveneffecten (bv. van ondergrondse CO₂-opslag), onzekerheid over de omvang van duurzaam exploitatiebare energiebronnen (biomassa, diepe geothermie) of de al dan niet succesvolle ontwikkeling van technologie. Deze onzekerheden zijn echter geen reden om een afwachtende houding aan te nemen. Daarvoor is de tijd om de energietransitie te realiseren te kort¹⁶.

Doelgerichte investeringen zijn een basisvereiste om tijdig de energietransitie te realiseren. Zo dreigen bij de stroomvoorziening investeringen in de verlengde levensduur van bestaande koolstofintensieve centrales of in nieuwe fossiele installaties (vooral steenkoolcentrales) te leiden tot zogenaamde *lock-ins* waarbij bestaande technologieën langer worden ingezet dan nodig en wenselijk is. De meeste steenkoolcentrales in gebruik binnen Europa zijn al 25 à 30 jaar oud, en gemiddeld dubbel zo koolstofintensief als gascentrales. Daarom zijn gascentrales beter dan steenkoolcentrales geschikt als back-up capaciteit om de stabiliteit van het stroomnet te garanderen – wat in ons land ook nodig zal blijven in de komende decennia^{14, 22} – en te zorgen voor evenwicht tussen stroomvraag en -aanbod bij de integratie van intermitterende stroombronnen zoals zonnepanelen en windturbines. Gezien hun lange levensduur (35 à 40 jaar, mits investeringen uit te breiden tot 45 à 50 jaar) en de vertraging van de marktintroductie van CCS, kunnen investeringen in fossiele centrales (vooral steenkool) de komende decennia de verspreiding van koolstofarme technologie afremmen. Finaal verhoogt dit de totale kost voor de vergroening van de stroomvoorziening in West-Europa, en worden tegelijkertijd investeerders en aandeelhouders blootgesteld aan nodeloze financiële risico's ingevolge de dreiging voor een vroegtijdige sluiting van fossiele stroomcentrales¹⁸. Aanvullend toonde het Federaal Planbureau de neerwaartse impact voor België aan van een verlengde nucleaire elektriciteitsopwekking op de groothandelsprijzen voor elektriciteit. Lagere groothandelsprijzen belemmeren immers de opschaling van investeringen in hernieuwbare energiebronnen en in efficiëntie-verbeterende technologie. Het herzien van de bestaande kalender voor de uitfasering van onze kerncentrales in de wet op de kernuitstap kan daardoor de noodzakelijke energietransitie vertragen²³.

Een breed gedragen en consequent aangehouden langetermijnvisie over hoe het energiesysteem moet bijdragen aan de tijdige realisatie van een koolstofarme economie in Vlaanderen en België, is dan ook van essentieel belang. Zo'n visie omvat duidelijke doelstellingen en streeft een stabiel

investeringsklimaat na. En ze hanteert een geïntegreerde benadering over beleidsdomeinen en -niveaus heen, waarbij de verschillende energiediensten aan elkaar worden gekoppeld: warmte & koeling, verlichting, mobiliteit en drijfkracht.

REFERENTIES

De tekst is gebaseerd op de MIRA-indicatorfiches en de MIRA Kernset Milieudata 2016, beide op www.milieurapport.be. Andere bronnen worden hieronder afzonderlijk vermeld.

- ¹ Jaspers K., Aernouts K. & Wetzels W. (2016b) Inventaris hernieuwbare energiebronnen Vlaanderen 2005-2015. VITO, opdracht uitgevoerd in kader van referentietoek i.o.v. Vlaamse Regering, 2016/SEB/R/161, versie september 2016.
- ² Aernouts K., Jaspers K. & Wetzels W. (2016) Energiebalans Vlaanderen 1990-2014. VITO, opdracht uitgevoerd in kader van referentietoek i.o.v. Vlaamse Regering, 2015/SEB/R/162, versie februari 2016.
- ³ Eurostat (2016) Energy intensity of the economy - annual data, <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tsdec360>, geconsulteerd op 6/6/2016.
- ⁴ Jaspers K., Aernouts K. & Wetzels W. (2016a) Inventaris hernieuwbare energiebronnen Vlaanderen 2005-2014. VITO, opdracht uitgevoerd in kader van referentietoek i.o.v. Vlaamse Regering, 2015/SEB/R/161, versie februari 2016.
- ⁵ Couder J. (2013) Modelleren van gedrag, technologiekeuze en kostendata in EVIV-LEAP, UAntwerpen, opdracht uitgevoerd in opdracht van MIRA. www.milieurapport.be.
- ⁶ ODYSSEE-MURE (2016) Odyssee database, www.odyssee-mure.eu, laatst geraadpleegd op 3/10/2016.
- ⁷ CLO (2016) Diverse indicatoren op de website van de Nederlandse milieuoverheid: Compendium voor de Leefomgeving, www.clo.nl/onderwerpen/energie-en-milieu, laatst geraadpleegd op 1/9/2016.
- ⁸ Pennartz A. & Van den Bovenkamp M. (2016) Het elektrisch energiegebruik en het warmteaanbod van koelinstallaties voor een veertigtal bedrijfssectoren, studie uitgevoerd in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- ⁹ IAEA (2016) PRIS-databank, www.iaea.org/pris, geconsulteerd op 10/10/2016.
- ¹⁰ Wetzels W., Aernouts K. & Jaspers K. (2015) Inventaris warmte-krachtkoppeling Vlaanderen 1990-2014. VITO, opdracht uitgevoerd in kader van referentietoek i.o.v. Vlaamse Regering, 2015/SEB/R/150, versie oktober 2015.
- ¹¹ Eurostat (2016) Eurostat-database, <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, laatst geconsulteerd 13/12/2016.

- ¹² Cornet M., Duerinck J., Laes E., Lodewijks P., Meynaerts E., Pestiaux J., Renders N. & Vermeulen P. (2013) Scenarios for a Low Carbon Belgium by 2050. Studie uitgevoerd door CLIMACT en VITO in opdracht van de Dienst Klimaatverandering van de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.
- ¹³ Devogelaer D., Duerinck J., Gusbin D., Marenne Y., Nijs W., Orsini M. & Pairon M. (2012) Towards 100% renewable energy in Belgium by 2050. Study commissioned by the four Belgian ministers (1 federal, 3 regional) in charge of energy, and realized by a consortium of the Federal Planning Bureau, the Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable and the Vlaams Instituut voor Technologisch Onderzoek.
- ¹⁴ Devogelaer D. & Gusbin D. (2015) 2030 Climate and Energy Framework for Belgium – Impact assessment of a selection of policy scenarios up to 2050. Federal Planning Bureau, Working Paper 3-15.
- ¹⁵ Lemerrier Th., Pestiaux J., Vermeulen P., Bréchet Th., Berger L., Bossier Fr., Kleiman M., Hunter S. & Livermore Sc. (2016) Macroeconomic impacts of the low carbon transition in Belgium. Studie uitgevoerd door CLIMACT in samenwerking met de UCL, het Federaal Planbureau en Oxford Economics in opdracht van de Dienst Klimaatverandering van de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.
- ¹⁶ Ros J. & Schure K. (2016) Vormgeving van de energietransitie, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag. PBL-publicatienummer: 1747.
- ¹⁷ VMM (2016) Verslag Conferentie Megatrends, 18 december 2015, MIRA, Vlaamse Milieumaatschappij, Aalst. www.milieuraapport.be.
- ¹⁸ EEA (2016) Transforming the EU power sector: avoiding a carbon lock-in. European Environment Agency Report No 22/2016. doi:10.2800/692089.
- ¹⁹ COMBI (2016) Widening the perspective: An approach to Evaluating the Multiple Benefits of the 2030 EU energy efficiency potential.
- ²⁰ Elia (2016b) Grid data productiegegevens, www.elia.be/nl/grid-data/productie, laatst geconsulteerd 14/12/2016.
- ²¹ BMM (2016) Overzicht windmolenparken op zee, www.mumm.ac.be/NL/Management/Sea-based/windmills_table.php, laatst geconsulteerd 14/12/2016.
- ²² Elia (2016a) Studie over de nood aan 'adequacy' en aan 'flexibiliteit' in het Belgische elektriciteits-systeem – periode 2017-2027.
- ²³ Devogelaer D. & Laine B. (2016) Drivers of wholesale electricity prices in a small, open economy - Some evidence from the nuclear restart in Belgium. Federal Planning Bureau, Working paper 9-16, October 2016.

SYSTEEMBALANS
2017

— 2 Mobiliteitssysteem

Auteurs

CAROLINE DE GEEST, BOB PEETERS, LINE VANCRAEYNST
(MIRA, VMM)

Lectoren

KOBE BOUSSAUW (VUB)
FRANS FIERENS (IRCEL, VMM)
INGE MAYERES (VITO)
BERT VAN WEE (TU Delft)

INLEIDING

Mobiliteit is van vitaal belang voor het economisch functioneren van de samenleving en biedt mensen de kans om zich te ontplooiën en te ontspannen. Om te produceren en te consumeren moeten goederen verplaatst worden. Mensen verplaatsen zich, omdat ze op verschillende locaties wonen, werken, winkelen, zich ontspannen, studeren, verzorgd worden ...^{1,2,3}. Ruimtelijke ordening en mobiliteit zijn dan ook sterk met elkaar gerelateerd. Locatiebeleid beïnvloedt mobiliteit, maar het mobiliteitsbeleid beïnvloedt op zijn beurt ook de locatiekeuze en de ruimtelijke structuur⁴.

Het invullen van de verplaatsings- en vervoersbehoeften leidt tot een waaier aan verplaatsingen via al dan niet gemotoriseerde vervoersmodi (te voet, fiets, auto, bus, motorfiets, spoor, scheepvaart, luchtverkeer). Om tot een performant mobiliteitssysteem te komen is een uitgebreid netwerk opgezet, zowel op organisatorisch als fysiek vlak, van wegen, spoorwegen, treinstations, havens, luchthavens, brandstofvoorzieningen, parkings ... Dit maakt zowel individuele verplaatsingen als collectief en openbaar vervoer (trein, tram, bus) mogelijk.

Naast de transportgebruiker zelf, zijn nog tal van actoren betrokken bij het mobiliteitssysteem. Er zijn economische spelers zoals voertuigconstructeurs en hun toeleveranciers, vervoersexploitanten, leasebedrijven, projectontwikkelaars, luchthaven- en havenbedrijven, aannemers, banken ... Vertegenwoordigers uit het middenveld verdedigen de belangen van verschillende mobiliteitsgroepen. Ook de overheid speelt een rol via regelgeving, fiscaliteit en subsidiëring (bv. wegenbelasting, accijnzen op brandstoffen, fiscale regeling salariswagens, openbaar vervoer), beslissingen over infrastructuur, organisatie van het openbaar vervoer ... De actoren kunnen een wezenlijke invloed uitoefenen op de organisatie van het mobiliteitssysteem, op het aanbod, het beleid, het maatschappelijk draagvlak.

Het mobiliteitssysteem is een complex systeem waarin diverse actoren een rol spelen, elk vanuit hun eigen invalshoek en met hun eigen, soms conflicterende streefdoel. In het ideale geval leidt dit tot een performant mobiliteitssysteem dat bereikbaarheid garandeert, veilig en betaalbaar is, een vlotte doorstroming verzekert, voldoende comfort voorziet en een maatschappelijk aanvaardbare impact heeft op het leefmilieu. Het mobiliteitssysteem staat echter onder druk. Volgens schattingen van de Europese Commissie zal het personenvervoer (uitgedrukt in personenkilometers) tegen 2050 nog met 40 % toenemen ten opzichte van 2010 en het goederenvervoer (uitgedrukt in tonkilometers) met 58 %⁵. Ook in Vlaanderen blijft het aantal gemotoriseerde voertuigkilometers toenemen; dit leidt tot capaciteitsproblemen en congestie. In de Europese Unie komen Belgische bestuurders op de derde plaats voor het aantal verliesuren door files⁶. Ook de verkeersveiligheid is een blijvende zorg. Het aantal verkeersdoden vertoont weliswaar een dalende trend, maar toch vallen jaarlijks nog bijna 400 verkeersdoden in Vlaanderen⁷ en 28 000 in Europa⁸. De druk op het mobiliteitssysteem wordt mee veroorzaakt door de jarenlange dominante focus op de auto in vergelijking met andere vervoersmodi, en dit zowel naar ruimtelijke inrichting (bv. van steden) als naar infrastructuur, fiscaliteit (bv. salariswagens), gedrag en status⁹.

Het huidige mobiliteitssysteem heeft een negatieve impact op klimaatverandering, luchtkwaliteit, gezondheid en natuur. Verkeersmissies en geluidsoverlast schaden de gezondheid.

Verkeersinfrastructuren en voertuigen nemen ruimte in en zorgen voor versnippering van ruimte en habitats. Door congestie- en capaciteitsproblemen nemen de doorstroming en bereikbaarheid af. Het huidige mobiliteitssysteem stuit dus op zijn grenzen en een transitie naar een meer performant en milieuvriendelijk systeem lijkt nodig.

Dit hoofdstuk zoomt voornamelijk in op het personenvervoer en legt de link naar luchtkwaliteit en de impact op de gezondheid. De problematiek van klimaatverandering komt niet aan bod.

Luchtkwaliteitsbeleid kan wel een positief neveneffect hebben op klimaatbeleid en vice versa, dus worden beide best geïntegreerd bekeken. Een positieve wisselwerking is er bijvoorbeeld bij reductiestrategieën voor ozon en zwarte koolstof. Anderzijds hebben sommige aerosolen een verkoelend effect. Als deze emissies gereduceerd worden in functie van luchtkwaliteits- en gezondheidsbeleid kan er als ongewenst neveneffect een versnelling van de klimaatverandering optreden.

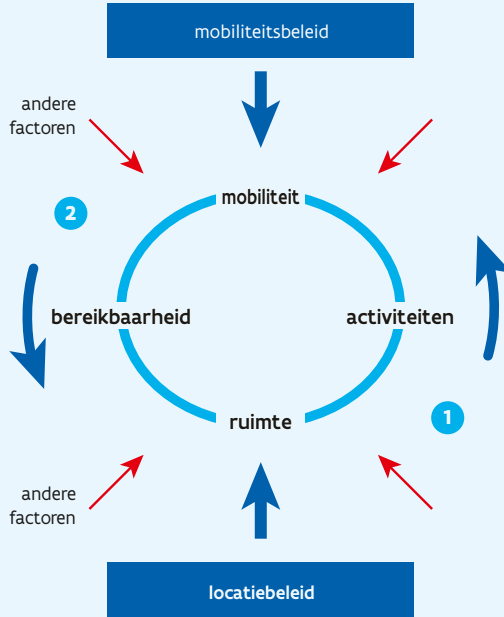
Het hoofdstuk start met de verplaatsingsmotieven van het personenvervoer, met aandacht voor de link tussen ruimtelijke ordening en mobiliteit. Vervolgens worden de verkeersactiviteiten beschreven aan de hand van het aantal afgelegde (gemotoriseerde) personenkilometers en de gebruikte vervoersmodi. Ook de samenstelling van het wagenpark komt aan bod. De milieuverstoringen en hun gezondheidsimpact worden uitgebreid beschreven aan de hand van indicatoren. Waar de informatie beschikbaar is, richten de indicatoren zich vooral op de bijdragen van transport (goederen en personen), of zelfs op het aandeel van personenvervoer. Andere indicatoren beschrijven de resulterende luchtkwaliteit en de gezondheidsimpact waarvan personenvervoer, of meer algemeen transport, een van de oorzaken is. Het hoofdstuk sluit af met een bespreking van oplossingsrichtingen die kunnen leiden tot een duurzamer mobiliteitssysteem.

MAATSCHAPPELIJKE ONTWIKKELINGEN EN ACTIVITEITEN

Ruimtegebruik en mobiliteit beïnvloeden elkaar

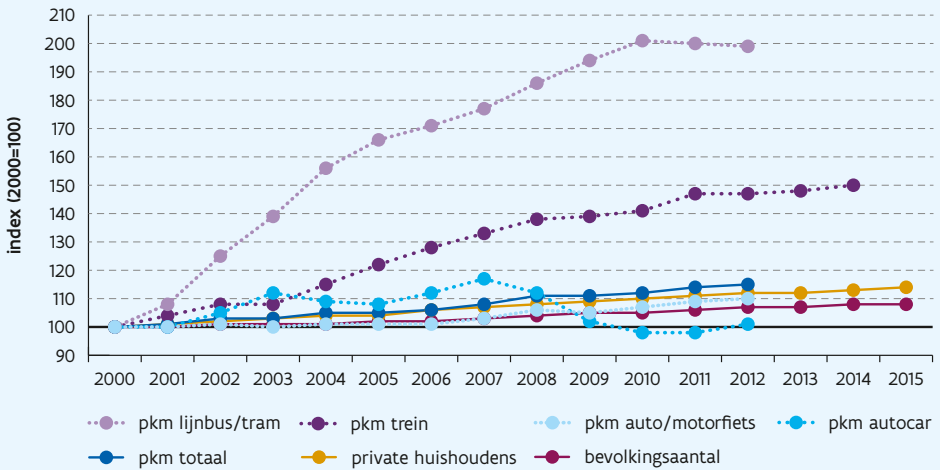
De relatie tussen ruimtegebruik en transport wordt goed geïllustreerd in de 'ruimtegebruik transport feedback loop' (**figuur 2.1**): de verdeling van het ruimtegebruik, voor bijvoorbeeld residentiële, industriële en commerciële doeleinden, bepaalt waar mensen hun activiteiten ontplooiën. De locaties van deze activiteiten hebben een invloed op het verplaatsingsgedrag (1 op de figuur) en de kenmerken ervan, zoals de bestemmingskeuze, de keuze van modus en de routekeuze. Verkeer is mede het gevolg van het feit dat de activiteiten op verschillende plekken plaatsvinden. Hoe verder die plekken uiteen liggen, hoe meer verkeer er plaatsvindt. Het verkeer zorgt ook voor een bepaalde belasting van de infrastructuur en bepaalt daardoor mee de reistijd, afstand en reiskosten, waardoor het verplaatsingsgedrag kan worden beïnvloed. Het transportsysteem zorgt ervoor dat deze verplaatsing mogelijk wordt en dat locaties bereikbaar zijn. Naarmate plaatsen beter bereikbaar zijn, worden ze aantrekkelijker als locatie voor activiteiten; dit beïnvloedt de locatiebeslissing van investeerders, overheden en gebruiker (2 op de figuur)⁴.

Figuur 2.1 Relatie ruimtegebruik en mobiliteit



Bron: Verhetsel (2015)⁴

Figuur 2.2 Personenkilometers van het gemotoriseerd personenvervoer (wegverkeer en spoor), aantal private huishoudens en bevolkingsaantal (Vlaanderen, 2000-2015)



Bron: MIRA op basis van ADS, De Lijn, FOD MV, NMBS, STATBEL, SVR

De ruimtelijke structuur van Vlaanderen wordt gekenmerkt door een ver doorgedreven verstening en versnippering, waarbij veel ruimte aan een relatief lage dichtheid ingenomen wordt¹⁰. Typisch voor Vlaanderen zijn het ruimtelijke patroon van lintbebouwing en het gebrek aan geconcentreerde woonkernen en bedrijvenszones¹¹. Verstedelijking van het landschap of disperse stedelijke ontwikkeling (*urban sprawl*) gaat gepaard met hogere transportkosten en langere reistijden voor pendelaars, een hogere vraag naar transport, een hoger gebruik van de auto, hogere congestiekosten en duurdere infrastructuur voor openbaar vervoer¹².

Drie grote groepen van verplaatsingsmotieven

In 2015 maakten de Vlamingen gemiddeld 2,74 verplaatsingen per persoon per dag. Wat het aantal verplaatsingen betreft, zijn er drie grote groepen van verplaatsingsmotieven met een vergelijkbaar aandeel: recreatieve verplaatsingen, functionele verplaatsingen en winkelen & diensten. Recreatieve verplaatsingen hadden in 2015 een aandeel van 30 %, gevolgd door functionele verplaatsingen (werken, school en zakelijke verplaatsingen) met 29 %. Winkelen & diensten (bv. dokter, bank) was goed voor 26 % van het aantal verplaatsingen. Wat de afgelegde afstand betreft, zijn vooral de recreatieve en de functionele verplaatsingen belangrijk. Recreatieve verplaatsingen hadden in 2015 een aandeel van 39 %. Functionele verplaatsingen waren goed voor 38 % van de afgelegde afstand, voor winkelen en diensten was dat 12 %¹³.

Het opleidingsniveau en het inkomen zijn veruit de belangrijkste socio-economische factoren om de variabiliteit inzake verplaatsingsgedrag van mensen te verklaren. Mensen met een hoger diploma en een hoger inkomen doen meer verplaatsingen en leggen grotere afstanden af. Bovendien geldt algemeen gesproken dat naarmate het inkomen groter is, er wat meer kans is dat mensen zich vaker minder duurzaam gaan verplaatsen¹⁴.

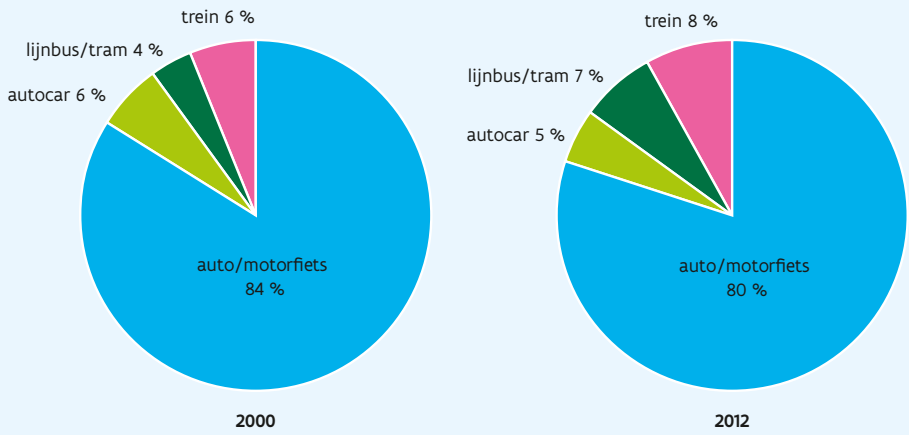
Aantal afgelegde personenkilometers met gemotoriseerd personenvervoer blijft stijgen

Om de evolutie van het personenvervoer in een ruimer tijdsbestek te kaderen zijn er enkel Belgische en geen Vlaamse cijfers voorhanden. Uit de cijfers voor België^{15, 16} blijkt dat het aantal gemotoriseerde personenkilometers (som van auto, motorfiets, lijnbus, autocar en trein) meer dan verdubbeld is sedert 1970. Vooral de auto kende veel succes. In 2012 werden bijna drie keer zoveel personenkilometers afgelegd met de auto als in 1970. Vooral tot de jaren 90 groeide de automobilititeit heel snel. Zowel met de trein als met de bus/autocar werden in 2012 bijna de helft meer personenkilometers afgelegd dan in 1970. Zij gingen in de jaren 80 door een dal en kenden de grootste groei in de beginjaren 2000.

Figuur 2.2 zoomt in op cijfers voor Vlaanderen vanaf 2000 en toont dat het totaal aantal personenkilometers met gemotoriseerd personenvervoer (wegverkeer en spoor) 15 % hoger lag in 2012 (80 miljard pkm) dan in 2000. Dit valt deels te verklaren door een toename van de bevolking met 7 % tussen 2000 en 2012. Maar ook per persoon bekeken steeg het aantal afgelegde (gemotoriseerde) kilometers, van gemiddeld 32 km/dag in 2000 naar 35 km/dag in 2012. Dat de huishoudens kleiner worden, wat leidt tot een groter aantal huishoudens (+12 % in 2012 t.o.v. 2000), speelt ook een rol in het gestegen aantal kilometers.

Het Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen 4.5 (OVG)¹⁴ geeft aan dat ook de algemene economische toestand een invloed heeft op het aantal afgelegde kilometers. Het jaar 2009, gekenmerkt door de financieel-economische crisis, is inderdaad het enige jaar in de periode 2000-2012 waarin het totaal aantal gemotoriseerde personenkilometers niet stijgt. Uit het OVG blijkt dat er een evolutie is in het aantal kilometers dat afgelegd wordt per verplaatsing, m.a.w. gemiddeld doen we nu (2012-2013)

Figuur 2.3 Modale verdeling van het aantal personenkilometers afgelegd met gemotoriseerde modi (Vlaanderen, 2000 en 2012)



Bron: MIRA op basis van De Lijn, FOD MV, NMBS, SVR

verdere verplaatsingen dan een tiental jaar geleden (2001). Die stijging kan echter niet gelinkt worden aan een bepaald verplaatsingsmotief.

Het openbaar vervoer en het privévervoer evolueerden op een verschillende manier in de periode 2000-2012. Het aantal personenkilometers afgelegd met de auto/motorfiets stabiliseerde in de periode 2000-2006 en steeg daarna opnieuw. De modi van het openbaar vervoer (lijnbus/tram en trein) stegen. Tot 2010 was dit voor de lijnbus/tram veel sterker dan voor de trein. De Lijn stimuleerde met een gericht prijzenbeleid en een verruimd aanbod het gebruik. Door bezuinigingen kromp het aanbod in 2011. Dit leidde tot een terugval. De personenkilometers afgelegd met de trein bleven wel verder stijgen.

Salariswagens, die als onderdeel van het loonpakket ter beschikking worden gesteld aan de werknemer - ook voor privé-verplaatsingen, dragen bij aan de hoge intensiteit van het wegverkeer. Het aantal kilometers dat iemand aflegt met de auto wordt namelijk mee bepaald door het feit of men al dan niet beschikt over een salariswagen¹⁷. Huishoudens die een salariswagen hebben leggen per week 58 km meer af voor woon-werkverkeer en 56 km meer voor privéverplaatsingen.

Geen verdere modale verschuiving bij het gemotoriseerd personenvervoer de laatste jaren

Figuur 2.3 gaat in op de modale verdeling van het aantal personenkilometers afgelegd met gemotoriseerd personenvervoer (wegverkeer en spoor). In de periode 2000-2007 daalde het modale aandeel van de auto/motorfiets wel, maar de laatste jaren wijzigde dat bijna niet meer. Met een aandeel van 80 % bleef de auto in 2012 nog steeds erg dominant. Het openbaar vervoer realiseerde een beperkte modale verschuiving. Het aandeel van de trein steeg tussen 2000 en 2012 van 6 % naar 8 % en van lijnbus/tram van 4 % naar 7 %.

Omdat de federale Diagnostiek woon-werkverkeer¹⁸ ook de zachte modi (fiets, te voet) meeneemt in haar analyse over de evolutie van de modale verdeling, komen die cijfers hier ook aan bod. De studie geeft het aandeel van de vervoerswijzen in het aantal verplaatsingen en niet in het aantal afgelegde kilometers zoals hierboven. Het aandeel woon-werkverplaatsingen met de auto (alleen en met carpooling) en motorfiets als hoofdvervoerwijze daalde voor werknemers die in Vlaanderen werken van 76,1 % in 2005 tot 73,1 % in 2014. Dit is bijna uitsluitend te wijten aan een vermindering van het carpoolen en verplaatsingen met de motorfiets. Het aandeel werknemers dat gebruik maakte van het openbaar vervoer is gestegen tot bijna een op tien (van 8 % naar 9,2 %). Enkel het aandeel met de trein steeg (van 4,1 % naar 5,3 %), terwijl het aandeel met bus/tram/metro constant bleef (3,9 %). Ook het gebruik van de fiets werd populairder. Daardoor steeg het aandeel van de zachte modi van 14,4 % in 2005 tot 16,6 % in 2014. Er gingen echter minder mensen te voet naar het werk (van 2,1 % naar 1,7 %). Het aandeel van collectief vervoer georganiseerd door de werkgever daalde van 1,6 % naar 1,1 %. Ondanks een iets hoger gebruik van de trein en de fiets in 2014 tegenover 2005 blijft de auto bij uitstek de dominante vervoerswijze voor het woon-werkverkeer. Sinds 2005 werd vooral in de steden de auto opgegeven ten voordele van andere vervoermiddelen, dit gebeurde veel minder in andere gebieden.

Volgens dezelfde studie is de woon-werkafstand een belangrijke factor bij de keuze van de vervoerswijze. De auto wordt vaak gebruikt, maar vooral voor afstanden tussen 10 en 30 kilometer. Deze afstanden zijn iets te groot voor het fietsverkeer, maar net niet groot genoeg voor de trein. Volgens de meest recente cijfers van het OVG (2015-2016)¹⁹ bedraagt de gemiddelde woon-werkafstand van de Vlamingen momenteel 17,9 km.

Sterke verdieselijking wagenpark afgeremd

De grootte van het wagenpark en het aantal afgelegde kilometers beïnvloeden elkaar. In Vlaanderen is het wagenpark verder blijven uitbreiden¹⁹. In 2015 telde het ruim 20 % meer auto's dan in 2000. Ook de samenstelling en de leeftijd van het wagenpark is van belang voor de milieu-impact. Dieselwagens zijn zuiniger en stoten gemiddeld minder koolstofdioxide (CO₂) uit per afgelegde kilometer dan vergelijkbare benzinewagens. Ze leggen echter wel meer kilometers af. Diesels hebben bovendien een grotere impact op de gezondheid omdat ze meer fijn stof (PM) en stikstofoxiden (NO_x) uitstoten. Voor de nieuwste generatie wagens (EURO 6) zijn de normen voor fijn stof echter gelijk voor diesel- en benzinewagens. Voor NO_x liggen de officiële uitstootnormen nog steeds hoger voor dieselwagens dan voor benzinewagens. Bovendien zijn er voor dieselwagens grote verschillen tussen de uitstoot in reële rijomstandigheden tegenover de uitstoot tijdens de officiële testprocedure (zie ook 'NO_x-emissie personenwegverkeer weinig gedaald'), bij benzinewagens is dat niet zo. In de loop der jaren is er een verschuiving opgetreden naar type brandstof. In 1990 bedroeg het aandeel diesels iets meer dan een kwart, in 2000 was dit al opgelopen tot meer dan 40 %. In 2011-2012 was het aandeel dieselwagens het hoogst, ongeveer 62,5 %. Verschillende zaken hebben geleid tot deze sterke verdieselijking. De rijprestaties en het rijcomfort van dieselwagens verbeterden en het aanbod aan kleinere dieselwagens verhoogde. Ook werd het verschil in aankooprijks tussen een diesel- en benzinewagen kleiner. Gunstigere accijnzen op diesel maakten het gebruik van dieselvoertuigen goedkoper dan dat van benzinewagens. Een aantal fiscale maatregelen die een differentiatie maakten in functie van de CO₂-emissie van de voertuigen (federale ecopremie, fiscaliteit van bedrijfswagens) werkten de verdieselijking verder in de hand. Bovendien had het stijgend aandeel bedrijfswagens, voornamelijk dieselwagens, zijn effect. Onder meer door wijzigingen in de fiscaliteit, maar ook door een breder aanbod aan zuinigere benzinewagens stopte de verdieselijking in 2013. De kentering doet zich zowel voor bij privévoertuigen als bij bedrijfswagens. De daaropvolgende jaren daalde het aandeel verder tot 61 % in 2015. Het publiek is zich de laatste jaren ook meer bewust geworden van de minder gunstige aspecten van sommige dieselwagens, o.a. door *dieselgate* (zie ook 'NO_x-emissie personenwegverkeer weinig gedaald'). Ook het feit dat dieselwagens minder geschikt zijn voor gebruikers die vooral korte ritten maken, door een snelle verstopping van de roetfilters, raakt meer gekend.

Naast benzine- en dieselwagens zijn er ondertussen ook voertuigen met andere brandstoffen/aandrijflijnen op de markt gekomen. Alle types zijn in de loop der jaren milieuvriendelijker geworden, maar naar effecten op gezondheid scoren de dieselwagens nog steeds het minst goed. Alternatieve voertuigen zoals elektrische en hybride voertuigen, maar ook voertuigen op CNG/LPG (compressed natural gas/liquified petroleum gas) zijn milieuvriendelijker dan benzine- of dieselwagens. Ondanks stimulerende maatregelen maakten ze in 2015 nog maar 1,2 % uit van het Vlaamse wagenpark. Auto's op de klassieke brandstoffen blijven dus het wagenpark beheersen. De hogere aankoopprijs van de alternatieve voertuigen speelt daar zeker een rol in. Ook de beperkte tank- en laadinfrastructuur en geringe actieradius van de batterij van elektrische wagens zijn belangrijke hinderpalen voor een verdere doorbraak.

MILIEUVERSTORINGEN

Het verkeer is verantwoordelijk voor de uitstoot van schadelijke stoffen. Die stoffen zorgen voor een verminderde luchtkwaliteit met nefaste gevolgen voor de gezondheid. Luchtvervuiling leidt vooral tot luchtwegklachten en cardiovasculaire effecten. Ook geluidshinder door verkeer veroorzaakt gezondheidsklachten. Lawaai verstoort de slaap en kan bij langdurige blootstelling leiden tot verhoogde bloeddruk en cardiovasculaire problemen².

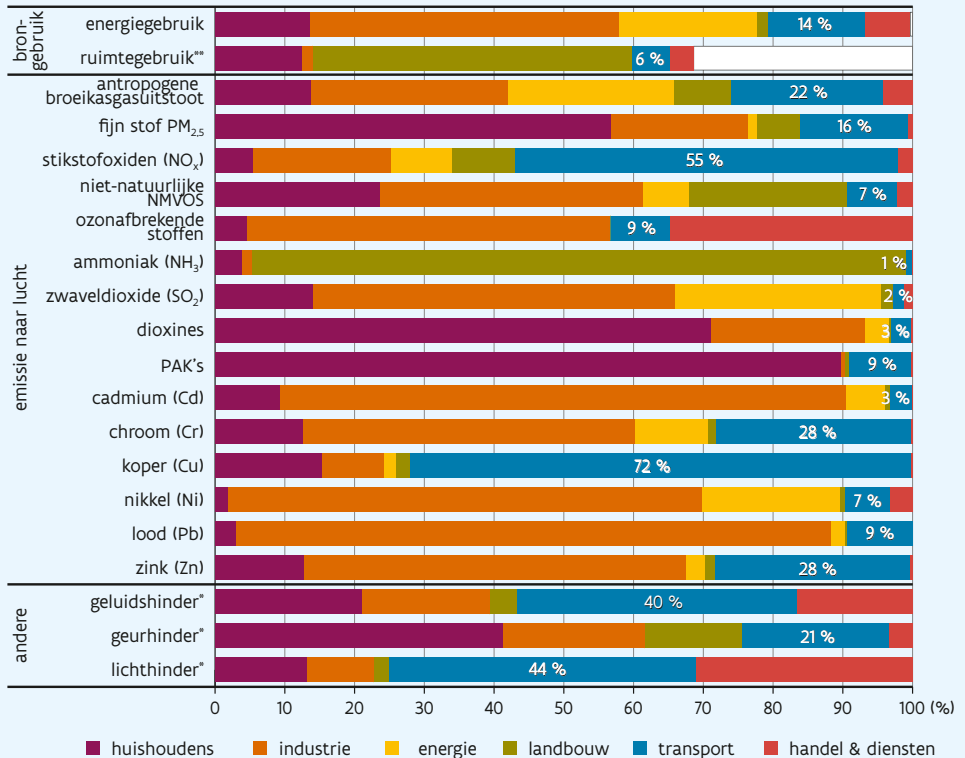
Een aantal schadelijke stoffen (o.a. stikstofoxiden, fijn stof en zware metalen) wordt rechtstreeks uitgestoten via de uitlaat van voertuigen. Sommige van die stoffen vormen zelf ook nieuwe schadelijke verbindingen. Niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) en NO_x vormen ozon. Ze geven samen met zwaveldioxide (SO₂) en ammoniak (NH₃) ook aanleiding tot de vorming van bijkomend fijn stof, het zogenaamde secundair fijn stof. Fijn stof en zware metalen komen ook in de lucht terecht door slijtage van het wegdek, de remmen, de banden/wielen, de rails en de bovenleidingen (niet-uitlaatemissies). Voorbijrijdende voertuigen doen het fijn stof ook opnieuw opwaaien.

Transport nog steeds belangrijke emissiebron van schadelijke stoffen

Figuur 2.4 toont het belang van de sector transport (personen- en goederenvervoer) voor de uitstoot van stikstofoxiden, fijn stof, NMVOS en lood (Pb). Ook geluidshinder is sterk gelinkt met transport.

Figuur 2.5 toont de evolutie van de uitstoot (uitlaat en niet-uitlaat) van een aantal luchtpolluenten door transport (personen- en goederenvervoer). De beschouwde vervoerswijzen zijn het wegverkeer, het spoor (enkel diesel voor uitlaatemissies), de binnenvaart, de binnenlandse zeescheepvaart en de luchtvaart. Voor de luchtvaart zijn enkel de emissies tijdens het landen en opstijgen inbegrepen, niet de emissies tijdens de vlucht. Binnenlandse zeescheepvaart omvat de trafiek van schepen die reizen tussen Vlaamse havens. De emissies van de internationale zeescheepvaart worden niet aan Vlaanderen toegekend en worden hier niet beschouwd. Ook de emissies ten gevolge van de productie van de brandstof worden hier niet beschouwd.

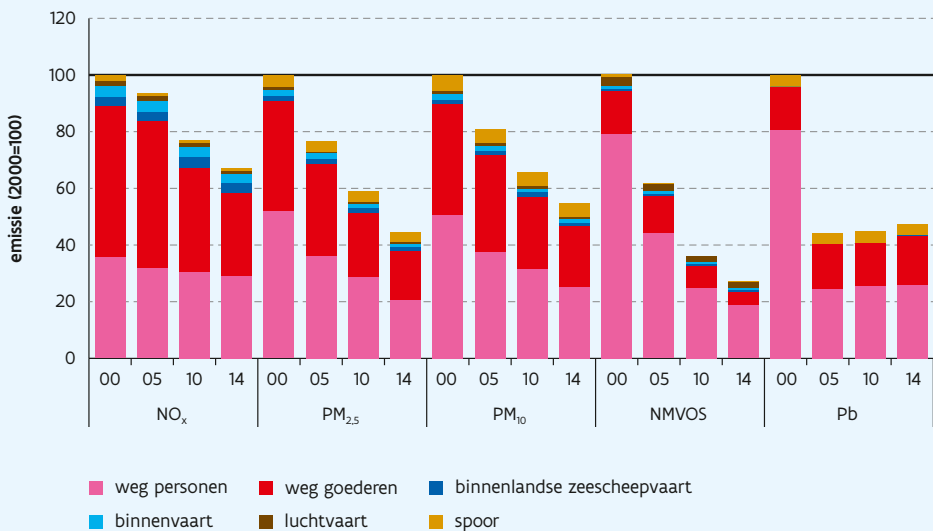
Figuur 2.4 Aandeel van de sector transport in de milieudruk (Vlaanderen, 2014)



witte balken: niet aan een sector toe te wijzen; * cijfers 2013; ** cijfers 2010 of eerder

Bron: MIRA

Figuur 2.5 Uitlaat- en niet-uitlaatemissie van luchtpolluenten NO_x, PM_{2.5}, PM₁₀, NMVOS en Pb door de sector transport (Vlaanderen, 2000-2014)



Naast het wegverkeer hebben ook het spoor en de luchtvaart zowel een aandeel personenvervoer als goederenvervoer, maar dit kan niet voor alle pollutanten opgedeeld worden en wordt dan ook als één aandeel weergegeven.

Bron: VMM

NO_x-emissie personenwegverkeer weinig gedaald

Meer dan de helft (55 %; 61 kton) van de uitstoot van stikstofoxiden in Vlaanderen was in 2014 afkomstig van transport (**figuur 2.4**), en dat aandeel blijft stijgen. Vooral het wegverkeer draagt hierin een grote verantwoordelijkheid (87 %). Het personenwegverkeer (personenwagens, motorfietsen, bussen en autocars) neemt daarvan de helft in.

De NO_x-emissie van het personenwegverkeer daalde maar met ongeveer een vijfde tussen 2000 en 2014, ondanks steeds strengere emissienormen voor voertuigen. Dit komt onder meer door een verdere stijging van het aantal afgelegde kilometers de laatste 10 jaar. Verder was ook de sterke verdieselijking van het wagenpark belangrijk, omdat dieselwagens veel meer NO_x uitstoten dan benzinewagens. Ten slotte is de geringe daling van de NO_x-uitstoot door personenwagens ook het gevolg van de hogere uitstoot van dieselwagens in het reëel verkeer dan wat wettelijk is toegelaten via de EURO-normen. Dit is voor een deel te wijten aan een verouderde testprocedure die het rijgedrag in reële rijcondities niet weerspiegelt en aan het gebruik van toegestane aanpassingen aan de testwagens, bijvoorbeeld optimalisatie van de temperatuur van het voertuig tijdens het testen om de rolweerstand te verlagen²⁰. Maar recent onderzoek²¹ wijst uit dat het mechanisme waarbij bepaalde constructeurs speciaal ontworpen software gebruiken om de testen te misleiden, het zogenaamde *dieselgate*, mogelijk een grotere rol speelt. Het verschil tussen reële uitstoot en EURO-normen werd groter met de jaren. Voor EURO 3-dieselwagens (vanaf 2000) was dit een factor twee, voor EURO 6-dieselwagens (vanaf 2014) is dit opgelopen tot gemiddeld een factor zeven²⁰. Daardoor ligt de NO_x-emissie van een EURO 6-dieselwagen maar 40 % lager dan van een EURO 3-dieselwagen, waar dit eigenlijk 84 % zou moeten zijn. EURO 4- en EURO 5-dieselwagens scoren niet beter dan EURO 3-dieselwagens.

Belang van niet-uitlaatemissie van fijn stof wordt groter

De uitstoot van PM_{2,5} (dit is de fractie van de stofdeeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 µm) door transport daalde in de periode 2000-2014 met meer dan de helft (2,7 kton in 2014) en maakte 16 % van de Vlaamse emissie uit in 2014. Transport is niet de grootste bron van PM_{2,5}, maar omdat de uitstoot dicht bij de grond gebeurt en bovendien dikwijls op plaatsen waar veel mensen wonen, is de impact van fijn stof uitgestoten door transport toch belangrijk. Het wegverkeer nam in 2014 nog steeds 85 % van de totale PM_{2,5}-emissie van transport in, het personenwegverkeer een kleine helft (46 % van het totaal). Het spoor, met voornamelijk niet-uitlaatemissies, was verantwoordelijk voor 8 %. Het wegverkeer kende de grootste reductie, door de EURO 5-norm die de installatie van een ingebouwde en gesloten roetfilter in dieselwagens vereiste. Ook De Lijn installeerde roetfilters en vergroende haar park verder.

Slijtage van remmen, banden, wegdek, rails en bovenleidingen draagt bij aan de niet-uitlaatemissie van PM_{2,5}. Deze emissie is evenredig met de afgelegde kilometers. Na een stijging tussen 2000 en 2007 daalde die emissie in 2008-2009 door de economische crisis. Daarna steeg ze opnieuw omdat ook de activiteit weer toenam. Ze neemt een steeds groter aandeel in van de totale emissie van PM_{2,5} door transport omdat nog maar weinig maatregelen focussen op deze fractie. Specifiek voor het personenwagervoer maakte de niet-uitlaatemissie in 2000 16 % uit van de totale PM_{2,5}-emissie; in 2014 was dat opgelopen tot 45 %.

De emissie van PM₁₀ (stofdeeltjes kleiner dan 10 µm) daalde in de periode 2000-2014 minder sterk dan de emissie van PM_{2,5}. De grotere deeltjes aanwezig in de PM₁₀-fractie zijn vooral niet-uitlaatemissies waarvoor nog weinig maatregelen werden uitgewerkt. In 2014 bedroeg het aandeel van de niet-uitlaatemissie van het personenwagervoer 62 %.

Tabel 2.1 Overzicht EU-doelstellingen en WGO-advieswaarden luchtkwaliteit

| | Middelingstijd | Doelstelling - EU ⁽¹⁾ | Advies-waarden - WGO ⁽²⁾ |
|--|-------------------------------------|---|--|
| NO₂ | | | |
| Bescherming van de menselijke gezondheid | jaar | grenswaarde (2010): 40 µg/m ³ | 40 µg/m ³ |
| O₃ | | | |
| Bescherming van de menselijke gezondheid | hoogste 8-uurgemiddelde van een dag | streefwaarde (2010): 120 µg/m ³ - max. 25 dagen per jaar, gemiddeld over 3 jaar | 100 µg/m ³ |
| Bescherming van de menselijke gezondheid | hoogste 8-uurgemiddelde van een dag | langetermijn-doelstelling: 120 µg/m ³ | |
| PM_{2,5} | | | |
| Bescherming van de menselijke gezondheid | jaar | grenswaarde (2015): 25 µg/m ³ | 10 µg/m ³ |
| Bescherming van de menselijke gezondheid | jaar | indicatieve grenswaarde (2020): 20 µg/m ³ | |
| Bescherming van de menselijke gezondheid | 1 dag | | 25 µg/m ³ - max. 3 x per jaar |

⁽¹⁾ EU (2008)²²

⁽²⁾ WHO (2006)²³

Fijn stof wordt niet enkel rechtstreeks uitgestoten. Vooral via de uitstoot van NO_x en NMVOS is het verkeer ook van belang in de vorming van secundair fijn stof.

Als gevolg van de invoering van de loodvrije benzine daalden de loodemissies van transport sterk tot in 2005. Het toenemende wegverkeer zorgde er echter voor dat de loodemissies daarna in stijgende lijn gingen. Vooral slijtage van remmen en banden zorgt nu nog voor loodemissies.

Vooral benzinevoertuigen stoten NMVOS uit

Vooral benzinevoertuigen zijn verantwoordelijk voor de emissie van NMVOS. Door de aangescherpte EURO-normen voor voertuigen daalde de NMVOS-emissie van transport fors sedert 2000. De emissie bedroeg 5,1 kton in 2014, dit is 7 % van de totale Vlaamse emissie. Het wegverkeer had een aandeel van 87 % in de totale emissie van transport, het personenwegvervoer een aandeel van 69 %.

Verkeersemissies: conclusies

Vooral de uitstoot van het wegverkeer is bepalend voor de emissie van het personenvervoer. De hoogte van de emissies wordt bepaald door het aantal gereden kilometers, de vernieuwing van het voertuigenpark en de samenstelling van het voertuigenpark (bv. verdieselijking). Ondanks het stijgend aantal kilometers daalde de uitstoot van NO_x , $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} en NMVOS tussen 2000 en 2014. De daling was vooral te danken aan de strengere emissienormen voor nieuwe voertuigen. Ze was het grootst voor NMVOS en het kleinst voor NO_x . De stijging van de loodemissie na 2005 is toe te schrijven aan het toenemend wegverkeer.

Druk verkeer beïnvloedt luchtkwaliteit

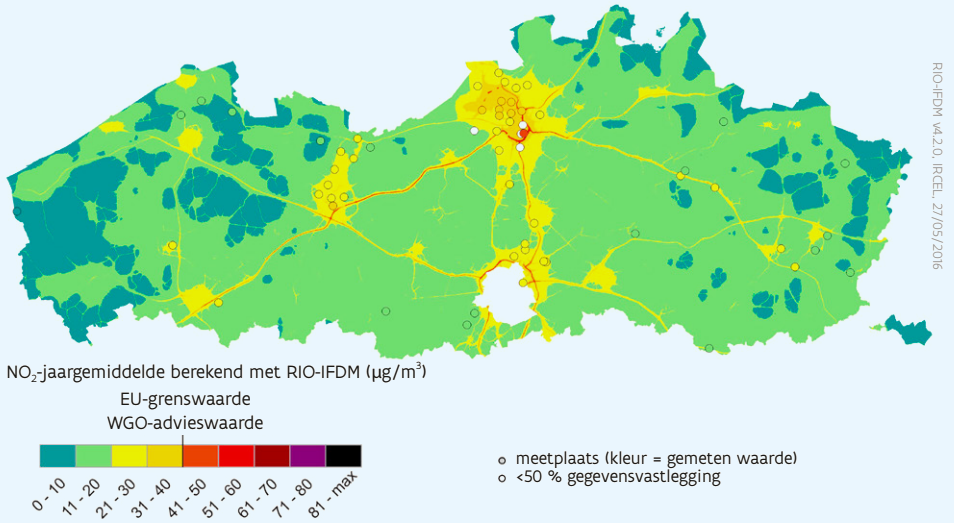
Niet enkel transport draagt bij aan de uitstoot van schadelijke stoffen in Vlaanderen. Ook de huishoudens, de industrie en de landbouw zijn mee verantwoordelijk. Bovendien wordt de luchtkwaliteit in Vlaanderen niet enkel bepaald door de emissies in Vlaanderen zelf. Ook de uitstoot van pollutanten in de andere gewesten en het buitenland draagt bij aan de concentratie van vervuilende stoffen in Vlaanderen. Bepaalde stoffen worden over lange afstanden getransporteerd en ook de meteorologische condities spelen een rol in de verspreiding en vorming van vervuilende stoffen. Hierna worden de luchtkwaliteit en de gezondheidsimpact in het algemeen besproken, met specifieke aandacht voor de verkeersgerelateerde pollutanten. Het aandeel van het (Vlaamse) verkeer in de gemeten concentraties, kan enkel modelmatig bepaald worden en zal indicatief geïllustreerd worden voor NO_2 . In **tabel 2.1** wordt een overzicht gegeven van de doelstellingen van de Europese Unie (EU) en advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) voor de verder besproken pollutanten.

Te hoge NO_2 -concentraties op verkeersdrukte plaatsen en in *street canyons*

Stikstofoxiden (NO_x) bestaan uit een mengsel van stikstofdioxide (NO_2) en stikstofmonoxide (NO). Vooral NO_2 is schadelijk voor mens en ecosystemen. Het is een oxiderend gas dat irritatie van de luchtwegen kan veroorzaken. Korte episodes van hoge concentraties, maar ook langdurige blootstelling aan lage concentraties, zijn schadelijk. Plaatsen met intens wegverkeer worden gekenmerkt door hogere NO_2 -concentraties. Het grote aandeel dieselwagens in het Vlaamse wagenpark heeft een negatieve invloed op de NO_2 -concentraties in de lucht doordat dieselwagens veel meer NO_x uitstoten dan benzinewagens.

Ter bescherming van de gezondheid legde de EU voor de jaargemiddelde NO_2 -concentratie een grenswaarde op van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vanaf 2010, die overeenkomt met de advieswaarde van de WGO. De jaargemiddelde NO_2 -concentraties daalden licht na 2003, gemiddeld over alle meetstations in Vlaanderen

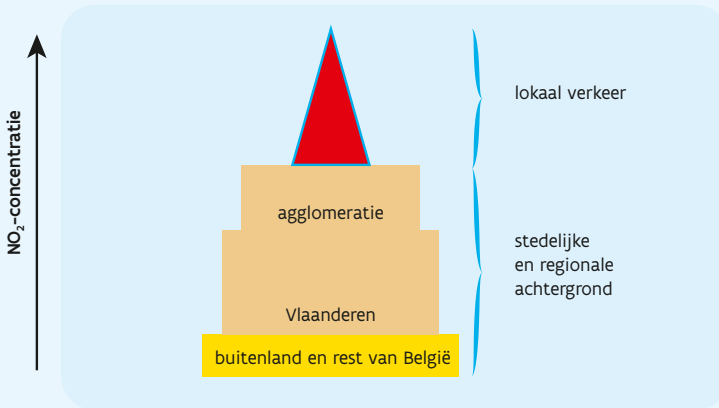
Figuur 2.6 Gemodelleerde ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde NO_2 -concentraties in lucht (Vlaanderen, 2015)



De gemodelleerde waarden kunnen plaatselijk verschillen van de werkelijkheid door onzekerheden in zowel de RIO-interpolatietechniek als in de gebruikte emissies, alsook door het niet in rekening brengen van de topografie en obstakels langs wegen. In *street canyons* onderschat het model mogelijk de concentraties.

Bron: VMM/IRCEL

Figuur 2.7 Gemodelleerde opbouw van de NO_2 -concentraties in een straat met druk verkeer



Bron: IRCEL/VITO²⁶

heen. De EU-jaargrenswaarde, en bijgevolg ook de WGO-advieswaarde, werd in 2015 overschreden op één stedelijke verkeersgerelateerde meetplaats (op een totaal van 42 meetplaatsen), namelijk in Bergerhout aan de straatkant van de Plantin en Moretuslei.

Er wordt gebruik gemaakt van modellen om de NO_2 -concentraties in te schatten op plaatsen waar geen metingen gebeuren en zo een Vlaanderen dekkend beeld van de NO_2 -concentraties te krijgen. Uit deze modelberekeningen en uit studies^{24, 25} blijkt dat op meerdere verkeersintensieve stedelijke locaties en in zogenaamde 'street canyons' in Vlaanderen te hoge NO_2 -concentraties voorkomen. *Street canyons* zijn smalle, dichtbebouwde straten met veel verkeer, waar de luchtvervuiling zich minder goed kan verspreiden. De hoogste jaargemiddelde concentraties komen voor in de steden en nabij druk wegverkeer (**figuur 2.6**). Op een aantal verkeersintensieve plaatsen wordt de grenswaarde van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschreden. Om de blootstelling van de bevolking in te schatten worden modelleringen uitgevoerd gebaseerd op bevolkingsdichtheden (en dus niet op basis van activiteitenprofielen). Volgens deze modellering werd in 2015 0,3 % van de Vlaamse bevolking (21 000 personen) blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties boven $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is vermoedelijk nog een onderschatting van de werkelijkheid omdat deze modelleringen geen rekening houden met de *street canyon* effecten.

Lokale NO_x -emissies leveren een significante bijdrage tot de plaatselijke NO_2 -concentraties. **Figuur 2.7** illustreert indicatief de gemodelleerde concentratieopbouw in een meetstation in een straat met druk verkeer. Hieruit blijkt dat ongeveer een derde van de concentratie wordt bepaald door lokale emissies van het verkeer in de straat²⁶.

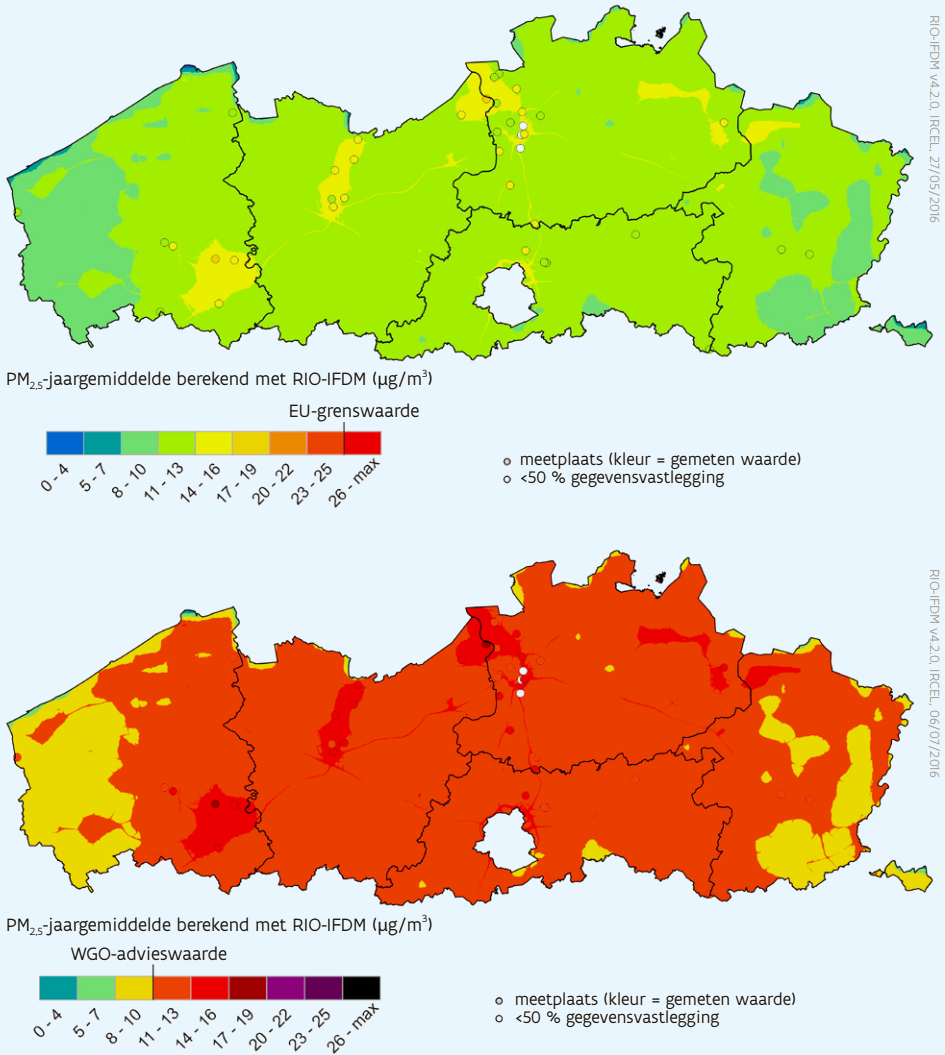
———— EU-jaargrenswaarde voor fijn stof gehaald, maar voldoende ambitieus?

Zowel het primair als het secundair fijn stof draagt bij aan de concentratie van fijn stof in de lucht. De grootte van de stofdeeltjes verschilt maar zowel de grotere als de kleinere deeltjes veroorzaken gezondheidseffecten. Een aantal effecten treden op korte termijn op, bijvoorbeeld hospitalisaties door hartproblemen, andere zijn het gevolg van blootstelling op langere termijn zoals chronische bronchitis of longkanker. Ter bescherming van de gezondheid legde de EU voor de jaargemiddelde $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie, die een beeld geeft van de langetermijnblootstelling aan fijn stof, een grenswaarde op van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vanaf 2015. Tegen 2020 is er ook een indicatieve jaargrenswaarde van $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Volgens de WGO is er geen veilige drempelwaarde waaronder geen nadelige effecten voorkomen. Reeds in 2005 adviseerde de WGO $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het $\text{PM}_{2,5}$ -jaargemiddelde. Bijkomend voegden zij ook een advies toe voor de beperking van de kortetermijnblootstelling: het $\text{PM}_{2,5}$ -daggemiddelde mag maar $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bedragen met slechts 3 toegestane overschrijdingen per jaar.

In 2015 concludeerden Brunekreef et al.²⁷ dat de huidige Europese grenswaarden niet ambitieus genoeg zijn. De ESCAPE-studie²⁸ toont namelijk aan dat er ook gezondheidseffecten optreden bij $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties lager dan $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of zelfs $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Naast de gekende effecten (luchtwegen en hart- en vaatziekten) duidt de studie op een significant negatief effect van $\text{PM}_{2,5}$ op het geboortegewicht en de hoofdomtrek bij geboorte²⁹. Verder zijn er indicaties dat $\text{PM}_{2,5}$ ook een rol speelt bij diabetes³⁰.

Figuur 2.8 Gemodelleerde ruimtelijke spreiding van de jaargemiddelde $PM_{2.5}$ -concentratie getoetst aan EU-grenswaarde (boven) en WGO-advieswaarde (onder) (Vlaanderen, 2015)



De gemodelleerde waarden kunnen plaatselijk verschillen van de werkelijkheid door onzekerheden in zowel de RIO-interpolatietechniek als in de gebruikte emissies, alsook door het niet in rekening brengen van de topografie en obstakels langs wegen. In *street canyons* onderschat het model mogelijk de concentraties.

Bron: VMM/IRCEL

De eerste kaart van **figuur 2.8** toont dat er nergens een overschrijding was van de EU-jaargrenswaarde in 2015. De tweede kaart toont dat bijna elke inwoner van Vlaanderen (94 % o.b.v. de bevolkingsdichtheid) wel nog blootgesteld was aan concentraties hoger dan de strengere WGO-advieswaarde. De hoogste jaargemiddelde $PM_{2,5}$ -concentraties kwamen in 2015 voor in Antwerpen en Gent en hun havengebieden, in het zuidoosten van de provincie West-Vlaanderen en in een deel van de Kempen. De invloed van het verkeer is merkbaar, al is dit minder uitgesproken dan voor de meer verkeersgerelateerde pollutanten zoals NO_2 en zwarte koolstof. Sommige snelwegen hebben een hogere concentratie dan de omliggende omgeving. Ook het noordelijk deel van de Brusselse ring vertoonde hogere concentraties. In 2015 hadden het meest westelijke en oostelijke deel van Vlaanderen de laagste $PM_{2,5}$ -concentraties. Ook de WGO-advieswaarde voor de kortetermijnblootstelling ligt nog ver buiten bereik. De volledige Vlaamse bevolking werd in 2015 blootgesteld aan concentraties die deze advieswaarde overschrijden.

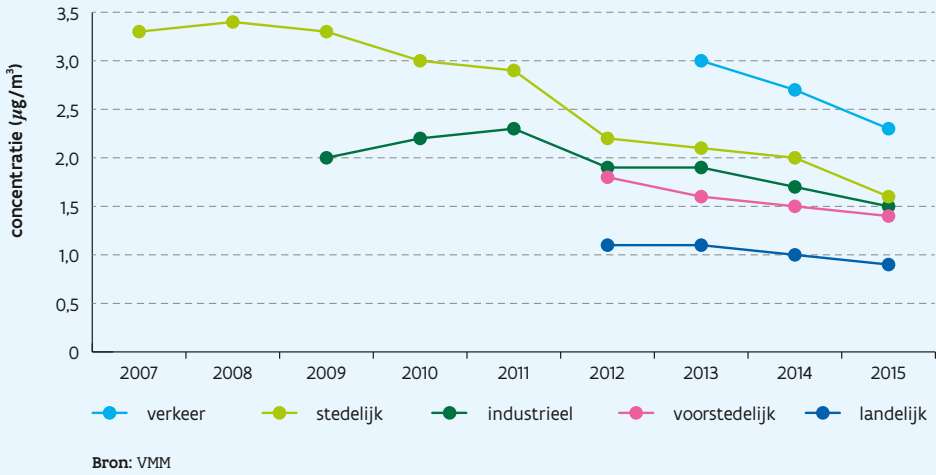
In 2012 legde de WGO expliciet de link naar verkeer en catalogeerde dieselroet als kankerverwekkend³¹. De concentratie aan zwarte koolstof is een maat voor dat roet. Zwarte koolstof is vooral aanwezig in de ultrafijne fractie van fijn stof ($PM_{0,1}$, stofdeeltjes kleiner dan $0,1 \mu m$). Uit **figuur 2.9** blijkt duidelijk dat de hoogste concentraties aan zwarte koolstof gemeten worden in het typegebied verkeer, gevolgd door het stedelijk typegebied. Het landelijk typegebied heeft de laagste concentraties.

————— **NO_x -emissies van wegverkeer spelen complexe rol in ozonverontreiniging, langetermijndoelstellingen voor ozonconcentraties nog niet bereikt**

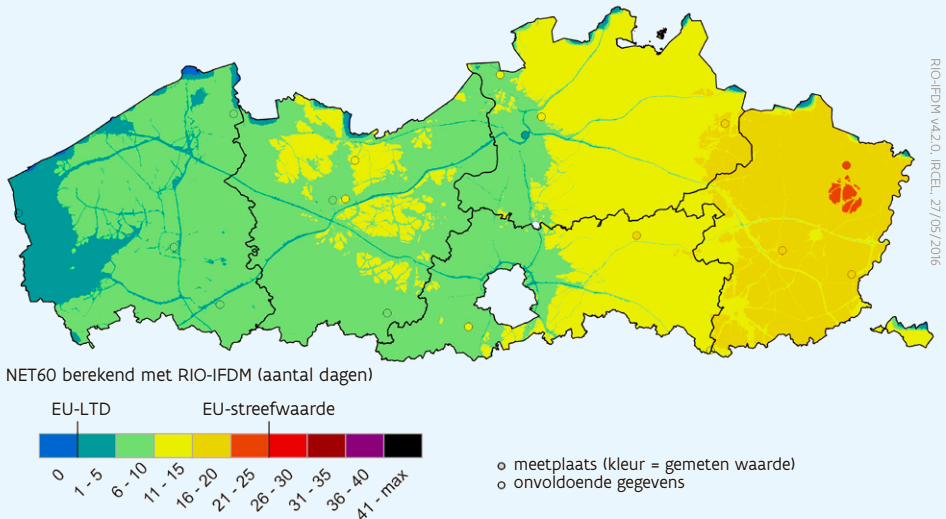
Stikstofoxiden spelen samen met o.a. NMVOS ook een rol als ozonprecursoren, dit zijn stoffen die onder invloed van zonlicht op warme dagen aanleiding geven tot ozonvorming. De ozonchemie is een complex proces dat onder meer afhangt van de meteorologische omstandigheden en de concentratieverhoudingen van verschillende pollutanten in de lucht. Er is bijvoorbeeld geen lineair verband tussen de hoeveelheid uitgestoten precursoren en de hoeveelheid ozon die gevormd wordt. Het wegverkeer stoot een mengsel van stikstofoxiden (NO_x) uit; NO_2 is ozonvormend, NO breekt ozon af. De ozonafbraak door NO overweegt op verkeersdrukke plaatsen; daardoor zijn de ozonconcentraties lokaal lager. De hoeveelheid NO_x die uitgestoten wordt en de onderlinge verhouding tussen NO_2 en NO is bovendien afhankelijk van het voertuigtype. Dieselwagens stoten meer NO_x uit dan benzine wagens en bij de nieuwere types dieselwagens ligt de verhouding NO_2/NO hoger dan bij de oudere types. Doordat de ozonchemie van zoveel factoren afhankelijk is, is het niet evident om een eenduidig verband te leggen tussen verkeersemisies en resulterende ozonconcentraties.

Het gevormde ozon is schadelijk voor mensen, planten en materialen. Ozon kan acute gezondheidseffecten veroorzaken zoals ademhalingsproblemen, (tijdelijke) longfunctievermindering of ontstekingsreacties in de longen. De EU definieert als streefwaarde voor de gezondheid dat vanaf 2010 het hoogste 8-uurgemiddelde van een dag maximaal 25 dagen per kalenderjaar een concentratie van 120 g/m^3 mag overschrijden (= $NET60ppb\text{-max}8u$). Om de impact van meteorologische omstandigheden (temperaturen, aantal uren zonneshijn) op de ozonchemie af te vlakken wordt het aantal overschrijdingsdagen uitgemiddeld over 3 jaar. In 2015 bedroeg het hoogste 3-jaargemiddelde (over 2013, 2014 en 2015) 15 overschrijdingsdagen. Dit aantal overschrijdingsdagen ligt in de lijn van de 3-jaargemiddelde waarden van de afgelopen zeven jaar en ligt ruim onder de streefwaarde van 25 dagen. Dit is te danken aan gunstige meteorologische omstandigheden over meerdere jaren heen in combinatie met emissiereducties van ozonprecursoren. Uit een analyse van de combinatie van het aantal overschrijdingen en de grootte van de overschrijdingen, valt af te leiden dat de piekoverlast van ozon tussen 1990 en 2015 licht daalt bij min of meer vergelijkbare meteorologische omstandigheden. Deze daling kan toegeschreven worden aan het emissiereductiebeleid voor ozonprecursoren.

Figuur 2.9 Jaargemiddelde concentratie zwarte koolstof per typegebied (Vlaanderen, 2007-2015)



Figuur 2.10 Gemodelleerde ruimtelijke spreiding van het aantal ozonoverschrijdingsdagen (NET60ppb-max8u) (Vlaanderen, 2015)



De gemodelleerde waarden kunnen plaatselijk verschillen van de werkelijkheid door onzekerheden in zowel de RIO-interpolatietechniek als in de gebruikte emissies, alsook door het niet in rekening brengen van de topografie en obstakels langs wegen. In *street canyons* overschat het model mogelijk het aantal dagen.

Bron: VMM/IRCEL

Figuur 2.10 toont de gemodelleerde ruimtelijke spreiding van het aantal ozonoverschrijdingsdagen in Vlaanderen in 2015. De autosnelwegen tekenen zich af als lijnen waar minder ozonoverschrijdingsdagen voorkomen. Er is ook een duidelijke oost-west gradiënt zichtbaar, die vooral te verklaren is door meteorologische verschillen.

De langetermijndoelstelling van de EU (geen enkele overschrijdingsdag boven $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) werd echter in 2015 op geen enkele meetplaats in Vlaanderen bereikt, en dus ook niet de strengere WGO-advieswaarde waarbij de drempel op $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ligt.

Om tot een duurzame daling van de ozonconcentraties in Vlaanderen te komen en de langetermijndoelstellingen te halen, zijn aanzienlijke en globale emissieverlagingen van de ozonprecursoren nodig. Hiervoor dienen de emissies van verschillende ozonprecursoren, afkomstig van verschillende bronnen (waaronder het wegverkeer) over een groot gebied te dalen. De ozonvormende verontreiniging in de noordelijke hemisfeer beïnvloedt namelijk aanzienlijk de ozonconcentratie in Vlaanderen.

———— Luchtkwaliteit: conclusies

De luchtkwaliteit in Vlaanderen evolueert over het algemeen licht positief, maar het verkeer speelt een rol bij een aantal knelpuntpolluenten. Op verkeersdrukke plaatsen en in *street canyons* komen te hoge NO_2 -concentraties voor. De rol van NO_x -emissies en dus ook het aandeel van verkeer in de ozonverontreiniging is complex, maar de Europese langetermijndoelstellingen voor ozonconcentraties worden nog niet gehaald. De Europese doelstellingen voor fijn stof worden gehaald, maar de gezondheidsgerelateerde WGO-advieswaarden zijn nog buiten bereik.

Gezondheidseffecten door milieuverstoringen

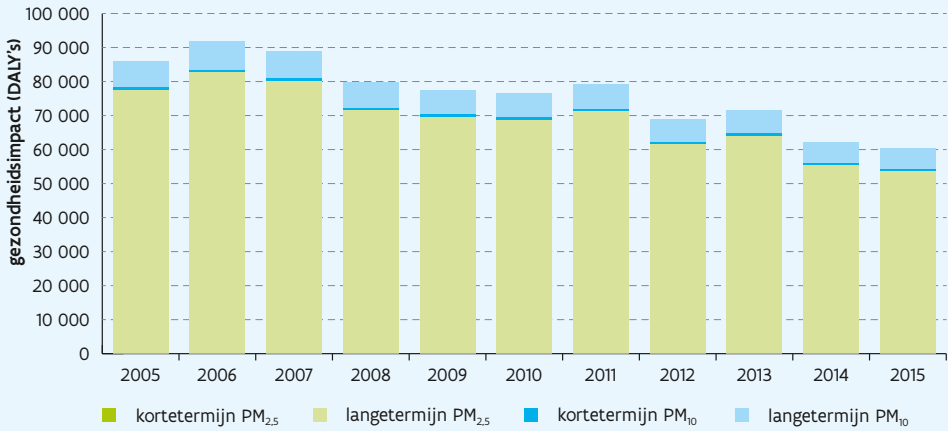
———— Milieuverstoringen kosten de Vlaming gemiddeld 1 gezond levensjaar

De indicator 'potentieel verloren gezonde levensjaren', ook wel '*Disability Adjusted Life Years*' of DALY, laat toe de ziektelast van een populatie als gevolg van milieuverstoringen te beschrijven. Zowel het aantal verloren jaren door vroegtijdige sterfte als het aantal ziektejaren worden in rekening gebracht.

Voor Vlaanderen werden DALY's berekend voor 14 stressoren: fijn stof, ozon, atmosferisch benzeen, koolstofmonoxide (CO), dioxines in voedsel, elektromagnetische straling, geluid door transport, hitte, lood, radon, schimmels en vocht, UV, formaldehyde en passief roken³². Bij levenslange blootstelling aan de huidige vervuiling verliest elke inwoner in Vlaanderen gemiddeld 1 gezond levensjaar (of 1 DALY). Bij gevoelige groepen, zoals astmapatiënten, kinderen of ouderen, is de gezondheidsimpact wellicht groter.

De twee belangrijkste stressoren zijn fijn stof en geluidshinder. In beide speelt het verkeer een belangrijke rol. De huidige concentratie aan fijn stof is verantwoordelijk voor 71 % van de totale gezondheidsimpact door milieuverstoringen, geluidshinder voor 7 %. De overige twaalf stressoren maken iets meer dan een vijfde uit van de totale milieulast van Vlaanderen. Bij die stressoren draagt het verkeer vooral bij aan de uitstoot van lood, CO, dioxines, benzeen en formaldehyde en ook aan de vorming van ozon.

Figuur 2.11 Verloren gezonde levensjaren door blootstelling aan fijn stof (Vlaanderen, 2005-2015)



Bij de interpretatie van de resultaten moet men er rekening mee houden dat de onzekerheid op de schatting van de DALY's relatief groot blijft. Dit is te wijten aan de onzekerheid op de concentratie-respons relaties afgeleid in epidemiologische analyses.

Bron: VITO op basis van VMM, IRCEL, SVR

Vooral langdurige blootstelling aan $PM_{2,5}$ bepaalt de gezondheidsimpact door fijn stof

Figuur 2.11 toont dat de gezondheidsimpact door fijn stof ($PM_{2,5}$ en PM_{10}) de laatste tien jaar met 30 % daalde, ondanks het feit dat het bevolkingsaantal toenam. Dit is het gevolg van lagere fijnstofconcentraties door een daling van de uitstoot van primair fijn stof en precursoren van fijn stof, zowel in binnen- als buitenland. Hoewel Vlaanderen alle EU-grenswaarden voor de bescherming van de gezondheid tegen fijn stof haalde, ging in het jaar 2015 nog steeds ongeveer 1 gezond levensjaar per 100 inwoners verloren door blootstelling aan fijn stof. Dit betekent dat elke inwoner in Vlaanderen bij levenslange blootstelling aan de huidige fijnstofconcentraties gemiddeld 9 gezonde maanden verliest.

Vooral het kleinere $PM_{2,5}$ kan diep in het lichaam doordringen en grote gezondheidsschade veroorzaken. Het verkeersgerelateerde en kankerverwekkende dieselroet behoort tot de $PM_{2,5}$ -fractie. Langetermijnblootstelling aan $PM_{2,5}$ kan leiden tot vroegtijdige sterfte en maakt het grootste aandeel van de gezondheidsimpact door fijn stof uit (88 % in 2015). Daarnaast is ook langetermijnblootstelling aan PM_{10} , met bijvoorbeeld chronische bronchitis als gevolg, belangrijk (10 % in 2015). Acute of kortetermijnblootstellingen, die bijvoorbeeld leiden tot hospitalisaties door hartproblemen, gebruik van bronchodilatoren of absentieïsme, maken maar 1 % uit van de gezondheidsimpact.

De kosten die gepaard gaan met ziekte en vroegtijdige sterfte zijn niet (volledig) inbegrepen in de prijs van de milieuverstorende activiteit, maar worden (deels) gedragen door de maatschappij. Het zijn dan ook 'externe' gezondheidskosten. Het gaat bijvoorbeeld over de kost van chronische bronchitis maar ook over de kost door absentieïsme op het werk³². De totale externe kosten door fijn stof bedragen ongeveer 4 miljard euro (2015). Een derde van deze externe kosten (35 % in 2015) is te wijten aan de acute blootstelling aan fijn stof ($PM_{2,5}$ en PM_{10}), wat wijst op het belang van deze blootstelling.

Blootstelling aan lood kan mentale achterstand bij jonge kinderen of een verhoogde bloeddruk bij volwassenen veroorzaken. Deze effecten leiden ertoe dat lood verantwoordelijk is voor 2 % van de totale gezondheidsimpact door milieuverstoreningen (DALY's)³².

Ademhalingsklachten door blootstelling aan verhoogde ozonconcentraties

Aanvullend bij de meer algemene DALY-benadering, wordt de gezondheidsschade door ozon ook berekend als het aantal extra spoedhospitalisaties omwille van ademhalingsklachten door verhoogde ozonconcentraties bij 65-plussers³³. Dit geeft een beeld van de blootstelling aan verhoogde ozonconcentraties doorheen het jaar, en toont dus niet enkel het effect van ozonpiekconcentraties op warme zomerdagen.

Sedert 2001 zorgden verhoogde ozonconcentraties jaarlijks voor 600 tot 800 extra spoedhospitalisaties bij 65-plussers in Vlaanderen (d.i. ongeveer 2,5 % van het totaal aantal spoedhospitalisaties in die leeftijdsklasse). De jaren 2003 en 2006 kenden respectievelijk 1 400 en 1 100 extra spoedhospitalisaties door de hoge ozonpiekconcentraties.

De gevoeligheid voor de gezondheidseffecten van ozon is persoonsafhankelijk, maar de effecten zijn voor iedereen afhankelijk van de ontvangen dosis. De dosis wordt bepaald door een combinatie van ozonconcentratie, blootstellingstijd en ademdebiet. De twee laatste factoren kunnen beperkt worden door activiteiten buitenshuis en lichamelijke inspanningen te vermijden bij verhoogde ozonconcentraties. Deze beperkingen hebben op zich al een impact op het welzijn. Om blijvend te komen tot lagere dosissen zijn lagere ozonconcentraties nodig en hiervoor is zowel een regionaal als internationaal beleid van emissiereducties van ozonprecursoren noodzakelijk.

Uit het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek³⁴ blijkt dat de Vlaming geluid door verkeer ervaart als de belangrijkste bron van hinder. Een verhoogde blootstelling aan verkeersgeluid kan leiden tot ernstige hinder, ernstige slaapverstoring en hart- en vaatziekten. Een groot deel van de bevolking is blootgesteld aan verkeersgeluid, onder meer door het dichte wegennetwerk, het stijgend aantal greden kilometers en de hoge bevolkingsdichtheid.

Om een inschatting te maken van de mogelijke geluidshinder door verkeer wordt modelmatig nagegaan hoeveel personen aan welke geluidsniveaus blootgesteld worden. Die informatie wordt gekoppeld aan de gekende relaties tussen de blootstelling aan verschillende geluidsniveaus en de ervaren hinder, zodat een inschatting verkregen wordt van de mate waarin er geluidshinder kan optreden. Die resultaten worden nog aangevuld met de resultaten van hinderenquêtes. Uit de modelberekeningen voor 2015 blijkt dat 14 % van de bevolking in Vlaanderen potentieel ernstig gehinderd wordt door geluid afkomstig van wegverkeer. Voor lucht- en spoorverkeer liggen deze cijfers merkkelijk lager, nl. 5 en 1 %³⁵. Het percentage potentieel ernstig gehinderden door wegverkeer is in de periode 2003-2015 nauwelijks veranderd. Toch toont de periodische herhaling van het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek een daling in het percentage gerapporteerde ernstige hinder door geluid van wegverkeer. De precieze oorzaak van deze verschillen is nog niet achterhaald, maar kan het gevolg zijn van een combinatie van gewijzigde gevoeligheid en levensstijl. De jongere generaties zijn mogelijk toleranter voor geluid dan wat begroot werd in de gestandaardiseerde hinderfuncties. Het aantal potentieel ernstig gehinderden door luchtverkeer die binnen de 55 dB contour rond de luchthaven Brussel Nationaal wonen, is tussen 2007 en 2015 met 30 % gedaald als gevolg van een daling van het aantal (nachtelijke) vluchten en het gebruik van stillere toestellen. Deze personen hebben slechts een klein aandeel in het globale percentage potentieel ernstig gehinderden door luchtverkeer. Ook personen op grotere afstand van de belangrijkste luchthavens en nabij militaire luchthavens kunnen hinder ondervinden. Voor de gerapporteerde hinder door luchtvaart buiten de directe omgeving van de luchthavens en voor het percentage potentieel ernstig gehinderden door geluid van spoorverkeer vallen de schommelingen tussen 2003 en 2015 binnen de nauwkeurigheidsmarge van het model.

OPLOSSINGSRICHTINGEN

De hardnekkige congestie-, verkeersveiligheids- en milieuproblemen tonen aan dat het huidige mobiliteitssysteem op zijn grenzen stuit. Bovendien kunnen de verwachte bevolkingsgroei, de gezinsverdunding en een toename van de individuele activiteit het mobiliteitssysteem nog meer onder druk zetten in de toekomst³⁶.

De problemen die ontstaan op de weg hangen in grote mate samen met het grote aantal verplaatsingen en afgelegde kilometers met de auto. Het autogebruik wortelt echter diep in de maatschappij en in eenieders gedrag. Ingrijpende maatregelen in combinatie met een aantal maatschappelijke en

technologische ontwikkelingen zijn dan ook nodig om de mobiliteitsproblemen onder controle te krijgen. Die kunnen erop gericht zijn:

- het aantal verplaatsingen en/of de verplaatsingsafstand te verminderen (*avoid*);
- een verschuiving naar meer milieuvriendelijke verplaatsingswijzen teweeg te brengen (*shift*);
- het energiegebruik en de milieu-impact van vervoermiddelen terug te dringen (*improve*)^{2, 37}.

In de eerste plaats moet dus overwogen worden of alle verplaatsingen effectief nodig zijn. De efficiëntie van het transportsysteem moet verbeteren en de vraag naar transport moet op een intelligente manier aangepakt worden zodat onnodige verplaatsingen vermeden worden en de bezettingsgraad toeneemt. Ten tweede moeten zo veel mogelijk verplaatsingen ingevuld worden met een milieuvriendelijkere modus, bijvoorbeeld openbaar vervoer of fietsen in plaats van verplaatsingen met de auto. Tot slot moet elke transportmodus milieuvriendelijker worden³⁸.

Betere ruimtelijke ordening leidt tot minder mobiliteitsproblemen

De ruimtelijke ordening is van cruciaal belang om de mobiliteitsproblemen bij de bron aan te pakken. Een van de belangrijke aangrijpingspunten om de verplaatsingsafstand te beïnvloeden, is het locatiebeleid. Een betere afstemming tussen functies (wonen en werken, maar ook school, winkelen en recreatie) in de vorm van een grotere ruimtelijke nabijheid kan de verplaatsingsafstanden reduceren en ketenverplaatsingen overbodig maken. Stedelijke ontwikkeling rond belangrijke knooppunten en trajecten van openbaar vervoer maakt het voor de bewoners makkelijker om hun verplaatsingsgedrag in te vullen met andere modi dan de auto. Het effect van individuele kenmerken van de bebouwde omgeving, zoals dichtheid, functieverweving en bereikbaarheid, op de afgelegde afstanden is wellicht meestal klein, maar het gecombineerde effect van al die kenmerken samen kan vrij groot zijn³⁹. Een betere ruimtelijke ordening kan niet alleen tot milieuwinsten leiden, maar ook de bereikbaarheid van bestemmingen verhogen⁴⁰. Dat laatste kan dan weer leiden tot meer verplaatsingen.

De inrichting van steden kan ertoe bijdragen dat mensen hun mobiliteitsgedrag veranderen². Steden en gemeenten kunnen het autoverkeer beperken door gerichte circulatieplannen, of door ruimtelijke ingrepen zoals autoluwe en -vrije straten waar de zachte modi voorrang krijgen. Een gericht parkeerbeleid kan het autoverkeer in de stad ontmoedigen. Performant openbaar vervoer kan de bezoekers van randparkings naar de stad brengen. In lage-emissiezones (LEZ) kunnen bepaalde voertuigen geweerd worden omdat ze te veel schadelijke stoffen uitstoten. Al deze maatregelen verminderen lokaal de luchtvervuiling en de geluidshinder én ze dragen bovendien vaak bij tot een hogere leefkwaliteit in de stad.

Duurzame modi verdienen voorrang

Veilige en comfortabele voet- en fietspaden zijn nodig om deze duurzame vervoersmodi een duw in de rug te geven. De opkomst van de elektrische fiets biedt nieuwe kansen om het auto-aandeel in het woon-werkverkeer te verminderen. Fietssnelwegen kunnen die kansen nog aanzienlijk verhogen. Een uitgebreid en performant netwerk van openbaar vervoer blijft een van de steunpilaren van het mobiliteitssysteem van de toekomst. Het openbaar vervoer zelf moet ook milieuvriendelijker worden. Een efficiënte combinatie met andere modi (bv. deelfietsen) kan de aantrekkelijkheid van het openbaar vervoer verhogen⁴⁶.

Financiële stimuli kunnen het verplaatsingsgedrag sturen

Fiscale maatregelen kunnen de woonplaats, het verplaatsingsgedrag en de keuze voor een bepaalde vervoerswijze in belangrijke mate beïnvloeden, met positieve of negatieve milieueffecten². Het huidige fiscale regime voor salariswagens werkt de automobilititeit in de hand; het zet mensen er immers toe aan de auto intensiever te gebruiken, ook voor privédoeleinden¹⁷. Een algemene fiscale aftrek voor woon-werkverkeer kan het gebruik van de auto stimuleren en leiden tot grotere afgelegde afstanden en tot *urban sprawl*. Veel hangt echter af van hoe de fiscale aftrekbaarheid is ontworpen, met name van de manier waarop de fiscale behandeling van de auto zich verhoudt tot die van de andere modi³⁷. Goed ontworpen fiscale maatregelen lijken er wel in te slagen om milieuvriendelijkere voertuigen te stimuleren⁴¹.

Het mobiliteitsbudget is een alternatief voor de salariswagen. De werknemer krijgt een bepaald budget dat hij kan spenderen aan het meest geschikte vervoermiddel op een bepaald moment. Het mobiliteitsbudget moet werknemers aanzetten tot multimodaal verplaatsingsgedrag door meerdere modi voor één verplaatsing te gebruiken of om verschillende modi te gebruiken voor verschillende verplaatsingen⁴². Het is pas zinvol als het gecombineerd wordt met andere maatregelen, zoals rekeningrijden⁴³.

Door te laten betalen voor het gebruik van de infrastructuur kan de prijs voor transport en dus ook de vraag ernaar beïnvloed worden². Beprijzing kan het gedrag van bestuurders wijzigen⁴⁴. Zo'n beprijzing (bv. kilometerheffing) kan mensen er immers toe aanzetten het aantal of de lengte van de verplaatsingen te verminderen, het tijdstip van de verplaatsingen te verschuiven, het gebruik van milieuvriendelijke voertuigen en/of een verandering van modus te overwegen. Externe kosten van transport correct verrekenen in de prijs blijft dus belangrijk³⁷.

Technologische verbeteringen zullen niet alle problemen oplossen

Onder impuls van de EU-wetgeving zijn autoproducenten er via allerlei technologische ingrepen in geslaagd hun wagens zuiniger en milieuvriendelijker te maken. Mede daardoor zijn de emissies naar de lucht gedaald, maar voor bepaalde pollutanten zijn nog meer inspanningen nodig. Een zeer ingrijpende technologische verandering is de overgang van de verbrandingsmotor naar de elektrische motor, die bij het rijden geen uitlaatemissies veroorzaakt en aanzienlijk stiller is. Maar de omschakeling naar de elektrische wagen zal niet alle problemen oplossen. Emissies naar de lucht door bijvoorbeeld slijtage van banden blijven wel bestaan. Elektrische wagens nemen ook evenveel ruimte in en dragen net zo goed bij aan de congestie als klassieke wagens. Omdat de brandstofkosten per kilometer lager zijn, kunnen ze mogelijk zelfs meer bijdragen tot files. Bovendien kan een deel van de milieudruk verplaatst worden naar de plaats waar de elektriciteit en de batterij geproduceerd worden.

De introductie van de autonome of zelfrijdende auto komt dichterbij. Toch is het moeilijk om te voorspellen wanneer ze effectief op de markt zullen komen, vooral gezien de onzekerheid rond de regulering ervan⁴⁵. Op voorwaarde dat het om coöperatieve voertuigen gaat, dit zijn voertuigen die met elkaar en met wegkantssystemen communiceren, kunnen ze capaciteitswinsten opleveren. Maar een hogere wegcapaciteit en het gemak van zelfsturende voertuigen kunnen op hun beurt leiden tot grotere verkeersvolumes en grotere afgelegde afstanden. Zo zouden pendelaars die hun dagelijkse treinrit gebruiken om wat te lezen of te werken dat nog comfortabeler kunnen doen in een zelfrijdende auto^{45, 46}. Nieuwe technologieën op het vlak van ICT bieden heel wat mogelijkheden. Slimme transportsystemen kunnen helpen om het brandstofverbruik en de files te verminderen². Alternatieve vormen van transport, zoals Uber, dat toegankelijk is via een mobiele app, worden steeds populairder. Een belangrijke vraag is hoe die nieuwe technologieën de transportpatronen zullen beïnvloeden. Ze kunnen het transportsysteem efficiënter maken, maar dat kan op zijn beurt leiden tot een grotere vraag naar mobiliteit.

Nieuwe socio-economische ontwikkelingen bieden nieuwe perspectieven

Autodelen kan een milieuvriendelijk alternatief vormen voor autobezit omdat de kostenstructuur en de transparantie over de kosten aanzet om voor elke verplaatsing de afweging te maken of een verplaatsing met de auto het voordeligst is. Bij autobezit zijn de vaste kosten (aankoop, verzekering, belasting) reeds gemaakt bij de aankoop, waardoor bij de keuze voor een bepaalde rit de stimulans om andere opties te overwegen kleiner is. Bovendien laat autodelen toe het meest geschikte autotype te kiezen als de samenstelling van het beschikbare park aan deelauto's ruim genoeg is, terwijl autobezitters hun gezinswagens bijvoorbeeld ook gebruiken wanneer het aantal passagiers beperkt is tot een of twee. Tot slot kunnen de wagens bij autodelen milieuvriendelijker zijn dan de wagens in privébezit. Toch bestaat ook het gevaar dat bij autodelen een deel van de verplaatsingen met de fiets of het openbaar vervoer vervangen worden door verplaatsingen met de deelauto of dat er verplaatsingen gemaakt worden die anders niet gemaakt zouden worden⁴⁷.

Een andere ontwikkeling die heel wat verwachtingen schept, is 'Mobility as a Service' (MaaS/Mobiliteit als dienst). Het staat voor een pakket van diensten en modi die gebundeld aan de gebruikers beschikbaar worden gesteld. Momenteel kiezen personen vaak ofwel voor auto, fiets of openbaar vervoer en dus tussen publiek en privaat, terwijl MaaS de combinatie van verschillende vervoersmodi kan faciliteren. De dienstverlening van vervoerbedrijven zal veel meer op maat zijn van de specifieke verwachtingen van een diverse groep van gebruikers. Op maat diensten ontwikkelen staat in contrast met klassiek openbaar vervoer. Maar doordat technologische innovaties de mogelijkheid bieden klassiek openbaar vervoer te koppelen aan meer flexibele, vraaggeoriënteerde diensten biedt de evolutie richting MaaS ook grote kansen voor het openbaar vervoer⁴⁶.

Maatschappelijke ontwikkelingen zoals telewerken, *e-shopping* en *e-learning* bieden perspectieven om het aantal verplaatsingen en de verplaatsingsafstanden te beperken. Zij kunnen niet alleen bijdragen tot het verminderen van het aantal verplaatsingen gerelateerd aan een bepaald verplaatsingsmotief (bv. woon-werk, winkelen) maar verminderen vaak ook de tijdsdruk. Toch is het milieuvoordeel van dergelijke ontwikkelingen niet altijd gegarandeerd. Zo kan bij telewerken de milieuwinst door de vermeden verplaatsingen deels tenietgedaan worden door het hogere energiegebruik voor de verwarming van de privéwoning⁴⁸. Voor *e-shopping* is het dan weer belangrijk of de levering aan huis een verplaatsing vervangt die anders met de auto of met de fiets gedaan zou worden, of de levering aan huis op een milieuvriendelijke manier gebeurt, of bestellingen vaak teruggestuurd worden ... De efficiëntie van bestelwagenleveringen die *e-commerce* met zich meebrengt, zou verhoogd kunnen worden door te werken met een fijnmazig systeem van afhaalpunten waarbij de pakjesdiensten niet meer aan huis leveren maar wel in een (al dan niet bemand) afhaalpunt op wandelafstand van de bestemming.

De overheid speelt een sleutelrol

Heel wat van de hierboven besproken maatschappelijke ontwikkelingen en technologische verbeteringen bieden mogelijkheden om de werking van het mobiliteitssysteem te verbeteren en de milieu-impact ervan te doen afnemen. Het is echter niet evident dit potentieel ook maximaal te benutten. Reboundeffecten zijn nooit ver weg en niet alle technologische en maatschappelijke ontwikkelingen leiden automatisch tot een verbetering van de (milieu)prestaties van het hele systeem.

De overheid moet dan ook een sleutelrol spelen en ervoor zorgen dat de verschillende transportdiensten met elkaar geconnecteerd zijn en samen kunnen opereren. Ze moet ervoor zorgen dat de nodige infrastructuur aanwezig is en dat prijssignalen consistent zijn. Via regulering en financiering kan de overheid het mobiliteitssysteem van de toekomst mee vorm geven. Door het nodige regulerende en het operationele kader te creëren, kan zij verzekeren dat innovatieve technologieën en zakenmodellen ten volle doorbreken en bijdragen aan een duurzamer mobiliteitssysteem³⁸.

Het belang van individuele keuzes

Ondanks de sleutelrol van de overheid en de ontwikkelingen op maatschappelijk en technologisch vlak moet een deel van de oplossing ook van de mensen zelf komen. Misschien zijn niet alle verplaatsingen even noodzakelijk of zijn ze efficiënter te organiseren. Duurzame verplaatsingen kunnen leiden tot een verhoging van het eigen welzijn en dat van anderen. Mogelijk kan nog een deel van de autoverplaatsingen over korte afstand vervangen worden door te stappen of te fietsen – met ook positieve gevolgen voor de eigen gezondheid⁴⁹ –, terwijl voor langere afstanden het openbaar vervoer vaker een optie zou kunnen zijn. Dergelijke dagdagelijkse beslissingen worden echter in grote mate gestuurd door vroegere en veel fundamentele keuzes. Wellicht is de meest bepalende keuze die voor woon- en werkplaats. Eens de keuze voor de woonplaats gemaakt is, wordt die meestal niet zomaar herzien. De keuze voor een werkplaats herbekijken kan soms wel haalbaar zijn, bijvoorbeeld door jobs te ruilen tussen werknemers met gelijkaardige functies om de gezamenlijke pendelafstand in te korten. Ook de keuze om een deel van het loon te ontvangen in de vorm van een salariswagen of om een eigen wagen aan te schaffen, kan voor vele jaren het verplaatsingsgedrag en de bijhorende milieu-impact bepalen.

REFERENTIES

De tekst is gebaseerd op de MIRA-indicatorfiches voor transport, luchtkwaliteit, hinder en gezondheid en de MIRA Kernset Milieudata 2016, beide op www.milieurapport.be. Andere bronnen worden hieronder afzonderlijk vermeld.

¹De Paep M., Vandenbroeck P., & Van Reeth J. (2014) Transitie naar duurzame mobiliteit in steden: een analysekader, Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2014/12, BUUR bureau voor urbanisme & shiftN.

²EEA (2016) EEA Signals 2016 Towards clean and smart mobility - Transport and environment in Europe, European Environment Agency, Copenhagen.

³Planbureau voor de Leefomgeving (2016) Mobiliteit: <http://www.pbl.nl/onderwerpen/mobiliteit>.

⁴Verhetsel A. (2015) Expertenadvies Afstemmen ruimte en mobiliteit in stedelijke gebieden. Departement Transport en Ruimtelijke Economie Universiteit Antwerpen in opdracht van Vlaamse Overheid, Afdeling Juridische en beleidsontwikkeling, Antwerpen.

⁵EC (2016) EU Reference Scenario 2016: Energy, transport and GHG emissions - Trends to 2050, European Commission.

⁶EC (2016) EU Transport Scoreboard 2016, European Commission (<http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/scoreboard/compare/energy-union-innovation/road-congestion-en>).

⁷Schoeters A., Carpentier A. & Briers S. (2016) Jaarrapport Verkeersveiligheid 2014: Analyse van verkeersveiligheidsindicatoren in Vlaanderen tot en met 2014. Steunpunt Verkeersveiligheid & Belgisch Instituut.

⁸Europese Commissie (2017) Mobility and transport, Road Safety: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics_en#.

- ⁹ Geels F. W., Kemp R., Dudley G. & Lyons G. (editors) (2012) *Automobility in transition? A socio-technical analysis of sustainable transport*.
- ¹⁰ Groenboek 'Vlaanderen in 2050: mensenmaat in een metropool?' Beleidsplan Ruimte Vlaanderen, Vlaamse Overheid.
- ¹¹ VMM (2014) *Megatrends: Ingrijpend maar ook ongrijpbaar? Hoe beïnvloeden ze het milieu in Vlaanderen?* MIRA Toekomstverkenning 2014. Vlaamse Milieumaatschappij.
- ¹² EEA (2016) *Urban Sprawl in Europe*. European Environment Agency, Copenhagen.
- ¹³ Vrind (2016) *Vlaamse Regionale Indicatoren, deel 5.6 Mobiliteit*. Studiedienst Vlaamse Regering.
- ¹⁴ Janssens D., Declercq K. & Wets G. (2014) *Onderzoek Verplaatsingsgedrag Vlaanderen 4.5 (2012-2013)*, studie uitgevoerd door Instituut voor Mobiliteit (IMOB), Universiteit Hasselt i.o.v. de Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Afdeling Beleid, Mobiliteit en Verkeersveiligheid.
- ¹⁵ FOD MV (2016) *Historiek reizigerskilometers op het Belgische wegennet tot 2013*, http://mobilit.belgium.be/nl/mobiliteit/mobiliteit_cijfers/verkeer_belgisch_wegennet.
- ¹⁶ SVR (2016) *Aantal personenkilometer afgelegd per trein*, <http://www4dar.vlaanderen.be/sites/svr/Cijfers/Pages/Excel.aspx>.
- ¹⁷ Laine B & Van Steenbergen A. (2016) *The fiscal treatment of company cars in Belgium: Effects on car demand, travel behaviour and external costs*, working paper 3-16, Federal Planning Bureau, Brussels.
- ¹⁸ Pauwels C. & Andries P. (2016) *Diagnostiek woon-werkverkeer 2014*, Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, Directoraat generaal Duurzame Mobiliteit en Spoorbeleid, Directie Mobiliteit, Brussel.
- ¹⁹ Denys T. (2016) *persoonlijke communicatie, data beschikbaar gesteld aan VITO door DIV o.b.v. het Mobivis-informatiesysteem*.
- ²⁰ EEA (2016) *Explaining road transport emissions, A non-technical guide*, European Environment Agency, Copenhagen.
- ²¹ Degraeuwe B & Weiss M. (2016) *Does the New European Driving Cycle (NEDC) really fail to capture the NO_x emissions of diesel cars in Europe?*, *Environmental Pollution*, in press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.050>.
- ²² EU (2008) *Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa*.
- ²³ WHO (2006) *Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*, World Health Organization Europe.
- ²⁴ VMM (2011) *NO₂-meetcampagne met passieve samplers in steden in 2010* - <https://www.vmm.be/publicaties>.
- ²⁵ VMM (2013) *Life+ ATMOSYS: NO₂-stedencampagne* - <https://www.vmm.be/publicaties>.

- ²⁶ Fierens F. (2008) persoonlijke communicatie, Dalende NO_x emissies - stagnerende NO₂ concentraties in stedelijke omgeving: wat is er aan de hand?, IRCEL.
- ²⁷ Brunekreef B, Künzli N., Pekkanen J., Annesi-Maesano I., Forsberg B, Sigsgaard T., Keuken M., Forastiere F., Barry M., Querol X. & Harrison R. (2015) Clean air in Europe: beyond the horizon?, *Eur Respir J*, 45, 7-10.
- ²⁸ Escape (2008-2012) <http://www.escapeproject.eu>.
- ²⁹ Pedersen M. et al. (2013) Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE), *Lancet Respir Med*, 1, 695-704.
- ³⁰ Eze I. et al. (2014) Long-term air pollution exposure and diabetes in a population-based Swiss Cohort, *Environ Int*, 70, 95-105.
- ³¹ WHO (2012) IARC: Diesel engine exhaust carcinogenic, press release 213, 12 June 2012, Lyon, France.
- ³² Buekers J. et al. (2012) Inschatting ziektelast en externe kosten veroorzaakt door verschillende milieu-factoren in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2012/06, VITO, Mol.
- ³³ Buekers J. & Int Panis L. (2013) Gezondheidsindicator blootstelling aan verhoogde ozonconcentraties, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2013/13, VITO, VITO/2014/MRG/49.
- ³⁴ De Martelaere D. & Van Der Donckt N. (2013) Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek, Uitvoeren van een uitgebreide schriftelijke enquête en een beperkte CAWI-enquête ter bepaling van het percentage gehinderden door geur, geluid en licht in Vlaanderen – SLO-3, MAS (Market Analysis and Synthesis) i.o.v. Vlaamse overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu en Gezondheid.
- ³⁵ Dekoninck L. & Botteldooren D. (2016) Actualisatie van de geluidsindicatoren (draft). UGent i.o.v. MIRA, Vlaamse Milieumaatschappij.
- ³⁶ VMM (2015) Megatrends: Hoe gaan we er samen mee aan de slag voor een duurzaam en veerkrachtig Vlaanderen? Verslag van de Megatrendsconferentie, Brussel - 18 december 2015.
- ³⁷ EEA (2015) Evaluating 15 years of transport and environmental policy integration, TERM 2015: Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe, European Environment Agency, Copenhagen.
- ³⁸ EEA (2016) Transitions towards a more sustainable mobility system. TERM 2016: Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. EEA Report No 34/2016. European Environment Agency, Copenhagen.
- ³⁹ Ewing R. & Cervero R. (2011) Travel and the Built Environment A Meta-Analysis. *Journal of the American Planning Association*, Vol. 76, No. 3, Summer 2010.
- ⁴⁰ van Wee B. (2011) Evaluating the impact of land use on travel behaviour: the environment versus accessibility. *Journal of Transport Geography* 19 (2011) 1530-1533.

- ⁴¹ Gerlagh R., van den Bijgaart I., Nijland H. & Michielsen T. (2015) Fiscal policy and CO₂ emissions of new passenger cars in the EU. CPB Discussion Paper 302. CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, The Hague.
- ⁴² Zijlstra T. (2016) On the Mobility Budget for Company Car Users in Flanders. Proefschrift aangeboden tot het behalen van het doctoraatsdiploma in de Toegepaste Economische Wetenschappen, Universiteit Antwerpen.
- ⁴³ Proost S. & Ovaere L. (2016) Om files aan te pakken heb je moedige politici nodig. http://www.tijd.be/opinie/algemeen/Om_files_aan_te_pakken_heb_je_moedige_politici_nodig.9791734-7765.art?ckc=1.
- ⁴⁴ Eliasson J. (2010) So you're considering introducing congestion charging? Here's what you need to know. Joint Transport Research Centre, Discussion Paper No. 2010-4. Royal Institute of Technology, Stockholm.
- ⁴⁵ Bouton S., Knupfer S.M., Mihov I. & Swartz S. (2015) Urban mobility at a tipping point, McKinsey Center for Business and Environment.
- ⁴⁶ VRP (2016) Manifest Mobiliteit 2.0, achtergrondnota, Kansen voor nieuwe mobiliteit. Een verkenning van innovaties en hun maatschappelijke inbedding, Vlaamse Vereniging voor Ruimte en Planning.
- ⁴⁷ van Driel P. & Hafkamp W. (2015) De effecten van autodelen op autogebruik, Tijdschrift Vervoerswetenschap 51 (4), december 2015, 18-37.
- ⁴⁸ Delhaye E., Heyndrickx C., Frederix R., Van Zeebroeck B., Rousseau S. & Proost S. (2013) Rebound effect met impact op het milieu. Eindrapport, in opdracht van de Vlaamse Overheid - Departement LNE. Transport & Mobility Leuven.
- ⁴⁹ Buekers J., Dons E., Elen B. & Int Panis L. (2015) Health impact model for modal shift from car use to cycling or walking in Flanders: application to two bicycle highways, Journal of Transport & Health 2(4), pp. 549-562.

SYSTEEMBALANS
2017

— 3 Voedingssysteem

Auteurs

ERIKA VANDER PUTTEN, FLOOR VANDEVENNE, IGOR STRUYF
(MIRA, VMM)

Lectoren

ERIK MATHIJS (KU Leuven)
FRANK NEVENS (UGent)
MELCHERT REUDINK (PBL Nederland)
DIRK VAN GIJSEGHEM (Departement Landbouw en Visserij)
HILDE WUSTENBERGHS (ILVO)

INLEIDING

Voeding is een basisbehoefte en heeft ook een grote sociale en culturele betekenis. Daarom is voedselvoorziening van oudsher van strategisch belang voor samenlevingen. Een voldoende grote eigen voedselproductie, lage voedselprijzen en een billijk inkomen voor landbouwers waren belangrijke doelstellingen van het Europees Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) dat vorm kreeg na de Tweede Wereldoorlog. Onder impuls van het GLB en de geleidelijke liberalisering vanaf het einde van de twintigste eeuw, evolueerden de West-Europese, en dus ook de Vlaamse voedselproductie en -voorziening, naar een groot en complex systeem. Een uitgebreid, soms over lange afstanden geïnternationaliseerd netwerk van toeleveranciers, landbouwers, voedingsbedrijven, transporteurs, handelaars en cateringactoren zorgt het hele jaar door voor een ruim en gevarieerd aanbod aan betaalbare voeding, niet alleen voor de eigen consument maar ook voor export. Landbouwgerelateerde producten namen in 2013 ongeveer 10 % van de totale Belgische in- en uitvoer voor hun rekening. Het Vlaamse aandeel in de Belgische agrohandel wordt geraamd op ongeveer 80 %, wat toont dat ook het Vlaamse agrobusinesscomplex bijzonder open is¹. Verregaande specialisatie in de voedselketens laat toe om op efficiënte wijze om te springen met arbeid, kapitaal en dure hulpbronnen. Dit maakt het mogelijk om competitief te zijn op een wereldmarkt van bulkproducten en het biedt ook mogelijkheden om een aantal milieupacts per eenheid productie te verminderen.

Niet alleen het landbouwbeleid en de economische actoren in de voedselketens geven vorm aan het voedingssysteem en houden het in stand, ook de praktijken van andere beleidsdomeinen, consumenten, kredietverstrekkers, onderwijs, onderzoekswereld en belangenverenigingen spelen een belangrijke rol. Zo vragen de hoge verwachtingen van consumenten, zoals een permanent ruim aanbod tegen lage prijs, om een uitgebreide en kostenefficiënte productie- en distributiestructuur, en hanteren kredietverstrekkers veelal een financieringsmodel dat aanzet tot investeringen, productiestijgingen en grootschaligheid².

Hoewel het huidige voedingssysteem succesvol is in termen van voldoende en betaalbare voedselvoorziening, loopt het tegen grenzen aan. Voedingsgerelateerde aandoeningen zoals obesitas en harten vaatziekten zijn aanzienlijk toegenomen, grond wordt steeds schaarser en de rendabiliteit van landbouwsectoren staat onder druk. Ook op milieuvlak zijn er spanningen. De hoge consumptie van dierlijke producten veroorzaakt een groot milieubeslag, ook buiten Vlaanderen, en de intensieve landbouw steunt op een hoog gebruik van externe inputs zoals kunstmest, water, geïmporteerd veevoeder, gewasbeschermingsmiddelen, diergeneesmiddelen en fossiele brandstoffen. Ook de andere schakels in de keten, zoals de voedingsindustrie en de detailhandel, zijn sterk afhankelijk van het gebruik van onder meer energie en water. En hoewel de milieupact per eenheid product van deze sectoren sterk is afgenomen in Vlaanderen, zorgen de hoge productievolumes van de landbouw ervoor dat de totale milieupact hoog blijft, zeker op het lokale niveau.

Dit hoofdstuk gaat dieper in op twee van de milieu-uitdagingen waarmee het Vlaamse voedingssysteem geconfronteerd wordt, namelijk klimaatverandering door de uitstoot van broeikasgassen en vermesting door stikstofverliezen. Het hoofdstuk start met een beschrijving van een aantal belangrijke drijvende krachten achter de milieudruk van het voedingssysteem, kijkt vervolgens naar de broeikasgasemissies en stikstofverliezen aan consumptie- en productiezijde en sluit af met drie brede oplossingsrichtingen die in combinatie met elkaar inspiratie kunnen bieden voor de transitie naar een duurzamer voedingssysteem. Hoewel we die oplossingsrichtingen in de eerste plaats vanuit een milieuinvalshoek benaderen, kunnen ze ook tegemoet komen aan een aantal andere maatschappelijke uitdagingen waar het voedingssysteem voor staat.

MAATSCHAPPELIJKE ONTWIKKELINGEN EN ACTIVITEITEN

Hoe ziet ons consumptiepatroon eruit?

————— Consument geniet van ruim voedselaanbod tegen lage prijzen

Het hedendaagse voedingssysteem zorgt het hele jaar door voor een ruim en gevarieerd aanbod aan voeding. Consumenten genieten daarbij van een groot aankoopgemak door een uitgebreid netwerk van verkooppunten, en van lage voedselprijzen. Het aandeel van voeding in het totale gezinsbudget in België daalde van 50 % vlak na de Tweede Wereldoorlog naar minder dan 15 % in 2014³. Daarbovenop komen nog de uitgaven voor buitenshuis eten (5 % in 2014)⁴.

De huidige dominante manier van voedselproductie heeft echter ook heel wat nadelige effecten voor mens, dier, natuur en milieu, hier en elders in de wereld, en een aanzienlijk deel van de schade en de kosten worden niet weerspiegeld in de prijs van ons voedsel. Bovendien heeft het grote aantal schakels in tal van voedingsketens ertoe geleid dat consumenten steeds meer vervreemd zijn geraakt van de productie van hun voedsel. Hierdoor verkleint ook het gevoel van medeverantwoordelijkheid tegenover de landbouwers en de ecosystemen waarin voedsel wordt geproduceerd⁵.

————— Vleesconsumptie is hoog

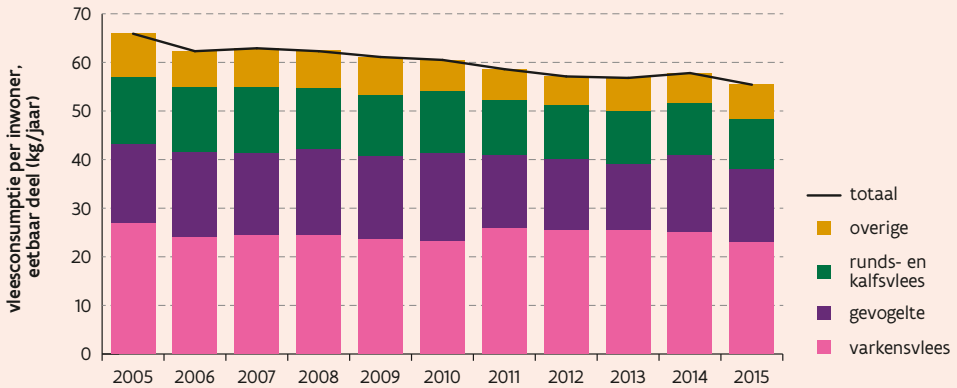
Toename van het inkomen en lagere voedselprijzen hebben wereldwijd geleid tot een stijging van de consumptie van dierlijke producten⁶. Hoewel het moeilijk is om de milieu-impact van individuele producten eenduidig te vergelijken, is het duidelijk dat de productie van vlees, zuivel en eieren leidt tot meer broeikasgasemissies en stikstofverliezen, en een hoger land- en watergebruik in vergelijking met plantaardige producten⁷.

Dierlijke producten leverden in 2011 ongeveer 60 % van de eiwitten in de Belgische voeding⁸. Het grootste deel hiervan kwam van vlees en melk(producten) (elk bijna een kwart van de totale eiwit-inname). Ter vergelijking: het wereldgemiddelde aandeel dierlijke eiwitten in de totale eiwit-inname is 40 %⁸. Volgens de Voedselconsumptiepeiling at de gemiddelde Belg in 2014 dagelijks 145 g vlees, vis, eieren en plantaardige vervangproducten. Volgens de aanbevelingen van het Vlaams Instituut voor Gezondheidspromotie en Ziektepreventie (VIGeZ) volstaat een dagelijkse inname van 100 gram van deze voedingsmiddelen om in de eiwitbehoefte van het lichaam te voorzien (vanaf de leeftijd van 12 jaar). Vooral de vleesconsumptie is te hoog: in 2014 at de Belg gemiddeld 111 g vlees per dag terwijl VIGeZ aanbeveelt om maximaal vier keer per week ten hoogste 100 g vlees te eten. Dat komt neer op gemiddeld 57 g per dag. 89 % van de bevolking overschreed die aanbevolen maximale hoeveelheid. De studie besluit dat de Belg nog niet de beste keuzes maakt op het vlak van voedingsmiddelen die biologisch hoogwaardige eiwitten leveren⁹.

————— ... maar wel dalend?

Ondertussen lijkt de consumptie van dierlijke producten wel een dalende trend te vertonen. Volgens de bevoorradingsbalansen van Statistics Belgium daalde de vleesconsumptie in België met 16 % tussen 2005 en 2015. Dat is een daling met gemiddeld 1,1 kg per inwoner per jaar (**figuur 3.1**). Vooral voor rundsvlees is er een aanzienlijke daling. Ook de consumptie van eieren verminderde, terwijl de consumptie van melkproducten vrij stabiel bleef. Een daling in de vleesconsumptie werd evenwel niet waargenomen in de Voedselconsumptiepeiling. Dit onderzoek, dat gebaseerd is op enquêtes in plaats van macro-economische berekeningen, stelde geen significant verschil vast tussen de vleesconsumptie in 2014 en deze in 2004⁹.

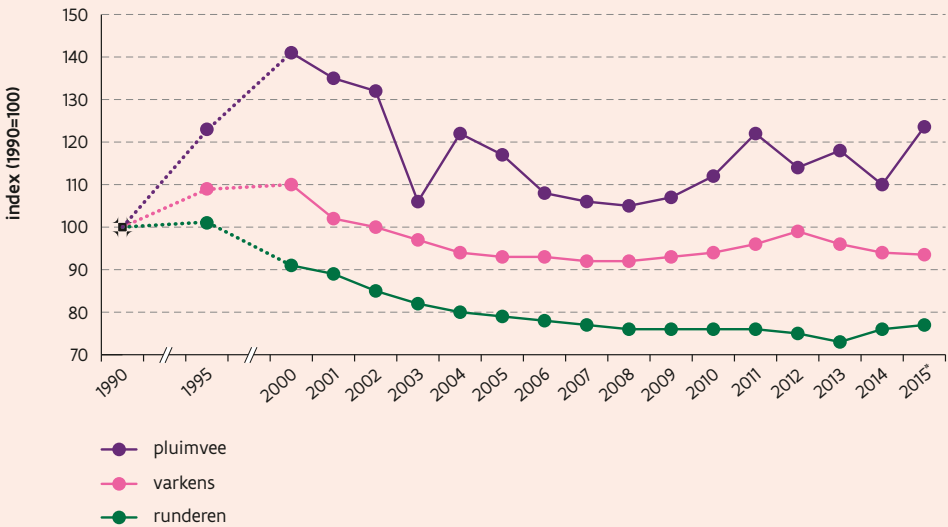
Figuur 3.1 Evolutie van de vleesconsumptie (België, 2005-2015)



Berekend op basis van productie, invoer en uitvoer; extractiefactoren (kg vlees per kg slachtgewicht) volgens Global Footprint Network National Footprint Accounts 2008 edition. De gemiddelde dagelijkse vleesconsumptie in 2014 (158 g/dag) is hoger dan deze gerapporteerd in de Voedselconsumptiepeiling (111 g/dag)⁹. Dit is niet onlogisch omdat de Voedselconsumptiepeiling de hoeveelheden vlees rapporteert zoals ze geconsumeerd worden, dus na eventuele bereiding, en omdat de berekeningen van AD Statistiek geen rekening houden met verliezen in de retail en bij huishoudens. Het Nederlandse Planbureau voor de Leefomgeving schat deze verliezen op 20 %¹¹.

Bron: Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium

Figuur 3.2 Evolutie van de veestapel volgens diercategorie (Vlaanderen, 1990-2015)



* voorlopige cijfers

Bron: MIRA op basis van Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium

Een daling van de vleesconsumptie lijkt in ieder geval in lijn te zijn met de resultaten van een bevraging van 1 000 Vlamingen in opdracht van de vzw EVA. Uit deze bevraging blijkt dat het aantal Vlaamse consumenten dat vlees en vis af en toe bewust links laat liggen op drie jaar verdubbelde, van 5 % in 2013 naar meer dan 10 % in 2016. Ongeveer een op zes Vlamingen eet minstens drie keer per week vegetarisch. De voornaamste redenen waarom de respondenten minder vlees eten, zijn gezondheid, gevolgd door bezorgdheid om milieu en het klimaat, dierenwelzijn en het plezier om nieuwe smaken te leren kennen. Drempels zijn gebrek aan interesse, gevolgd door vrees voor de smaak en voor het prijskaartje¹².

Welke patronen zien we in de landbouwproductie?

————— Evolutie naar steeds minder maar grotere Vlaamse landbouwbedrijven zet door

Het vroege Europese Gemeenschappelijke Landbouwbeleid zorgde voor een modernisering en efficiëntieverhoging van de landbouw. Hierdoor kregen landbouwproducten steeds meer het karakter van een bulkproduct. Via prijsondersteuning konden landbouwers rekenen op een billijk inkomen. Eind twintigste eeuw is een proces van liberalisering ingezet en werd de prijsondersteunende politiek afgebouwd. Landbouwers gingen steeds meer direct met elkaar concurreren op de wereldmarkt. Voor bulkproducten is de prijs de meest onderscheidende eigenschap, vandaar dat kostenleiderschap – zoveel mogelijk van hetzelfde produceren op de goedkoopste manier – de dominante competitiviteitsstrategie is van de Europese, inclusief de Vlaamse landbouwsector. Deze strategie leidt tot een continu proces van specialisatie, schaalvergroting en intensivering, steunend op technologie en een hoog gebruik van externe inputs zoals kunstmest, water, geïmporteerd veevoeder, gewasbeschermingsmiddelen, diergeneesmiddelen en fossiele brandstoffen⁵.

De typerende evolutie naar steeds minder maar grotere landbouwbedrijven laat zich ook voelen in Vlaanderen. In 2015 waren er bijna drie keer minder landbouwbedrijven dan in 1980 terwijl de gemiddelde bedrijfsoppervlakte bijna verdrievoudigde¹⁰. In de sector van de gespecialiseerde veeteelt, die in 2015 ruim de helft van de landbouwbedrijven omvatte³, steeg de gemiddelde omvang van de veestapel per bedrijf aanzienlijk: in 2015 telde een gemiddeld Vlaams rund- en varkensbedrijf 60 % respectievelijk 80 % meer dieren dan in 2000¹⁰. De evolutie van de totale veestapel toont een gevarieerder beeld, met verschillen tussen diercategorieën. In de periode 1990-2015 daalde het aantal runderen en varkens met respectievelijk 23 % en 6,5 % en het aantal stuks pluimvee met 24 % (**figuur 3.2**). Vlaanderen telde in 2015 ongeveer 1,3 miljoen runderen, 6 miljoen varkens en 32,1 miljoen stuks pluimvee. Verklaringen voor de daling van de veestapel tussen 1990 en 2008 zijn te vinden in efficiëntieverbeteringen (melkvee), ongunstige markt-evoluties (vleesvee) en in het algemeen ook de remmende werking van verstrengende mestwetgeving op het houden van dieren. De varkens- en pluimveestapel groeiden vanaf 2009 terug aan, onder impuls van de uitbreidingsmogelijkheden na bewezen mestverwerking voorzien in het derde Mestactieplan (MAP3). Na 2012 daalde de varkensstapel wel opnieuw. Vanaf 2014 is er voor het eerst opnieuw een stijging in het aantal runderen. De volledige afschaffing van het melkquotum met ingang van 1 april 2015 en de hoge melkprijs op dat moment speelden hierin wellicht een rol.

De totale benutte landbouwoppervlakte waarop in Vlaanderen commerciële landbouwgewassen worden geteeld, inclusief tuinbouwgewassen en tijdelijke braak, is licht gedaald de laatste 15 jaar (-4 % ten opzichte van 2000). Verschuivingen tussen teelten traden op. Zo moest blijvend gras dikwijls plaats maken voor meer winstgevendende gewassen: het areaal blijvend grasland daalde in de periode 1990-2015 met 14 %, ten voordele van tijdelijk grasland, maïs en nijverheidsgewassen. Het Vlaamse landbouwareaal staat voor ongeveer twee derde in functie van de veeteelt (grasland en akkerbouw voor veevoederproductie).

Intensieve landbouw is niet op alle vlakken even efficiënt

In de gespecialiseerde intensieve landbouw worden kostprijzen laag gehouden door zo efficiënt mogelijk om te gaan met dure productiefactoren als arbeid, land en veevoeder. Dit weerspiegelt zich in een hoge arbeidsproductiviteit en een hoge opbrengst per hectare of per kilogram veevoeder. Door die opbrengststijging daalde het landgebruik per eenheid product. Ook voor bijvoorbeeld broeikasgassen heeft intensieve landbouw een lagere uitstoot per eenheid product. In ontwikkelingslanden veroorzaakt de productie van bijvoorbeeld een kilogram melk op basis van grazend vee een broeikasgasuitstoot van 2,7 kg CO₂-eq. Voor gemengde systemen in Europa, gebaseerd op grasland en veevoeder is dat slechts 1,7 kg CO₂-eq per kg melk¹³. Ondanks de vrij hoge eco-efficiëntie voor sommige parameters is de totale milieudruk van de Vlaamse landbouw echter aanzienlijk, zeker op het lokale niveau. Dit komt door de hoge productievolumes in verhouding tot de kleine oppervlakte van Vlaanderen, en door de aard van de productie (veel veeteelt).

Bovendien zet de nadruk op verhoging van arbeids- en landproductiviteit landbouwers soms aan tot een overmatig gebruik van in verhouding goedkopere inputs zoals meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen en energie⁷ of gesubsidieerde hulpbronnen zoals machines en stallen. Ook voor impacts die onvoldoende streng gereguleerd worden en/of geen expliciet prijskaartje hebben, zoals lokale biodiversiteit en dierenwelzijn, krijgt de landbouwer minder prikkels om doelmatiger te produceren¹⁴.

Een gespecialiseerde en intensieve productie is ook fysiek en economisch kwetsbaar. Grote aantallen en dichtheden van dieren en gewassen zorgen bijvoorbeeld voor een grotere ziektegevoeligheid, wat het gebruik van diergeneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen in de hand werkt. Op economisch vlak is er onder meer een grote gevoeligheid voor volatiele inputprijzen, onzekere productprijzen op geliberaliseerde wereldmarkten en het wegvallen van grote exportmarkten door geopolitieke problemen. De economische kwetsbaarheid is zichtbaar in de verlaagde en volatiele marges van de Vlaamse landbouw. Boerenbond becijferde dat in 2006 met 100 euro directe kosten een omzet van 146 euro gerealiseerd werd. In 2016 is dat gedaald naar een omzet van 122 euro¹⁵.

Lage marges geven minder ruimte voor duurzamere productie

Lage marges zijn niet alleen een bedreiging voor de bedrijfsleefbaarheid maar verminderen ook de mogelijkheden van landbouwers om te investeren in innovaties die bijdragen aan een duurzamere bedrijfsvoering. Marges hangen af van totale kosten en verkoopprijzen. Mede door strenger wordende eisen op vlak van volksgezondheid, milieu en dierenwelzijn en door de stijgende prijzen van heel wat inputs wordt de landbouw geconfronteerd met toenemende kosten. Die kosten kunnen vaak moeilijk doorgerekend worden aan de afnemers in de voedingsketen. Een eerste belangrijke oorzaak van deze slechte onderhandelingspositie van landbouwers is dat het systeem hen ertoe aanzet om steeds meer te produceren. In het dominante model, dat gericht is op productie tegen een zo laag mogelijke kostprijs, staan landbouwers onder druk om te investeren in de nieuwste technologieën en om die zo volledig mogelijk in te zetten, waardoor hun productie stijgt^{16, 17}. Zelfs landbouwers die de technologische tredmolen niet kunnen volgen, proberen nog zo lang mogelijk door te gaan met hun (verouderde) productiemiddelen. Hierdoor wordt er collectief meer geproduceerd dan strikt genomen rendabel is. In combinatie met de lage prijselasticiteit van de vraag naar voeding leidt dit tot een neerwaartse druk op de prijzen.

Daarnaast draagt ook marktconcentratie in bepaalde schakels van de voedingsketen bij aan een neerwaartse druk op de prijzen die landbouwers krijgen voor hun producten⁷. Marktconcentratie zorgt immers voor ongelijke onderhandelingsmacht tussen diverse schakels in de keten. In België is in het bijzonder de sector van detailhandel in voeding erg geconcentreerd: drie grote spelers hebben samen een marktaandeel van bijna 70 %¹⁸.

MILIEUVERSTORINGEN

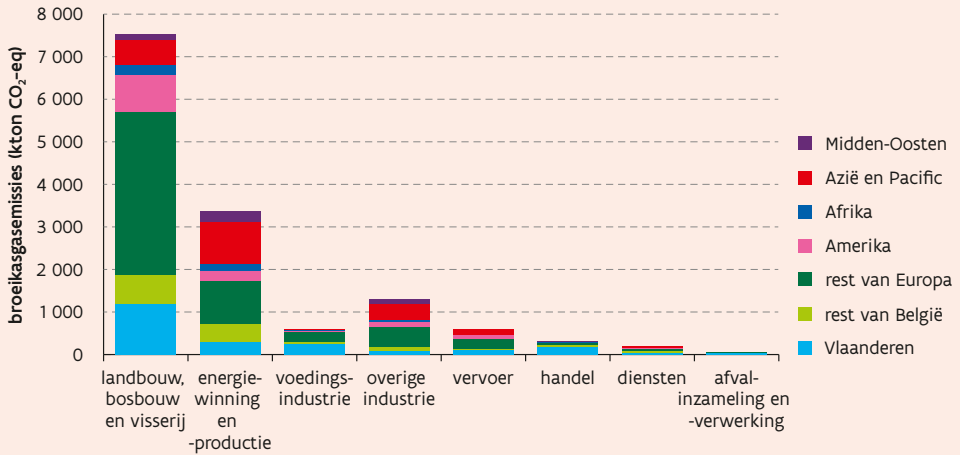
Broeikasgasemissies

———— Koolstofvoetafdruk voedingsconsumptie ontstaat grotendeels buiten Vlaanderen

De koolstofvoetafdruk van Vlaamse huishoudens is de broeikasgasuitstoot die verbonden is aan de door huishoudens aangekochte goederen en diensten. Hij brengt niet alleen de uitstoot in rekening die optreedt bij het gebruik van deze producten, maar ook de emissies die ontstaan als gevolg van de productie en distributie ervan. De productie en distributie van voedingsmiddelen aangekocht door Vlaamse huishoudens, exclusief voedingsmiddelen in horeca en catering, veroorzaakte in 2010 een broeikasgasuitstoot van 2,2 ton CO₂-eq per inwoner (**figuur 3.3**) en is hiermee verantwoordelijk voor ongeveer een zesde van de totale koolstofvoetafdruk van Vlaamse huishoudens. Ter vergelijking: om de gemiddelde globale temperatuurstijging te beperken tot 2 °C zouden de broeikasgasemissies tegen 2050 verminderd moeten worden tot gemiddeld 2 ton CO₂-eq per capita per jaar op wereldniveau¹⁹. Ruim de helft van de broeikasgasemissies gekoppeld aan de Vlaamse voedingsmiddelenconsumptie ontstaat bij de productie van vlees, zuivel en vis.

Regionale beleidsdoelstellingen voor broeikasgasemissies richten zich nu enkel op emissies die ontstaan binnen het grondgebied van een land of regio en houden dus geen verantwoordelijkheid in voor emissies die buiten het grondgebied veroorzaakt worden als gevolg van consumptie. Nochtans zijn die emissies aanzienlijk: ruim twee derde van de broeikasgasemissies gekoppeld aan de totale Vlaamse consumptie ontstaat buiten Vlaanderen²⁰. Voor de productie van voedingsmiddelen geconsumeerd door huishoudens is dat 85 %, waarvan 9 % in Wallonië en Brussel, en 42 % in de rest van Europa (**figuur 3.3**). Deze consumptiegerelateerde emissies buiten Vlaanderen zijn bovendien ruim de helft hoger dan de broeikasgasemissies van de landbouw en de voedingsindustrie in Vlaanderen zelf (**figuur 3.5**). Vanuit mondiaal perspectief is het verminderen van de broeikasgasemissies in de wereldwijde productieketen van de in Vlaanderen geconsumeerde voedingsmiddelen dus minstens even belangrijk als een reductie van de territoriale broeikasgasuitstoot van de Vlaamse voedselproductie. Dit is een gedeelde verantwoordelijkheid, zeker omdat de 'kosten' in termen van broeikasgasemissies en de 'baten' in termen van bruto binnenlands product (BBP) niet evenredig verdeeld zijn: 41 % van de toegevoegde waarde gekoppeld aan de Vlaamse consumptie van voedingsmiddelen wordt gecreëerd in Vlaanderen, en draagt dus bij aan het Vlaamse BBP (**figuur 3.4**), terwijl slechts 15 % van de broeikasgasemissies hier gegenereerd wordt.

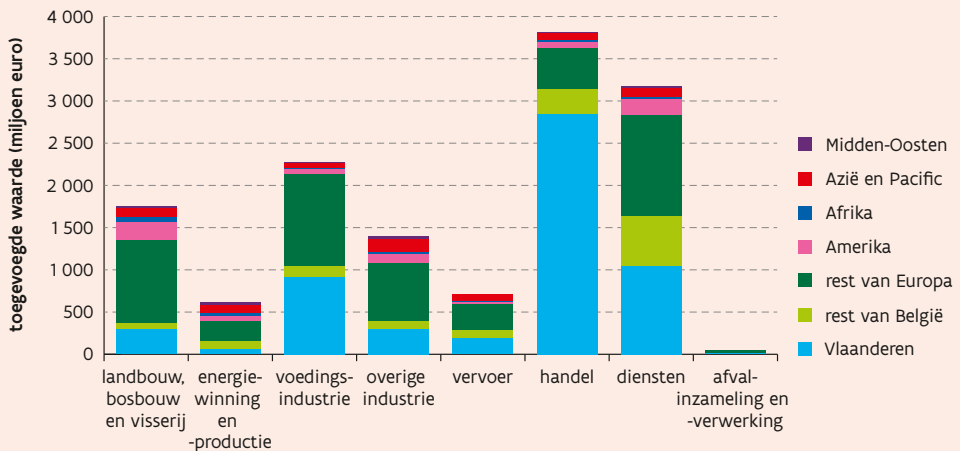
Figuur 3.3 Broeikasgasemissies veroorzaakt door de productie en distributie van voedingsmiddelen aangekocht door Vlaamse huishoudens (koolstofvoetafdruk voedingsmiddelen), opgesplitst over de emitterende sectoren en volgens geografische oorsprong (2010)



Exclusief emissies gekoppeld aan opslag en bereiding van voeding bij gezinnen thuis, en exclusief emissies gekoppeld aan aankopen in horeca en catering.

Bron: Vercauteren et al. (2017) in opdracht van MIRA²⁰

Figuur 3.4 Toegevoegde waarde gecreëerd door de productie en distributie van voedingsmiddelen aangekocht door Vlaamse huishoudens, opgesplitst over sectoren en volgens geografische oorsprong (2010)



Bron: Vercauteren et al. (2017) in opdracht van MIRA²⁰

Landbouw en energiesector leveren grootste bijdrage aan koolstofvoetafdruk voedselconsumptie

Ruim de helft van de broeikasgasemissies gekoppeld aan de consumptie van voedingsmiddelen treedt op bij landbouw, bosbouw en visserij, en een kwart bij energiewinning en -productie (**figuur 3.3**). Drie deelsectoren verklaren bijna twee derde van de emissies: veeteelt (31 %), elektriciteitsproductie (17 %) en akkerbouw (16 %). Meer dan drie kwart van de emissies van de veeteelt wordt gegenereerd binnen Europa. Voor de elektriciteitsproductie is dat bijna twee derde. In Vlaanderen zelf worden de grootste bijdragen geleverd door de veeteelt (6 %), de elektriciteitsproductie en de voedingsindustrie (elk 2 %), en de tuinbouw (1,4 %).

De spreiding van de toegevoegde waarde die gekoppeld is aan de door Vlaamse huishoudens aangekochte voedingsmiddelen toont een ander beeld (**figuur 3.4**). Twee derde van deze toegevoegde waarde wordt gecreëerd in de handel, de dienstensectoren en de voedingsindustrie, terwijl het gezamenlijk aandeel van die sectoren in de broeikasgasemissies minder dan 10 % is. Ook in de Vlaamse keten wordt de grootste toegevoegde waarde gecreëerd in die sectoren.

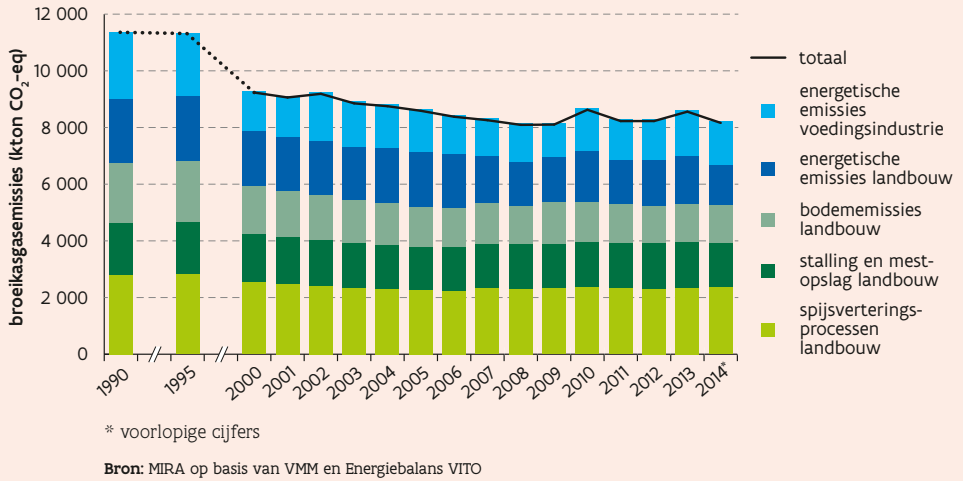
Emissies van biologische processen vormen de grootste uitdaging voor de Vlaamse landbouw

Landbouw en voedingsindustrie hebben samen een aandeel van 11 % in de totale Vlaamse broeikasgasemissie, goed voor 8 224 kton CO₂-eq in 2014, waarvan driekwart afkomstig van de landbouw (**figuur 3.5**). Ruim twee derde van die 8 224 kton is gekoppeld aan productie voor export²⁰.

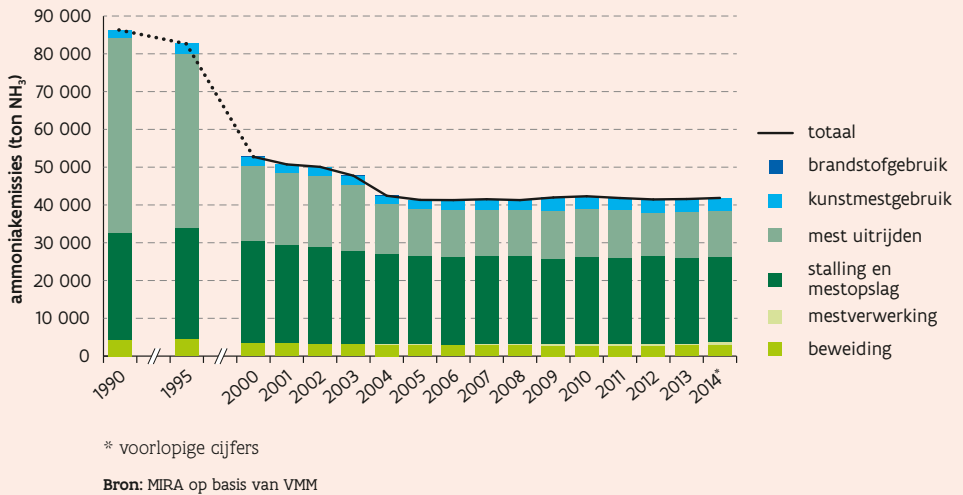
Het emissieprofiel van de landbouw en de voedingsindustrie is zeer verschillend. De landbouw is een buitenbeentje in vergelijking met andere sectoren omdat biologische, niet-energetische processen de belangrijkste bron van broeikasgassen zijn. Niet CO₂ (emissie ten gevolge van gebruik van fossiele brandstoffen voor verwarming, aandrijving, gebruik tractor ...), maar wel methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) afkomstig van spijsvertering in herkauwers (CH₄), productie en opslag van mest (CH₄ en N₂O) en bodems (N₂O) zijn hier het belangrijkste. Emissies van de voedingsindustrie daarentegen zijn louter van energetische oorsprong.

Er zijn reeds heel wat inspanningen geleverd om de broeikasgasemissies van de landbouw en voedingsindustrie te verminderen. Tussen 1990 en 2008 vertaalde dit zich in een absolute emissiereductie van 28 %, toe te schrijven aan spijsverteringsprocessen (-18 %), mestopslag en -gebruik (-13 %), bodemprocessen (-35 %) en energiegebruik (-37 %). Vanaf 2009 lijken de emissies echter te stagneren, in het bijzonder voor niet-energetische broeikasgassen. Een lichte toename van de veestapel vanaf 2009 lag aan de basis hiervan. Variaties in de gemiddelde wintertemperatuur zoals de koude winters van 2010 en 2013 en de milde winter van 2014 kunnen schommelingen in de energetische broeikasgasemissies verklaren.

Figuur 3.5 Evolutie van de broeikasgasemissies door de landbouw (akker- en tuinbouw en veeteelt) en de voedingsindustrie, opgesplitst per emissiebron (Vlaanderen, 1990-2014)



Figuur 3.6 Evolutie van de ammoniakemissie (NH₃) door de landbouw (akker- en tuinbouw en veeteelt), opgesplitst per emissiebron (Vlaanderen, 1990-2014)



Landbouw ondervindt de gevolgen van klimaatverandering

De landbouw- en voedingssector draagt bij tot de klimaatverandering, maar ervaart terzelfdertijd ook de gevolgen ervan. Vast staat dat klimaatverandering op middellange en lange termijn (50-100 jaar) een bijkomende onzekerheid en complexiteit met zich meebrengt. In Vlaanderen zou de klimaatverandering zich het duidelijkst manifesteren in een sterke temperatuurstijging met een frequentietoename van de warmste zomerdagen en in een hogere neerslagvariabiliteit met een toename van vooral de winterneerslag. Onder een hoog klimaatveranderingsscenario kunnen oogstverliezen tot 30 % verwacht worden door droogtestress voor ondiep wortelende zomergewassen zoals suikerbiet. Mogelijke gevolgen op vlak van dierlijke productie zijn hogere gevoelstemperaturen die leiden tot productieverliezen, nieuwe ziekten, lagere energiebehoefte voor verwarming en grotere energiebehoefte voor koeling²¹. Op een groter schaalniveau verwacht men veranderingen in voedselkwaliteit, toename van (nog onbekende) ziekten, hittestress bij vee, droogtestress bij planten en sterke schommelingen in opbrengst en bijhorende prijsvolatiliteit²².

... maar kan ook bijdragen aan de buffering ervan

Het behoud of het vergroten van het areaal blijvend grasland in Vlaanderen kan van belang zijn in de strijd tegen klimaatverandering. Onder grasland kan immers een aanzienlijke hoeveelheid koolstof worden opgeslagen. De koolstofopbouw zal groter zijn als het grasland lange tijd blijft aanliggen op eenzelfde perceel en als de zode alleen wordt vernieuwd indien nodig, bij voorkeur door middel van een oppervlakkige grondbewerking. Een literatuurstudie uitgevoerd door ILVO in opdracht van Boerenbond rapporteert een gemiddelde koolstofopslag van 0,5-1,0 ton C ha⁻¹ jaar⁻¹ bij omzetten van akker- naar grasland²³. Daarbij bleef het gras gedurende 10 jaar of langer onverstoord liggen op eenzelfde perceel. Een matig intensief graslandbeheer waarbij de grasstoppel en -wortels voldoende kans krijgen om te ontwikkelen leidt hierbij tot de hoogste koolstofopbouw. Bij het omzetten van gras- naar akkerland gaat dan weer koolstof verloren en dit verlies gaat minstens dubbel zo snel als de opbouw van de koolstofvoorraad bij omzetten van akker- naar grasland²³. In 2015 maakte grasland ongeveer een derde uit van het Vlaamse landbouwareaal, waarvan 23 % (50 000 ha) aangeduid als tijdelijk grasland en 77 % (169 000 ha) als blijvend¹⁰. Het areaal blijvend grasland gaat sinds 1990 achteruit (-55 944 ha of -26 %), ten voordele van tijdelijk grasland, maïs en nijverheidsgewassen.

Stikstofverliezen in de landbouw

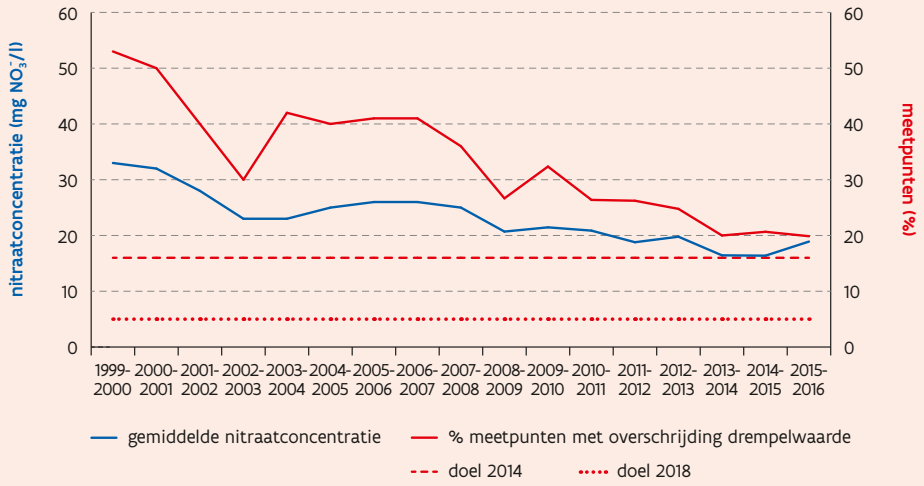
Landbouw zorgt voor de helft van stikstofverliezen naar het milieu

Productie van voeding is een belangrijke oorzaak van stikstofverliezen naar het milieu. Een berekening van de stikstofstromen in Vlaanderen²⁴ toont dat de landbouw de helft van de totale stikstofverliezen voor zijn rekening neemt²⁵, en dit via vervluchtiging van ammoniak uit mest en stallen, afspoeling en uitspoeling van nitraat uit bodems, vervluchtiging van lachgas door pensfermentatie en denitrificatie in de bodem. Huishoudens, handel & diensten en transport zorgen samen ongeveer voor een derde van de totale stikstofverliezen. Hier gaat het voornamelijk om emissies van stikstofoxiden die ontstaan bij de verbranding van fossiele brandstoffen.

Ondanks verstrengd mestbeleid stagneert ammoniakemissie

In 2014 was de landbouw verantwoordelijk voor 94 % van de totale ammoniakuitstoot in Vlaanderen. Bijna twee derde hiervan komt van de veeteelt, vooral als gevolg van stalling en mestopslag en in mindere mate van beweiding en mestverwerking. De overige emissies komen van het gebruik van kunstmest en dierlijke mest op het land (**figuur 3.6**). Bij stalling en mestopslag neemt de varkenshouderij ruim de helft van de emissies voor zijn rekening, de rundveehouderij ongeveer een derde.

Figuur 3.7 Evolutie van gemiddelde nitraatconcentratie en het percentage meetpunten met overschrijding van de drempelwaarde gelegen in oppervlaktewater landbouwgebied (Vlaanderen, 1999-2016)



De doelstellingen van MAP4 (doelstelling 2014) en MAP5 (doelstelling 2018) zijn aangeduid met een rode stippellijn.

Bron: MIRA op basis van VMM

De landbouwsector realiseerde in de jaren 90 een grote reductie van de ammoniakemissies. Afbouw van de veestapel, lagere stikstofinhoud van het veevoeder, emissiearme aanwending van dierlijke mest op akkers en weiden, bouw van emissiearme stallen en toenemende mestverwerking zorgden ook na 2000 voor een daling van de ammoniakemissies (**figuur 3.6**). Het laatste decennium stagneert deze uitstoot echter, omdat een lichte toename van de veestapel vanaf 2009 het gunstige effect van emissiearme stallen en mestverwerking niet langer compenseert.

Naast ammoniakemissies treden stikstofverliezen naar de lucht ook op onder de vorm van stikstofoxiden. De bijdragen van de landbouw en de voedingsindustrie aan de Vlaamse emissie van stikstofoxiden (9 en 1,4 %) zijn veel kleiner dan die voor ammoniak. De belangrijkste bronnen van stikstofoxiden bij de landbouw zijn het gebruik van mest en fossiele brandstoffen. Bij de voedingsindustrie gaat het enkel om brandstofgebruik.

———— Nitraatconcentratie in oppervlakte- en grondwater landbouwgebied daalt te traag

Een te hoge nitraatconcentratie in oppervlakte- en grondwater kan de drinkwaterproductie bedreigen en tot overmatige algengroei leiden. Mestbeleid vanaf begin jaren 90, en de steeds verdere aanscherping ervan, heeft gezorgd voor een daling van de gemiddelde nitraatconcentratie van oppervlaktewater in landbouwgebied met 42 % in winterjaar 2015-2016 t.o.v. 1999-2000 (**figuur 3.7**). Ook het aantal meetplaatsen met een overschrijding van de drempelwaarde van 50 mg nitraat per liter (MAP4, 2011-2015) is meer dan gehalveerd. De laatste twee winters is er echter weinig verdere verbetering zichtbaar. De doelstelling van MAP4 (maximaal 16 % normoverschrijdingen in 2014) werd tot op heden niet gehaald²⁶. Verwacht wordt dat de doelstelling van het vijfde mestactieprogramma (MAP5, 2015-2018), namelijk 5 % normoverschrijdingen in 2018, zonder bijkomende inspanningen ook niet zal worden bereikt. Bovendien zijn er grote lokale verschillen: de toestand verbetert niet overal en in dezelfde mate. Vooral regio's met concentraties van intensieve gespecialiseerde veehouderij zoals bijvoorbeeld Zuid-West-Vlaanderen (varkenshouderij) en de Noorderkempen (pluimveehouderij en vleesvee) blijven problematisch.

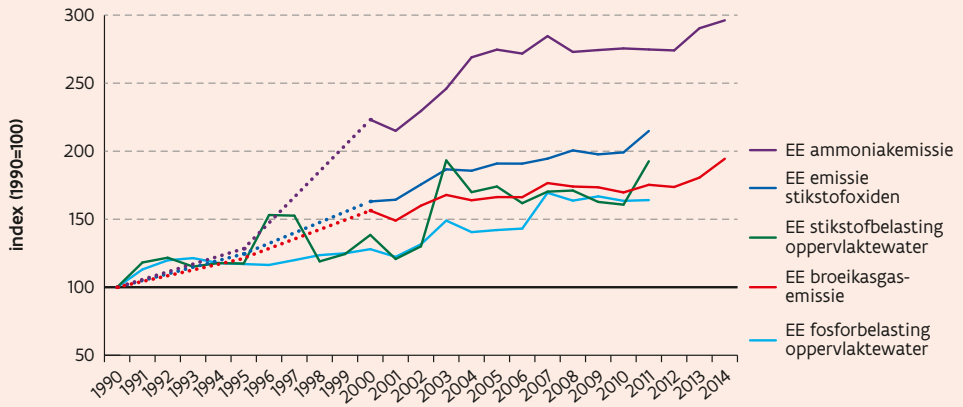
Voor nitraatconcentratie van grondwater in landbouwgebied geldt een gelijkaardig verhaal. Ondanks een graduele daling van het percentage meetpunten met overschrijdingen, wordt de norm niet gehaald in ongeveer een derde van de bemonsterde putten. Overschrijdingen worden ook hier sterk beïnvloed door lokale factoren zoals teeltgebonden bemestingsnormen.

———— Stikstofverliezen schaden de natuur

Emissies van ammoniak en stikstofoxiden geven aanleiding tot stikstofdepositie op de bodem. Dit kan de biodiversiteit verstoren doordat stikstofminnende planten de minder stikstofminnende soorten onderdrukken. De impact van stikstofdepositie op de Vlaamse biodiversiteit is groot: modelberekeningen laten zien dat in 2013 de kritische last voor vermesting overschreden werd op 83 % van de oppervlakte terrestrische ecosystemen. Deze kritische last is de depositie per eenheid oppervlakte voor een bepaald ecosysteem waarboven er, volgens de huidige kennis, een daling van de biodiversiteit optreedt op lange termijn. De stikstofdepositie in Vlaanderen wordt vooral veroorzaakt door emissies die plaatsvinden buiten ons grondgebied en door landbouw (voornamelijk veeteelt), met een bijdrage van respectievelijk 47 % en 39 % in 2013.

Ook de sterke daling van de stikstofdepositie vanaf de jaren 90 zwakt de laatste jaren wat af. Het aandeel van de landbouw in deze evolutie is moeilijk te achterhalen omdat ongeveer de helft van de stikstofdeposities in Vlaanderen van grensoverschrijdende emissies komt. Duidelijk is wel dat lokale emissiebronnen ervoor zorgen dat de depositie zeer ongelijk verspreid is over Vlaanderen. Bovendien slaat ammoniak, dat voornamelijk afkomstig is van de landbouw, sneller en dus dichter bij de bron

Figuur 3.8 Eco-efficiëntie (EE) van de landbouw voor een aantal milieuparameters (Vlaanderen, 1990-2014)



Eco-efficiëntie werd berekend aan de hand van de eindproductiewaarde uitgedrukt tegen constante prijzen (2005=100).

Bron: MIRA op basis van AMS, LNE en VMM

neer dan stikstofoxiden, die onder andere komen van transport en industrie. De stikstofdepositie is het hoogst in landbouwintensieve gebieden in West-Vlaanderen, het noorden van Antwerpen en in beperktere mate het noorden van Oost-Vlaanderen. Ook in het noorden van Limburg is de depositie verhoogd, door de nabijheid van Nederlands Limburg en het Duitse Ruhrgebied met hoge emissies vanuit de industrie. Deze ongelijke spreiding is een hindernis voor het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen in sommige Natura 2000-gebieden. In 2013 werd de kritische stikstofdepositie overschreden in 51 % van het Natura 2000-areaal in Vlaanderen²⁷.

OPLOSSINGSRICHTINGEN

Milieu-uitdagingen vragen structurele innovaties in het hele voedingssysteem

Het huidige voedingssysteem pakt milieu-uitdagingen voornamelijk aan door de eco-efficiëntie van de productieprocessen te verbeteren. Steunend op grotendeels technische innovatie wordt het gebruik van hulpbronnen en de hoeveelheid emissies en reststromen per eenheid product verminderd. Die aanpak heeft zeker zijn vruchten afgeworpen: in de jaren 90 is de eco-efficiëntie van de Vlaamse landbouw sterk toegenomen en voor de meeste emissies zijn ook grote absolute reducties gerealiseerd.

Het laatste decennium stagneert de eco-efficiëntie echter voor een aantal belangrijke parameters (**figuur 3.8**) en de totale milieudruk van de Vlaamse landbouw blijft aanzienlijk, zeker op het lokale niveau. Dit toont dat louter optimalisatie van de productie niet zal volstaan om de grote reducties te realiseren die nodig zijn in het kader van natuur- en milieukwaliteitsdoelstellingen, onder andere Natura 2000, de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water. Ook vergen bepaalde eco-efficiëntieverbeteringen een hoge investeringskost die steeds meer landbouwers steeds moeilijker kunnen dragen in het huidige verdienmodel.

Bovendien omvat de milieudruk van het voedingssysteem niet alleen de milieudruk van de productie van voeding in Vlaanderen maar ook de milieudruk die gekoppeld is aan de in Vlaanderen geconsumeerde voeding. De voetafdruk van de Vlaamse voedingsconsumptie op het milieu is hoog, en het grootste deel ervan ontstaat door activiteiten buiten Vlaanderen^{20, 28}. Een verlaging van de milieudruk van de Vlaamse voedselproductie heeft hierop dus weinig invloed.

De aard, omvang, geografische reikwijdte en urgentie van de milieu-uitdagingen vragen dan ook om meer structurele innovaties in het hele voedingssysteem, waarbij niet alleen de productieschakels maar ook alle andere actoren in het systeem (handel, consumenten, overheden, kennisinstellingen, kredietverstrekkers, onderwijs, belangenverenigingen, maatschappelijke organisaties enz.) een essentiële rol te spelen hebben.

Werken op alle fronten tegelijk

Naar analogie met het Nederlandse Planbureau voor de Leefomgeving¹⁴, schuiven we drie brede oplossingsrichtingen voor een ecologisch duurzamer voedingssysteem naar voor: anders eten, anders produceren en verdienen, en anders vermarkten, (ver)delen en verbinden. Om een voldoende grote milieuwinst te realiseren, met zo weinig mogelijk afwenteling naar andere regio's of van het ene milieucompartment naar het andere en met zo weinig mogelijk ongewenste socio-economische effecten, moet er op de drie fronten tegelijk gewerkt worden.

Zo volstaat het niet om enkel de milieu-impact van lokale productie aan te pakken, omdat dit een risico op afwenteling inhoudt. Als bijvoorbeeld minder lokale vleesproductie niet samen gaat met minder vlees eten, zal er meer geïmporteerd worden. Die import wordt mogelijk zelfs geproduceerd onder minder strenge milieu- en sociale normen. Andersom gaan milieuvriendelijker consumptiepatronen niet automatisch gepaard met een daling van de milieu-impact van de lokale productie zolang er in het voedingssysteem een prikkel zit voor landbouwers om steeds meer te produceren. Zo vertaalde de dalende vleesconsumptie in België zich tot nu toe niet in een daling van de vleesproductie, en dus bijhorende lokale milieu-impact, omdat de export is toegenomen²⁹. Ditzelfde effect speelt bij voedselverspilling: een kleinere vraag als gevolg van minder voedselverspilling door de Vlaamse consument zal in het huidige systeem gecompenseerd worden door een toename van de export.

Bovendien zijn oplossingsrichtingen afhankelijk van elkaar. Een doorbraak in de productie van duurzame voeding kan er bijvoorbeeld maar komen als de vraag groot genoeg is en als de consument bereid is om een prijs te betalen die de reële kosten van een duurzame voedselproductie dekt.

Oplossingsrichting 1: Anders eten

———— Lagere consumptie van dierlijke producten

Minder dierlijke producten eten heeft het grootste potentieel om de ecologische duurzaamheid van het voedingssysteem te verbeteren³⁰. Een voedingspatroon waarin vlees, zuivel en eieren (gedeeltelijk) vervangen worden door milieuvriendelijke alternatieve eiwitbronnen levert aanzienlijke milieuvoordelen op, onder meer in de vorm van een veel kleinere ecologische voetafdruk, minder en verbeterd direct en indirect landgebruik, een lager watergebruik en minder broeikasgas- en stikstofemissies^{14, 31, 32}. Zo kan een halvering van de consumptie van vlees en zuivel in Europa – bij gelijkblijvende export – leiden tot een afname van stikstofverliezen met 40 %, een lagere broeikasgasuitstoot (-25 tot 40 %) en een lager landbeslag (-23 %) ³³.

———— Minder voedsel verspillen voorkomt onnodige milieudruk

Minder verspilling van eetbaar voedsel in de distributie- en consumptieschakels voorkomt onnodig gebruik van grondstoffen, andere hulpbronnen en landbouwgrond en onnodige emissies bij de voedselproductie^{31, 34}. De Vlaamse consument gooit gemiddeld tussen de 18 en 26 kg voedsel per jaar weg, wat overeenkomt met 4 tot 6 % van de totale hoeveelheid aangekocht voedsel³⁵ en ongeveer 4 % van de koolstofvoetafdruk van de aangekochte voeding²⁰. Uitgaande van een gemiddelde dagelijkse voedselconsumptie van 1,2 kg, dranken niet meegerekend, kunnen 264 000 tot 381 000 mensen gevoed worden met dit verspilde voedsel³⁵.

———— Alternatieve eiwitbronnen kunnen dierlijke producten vervangen

Naast gekende alternatieve, plantaardige eiwitbronnen als soja en andere peulvruchten zijn er ook producten die nog maar recent bestaan, zoals kweekvlees, of die beginnen op te komen, zoals insecten, algen en wieren en *novel protein foods*, een term die zeer diverse eiwitbronnen omvat zoals bijproducten van de zetmeel- en olie-industrie, bijproducten van de productie van bio-ethanol en eiwitten uit bestaande teelten en uit nieuwe eiwitbronnen die nog niet eerder zijn gebruikt³⁴. Het Nederlandse Voedingencentrum toetste een aantal alternatieve eiwitbronnen aan criteria voor duurzaamheid, voedingsstoffen en voedselveiligheid. Peulvruchten blijken de meest voor de hand liggende gezonde en duurzame vleesvervangers te zijn. Ook zeewieren, algen en insecten kunnen volwaardige alternatieven zijn, maar hun geschiktheid moet per geval specifiek beoordeeld worden³⁶. Voor grootschalige toepassing van *novel protein foods* is nog veel onderzoek nodig over aspecten zoals optimale valorisatie van nevenstromen en competitie op vlak van landgebruik voor andere teelten of

toepassingen (bijvoorbeeld biobrandstof). Om hun rol als vleesvervanger duurzaam te kunnen spelen, moet nagegaan worden of er in Vlaanderen technisch potentieel voor is, of ze rendabel ontwikkeld en geproduceerd kunnen worden en of ze ecologisch duurzaam zijn³⁷. Voor kweekvlees is de toekomst onduidelijk. Op korte termijn zijn er zeker barrières zoals de te hoge kostprijs, technologische problemen en onduidelijkheid op vlak van consumentenacceptatie, bijvoorbeeld door de andere textuur³⁴. Het is wel zo dat aan dit soort problemen steeds intensiever gewerkt wordt, zoals recent bleek uit het tweede internationale, wetenschappelijke congres over kweekvlees. Ook ondernemers en consumenten beginnen interesse te tonen³⁸.

———— Aanhaken bij nieuwe trends

Consumenten zijn in toenemende mate bekommerd om zaken als gezondheid, milieuproblemen, klimaatverandering en dierenwelzijn^{3, 5}. Dit vertaalt zich bijvoorbeeld al in een aanzienlijke stijging van het aantal Vlaamse consumenten dat vlees en vis af en toe bewust links laten liggen (van 5 % in 2013 naar meer dan 10 % in 2016)¹². Die trends kunnen aangegrepen worden om het nieuwe voedingspatroon in te bedden in een eetcultuur die meer gericht is op zaken als spaarzaamheid, seizoengebondenheid, weten wat je eet, lekker eten en het persoonlijk kennen van de boer als producent³⁹.

Tussen het denken en doen van consumenten zit echter vaak nog een grote kloof⁸. Voedingspraktijken, zoals voedsel aankopen, zijn routines die ingebed zijn in een bredere ruimtelijke, economische en socioculturele context^{31, 40, 41}. Net daarom zijn ze niet gemakkelijk te veranderen. Normen en attitudes^{14, 39} (kwaliteitseisen, milieubewustzijn ...), materiële factoren^{31, 42} (prijs, informatie op verpakkingen ...), tijdsgebonden factoren³¹ (beschikbare tijd, werkpatronen ...) en ruimtelijke factoren (belang thuismaaltijden versus uit eten gaan ...) ³¹ geven samen vorm aan voedingspraktijken en werken elkaar soms ook tegen. Zo kan men bijvoorbeeld minder vlees willen eten uit gezondheidsoverwegingen maar onvoldoende toegang hebben tot gezonde alternatieven of zich verward voelen door de hoeveelheid productinformatie, met name op voedingslabels³¹. Om duurzamere voedingspatronen op grote schaal en blijvend ingang te doen vinden, is het nodig om vanuit de voedingsketen en het beleid consistent in te spelen op al die factoren. Bestaande routines moeten worden doorbroken door de consument een nieuwe 'keuze-architectuur' aan te bieden^{41, 43}, waarbij het alternatief minstens zo aantrekkelijk is (het moet bijvoorbeeld een snelle bereiding mogelijk maken of buitenshuis beschikbaar zijn).

Oplossingsrichting 2: Anders produceren en verdienen

———— Efficiënter en meer circulair produceren binnen de grenzen van de milieugebruiksruimte

De grootste eco-efficiëntieverbeteringen in het Vlaamse voedingssysteem zijn te behalen in de niet-OESO herkomstgebieden van voedselimport¹⁴. Toch zijn ook in de Vlaamse intensieve landbouw nog winsten te boeken. Zo is de efficiëntie van stikstof- en fosforconversie doorheen de Vlaamse voedingsketen slechts 12 % respectievelijk 9 %^{24, 25}. Een overschot aan deze nutriënten zit dus verval in rest- en afvalstromen zoals dierlijke mest, organisch-biologisch afval en huishoudelijk afvalwater. Hergebruik van stikstof en fosfor uit deze stromen kan de emissies naar water, lucht en bodem laten dalen. Een voorbeeld hiervan is integratie van zoetwatervisteelt met serreteelt (aquaponics), wat resulteert in een optimaler gebruik van nutriënten, water, warmte en energie⁴⁴. Het gebruik van reststromen uit de landbouw in andere sectoren is momenteel nog beperkt in Vlaanderen⁴⁵, al wordt er reeds onderzoek naar verricht^{47, 48}. Wel worden nevenstromen uit de voedings- of biobrandstoffenindustrie gebruikt als alternatief voor soja-eiwitten in veevoeder. In België komt al meer dan de helft van de grondstoffen voor mengvoeders uit dergelijke stromen³.

Hoewel er dus nog mogelijkheden zijn om efficiënter en meer circulair te produceren, zullen deze verbeteringen zoals eerder gezegd niet volstaan om de milieu-impact van de landbouw snel genoeg

binnen de grenzen van de milieugebruiksruimte van Vlaanderen te brengen. Er zal bijgevolg ook moeten ingegrepen worden op de productievolumes, en hierbij heeft de overheid een rol te spelen.

————— **Zorgvuldiger produceren en sluiten van lokale kringlopen**

Het Nederlandse Planbureau voor de Leefomgeving omschrijft zorgvuldiger produceren in de landbouw als een productie die gericht is op het verbeteren van de lokale milieu- en natuurkwaliteit en het verhogen van het dierenwelzijn⁴⁴. Dit kan bijvoorbeeld gaan om veehouderij waarin meer ruimte gegeven wordt aan dieren of om productiemodellen waar kringlopen zoveel mogelijk gesloten worden op lokaal niveau. Bij die laatste onderscheidt het Vlaamse Departement Landbouw en Visserij kringlooplandbouw en multi-actor multifunctionele landbouw⁴⁵.

In het kringloopmodel, dat nauw aanleunt bij het concept van agro-ecologie, probeert de landbouwer kringlopen zoveel mogelijk op het eigen bedrijf of lokaal te sluiten. Centraal staat het combineren van plantaardige en dierlijke productie waarbij (rest)producten uit de dierlijke productie gebruikt worden voor plantaardige productie en omgekeerd. De focus ligt hierbij op voedselproductie. In het multi-actor multifunctionele productiemodel worden kringlopen gesloten op het niveau van de nabije (stedelijke) omgeving. De landbouwer produceert daarbij niet alleen voedsel maar vervult ook andere functies zoals recreatie of 'leveren' van biodiversiteit, en werkt hiervoor samen met verschillende actoren (burgers, ngo's, lokale besturen ...)⁴⁵.

Ook biologische landbouw is meestal een manier van zorgvuldiger produceren. Ondanks de groeicijfers blijft de Vlaamse biologische landbouw een kleine speler op de (Europese) markt⁴⁹. Met een aandeel van 0,8 % in het totaal landbouwareaal ligt de biologische landbouw in Vlaanderen ver onder het Europese gemiddelde (EU-28) van 5,9 % in 2014. Nochtans is er ruimte voor een snellere groei, aangezien de vraag naar biologische producten in Vlaanderen een stuk groter is dan de binnenlandse productie. Belangrijke voorwaarden voor versnelde groei van de productie zijn onder meer het garanderen van de continuïteit van biologische landbouwbedrijven en voldoende toegang tot landbouwgrond.

De milieuvordelen van zorgvuldiger produceren tonen een gemengd beeld. Er is vaak minder lokale milieu-impact (bijvoorbeeld minder uitspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen per hectare, en een hogere lokale biodiversiteit), maar per eenheid productie is er vaak een hoger landgebruik (bijvoorbeeld door lagere productiviteit van gewassen of bij vrije uitloop voor dieren) en kunnen bepaalde emissies hoger zijn (bijvoorbeeld ten gevolge van langere levensduur van de dieren en dus hogere benodigde voederproductie, of meer ammoniakemissie bij vrije uitloop dan in een gesloten stalsysteem)^{44, 39}.

————— **Verdienmodellen met hogere toegevoegde waarde voor landbouwer nodig**

Een duurzamere bedrijfsvoering leidt vaak tot hogere kosten voor de landbouwer en gaat bovendien niet zelden gepaard met productiedalingen. Een cruciale factor voor succes is dan ook dat de milieu-prestaties vertaald worden in inkomsten voor de landbouwer. Mogelijkheden hiervoor zijn verdienmodellen waarbij niet eenzijdig gefocust wordt op de lage kostprijs, maar bijvoorbeeld op het unieke karakter en de kwaliteit van de producten (bioproducten, streekproducten ...), of waar ingezet wordt op diensten om en rond het product (diversificatie via recreatie, educatie, valorisatie van reststromen, leveren van ecosysteemdiensten in functie van klimaatinspanningen zoals koolstofopslag in graslanden, bescherming tegen erosie door het aanplanten van hagen of bomen of bijdrage van de sector aan het leveren van groene energie ...). Zoals verder wordt besproken hangt de slaagkans voor verdienmodellen met meer toegevoegde waarde in grote mate af van andere actoren in het voedingsstelsel.

—— Milieu-impact doorheen de hele voedingsketen moet verminderen

Naast de landbouw dragen ook andere sectoren bij aan de milieu-impact van het Vlaamse voedingssysteem. Zo verklaren broeikasgasemissies door winning van fossiele brandstoffen en elektriciteitsproductie een kwart van de koolstofvoetafdruk van voedingsmiddelen aangekocht door Vlaamse huishoudens²⁰. Deze brandstoffen en elektriciteit worden voornamelijk gebruikt door de voedingsindustrie en andere industriële sectoren, en ook door handel & diensten en de transportsector. Daar bovenop komen de emissies door het eigenlijke gebruik van fossiele brandstoffen door die sectoren, nog eens goed voor bijna een vijfde van de koolstofvoetafdruk. Vermindering van het energiegebruik door deze sectoren en omschakeling naar milieuvriendelijke energiebronnen kan dus een groot effect hebben op de klimaatimpact van voeding.

Oplossingsrichting 3: Anders vermarkten, (ver)delen en verbinden

—— Milieu- en sociale kosten integreren in de voedselprijs

Duurzamere bedrijfsvoering in de landbouw leidt vaak tot hogere kosten, die gecompenseerd moeten worden door hogere verkoopprijzen of andere inkomsten. De huidige lage prijzen van voeding uit de gangbare productieketens zorgen er echter voor dat de prijzen voor duurzamer geproduceerd voedsel niet veel hoger kunnen zijn. Een te groot prijsverschil vermindert immers de betalingsbereidheid van de consument. Om duurzamere voedselproductie verder op te schalen, is het dan ook nodig dat milieu- en sociale kosten doorgerekend worden in de voedselprijzen.

Hier zit overigens een spanningsveld tussen verschillende maatschappelijke bekommernissen. Enerzijds zijn hogere voedselprijzen nodig om de productie van voeding duurzamer te maken, anderzijds is voedselvoorziening tegen voldoende lage prijzen maatschappelijk wenselijk omdat het bijdraagt aan stabiliteit. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het aandeel van voeding in de uitgaven van huishoudens sterk gedaald is sinds 1950³.

—— Samenwerken in de keten

Hogere voedselprijzen voor de consument zorgen niet altijd voor hogere marges voor de landbouwer. Marktconcentratie in onder andere de detailhandel maakt het immers niet makkelijk voor landbouwers om een goede prijs te bedingen. Andersom stelt de sterke machtspositie van de detailhandel die sector ook in staat om de landbouw in een duurzamere richting te duwen. Vredeseilanden ging na welke initiatieven er al zijn in België en hoe het potentieel nog verder kan benut worden. Een aantal supermarkten doen al inspanningen om ketens te verduurzamen en duurzame producten beter in de markt te zetten, bijvoorbeeld door minder duurzame producten een minder prominente plaats in de rekken te geven of door enkel maar het duurzaam alternatief aan te bieden. Maar vaak blijven het kleine initiatieven, niet het minst omdat de prijsdruk vanuit de consument de financiële ruimte beperkt. Om nog verder te kunnen gaan, zijn meer duurzame partnerschappen doorheen de voedselketen nodig, en actievere sturing en steun hiervoor vanuit de overheid⁵⁰.

—— Anders vermarkten en verbinden

Landbouwers kunnen hun producten ook rechtstreeks, via andere landbouwers of in een samenwerkingsverband verkopen aan de consument. Voorbeelden van deze korte-ketenverkoop zijn hoevevinkels, boerenmarkten, automaten, zelfpluktuinen, *Community Supported Agriculture* (CSA), voedselabonnementen en voedselteams. Hoewel de milieu-impact van dergelijke korte ketens niet per definitie lager is, kunnen ze wel zorgen voor een groter wederzijds begrip en respect tussen producent en consument waardoor deze laatste misschien meer bereid is om een correcte prijs te betalen. Ondanks de

bijna 1 500 verkooppunten in Vlaanderen is de korte keten nog altijd een niche. Verkoop op de hoeve en op boerenmarkten had in 2016 een aandeel van 0,8 % in de totale bestedingen van consumenten aan verse voeding³.

Alle neuzen in dezelfde richting

De overgang naar een duurzamer voedingssysteem zal tot stand moeten komen door elkaar versterkende veranderingen in de productie- en distributieketens en in het gedrag van individuele consumenten. Paredis et al. (2009) reikten een aantal handvatten aan om transitie naar duurzamere systemen te stimuleren⁵¹. Ten eerste is het onder meer belangrijk om de handelingen en beslissingen van individuele actoren te sturen met een brede maar gedragen langetermijnvisie die wordt ingeschoven in beleidsprocessen zoals Visie 2050. Het ontwikkelen van zo'n langetermijnvisie vraagt een overlegmodel dat niet enkel de traditionele maatschappelijke actoren betreft, maar ook het middenveld, vooruitstrevende regime- en nichespelers en alle relevante beleidsdomeinen (landbouw, milieu, volksgezondheid, economie, fiscaliteit ...).

Ten tweede moet een langetermijnvisie op een stabiele en consistente manier doorwerken in het reguliere beleid. Beleidsintegratie, waarbij overkoepelende doelstellingen in verschillende domeinen ingewerkt worden of waarbij beleidsdomeinen elkaars doelstellingen integreren in hun eigen beleid, is hierbij een belangrijke hefboom. Concreet moet zich dat vertalen in de keuzes die gemaakt worden, bijvoorbeeld in de milieuregelgeving ten aanzien van de voedselproductie, in de verdeling van de budgetten voor landbouwonderzoek, het landbouwonderwijs, de producten die gepromoot worden bij de consument, de adviezen en educatieprogramma's die uitgewerkt worden rond gezonde voeding, enzovoort. Bepaalde beleidsinstrumenten zijn potentieel heel krachtige hefbomen. Zo zou een significante aanscherping van de Europese milieuregelgeving ten aanzien van de voedselproductie niet alleen de gangbare landbouw verduurzamen, maar ook het prijsverschil met de nog duurzamere producten verkleinen waardoor die laatste meer marktkansen krijgen. Maar ook andere beleidsinstrumenten zoals taksen, sensibilisering en educatie kunnen een groot effect hebben wanneer ze in dezelfde richting werken.

Een derde handvat om de transitie naar een duurzamer voedingssysteem te versnellen is het creëren van experimenteerruimtes, bijvoorbeeld via regelluwe zones waarbij innovaties los van remmende regels kunnen uitgetoet worden, of via subsidiesystemen, zoals projecten rond vernieuwende platelandsontwikkeling in het kader van het Europees Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB).

Ook netwerken zijn van cruciaal belang om vernieuwende experimenten op te zetten en verder op te schalen. Rond voeding bestaan al veel netwerken, onder andere (inter)sectorale netwerken zoals Flanders Food en het Belgisch ketenoverleg agrovoeding, en netwerken op stedelijk niveau zoals in Gent en Brugge. Net als beleidsinstrumenten kunnen ook netwerken een krachtiger effect hebben wanneer ze hun krachten bundelen. Dit gebeurt soms al. Het *Citizens for the Foodture*-project van Vredeseilanden en Fairtrade Belgium bijvoorbeeld wordt ondersteund door Boerenbond, FEVIA, Comeos, Gezinsbond, Test-Aankoop en The Shift. Maar ook de overheid kan helpen om netwerken bij te sturen en op elkaar af te stemmen in functie van de langetermijnvisie op een duurzaam voedingssysteem.

De transitie naar een duurzamer voedingssysteem staat of valt niet met de overheid alleen. Ze grijpt immers in op structuren en praktijken die sterk verankerd zijn in de maatschappij, en vraagt dus engagement van alle betrokken actoren. Maar de overheid heeft hierbij wel een sleutelrol en kan onder andere het initiatief nemen om de neuzen in dezelfde richting te krijgen, zoals naar aanleiding van de geplande hervorming van het GLB in 2020.

REFERENTIES

De tekst is gebaseerd op de MIRA-indicatorfiches en de MIRA Kernset Milieudata 2016, beide op www.milieurapport.be. Andere bronnen worden hieronder afzonderlijk vermeld.

¹ Platteau J., Van Gijseghe D. & Van Bogaert T. (reds.) (2014) Landbouwrapport 2014, Departement Landbouw en Visserij, Brussel.

² Wervel (14/06/2013) 'Duurzame landbouw zoekt alternatief financieel systeem', nieuwsbericht op http://www.vilt.be/Duurzame_landbouw_zoekt_alternatief_financieel_systeem (laatst bezocht op 6/12/2016).

³ Platteau J., Van Gijseghe D. & Van Bogaert T. (reds.) (2016) Voedsel om over na te denken. Landbouwrapport 2016, Departement Landbouw en Visserij, Brussel.

⁴ Algemene Directie Statistiek – Statistics Belgium: Huishoudbudgetonderzoek 2014.

⁵ VMM (2012) Transitie naar een duurzaam landbouw- en voedingssysteem in Vlaanderen: een systeem-analyse. Topicrapport MIRA in samenwerking met Departement Landbouw en Visserij - AMS, Aalst (Brussel).

⁶ Kearny J. (2010) Food consumption: trends and drivers. Phil. Trans. R. Soc. B 365, 2793-2807.

⁷ UNEP (2016) Food Systems and Natural Resources. A Report of the Working Group on Food Systems of the International Resource Panel. Westhoek H., Ingram J., Van Berkum S., Özay L., & Hajer M.

⁸ FAO: Food supply tables (data 2011).

⁹ Lebacqz T. (2016) Vlees, vis, eieren en vervangproducten. In: Bel S. & Tafforeau J. (eds.). Voedselconsumptiepeiling 2014-2015. Rapport 4. WIV-ISP, Brussel.

¹⁰ Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium: Landbouwcijfers 2016.

¹¹ Planbureau voor de Leefomgeving (2009) Milieubalans 2009, PBL, Den Haag.

¹² Online onderzoek in opdracht van EVA vzw uitgevoerd door onderzoeksbureau iVOX tussen 9 februari en 21 april 2016.

¹³ Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falucci A. & Tempio G. (2013) Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

¹⁴ Planbureau voor de Leefomgeving (2013) De macht van het menu. Opgaven en kansen voor duurzaam en gezond voedsel, PBL, Den Haag.

¹⁵ VILT (6/10/2016), Boerenbond: "2016 is een jaar om snel te vergeten", nieuwsbericht op <http://www.vilt.be/boerenbond-2016-is-een-jaar-om-snel-te-vergeten> (laatst geraadpleegd op 19/1/2017).

¹⁶ Cochrane W.W. (1958) Farm Prices: Myth and Reality. University of Minnesota Press, Minneapolis, MN, USA.

- ¹⁷ Johnson G. & Quance L. (1972) *The Overproduction Trap in U.S. Agriculture: A Study of Resource Allocation*. The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Inc., Baltimore, MD, USA.
- ¹⁸ Gondola Retail Scan 2015 (1/4/2015), 'Gondola scant de Belgische food retail', bericht op <http://www.gondola.be/nl/content/gondola-scant-de-belgische-food-retail-76829> (laatst geraadpleegd op 19/1/2017).
- ¹⁹ EEA (2009) *Environmental Pressures from European Consumption and Production - A study in integrated environmental and economic analysis*. ETC/SCP working paper 1/2009. European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production.
- ²⁰ Vercaesteren A. et al. (2017) *Koolstofvoetafdruk van de Vlaamse consumptie*. Studie in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, VITO. In uitvoering.
- ²¹ Gobin A., Van De Vreken P., Van Orshoven J., Keulemans W., Geers R., Diels J., Gulinck H., Hermy M., Raes D., Boon W., Muys B. & Mathijs E. (2008) *Adaptatiemogelijkheden van de Vlaamse landbouw aan klimaatverandering*. KU Leuven in opdracht van Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Monitoring en Studie, Leuven.
- ²² ECF, BSR, CJBS & CISL (2014) *Climate Change: implications for agriculture*. Disclaimer: see <https://www.bsr.org/reports/BSR-Cambridge-Climate-Change-Implications-for-Agriculture.pdf>, p. 16.
- ²³ D'Hose T., & Ruyschaert G. (2017) *Koolstofopslag in gras- en akkerlandbodems*. ILVO mededeling (in voorbereiding).
- ²⁴ Coppens J., Stas S., Dolmans E., Meers E., Vlaeminck S.E., Buysse J. & Overloop S. (2013) *Begroting van stikstof- en fosforstromen in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2013/09, UGent*.
- ²⁵ Coppens J., Meers E., Boon N., Buysse J. & Vlaeminck S.E. (2016) *Follow the N and P road: High-resolution nutrient flow analysis of the Flanders region as precursor for sustainable resource management*. *Resources, Conservation and Recycling* 115: 9-21.
- ²⁶ VMM (2016) *Nutriënten in oppervlaktewater in landbouwgebied. Resultaten MAP-meetnet 2015-2016*.
- ²⁷ Instituut Natuur- en Bosonderzoek (2017) *natuurindicator 'Overschrijding van de kritische stikstofdepositie in het Natura-2000 areaal'*.
- ²⁸ Bruers S. & Verbeeck B. (2010) *De berekening van de ecologische voetafdruk van Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2010/01, Ecolife*.
- ²⁹ Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium: *Bevoorradingbalansen Landbouw*.
- ³⁰ van Grinsven H., van Eerdt M. & Westhoek H. (2014) *Beleidsstudie Landbouw en voedsel. Balans van de Leefomgeving 2014 – deel 4*, Den Haag: PBL.
- ³¹ Reisch L., Eberle U. & Lorek S. (2013) *Sustainable food consumption: an overview of contemporary issues and policies*, In: *Sustainability: Science, Practice & Policy*, Vol. 9, No. 2, 2013, p. 7-25.

- ³² Ranganathan J. et al. (2016) Shifting Diets for a Sustainable Food Future, Working Paper, Installment 11 of Creating a Sustainable Food Future. World Resources Institute, Washington, DC, USA. Beschikbaar op <http://www.worldresourcesreport.org>.
- ³³ Westhoek H., Lesschen J.P., Rood T., Wagner S., De Marco A., Murphy-Bokern D., Leip A., van Grinsven H., Sutton M.A. & Oenema O. (2014) Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake. In: *Global Environmental Change* 26, 196-205.
- ³⁴ KU Leuven Metaforum (2015) Voedselproductie en voedselzekerheid. Visietekst 14, Leuven.
- ³⁵ Vlaamse overheid (2015) Factsheet voedselverspilling bij de consument, Brussel.
- ³⁶ Voedingscentrum (2015) Factsheet Nieuwe eiwitbronnen als vleesvervangers, Den Haag. Beschikbaar op <http://www.voedingscentrum.nl/Assets/Uploads/voedingscentrum/Documents/Professionals/Pers/Factsheets/Factsheet%20Nieuwe%20eiwitbronnen%20als%20vleesvervanger.pdf>.
- ³⁷ Cazaux G., Van Gijsegem D. & Bas L. (2010) Alternatieve eiwitbronnen voor menselijke consumptie. Een verkenning, Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Monitoring en Studie, Brussel.
- ³⁸ Maastricht Convention Bureau (2016) 'Kweekvlees over vier jaar thuis op het menu?', nieuwsitem op <https://maastrichtconventionbureau.com/kweekvlees-over-vier-jaar-thuis-op-het-menu/> (laatst geraadpleegd op 19/1/2017).
- ³⁹ Dumez L., Vervloet D., Roels K., Van Bogaert T., Van Buggenhout E. & Van Gijsegem D. (2014) Nieuwe invalshoeken voor landbouw en beleid. Verslag van acht visies op transitie in landbouw en voeding. Cahier, Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Monitoring en Studie, Brussel.
- ⁴⁰ EEA (2014) Environmental indicator report 2014 'Environmental impacts of production-consumption systems in Europe', European Environment Agency, Copenhagen.
- ⁴¹ Welch D. (2016), Towards sustainable consumption: start by reframing the questions. On the relevance of a practice approach, presentatie op Studium Generale 2016: <http://www.cdo.ugent.be/studium16/DanielWelch.pdf> (laatst geraadpleegd op 19/1/2017), UGent, Gent.
- ⁴² Roels K. & Samborski V. (2014) De keten in beeld. In: Platteau J., Van Gijsegem D. & Van Bogaert T. (reds.) (2014) *Landbouwrapport 2014*, Departement Landbouw en Visserij, Brussel.
- ⁴³ WRR (2014), *Naar een voedselbeleid*, WRR/Amsterdam University Press, Den Haag/Amsterdam.
- ⁴⁴ Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen vzw. 'Nieuw systeem voor aquaponics in gebruik'. Innovatie actueel (april 2016) op <http://www.pcgroenteteelt.be/nl-nl/Onderzoek/Smaak/Ketenontwikkeling/nieuw-systeem-voor-aquaponics-in-gebruik> (laatst geraadpleegd op 19/1/2017).
- ⁴⁵ Van Buggenhout E., Vuylsteke A. & Van Gijsegem D. (2016) Back to basics? Circulaire economie en landbouw, Departement Landbouw en Visserij, Afdeling Monitoring en Studie, Brussel.
- ⁴⁶ Rood T., Muilwijk H. & Westhoek H. (2016), *Voedsel voor de circulaire economie*, PBL, Den Haag.

⁴⁷ ILVO, GeNeSys (Gebruik van Nevenstromen als Systeeminnovatie) Slim hergebruik van reststromen van het veld en uit zee: <http://www.ilvo.vlaanderen.be/language/nl-NL/NL/Agenda/articleType/ArticleView/articleId/2757/GeNeSys-studiedag-en-infomarkt#.WEGBDi3hDGg> (laatst bezocht op 2/12/2016).

⁴⁸ Kips L. & Van Droogenbroeck B. (2014). Valorisatie van groente- en fruitreststromen: opportuniteiten en knelpunten. ILVO Mededeling nr 165.

⁴⁹ Samborski V. & Van Bellegem L. (2016) De biologische landbouw in Vlaanderen: stand van zaken 2015, Departement Landbouw en Visserij, Brussel.

⁵⁰ Boutsen S. & Engelen G. (2015) Save The Foodture. Vredeseilanden, met de steun van DG Ontwikkelingssamenwerking.

⁵¹ Paredis E., Vander Putten E., Maes F., Larosse J., Van Humbeeck P., Lavrijsen J., Van Passel S. & De Jonge W. (2009) Vlaanderen in transitie? In: Milieuverkenning 2030, Milieurapport Vlaanderen, VMM, Aalst.

Stuurgroep MIRA

Voorzitter:

Pieter Leroy (Radboud Universiteit Nijmegen)

Secretaris:

Michiel Van Peteghem (VMM)

*Leden voor de Vlaamse Adviesraad
voor Innovatie en Ondernemen:*

Lieven Bervoets (UA)

Liesbet Vranken (KU Leuven)

Leden voor het Voorzitterscollege:

Veerle Beyst (Studiedienst Vlaamse Regering)

Ludo Vanongeval (Departement LNE)

Leden voor de Milieu- en Natuurraad Vlaanderen:

Jan Verheeke (Secretariaat Mineraad)

Mathias Bienstman (BBLV)

*Leden voor de Sociaal-Economische
Raad van Vlaanderen:*

Ilse Loots (UA)

Peter Van Humbeek (Studiedienst SERV)

Onafhankelijke deskundigen:

Jeroen Cockx (Departement LNE)

Roger Dijkmans (VITO)

Nico Hoogervorst (Planbureau voor de Leefomgeving, NL)

Johan Peymen (NARA, INBO)

Lieve Van Woensel (EPRS, Europees Parlement)

Dienst MIRA, Vlaamse Milieumaatschappij

Johan Brouwers

Caroline De Geest

Sander Devriendt

Bob Peeters

Igor Struyf

Line Vancraeynest

Erika Vander Putten

Floor Vandevenne

Hugo Van Hooste

Sofie Janssens, *administratieve ondersteuning*

Marleen Van Steertegem, *diensthoofd MIRA*

Michiel Van Peteghem, *afdelingshoofd Lucht,
Milieu en Communicatie*

De Vlaamse Milieumaatschappij speelt een cruciale rol in het integraal waterbeleid. Ze meet en controleert de kwantiteit en kwaliteit van water, beheert watersystemen, int een heffing op watervervuiling en op grondwaterwinning, adviseert over milieuvergunningen en zorgt voor de planning van en toezicht op de zuiveringinfrastructuur. De VMM vervult de taak van regulator voor leidingwater. Verder bewaakt de VMM de luchtkwaliteit, inventariseert ze wie wat loost en doet beleidsvoorstellen. Ze stelt tevens het Milieurapport Vlaanderen (MIRA) op.

De decretale¹ opdracht van het Milieurapport Vlaanderen (MIRA) is drieledig:

- een beschrijving, analyse en evaluatie van de bestaande toestand van het milieu;
- een evaluatie van het tot dan toe gevoerde milieubeleid;
- een beschrijving van de verwachte ontwikkeling van het milieu bij ongewijzigd beleid en bij gewijzigd beleid volgens een aantal relevant geachte scenario's.

Bovendien moet aan de milieurapporten een ruime bekendheid worden gegeven. MIRA zorgt voor de wetenschappelijke onderbouwing van de milieubeleidsplanning in Vlaanderen. Meer informatie over de milieurapportering Vlaanderen en de MIRA-publicaties op www.milieurapport.be.

¹ DABM, Decreet houdende algemene bepalingen inzake milieubeleid van 5 april 1995, BS 3 juni 1995.

Colofon

MIRA Systeembalans 2017: Milieu-uitdagingen voor het energie-, mobiliteits- en voedings-systeem in Vlaanderen is een uitgave van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en uitgewerkt door de dienst Milieurapportering (MIRA) van de Afdeling Lucht, Milieu en Communicatie (ALMC).

Wijze van citeren

Brouwers J., De Geest C., Devriendt S., Peeters B., Struyf I., Vancraeynest L., Vander Putten E., Vandevenne F., Van Hooste H. & Van Steertegem M. (2017) *Systeembalans 2017: Milieu-uitdagingen voor het energie-, mobiliteits- en voedings-systeem in Vlaanderen, Aalst, Milieurapport Vlaanderen, Vlaamse Milieumaatschappij, Belgium*, p. 98.

U kan de publicatie downloaden via www.milieurapport.be. Mits bronvermelding wordt overname van de teksten aangemoedigd.

Bestellen

Infoloket Vlaamse Milieumaatschappij:
info@vmm.be

Vragen en suggesties

VMM, MIRA, T 053 72 67 35, mira@vmm.be

Verantwoordelijke uitgever

Michiel Van Peteghem, VMM
D/2017/6871/013
ISBN 9789491385582
Maart 2017

Vormgeving en omslagontwerp

Kaat Flamey, KA.AD
Gezet uit: Flanders Art
Opmaak en illustraties: Vanden Broele Productions
Druk: Graphius Group, Geers Offset
Gedrukt op: Cocoon
100 % gerecycleerd

Systeembalans 2017

Milieu-uitdagingen voor het energie-, mobiliteits- en voedingssysteem in Vlaanderen

Maatschappelijke systemen lopen meer en meer tegen hun grenzen aan: we staan voor de enorme uitdaging om aan onze huidige én toekomstige behoeften te voldoen binnen de draagkracht van onze aarde. Door te kijken door een systeemlens, zien we de complexiteit van de milieuproblemen beter en kunnen we de noodzakelijke veranderingen helder in beeld brengen.

De Systeembalans 2017 onderzoekt hoe drie belangrijke maatschappelijke systemen al dan niet in balans zijn op milieuvlak en welke systeemveranderingen zich opdringen. De urgentie, omvang en geografische reikwijdte van de milieu-uitdagingen vragen immers structurele innovaties in de verschillende systeemcomponenten en bij de betrokken actoren.

Deze MIRA-publicatie past binnen de opdracht van toestandsbeschrijving en is naar inhoud en vorm complementair aan de individuele milieu-indicatoren op www.milieurapport.be. De verdere focus op systemen in de milieurapportering moet dan ook mee helpen om de kennisbasis voor systeemverandering, en de beleidsmatige opvolging ervan, verder te ontwikkelen.

Vlaamse Milieumaatschappij
Dokter De Moorstraat 24-26
9300 Aalst
www.vmm.be