MIRA 2009

Milieuverkenning 2030

MILIEURAPPORT VLAANDEREN

VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ

STUURGROEP

VOORZITTER
Rudi Verheyen (UA)

SECRETARIS
Philippe D'Hondt (VMM)

LEDEN VOOR DE VLAAMSE RAAD VOOR WETENSCHAPSBELEID
Patrick Meire (UA)
Chris Vinckier (K.U.Leuven)

LEDEN VOOR HET COLLEGE VAN SECRETARISSEN-GENERAAL
Veerle Beyst (Studiedienst Vlaamse Regering)
Ludo Vanongeval (Departement LNE)

LEDEN VOOR DE MILIEU- EN NATUURRAAD VLAANDEREN
Dirk Uyttendaele (Minaraad)
Jan Turf (Bond Beter Leefmilieu vzw)

LEDEN VOOR DE SOCIAAL-ECONOMISCHE RAAD VAN VLAANDEREN
Annemie Bollen (SERV)
Peter Van Humbeeck (SERV)

ONAFHANKELIJKE DESKUNDIGEN
Rik Ampe (VITO)
Jeroen Cockx (Departement LNE)
Myriam Dumortier (NARA, INBO)
Rudy Herman (Departement EWI)

MIRA-TEAM, VMM

Marleen Van Steertegem, *projectleider, is verantwoordelijk voor de inhoudelijke sturing en verzorgde de eindredactie van Milieuverkenning 2030.*

Myriam Bossuyt
Johan Brouwers
Caroline De Geest
Soetkin Maene
Fre Maes
Saskia Opdebeeck
Stijn Overloop
Bob Peeters
Hugo Van Hooste
Line Vancraeynest
Erika Vander Putten
zorgden voor de inhoudelijke opvolging en redactie van de verschillende hoofdstukken.

Sofie Janssens *en* **Marina Stevens**
zorgden voor de administratieve ondersteuning.

MILIEURAPPORT VLAANDEREN

Milieuverkenning 2030

Overhandigd op 11 december 2009
aan Joke Schauvliege,
Vlaams minister van Leefmilieu, Natuur en Cultuur

Marleen Van Steertegem, *eindredactie*

Toekomstverkenning is nodig

Vraagstukken inzake milieu en natuur vragen een blik op de toekomst. Het duurt soms jaren vooraleer problemen echt duidelijk worden, en daarom is vooruitkijken een must. Klimaatverandering is hiervan het voorbeeld bij uitstek. De transitie naar een koolstofarme economie door het drastisch veranderen van onze productie- en consumptieprocessen is geen sinecure en vraagt (veel) tijd.

Het langetermijnkarakter van de milieu- en natuurproblematiek en de onzekerheid over de impact ervan, mogen geen excuus vormen om beleidsmaatregelen uit te stellen. Het algemeen aanvaarde uitgangspunt van duurzame ontwikkeling houdt immers in dat de huidige generatie (mede) verantwoordelijk is voor het welzijn van toekomstige generaties. Een samenhangende visie op de toekomst is dan ook noodzakelijk.

De Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 willen dit langetermijnperspectief ondersteunen. Ze beschrijven – op een onafhankelijke en wetenschappelijke manier – hoe het milieu en de natuur in Vlaanderen er in de toekomst zou kunnen uitzien. De weg naar morgen is open, maar de keuzes die het beleid vandaag maakt, bepalen mee de toekomst van (over)morgen.

De opdracht van het Milieurapport en het Natuurrapport Vlaanderen (MIRA en NARA) is drieledig en werd vastgelegd in respectievelijk het decreet houdende algemene bepalingen inzake milieubeleid (DABM, 5 april 1995) en het decreet betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu (Natuurdecreet, 21 oktober 1997). Naast een beschrijving van de toestand van milieu en natuur en een evaluatie van het huidige milieubeleid en natuurbeleid, moeten de rapporten 'een beschrijving geven van de verwachte ontwikkeling van het milieu en de natuur bij ongewijzigd beleid en bij gewijzigd beleid volgens een aantal relevant geachte scenario's'.

Toekomstverkenningen vragen een open blik, ze vergen meer abstract denken en het loskomen van actuele beleidsdetails. De focus verschuift van problemen uit het verleden naar oplossingen voor de toekomst. De samenstellers van de beide rapporten stonden voor een moeilijke opdracht die enkel tot een goed einde kon worden gebracht door de actieve samenwerking van een grote groep mensen. We willen daarom iedereen bedanken die meegewerkt heeft aan deze ambitieuze opdracht.

We wensen de Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 een mooie toekomst toe.

Rudi Verheyen
Voorzitter Stuurgroep MIRA

Patrick Meire
Voorzitter Stuurgroep NARA

Frank Van Sevencoten
Administrateur-generaal
Vlaamse Milieumaatschappij

Jurgen Tack
Administrateur-generaal
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek

November 2009





INHOUD

	Samenvatting	**15**
	Inleiding	**25**
1	**Beleidsscenario's**	**31**
1.1	Toekomstverkenning met behulp van beleidsscenario's	32
1.2	Drie beleidsscenario's	33
1.3	Interactie tussen de toekomstverkenning en het besluitvormingsproces	36
2	**Sociaal-economische verkenning**	**41**
2.1	Demografie	43
2.2	Energieprijzen	46
2.3	Economische ontwikkeling	49
2.4	Impact van de economische crisis	55
3	**Huishoudens en handel & diensten**	**61**
3.1	Uitgangspunten van de milieuverkenning	62
3.2	Energiegebruik	66
3.3	Emissie van broeikasgassen	72
3.4	Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof	75
3.5	Indirecte emissies door energiegebruik	80
3.6	Conclusies voor het beleid	81
4	**Industrie**	**87**
4.1	Uitgangspunten van de milieuverkenning	89
4.2	Energiegebruik	91
4.3	Emissie van broeikasgassen	95
4.4	Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof	96
4.5	Kosten van de drie scenario's	103
4.6	Conclusies voor het beleid	104
5	**Landbouw**	**109**
5.1	Uitgangspunten van de milieuverkenning	110
5.2	Veestapel en landgebruik	112
5.3	Energiegebruik	117
5.4	Emissie van broeikasgassen	119

5.5 Bodembalans, emissie van verzurende stoffen en fijn stof 120
5.6 Eco-efficiëntie 124
5.7 Conclusies voor het beleid 125

6 Transport 131
6.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning 132
6.2 Transportstromen 135
6.3 Energiegebruik 138
6.4 Emissie van broeikasgassen 142
6.5 Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof 144
6.6 Kosten van enkele maatregelen(pakketten) 149
6.7 Conclusies voor het beleid 152

7 Energieproductie 157
7.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning 158
7.2 Activiteiten en eigen energiegebruik in de energiesector 163
7.3 Emissie van broeikasgassen 173
7.4 Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof 176
7.5 Kostprijsvergelijking tussen scenario's 181
7.6 Conclusies voor het beleid 184

8 Energiegebruik en broeikasgassen 191
8.1 Energiegebruik 193
8.2 Hernieuwbare energie 198
8.3 Broeikasgassen 201
8.4 Eco-efficiëntie, energie-intensiteit en koolstofintensiteit 206
8.5 Conclusies voor het beleid 208

9 Luchtkwaliteit 213
9.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning 215
9.2 Emissie van fijn stof (PM10 en PM2,5), ozonprecursoren en verzurende stoffen in Vlaanderen 216
9.3 Fijn stof 221
9.4 Fotochemische luchtverontreiniging 232
9.5 Verzuring 245

10 Landgebruik 259
10.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning 260
10.2 Landgebruik 265
10.3 Versteende ruimte 268
10.4 Open ruimte 273
10.5 Conclusies voor het beleid 277

11 Klimaatverandering en waterhuishouding 283
11.1 Van mondiale emissiescenario's naar drie klimaatscenario's voor Vlaanderen 284
11.2 Klimaatscenario's voor Vlaanderen 286
11.3 Invloed op hoog- en laagwater langs rivieren in het Vlaamse binnenland: wateroverlast en ... watertekorten 290
11.4 Effect van klimaatverandering op de zee en impact op de kustzone 297
11.5 Conclusies voor het beleid 300

12 Kwaliteit van het oppervlaktewater 307
12.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning 308
12.2 Belasting van het oppervlaktewater 311
12.3 Fysisch-chemische waterkwaliteit 313
12.4 Biologische kwaliteit 317
12.5 Kosten 318
12.6 Conclusies voor het beleid 320

13 Lawaai 325
13.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning 326
13.2 Weg- en treinverkeer 328
13.3 Vliegverkeer 334
13.4 Conclusies voor het beleid 339

14 Vlaanderen in transitie? 345
14.1 Dringend gevraagd: transities 346
14.2 Wanneer treden transities op? 348
14.3 Energiesysteem op weg naar transitie? 353
14.4 Transities beïnvloeden: een overzicht van de ingrediënten 356
14.5 De bekendste bereidingswijze: transitiemanagement 367
14.6 Conclusies voor het beleid 370

Bijlagen
Afkortingen 376
Scheikundige symbolen 378
Eenheden 378
Begrippen 379

Samenvatting

Marleen Van Steertegem, MIRA-team, VMM

De toekomst hangt af van de keuzen van vandaag. De Milieuverkenning 2030 onderzoekt hoe het milieu in Vlaanderen er kan uitzien binnen enkele decennia. De bedoeling is om beleidsmakers en geïnteresseerde burgers te tonen hoe de milieukwaliteit in Vlaanderen kan evolueren en welke impact het beleid daarop kan hebben.

De toekomstige ontwikkelingen zijn met behulp van drie beleidsscenario's met toenemend ambitieniveau in beeld gebracht:

- Het *referentiescenario* onderzoekt hoever het huidige milieubeleid reikt.
- Het *Europa-scenario* onderzoekt wat nodig kan zijn om de Europese ambities op vlak van klimaatverandering, luchtkwaliteit en waterkwaliteit op middellangetermijn te realiseren.
- Het *visionaire scenario* onderzoekt hoe het milieu kan veiliggesteld worden voor huidige en toekomstige generaties.

De uitkomsten van de scenario's schetsen de ruimte voor het milieubeleid en geven aan wat nodig kan zijn om bepaalde ambities te realiseren. De Milieuverkenning 2030 mag geenszins als een voorspelling van de toekomst worden gezien. Het rapport beschrijft meerdere ontwikkelingen die zich in de toekomst onder bepaalde omstandigheden kunnen voordoen. De verkenning biedt nieuwe inzichten, die helpen om op ongewenste ontwikkelingen te anticiperen en zo de toekomst bij te sturen.

De Milieuverkenning 2030 beschrijft ontwikkelingen in de economische sectoren, en de gevolgen daarvan voor de milieudruk en de milieukwaliteit. De Natuurverkenning 2030 van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek concentreert zich op de gevolgen van de milieukwaliteit en het landgebruik voor de biodiversiteit.

Sociaal-economische verkenning

De milieutoestand is de resultante van de sociaal-economische ontwikkelingen en het gevoerde (milieu)beleid. De drie beleidsscenario's zijn geënt op een gezamenlijke set van sturende omgevingsvariabelen, opgesteld door het Federaal Planbureau:

- Tussen 2005 en 2030 groeit de bevolking in Vlaanderen met 12 %, tot 6 785 000 inwoners. De vergrijzing en de ontgroening nemen verder toe. In 2030 is bijna een derde van de bevolking ouder dan 60 jaar en minder dan een vijfde jonger dan 18 jaar. De gezinsverdunning zet zich verder door.

- De prijs van steenkool stijgt met 32 %, van ruwe aardolie met 63 % en van aardgas met 98 % tegen 2030 (in constante prijzen van 2005). De prijshypothesen houden het midden tussen de aannamen van de Europese Commissie voor het Energie- en Klimaatpakket 2020 en deze van het Internationaal Energieagentschap. De energieprijzen beïnvloeden de keuze van energiedrager, de gebruikte hoeveelheid en de inspanningen voor innovaties.

- Met een gemiddelde jaarlijkse groei van 2,0 % tussen 2010 en 2030 ligt de groei van het bruto binnenlands product iets lager dan de trendmatige groei van de laatste 25 jaar. De diensteneconomie groeit verder ten koste van de industrie en de landbouw.

Uitdagingen voor het milieubeleid

In het referentiescenario wordt het huidige milieubeleid (*per 1 april 2008*) ongewijzigd verder gezet, zonder bijkomende maatregelen. De toets aan de toekomstige doelstellingen toont de uitdagingen voor het toekomstige (milieu)beleid:

- Het bruto binnenlands energiegebruik ligt in 2030 13 % hoger dan in 2006. De totale uitstoot van broeikasgassen neemt toe met 12 % in 2020 en zelfs met 31 % in 2030 in vergelijking met 2006. In 2006 bedroeg het aandeel hernieuwbare energie in het bruto eindgebruik slechts 0,8 %. Bij ongewijzigd beleid stijgt dit tot 4 % in 2020 en 6 % in 2030. Gebruik van hernieuwbare energie komt zowel de bevoorradingszekerheid als de uitstoot van broeikasgassen ten goede.

- De energiekwaliteit van de woningen in Vlaanderen is laag. Door de bevolkingsgroei en de kleinere gezinnen groeit het woningenpark verder aan. De huidige energieprestatienormen voor nieuwbouw en verbouwing/renovatie zijn onvoldoende om de energiebehoefte te verminderen. De industriële activiteiten groeien met 43 % tussen 2006 en 2030. Hierdoor neemt het energiegebruik van de industrie toe met 32 %, de uitstoot van broeikasgassen met 30 %. De transportstromen

blijven stijgen, met een toename van de uitstoot van broeikasgassen met 10 %. Transport haalt ook de Europese doelstelling van 10 % hernieuwbare energie in 2020 niet.

- De jaargemiddelde ozonconcentratie vertoont een geleidelijke, maar significant stijgende trend. Dit is deels te wijten aan de stijging van de achtergrondconcentratie door het langeafstandtransport van ozon naar Europa, maar vooral aan een verminderde ozonafbraak door de verwachte NO_x-emissiereducties. De jaaroverlast daalt omdat de ozonpieken afnemen, maar onvoldoende om de Europese langetermijndoelstelling te halen.

- Het huidige beleid slaagt er niet in de doelstelling voor fijn stof van het Pact 2020 – een daling van de jaargemiddelde PM10-concentratie met 25 % tegen 2020 ten opzichte van 2007 – te realiseren. In 2030 zal nog altijd 15 % van de bevolking meer dan 35 dagen blootgesteld zijn aan daggemiddelde PM10-concentraties hoger dan 50 µg/m³. Bovendien zullen door de klimaatverandering vaker ongunstige meteorologische omstandigheden voor luchtverontreiniging optreden.

- De verzurende depositie daalt tegen 2030 met een kwart, maar de langetermijndoelstelling van 1 400 Zeq/ha wordt niet gehaald. Ongeveer 20 % van de oppervlakte natuur in Vlaanderen ontvangt in 2030 een te hoge verzurende depositie.

- De belasting van het oppervlaktewater daalt verder, in 2015 met bijvoorbeeld 12 % voor stikstof en 23 % voor CZV ten opzichte van 2006. De vuilvrachten van de huishoudens en de bedrijven verminderen door de verdere uitbreiding en verbetering van de openbare waterzuiveringsinfrastructuur. Bedrijven doen hun vuilvrachten ook zelf dalen. De vuilvrachten afkomstig van het mestgebruik door de landbouw dalen echter niet. Door de lagere belasting verbetert de fysisch-chemische waterkwaliteit maar stikstof en fosfor blijven knelpunten. Ook de biologische waterkwaliteit verbetert, maar vooral met verschuivingen van een ontoereikende naar een matige kwaliteit.

- De bevolkingsgroei stuurt in sterke mate het toekomstige landgebruik in Vlaanderen. De stijgende vraag naar woningen en bedrijventerreinen zorgt voor een verdere uitbreiding van de versteende ruimte, met 17 % in de periode van 2005 tot 2030, of bijna 7 ha/dag. Dit gaat hoofdzakelijk ten koste van de landbouw.

- De bebouwing neemt vooral toe langs grote wegen. Zo ligt de bebouwing voor wonen en handel binnen een afstand van 450 m van grote wegen in 2030 21 % hoger dan in 2005. Hierdoor verhoogt de blootstelling aan luchtverontreiniging en geluid van wegverkeer. Algemeen voor Vlaanderen nemen de blootstelling aan geluid van wegverkeer en het aantal potentieel ernstig gehinderden toe.

- Nieuwe klimaatscenario's voor Vlaanderen tot 2100 tonen unaniem een stijging van de temperatuur (winter: +1,5 tot 4,4 °C, zomer: +2,4 tot 7,2 °C), en van de neerslag tijdens de winter. De zomers worden droger en de rivierdebieten dalen, waardoor de kansen op ernstig watertekort stijgen. De regenbuien in de zomer worden wel feller, met een hogere kans op riooloverstromingen tot gevolg. Het zeeniveau aan de Vlaamse kust kan deze eeuw nog stijgen met 20 à 200 cm.

Europese ambities

Het Europa-scenario onderzoekt de effecten van bijkomende maatregelen gericht op de Europese ambities op het vlak van klimaatverandering, luchtkwaliteit en oppervlaktewaterkwaliteit.

De doelstellingen van het Europese Energie- en Klimaatpakket 2020 grijpen in op de energie-efficiëntie, het gebruik van hernieuwbare energie en de uitstoot van broeikasgassen:

- Het bruto binnenlands energiegebruik blijft schommelen rond het niveau van 2006. Hierdoor vindt Vlaanderen geen aansluiting bij de doelstelling om de energie-efficiëntie tegen 2020 met 20 % te verhogen in vergelijking met ongewijzigd beleid.

- In 2020 is ongeveer 9 % van het bruto eindgebruik van energie afkomstig van hernieuwbare energiebronnen. België kreeg van Europa een doelstelling van 13 % opgelegd, maar de gewesten maakten nog geen verdere afspraken over de verdeling. Het aandeel groene stroom in de elektriciteitsproductie groeit aan tot 22 %. Er is voldoende potentieel aan hernieuwbare energiebronnen in Vlaanderen aanwezig om tegemoet te komen aan de vraag. Transport verhoogt het gebruik van biobrandstoffen (ook van de tweede generatie) en bereikt de doelstelling van 10 % hernieuwbare energie voor 2020.

- Door maatregelen op het vlak van ruimteverwarming slagen de huishoudens erin hun energiegebruik bijna te halveren tegen 2030. Handel & diensten kan zijn energiegebruik verminderen met meer dan een vijfde. De industrie slaagt er niet in haar energiegebruik te verminderen in het Europa-scenario.

- Europa hanteert een dubbele aanpak voor de vermindering van broeikasgassen met 20 % in 2020 ten opzichte van 1990. Voor sectoren die niet onder het emissiehandelsysteem (ETS) vallen, geldt een nationale doelstelling. Voor België is dit -15 % voor de periode 2005-2020. Installaties van sectoren die wel onder de emissiehandel vallen, moeten emissierechten voorleggen voor hun CO_2-uitstoot. De niet-ETS sectoren (huishoudens en het gros van handel & diensten, landbouw en transport) slagen erin hun uitstoot van broeikasgassen te verminderen met 23 % in 2020. De dalende trend

zet zich verder tot 2030. De ETS-sectoren (industrie en energieproductie) slagen er niet in hun gezamenlijke broeikasuitstoot te verminderen. Bij de verwachte CO_2-prijzen zijn er onvoldoende kostenefficiënte maatregelen beschikbaar. Deze sectoren kunnen wel terugvallen op het verwerven van emissierechten.

- Bij eenzelfde elektriciteitsproductie in de periode tussen 2015 en 2020 is de uitstoot van broeikasgassen in het Europa-scenario opvallend lager dan in het referentiescenario. Dit is het gevolg van een groter gebruik van hernieuwbare energie. Vanaf 2025 wordt het verschil nog groter door de inzet van koolstofopvang en opslag (CCS) bij de nieuwe steenkoolcentrales. Deze techniek zal dan marktrijp zijn.

- De scenarioresultaten tonen aan dat bij een uitfasering van de kerncentrales de inlandse stroomproductie verder kan afgestemd worden op de eigen stroomvraag zonder belangrijke negatieve weerslag op de klimaatverandering, de verzuring en de fotochemische luchtverontreiniging. Voorwaarde is wel een sterk doorgedreven inzet op hernieuwbare energiebronnen (wind- en zonne-energie evenals biomassa) en na 2020 op ondergrondse CO_2-opslag bij kolen- en gascentrales.

- De uitstoot van broeikasgassen door de landbouw daalt met bijna een kwart tussen 2006 en 2030 door de afbouw van de rundveestapel en maatregelen in de glastuinbouw. Door het invoeren van rekeningrijden bij de transportsector vermindert het gemotoriseerde wegverkeer. Maar vooral door technologische maatregelen kan transport zijn uitstoot tegen 2030 met een kwart verminderen in vergelijking met 2006. Voorwaarde is wel dat consumenten en bedrijven meer kiezen voor energiezuinige voertuigen.

Europa legt grens- en streefwaarden voor luchtpolluenten op aan de lidstaten. In het kader van de richtlijn Nationale Emissieplafonds (NEC) worden verscherpte doelstellingen verwacht voor 2020. Deze emissiedalingen moeten toelaten om een goede luchtkwaliteit te bereiken in Europa en Vlaanderen:

- In het Europa-scenario stijgt de jaargemiddelde ozonconcentratie sterker dan in het referentiescenario, tot 54 µg/m³ in 2030. De lagere NO-concentratie (als gevolg van de verwachte Vlaamse en Europese NO_x-emissiereducties) zorgt ervoor dat er minder ozon afgebroken wordt. Maar ook de groeiende achtergrondconcentraties, onder andere door stijgende emissies in China en India, zorgen ervoor dat de ozonconcentratie hoog blijft. Door het ontbreken van drempelwaarden zijn ook lagere, 'alledaagse' ozonconcentraties schadelijk voor de gezondheid. De jaaroverlast (ozonpiekconcentraties) vertoont echter wel een significante daling met 37 % tussen 2007 en 2030. Maar bij droger en warmer weer in de toekomst, bijvoorbeeld als gevolg van de klimaatverandering, verdwijnt grotendeels het positieve effect van de emissiedalingen op de ozonpiekconcentraties.

- Een daling van de jaargemiddelde PM10-concentratie met 25 % tegen 2020 ten opzichte van 2007, zoals aangegeven in het Pact 2020, is enkel haalbaar met extra beleid van het Europa-scenario. De jaargemiddelde PM2,5-concentratie haalt waarschijnlijk de indicatieve grenswaarde van 20 µg/m² in 2020. De doelstelling voor de daggemiddelde PM10-concentratie, namelijk maximum 35 dagen hoger dan 50 µg/m³, kan enkel gehaald worden met lokale maatregelen, zoals lage-emissiezones in steden en industriegebieden.

- In bijna 30 % van de Vlaamse natuur (70 000 ha) blijft de stikstofdepositie te hoog om de biodiversiteit te beschermen.

- De industriële groei tussen 2006 en 2030 zorgt voor een toename van de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. Het aangescherpte energie- en klimaatbeleid heeft ook positieve gevolgen voor de luchtkwaliteit, maar onvoldoende om de doelstellingen voor luchtkwaliteit te halen. Vooral de uitstoot van fijn stof (PM2,5) stijgt gevoelig na 2015.

- De landbouw slaagt erin zijn uitstoot van verzurende stoffen en fijn stof (PM2,5) met meer dan 15 % te doen dalen in 2030 in vergelijking met 2006. Dat is het gevolg van de afbouw van de veestapel en extra milieumaatregelen in de veehouderij en de glastuinbouw. In 2030 is de grondgebonden rundveestapel met 28 % afgenomen in vergelijking met 2006. Grondloze veehouderij (varkens en pluimvee) kan zich handhaven dankzij mestverwerking.

- Transport kan met aanvullend beleid zijn uitstoot van verzurende stoffen en ozonprecursoren beheersen, maar slaagt daar niet in voor fijn stof (PM2,5). Hiervoor moeten vooral de niet-uitlaatemissies aangepakt worden. De blootstelling aan geluid van wegverkeer kan verminderen door bijvoorbeeld te kiezen voor een geluidsvriendelijk wegdek en door snelheidsbeperkingen. De opmaak en de uitvoering van de geluidsactieplannen in kader van de Europese Richtlijn Omgevingslawaai bieden hiertoe kansen.

De Europese Kaderrichtlijn Water stelt een goede toestand van het water voorop:

- Aanvullend beleid maakt het mogelijk om de belasting naar het oppervlaktewater door huishoudens, bedrijven én landbouw te verminderen. In vergelijking met 2006 daalt de belasting met stikstof en fosfor ongeveer met 35 % in 2027, met CZV met 49 %. Een voorwaarde voor de daling van de huishoudelijke belasting is de uitvoering van de zoneringsplannen. Naast de verdere uitbouw van de collectieve waterzuivering draagt de landbouw bij aan deze afname door te bemesten volgens advies, door het inzaaien van wintergroenbedekkers en door (warme) sanering van de veestapel.

- Ondanks de verbetering van de fysisch-chemische waterkwaliteit, voldoet slechts 1,5 % van de gemodelleerde waterlichamen aan de kwaliteitsnormen voor alle gemodelleerde variabelen. Vooral fosfor blijft een probleem. Er zijn vooral verschuivingen van een matige naar een goede biologische kwaliteit, maar minder dan de helft van de meetplaatsen voldoet aan de kwaliteitsnorm. In de veronderstelling dat ook de waterlopen die Vlaanderen binnenstromen aan de normen voldoen, haalt iets minder dan 60 % een goede biologische kwaliteit.

- Waterbeheerders zullen rekening moeten houden met de gevolgen van de klimaatverandering. Omdat de veranderingen onzeker zijn, moeten de maatregelen flexibel zijn en bijgestuurd kunnen worden naargelang de waargenomen veranderingen. Er gaat veel aandacht naar overstromingen, maar laagwaterproblemen kunnen nog deze eeuw belangrijker worden.

- Ook in het Europa-scenario breidt de oppervlakte versteende ruimte verder uit, met 13 % tussen 2005 en 2030. Kleinere bouwkavels zorgen voor een sterkere verdichting met meer mogelijkheden voor het behoud van de open ruimte. Het overstromingsrisico als gevolg van klimaatverandering ligt op hetzelfde niveau als bij het huidige landgebruik. Het Europa-scenario vangt de bevolkingstoename en de bijhorende woningbehoefte beter op dan het referentiescenario.

Visie voor Vlaanderen

Het uitgangspunt voor het visionaire scenario is de nood aan drastische maatregelen met het oog op een duurzame toekomst. Dit scenario is opgehangen aan de mondiale uitdaging van de klimaatverandering. Het visionaire scenario gaat uit van bijkomende maatregelen gericht op een vermindering van de broeikasgasuitstoot met 60 à 80 % tegen 2050, met een halvering van de emissies in 2030. Om de grens van een mondiale temperatuurstoename van 2 °C niet te overschrijden zijn volgens het IPCC tegen 2050 emissiereducties van 80 à 95 % nodig in de geïndustrialiseerde landen. Dit impliceert een evolutie naar een duurzame koolstofarme economie:

- Het bruto binnenlands energiegebruik daalt in 2020 met 20,6 % ten opzichte van het referentiescenario. Hiermee vindt Vlaanderen aansluiting bij de Europese doelstelling voor energie-efficiëntie. Het aandeel hernieuwbare energie in het bruto eindgebruik strandt in 2020 op 9,2 %. De doelstelling voor België bedraagt 13 %. Tegen 2030 loopt het aandeel op tot 26,4 %.

- De niet-ETS-sectoren slagen erin hun broeikasgasuitstoot te verminderen met 32 % tegen 2020 en te halveren tegen 2030, in vergelijking met 1990. Na 2020 slagen ook de ETS-sectoren erin hun emissies met binnenlandse maatregelen onder het niveau

van 2006 terug te schroeven met 21 %. Deze daling moet in belangrijke mate op rekening van de energiesector worden geschreven.

- Windenergie (vooral op zee), zonne-energie en biomassa kunnen kostenefficiënt ingezet worden tot een aandeel van ongeveer 70 % in de stroomproductie. De aanpassingen van het elektriciteitsnet naar een zogenaamd smart grid zullen belangrijke investeringen vragen.

- De ambitieuze doelstellingen voor het energie- en klimaatbeleid kunnen worden gehaald als het woon- en werksysteem drastisch veranderd wordt. Hierin past het concept van levende kernen, die streven naar 'energieneutraliteit'.

- Als de industrie haar uitstoot van broeikasgassen sterk wil beperken, moeten de productie- en consumptieprocessen diepgaand en structureel veranderen. Technologische innovaties en prijsinstrumenten zijn belangrijk, maar onvoldoende. Een transitieaanpak kan de groene economie van het Vlaamse Regeerakkoord 2009-2014 mee helpen realiseren.

- Biobrandstoffen passen niet in een visionair scenario voor transport omdat biomassa efficiënter kan ingezet worden als energiebron in andere sectoren. De doorbraak van elektrische wagens wordt verwacht na 2020: tegen 2030 maakt 90 % van de nieuwe wagens gebruik van elektriciteit, in 2020 is dit nog maar 15 %. Elektrische wagens zijn energie-efficiënter en hebben betere milieuprestaties, ook wanneer de emissies bij de elektriciteitsproductie in rekening worden gebracht. Burgers moeten bereid zijn om meer energiezuinige wagens te kopen, eventueel aangespoord door steunmaatregelen.

De weg naar transitie

Zelfs met verregaande maatregelen zullen sectoren er niet altijd in slagen om de Europese doelstellingen te bereiken, laat staan de nog hogere ambities van het visionaire scenario. Er is nood aan transities: de systemen die maatschappelijke behoeften invullen, zoals het energiesysteem, het woonsysteem en het mobiliteitssysteem, moeten fundamenteel veranderen. Transities spelen zich meestal af over een termijn van meerdere generaties. Om tegen 2050 een duurzame koolstofarme economie te realiseren, moet de transitie nu ingezet worden. Van de overheid wordt leiderschap verwacht om beleidsintegratie te stimuleren, experimenteerruimtes te creëren en te investeren in netwerken.

Inleiding

Marleen Van Steertegem, MIRA-team, VMM

Myriam Dumortier, NARA, INBO

Doelstelling

De samenleving wordt complexer, en verandert steeds sneller. Het beleid kan zich niet uitsluitend baseren op cijfers die het verleden evalueren. Het heeft ook een kijk op de toekomst nodig. Hoe zullen milieu en natuur in Vlaanderen gedurende de volgende decennia evolueren? Welke impact kan het beleid daarop hebben? Dat zijn de vragen die de Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 trachten te beantwoorden.

Het milieu en de natuur zijn onderhevig aan autonome en beleidsgestuurde veranderingen in de samenleving. De Milieuverkenning 2030 beschrijft ontwikkelingen in de economische sectoren, en de gevolgen daarvan voor de milieudruk en de milieukwaliteit. De Natuurverkenning 2030 focust op de gevolgen van de milieukwaliteit en landgebruik voor de biodiversiteit.

De Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 ondersteunen in de eerste plaats het beleidsdomein Leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse overheid. Maar ze zijn ook een hulp voor andere beleidsdomeinen, overheden en bedrijven, organisaties en burgers in hun bijdrage aan een duurzame samenleving. Deze toekomstverkenningen helpen om de impact in te schatten van de keuzen van vandaag, op het milieu en de natuur van morgen. Ze faciliteren het langetermijndenken en stimuleren het debat. Ze bieden ondersteuning aan onder meer het Milieubeleidsplan 2011-2015 (MINA-plan 4).

De Milieuverkenning 2030 analyseert in welke mate alternatieve beleidsstrategieën toelaten Europese en Vlaamse doelen op vlak van klimaatverandering, luchtkwaliteit en waterkwaliteit te behalen:

- de middellangetermijndoelstellingen van het Europese Energie- en Klimaatpakket 2020;
- de langetermijndoelstelling van 60 à 80 % emissiereductie van broeikasgassen tegen 2050, met een halvering van de emissies in 2030, ten opzichte van 1990;
- de verscherpte Europese emissieplafonds voor luchtpolluenten;
- de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water.

De Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 zijn geen voorspelling van de toekomst. Ze beschrijven ontwikkelingen die zich in de toekomst onder bepaalde omstandigheden kunnen voordoen. De verkenningen bieden nieuwe inzichten, die helpen om op ongewenste ontwikkelingen te anticiperen en zo de toekomst bij te sturen.

Aanpak

Scenario's zijn een wezenlijk onderdeel van toekomstverkenningen. Het Europees Milieuagentschap definieert scenario's als 'plausibele beschrijvingen van de toekomst op basis van 'als-dan'-veronderstellingen'. Verkenningen op basis van alternatieve scenario's zijn veel interessanter dan enkelvoudige prognoses, omdat ze toelaten alternatieve oplossingen te vergelijken. Ze geven ook een idee van de bandbreedte waarbinnen toekomstige ontwikkelingen kunnen variëren. Ze vormen een aantrekkelijke benadering om met complexiteit en onzekerheid om te gaan.

De Milieuverkenning 2030 schetst de mogelijkheden voor het toekomstige milieubeleid aan de hand van drie beleidsscenario's:

- Het *referentiescenario* onderzoekt hoever het huidige milieubeleid reikt.
- Het *Europa-scenario* onderzoekt wat nodig kan zijn om de Europese ambities op vlak van klimaatverandering, luchtkwaliteit en waterkwaliteit te realiseren.
- Het *visionaire scenario* onderzoekt hoe het milieu kan veiliggesteld worden voor huidige en toekomstige generaties.

De Natuurverkenning 2030 bouwt verder op het referentiescenario en het Europa-scenario van de Milieuverkenning 2030. Het beschrijft voor beide milieuscenario's de mogelijke evolutie van de natuur in Vlaanderen aan de hand van drie landgebruiksscenario's: het referentiescenario, het scenario 'scheiden' en het scenario 'verweven'.

De Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 vullen de scenario's in aan de hand van kwantitatieve berekeningen. Met gepaste wiskundige modellen vertalen zij voor elk scenario de oorzaken van verandering naar hun verwachte effecten op het milieu en de natuur. In de Milieuverkenning 2030 zijn de scenario's uitgewerkt in overleg met experts en het beleid. Zowel maatregelen binnen het milieubeleid als binnen andere beleidsvelden komen aan bod.

Beperkingen

De toekomst is onzeker, vooral wanneer meerdere decennia vooruitgeblikt wordt en wanneer het gaat over een complexe materie als milieu en natuur. De Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 modelleren een ketting van oorzaak-gevolgrelaties. De resultaten zijn daardoor onderhevig aan een som van onzekerheden. Er zijn ook nog bijzonder veel kennisleemten.

Cijfers over de toekomst impliceren in ieder geval aannamen:

- De Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 zijn gebaseerd op één sociaal-economische verkenning op het vlak van demografie, energieprijzen en economische groei. Hiervoor zijn de middellange en langetermijnprojecties van het Federaal Planbureau ingezet. Dergelijke projecties zijn rechtlijnig van opzet en gaan voorbij aan niet-voorspelbare politieke, economische, technologische of

andere omwentelingen. Ook het maatschappelijke draagvlak voor milieu en natuur kan omwentelingen ondergaan en werd niet in rekening gebracht.

- De Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 beperken zich tot een aantal modelleerbare ontwikkelingen. Niet alle druk op milieu en natuur kon in kaart gebracht worden, denk maar aan de afvalproductie van gezinnen en bedrijven. Evenmin zijn alle oorzaak-gevolgrelaties meegenomen. Zo kon de impact van de klimaatverandering op de debieten in waterlopen en daarmee ook de waterkwaliteit, niet worden berekend. Er gebeurde ten slotte geen terugkoppeling van de impact die de resulterende ontwikkelingen op hun beurt op de oorzaak kunnen hebben.

Structuur

De MIRA-rapporten van de voorbije jaren en de milieu-indicatoren geven aan dat de klimaatverandering, de luchtkwaliteit en de waterkwaliteit belangrijke uitdagingen vormen voor het toekomstige milieubeleid. De Milieuverkenning 2030 concentreert zich dan ook in het bijzonder op deze milieuthema's.

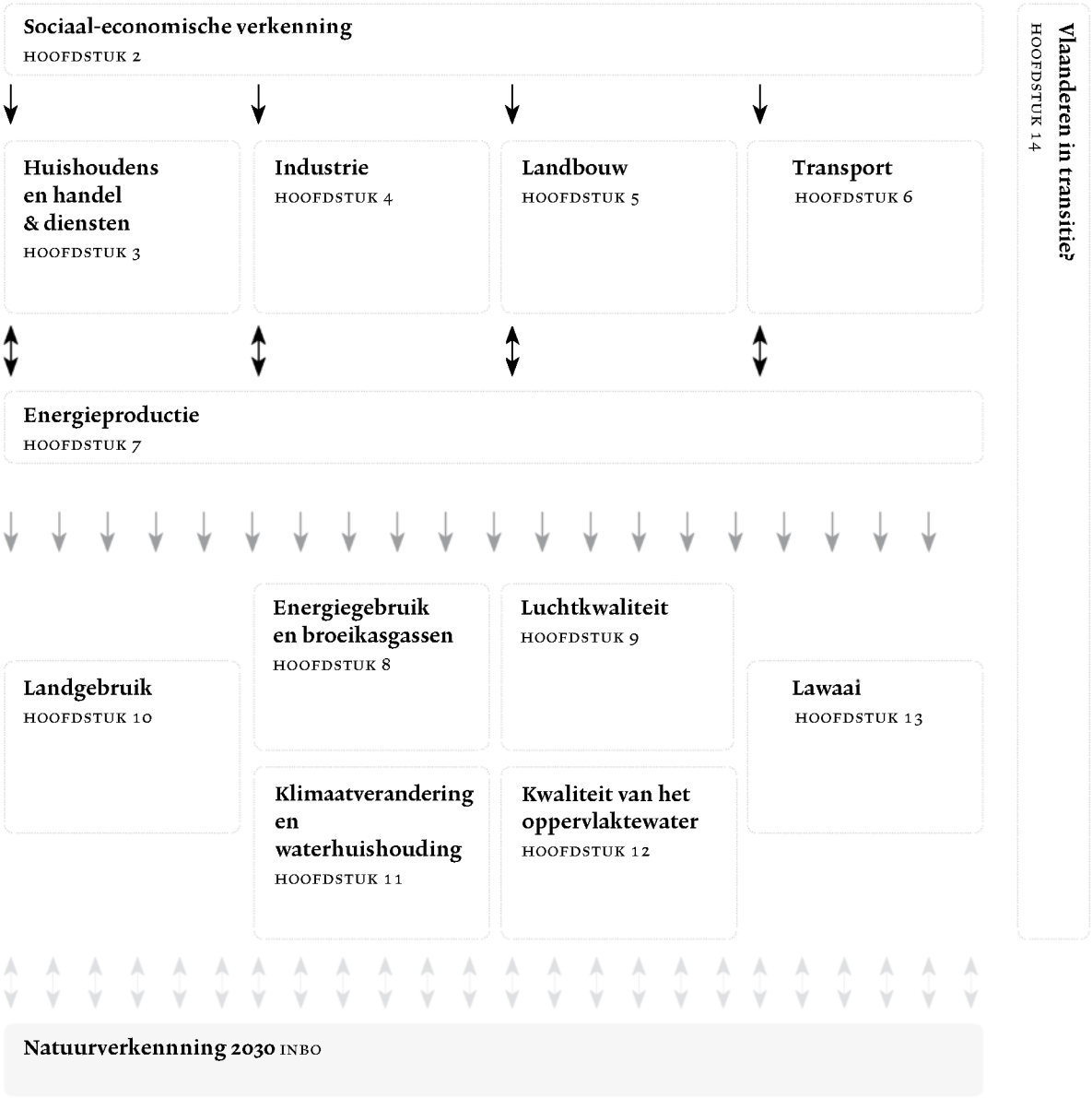
De structuur van de Milieuverkenning 2030 volgt de milieuverstoringsketen (DPSIR-keten). Vooraf beschrijft Hoofdstuk 1 de context van toekomstverkenningen en de drie beleidsscenario's. Er wordt ook stilgestaan bij de complexiteit van de oefening. De externe ontwikkelingen in de demografie, economie en energieprijzen komen aan bod in Hoofdstuk 2 Sociaal-economische verkenning. De hoofdstukken 3 tot en met 7 beschrijven de emissies en het energiegebruik van de belangrijkste sectoren voor de drie beleidsscenario's. Hoofdstuk 8 bundelt de resultaten van het energiegebruik en de uitstoot van broeikasgassen voor Vlaanderen. Hoofdstuk 9 verkent de toekomstige luchtkwaliteit op basis van de totale emissies van verzurende stoffen, ozonafbrekende stoffen en fijn stof. Hoofdstuk 10 beschrijft de ruimtelijke gevolgen van de beleidsscenario's aan de hand van het nieuwe RuimteModel. Hoofdstuk 11 geeft de resultaten van nieuwe klimaatscenario's voor Vlaanderen tot 2100 en de invloed van de klimaatverandering op de waterhuishouding. Hoofdstuk 12 analyseert de toekomstige kwaliteit van het oppervlaktewater op basis van de maatregelen van de ontwerp stroomgebiedbeheerplannen. Hoofdstuk 13 onderzoekt de effecten van verkeersgeluid (weg, spoor, lucht) voor de bevolking.

De hoofdstukken 3 tot en met 13 beschrijven hoe ver Vlaanderen bij de verschillende scenario's evolueert naar de beoogde milieukwaliteit. Het meest verregaand is het visionaire scenario, dat een evolutie naar een koolstofarme economie beoogt. Hoofdstuk 14 is het sluitstuk van de Milieuverkenning 2030. Het onderzoekt hoe de transitie naar een duurzame koolstofarme economie in gang kan worden gezet en welke rol de overheid en andere actoren daarin kunnen spelen.

Elk hoofdstuk van de Milieuverkenning start met een opsomming van een aantal hoofdlijnen als smaakmaker en sluit af met conclusies voor beleid.

Figuur 1 illustreert hoe het rapport tot stand gekomen is en welke datastromen aan de basis liggen. De externe ontwikkelingen in de demografie, economie en de energieprijzen bepalen de activiteiten van de sectoren. De output van de scenario's is een set van drukindicatoren. De totale milieudruk van de sectoren stroomt vervolgens door naar de milieuthema's. De figuur toont ook de doorstroming van de informatie naar de Natuurverkenning 2030.

FIG. 1 *Samenhang van de scenarioberekeningen in de Milieuverkenning 2030*



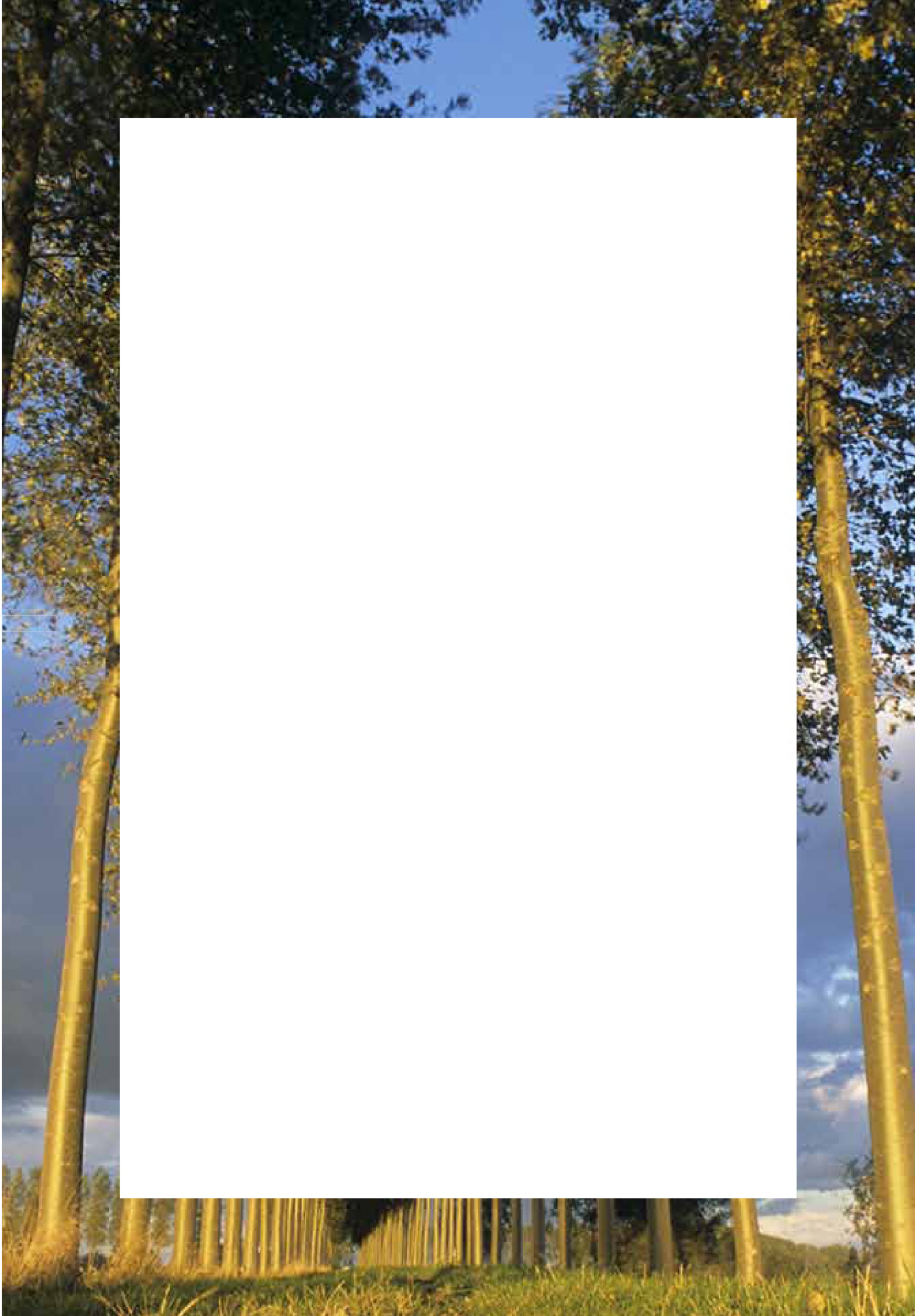
Cascade aan informatie

Om het lezen van deze verkenning te vergemakkelijken, is de kaft van uitklapbare flappen voorzien. Daarop krijgt de lezer een beknopte samenvatting van de drie scenario's in woord en beeld.

De hoofdstukken in de Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 bevatten enkel de meest relevante resultaten van de berekeningen. Een uitvoerige beschrijving van de methoden, modellen, maatregelpakketten en scenarioresultaten is terug te vinden in wetenschappelijke rapporten die beschikbaar zijn op www.milieurapport.be of www.nara.be.



De berekeningen ter voorbereiding van de Milieuverkenning 2030 en de Natuurverkenning 2030 leverden bijzonder veel resultaten op. Ze kunnen niet alle worden samengevat in een rapport, maar zijn toch zinvol voor specifieke toepassingen. Per scenario is heel wat meer kaart- en cijfermateriaal te consulteren op www.milieuverkenning.be en www.natuurverkenning.be.



1 Beleidsscenario's

Saskia Opdebeeck, Fre Maes, Stijn Overloop, Johan Brouwers, MIRA-team, VMM

HOOFDLIJNEN

- De Milieuverkenning 2030 is een toekomstverkenning aan de hand van drie beleidsscenario's. Een toekomstverkenning voorspelt niet, maar analyseert complexe systemen en toetst verschillende beleidsopties. Beleidsscenario's zijn paden naar mogelijke toekomstbeelden die zich specifiek richten op de impact van beleidskeuzen op deze toekomstbeelden.

- Het referentiescenario (REF) onderzoekt de toekomstige effecten van een ongewijzigd (milieu)beleid. Het Europa-scenario (EUR) onderzoekt wat nodig kan zijn om de Europese ambities op vlak van klimaatverandering, luchtkwaliteit en waterkwaliteit te realiseren. Het visionaire scenario (VISI) onderzoekt hoe ons milieu veiliggesteld kan worden voor huidige en toekomstige generaties.

- De Milieuverkenning 2030 wil het Vlaamse besluitvormingsproces ondersteunen en de strategische capaciteit van de overheid versterken. Bovendien wil ze als basis dienen om in een open dialoog met de betrokken actoren de toekomst te verkennen. Tot slot wil ze als hulpmiddel fungeren om de complexiteit van beleidsvragen in kaart te brengen.

Inleiding

Van beleidsmakers wordt verwacht dat ze antwoorden formuleren op maatschappelijke problemen, zoals milieuproblemen. Het is echter niet altijd evident een probleem te identificeren, laat staan de verschillende beleidsopties als mogelijke oplossingen naast elkaar te leggen.

Een goede wetenschappelijke onderbouwing met strategische informatie en indicatoren (*evidence based government*) helpt om met de onzekerheid die eigen is aan beleidsvragen om te gaan. Een toekomstverkenning, zoals de Milieuverkenning 2030, past in dit kader.

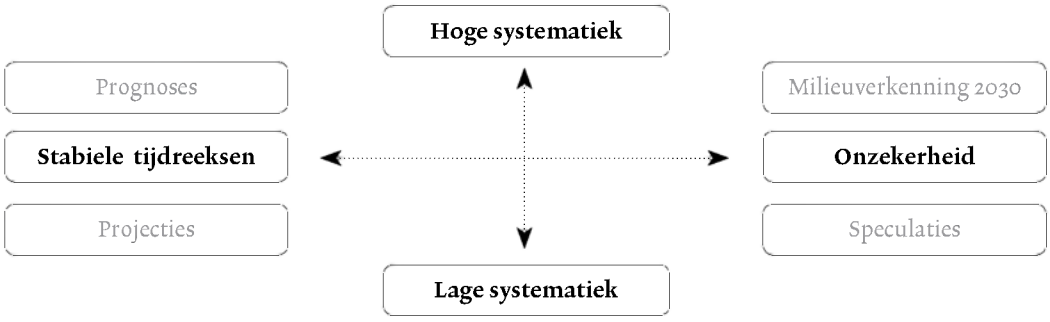
Dit hoofdstuk schetst het opzet van deze publicatie door eerst dieper in te gaan op de begrippen 'toekomstverkenning' en 'beleidsscenario's'. Daarna worden de drie scenario's toegelicht die werden ontwikkeld voor deze Milieuverkenning 2030. Tot slot staat dit hoofdstuk stil bij de interactie tussen toekomstverkenningen en het beleidsproces, bij de complexiteit van deze oefening en hoe het beleidsniveau hierop kan inspelen.

1.1 Toekomstverkenning met behulp van beleidsscenario's

Een toekomstverkenning is een denkoefening over een nog niet bestaande werkelijkheid, die duidelijk verschilt van de waarneembare werkelijkheid. Het is geen methode om te voorspellen. Toekomstverkenningen zijn bedoeld om complexe systemen te analyseren en beleidsopties te toetsen. Evoluties en veranderingen worden op een systematische wijze geschetst aan de hand van mogelijke toekomstbeelden en -paden. De tijdshorizon (10 tot 50 jaar) is afhankelijk van het doel en de beleidscontext.

Een toekomstverkenning is een van de technieken om de mogelijke toekomst in beeld te brengen. Dammers (2000) maakt een onderscheid tussen vier benaderingen. FIGUUR 1.1 plaatst de verschillende technieken ten opzichte van de graad van systematiek bij de analyse en de mate van onzekerheid van het resultaat.

FIG. 1.1 *Overzicht van verschillende concepten om naar de toekomst te kijken*



Bron: Studiedienst van de Vlaamse overheid

Deze Milieuverkenning 2030 baseert uitspraken over de toekomst op een analyse van complexe en dynamische systemen. Er is sprake van een hoge systematiek omdat uitspraken over de toekomst gebaseerd zijn op gegevens en een verklarend model. Modellen vertalen ontwikkelingen in het systeem en de invloed die ze op elkaar uitoefenen in een groot aantal variabelen en relaties die volgens wiskundige vergelijkingen worden uitgedrukt. Het model levert dan ook tijdsreeksen op over de toestand van een aantal variabelen na x-aantal jaar als gevolg van de variatie van één of meerdere andere variabele(n). De grote mate van onzekerheid is het gevolg van de complexiteit die elk milieuvraagstuk kenmerkt.

Scenario's zijn een wezenlijk onderdeel van toekomstverkenningen. Het zijn paden naar mogelijke toekomstbeelden in de vorm van verhaallijnen die verschillende interpretaties van het heden en de toekomst weerspiegelen. Een scenario beschrijft veranderingen, acties, onverwachte gebeurtenissen en de gevolgen hiervan. Het geeft aan welke elementen in de toekomst van belang zijn, en hoe ze met elkaar kunnen samenhangen.

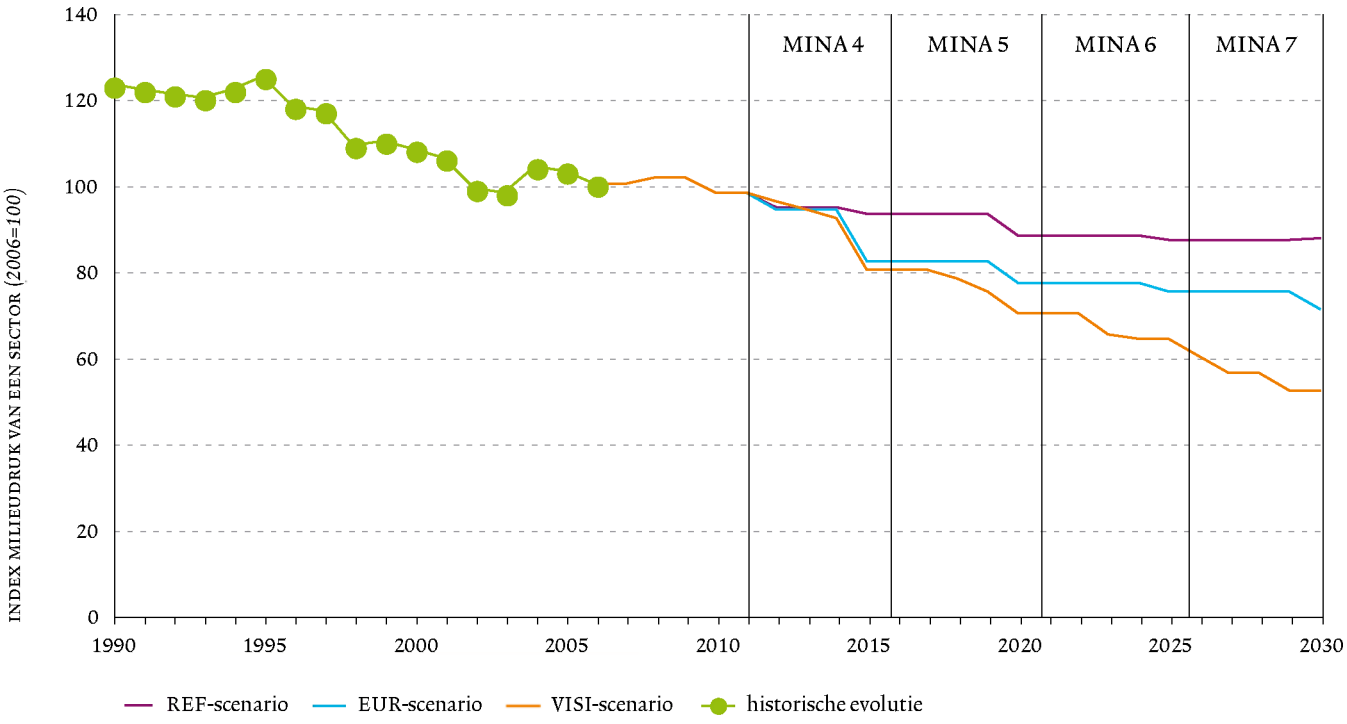
In deze milieuverkenning werden in hoofdzaak strategisch-exploratieve scenario's gehanteerd. Ze trachten een onzekere toekomst in beeld te brengen door verschillende mogelijke toekomstbeelden te verkennen (exploratief). Daarnaast focussen ze op de gevolgen van eigen beslissingen (strategisch).

De scenario's in deze Milieuverkenning 2030 worden bovendien omschreven als beleidsscenario's. Zo'n scenario is er expliciet op gericht de impact van beleidskeuzen en veranderingen ten opzichte van het huidige beleid in beeld te brengen. Meer bepaald verkennen de scenario's in deze Milieuverkenning de mogelijke evoluties van het leefmilieu in Vlaanderen op lange termijn voor verschillende maatregelenpakketten.

1.2 Drie beleidsscenario's

De Milieuverkenning 2030 verkent het leefmilieu van de toekomst aan de hand van drie beleidsscenario's: het referentiescenario, het Europa-scenario en het visionaire scenario. Het ambitieniveau en de daarbij horende maatregelen en kosten verschillen sterk tussen de drie milieuscenario's. Autonome ontwikkelingen zoals demografische verschuivingen of economische conjunctuur bepalen mee de ontwikkeling van de milieudruk van de verschillende sectoren. Deze externe omgevingsfactoren zijn voor alle beleidsscenario's gelijk gehouden (zie Hoofdstuk 2 Sociaal-economische verkenning). De evolutie van omgevingsfactoren ligt in realiteit niet vooraf vast, maar gelijke uitgangspunten over hun evolutie biedt als voordeel dat het verschil in scenarioresultaten louter het effect van de verschillende maatregelenpakketten in beeld brengt. Dit maakt een eenduidige vergelijking mogelijk tussen de verschillende beleidsopties.

FIG. 1.2 *Voorstelling van het REF-, het EUR- en het VISI-scenario in de Milieuverkenning 2030*



FIGUUR 1.2 geeft een fictief verloop weer van de milieudruk van een niet nader bepaalde sector. De figuur illustreert het ambitieniveau van de drie beleidsscenario's over vier milieuplanperiodes heen. De figuur geeft aan dat de toekomstige kwaliteit van ons leefmilieu afhangt van keuzen in het heden.

Het referentiescenario

In het *referentiescenario* (REF) wordt het huidige milieubeleid (per 1 april 2008) ongewijzigd verder gezet tot 2030, zonder bijkomende maatregelen. Dit scenario omvat alle wetgeving en regelgeving die al van kracht is, de reeds gebudgetteerde planning, het halen van productnormen en de sectorspecifieke autonome ontwikkelingen. De doelstellingen vastgelegd in de wetgeving worden niet opgelegd in de scenarioberekeningen. Maatregelen in de verschillende sectoren om de doelstellingen te bereiken, zijn wel opgenomen.

Het Europa-scenario

Het *Europa-scenario* (EUR) omvat maatregelen en instrumenten die gericht zijn op volgende middellangetermijndoelen van het Europese milieubeleid:

- de 20-20-20 doelstellingen van het energie- en klimaatpakket;
- de verscherpte emissieplafonds voor luchtpolluenten;
- de doelstellingen geformuleerd in de Europese Kaderrichtlijn Water (KRLW).

In het Europese Energie- en Klimaatpakket schuift de Europese Unie voor de EU-27 de volgende ambitieuze 20-20-20 doelstellingen voor 2020 naar voor:

- een vermindering van het energiegebruik met 20 % door efficiënter gebruik ten opzichte van het verwachte niveau in 2020 bij ongewijzigd beleid;
- een stijging van het aandeel van hernieuwbare energiebronnen in het bruto eindgebruik tot 20 %. Voor België stelt Europa deze doelstelling vast op 13 %. Voor transport geldt een specifieke doelstelling van minstens 10 % hernieuwbare energie op het totale energiegebruik voor vervoer.
- een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen met minstens 20 % ten opzichte van 1990. Voor België stelt Europa de doelstelling vast op een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen met minstens 15 % ten opzichte van 2005 voor de sectoren die buiten de emissiehandel vallen.

Voor 2020 zijn er nog geen expliciete Vlaamse doelstellingen inzake energiegebruik, hernieuwbare energiebronnen en emissies van broeikasgassen, maar voor het EUR-scenario worden indicatieve doelstellingen afgeleid op basis van de Belgische of Europese doelen.

De emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof worden in het EUR-scenario verlaagd tot op de niveaus van voorbereidende studies voor een nieuw Europees emissiebeleid voor de periode 2010-2020 (Amann *et al.*, 2008). Op basis van deze IIASA-emissiescenario's werden per luchtpolluent emissiereductiepercentages afgeleid voor Vlaanderen als indicatieve emissiedoelstelling voor 2020 (opvolger voor de NEC-emissieplafonds 2010). Deze emissieverlaging heeft als doel te voldoen aan de geformuleerde Vlaamse en Europese doelstellingen voor het bereiken van een goede luchtkwaliteit.

Een goede toestand van het oppervlakte- en grondwater tegen 2015 is de centrale doelstelling van de KRLW. Voor oppervlaktewaterlichamen houdt dat in dat ze in een goede ecologische toestand en in een goede chemische toestand moeten verkeren. De KRLW voorziet echter bepaalde omstandigheden waarbij afwijkingen van deze doelstelling mogelijk zijn. Zo motiveren de ontwerp stroomgebiedbeheerplannen een termijnverlenging omdat het technisch niet haalbaar is om de doelstellingen tegen 2015 te halen. Het EUR-scenario bevat maatregelen die gericht zijn op het halen van de doelstellingen van de KRLW tegen 2027, met name de normen zoals voorgesteld in de ontwerp stroomgebiedbeheerplannen.

De opgesomde doelstellingen zijn inspirerend voor de keuze van de maatregelen, die duidelijk verder gaan dan het maatregelenpakket van het referentiescenario. Bovendien kunnen ze verder gaan dan de huidige economische draagkracht.

Het visionaire scenario

Het uitgangspunt voor het *visionaire scenario (VISI)* is de nood aan drastische maatregelen met het oog op een duurzame toekomst. Dit scenario wordt 'opgehangen' aan de uitdaging van de klimaatverandering. Net als het Europa-scenario gaat dit

scenario na in welke mate een gedefinieerd maatregelenpakket langetermijndoelstellingen haalt, zonder dat de druk wordt afgewenteld op andere milieuthema's. De langetermijndoelstelling werd als volgt gedefinieerd:

- 60 à 80 % emissiereductie van broeikasgassen tegen 2050, met een halvering van de emissies in 2030 ten opzichte van 1990. Deze reductie moet leiden tot een koolstofarme economie.

De evolutie naar een koolstofarme economie maakt deel uit van een ruimere transitie naar een duurzame samenleving. Deze transitie kan niet gerealiseerd worden met alleen product- en procesoptimalisatie. Er zijn structurele veranderingen nodig in de systemen die maatschappelijke functies invullen, zoals het energie-, materiaal-, mobiliteits-, voedsel- en woonsysteem (zie ook Hoofdstuk 14 Vlaanderen in transitie?).

1.3 Interactie tussen de toekomstverkenning en het besluitvormingsproces

Een besluitvormingsproces wordt vaak omschreven als een proces waarbij interacties centraal staan tussen de overheid en andere maatschappelijke actoren (zoals experten, belangengroepen, middenveldorganisaties). Via deze interacties kan een toekomstverkenning mee de besluitvorming beïnvloeden. De rol van een toekomstverkenning in het besluitvormingsproces is drieledig. Deze Milieuverkenning 2030 streeft expliciet naar een invulling van deze drie functies:

- Een toekomstverkenning helpt om de strategische capaciteit van de overheid te versterken. De overheid streeft ernaar vooropgestelde doelstellingen te bereiken. Het definiëren van doelstellingen en beleidsinstrumenten gebeurt het liefst op een onderbouwde manier. Toekomstverkenningen kunnen dan ook ingezet worden tijdens verschillende fasen van de beleidscyclus en op die manier het volledige besluitvormingsproces mee voeden.
- Een toekomstverkenning komt het democratische proces ten goede. Ze kan dienen als basis om in een open dialoog met de betrokken actoren de toekomst te verkennen. Hierdoor vergroot de legitimiteit van de keuzen van de beleidsmakers.
- Een toekomstverkenning is een hulpmiddel om de complexiteit van beleidsvragen in kaart te brengen. Toekomstverkenningen helpen de beleidsmakers dan ook om te gaan met onzekerheden. Verkenningen bieden een ondersteuning in de eerste twee fasen van de beleidscyclus, namelijk de agendavorming en de beleids-voorbereiding.

Milieuverkenning 2030 en complexiteit

De onvoorspelbare interactie tussen verschillende onderdelen van natuurlijke systemen maakt het doorgronden van milieuproblemen erg complex.

Ondanks het feit dat het mogelijk is onderdelen van systemen los van elkaar te onderzoeken en dat ze op die manier vrij goed worden begrepen, groeit ook binnen de wetenschap de overtuiging dat we nooit de natuurlijke systemen in hun totaliteit zullen begrijpen. Zo is het moeilijk om de invloed van één milieugevaarlijke stof op de volksgezondheid te meten, laat staan een gecombineerd effect van meerdere stoffen. Bovendien kan men bij gebrek aan bewijs nooit zwart op wit conclusies trekken.

Deze wetenschappelijke complexiteit bemoeilijkt elk soort onderzoek, en dus ook het opstellen van toekomstverkenningen. Daarnaast zorgt ook de sociale complexiteit voor extra moeilijkheden. Zo gaat iedere onderzoeker verschillend om met onzekerheid, en interpreteren maatschappelijke groepen milieuproblemen vanuit hun eigen opvattingen en belangen.

Deze tweevoudige complexiteit roept heel wat vragen op. In de eerste plaats lijkt de waarde van wetenschappelijke kennis in vraag gesteld te worden. Heeft het nog wel zin om steeds meer te willen begrijpen op de traditioneel-wetenschappelijke manier? Het gevaar voor schijnzekerheden, in plaats van echt nuttig inzicht, loert immers om de hoek. Daarnaast heeft deze complexiteit ook gevolgen voor de beheersbaarheid van milieuproblemen. Moet men alle aspecten van een probleem begrijpen vooraleer kan gehandeld worden? Of is bepaalde informatie voldoende? Wanneer is er voldoende bewijs om in te grijpen? En wie bepaalt dat?

De Milieuverkenning 2030 houdt in de mate van het mogelijke rekening met deze bedenkingen. De complexiteit van milieuvraagstukken kan nooit door één type expertise volledig gevat worden. Daarom koos MIRA ervoor een zo groot mogelijk aantal onderzoekers van verschillende disciplines bij deze toekomstverkenning te betrekken - hetzij als expert, hetzij als lector. De kwaliteit van de kennis valt of staat immers in belangrijke mate met de kwaliteit van de discussie tussen alle betrokken actoren.

Door de complexiteit van milieuvraagstukken komt ook de beleidsmatige rol van een milieuverkenning in een ander daglicht te staan. Uit deze Milieuverkenning 2030 kunnen beleidsmakers niet automatisch een blauwdruk voor het toekomstige milieubeleid afleiden. Het uitstippelen van het beleid en het afwegen van kosten en baten, zijn immers bij uitstek een maatschappelijke en politieke taak. Verschillende overwegingen en interpretaties zijn van tel. Het is dan ook zinvol te investeren in een kwaliteitsvolle beoordeling van de gevolgen van milieuproblemen voor de maatschappij.

Ondanks de complexiteit wil deze Milieuverkenning 2030 de beleidsmakers nuttig inzicht aanleveren, zonder de pretentie te hebben dé wetenschappelijke waarheid in pacht te hebben. De bedoeling is een houvast te bieden om goed geïnformeerde beleidskeuzen te maken en een coherent milieubeleid uit te stippelen. De complexiteit van milieuvraagstukken en de aanwezigheid van verschillende belangen mogen het besluitvormingsproces immers niet verlammen.

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop deze kadertekst gebaseerd is:
Keunen H., Morren B. & Loots I. (2009). Hoe omgaan met de complexiteit van milieuvraagstukken? Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

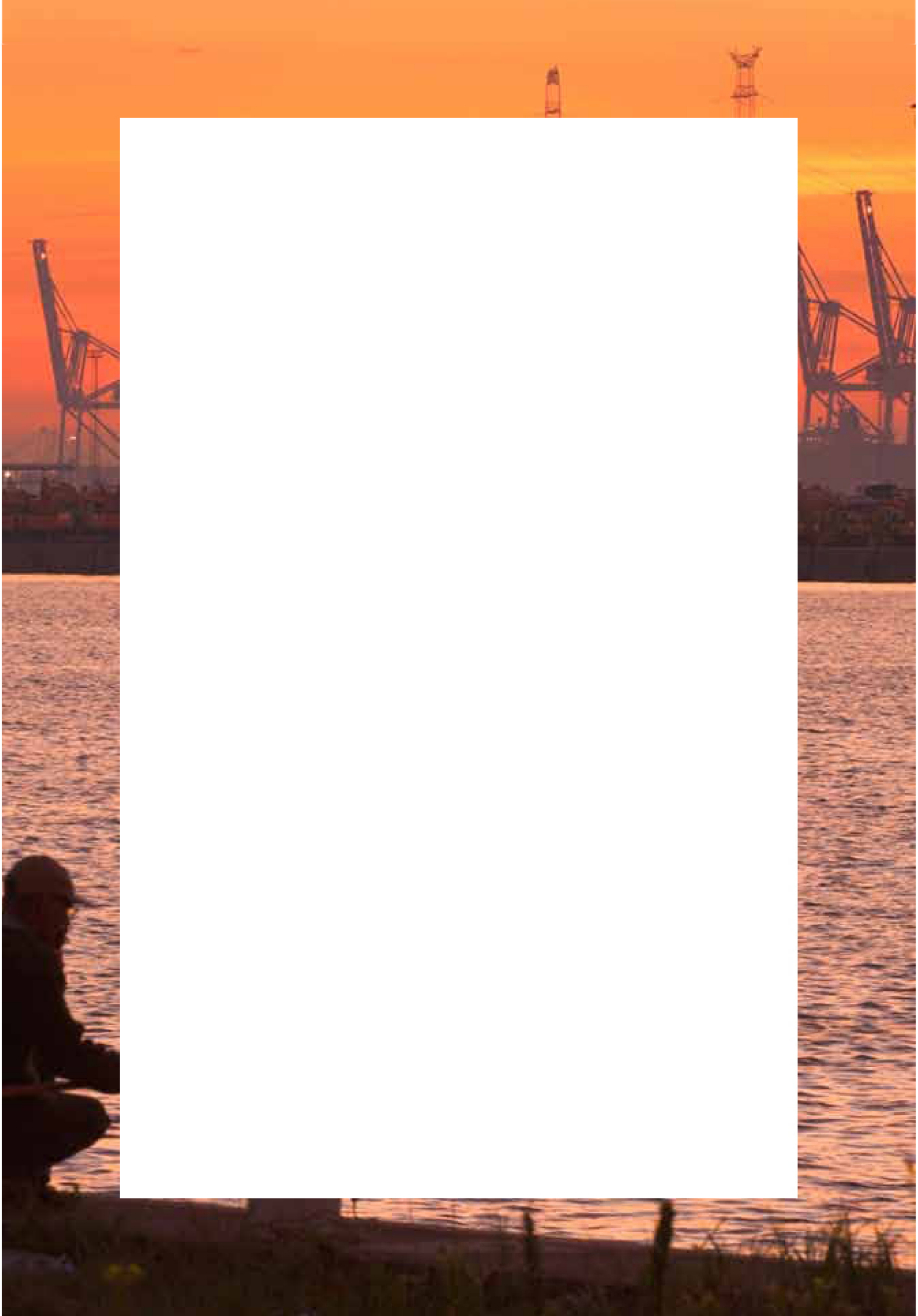
REFERENTIES

Amann M., Bertok I., Cofala J., Heyes C., Klimont Z., Rafaj P., Schöpp W. & Wagner F. (2008) NEC Scenario Analysis Report Nr. 6, National Emission Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate & Energy Package, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Oostenrijk, 72 p.

Dammers E. (2000) Leren van de toekomst. Over de rol van scenario's bij strategische beleidsvorming. Dissertatie Universiteit Leiden, Uitgeverij Eburon, Delft.

De Smedt P. (2005) Verkennen van de toekomst met scenario's. Studiedienst van de Vlaamse Regering, Brussel.





2 Sociaal-economische verkenning

Bart Hertveldt, Federaal Planbureau
Johan Brouwers, Jorre De Schrijver, MIRA-team, VMM

HOOFDLIJNEN

- De bevolking in Vlaanderen groeit tussen 2005 en 2030 met 12 % tot 6 785 000 inwoners. Dit is vooral het resultaat van immigratie en een tijdelijk verhoogd geboortecijfer.

- De vergrijzing en de ontgroening zetten door: in 2030 is 31 % van de Vlamingen ouder dan 60, slechts 19 % van de inwoners is jonger dan 18. In 2005 bedroeg dit respectievelijk nog 23 en 20 %. De gezinsverdunning houdt aan: de gemiddelde gezinsgrootte en het aandeel personen dat deel uitmaakt van een gezin met kinderen, nemen stelselmatig af.

- De prijzen van steenkool, ruwe aardolie en aardgas nemen tussen 2005 en 2030 toe met respectievelijk 32, 63 en 98 % (tegen constante prijzen van 2005). Dit betekent bijvoorbeeld dat de prijs van Brent-olie in die periode toeneemt van 54 tot 89 dollar per vat (uitgedrukt in constante dollars van 2005).

- De jaarlijkse groei van het bruto binnenlands product (BBP) bedraagt in de periode tussen 2010 en 2030 gemiddeld 2 %. Dit is iets lager dan het langetermijngemiddelde sinds het begin van de jaren 1980. Het belang van diensten in de Vlaamse economie blijft toenemen ten opzichte van agrarische en industriële activiteiten. De productie van goederen maakt tegen 2030 nog slechts 27 % uit van de totale productie van goederen en diensten.

- De groei van de werkgelegenheid en van de werkgelegenheidsgraad vlakt af naar 2030 toe. In België zou de binnenlandse werkgelegenheid – uitgedrukt in aantal personen – in 2020 13,5 % en in 2030 ongeveer 15 % boven het peil van 2005 liggen.

Inleiding

Wie zich een beeld wil vormen van de toekomstige ontwikkelingen op het vlak van milieu, moet ook met sociaal-economische evoluties rekening houden. Maatschappelijke ontwikkelingen zoals de bevolkingstoename of het veranderende productie- en consumptiepatroon, bepalen immers in grote mate de milieukwaliteit van morgen. Dit wordt geïllustreerd door de milieuverstoringsketen of DPSI-R keten: dat is een internationaal veelgebruikt analysekader binnen de milieurapportering dat een milieuprobleem aan de hand van oorzaken en gevolgen ontleedt (FIGUUR 2.1). Dit analysekader vormt de ruggengraat van de MIRA-rapporten en van de Milieuverkenning 2030. In dit kader zijn de sociaal-economische ontwikkelingen volledig te situeren in de *driving forces* (D), de eerste schakel van de milieuverstoringsketen.

FIG. 2.1 *De milieuverstoringsketen*



In dit hoofdstuk komen de voornaamste maatschappelijke drijvende krachten aan bod: demografie, energieprijzen en economische basisparameters.

De aanpak van de milieu- en natuurproblematiek vormt een uitdaging op langere termijn. Daarom is voor deze toekomstverkenning gewerkt met een set sociaal-economische gegevens die werd opgesteld vanuit een langetermijnperspectief. De nadruk ligt hierbij op het analyseren en het projecteren van de trends, en niet op het cyclische verloop van de sociaal-economische variabelen. De projecties van de sociaal-economische variabelen zijn gebaseerd op de middellange- en langetermijnprojecties[1] die het Federaal Planbureau (FPB) medio 2008 heeft opgesteld, en vormen een samenhangend geheel.

De keuze voor één sociaal-economisch basisscenario neemt niet weg dat het toekomstige pad van deze sociaal-economische variabelen soms erg onzeker is. De

(niet-verwachte) wereldwijde economische crisis die zich vanaf de laatste maanden van 2008 heeft gemanifesteerd – met duidelijke gevolgen voor de economische activiteit en de energieprijzen – toont de broosheid van economische projecties. Of deze crisis, naast de onvermijdelijke effecten op korte en middellange termijn, ook gevolgen zal hebben op lange termijn, blijft een open vraag. Het einde van dit hoofdstuk gaat hier dieper op in.

2.1 Demografie

Niet alleen de bevolkingsgroei, maar ook een aantal kwalitatieve kenmerken zoals de leeftijdsopbouw en het sociaal-economische statuut van de toekomstige bevolking en de evolutie van het aantal huishoudens en de samenstelling naar gezinstype, hebben een impact op het leefmilieu.

Geboorten, sterfgevallen, immigratie en emigratie

De demografische basisdata zijn gebaseerd op de Bevolkingsvooruitzichten 2007-2060 (FPB/ADSEI, mei 2008). Het betreft de meest recente officiële bevolkingsvooruitzichten voor België, opgemaakt per arrondissement, leeftijd en geslacht. Het vertrekpunt van deze vooruitzichten zijn de waarnemingen op 1 januari 2007.

Tussen 2005 en 2030 stijgt het bevolkingsaantal in het Vlaamse Gewest jaarlijks gemiddeld met 0,46 %. De Vlaamse bevolking neemt vergeleken met het niveau van 2005, in 2030 met ongeveer 12 % toe (TABEL 2.1). De sterkste stijging situeert zich in de periode tussen 2005 en 2015, met een jaarlijkse bevolkingstoename van 35 000 tot 40 000 personen. Dit is vooral te wijten aan een hogere vruchtbaarheid en aan een hoger netto extern migratiesaldo. Ten gevolge van een stijging in het aantal sterfgevallen (vergrijzing) en een terugval van het saldo van de externe migraties, neemt de jaarlijkse bevolkingsgroei in 2030 af tot ongeveer 12 000 personen. Dan zijn er in Vlaanderen meer sterfgevallen dan geboorten (negatief natuurlijk saldo): de bevolkingsaanwas komt tegen het einde van de projectieperiode zo volledig op rekening van de positieve interne (vanuit andere gewesten) en externe (vanuit andere landen) migratie. Hiermee behoudt Vlaanderen veel langer een positief natuurlijk saldo dan gemiddeld in de EU[2]: al vanaf 2015 zijn er in de EU jaarlijks meer sterfgevallen dan geboorten.

TAB. 2.1 *Loop van de bevolking (Vlaanderen, 2005-2030)*

(x 1 000 personen/jaar)	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Natuurlijk saldo	7,0	8,6	5,6	4,0	1,5	-2,3
Geboorten	63,9	68,3	68,2	68,5	67,2	65,3
Sterfgevallen	56,9	59,7	62,6	64,5	65,7	67,6
Saldo interne migraties	5,1	7,2	8,1	7,2	7,4	7,5
Saldo externe migraties	21,7	23,8	21,7	16,1	9,6	7,2
Aangroei van de bevolking	33,9	39,6	35,5	27,3	18,5	12,4

Bron: FPB/ADSEI (2008)

Met een jaarlijkse groei van 0,46 % tussen 2005 en 2030 neemt de Vlaamse bevolkingsgroei ongeveer 0,2 procentpunt meer toe dan gemiddeld in de EU. Maar dit cijfer ligt vergeleken met Wallonië en Brussel wel lager. De totale Belgische bevolkingsgroei bedraagt 0,55 % per jaar (of bijna 15 % gecumuleerd) over de periode tussen 2005 en 2030. De lagere bevolkingsgroei in Vlaanderen in vergelijking met de rest van het land, weerspiegelt een sneller vergrijzende bevolking en een lagere vruchtbaarheidsgraad. Het aandeel van de Vlaamse bevolking in de totale Belgische bevolking zou zo terugvallen van 57,9 % in 2005 tot 56,6 % in 2030.

Vergrijzing en ontgroening

De verwachte toename van de Vlaamse bevolking is zeer ongelijk gespreid over de leeftijdsgroepen (TABEL 2.2). Het aantal zestigplussers neemt tussen 2005 en 2030 met 52 % toe, terwijl het aantal personen in de leeftijdsgroep 0-17 jaar met amper 7 % stijgt. Het aantal 18-59 jarigen daalt zelfs met bijna 2 %. Hierdoor valt het aandeel van de leeftijdsgroep 18-59 jarigen terug naar amper 50 % in 2030. Bijna een derde van de Vlaamse bevolking is dan ouder dan 60 jaar. Deze cijfers illustreren duidelijk dat de Vlaamse bevolking tijdens de volgende twee decennia gekenmerkt wordt door een vrij sterke vergrijzing: het aandeel ouderen in de bevolking neemt opvallend toe. De vergrijzing in Vlaanderen loopt tot 2030 ongeveer gelijk met het gemiddelde van de EU. Daarnaast wordt in Vlaanderen ook het fenomeen van ontgroening duidelijk zichtbaar (dalend aandeel jongeren in de bevolking), hoewel iets minder scherp dan in de rest van de EU.

TAB. 2.2 *Leeftijdsopbouw van de bevolking (Vlaanderen, 2005-2030)*

	2005 *(aandeel in %)*	2030 *(aandeel in %)*	Groeivoet 2005-2030 *(%)*
0-17 jaar	20,0	19,0	7,2
18-59 jaar	57,3	50,1	-1,7
60+ jaar	22,8	30,8	51,9
Totaal	100,0	100,0	12,3

Bron: FPB/ADSEI (2008)

Voornamelijk als gevolg van de verwachte vergrijzing en ontgroening, zal de samenstelling van de Vlaamse bevolking naar sociaal-economisch statuut er in 2030 duidelijk anders uitzien dan vandaag. Uit TABEL 2.3 blijkt dat het aandeel van de inactieven, waaronder in de eerste plaats ouderen, gevoelig stijgt. De werkenden en de studenten nemen absoluut in aantal toe, maar hun aandeel in de totale Vlaamse bevolking daalt.

TAB. 2.3 *Sociaal-economisch statuut van de bevolking (Vlaanderen, 2005-2030)*

	2005 *(aandeel in %)*	2030 *(aandeel in %)*	2005-2030 *(absolute verandering)*
Studenten	21,6	19,9	+45 000
Werkenden	43,7	43,1	+283 000
Inactieven	34,7	37,0	+413 000
Totaal	100,0	100,0	+741 000

Bron: FPB

Samenstelling van de huishoudens

Tussen 2005 en 2030 neemt het aandeel personen die deel uitmaken van het gezinstype 'koppel met kinderen' in Vlaanderen gevoelig af, in de eerste plaats ten voordele van alleenstaanden en koppels zonder kinderen (TABEL 2.4). De cijfers tonen een evolutie naar kleinere gezinnen.

TAB. 2.4 *Indeling van de bevolking naar gezinstype (Vlaanderen, 2005-2030)*

(aandeel in %)	2005	2030
Alleenstaanden zonder kinderen	11	15
Alleenstaanden met kind(eren)	8	8
Koppels zonder kinderen	24	27
Koppels met kind(eren)	50	42
Andere*	7	8
Totaal	100	100

* Omvat personen die in een collectief gezin wonen (bijvoorbeeld een bejaardentehuis, een instelling, een gevangenis) en gezinnen die bestaan uit meer dan één gezinskern.
Bron: FPB op basis van Desmet *et al.* (2007) en FPB/ADSEI (2008)

Dat het gemiddelde aantal personen per huishouden daalt, is niet nieuw. Deze evolutie tekent zich al verschillende decennia af. Gezinsverdunning is het resultaat van een jarenlange wisselwerking tussen een hele reeks sociaal-culturele, demografische en economische factoren zoals de toenemende leeftijd waarop kinderen het ouderlijke huis verlaten. Personen gaan ook vaker alleen wonen (onder meer een gevolg van het maatschappelijke fenomeen van de individualisering) en scheiden sneller (onder meer afhankelijk van de mate van financiële onafhankelijkheid). Senioren willen zo lang mogelijk zelfstandig blijven wonen.

2.2 Energieprijzen

Energieprijzen zijn vrij centrale prijzen waarmee gezinnen, bedrijven en overheden te maken krijgen. Ze spelen dan ook een niet te verwaarlozen rol als er economische beslissingen moeten genomen worden. De keuzen, ingegeven door energieprijsoverwegingen, zijn bovendien typisch niet-neutraal voor het leefmilieu. Energieprijzen kunnen in sterke mate het tempo beïnvloeden waarin energie-innovaties worden verspreid en aangenomen. En ze zijn vaak een bepalende factor voor het vervangen van de ene energievorm door de andere.

In 2008 heeft het FPB in het rapport 'Economische vooruitzichten 2008-2013' de hypothesen geformuleerd, die betrekking hebben op de energieprijzen tegen constante prijzen. Die energieprijzen zijn overgenomen voor de Milieuverkenning 2030. Zo voorzag het FPB een terugval (met ongeveer 2 %) van de jaargemiddelde prijs van Brent-olie (tegen constante prijzen) in 2009, gevolgd door een stijging (met gemiddeld 0,9 % per jaar) tijdens de daaropvolgende jaren. De Brent-prijs stijgt hierdoor vanaf 2012 opnieuw boven het jaargemiddelde van 2008 uit.

Voor de periode na 2013 werden de energieprijzen geëxtrapoleerd op basis van de evoluties in het PRIMES-baselinescenario van de Europese Commissie (EC) (Europese Commissie, 2008). Het PRIMES-model is een partieel evenwichtmodel van het energiesysteem in Europa, waarin energievraag en -aanbod geïntegreerd zijn. Het

PRIMES-baselinescenario werd onder andere gebruikt voor de uitwerking van het Europese Energie- en Klimaatpakket 2020. Het gaat uit van een toename van de energieprijzen (tegen constante prijzen) met ongeveer 0,5 % per jaar tussen 2015 en 2030. Het resultaat van de koppeling van de economische vooruitzichten 2008-2013 voor België aan de PRIMES-baseline voor Europa is uitgewerkt in TABEL 2.5.

TAB. 2.5 *Hypothesen energieprijzen (tegen constante prijzen)*

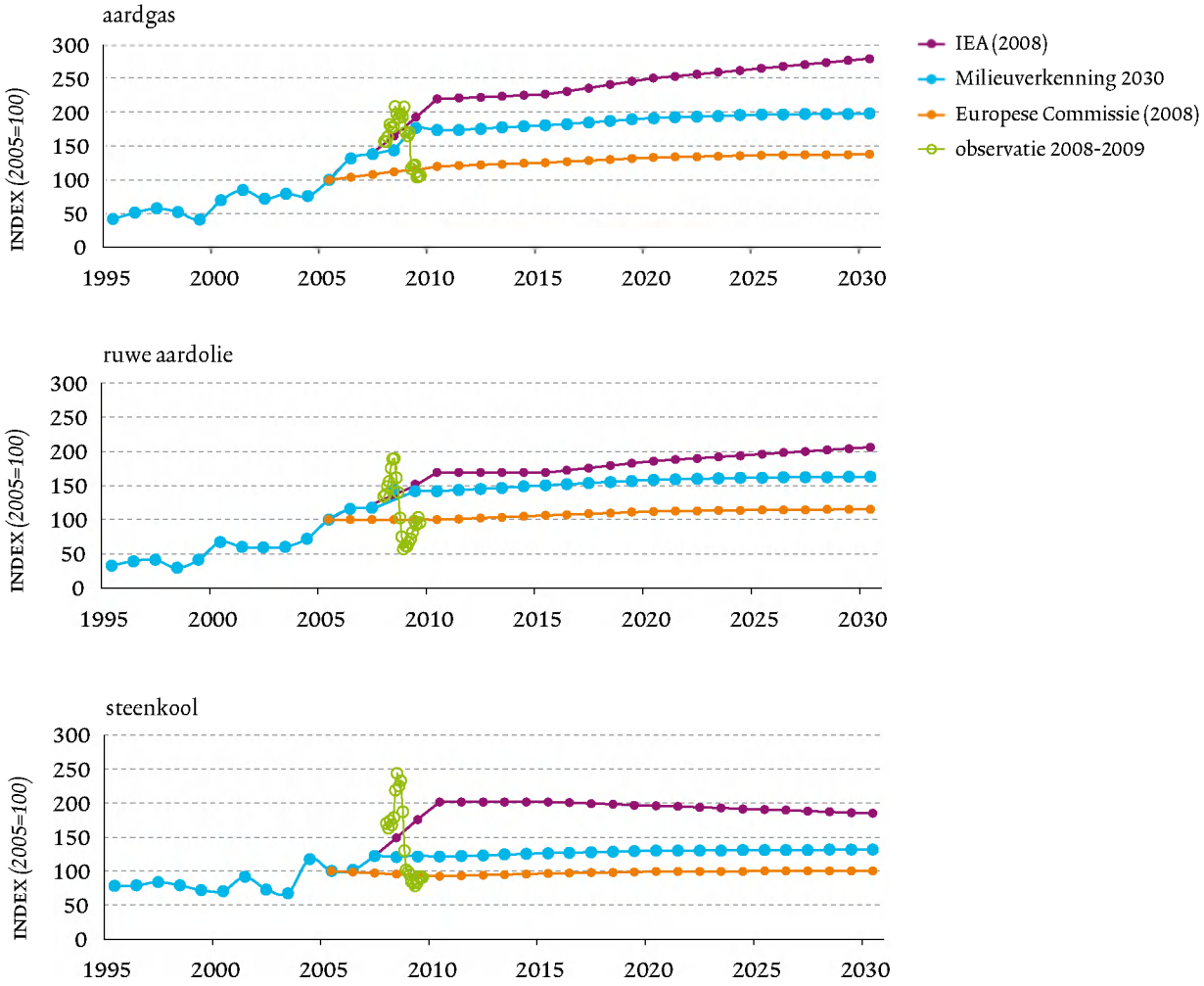
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Steenkool (index 2005=100)	100,0	121,2	126,5	130,0	130,9	131,8
Ruwe aardolie (index 2005=100)	100,0	141,7	150,4	158,7	161,8	163,1
Aardgas (index 2005=100)	100,0	173,6	180,4	191,2	196,2	197,8
Brent (per barrel, tegen constante euro van 2005)	43,7	61,9	65,7	69,4	70,7	71,3
Brent (per barrel, tegen constante USD van 2005)[3]	54,4	77,1	81,8	86,3	88,0	88,7

Bron: FPB

FIGUUR 2.2 vergelijkt bovenstaande aannamen voor de energieprijzen met het prijsverloop dat de basis vormde voor het PRIMES-baselinescenario zelf (Europese Commissie, 2008) en voor de World Energy Outlook 2008 (IEA, 2008). In de figuur zijn in het groen ook de meest recente waarnemingen toegevoegd (januari 2008 tot september 2009). Wat hierbij onmiddellijk opvalt, zijn de zeer grote verschillen tussen wat de verschillende instellingen veronderstellen enerzijds en de extreme veranderlijkheid in de waarnemingen van het voorbije anderhalve jaar anderzijds. Dit toont aan dat er meer dan ooit grote onzekerheid heerst over hoe de energieprijzen in de toekomst zullen evolueren. Het Internationaal Energie Agentschap (IEA) kwam in de World Energy Outlook 2008 van november 2008 tot dezelfde conclusie: *'Rarely has the outlook for oil prices been more uncertain than now ...'*.

Het vloeiende verloop van de ontwikkelingen van de energieprijzen in de figuur betekent helemaal niet dat verwacht wordt dat de energiemarkten zich stabiliseren. Het tracht voor de energieprijzen enkel een beeld te schetsen van de verwachte langetermijntrends. Voor de drie beschouwde energievormen blijken de prijshypothesen in de Milieuverkenning 2030 het midden te houden tussen de aannamen van de Europese Commissie en het IEA.

FIG. 2.2 *Hypothesen voor het verloop van de prijzen* voor aardgas, steenkool en ruwe aardolie*



* uitgedrukt als index met 2005=100, en berekend tegen constante prijzen
Bron: FPB, Europese Commissie (2008), IEA (2008), Datastream

De spectaculaire terugval van de energieprijzen sinds de herfst van 2008 als gevolg van de economische crisis (en de hiermee gepaard gaande inzinking van de energievraag) is niet verrekend in de basishypothesen van de Milieuverkenning 2030. Vraag is of de prijsdalingen op de internationale energiemarkten volledig tot het verleden behoren. Steunend op de beschikbare termijnkoersen verwachten financiële experts geen verdere prijsdalingen. Een terugkeer van de energieprijzen naar de lage niveaus van de jaren 90 lijkt weinig aannemelijk. Het tijdstip waarop en de mate waarin de energieprijzen opnieuw zullen stijgen, zal (aan de vraagzijde) afhangen van de duur van de economische crisis en de kracht van het herstel (zie § 2.4) en (aan de aanbodzijde) van de investeringen om de productiecapaciteit uit te breiden. Hoewel voor de komende jaren in het algemeen een toename van de energieprijzen wordt verwacht, is een snelle terugkeer naar de recordniveaus van medio 2008 weinig waarschijnlijk. Deze actuele verwachtingen zijn volledig in lijn met de prijsniveaus gehanteerd in de Milieuverkenning 2030.

Over internationale energieprijzen en prijzen voor eindgebruikers

De schommelingen in de noteringen op de internationale energiemarkten zijn slechts in afgezwakte vorm terug te vinden in de prijs die de eindgebruiker betaalt. Naast de kosten van de energetische grondstoffen beïnvloeden ook minder veranderlijke parameters (zoals andere productiekosten (lonen, vaste kosten, afschrijvingen), transport- en distributiemarges, en belastingen en heffingen) de prijs die de eindgebruiker betaalt. Schommelingen in de internationale energieprijzen leiden dus tot minder dan evenredige veranderingen in de prijs voor de eindgebruiker. Zo blijkt bijvoorbeeld dat een toename van de ruwe aardolieprijs met 10 % slechts resulteert in een stijging van de diesel- en benzineprijzen aan de pomp met 3 à 4 %. Het zijn uiteindelijk deze prijzen die het gedrag van de eindgebruikers beïnvloeden en relevant zijn voor een studie rond de milieudruk.

2.3 Economische ontwikkeling

Het spreekt vanzelf dat ook de economische groei een cruciale parameter is om de toekomstige milieudruk te bepalen. Structurele kenmerken van de economische activiteiten, zoals de mate waarin het belang van diensten in onze economie toeneemt ten opzichte van agrarische en industriële activiteiten en de ruimtelijke spreiding van de werkgelegenheid, zijn evenzeer van belang. Deze ruimtelijke spreiding was een van de belangrijkste parameters voor de ruimtemodellering in de Milieuverkenning 2030 (zie Hoofdstuk 10 Landgebruik).

Vertrekbasis

De middellange- en langetermijnprojecties voor België die het FPB medio 2008 publiceerde, vormen het uitgangspunt voor de economische basisgegevens in de Milieuverkenning 2030. Over de periode 1995-2007 is er tussen Vlaanderen en heel België nauwelijks een verschil in de groei van de toegevoegde waarde en de werkgelegenheid. De ramingen houden geen rekening met de financieel-economische crisis (zie § 2.4).

Voor de middellange- en langetermijnprojecties werden het Hermes- en het Maltese-model gebruikt. Het Hermes-model is een econometrisch geschat macro-sectoraal model voor het maken van middellangetermijnprojecties. In de recentste versie van het model worden zestien bedrijfstakken en vijftien consumptiecategorieën onderscheiden. Het Maltese-model heeft tot doel projecties te maken voor de langetermijnevolutie van de uitgaven voor sociale bescherming, gesitueerd binnen de ontvangsten en uitgaven van de globale overheid. Dit uitgaande van een samenhangend demografisch en macro-economisch scenario.

De gebruikte bronnen voor de economische basisgegevens zijn:

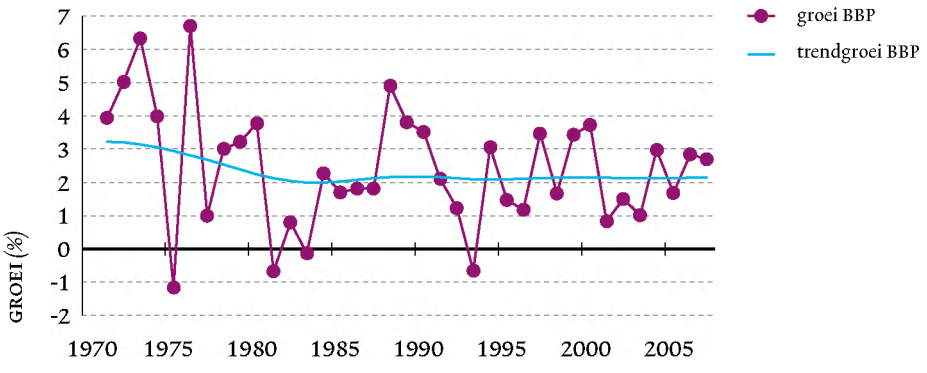
- observaties uit de gedetailleerde Nationale rekeningen voor het jaar 2006 van het Instituut voor Nationale Rekeningen (INR) uit 2007;
- de Regionale rekeningen voor het jaar 2006 van het INR uit 2008;
- de eerste raming van de jaarlijkse rekeningen voor het jaar 2007 door het INR uit 2008;
- de Economische vooruitzichten 2008-2013 voor de Belgische economie van het FPB uit 2008, met verlenging van de middellangetermijnprojectie tot 2020;
- de langetermijnprojectie tot het jaar 2050, gerealiseerd in 2008 door het FPB in het kader van de werkzaamheden van de Studiecommissie voor de vergrijzing van de Hoge Raad voor Financiën.

Economische groei

Hoewel de groei van het BBP van jaar tot jaar grote schommelingen vertoont, kende de trendmatige BBP-groei gedurende de voorbije 25 jaar een vrij stabiel verloop. Al vanaf het begin van de jaren 80 ligt die groei iets boven de 2 % (FIGUUR 2.3).

Voor de periode tussen 2010 en 2030 gaat de Milieuverkenning 2030 uit van een jaarlijkse groei van het Belgische BBP van gemiddeld 2,0 %: dit is iets lager dan de trendmatige groei van de afgelopen 25 jaar. In lijn met de demografische projecties, en meer bepaald met het verwachte verloop van de bevolking op arbeidsleeftijd, boet de economische groei in de loop van de projectieperiode wat aan kracht in. Waar de BBP-groei tijdens de periode tussen 2010 en 2020 nog ruim 2 % bedraagt, valt dit cijfer terug tot 1,9 % in de daaropvolgende vijf jaar en tot 1,8 % in de periode tussen 2025 en 2030 (TABEL 2.6). De BBP-groei op lange termijn (vanaf 2020) is gebaseerd op hypothesen voor de jaarlijkse groei van de arbeidsproductiviteit per hoofd (1,75 %) en het te bereiken niveau van de structurele werkloosheidsgraad in 2030 (8 %).

FIG. 2.3 *Groei van het BBP (tegen constante prijzen) (België, 1970-2007)*



Bron: FPB

TAB. 2.6 *Jaargemiddelde groeivoeten BBP (tegen constante prijzen) (België, 2000-2030)*

(%)	2000-2010	2010-2020	2020-2030
Bruto binnenlands product	1,9	2,0	1,9
Productiviteit per hoofd	1,0	1,3	1,75
Werkgelegenheid (aantal hoofden)	0,9	0,7	0,1
Bevolking op arbeidsleeftijd (15-64 jaar)	0,6	0,3	-0,1

Bron: FPB, PLANET-projectie[4]

Ook het PRIMES-baselinescenario van de EC gaat uit van een groei van het Belgische BBP van 2 % in de periode tussen 2010 en 2020, maar schat de groei in het decennium daarna slechts op 1,6 % per jaar (Europese Commissie, 2008). Het verschil tussen de aannamen voor de Milieuverkenning 2030 en de PRIMES-baseline voor België tijdens het laatste decennium is voornamelijk te verklaren door een verschillende bevolkingsdynamiek. De PRIMES-baseline hield immers nog geen rekening met de meest recente bevolkingsvooruitzichten van mei 2008 met verhoogde vruchtbaarheid en migratiesaldi, die wel reeds verrekend zijn voor de Milieuverkenning 2030.

Belang van goederen en diensten in de economie

Naast de mate van de economische groei is ook de structuur van de economische activiteit van belang. Immers, niet alle bedrijfstakken hebben dezelfde invloed op de milieudruk. In lijn met de voorbije decennia ligt het binnen de verwachtingen dat het belang van diensten in onze economie ten opzichte van agrarische en industriële activiteiten verder zal toenemen naar 2030 toe. Met uitzondering van de activiteitstakken 'niet-verhandelbare diensten' en 'handel & horeca' zien alle dienstensectoren hun aandeel in de totale toegevoegde waarde tegen 2030 merkelijk toenemen. Binnen de milieu-intensieve bedrijfstakken wordt een achteruitgang verwacht van het aandeel van de verwerkende nijverheid, de landbouw en de energiesector, terwijl het aandeel van de tak 'vervoer & communicatie' toeneemt (TABEL 2.7).

TAB. 2.7 *Aandeel van de bedrijfstakken in de bruto toegevoegde waarde (tegen constante prijzen) (België, 1995-2030)*

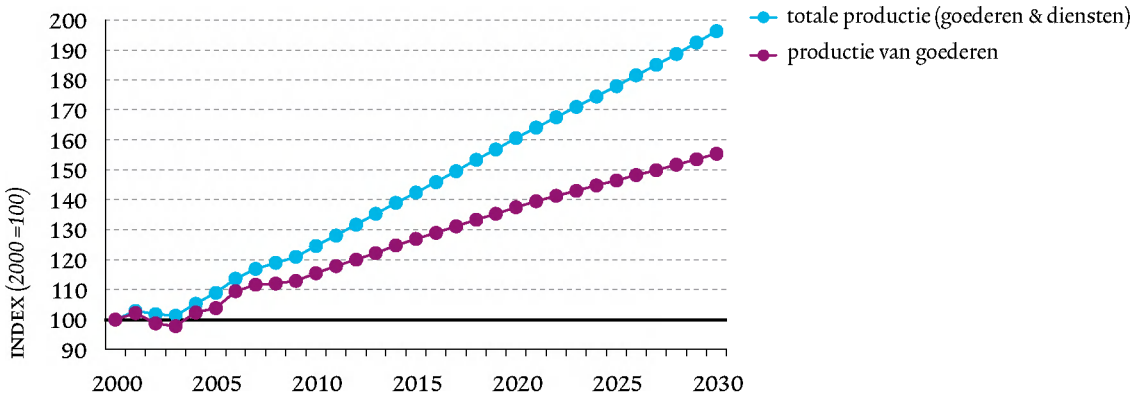
(%)	1995	2005	2030
Landbouw	1,4	1,2	1,0
Energie	3,2	2,9	2,5
Verwerkende nijverheid	17,9	17,6	15,2
Bouw	5,1	5,0	6,1
Handel & horeca	15,5	13,5	10,9
Vervoer & communicatie	7,9	8,1	9,1
Financiële diensten	5,1	6,4	7,6
Gezondheidszorg & maatschappelijke dienstverlening	6,6	6,6	7,4
Overige marktdiensten	22,7	25,4	28,0
Niet-verhandelbare diensten	14,5	13,3	12,4
Totaal	100,0	100,0	100,0

Bron: FPB, PLANET-projectie

Het feit dat de dienstensectoren de economische groei voor een groot deel voor hun rekening nemen, heeft onder meer tot gevolg dat de groei van de goederenproductie achterop hinkt op die van de totale productie (FIGUUR 2.4). Verwacht wordt dat de productie van goederen tegen 2030 nog slechts 27 % zal uitmaken van de totale productie van goederen en diensten, tegenover 33 % in 2005. Die verwachte terugval is de voortzetting van een historisch vastgestelde trend: bij het begin van de jaren 80 bedroeg het aandeel van de goederenproductie in de totale productie nog meer dan 40 %.

De productie van goederen is voornamelijk te situeren in de verwerkende nijverheid. Gedurende de periode tussen 2000 en 2030 vermindert het aandeel van de verwerkende nijverheid en de landbouwsector in de productie van goederen (TABEL 2.8).

FIG. 2.4 *Evolutie van de productie (tegen constante prijzen) (België, 2000-2030)*



Bron: FPB, PLANET-projectie

TAB. 2.8 *Aandeel van de bedrijfstakken in de productie van goederen (België, 2000 en 2030)*

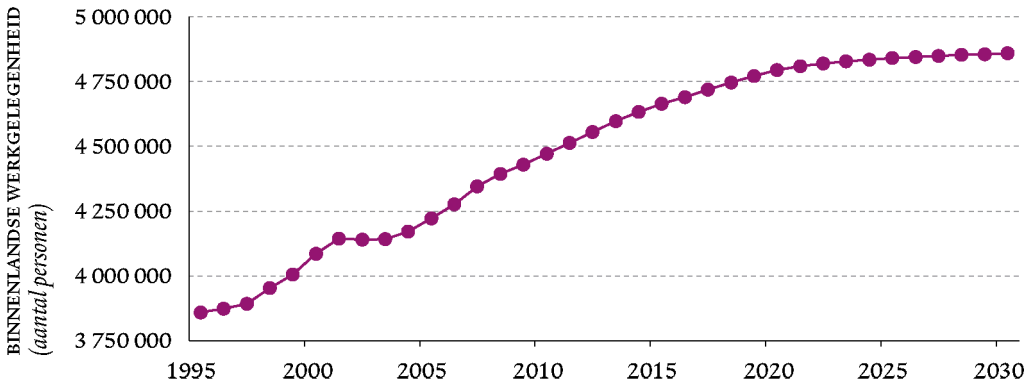
(%)	2000	2030
Landbouw	4,0	3,1
Energie	8,0	10,3
Verwerkende nijverheid	83,4	79,9
Bouw	0,6	0,8
Handel & horeca	2,9	4,2
Vervoer & communicatie	0,4	0,6
Financiële diensten	0,0	0,0
Gezondheidszorg & maatschappelijke dienstverlening	0,0	0,0
Overige marktdiensten	0,7	1,0
Niet-verhandelbare diensten	0,0	0,0
Totaal	100,0	100,0

Bron: FPB, PLANET-projectie

Werkgelegenheid

In België neemt de binnenlandse werkgelegenheid – uitgedrukt in aantal personen – gemiddeld met 0,6 % per jaar toe in de periode tussen 2005 en 2030 (FIGUUR 2.5). Tussen 2010 en 2020 bedraagt de werkgelegenheidsgroei 0,7 % per jaar, om tijdens het daaropvolgende decennium terug te vallen tot 0,1 %. De belangrijkste reden voor die terugval is de afnemende dynamiek van het arbeidsaanbod. De jaarlijkse groei van de bevolking op arbeidsleeftijd (15-64 jaar), die tussen 2000 en 2010 nog 0,6 % bedraagt, valt tijdens de periode tussen 2010 en 2020 terug tot 0,3 %. Na 2020 is er jaarlijks zelfs een gemiddelde inkrimping van 0,1 %. Dit groeiprofiel brengt de binnenlandse werkgelegenheid in 2020 13,5 % en in 2030 ongeveer 15 % boven het peil van 2005. De werkgelegenheidsgraad – uitgedrukt in procent van de bevolking op arbeidsleeftijd – neemt toe van 62,2 % in 2005 tot 66,3 % in 2020 en 67,7 % in 2030.

FIG. 2.5 *Ontwikkeling van de binnenlandse werkgelegenheid (België, 1995-2030)*



Bron: FPB, PLANET-projectie

De komende decennia bevestigen grotendeels de in het verleden vastgestelde verschuivingen in de verdeling van de werkgelegenheid naar bedrijfstak (TABEL 2.9). De tertiarisering uit zich op het vlak van werkgelegenheid vooral in een stijgend aandeel van de takken 'gezondheidszorg & maatschappelijke dienstverlening' en 'overige marktdiensten', en in een verdere daling van het aandeel van de verwerkende nijverheid en de landbouw.

TAB. 2.9 *Aandeel van bedrijfstakken in de werkgelegenheid (België, 1995-2030)*

(%)	1995	2005	2030
Landbouw	2,8	2,0	1,1
Energie	0,9	0,7	0,4
Verwerkende nijverheid	17,5	14,2	8,7
Bouw	6,1	5,7	5,8
Handel & horeca	18,4	17,8	17,0
Vervoer & communicatie	7,1	6,9	6,8
Financiële diensten	3,8	3,3	2,9
Gezondheidszorg & maatschappelijke dienstverlening	9,2	11,0	14,3
Overige marktdiensten	14,9	19,0	25,5
Niet-verhandelbare diensten	19,3	19,4	17,5
Totaal	100,0	100,0	100,0

Bron: FPB, PLANET-projectie

Hoe de werkgelegenheid in het verleden is geëvolueerd, liep niet voor elk arrondissement gelijk. Ook voor de projectieperiode worden uiteenlopende evoluties verwacht. Het aandeel van de vijf (historisch) grootste Belgische arrondissementen is gedaald van 47,4 % in 1970 tot 40,0 % in 2005 en neemt verder af tot 39,2 % in 2030. Dat verlies komt zowel de middelgrote als de kleine arrondissementen ten goede. De middengroep ziet zijn aandeel toenemen van 30,2 % in 1970 naar 36,0 % in 2005 en 36,4 % in 2030, terwijl het aandeel van de kleine arrondissementen stijgt van 22,4 % in 1970 naar 24,0 % in 2005 en 24,4 % in 2030. De historische trend van een grotere spreiding van de werkgelegenheid (naar werkplaats) over de arrondissementen zet zich dus in de projectieperiode verder, zij het tegen een trager tempo dan in het verleden. TABEL 2.10 geeft de historische en verwachte evolutie van het aandeel van de Vlaamse arrondissementen en het arrondissement Brussel in de totale Belgische werkgelegenheid naar werkplaats.

TAB. 2.10 *Regionale opsplitsing van de binnenlandse werkgelegenheid naar werkplaats (Vlaanderen en Brussel, 1970-2030)*

Aandeel van de Vlaamse arrondissementen en Brussel in de Belgische werkgelegenheid (%)	1970	2005	2030
Grote arrondissementen			
▪ Brussel	19,10	15,61	15,69
▪ Antwerpen	10,87	10,19	9,78
▪ Gent	5,35	5,61	5,69
Middelgrote arrondissementen			
▪ Halle-Vilvoorde	3,99	5,64	6,02
▪ Hasselt	3,35	4,06	4,00
▪ Leuven	3,11	3,86	3,84
▪ Kortrijk	2,87	3,03	3,00
▪ Turnhout	2,86	3,95	4,15
▪ Mechelen	2,57	2,99	3,07
▪ Brugge	2,55	2,81	2,57
Kleine arrondissementen			
▪ Aalst	1,86	1,86	1,82
▪ Sint-Niklaas	1,72	1,98	2,00
▪ Roeselare	1,39	1,54	1,53
▪ Dendermonde	1,35	1,34	1,35
▪ Oostende	1,22	1,15	1,05
▪ Tongeren	1,09	1,28	1,28
▪ Maaseik	1,04	1,81	1,90
▪ Oudenaarde	1,01	0,97	1,10
▪ Ieper	0,83	0,95	0,94
▪ Tielt	0,70	0,93	1,10
▪ Eeklo	0,54	0,59	0,59
▪ Veurne	0,44	0,55	0,52
▪ Diksmuide	0,32	0,39	0,39

De historisch grootste arrondissementen worden hier gedefinieerd als de arrondissementen met een aandeel in 1970 in de Belgische werkgelegenheid naar werkplaats van meer dan 5 %. Middelgrote arrondissementen hebben een aandeel tussen 2 en 5 %, kleine arrondissementen minder dan 2 %.
Bron: FPB, PLANET-projectie

2.4 Impact van de economische crisis

De financiële en economische crisis die in de loop van 2008 de kop op stak, heeft wereldwijd geleid tot een extreem scherpe en snelle achteruitgang van de economische activiteit. In 2009 zou het mondiale BBP naar schatting met ruim 1 % dalen, een inzinking die ongezien is tijdens de laatste 50 jaar. Het wereldwijde karakter van deze recessie en de omvang ervan roept de vraag op naar de mogelijke middellange- en langetermijneffecten van deze crisis.

Het macro-economische scenario voor de Milieuverkenning 2030 werd samengesteld in de zomer van 2008 en houdt dus geen rekening met deze wereldwijde terugval in de economische activiteit. Volgens de meest recente officiële korteter-

mijnvooruitzichten van het INR (september 2009) krimpt het BBP van de Belgische economie in 2009 met -3,1 % in, gevolgd door een licht positieve groei (+0,4 %) in 2010. Met dit groeiprofiel komt de gemiddelde jaarlijkse groei tijdens de periode tussen 2000 en 2010 op 1,2 % uit, tegenover 1,9 % gehanteerd voor diezelfde periode in de sociaal-economische verkenning voor de Milieuverkenning 2030.

Naast de inschatting van het kortetermijneffect van de financieel-economische crisis op de economische activiteit, bestaat momenteel ook discussie over de impact op langere termijn, meer bepaald op het potentiële BBP. Zo zijn er drie scenario's denkbaar (FIGUUR 2.6):

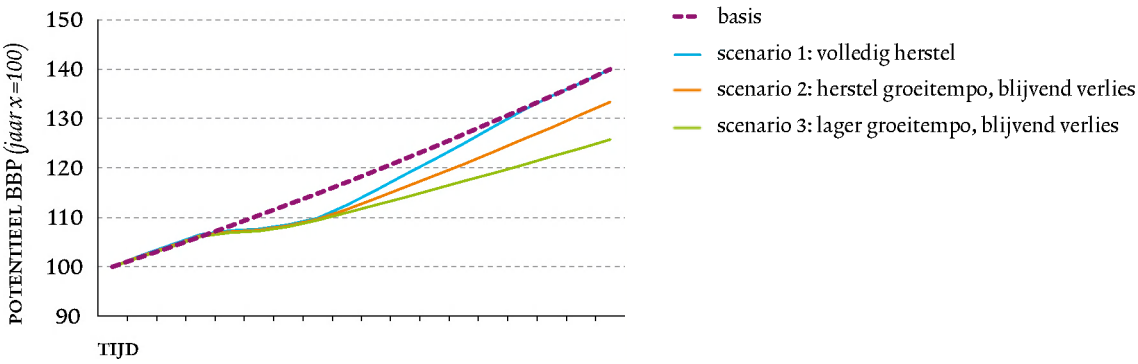
- Scenario 1: er doet zich een tijdelijke inzinking voor in het niveau van de potentiële output, maar het potentiële BBP keert na verloop van tijd terug naar het pad dat zich aftekende voor de crisis. Die terugkeer wettigt de term 'volledig herstel'. Gecumuleerd over de volledige periode (dit betekent: de oppervlakte onder de curve) is er natuurlijk wel degelijk een negatieve impact van de crisis.
- Scenario 2: op termijn is er een terugkeer naar het potentiële groeitempo van voor de crisis, maar tekent zich een blijvend verlies in het potentiële outputniveau af.
- Scenario 3: het groeitempo van het potentiële BBP keert niet terug naar het tempo van voor de crisis, maar blijft permanent lager. De afstand tussen beide curven wordt dus steeds groter.

Historische precedenten voor dergelijke financieel-economische crises zijn bijzonder schaars, zeker gezien het mondiale karakter van de voorbije schok, of liggen in een te ver verleden waardoor de bruikbaarheid als referentiepunt aanzienlijk vermindert. Dit betekent dat er nog steeds grote onzekerheid heerst over wat het meest waarschijnlijke scenario is. Bovenop de keuze van het scenario stelt zich uiteraard nog het probleem van de inschatting van de exacte duur en de omvang van de impact.

Volgens de jongste middellangetermijnvooruitzichten van het FPB in mei 2009 voor de periode tussen 2009 en 2014 zou de groei van het Belgische potentiele BBP vanaf 2011 geleidelijk aantrekken, maar in 2014 nog niet teruggekeerd zijn naar het groeiritme van voor de crisis (FIGUUR 2.7). Dit betekent dat minstens op middellange termijn de kloof tussen het potentiële outputniveau voor en na de crisis toeneemt. Tegen 2014 zou de kloof tussen beide oplopen tot ongeveer 7 % van het BBP.

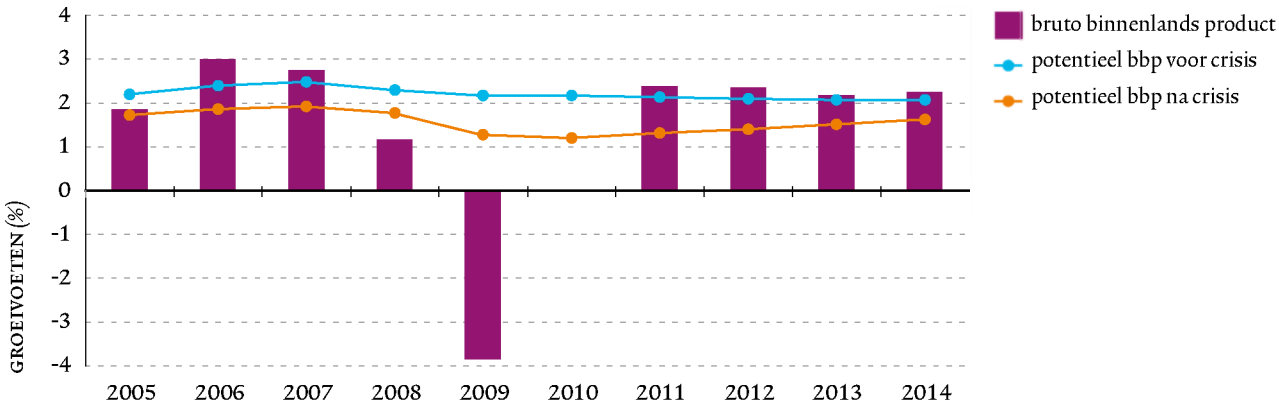
Ingegeven door de huidige onzekerheid, worden in de meest recente toekomstverkenning die het FPB medio 2009 uitvoerde voor de Studiecommissie voor de vergrijzing, drie macro-economische scenario's op lange termijn doorgerekend. De economische groei op lange termijn ligt er in het referentiescenario iets lager dan in het rapport van 2008, gebruikt voor de Milieuverkenning 2030. Het groeiverschil over de periode tussen 2015 en 2030 is echter zo miniem dat dit scenario het best aansluit bij het scenario 2 in FIGUUR 2.6.

FIG. 2.6 *Drie mogelijke scenario's voor impact van de economische crisis op het potentiële BBP*



Bron: FPB en MIRA op basis van EC (2009)

FIG. 2.7 *Raming van het potentiële BBP voor en na economische crisis (België, 2005-2014)*



Bron: FPB (2009)

NOTEN

1 Onder middellange termijn wordt verstaan een horizon van vijf jaar, de lange termijn wordt hier begrensd door de tijdshorizon van de Milieu- en Natuurverkenning 2030.
2 Deze en verdere verwijzingen naar de EU zijn gebaseerd op het 'EUROPOP2008 convergence scenario', de bevolkingsvooruitzichten die in augustus 2008 door Eurostat werden gepubliceerd, zie Eurostat (2008) en Giannakouris (2008).
3 Aangezien het hier om prijshypothesen tegen constante prijzen gaat, is de onderlinge wisselkoersverhouding EUR/USD van geen tel. Die blijft constant op het niveau van 2005 (1 EUR = 1,244 USD).
4 Projectie gegenereerd door de MAC-module van het PLANET-model. Voor een volledige beschrijving van die projectie, zie Hertveldt *et al.* (2009). Het PLANET-model zelf wordt beschreven in Desmet *et al.* (2008).

REFERENTIES

Desmet R., Gusbin D., Hoornaert B., Lambrecht M., Mayeres I. & Paul J.-M. (FPB), Poulain M., Eggerickx Th., Bahri A. & Sanderson J.-P. (UCL), Toint Ph., Cornélis E. & Malchair A. (FUNDP) (2007) Démographie, géographie et mobilité: perspectives à long terme et politiques pour un développement durable (MOBIDIC). Project gefinancierd door het Federaal Wetenschapsbeleid, zie www.belspo.be/belspo/home/publ/rappCPtra_nl.stm.

Desmet R., Hertveldt B., Mayeres I., Mistiaen P. & Sissoko S. (2008) The PLANET-model: Methodological Report, PLANET 1.0, Study financed by the framework convention 'Activities to support the federal policy on mobility and transport, 2004-2007' between the FPS Mobility and Transport and the Federal Planning Bureau, Working Paper 10-08, Federal Planning Bureau.

Europese Commissie (2008) European Energy and Transport, Trends to 2030 - Update 2007, prepared by NTUA using the PRIMES model, Directorate-General for Energy and Transport.

Europese Commissie (2009) 2009 Ageing Report: Economic and budgetary projections for the EU-27 Member States (2008-2060), Directorate-General for Economic and Financial Affairs, European Economy 2/2009.

Eurostat (2008) EUROPOP2008 convergence scenario.

Federaal Planbureau (2009) Economische vooruitzichten 2009-2014.

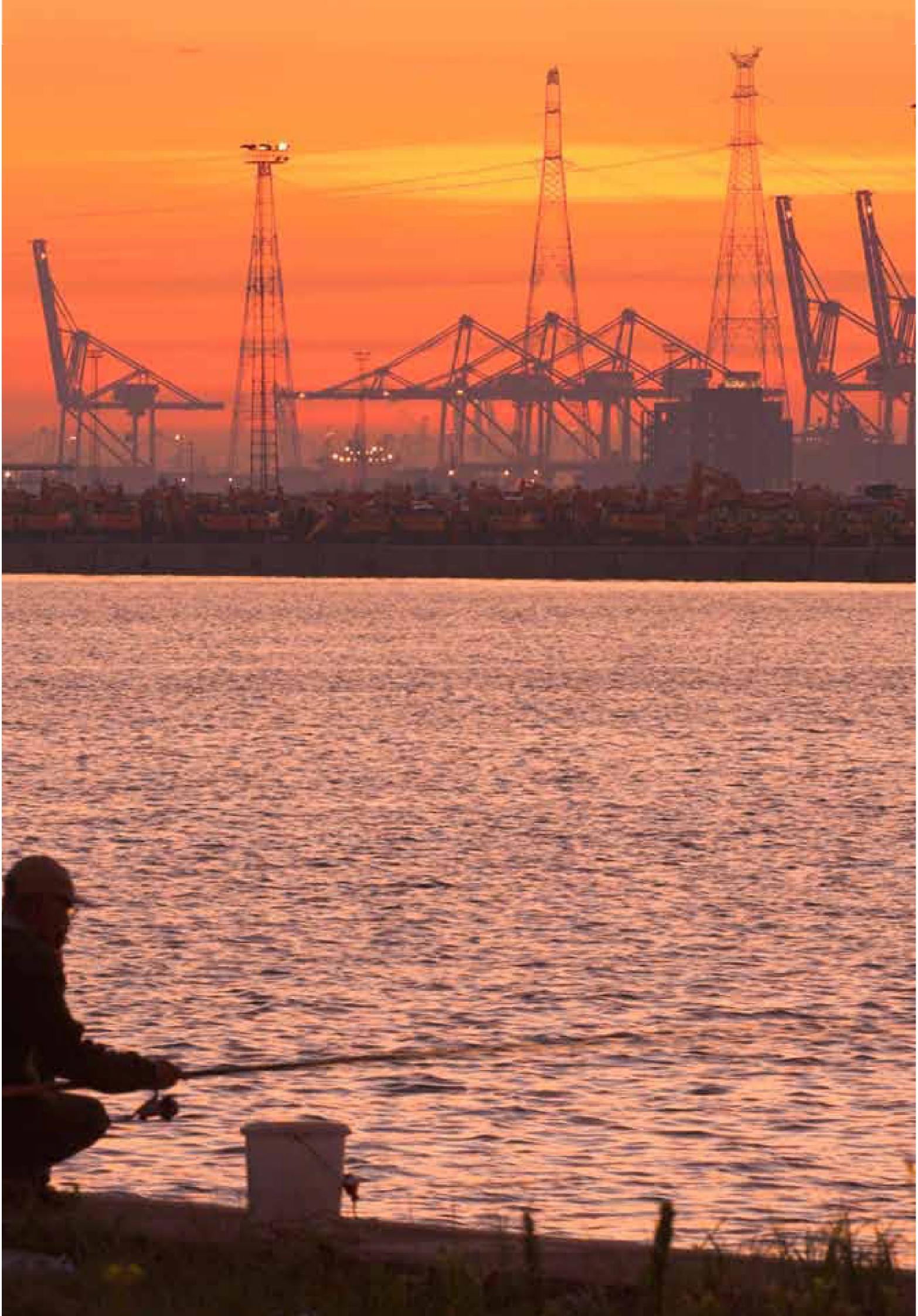
Federaal Planbureau en Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie (2008) Bevolkingsvooruitzichten 2007-2060, Planning Paper 105.

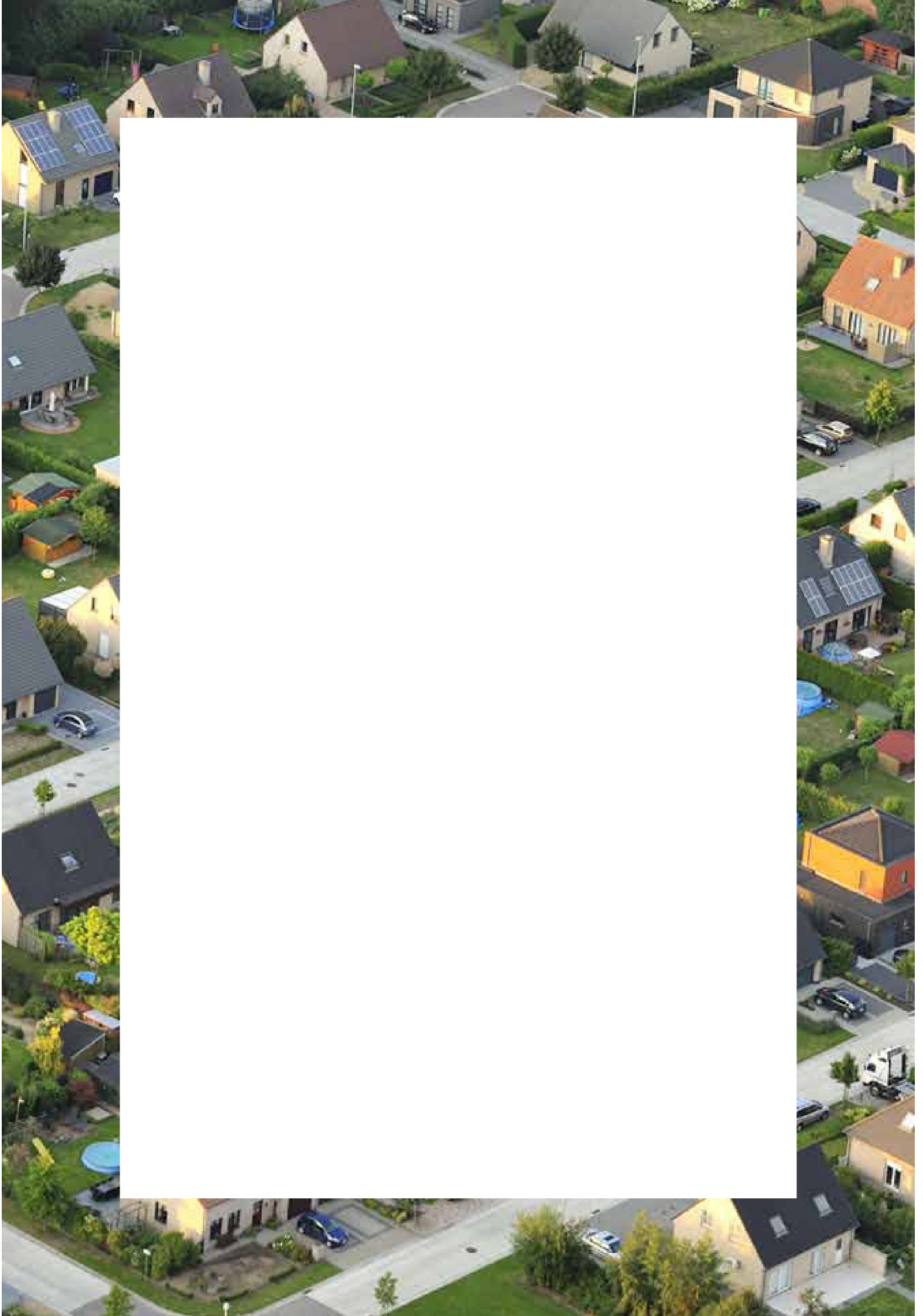
Giannakouris K. (2008) Ageing characterises the demographic perspectives of the European societies, Eurostat Statistics in focus 72/2008.

Hertveldt B., Hoornaert B. & Mayeres I. (2009) Langetermijnvooruitzichten voor transport in België: referentiescenario, Planning Paper 107, Federaal Planbureau en FOD Mobiliteit en Vervoer.

IEA (2008) World Energy Outlook 2008, OECD/IEA.

INR (2009) Economische begroting – Economische vooruitzichten 2011.





3 Huishoudens en handel & diensten

Johan Couder, Aviel Verbruggen, Onderzoeksgroep STEM, UA
Soetkin Maene, MIRA-team, VMM

HOOFDLIJNEN

- De energiekwaliteit van de woningen in Vlaanderen is laag. Vooral op het gebied van ruimteverwarming kan het energiegebruik nog sterk teruggedrongen worden en de emissies beperkt. Het voortzetten van het huidige beleid in het referentiescenario (REF) is echter onvoldoende om het energiegebruik structureel te verminderen.

- Het halen van de Europese doelstellingen voor 2020 voor energie en klimaat in het Europa-scenario (EUR) mag geen probleem opleveren. Maatregelen zoals het isoleren van daken en vensters, het vervangen van oude verwarmingsinstallaties door efficiëntere exemplaren, en het verstrengen van de energieprestatienormen kunnen het energiegebruik tegen 2020 sterk doen dalen.

- Het visionaire scenario (VISI) wil de broeikasgasemissies tegen 2030 halveren, zodat de klimaatverandering stabiliseert. Zowel de sector huishoudens als de sector handel & diensten kan deze doelstelling behalen. De huidige manier van wonen en werken moet dan wel grondig veranderen.

- Technologische doorbraken zijn nodig om hernieuwbare energie een belangrijk aandeel van de energiebehoefte te laten invullen. In het VISI-scenario bevordert het concept van 'levende kernen' de toepassing van zonnewarmte, omgevingswarmte en externe warmtelevering.

- Een essentiële voorwaarde om het energiegebruik en de emissies te verminderen, op korte en op langere termijn, is dat er vandaag al wordt bijgestuurd. Processen zoals technologische innovatie vereisen immers vele jaren. Omdat gebouwen lang gebruikt worden, hebben veel maatregelen bovendien een langdurig effect.

Inleiding

Het ruimte-, water- en energiegebruik, de emissies, de waterverontreiniging en de productie van afval van de sectoren huishoudens en handel & diensten: het zijn allemaal belangrijke oorzaken van de milieudruk. De Milieuverkenning 2030 onderzoekt hoe het energiegebruik en de emissies naar de lucht van de sectoren huishoudens en handel & diensten tussen 2006 en 2030 evolueren onder verschillende beleidsscenario's. Het Studiecentrum Technologie, Energie en Milieu (STEM) van de Universiteit Antwerpen heeft voor het energiegebruik en de bijhorende energetische emissies een aantal beleidsscenario's doorgerekend met behulp van het energie-accounting model SAVER-LEAP. De niet-energetische emissies zijn in dit model echter niet opgenomen. Het MIRA-team heeft op basis van de best beschikbare informatie deze emissies geschat.

Deel 1 van dit hoofdstuk beschrijft het model SAVER-LEAP en de uitgangspunten van de verschillende scenario's over energiegebruik en energetische emissies. In deel 2 komt de evolutie van het totale energiegebruik aan bod, alsook de aandelen van de verschillende energiefuncties (ruimteverwarming, verlichting, enzovoort). Dit deel gaat ook dieper in op hoe de energiemix evolueert: wat is het aandeel van fossiele brandstoffen en andere energiedragers, en hoe vullen de huishoudens en de sector handel & diensten zelf hun energiebehoefte in met hernieuwbare energie? Delen 3 en 4 beschrijven de emissies van broeikasgassen en de emissies van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof. De figuren tonen zowel de directe energetische als de niet-energetische emissies van de huishoudens en de sector handel & diensten. Energetische emissies zijn het gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen en/of biomassa voor bijna uitsluitend ruimteverwarming en de bereiding van warm tapwater. De niet-energetische emissies zijn bijvoorbeeld emissies van septische putten en emissies van tankstations. Ook de voornaamste aannamen over de verwachte evolutie van de niet-energetische emissies worden in dit deel toegelicht. Indirecte energetische emissies, zoals emissies door de productie van elektriciteit ter hoogte van gas-, steenkool- of oliecentrales, rekent het MIRA-team tot de sector energie. Deel 5 beschrijft kort deze emissies voor de huishoudens en de sector handel & diensten. Tot slot komen de conclusies voor het beleid aan bod in deel 6.

3.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning

Het model SAVER-LEAP

Het energie-accountingmodel SAVER-LEAP heeft voor de verschillende beleidsscenario's zowel het energiegebruik als de bijhorende energetische emissies van de huishoudens en de sector handel & diensten berekend. De databank van het model bevat voor de berekening van de emissies een groot aantal voorgedefinieerde emissiefac-

toren, per energiedrager en per toepassing[1]. Het model neemt bij de berekeningen bovendien een groot aantal gedetailleerde technische en gedragmaatregelen in acht. Technische maatregelen in het model zijn bijvoorbeeld betere isolatie of zuinigere verwarmingsinstallaties. Gedragmaatregelen hebben betrekking op gedragwijzigingen. Deze veranderingen worden verdeeld in enerzijds investerings- of aankoopgedrag (bijvoorbeeld het bewust kiezen voor een energieneutrale woning of voor energiezuinige huishoudelijke toestellen) en anderzijds gebruiksgedrag (bijvoorbeeld de thermostaat een graadje lager zetten, energiezuinig koken, enzovoort).

Bij het toepassen van de maatregelen is expliciet rekening gehouden met de filosofie van de Trias Energetica. Dat is een door de Technische Universiteit Delft ontwikkelde strategie om een zo duurzaam mogelijke energievoorziening te behalen in drie stappen:

1 De energievraag maximaal verminderen, onder meer door een optimale isolatie en ventilatie van het gebouw, door het gebruik van energie-efficiënte apparaten en energiebesparende verlichting, door het vermijden van sluipgebruik bij elektrische toestellen, door het licht uit te doen in niet gebruikte ruimtes en de thermostaat een graadje lager te zetten.
2 Hernieuwbare energiebronnen optimaal aanwenden, onder meer door het gebruik van passieve hernieuwbare energie zoals zonnewarmte of omgevingswarmte, daglicht en natuurlijke ventilatie, door het zelf produceren van energie op basis van hernieuwbare energiebronnen (bijvoorbeeld door zonneboilers, fotovoltaïsche panelen (PV) en/of kleinschalige windturbines) en door gebruik te maken van compacte energieopslag, hetzij lokaal, hetzij door gebruik te maken van aan het net of een 'levende kern' geconnecteerde systemen.
3 Zo efficiënt mogelijk gebruikmaken van fossiele energiebronnen voor het eventueel resterende energiegebruik, onder meer door technologieën zoals gasgedreven warmtepompen of micro-WKK.

Het deel 'Scenario's en maatregelen' beschrijft in hoeverre de verschillende scenario's deze maatregelen toepassen.

Bij de analyse van de scenario's is er rekening gehouden met de volgende autonome evoluties:

- Voor alle scenario's en voor alle jaren is 1 714 graaddagen de norm, rekening houdend met de klimaatverandering en de duidelijk dalende trend van het aantal graaddagen sinds 2003. Aan de hand van het aantal graaddagen wordt de verwarmingsbehoefte in een jaar uitgedrukt.
- De evolutie van de bruto vloeroppervlaktes vormt de basis om de evolutie van het te verwarmen volume in te schatten. De bruto vloeroppervlakte van handel & diensten neemt tussen 2006 en 2030 toe met 25,5 %, en voor huishoudens met 24,3 %. Voor handel & diensten is de evolutie van de vloeroppervlaktes gebaseerd op de economische groei per deelsector, vertaald in termen van tewerkstelling. Voor huishoudens is dit gekoppeld aan de demografische ontwikkeling en de samenstelling van de huishoudens. Zij bepalen in essentie het aantal vereiste woningen. MIRA veron-

derstelt een 'zwakke gezinsverdunning', waarbij het aantal gezinnen in Vlaanderen evolueert van ongeveer 2,5 miljoen in 2006 naar ongeveer 3,2 miljoen in 2030. Dit is een stijging van 27,7 %.

Scenario's en maatregelen

Het model SAVER-LEAP heeft voor huishoudens en handel & diensten afzonderlijk drie scenario's doorgerekend: het referentiescenario (REF), het Europa-scenario (EUR) en het visionaire scenario (VISI). Het referentiejaar voor de analyse van de scenario's is telkens 2006. Het eindjaar is 2030.

- Het REF-scenario gaat uit van het huidige milieubeleid met de wet- en regelgeving die al van kracht was op 1 april 2008. Ook lopende convenanten behoren hiertoe.
- Het EUR-scenario past de maatregelen toe die het mogelijk maken de Europese middellangetermijndoelen te halen. Hiertoe behoren bijvoorbeeld de doelstellingen in het kader van het Europese Klimaat- en Energiepakket (dat onder andere bepaalt dat hernieuwbare energie 20 % uitmaakt van het totale energiegebruik tegen 2020). Hoofdstuk 1 Beleidsscenario's licht dit verder toe.
- Het VISI-scenario is het meest ambitieuze scenario: het is opgebouwd rond de langetermijndoelstelling voor klimaatverandering, zoals gehanteerd in de Milieuverkenning 2030. Deze doelstelling vergt een emissiereductie van broeikasgassen ten opzichte van 1990 met 60 tot 80 % tegen 2050, en met 50 % tegen 2030.

Voor huishoudens is ook een variant op het REF-scenario doorgerekend: het REF-MIN-scenario. Dit scenario sluit beter aan bij eerdere, vergelijkbare studies op het vlak van energiegebruik bij huishoudens. Strikt gezien is een aantal veronderstellingen van het REF-scenario immers gebaseerd op zaken die op 1 april 2008 nog niet tot het officiële energie- en klimaatbeleid in Vlaanderen behoorden (onder andere het Energierenovatieprogramma 2020 en het Europese verbod op gloeilampen). In het REF-MIN-scenario worden deze aannamen afgezwakt. Het REF-scenario voor huishoudens kan men dus beschouwen als een 'optimistische' doorwerking van het huidige beleid, het REF-MIN-scenario als een eerder 'pessimistische' benadering.

Voor de analyse van het energiegebruik en de energetische emissies, zijn de verschillende beleidsscenario's gebaseerd op verschillende uitgangspunten over de verwachte sloop en nieuwbouw, over energiebesparingsmaatregelen en hun penetratie, over de evolutie van de energiemix en over de zelfopwekking van groene stroom en warmte. Elk scenario bevat verschillende maatregelen voor 'nieuwe' gebouwen (nieuwbouw en verbouwing/renovatie) en voor 'bestaande' gebouwen. Zo kan men rekening houden met de regelgeving rond energieprestatie en binnenklimaat (EPB).

Het REF-scenario

In het REF-scenario worden relatief weinig gebouwen per jaar gesloopt. Alle gebouwen uit 2006 die in 2030 nog in gebruik zijn, hebben na een grondige renovatie goed geïsoleerde daken en vensters. Luchtdichtheid en ventilatie verbeteren lichtjes. Er

bestaat geen toenemende nood aan mechanische koeling (bijvoorbeeld airconditioning). Voor nieuwbouw gelden de huidige energieprestatie- en binnenklimaatnormen (EPB-normen). Alle verwarmingsinstallaties hebben tegen 2030 een zeer hoog rendement, en werken in de eerste plaats op aardgas. Koken gebeurt bijna uitsluitend op gas. In 2030 is er enkel nog efficiënte verlichting (spaar- of buislampen). Alle elektrische apparaten voldoen aan de huidige normen (energielabel). Mensen passen hun gedrag niet merkbaar aan. De productie van eigen groene stroom met zonnecellen op de daken neemt sterk toe ten opzichte van 2006, maar minder sterk dan in de andere scenario's. Hierdoor blijft het aandeel in het totale elektriciteitsgebruik vrij beperkt.

Het REF-MIN-scenario

Het REF-MIN-scenario voor de huishoudens behoudt de meeste uitgangspunten van het REF-scenario, maar gaat er wel van uit dat in plaats van 100 % slechts 10 % van de woningen uit 2006 die in 2030 nog niet gesloopt zijn, grondig worden gerenoveerd. Een grondige renovatie betekent een betere dakisolatie en het installeren van hoogrendementbeglazing, efficiëntere verwarming en verlichting. Voor de niet grondig gerenoveerde gebouwen blijft de toestand min of meer gelijk aan deze van 2006. Ook de mix van energiedragers is in dit scenario aangepast. De vervanging van huisbrandolie door aardgas is minder uitgesproken. Het aandeel van elektriciteit (voor verwarming) en dat van biomassa blijven ongeveer op het niveau van 2006. LPG (propaan en/of butaan) en steenkool zijn nog niet volledig verdwenen in 2030. Tot slot veronderstelt dit scenario dat in 2030 een klein maar significant deel van de gerenoveerde woningen met airconditioning uitgerust zal zijn.

Het EUR-scenario

Het EUR-scenario gaat uit van een versnelde afbraak van oude woningen. De EPB-normen voor nieuwbouw worden strenger. Er is – zeker voor wat betreft handel & diensten – meer aandacht voor natuurlijke koeling. Voor wat betreft verwarming en warm tapwater neemt het aandeel van zonnewarmte (zonneboilers) en omgevingswarmte (warmtepompboilers) toe, ten nadele van fossiele brandstoffen. Er is een schuchter begin van warmtekrachtkoppeling (WKK) op lokaal niveau. De verlichting is tegen 2030 niet alleen efficiënt, maar men zal – voornamelijk in handel & diensten – ook optimaal gebruik proberen maken van daglicht. De bevolking past in zekere mate haar gedrag aan: zo gaan mensen bijvoorbeeld energiezuiniger koken, minder warm water gebruiken en het stand-by gebruik van apparaten beperken. Het opwekken van eigen groene stroom neemt sterker toe dan in het REF-scenario, nog altijd vooral via zonnepanelen en heel beperkt met kleine windmolens op de daken.

Het VISI-scenario

Het uitgangspunt in het VISI-scenario is dat doorgedreven maatregelen noodzakelijk zijn met het oog op een duurzame toekomst. De doelstellingen zijn onder meer een 60 à 80 % emissiereductie van broeikasgassen tegen 2050, met een halvering van de emissies in 2030 ten opzichte van 1990, en het realiseren van een koolstofarme economie. Voor het energiegebruik is de doelstelling om tegen 2050 de gebouwde omgeving te transformeren tot 'levende kernen', waarin per inwoner een bepaalde oppervlakte is voorzien voor groen, wonen, ontspannen, winkelen, werken ... Men streeft naar 'energieneutraliteit' voor de levende kernen. Energieneutraal betekent dat men op jaarbasis evenveel energie produceert als men consumeert.

Een versnelde sloop en heropbouw van het gebouwenpark zijn in het VISI-scenario vereist. Dit vergt enerzijds zware inspanningen van de bouwsector, maar creëert anderzijds ook kansen voor innovatie en meer werkgelegenheid. Zowel voor nieuwbouw als grondige renovatie wordt het 'extreem lage energiegebouw' de norm, met zeer sterk doorgedreven thermische isolatie en luchtdichtheid, en met zoveel mogelijk herwinning van afvalwarmte (afgevoerde ventilatielucht, warm afvalwater). Aaneensluitend en compact bouwen zorgen samen met zongeoriënteerd bouwen (zonneverkaveling) voor zo weinig mogelijk warmteverliezen en zoveel mogelijk zonnewinsten. Het optimaal gebruikmaken van daglicht en natuurlijke koeling zijn hierbij vanzelfsprekendheden. De installaties voor verwarming en de bereiding van warm tapwater zijn zoveel mogelijk gebaseerd op hernieuwbare energie: zonnewarmte, omgevingswarmte en biomassa. Lokale WKK, vooral bio-WKK, neemt in de levende kernen een belangrijke plaats in. Voor wasmachines en vaatwassers maken de levende kernen meer en meer gebruik van een gedeeld lokaal 'warmwaternet'. Er is een sterke technologische vooruitgang op het vlak van energieopslag, en van intelligente apparaten die nog iets energiezuiniger zijn dan de meest energiezuinige toestellen vandaag. De levende kernen staan meer en meer in voor de eigen productie van groene stroom en groene warmte, door een doorgedreven gebruik van gezamenlijke zonnepanelen, zonneboilers, lokale windturbines en bio-WKK.

3.2 Energiegebruik

Totaal energiegebruik

FIGUREN 3.1 en 3.2 tonen de evolutie van het totale energiegebruik door respectievelijk huishoudens en handel & diensten.

De maatregelen van het REF-MIN-scenario bij de huishoudens zijn onvoldoende om het energiegebruik te verminderen. Het REF-scenario volstaat wel om het energiegebruik in 2030 ten opzichte van 2006 te doen afnemen met 15,5 %. Op het einde van de periode stijgt het energiegebruik licht, omdat de implementatie van

technische en gedragmaatregelen op termijn het volume-effect (een stijgend aantal gezinnen) niet meer compenseert. In het EUR-scenario daalt het energiegebruik met 43,4 %, en in het VISI-scenario met 62,1 %. Bij handel & diensten kan het REF-scenario ten opzichte van 2006 net niet zorgen voor een daling van het energiegebruik in 2030. In het EUR-scenario neemt het energiegebruik met meer dan een vijfde af, in het VISI- scenario gaat het energiegebruik zelfs met meer dan een derde achteruit.

Dat energiebesparing nog talloze mogelijkheden biedt, vooral bij huishoudens, komt in de eerste plaats door de lage energiekwaliteit van de bestaande woningen in Vlaanderen. Een verbetering van bijvoorbeeld de isolatiegraad van daken en vensters en het dichten van kieren kan daardoor al een grote impact hebben.

FIG. 3.1 *Energiegebruik door huishoudens in het REF-MIN-, het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

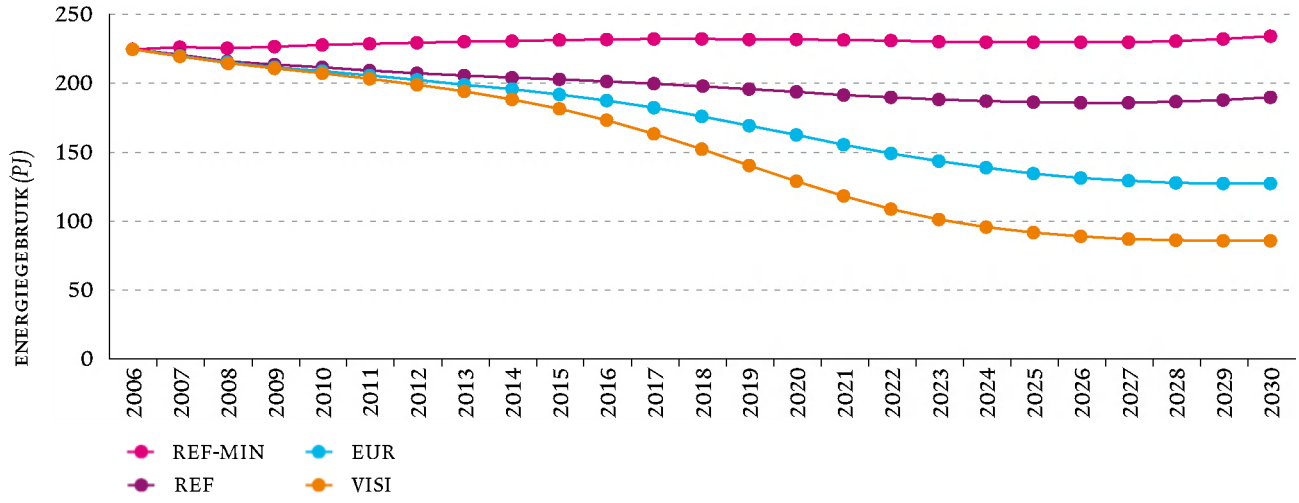
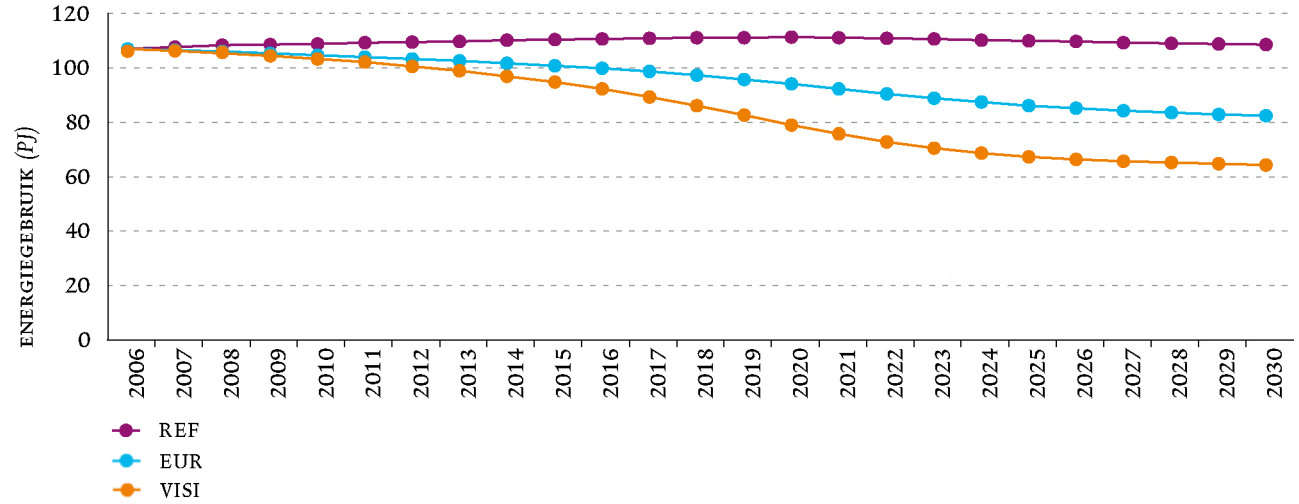


FIG. 3.2 *Energiegebruik door handel & diensten in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Aandelen van de energiefuncties

FIGUREN 3.3 en 3.4 tonen hoeveel energie de sectoren huishoudens en handel & diensten in 2006 en in 2030 gebruiken voor verschillende doeleinden (de zogenaamde energiefuncties). Ruimteverwarming en -koeling, hulpfuncties (elektriciteit voor pompen en ventilatoren, waakvlammen), bevochtiging en verlichting zijn gebouwgebonden energiefuncties. Voor apparaten en huishoudtoestellen bestaat er een onderscheid tussen de bereiding van warm tapwater (bijvoorbeeld voor bad en douche), koken, grote elektronische apparaten (kantoorapparatuur bij handel & diensten, multimedia-apparatuur inclusief pc's en printers bij huishoudens), het koelen of vriezen van drank en voedsel, en overige apparaten.

FIG. 3.3 *Aandelen van de energiefuncties bij huishoudens in het REF-MIN-, het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*

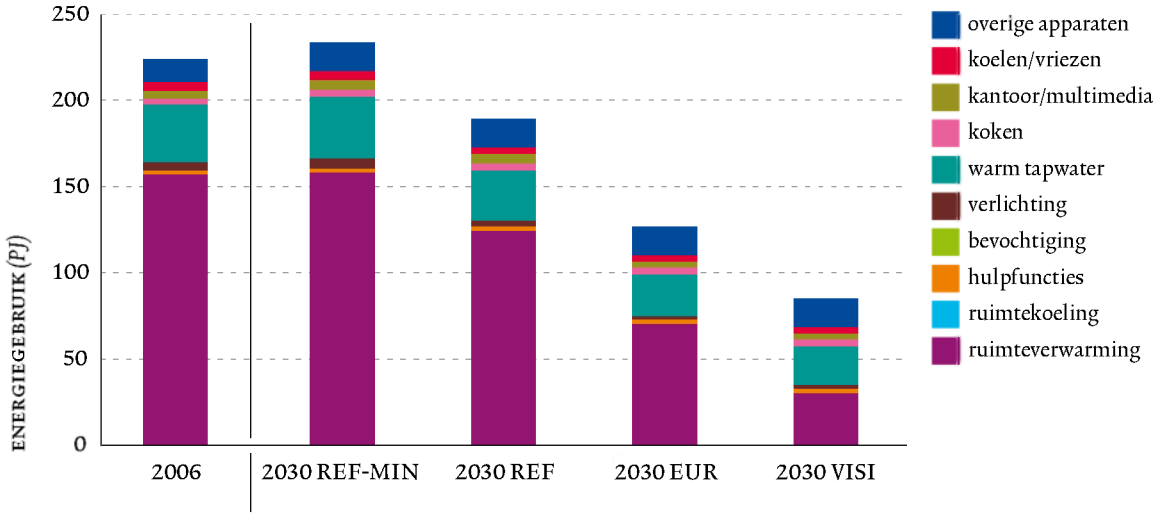
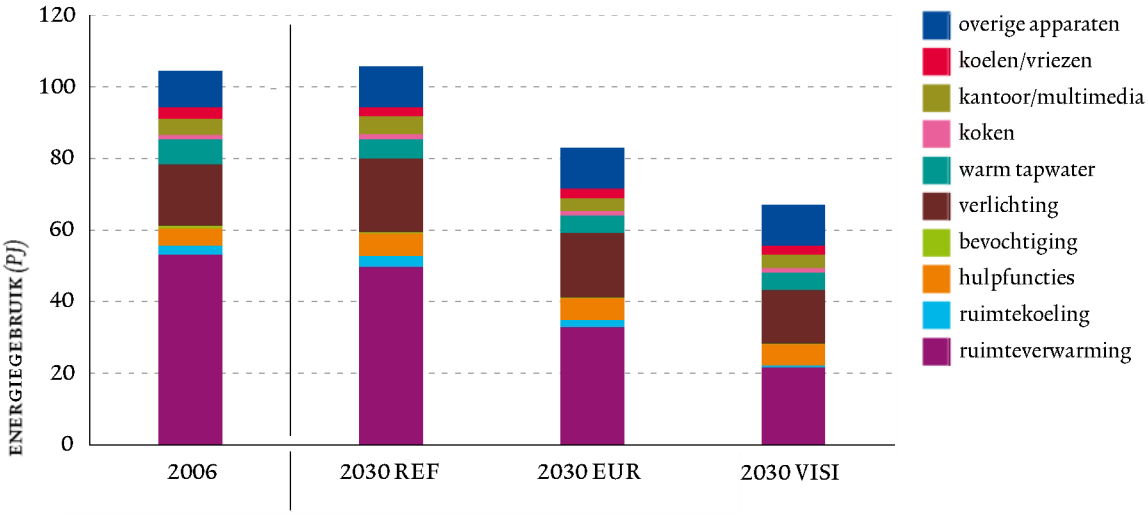


FIG. 3.4 *Aandelen van de energiefuncties bij handel & diensten in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*



In 2006 is ruimteverwarming de grootste energieslokop, zowel bij huishoudens (70 % van de energievraag) als bij handel & diensten (50 %). De bereiding van warm tapwater is vooral in het energiegebruik van de huishoudens belangrijk (15 % van het totaal, vergeleken bij 7 % bij handel & diensten). Een significant deel van het energiegebruik bij handel & diensten gaat naar verlichting (17 %), bij huishoudens is dit slechts 2 %.

Zowel in het EUR-scenario als in het VISI-scenario daalt het aandeel van ruimteverwarming voor beide sectoren sterk. Dat is niet zo verwonderlijk: de grootste besparingen spelen zich immers af op het vlak van ruimteverwarming. Hoewel het energiegebruik voor de bereiding van warm tapwater daalt, neemt het relatieve belang hierdoor toe. In het VISI-scenario is de vraag naar warmte voor warm tapwater bij huishoudens zelfs min of meer gelijk aan de vraag naar ruimteverwarming[2]. Voor de overige energiefuncties zijn de verschuivingen minder uitgesproken. Hoewel er voor verlichting en bijna alle toestellen sprake is van grote tot zeer grote dalingen van het elektriciteitsgebruik, neemt hun aandeel in het totale energiegebruik toe, juist omdat de daling voor ruimteverwarming zo groot is. Het elektriciteitsgebruik voor hulpfuncties neemt toe, ondanks het gebruik van meer energiezuinige pompen en ventilatoren. Dit is voornamelijk het gevolg van de toename van mechanische ventilatie. Een grote onbekende is 'overige toestellen': dit zijn andere toestellen dan degene die gebruikt worden voor koelen/vriezen, multimedia en kantoorapparatuur. Apparaten die vandaag nauwelijks of geen marktaandeel hebben, kunnen in de toekomst het elektriciteitsgebruik in sterke mate bepalen. Dit hoofdstuk laat dit gebruik mee evolueren met het aantal woningen of gebouwen, zodat het relatieve belang van deze categorie in de toekomst toeneemt.

Opvallend is dat het energiegebruik voor ruimteverwarming, voor de bereiding van warm tapwater en voor de verlichting stijgt in het REF-MIN-scenario, terwijl in het REF-scenario voor al deze functies sprake is van een sterke afname. Dit is logisch: het REF-scenario vertrekt van de veronderstelling dat alle daken worden geïsoleerd, dat enkel of dubbel glas door hoogrendementbeglazing vervangen wordt, dat condenserende ketels alle oude en inefficiënte verwarmingsinstallaties vervangen en dat gloeilampen plaats moeten ruimen voor spaarlampen. Het REF-MIN-scenario daarentegen gaat ervan uit dat deze maatregelen relatief beperkt blijven.

De energiemix

Naast het energiegebruik speelt ook de energiemix – dat is het aandeel van de verschillende energiedragers – een belangrijke rol in de evolutie van de energetische emissies van huishoudens en handel & diensten.

FIGUREN 3.5 en 3.6 tonen de energiemix in 2006 en 2030 voor respectievelijk huishoudens en handel & diensten. Het aandeel van fossiele brandstoffen – aardgas, huisbrandolie ('mazout') en andere fossiele brandstoffen (steenkool, LPG en 'zware' stookolie) – wordt onderaan de balken weergegeven. Biomassa slaat op het

gebruik van hout of houtpellets in haarden, kachels en ketels. Elektriciteit wordt opgesplitst naar 'eigen invulling', 'extern WKK' en 'extern niet-WKK'. 'Eigen invulling' slaat op het deel van de elektriciteitsbehoefte dat de huishoudens en handel & diensten zelf invullen door het opwekken van groene stroom via zonnepanelen (PV), microwindturbines en micro-WKK via Stirlingmotoren. Voor de resterende elektriciteit zijn huishoudens en handel & diensten afhankelijk van externe aanlevering, afkomstig van lokale warmtekrachtkoppeling ('extern WKK') of van gecentraliseerde elektriciteitsopwekking zoals kern- of steenkoolcentrales ('extern niet-WKK'). Bovenaan de balken tonen de figuren in welke mate men warmte aanwendt als energiedrager voor de verwarming van ruimtes en voor de bereiding van warm tapwater. Huishoudens en handel & diensten staan zelf in voor een deel van hun warmtebehoefte ('eigen invulling'), door middel van zonneboilers (zonnewarmte) en warmtepompen (omgevingswarmte). De overige warmte is afkomstig van lokale warmtekrachtkoppeling ('extern WKK').

FIG. 3.5 *Energiemix bij huishoudens in het REF-MIN-, het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*

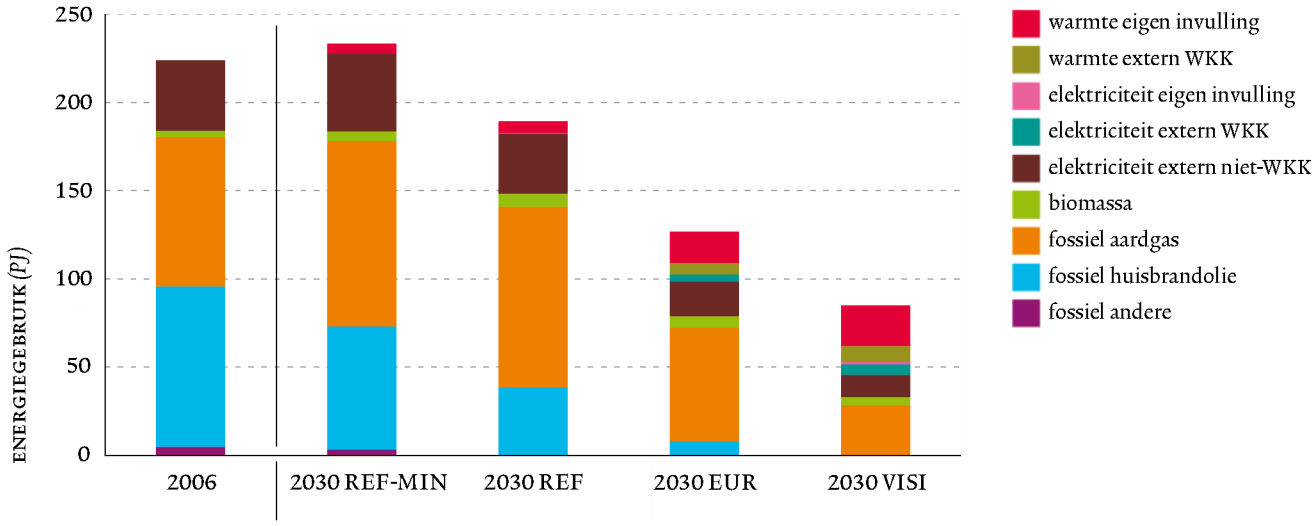
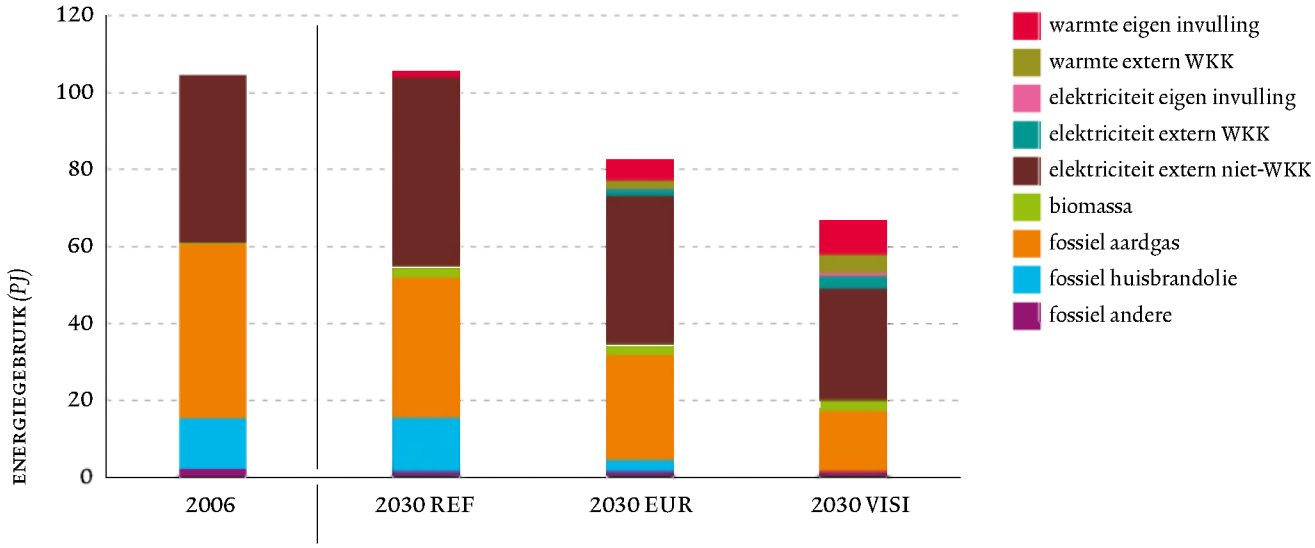


FIG. 3.6 *Energiemix bij handel & diensten in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*



Energiemix in 2006

De energiemix is verschillend voor huishoudens en handel & diensten. Zowel bij huishoudens als bij handel & diensten vult het gebruik van fossiele brandstoffen in 2006 een zeer groot deel van de energiebehoefte in. Het aandeel van huisbrandolie ('mazout') en van aardgas is bij huishoudens ongeveer gelijk (40,6 % en 37,8 % van het totale energiegebruik). Bij handel & diensten is aardgas de dominante brandstof met een aandeel van 44 %: deze sector wendt huisbrandolie in veel mindere mate aan dan huishoudens. Huisbrandolie maakt maar 12,7 % uit van het totale energiegebruik in handel & diensten. De huishoudens gebruiken in 2006 nog een kleine, maar niet te verwaarlozen hoeveelheid steenkool. Zware, zwavelrijke stookolie komt enkel voor bij handel & diensten. Zowel handel & diensten als huishoudens maken nog een weinig gebruik van LPG. Het aandeel van elektriciteit is opvallend groter bij handel & diensten (bijna de helft) dan bij huishoudens (ongeveer een vijfde). Dit komt omdat de verlichting en een groot aantal apparaten in onder meer kantoren, winkels, scholen en ziekenhuizen heel de dag door werken (en soms ook 's nachts blijven aanstaan). Bovendien is er meer nood aan ruimtekoeling en mechanische ventilatie (airconditioning) dan bij de huishoudens. Biomassa (hoofdzakelijk hout of houtpellets) neemt een klein aandeel in bij de huishoudens en wordt vooral in kachels of open haarden gebruikt. Bij handel & diensten is het gebruik van biomassa uiterst beperkt. De inbreng van WKK, zelfopgewekte groene stroom, zonne- en omgevingswarmte is in 2006 voor beide sectoren verwaarloosbaar klein.

Evolutie van de energiemix

Zowel bij huishoudens als bij handel & diensten zijn er vooral in het EUR-scenario en het VISI-scenario grote verschuivingen in de energiemix.

Het gebruik van fossiele brandstoffen blijft in het REF-MIN-scenario bij huishoudens ongeveer gelijk, maar kent in alle andere scenario's een daling in 2030 ten opzichte van 2006. In het VISI-scenario bedraagt bij de sector huishoudens het gebruik van fossiele brandstoffen nog maar een derde in 2030 ten opzichte van 2006. Het bestaat dan uitsluitend uit aardgas. Bij handel & diensten daalt het aandeel van fossiele brandstoffen in het eindgebruik tot iets meer dan een derde (in het EUR-scenario) of iets minder dan een kwart (in het VISI-scenario). Steenkool en petroleumproducten zoals olie en LPG zijn in het EUR-scenario bijna en in het VISI-scenario helemaal verdwenen.

Het gebruik van biomassa (hout of houtpellets) neemt in alle scenario's toe, zowel bij huishoudens als bij handel & diensten. Het REF-scenario kent telkens de grootste absolute toename. Het aandeel van biomassa in het totale energiegebruik blijft echter beperkt.

Het elektriciteitsgebruik bij huishoudens neemt in het REF-MIN-scenario nog vrij sterk toe. Dit scenario veronderstelt dat elektrische verwarming niet helemaal verdwijnt, dat er een toename is van airconditioning, dat inefficiënte huishoudelijke toestellen minder snel vervangen worden (of als tweede toestel dienen, zoals koel- of vrieskasten in kelder of garage), en dat spaarlampen gloeilampen niet vol-

ledig vervangen. Ook in het REF-scenario bij handel & diensten stijgt het elektriciteitsgebruik sterk. In de andere scenario's daalt het elektriciteitsgebruik. Deze energievorm blijft in het EUR- en in het VISI-scenario bij handel & diensten procentueel wel belangrijk. Het aandeel in het totale energiegebruik neemt zelfs licht toe: zelfs energiezuinige gebouwen hebben elektriciteit nodig, onder andere voor energiezuinige pompen, ventilatoren, verlichting en apparaten. In die zin kan men spreken van een zeer beperkte 'elektrificatie'.

Hernieuwbare energie

Een deel van de vraag naar elektriciteit wordt zowel bij huishoudens als bij handel & diensten ingevuld door groene stroom van lokale warmtekrachtkoppeling (WKK op wijkniveau) en zonnepanelen (PV), en in mindere mate microwindturbines en micro-WKK. Bij handel & diensten is de groene stroom – zeker in het VISI-scenario – hoofdzakelijk afkomstig van lokale WKK op basis van biomassa. Ondanks hun toenemend belang voorzien al deze technieken zelfs in het VISI-scenario maar in 12 % van de elektriciteitsbehoefte van handel & diensten. Er zijn technologische doorbraken nodig (onder meer op het gebied van energieopslag en -distributie) om ervoor te zorgen dat in de periode tussen 2030 en 2050 de sector handel & diensten veel meer zelfvoorzienend wordt. Bij de sector huishoudens zorgt de halvering van het elektriciteitsgebruik in het VISI-scenario, in combinatie met de sterke stijging van de opwekking van (eigen of lokale) groene stroom, ervoor dat de huishoudens in 2030 voor meer dan een derde hun eigen elektriciteitsbehoefte dekken. De doelstelling van 100 % energieneutraliteit van de gebouwde omgeving tegen 2050 komt hierdoor binnen bereik, hoewel technologische doorbraken voor een verdere versnelling moeten zorgen. Door de relatief grote hoeveelheid gunstig gelegen dak- (en muur) oppervlakte in Vlaanderen is er een sterke toename van fotovoltaïsche panelen (PV). In het VISI-scenario wordt dit nog versterkt door het systematisch zongeoriënteerde bouwen in levende kernen. Maar net zoals bij handel & diensten is de groene stroom voor het merendeel afkomstig van lokale WKK.

De grote succesverhalen in het VISI-scenario zijn zonnewarmte, omgevingswarmte en externe warmtelevering (lokale WKK). Dit is in aanzienlijke mate te danken aan het concept van 'levende kernen', waarin (kleinschalige) warmtedistributienetten en zonneverkaveling bijna vanzelfsprekendheden zijn. Bij de huishoudens voorzien zonnewarmte en omgevingswarmte samen in een kwart van de energiebehoefte, en lokale WKK nog eens 11 %. Bij handel & diensten behalen zonnewarmte en omgevingswarmte samen een aandeel van 14 %, en lokale WKK 7,5 %.

3.3 Emissie van broeikasgassen

FIGUREN 3.7 en 3.8 tonen de evolutie van de broeikasgasemissie (de som van de emissie van koolstofdioxide (CO_2), methaan (CH_4), stikstofdioxide (N_2O) en fluor-

FIG. 3.7 *Emissie van broeikasgassen door huishoudens in het REF-MIN-, het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

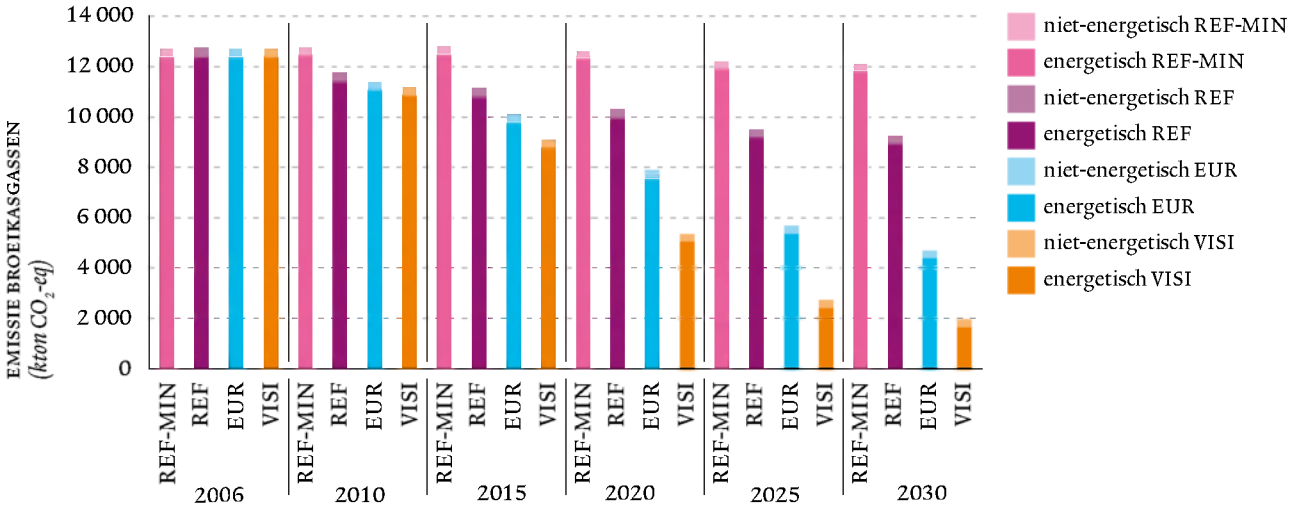
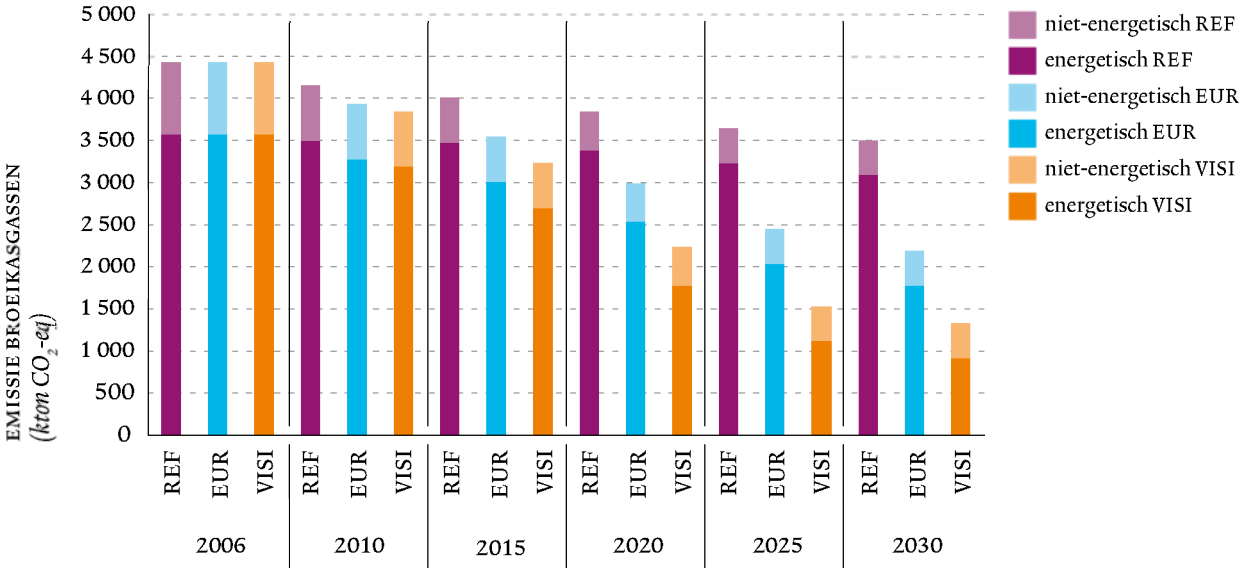


FIG. 3.8 *Emissie van broeikasgassen door handel & diensten in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



koolwaterstoffen (HFK's) naar de lucht) bij huishoudens en handel & diensten.

Zowel bij huishoudens als bij handel & diensten is de evolutie van de energetische emissie van broeikasgassen bijna uitsluitend het gevolg van de evolutie van de CO_2-emissie; de aandelen van CH_4 en N_2O zijn verwaarloosbaar klein. Het dalende energiegebruik en de wijzigende energiemix (het geleidelijke verminderen of zelfs verdwijnen van steenkool, huisbrandolie en zware stookolie ten gunste van aardgas en/of biomassa) zorgen bij beide sectoren voor opvallende dalingen van de emissie in het EUR-scenario en het VISI-scenario. Voor huishoudens is er sprake van een daling van 64 % en 86 % in respectievelijk het EUR- en het VISI-scenario. Bij handel & diensten is de daling in 2030 ten opzichte van 2006 minder sterk: 50 % in het EUR-scenario, 74 % in het VISI-scenario. De implementatie van technische en gedragmaat-

regelen bij de huishoudens in het REF-MIN-scenario is net voldoende om de emissie van broeikasgassen te verminderen (-5 %). In het REF-scenario daalt de broeikasgasemissie van de huishoudens veel sterker, met 27,8 %. Bij handel & diensten is er in het REF-scenario een afname van 13,4 %.

In het kader van het Europese Klimaat- en Energiepakket kreeg België voor de sectoren die niet onder het Europese Emissiehandelsysteem (ETS) vallen (huishoudens en het gros van handel & diensten, landbouw en transport) een reductiedoelstelling opgelegd van 15 % in 2020 ten opzichte van 2005. Deze doelstelling is nog niet verdeeld naar de gewesten of naar individuele sectoren. Dit rapport hanteert voorlopig die -15 % als indicatieve doelstelling voor 2020 als doelstelling voor de sectoren huishoudens en handel & diensten. Dit komt neer op 10 531 kton CO_2-eq voor huishoudens en 3 038 kton CO_2-eq voor handel & diensten. Deze indicatieve doelstelling wordt bereikt in het REF-scenario bij de huishoudens[3], en in het EUR-scenario bij handel & diensten. Dankzij de ver doorgedreven maatregelen in het VISI-scenario kunnen beide sectoren ook de doelstellingen, nodig om de klimaatverandering te stabiliseren, behalen: een vermindering van de broeikasgasemissie met 60 % à 80 % in 2050 ten opzichte van 1990, of een vermindering met 50 % in 2030 ten opzichte van 1990.

De niet-energetische emissies van broeikasgassen van huishoudens bestaan grotendeels uit CH_4 en N_2O afkomstig van huishoudelijk afvalwater en septische putten. Alle scenario's gaan uit van een daling van de niet-energetische emissies in de periode tussen 2006 en 2030: dit is het gevolg van de veronderstelling dat de zoneringsplannen voor afvalwaterzuivering volledig worden uitgevoerd. Deze plannen voorzien dat tegen 2027 97 % van de inwoners van Vlaanderen zullen aangesloten zijn op rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). De overige huishoudens zuiveren hun afvalwater zelf met een individuele behandelingsinstallatie voor afvalwater (IBA).

De voornaamste niet-energetische emissies van broeikasgassen bij handel & diensten zijn CH_4-emissies door compostering en storten van afval, en N_2O-emissies van medische toepassingen. Alle scenario's veronderstellen dat de CH_4-emissies door stortplaatsen tegen 2030 sterk afnemen. Dat is te danken aan de beperking van de hoeveelheid gestort afval en het weghouden van biodegradeerbaar afval van de stortplaatsen (onder andere door doorgedreven selectieve inzameling). Bij gebrek aan informatie over de verwachte evolutie van de N_2O-emissies van medische toepassingen werden deze voor alle scenario's constant gehouden op het niveau van 2006.

3.4 Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof

Emissie van verzurende stoffen

FIGUREN 3.9 en 3.10 tonen de evolutie van de verzurende emissie (de som van de emissie van zwaveloxide (SO_x), stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH_3) naar de lucht) bij huishoudens en handel & diensten.

FIG. 3.9 *Verzurende emissie door huishoudens in het REF-MIN, het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

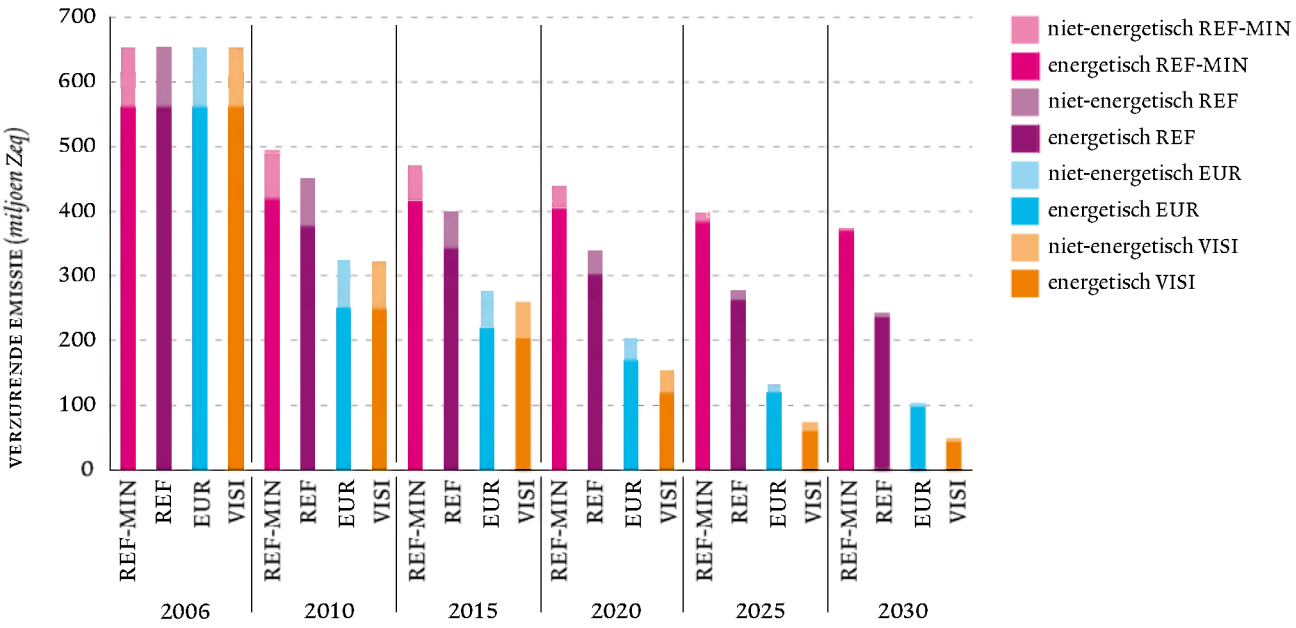
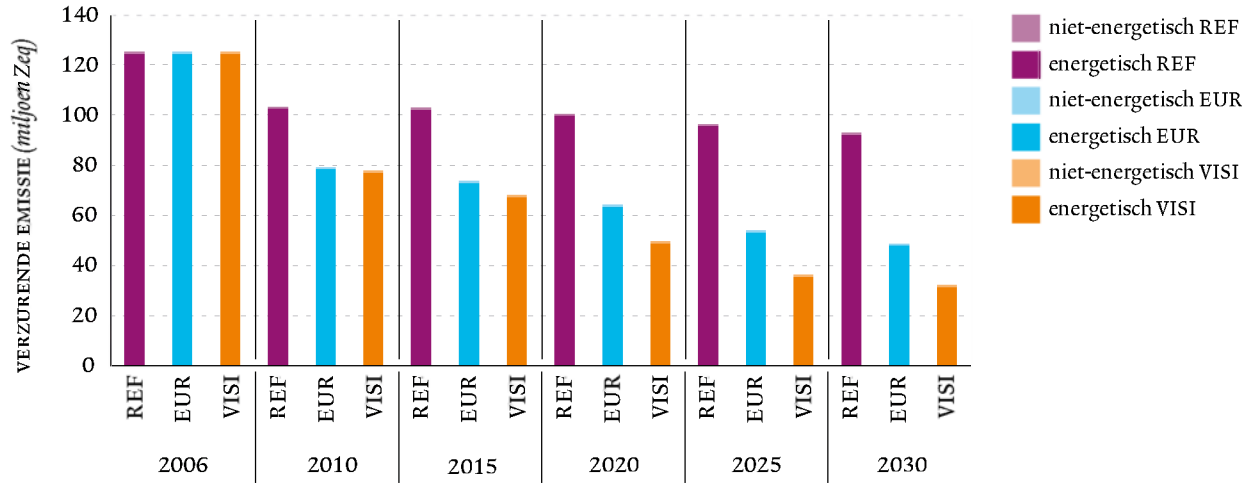


FIG. 3.10 *Verzurende emissie door handel & diensten in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Zowel bij huishoudens als bij handel & diensten bestaat de energetische emissie van verzurende stoffen bijna uitsluitend uit NO_x en SO_x. In beide sectoren is er een (zeer) sterke afname van de emissie in alle scenario's (tot wel -92 % in het VISI-scenario bij huishoudens, en -75 % bij handel & diensten). De sterke dalingen tussen 2006 en 2010 zijn het gevolg van de afname van het zwavelgehalte van huisbrandolie tot 1000 ppm (in het REF-MIN- en in het REF-scenario) of tot 10 ppm (in het EUR- en in het VISI-scenario). De dalingen tot 2030 kunnen verder verklaard worden door het dalende energiegebruik, maar ook en vooral doordat sterk vervuilende brandstoffen zoals huisbrandolie, zware stookolie en steenkool tegen 2030 (volledig) vervangen zijn door aardgas of hernieuwbare energiebronnen. Dat geldt zowel voor het EUR-scenario als voor het VISI-scenario. De verschillen tussen REF-MIN en REF bij de huishoudens zijn vooral te wijten aan het langer behouden van verouderde installaties, naast het gestegen energiegebruik. Bij de emissie van stikstofoxiden speelt namelijk niet alleen het soort brandstof maar ook het verbrandingsproces zelf een grote rol. De vervanging van oude ketels en kachels door nieuwere en efficiëntere exemplaren heeft een belangrijke invloed op de uitstoot van NO_x.

De niet-energetische emissies van verzurende stoffen van de huishoudens zijn emissies van NH_3 van septische putten. Alle scenario's gaan er van uit dat deze emissies in de periode tussen 2006 en 2030 sterk dalen, omdat het aantal septische putten sterk zal afnemen bij volledige uitvoering van de zoneringsplannen voor afvalwaterzuivering tegen 2027.

Bij handel & diensten zijn de niet-energetische emissies van verzurende stoffen vrijwel verwaarloosbaar (0,7 miljoen Zeq); dit zijn de emissies van NO_x en SO_x van individuele bedrijven. Bij gebrek aan informatie over de verwachte evolutie van deze emissies zijn ze voor alle scenario's constant gehouden op het niveau van 2006.

Emissie van ozonprecursoren

FIGUREN 3.11 en 3.12 tonen de evolutie van de emissie van ozonprecursoren (de som van de emissie van stikstofoxiden (NO_x), niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS), koolstofmonoxide (CO) en methaan (CH_4) naar de lucht) bij huishoudens en handel & diensten.

De evolutie van de energetische emissie van ozonprecursoren is bij handel & diensten grotendeels afhankelijk van de emissies van NO_x en NMVOS. Het aandeel van CO en CH_4 is vrij klein. Bij de huishoudens is de evolutie vooral afhankelijk van de emissies van NO_x, NMVOS en CO; ook hier is het aandeel van CH_4 zeer klein. Er is een lichte stijging van de emissie van ozonprecursoren in het REF-MIN-scenario bij huishoudens van 0,7 %. In het REF-scenario bij handel & diensten neemt de emissie met 5 % toe. In alle andere scenario's daalt de emissie. De verschillen tussen het REF-MIN- (+0,7 %) en het REF-scenario (-15,7 %) bij de huishoudens zijn, net zoals voor de verzurende emissie, vooral te wijten aan het langer behouden van verouderde installaties en het gestegen energiegebruik in het REF-MIN-scenario.

FIG. 3.11 *Emissie van ozonprecursoren door huishoudens in het REF-MIN-, het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

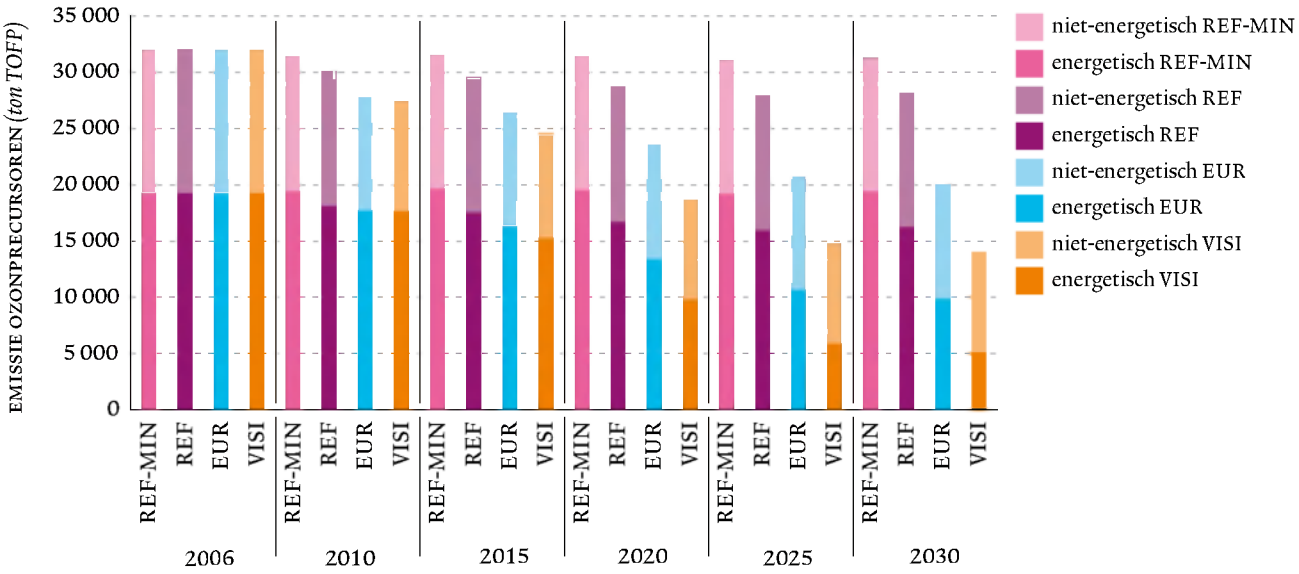
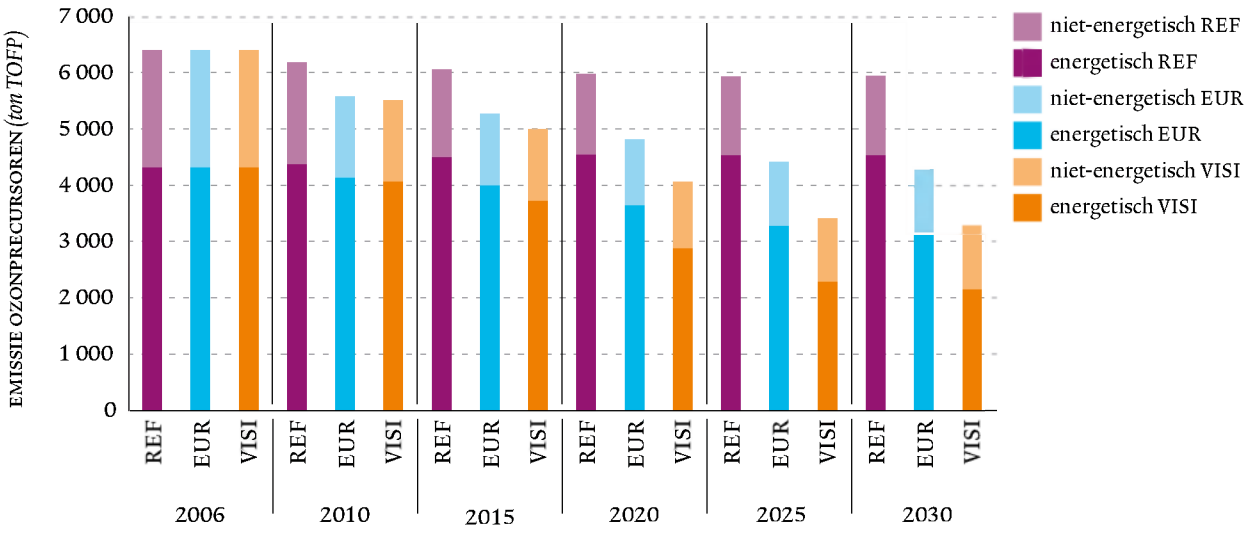


FIG. 3.12 *Emissie van ozonprecursoren door handel & diensten in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Opmerkelijk is dat de energetische emissie van NMVOS bij handel & diensten in *alle* scenario's vrij sterk toeneemt. Dat is voornamelijk het gevolg van het toenemende gebruik van biomassa (hout). Ook bij de huishoudens is er een stijging van de NMVOS-emissie in zowel het REF-MIN- als in het REF-scenario. Deze relatieve stijging is sterker uitgesproken in de sector handel & diensten, omdat de huishoudens in vergelijking al redelijk wat hout stoken in 2006.

De niet-energetische emissies van ozonprecursoren van de huishoudens bestaan vooral uit emissies van NMVOS ten gevolge van het gebruik van verf en huishoudelijke producten. Alle scenario's gaan er van uit dat deze emissies dalen

dankzij de overschakeling naar verven met een laag gehalte aan solventen, watergebaseerde verven en natuurverven.

Ook bij handel & diensten bestaan de niet-energetische emissies van ozonprecursoren vooral uit NMVOS-emissies. Tankstations veroorzaken meer dan de helft van deze emissies. De overige NMVOS-emissies van handel & diensten zijn afkomstig van aanverwanten van de petroleumsector, en van droogkuis. Alle scenario's nemen aan dat de NMVOS-emissies van tankstations in de periode tussen 2006 en 2030 dalen. Ze gaan er immers van uit dat alle tankstations vanaf 2010 maatregelen nemen om de uitstoot van VOS als gevolg van de opslag en distributie van benzine te verminderen (in uitvoering van de richtlijn van de Europese Unie hierover).

Emissie van fijn stof

FIGUREN 3.13 en 3.14 tonen de evolutie van de emissie van fijn stof bij huishoudens en handel & diensten. De figuren geven telkens enkel PM2,5 weer (de fractie van de stofdeeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 µm). Van PM10, PM2,5 en totaal fijn stof zijn dit de fijnste partikels, en het meest gevaarlijk voor de gezondheid. De evolutie van PM10 en totaal stof loopt telkens vrijwel gelijk met die van PM2,5.

De energetische emissie van fijn stof (PM2,5) stijgt in alle scenario's bij handel & diensten. In het REF-scenario neemt de emissie met 110 % toe, in het EUR-scenario met 40 % en in het VISI-scenario met 10 % in 2030 ten opzichte van 2006. De emissie van fijn stof staat in sterk verband met de samenstelling van de energiemix. De stofemissies van aardgas zijn beduidend kleiner dan die van huisbrandolie, zware stookolie en steenkool. De stofemissies door de verbranding van hout(pellets), afhankelijk van onder meer de gebruikte verbrandingstechnologie en de kwaliteit van het hout, zijn echter vele malen groter dan die van aardgas en niet-brandbare vormen van hernieuwbare energie zoals wind- en zonne-energie en omgevingswarmte. Dit is zelfs zo indien er rekening gehouden wordt met moderne, efficiënte verbrandingstechnieken. De veronderstelde sterke stijging in het gebruik van houtpelletketels in 2030 ten opzichte van 2006 verklaart dus de stijging in de emissie van fijn stof bij handel & diensten. In deze sector is het gebruik van hout in 2006 nog marginaal[4]. De emissie van fijn stof is vergeleken met het REF-scenario minder uitgesproken in het EUR-scenario, omdat een groter aandeel van omgevingswarmte in het EUR-scenario de veronderstelde sterke stijging van het aandeel van houtpelletketels in het REF-scenario gedeeltelijk compenseert.

Ook bij de huishoudens is er een stijging van de stofemissie in het REF-MIN-scenario met 8 %, en in het REF-scenario met 19 %. De belangrijkste oorzaak van deze stijging is ook hier de toename van het verbranden van hout(pellets) (in haarden, kachels of ketels). In het EUR-scenario en het VISI-scenario daalt de emissie van fijn stof bij huishoudens met respectievelijk 12 en 40 %. Het verloop in het VISI-scenario verschilt met dat van handel & diensten. Dat komt enerzijds omdat gezinnen in 2006

FIG. 3.13 *Emissie van fijn stof PM2,5 door huishoudens in het REF-MIN-, het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

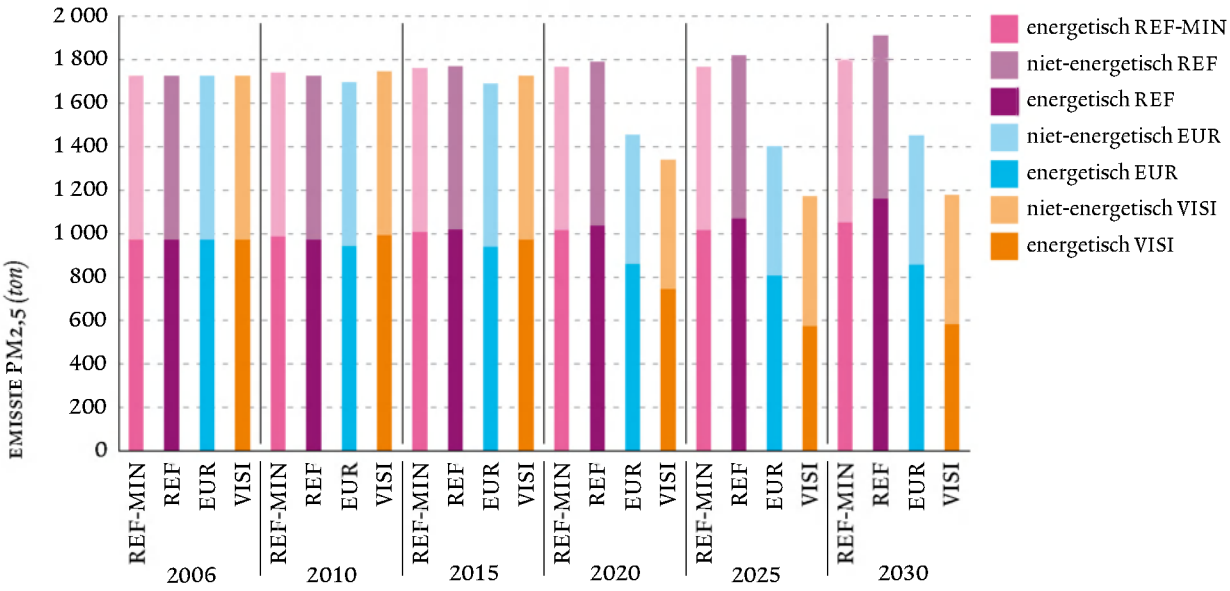
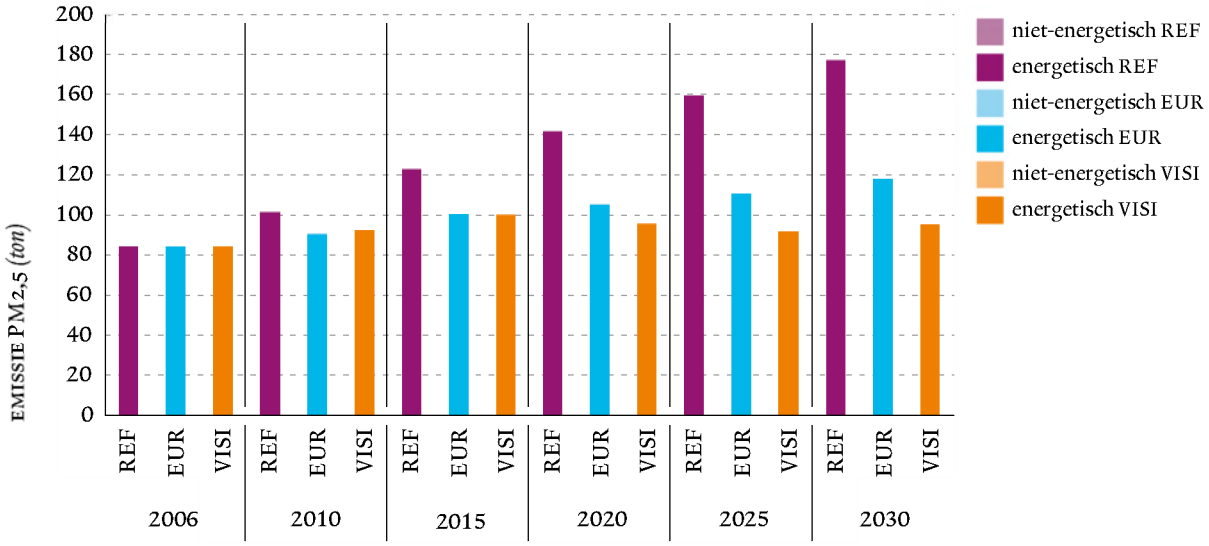


FIG. 3.14 *Emissie van fijn stof PM2,5 door handel & diensten in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



al redelijk wat houtverbranding toepassen; anderzijds verschuift de verbranding van zeer inefficiënte houtkachels of zelfs open haarden naar meer efficiënte vormen van houtverbranding, zoals houtpelletkachels of -ketels, en eventueel inbouwcasettes in plaats van open haarden voor de sfeer. Net zoals bij handel & diensten gaat het VISI-scenario uit van een minder snelle stijging van houtverbranding in vergelijking met de voorgaande scenario's, ten voordele van zonnewarmte, omgevingswarmte en warmte geleverd door derden (WKK).

De huishoudens veroorzaken niet-energetische emissies van fijn stof door onder meer afvalverbranding in open tonnetjes en open vuren (illegaal sinds 1981), barbecues en het roken van tabak. Er is weinig geweten over de verwachte evolutie van deze emissies. Alle scenario's (met uitzondering van het VISI-scenario) houden de emissies voor alle jaren constant op het niveau van 2006. In het VISI-scenario, dat uitgaat van 100 % naleving van het verbod op afvalverbranding in tonnetjes en open vuren vanaf 2020, dalen de stofemissies.

De niet-energetische emisssies van fijn stof van handel & diensten, namelijk verbrandingsemissies van crematoria, zijn vrijwel verwaarloosbaar (0,1 ton). Bij gebrek aan informatie over de verwachte evolutie van deze emissies werd in alle scenario's dit cijfer constant gehouden op het niveau van 2006.

3.5 Indirecte emissies door energiegebruik

De sectoren huishoudens en handel & diensten veroorzaken door hun energiegebruik niet alleen directe energetische emissies ter hoogte van residentiële en commerciële gebouwen. Ze zijn ook verantwoordelijk voor een aanzienlijke hoeveelheid indirecte energetische emissies. Dit zijn de emissies als gevolg van de productie van elektriciteit door de verbranding van fossiele brandstoffen en/of biomassa ter hoogte van gas-, steenkool- of oliecentrales. MIRA rekent deze emissies tot de sector energie, maar ze zijn in feite ook gekoppeld aan het gebruik van elektriciteit bij huishoudens en handel & diensten. Zo dragen ze bij tot de globale milieudruk van deze sectoren.

Zowel voor huishoudens als voor handel & diensten zijn de indirecte emissies door de productie van elektriciteit in 2006 aanzienlijk. Dat is het geval voor alle polluenten (broeikasgassen, verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof). Voor handel & diensten, waar elektriciteit in het totale energiegebruik een groot aandeel voor haar rekening neemt (zoals FIGUUR 3.6 toont), zijn deze indirecte emissies zelfs hoger dan de directe energetische emissies, veroorzaakt door (hoofdzakelijk) de verwarming van gebouwen en de bereiding van warm tapwater.

Het verloop van de emissies door de productie van elektriciteit wordt beïnvloed door enerzijds de netto elektriciteitsbehoefte van huishoudens en handel & diensten, en door anderzijds de brandstoffenmix (aandelen van de verschillende fossiele brandstoffen) en de efficiëntie van de elektriciteitsproductie, -transmissie en -distributie in Vlaanderen. De broeikasgas- en stofemissies die gepaard gaan met de productie van elektriciteit, stijgen nog sterk in het REF-scenario bij handel & diensten, en in het REF-MIN-scenario bij de huishoudens. Dit komt omdat het elektriciteitsgebruik stijgt, en omdat beide scenario's veronderstellen dat de emissies van broeikasgassen en van fijn stof per PJ elektriciteitsgebruik hoger liggen in 2030 dan in 2006. Dat is het gevolg van de keuzen over de technologieën die worden ingezet om in Vlaanderen elektriciteit te produceren (zie Hoofdstuk 7 Energieproductie). In het VISI-scenario dalen de indirecte emissies van alle vervuilende stoffen

sterk, zowel bij huishoudens als bij handel & diensten. Deze daling is gedeeltelijk toe te schrijven aan de afname van het elektriciteitsgebruik, maar is vooral te danken aan de doorbraak van groene stroom (zowel zelf opgewekte als extern aangeleverde groene stroom).

3.6 Conclusies voor het beleid

Zowel bij huishoudens als bij handel & diensten is het energiegebruik in 2006 verre van optimaal. De oorzaken zijn veelvuldig: veelal verouderde gebouwen met ontoereikende isolatie, nauwelijks aandacht voor gecontroleerde ventilatie, inefficiënte, verouderde en slecht onderhouden installaties voor ruimteverwarming en bereiding van warm tapwater, energieverslindende verlichting en een onzorgvuldig gebruik van een groot aantal elektrische apparaten en toestellen. Een groot deel van deze energiebehoefte wordt tegemoet gekomen door het gebruik van vervuilende fossiele brandstoffen. Ook het gebruik van elektriciteit zorgt indirect voor hoge emissies. Het toepassen van zonne-energie en omgevingswarmte voor het verwarmen en het koelen van ruimten of voor de productie van warm tapwater staat nog in de kinderschoenen, net zoals het zelf opwekken van groene stroom met zonnepanelen of kleine windturbines en het doordacht gebruik maken van natuurlijke ventilatie en van daglichtoptimalisatie.

Er is zowel bij de sector handel & diensten als bij de huishoudens duidelijk een bijzonder groot potentieel aanwezig om de emissies te verminderen. Dit kan door een maximale vermindering van de energievraag, door een optimaal gebruik van hernieuwbare energie, en door technologieën die zo efficiënt mogelijk gebruik maken van fossiele energiebronnen. De grootste resultaten voor een maximale vermindering van de finale energievraag zijn te bereiken op het gebied van ruimteverwarming.

De toekomstige evolutie bij ongewijzigd beleid is niet rooskleurig. Het aantal gebouwen neemt toe, onder meer door gezinsverdunning en groei van de dienstensectoren. Het bestaande gebouwenpark vernieuwt zich uiterst langzaam, en er zijn nog te weinig stimulansen voor doorgedreven gedragwijzigingen (zowel gebruiksgedrag als investerings- of aankoopgedrag). De huidige energieprestatienormen volstaan niet om een significante daling van het energiegebruik tegen 2030 teweeg te brengen. Zowel energiegebruik als vervuilende emissies zullen hierdoor tegen 2030 licht stijgen of onvoldoende afnemen.

Het goede nieuws is dat een aantal relatief eenvoudige maatregelen[5] voor de bestaande woningenvoorraad kan resulteren in een merkbare daling van het energiegebruik. Het isoleren van alle daken en van de gemakkelijk bereikbare vloeren, het isoleren van gevels voor zover dit stedenbouwkundig toelaatbaar is, het vervangen van enkelvoudige en gewone dubbelbeglazing door hoogrendementbeglazing, en het vervangen van oude stookketels door moderne ketels zorgen ervoor dat de Europese doelstellingen tegen 2020 haalbaar, en zelfs te overtreffen zijn. Het gelei-

delijk verstrengen van de energieprestatienormen voor nieuwbouw en de invoering van de energieprestatiecertificaten (EPC) met daaraan gekoppeld de verplichting om een minimum prestatie op te leggen aan bestaande woningen, zorgen voor een bijkomende daling.

Het wijzigen van de energiemix heeft een grote invloed op de emissies. Het geleidelijk aan verminderen van steenkool, huisbrandolie en zware stookolie ten voordele van aardgas en/of biomassa, doet de broeikasgasemissies en de verzurende emissies dalen. Het gebruik van hout als biobrandstof veroorzaakt echter hogere emissies van ozonprecursoren en fijn stof ten opzichte van aardgas of hernieuwbare bronnen zoals wind- en zonne-energie. Het is dan ook noodzakelijk de vraag te stellen onder welke voorwaarden houtpellets een duurzame vorm van energiegebruik kunnen zijn.

Om hernieuwbare energie (groene stroom van zonnepanelen en microwindturbines, zonne- en omgevingswarmte, en elektriciteit en warmte van lokale bio-WKK) in de energiebehoefte te laten voorzien, zijn technologische doorbraken nodig, onder meer op het gebied van energieopslag en -distributie. In het VISI-scenario bevordert het concept van 'levende kernen', waarin (kleinschalige) warmtedistributienetten en zonneverkaveling bijna vanzelfsprekendheden zijn, de toepassing van zonnewarmte, omgevingswarmte en externe warmtelevering. Door systematisch zongeörienteerd te bouwen, wordt het collectief potentieel van zonneboilers en zonnepanelen (PV) optimaal benut.

Op lange termijn (tegen 2050) is een drastische vermindering van het energiegebruik en de emissies noodzakelijk. Daarom is er nood aan 'transitie' (zie Hoofdstuk 14 Vlaanderen in transitie?). Er is niet alleen behoefte aan technologische innovatie (geholpen door steun voor onderzoek en ontwikkeling), maar bovendien moet het hele woonsysteem structureel veranderen. Deze processen zijn een werk van lange adem. Bovendien werken de maatregelen die men nu neemt nog vele jaren door omdat gebouwen een hoge levensduur hebben. Daarom is het cruciaal dat het 'bijsturen' nu al van start gaat.

NOTEN

1 Omwille van een aantal onzekerheden over de technologische evolutie van verbrandingstechnieken zijn een aantal emissiefactoren (NO_x, CO en fijn stof van stookinstallaties en houtpelletketels en -kachels) wellicht te hoog ingeschat, waardoor deze emissies tegen 2030 mogelijk aan de hoge kant liggen. In de huidige versie van SAVER-LEAP zijn ook de meest recente productnormeringen voor stookinstallaties nog niet opgenomen.

2 Het relatieve aandeel van warm tapwater is minder uitgesproken indien een verder doorgedreven energierecuperatie uit gebruikt warm tapwater verondersteld wordt.

3 Het uitgangspunt is de volledige implementatie van het Energierenovatieprogramma 2020 (isolatie van alle daken en vensters, vervanging van alle oude, inefficiënte verwarmingsinstallaties door moderne, efficiënte exemplaren) en vervanging van alle gloeilampen door spaar- of buislampen.

4 De vervanging van oude, bestaande houtpelletkachels en -ketels door moderne kachels en ketels kan weliswaar leiden tot verminderde (stof)emissies. Een significante toename van houtstook, waarbij niet alleen bestaande houtpelletkachels en -ketels maar ook andere verwarmingsinstallaties (zoals stookolieketels) worden vervangen, zal echter onvermijdelijk leiden tot meer (stof)emissies.

5 Technische maatregelen zoals het isoleren van een dak of het vervangen van beglazing zijn zowel technisch als economisch 'relatief eenvoudig' - economisch in de zin dat de return vrij groot is. Dit betekent dat men met een relatief kleine investering veel energie kan besparen en dus ook de kosten voor energiegebruik zullen dalen.

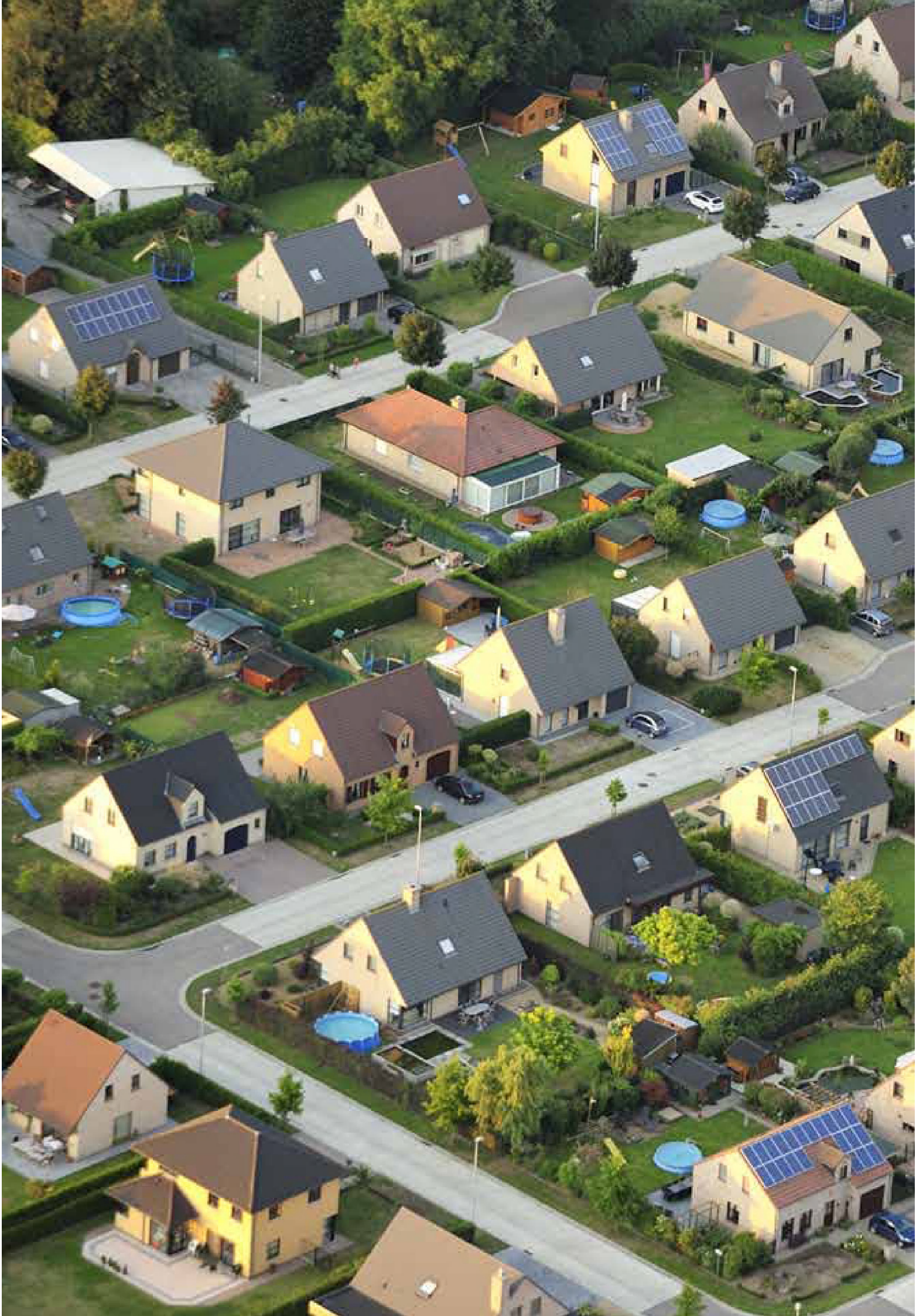
MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

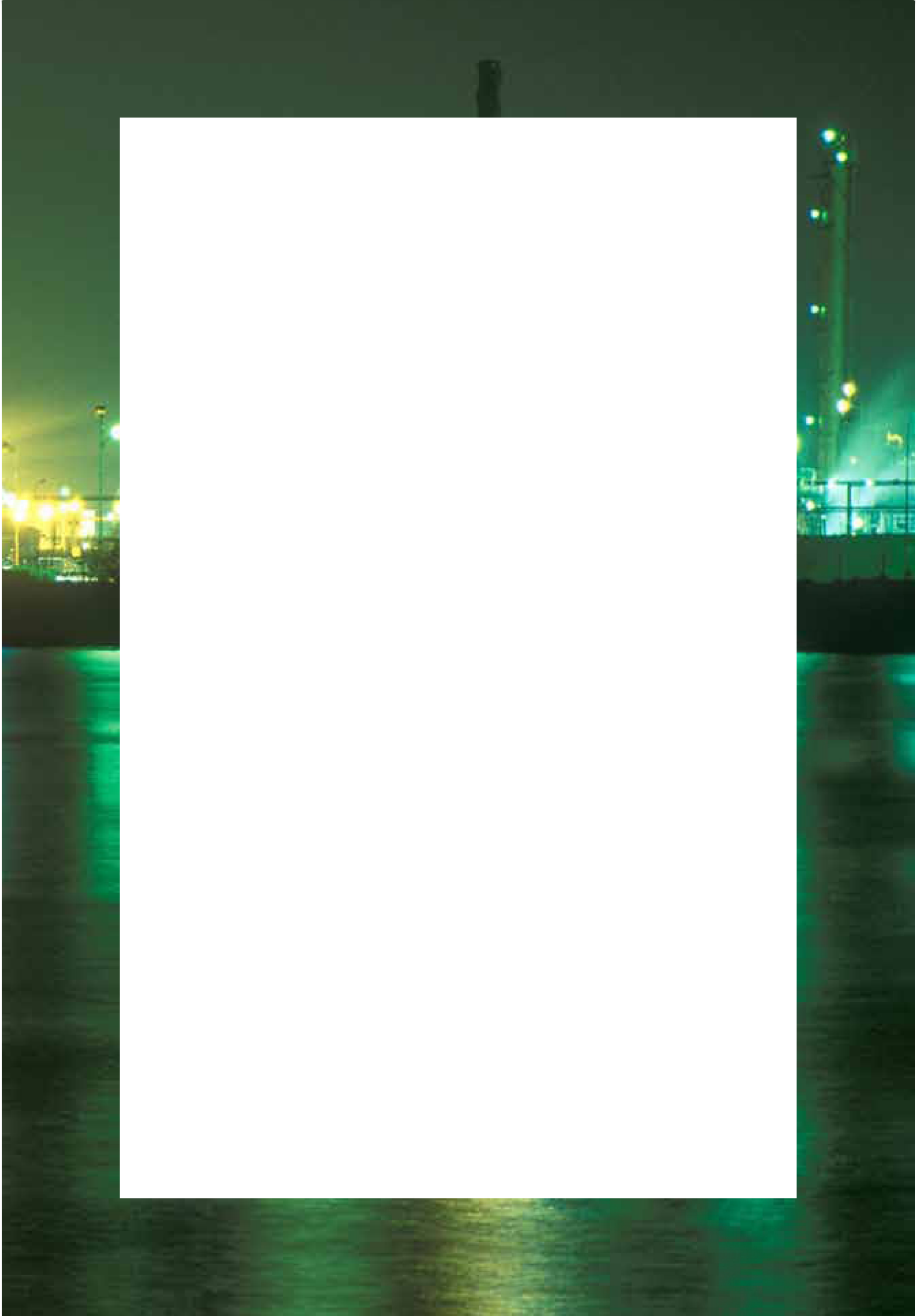
Couder J., Verbruggen A. & Maene S. (2009) Huishoudens en handel & diensten. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

LECTOREN

Kris Bachus, HIVA, K.U. Leuven
Wilfried Bieseman, VEA
Greet De Gueldre, Aquafin nv
Steven Lauwereins, Jasper Wouters, Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid, Departement LNE
Lydia Putseys, OVAM
Berthold Simons, Centrum Duurzaam Bouwen
Tineke Van Engeland, Netwerk Bewust Verbruiken VZW
Griet Verbeeck, Onderzoeksgroep Energie en Comfort, Provinciale Hogeschool Limburg
Ronny Vercruysse, VMM







4 Industrie

Hugo Van Hooste, Johan Brouwers, MIRA-team, VMM
Pieter Lodewijks, Unit Transitie, Energie en Milieu, VITO

HOOFDLIJNEN

- Tussen 2006 en 2030 groeit de activiteit van de industrie in Vlaanderen met 43 %. Dit resulteert in een stijging van het industriële energiegebruik met 32 % zowel in het referentiescenario (REF) dat uitgaat van het huidige energie- en klimaatbeleid als in een Europa-scenario (EUR) dat streeft naar een reductie van de broeikasgasuitstoot met 21 % tussen 2005 en 2020 voor het geheel van industriële installaties in de EU27.

- Het visionaire scenario (VISI) beoogt voor Vlaanderen een halvering van de broeikasgasemissie in 2030 ten opzichte van 1990. Bij dit scenario is de stijging van het industriële energiegebruik beperkt tot 11 % tussen 2006 en 2030. Deze stijging valt lager uit dan in het REF- en het EUR-scenario, niet zozeer door bijkomende energiemaatregelen, maar onder invloed van een afgezwakte industriële groei bij hogere CO_2-prijzen.

- In het REF- en het EUR-scenario stijgt de broeikasgasemissie van de industrie in Vlaanderen met ongeveer 30 % tussen 2006 en 2030. In het VISI-scenario slaagt de industrie erin de broeikasgasemissie tot 2020 te laten schommelen rond het niveau van 2006, onder andere onder invloed van een hogere CO_2-prijs. Daarna vindt weer een stijging (+12 % in 2030 t.o.v. 2006) plaats onder invloed van de economische groei.

- Beleid dat enkel gericht is op energie- en klimaatmaatregelen, is onvoldoende om de emissies van verzurende stoffen en ozonprecursoren terug te dringen tot onder het niveau van de emissieplafonds voor 2020 die te verwachten zijn bij de herziening van de Europese NEC-richtlijn. Maatregelen specifiek voor de emissiereductie van deze polluenten blijven een noodzaak. Een aantal daarvan is al in het huidige milieubeleid vastgelegd.

- De emissie van fijn stof stijgt fors na 2015. De toename is het grootst bij de meest schadelijke fractie: namelijk PM2,5. Zelfs in het VISI-scenario stijgt de PM2,5-emissie nog met 23 % tussen 2006 en 2030 door de economische groei, de uitfasering van sommige WKK's en de brandstofswitch. Specifieke maatregelen zijn noodzakelijk om deze fijnstofemissie aan banden te leggen.

Inleiding

De activiteiten van de sector industrie zijn zeer verscheiden. Het gaat om de productie van zowel basisstoffen, halfafgewerkte producten als eindproducten (zowel klassieke afgewerkte goederen als hoogtechnologische en verfijnde toestellen en apparaten). De producten vinden hun weg naar de individuele consument, maar ook naar andere nijverheden. De raffinage van aardolie en de productie van elektriciteit worden niet bij de sector industrie, maar wel bij de energieproductie gerekend (zie Hoofdstuk 7 Energieproductie).

Door de grote verscheidenheid aan industriële activiteiten dringt een indeling in een beperkt aantal deelsectoren zich op. MIRA deelt de industrie in zes deelsectoren in:

- chemie: basischemie, productie van verf, vernis, inkt, zeep ..., vervaardiging van farmaceutische producten;
- metaal: ijzer- en staalindustrie, non-ferro, metaalverwerkende nijverheid, autoassemblage, machinebouw ...;
- voeding: voeding-, drank- en tabaknijverheid;
- textiel: textiel-, leder- en kledingnijverheid;
- papier: papierindustrie, drukkerijen, uitgeverijen;
- andere industrieën: metaalertsen en delfstoffen, houtnijverheid, bouw, afvalrecuperatie, keramische nijverheid, rubber- en plastiekverwerkende nijverheid ...

De industrie is, gezien de grote verscheidenheid aan activiteiten, een belangrijke speler in het milieugebeuren. Ondanks het feit dat de voorbije decennia sterk geïnvesteerd werd in energie- en emissiereducerende maatregelen, blijft de industrie verantwoordelijk voor belangrijke bijdragen aan de milieudruk. Zo zijn, in 2006, bijvoorbeeld 40 % van het bruto energiegebruik en meer dan een kwart van de emissies van broeikasgassen (23 %), ozonprecursoren (27 %) en PM2,5 (30 %) op het conto van de industrie te schrijven.

Aan de hand van scenarioberekeningen zijn de effecten onderzocht van energie- en klimaatmaatregelen op het energiegebruik en de emissie van broeikasgassen door de industrie. Bovendien is nagegaan wat deze maatregelen betekenen voor de uitstoot van de verzurende polluenten (NO_x, SO_2), ozonprecursoren (NO_x, NMVOS, CO, CH_4) en fijn stof.

Verschillende specifieke maatregelen om de uitstoot van deze laatste polluenten te beperken, zijn in de mate van het mogelijke ook meegenomen in de scenarioberekeningen. Voor emissies die rechtstreeks gekoppeld zijn aan het energiegebruik, zoals bij de meeste verbrandingsprocessen, laat de toegepaste methodologie echter niet toe om alle NEC-maatregelen[1] door te rekenen. Voor activiteiten die weinig of geen verband houden met het energiegebruik, worden de toekomstige emissies wel geschat op basis van doorwerking van onder andere een aantal NEC-maatregelen.

In dit hoofdstuk wordt eerst uiteengezet hoe de drie scenario's zijn opgebouwd en doorgerekend, gevolgd door een overzicht van de industriële activiteitsniveaus.

Daarna volgen de resultaten van de drie scenario's voor de periode 2006-2030. Dit betreft enerzijds het energiegebruik en de broeikasgasemissies, en anderzijds de uitstoot van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof. Tot slot wordt stilgestaan bij het kostenplaatje van de drie scenario's en bij de conclusies voor het beleid.

4.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning

Modellering

De industriële activiteiten zijn op te splitsen in processen die verband houden met verbranding en andere activiteiten (bijvoorbeeld: zwavelzuurproductie, ontvettings-, coating- en drukactiviteiten ...). In deze toekomstverkenning zijn de verbrandingsgerelateerde processen doorgerekend met het Milieukostenmodel Klimaat (MKM Klimaat). De nadruk ligt in dit technologisch-economische bottom-up model op het voldoen aan de vraag naar productiehoeveelheden tegen minimale kosten. De scenario's bestaan niet uit vooraf vastgelegde maatregelen, het model kiest zelf voor het meest kostenefficiënte maatregelenpakket. Kosten die het model daarbij in rekening brengt, zijn de kosten van primaire energie, investeringskosten en operationele kosten van alle installaties, potentiële reductietechnieken en eventuele taksen of subsidies.

De maatregelen waaruit het MKMKlimaat kiest, hebben vooral een efficiënter energiegebruik en een vermindering van de broeikasgasemissies als doel. Het gaat bijvoorbeeld om:

- brandstofomschakeling van zware stookolie naar aardgas of biobrandstoffen;
- inzet van WKK-motoren en -turbines[2];
- verbeterde warmterecuperatie bij diverse installaties;
- directe branders in pre- en postprocesbaden in plaats van stoom- of warmwaterverhitting bij metaalcoating;
- nieuwe brandertechnologie in de glasnijverheid;
- vervanging van elektrische ovens door gasovens in de metaalverwerkende nijverheid;
- verhoogde poederkoolinjectie in hoogovens;
- overstap van kwikcel- naar membraanprocedé in de chloorproductie.

Het MKM Klimaat bevat echter niet alle mogelijke maatregelen die specifiek de reductie van luchtpolluenten zoals NO_x, SO_2, NMVOS en fijn stof als doel hebben. De evolutie van de emissies van deze stoffen, berekend met het MKM Klimaat, is dus vooral een secundair gevolg van de ingevoerde energie- en broeikasgasgerelateerde maatregelen. Zo verminderen bijvoorbeeld de emissies van SO_2, NO_x en fijn stof wanneer wordt overgeschakeld van zware stookolie op aardgas.

Nog een belangrijk gevolg van het gebruik van het MKM Klimaat is dat er enkel emissies berekend zijn die verband houden met verbrandingsprocessen. Niet-ver-

brandingsgerelateerde emissies zijn niet opgenomen in de modelresultaten. Enkele voorbeelden hiervan zijn de procesemissies van NMVOS in verschillende coating- en drukprocessen, de NMVOS-verdampingsemissies van het industriële verfgebruik, de SO_2-emissies uit klei bij de baksteenproductie en bij de zwavelzuurproductie in de chemische nijverheid ... De toekomstige emissies van deze processen zijn bijkomend geschat op basis van bestaande informatiebronnen. Voor deze processen zijn specifieke emissiereductiemaatregelen voor luchtpolluenten (bijvoorbeeld om te voldoen aan de NEC-plafonds) wel meegenomen in de berekeningen.

De modelresultaten uit het MKM Klimaat en de aanvullende inschattingen zijn vervolgens samengevoegd, en geven zo een overzicht van de totale uitstoot door de sector industrie.

Drie scenario's

Verschilpunten

Voor industriële activiteiten is het Europese emissiehandelsysteem (ETS) het centraal sturende element in het energie- en klimaatbeleid. De drie scenario's die voor de industriesector zijn doorgerekend met het MKM Klimaat zijn dan ook opgehangen aan drie prijsevoluties voor CO_2/broeikasgassen binnen dit ETS-systeem (Tabel 4.1). Die prijzen zijn afgeleid uit internationale studies, en afgestemd op de ambitieniveaus van de drie MIRA-scenario's:

- Het *referentiescenario* (REF) gaat uit van het huidige milieubeleid met wet- en regelgeving (ook bijvoorbeeld lopende convenanten) die al van kracht was op 1 april 2008. De prijs van emissierechten geldt enkel voor CO_2-emissies van verbrandingsprocessen.
- Voor het *Europa-scenario* (EUR) is de prijs voor emissierechten afgeleid uit de kostprijs van maatregelen nodig om de broeikasgasemissies uit industriële installaties in Europa tussen 2005 en 2020 met 21,3 %[3] terug te dringen. Die prijs is van toepassing op alle broeikasgasemissies.
- Het *visionaire scenario* (VISI) is opgebouwd rond de langetermijndoelstelling voor klimaatverandering van deze Milieuverkenning 2030. Deze doelstelling vereist een emissiereductie van broeikasgassen met 60 tot 80 % tegen 2050, en een halvering van die emissies in 2030 vergeleken met 1990.

TAB. 4.1 *Prijs van emissierechten voor het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Europa, 2010-2030)*

(Euro/ton CO_2-eq)	2010	2015	2020	2025	2030
REF	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0
EUR	20,0	23,7	30,0	32,0	34,1
VISI	20,0	23,7	77,6	77,6	77,6

In 2008-2009 schommelde de marktprijs tussen 8 en 31 euro/ton CO_2.

Sleutelparameters en evolutie van het activiteitsniveau

De scenarioberekeningen met het MKM Klimaat zijn voor de sectoren industrie en energieproductie (Hoofdstuk 7 Energieproductie) samen gebeurd. Er is een aantal gemeenschappelijke aannamen gemaakt voor beide sectoren. Een aantal sleutelparameters is van specifiek belang voor de sector industrie:

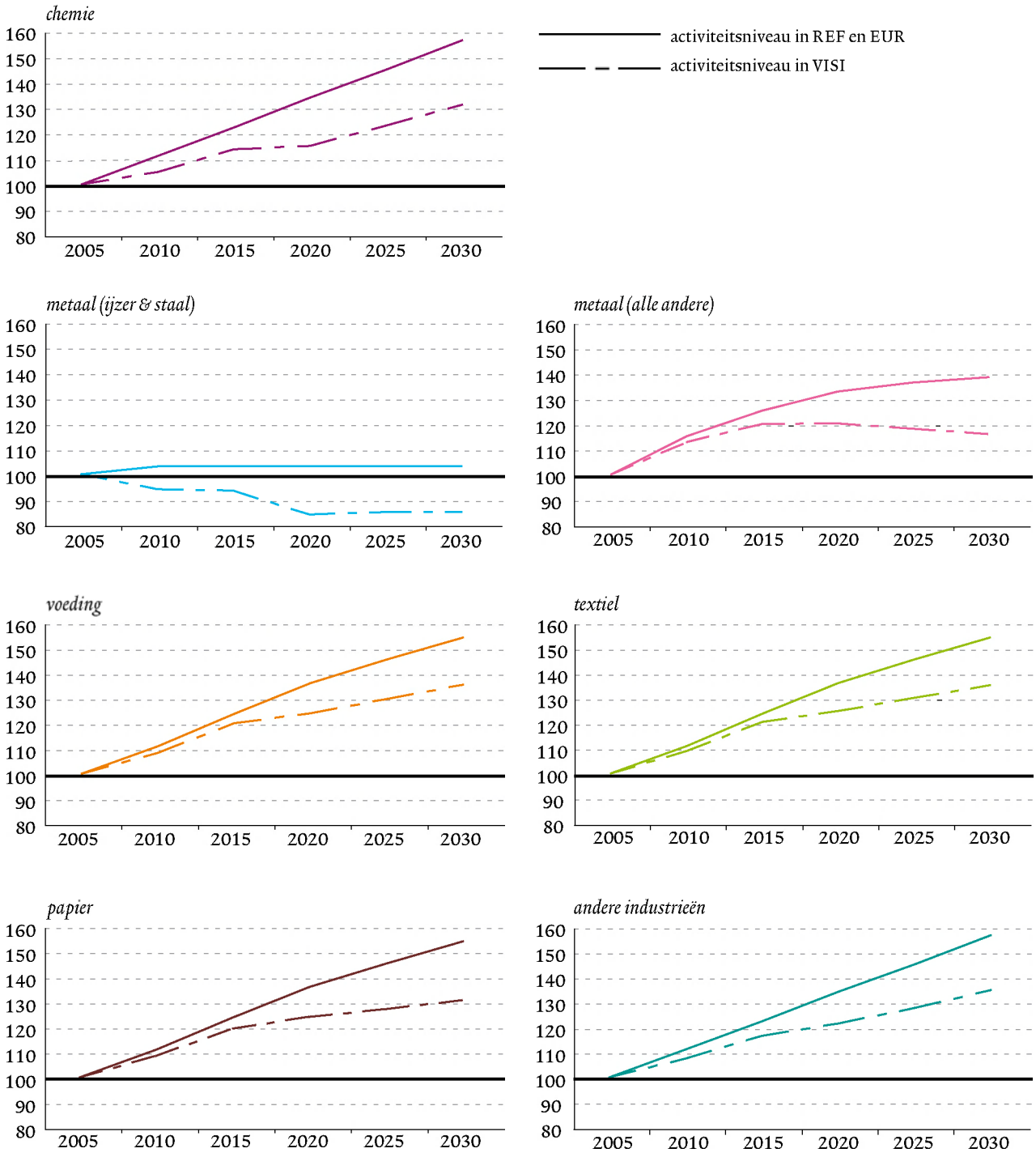
- Energieprijzen: de brandstofprijzen zijn aangeleverd door het Federaal Planbureau (FPB) en afgestemd met het PRIMES-baseline[4] scenario van de Europese Commissie (Europese Commissie, 2008). De prijzen houden rekening met de evoluties op de internationale markten tot begin 2008. Ook distributiekosten in België zijn in rekening gebracht.
- Economische groei voor REF- en EUR-scenario: het FPB heeft een tijdsreeks opgesteld voor de periode 2005-2030 (FIGUUR 4.1) voor de productie van goederen (productie-index, toegevoegde waarde). Daarnaast werd voor de ijzer- en staalproductie een nulgroei aangehouden tussen 2010 en 2030. De ijzer- en staalproductie bestaat in Vlaanderen uit twee bedrijven, waarvan enkel Arcelor Mittal Gent staal produceert uit ijzererts. De aanname in deze toekomstverkenning baseert zich op de huidige technische productiecapaciteit van dit bedrijf.
- Economische groei en prijselasticiteit voor het VISI-scenario (FIGUUR 4.1): de economische groeiverwachtingen van het VISI-scenario verschillen van die van het REF- en EUR-scenario. In het VISI-scenario is immers de prijselasticiteit verrekend voor alle eindvragen naar staal, chloor, ammoniak ... Deze elasticiteit houdt in dat de eindvraag naar producten daalt als de productiekost stijgt. De kostprijs kan stijgen door toename van investeringkosten, operationele kosten, energiekosten en de CO_2-prijzen waarmee een sector geconfronteerd wordt. Aangezien de kosten voor de deelsectoren verschillen, is ook het effect van de prijselasticiteit per deelsector anders.

4.2 Energiegebruik

In het industriële energiegebruik moet onderscheid gemaakt worden tussen:

- het energetische energiegebruik: gebruik van energiedragers zoals steenkool, stookolie, aardgas, elektriciteit voor toepassingen zoals proceswarmte en aandrijving;
- het niet-energetische energiegebruik: gebruik van energiedragers als grondstof, bijvoorbeeld: het gebruik van aardgas voor de productie van ammoniak of het gebruik

FIG. 4.1 *Evolutie van het economische activiteitsniveau per industriële deelsector voor het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (2005=100) (Vlaanderen, 2005-2030)*



Bron: Federaal Planbureau voor REF- en EUR-scenario, VITO voor VISI-scenario

van nafta, waarvan na kraken afgeleide grondstoffen zoals ethyleen, propyleen, benzeen en buteen worden geproduceerd.

Het energetische energiegebruik heeft een aandeel van 60,5 %, het niet-energetische vertegenwoordigt 39,5 % (in 2006). De bespreking die hierna volgt concentreert zich hoofdzakelijk op het energetisch energiegebruik, aangezien inspanningen voor rationeler energiegebruik en broeikasgasreducties vooral hierop betrekking hebben.

FIGUUR 4.2 toont het energetische energiegebruik per energiedrager, FIGUUR 4.3 hetzelfde per deelsector. Zowel in het REF- als in het EUR-scenario neemt het energetische energiegebruik toe tussen 2006 en 2030, en dit ondanks een stijging van de CO_2-prijs (van 20 tot 24 euro/ton in het REF-scenario en van 20 tot 34,1 euro/ton in het EUR-scenario, tussen 2006 en 2030). De stijging in het REF- en EUR-scenario is zeer gelijklopend. In het EUR-scenario implementeren immers maar enkele deelsectoren bijkomende energiebesparende maatregelen. De stijging in de CO_2-prijs in het EUR-scenario volstaat bijgevolg niet om op een kostenefficiënte manier verder energie te besparen.

Het energetische energiegebruik neemt in beide scenario's minder toe dan de economische groei. De economische activiteit neemt in het REF- en EUR-scenario toe met 26,8 % tussen 2006 en 2020 en met 42,5 % tussen 2006 en 2030. Terwijl het energetische energiegebruik in diezelfde periode slechts stijgt met respectievelijk 18,6 % en 32 %.

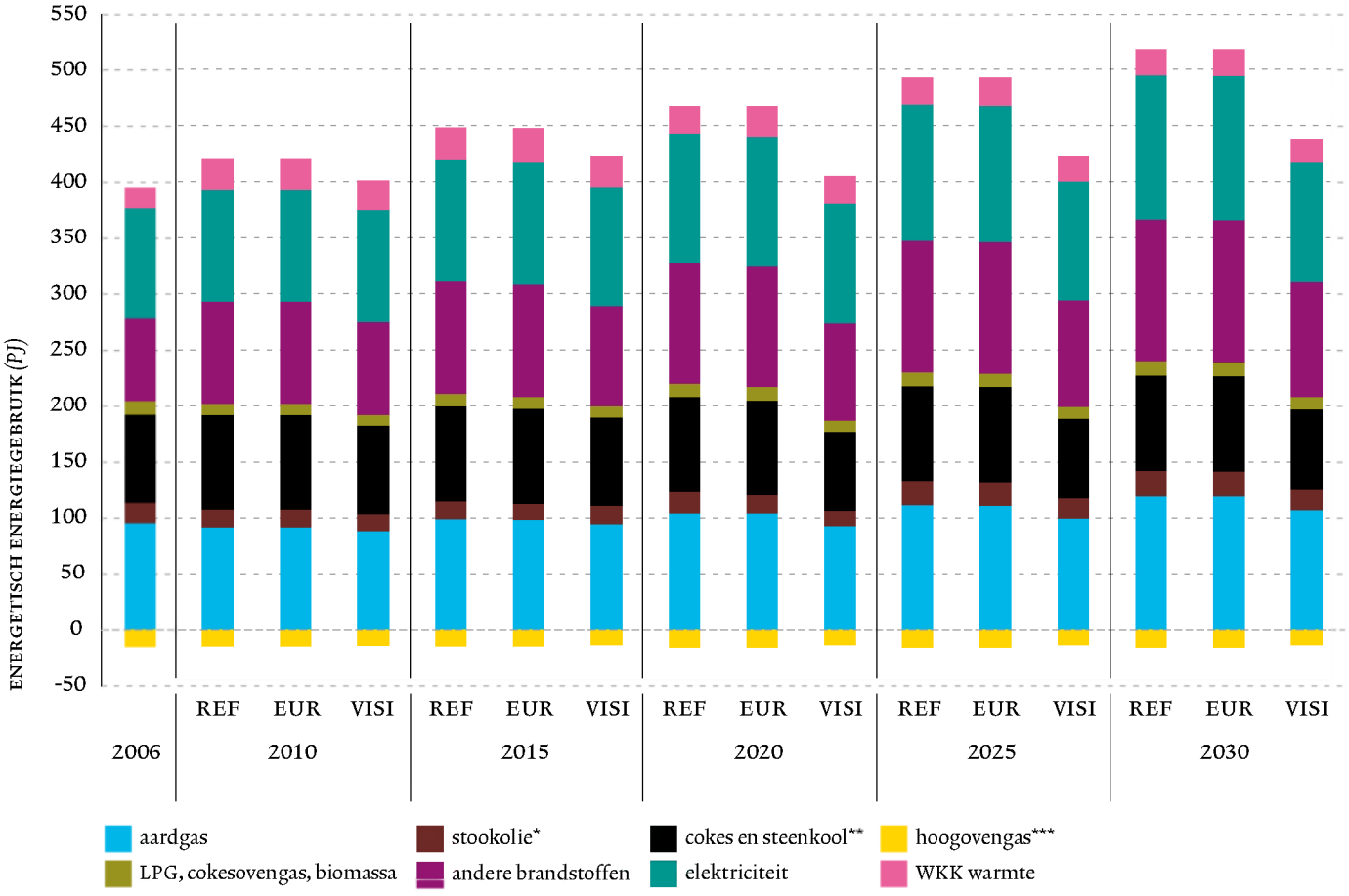
In het VISI-scenario ligt het energiegebruik lager dan in de twee andere scenario's (maar in 2030 nog steeds 11 % hoger dan in 2006). Dit verschil is niet te danken aan het implementeren van extra maatregelen, maar wel aan de lagere productie van de deelsectoren. De vraagelasticiteit van het VISI-scenario doet het energiegebruik dalen onder invloed van de productiekosten (onder andere CO_2-prijs).

De chemiesector is verantwoordelijk voor 40 % van het energetische energiegebruik van de industrie. Naast de chemie is de metaalsector, met 29 % van het industriele energetisch energiegebruik, de tweede belangrijkste deelsector. In deze deelsector is de ijzer- en staalproductie verantwoordelijk voor 72 % van het energiegebruik.

De chemie gebruikt meer en meer recuperatiebrandstoffen tussen 2006 en 2030. Dit zijn brandstoffen die als restproduct vrijkomen bij productieprocessen. Indien recuperatie van deze restproducten te duur of niet mogelijk is, worden ze als brandstof gebruikt.

Elektriciteit wordt in de chemie voornamelijk gebruikt voor typische productieprocessen. Chloorproductie is de grootste elektriciteitsgebruiker met ongeveer 22 % van het totale gebruik binnen de chemiesector. Momenteel wordt chloor nog grotendeels met het kwikcelprocedé geproduceerd. Maar dit proces zal in de periode 2010-2015 gaandeweg vervangen worden door het energie- en milieuvriendelijkere membraanelektrolyse-procedé[5]. Deze maatregel bespaart ongeveer 22 % elektriciteit voor eenzelfde productiehoeveelheid.

FIG. 4.2 *Energetisch energiegebruik van de industrie per energiedrager in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



* stookolie = lichte + zware stookolie
** cokes en steenkool = cokes + petroleumcokes + steenkool + antraciet
*** De productie van hoogovengas uit de staalindustrie wordt geleverd aan de elektriciteitssector en op de grafiek negatief genoteerd.

FIG. 4.3 *Energetisch energiegebruik van de industrie per deelsector in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

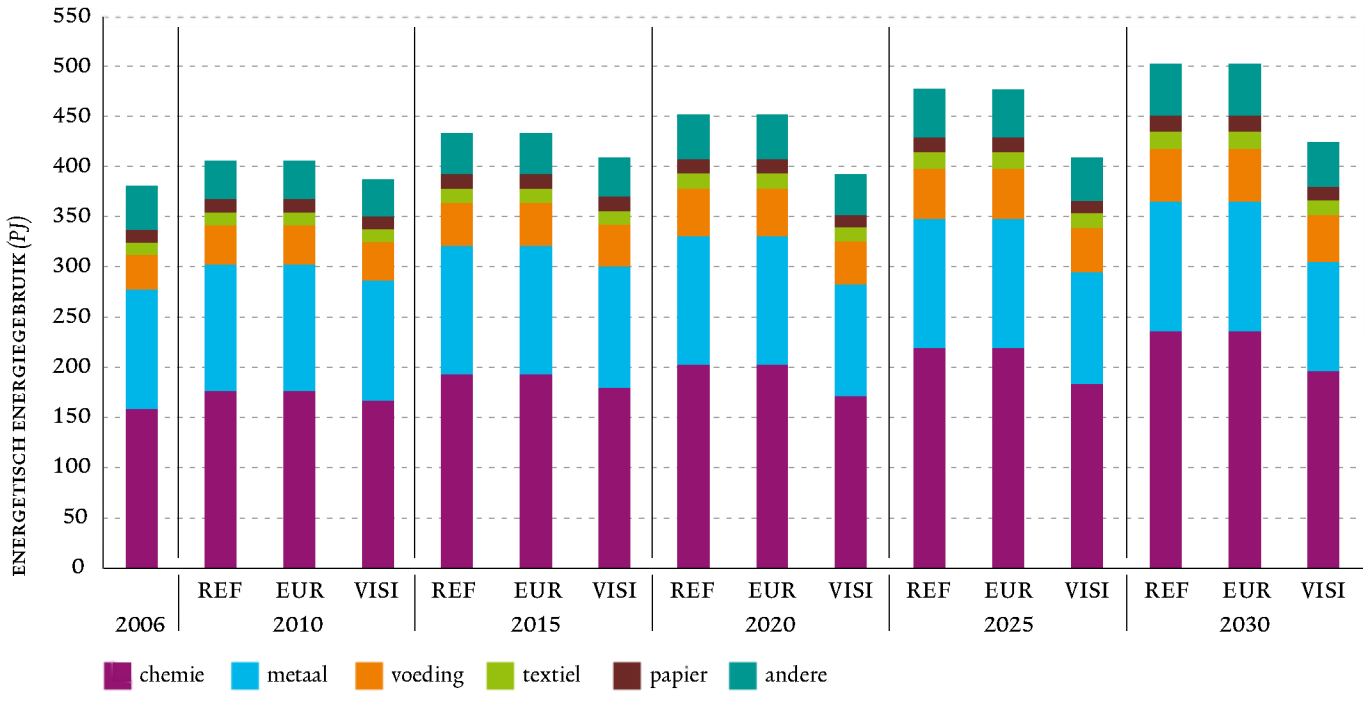
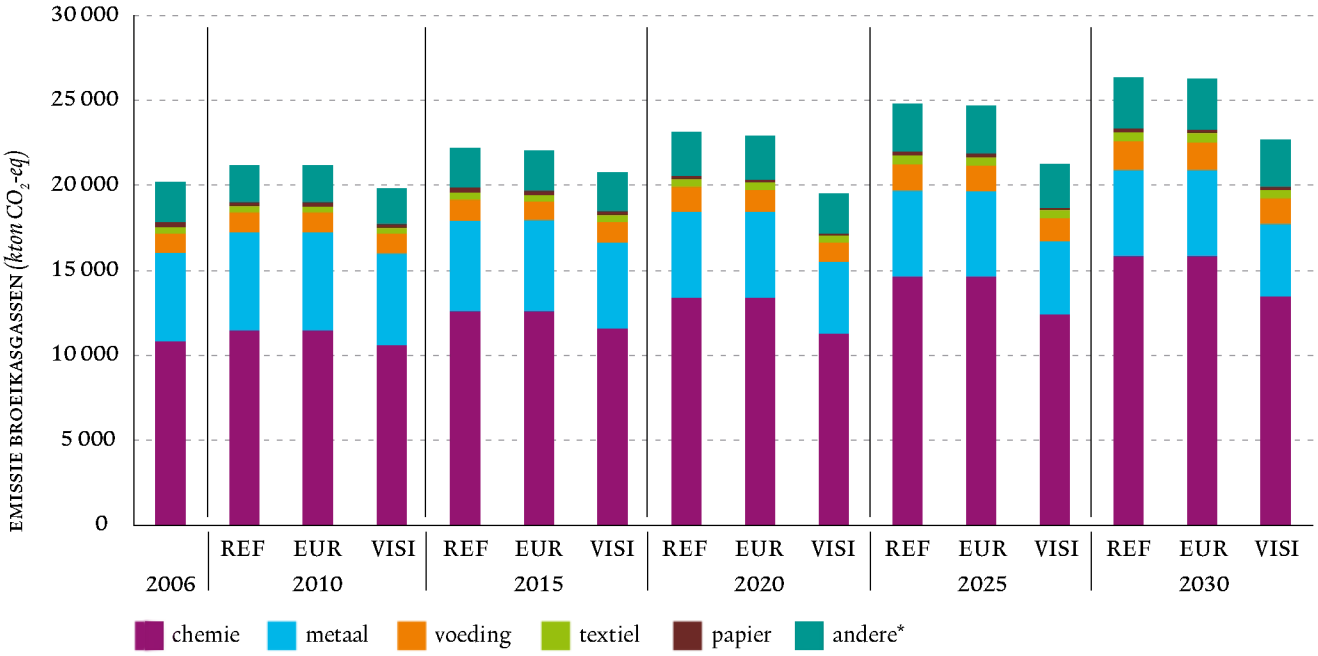


FIG. 4.4 *Broeikasgasemissies van de industrie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



* met inbegrip van de emissies van HFK's in de volledige industrie (niet opsplitsbaar per deelsector)

4.3 Emissie van broeikasgassen

In het REF- en het EUR-scenario stijgen de emissies met ongeveer 30 % tussen 2006 en 2030 (FIGUUR 4.4). In het VISI-scenario zorgt een samenspel van economische groei, vraagelasticiteit en CO_2-prijs voor lagere emissies in 2010 dan in 2006 en een stijging in 2015. In 2020 zijn de emissies opnieuw lager dan in 2006 onder invloed van de hoge CO_2-prijs. De economische groei doet de emissies na 2020 opnieuw stijgen. Een gelijkaardig verloop is terug te vinden bij het industriële energiegebruik (FIGUUR 4.3). Nochtans blijft het energiegebruik in alle zichtjaren hoger dan in 2006. De broeikasgasemissies kunnen daarentegen wel lager liggen dan in 2006 door het gebruik van brandstoffen met een lagere CO_2-emissiefactor (bijvoorbeeld steenkool of olie vervangen door aardgas of biomassa).

De emissie van broeikasgassen bestaat voor het overgrote deel uit CO_2 (88 % in 2006). De N_2O-emissies vertegenwoordigen 8 %, de F-gassen 3,5 % en de CH_4-emissies blijven beperkt tot minder dan 0,5 %. Doorheen alle scenario's en zichtjaren varieert de samenstelling van deze korf nauwelijks en blijven de CO_2-emissies het leeuwendeel opeisen, met een aandeel schommelend tussen 88 % en 90 %.

De chemie levert ruim de helft van de industriële CO_2-emissies (51 % in 2006). De CO_2-emissie van de chemische nijverheid is hoofdzakelijk (>80 %) toe te schrijven aan het energiegebruik van de sector. De rest wordt gevormd in chemische processen bij de productie van ammoniak, styreen, ethyleenoxide ... De emissies van CO_2

stijgen tussen 2006 en 2030, zowel in het REF- als in het EUR-scenario. In het VISI-scenario liggen de broeikasgasemissies vanaf 2020 18 % lager dan in het REF- en het EUR-scenario. Dit is voornamelijk toe te schrijven aan de lagere productie van de meest energie-intensieve activiteiten onder invloed van de hoge CO_2-prijs.

De N_2O-emissie van de chemische nijverheid is voornamelijk te wijten aan de productie van salpeterzuur en caprolactam. De N_2O-emissies dalen tussen 2006 en 2010 met bijna 32 % door het gebruik van verbeterde katalysatoren.

De CO_2-emissie van de metaalsector, die 29 % vertegenwoordigt van de industriële CO_2-emissie in 2006, is grotendeels toe te schrijven aan de ijzer- en staalnijverheid. De productiestijging tussen 2006 en 2010 zorgt voor een toename in de CO_2-emissies. Diverse maatregelen zoals het verder toepassen van rechtstreekse poederkoolinjectie, het vervangen van cokesgruis door antraciet in de sinterfabriek, het investeren in 'droog blussen' met energierecuperatie van cokes ... zorgen vanaf 2020 voor een reductie van de CO_2-emissies met ongeveer 13 % in vergelijking met 2010 zowel in het REF- als het EUR-scenario. Door de groei in de andere metaalsectoren (non-ferro, metaalverwerking) beperkt het verschil in emissies tussen 2010 en 2020 zich voor de hele deelsector tot 700 kton. In vergelijking met de emissies van 2006 is de totale reductie vanaf 2020 beperkt tot ongeveer 170 kton.

De lagere productie in het VISI-scenario zorgt ook bij de metaalsector voor lagere broeikasgasemissies over de hele tijdslijn. In totaal liggen de jaarlijkse broeikasgasemissies in de metaalsector vanaf 2020 bijna 1 000 kton (20 %) lager dan in 2006.

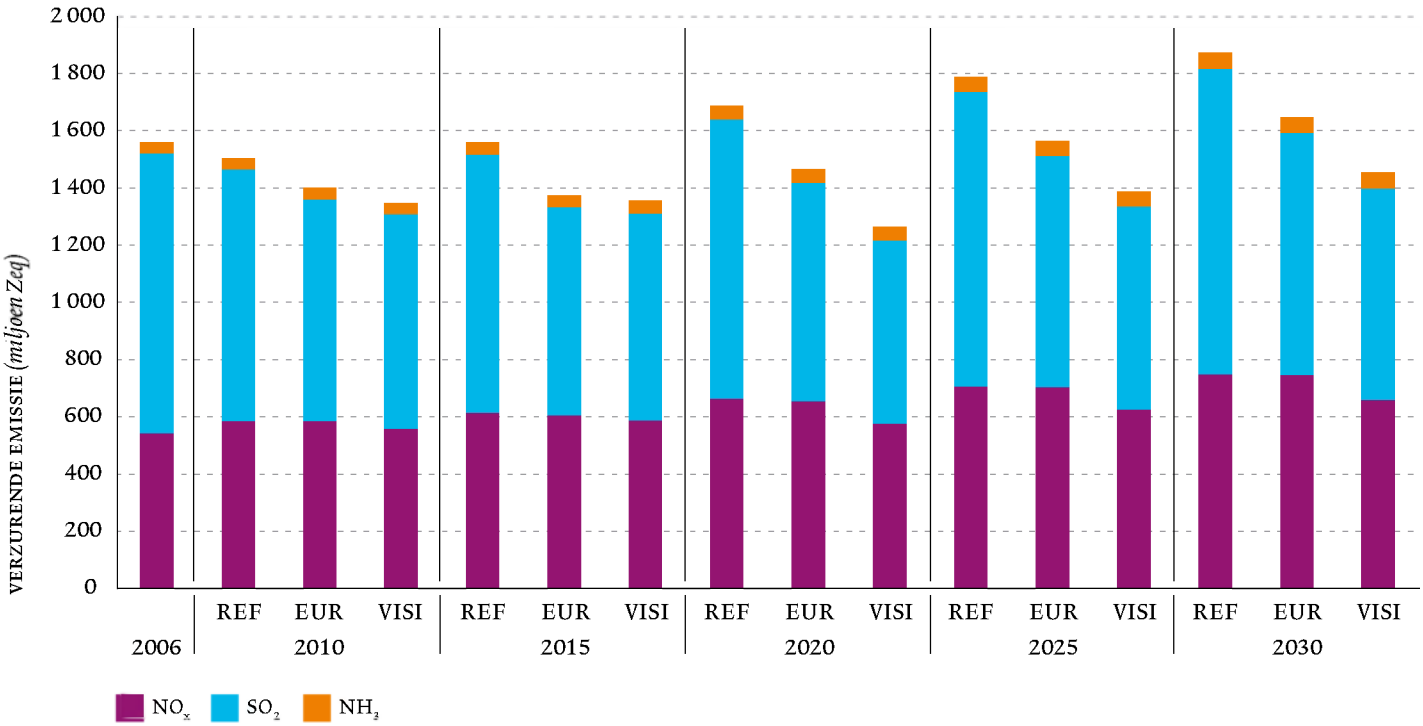
De ingezette maatregelen om het energiegebruik en de broeikasgasemissies te reduceren, blijken onvoldoende om de industriële uitstoot in Vlaanderen terug te dringen tot onder het niveau van 2006. Bedrijven in Vlaanderen zullen dus emissierechten moeten bijkopen. Dit om in Europees verband te voldoen aan de eerder genoemde reductiedoelstellingen van 21,3 % voor broeikasgassen in 2020 ten opzichte van 2005 of een halvering van die emissies in 2030 vergeleken met 1990. De stijging in de CO_2-prijs in de drie scenario's is immers onvoldoende voor een kostenefficiënte energiereductie en een lagere broeikasgasuitstoot door de industrie binnen Vlaanderen zelf. Een opportuniteit die in de scenarioberekeningen slechts gedeeltelijk[6] kon worden begroot, is misschien het benutten van onder andere groene warmte en het nuttig gebruiken van industriële restwarmte (bijvoorbeeld uitwisseling met tuinbouwbedrijven, zie Hoofdstuk 5 Landbouw).

4.4 Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof

Emissie van verzurende stoffen

FIGUUR 4.5 geeft de totale industriële emissie van de verzurende stoffen NO_x, SO_2 en NH_3 weer. Daaruit blijkt dat de stijging in het EUR-scenario ruim onder de toe-

FIG. 4.5 *Emissie van verzurende stoffen door de industrie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



name van het REF-scenario blijft. Enkel in het VISI-scenario blijven de verzurende emissies van de industrie onder het niveau van basisjaar 2006.

SO_2 heeft met bijna 63 % het grootste aandeel in de verzurende emissies in het referentiejaar 2006, terwijl NO_x instaat voor bijna 35 %. De industriële NH_3-emissies zijn beperkt. Doorheen de scenario's en de zichtjaren stijgt het NO_x-aandeel om uiteindelijk in 2030 voor het EUR- en VISI-scenario uit te komen op 45 % voor NO_x en 51 % voor SO_2.

FIGUUR 4.6 en FIGUUR 4.7 geven de industriële NO_x- en SO_2-emissies weer per deelsector.

De chemie heeft in 2006 een aandeel van 41 % in de industriële NO_x-uitstoot en levert 17 % van de SO_2-emissies. De verzurende emissies liggen in 2030 voor het REF-, EUR- en VISI-scenario respectievelijk 52 %, 36 % en 11 % hoger dan in 2006. Vooral de uitstoot van NO_x stijgt sterk over de jaren, terwijl het emissieniveau voor SO_2 voor alle jaren in het EUR- en VISI-scenario beduidend onder dat van 2006 ligt. De NO_x-emissies houden nagenoeg volledig verband met verbrandingsprocessen. Hierop zijn vooral energie- en klimaatmaatregelen doorgerekend in de scenarioresultaten. Voor de SO_2-emissies daarentegen, zijn op de belangrijke niet-brandstof gebonden emissies uit de zwavelzuurproductie en aanverwante processen tal van directe (NEC)-maatregelen toegepast.

De deelsector metaal heeft een aandeel van 33 % in de NO_x-emissies en 31 % in de SO_2-emissies in 2006. De emissies van deze verzurende stoffen variëren maar weinig over de zichtjaren heen. De NO_x- en SO_2-emissies zijn vooral afkomstig van

FIG. 4.6 *NO_x-emissie door de industrie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

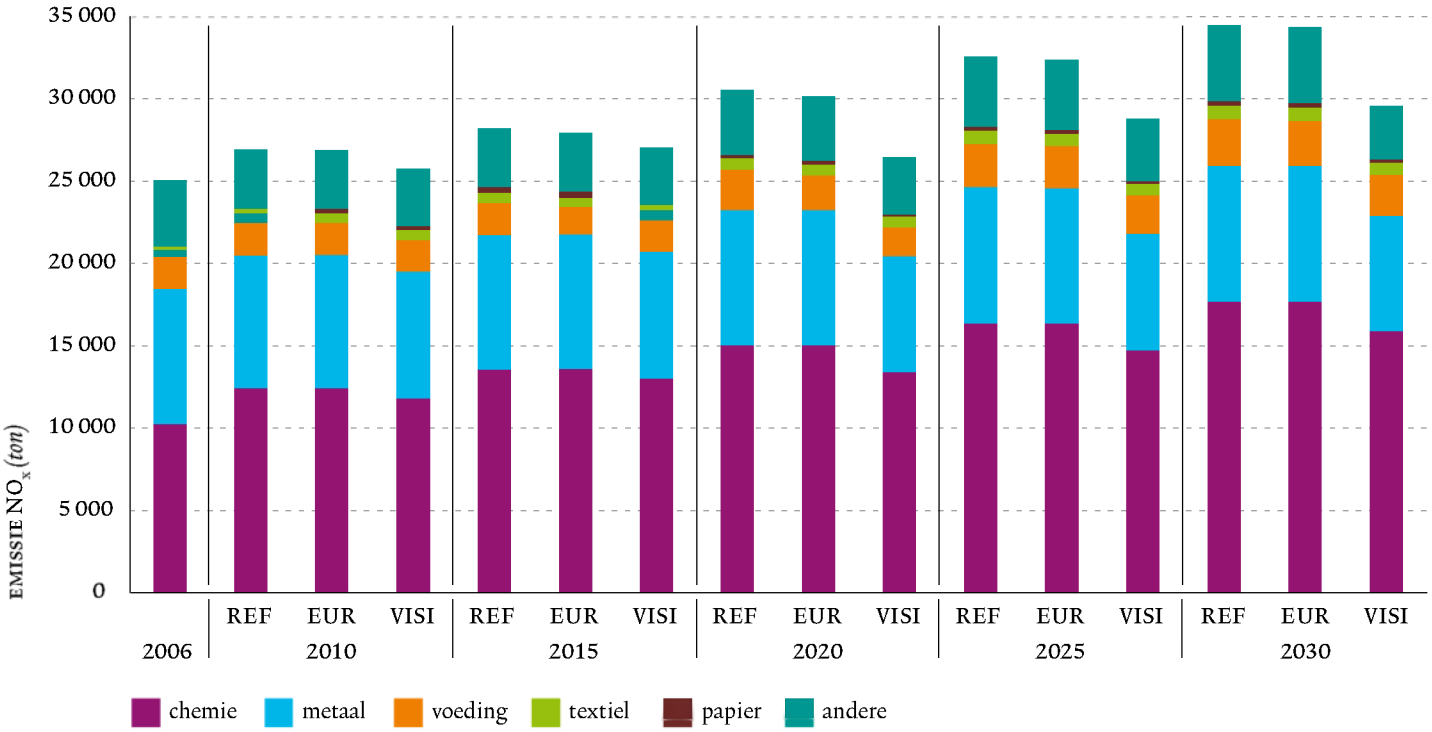
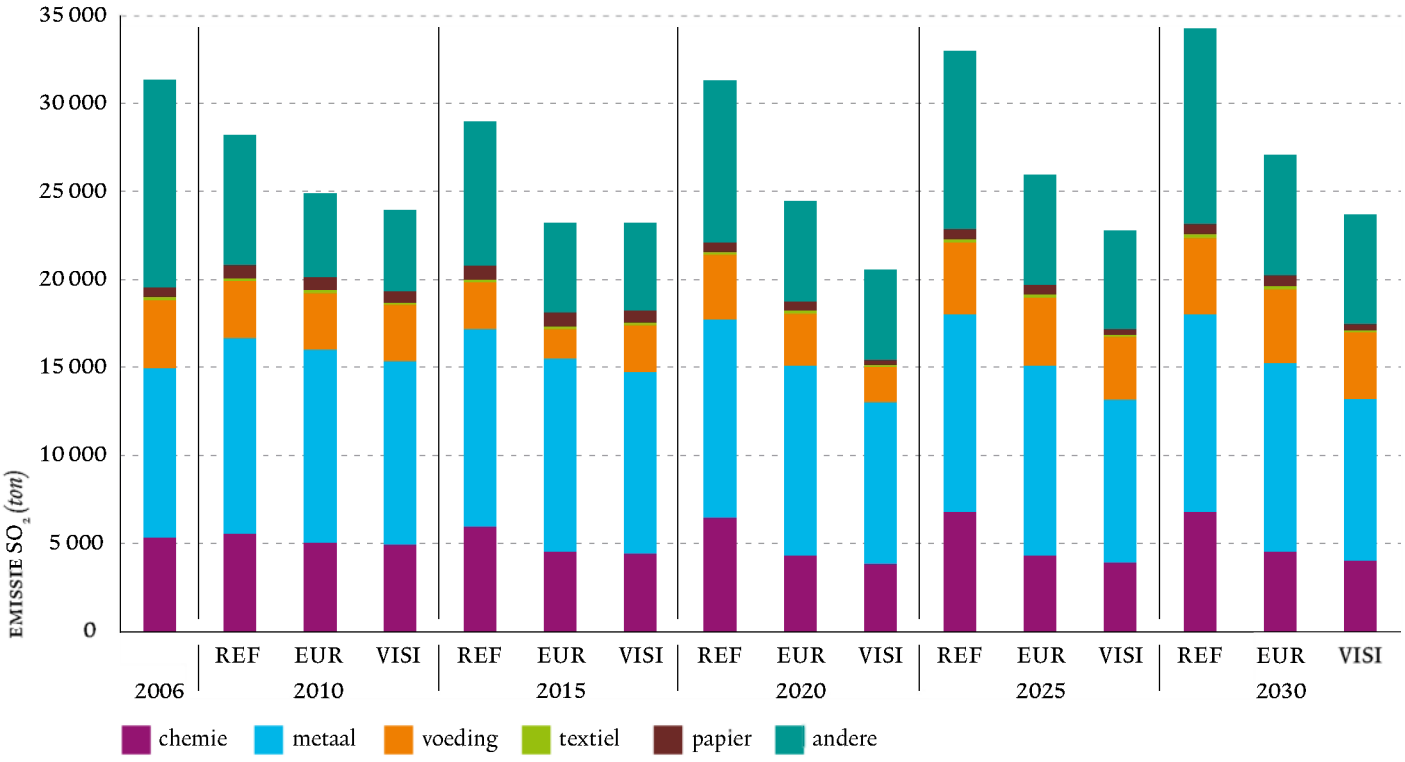


FIG. 4.7 *SO_2-emissie door de industrie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



de ijzer- en staalindustrie (83 % voor NO_x en 67 % voor SO_2). Het overgrote deel van die emissies houdt verband met verbrandingsprocessen. En de evolutie ervan is dan ook volledig vergelijkbaar met die van het energiegebruik van deze deelsector. De verzurende emissies liggen in 2030 voor het REF-, EUR- en VISI-scenario respectievelijk 10 % en 7 % hoger en 8 % lager dan in het startjaar 2006.

De deelsector andere industrieën heeft een aandeel van 16 % in de NO_x-emissies en 38 % in de SO_2-emissies in 2006. In deze deelsector is, anders dan voor de broeikasgasemissies, een daling vast te stellen in de emissies van verzurende stoffen. De dalende trend doet zich vooral in het EUR- en VISI-scenario voor. Dit valt onder meer te verklaren door rechtstreekse reductiemaatregelen op SO_2-emissies die niet gerelateerd zijn aan verbrandingsprocessen. Het grootste deel van de SO_2-emissies is afkomstig van de vrijzetting van zwavel uit klei bij de baksteenproductie. Aangescherpte emissiegrenswaarden voor de keramische nijverheid zorgen al vanaf 2010 voor sterk verminderde SO_2-emissies.

De energie- en klimaatmaatregelen in deze Milieuverkenning 2030 blijken duidelijk onvoldoende om ook de SO_2- en vooral de NO_x-emissies te reduceren tot een niveau in de buurt van de verwachte plafonds voor 2020 bij herziening van de Europese NEC-richtlijn (de NEC-2020-doelstellingen[7]). Enkel voor activiteiten waar bij de berekeningen maatregelen specifiek gericht op verzurende parameters konden meegenomen worden, dalen de verzurende emissies. Zulke 'NEC-maatregelen' blijven dan ook een noodzaak in het milieubeleid: tal van maatregelen zijn inmiddels ingevoerd of gepland in het milieubeleid, en een aangehouden inspanning op dit vlak blijft noodzakelijk.

Emissie van ozonprecursoren

De evolutie van de emissie van ozonprecursoren (NMVOS, NO_x, CO en CH_4) (FIGUUR 4.8) door de industrie loopt opvallend gelijk met die van de verzurende stoffen. NO_x heeft een groot aandeel in beide stofgroepen. In tegenstelling tot de uitstoot van NO_x zijn de industriële NMVOS-emissies nagenoeg volledig afkomstig uit verdampingsprocessen.

Binnen de emissie van ozonprecursoren levert NMVOS de grootste bijdrage in het referentiejaar 2006 met een aandeel van 45 %. NO_x staat in voor 31 %. Het aandeel van CO bedraagt 24 % en is vooral afkomstig uit de ijzer- en staalindustrie. De uitstoot van CH_4 door de industrie is zeer beperkt (0,05 % in 2006). Doorheen de scenario's en de zichtjaren stijgt de NO_x-bijdrage en daalt het NMVOS-aandeel, om uiteindelijk in 2030 voor het VISI-scenario uit te komen op een bijdrage van 45 % voor NO_x en 30 % voor NMVOS. De CO-bijdrage bedraagt dan 25 %. Zowel voor het EUR- als voor het VISI-scenario blijven de NO_x-emissies (FIGUUR 4.6) tot 2030 boven het niveau van 2006. Voor NMVOS (FIGUUR 4.9) blijven de emissies tot 2030 onder het niveau van 2006 door het inzetten van specifieke NEC-maatregelen.

FIG. 4.8 *Emissie van ozonprecursoren door de industrie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

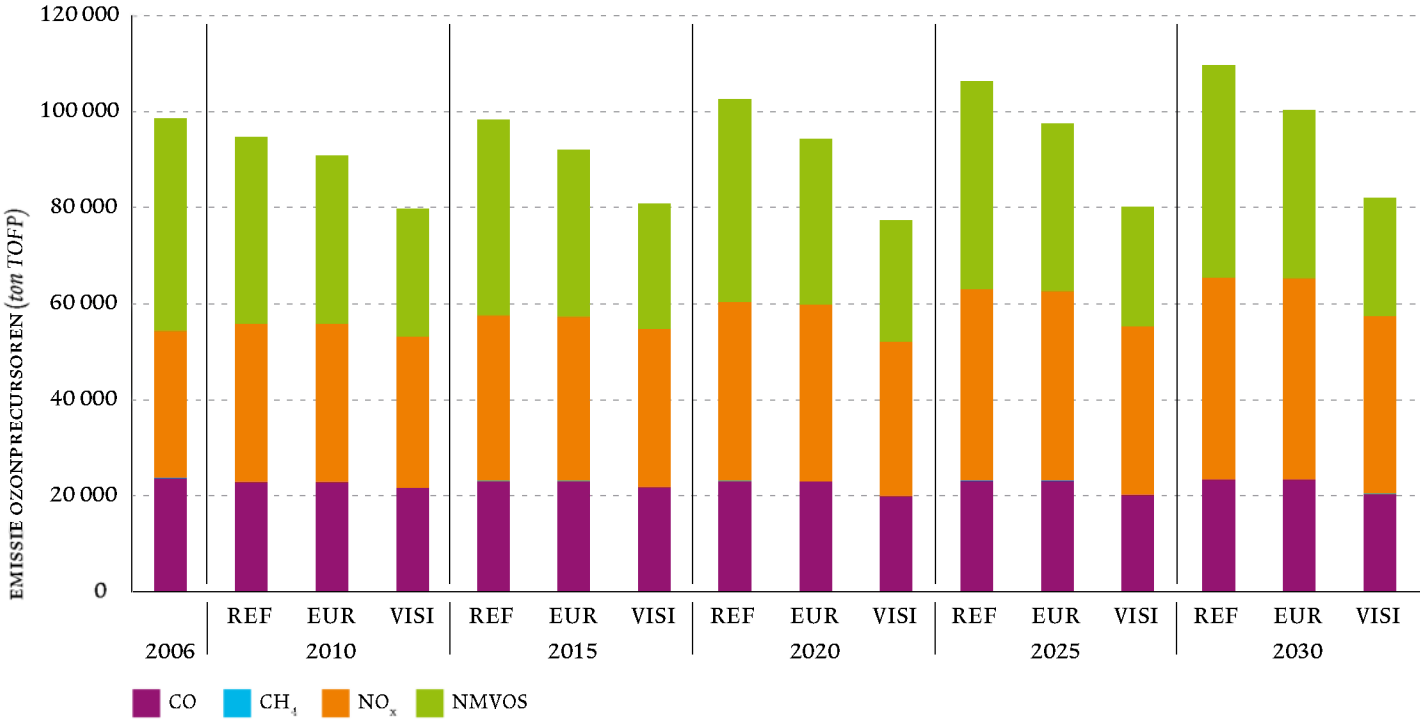
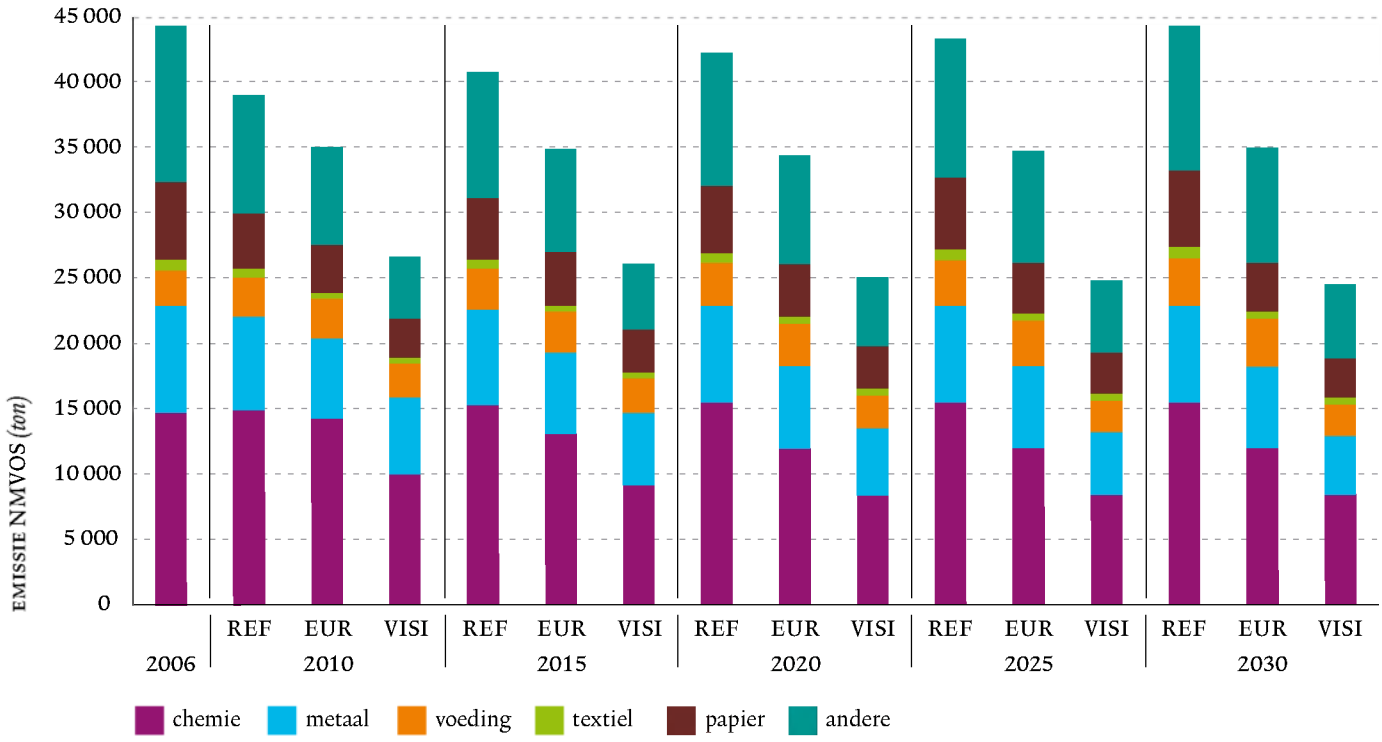


FIG. 4.9 *NMVOS-emissie door de industrie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



De deelsector chemie heeft een aandeel van 41 % in de industriële NO_x-emissies en 33 % in de NMVOS-uitstoot van 2006. De emissie van ozonprecursoren ligt in het REF-, EUR- en VISI-scenario respectievelijk 37 %, 24 % en 3 % hoger in 2030 dan in 2006. Voor NMVOS ligt het emissieniveau in het EUR- en VISI-scenario voor alle jaren onder dat van het startjaar 2006 door de invoering van diverse rechtstreekse maatregelen bij tal van verdampingsgerelateerde emissies.

De deelsector metaal heeft een aandeel van 33 % in de NO_x-emissies en 19 % in de NMVOS-emissies van 2006. De emissies van ozonprecursoren vertonen een licht dalend verloop: respectievelijk 5 %, 8 % en 23 % emissiereductie in 2030 ten opzichte van 2006 voor het REF-, EUR- en VISI-scenario. Ook hier vertonen de NMVOS-emissies de grootste daling (-45 % bij VISI over de periode 2006-2030) door het invoeren van diverse emissiebeperkende maatregelen bij activiteiten als reinigen, ontvetten, coaten en verven in de automobielassemblage, de metaalverwerkende nijverheid en de machinebouw.

De deelsector papier heeft een verwaarloosbaar aandeel in de NO_x-emissies, maar neemt wel 14 % van de industriële emissies van NMVOS in 2006 voor zijn rekening. Voor de ozonprecursoren, waarbij NMVOS in deze deelsector steeds een aandeel heeft van meer dan 90 %, dalen de emissies over het hele tijdstraject voor het EUR- en VISI-scenario. Dit vooral door het invoeren van specifieke emissiereducerende maatregelen bij het gebruik van inkten en verven in de verschillende drukprocedés (flexo- en heliodruk, illustratiediepdruk, heatset, vellen- en zeefdruk).

De deelsector andere industrieën heeft een aandeel van 16 % in de NO_x-emissies en 27 % in de NMVOS-emissies van de industrie in 2006. Anders dan voor de broeikasgasemissies van deze deelsector is er wel een dalende tendens vast te stellen voor de ozonprecursoren, vooral dan in het EUR- en VISI-scenario. Deze tendens kan ondermeer verklaard worden door NMVOS-emissiebeperkingen bij het industriële verfgebruik, in de keramische nijverheid, de minerale producten en glasproductie, de hout- en meubelnijverheid, diverse coatingprocessen in de rubber- en plastiekverwerkende nijverheid, tankreiniging ...

Net zoals voor verzurende emissies blijkt dat de beschouwde energie- en klimaatmaatregelen ook duidelijk tekortschieten om de emissies van ozonprecursoren te reduceren tot een niveau in de buurt van de verwachte plafonds voor 2020 bij herziening van de Europese NEC-richtlijn. Maatregelen die specifiek de uitstoot van ozonprecursoren reduceren, blijven dan ook een noodzaak in het milieubeleid. Tal van zulke maatregelen zijn inmiddels ingevoerd of gepland; die inspanning moet worden volgehouden.

Emissie van fijn stof

De evolutie van de emissies van totaal stof en de fracties PM10 (deeltjes met diameter kleiner dan 10 µm) en PM2,5 (deeltjes met diameter kleiner dan 2,5 µm) verloopt grotendeels gelijk. De industriële emissies van PM2,5 (FIGUUR 4.10) liggen in het

FIG. 4.10 *Emissie van PM2,5 door de industrie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

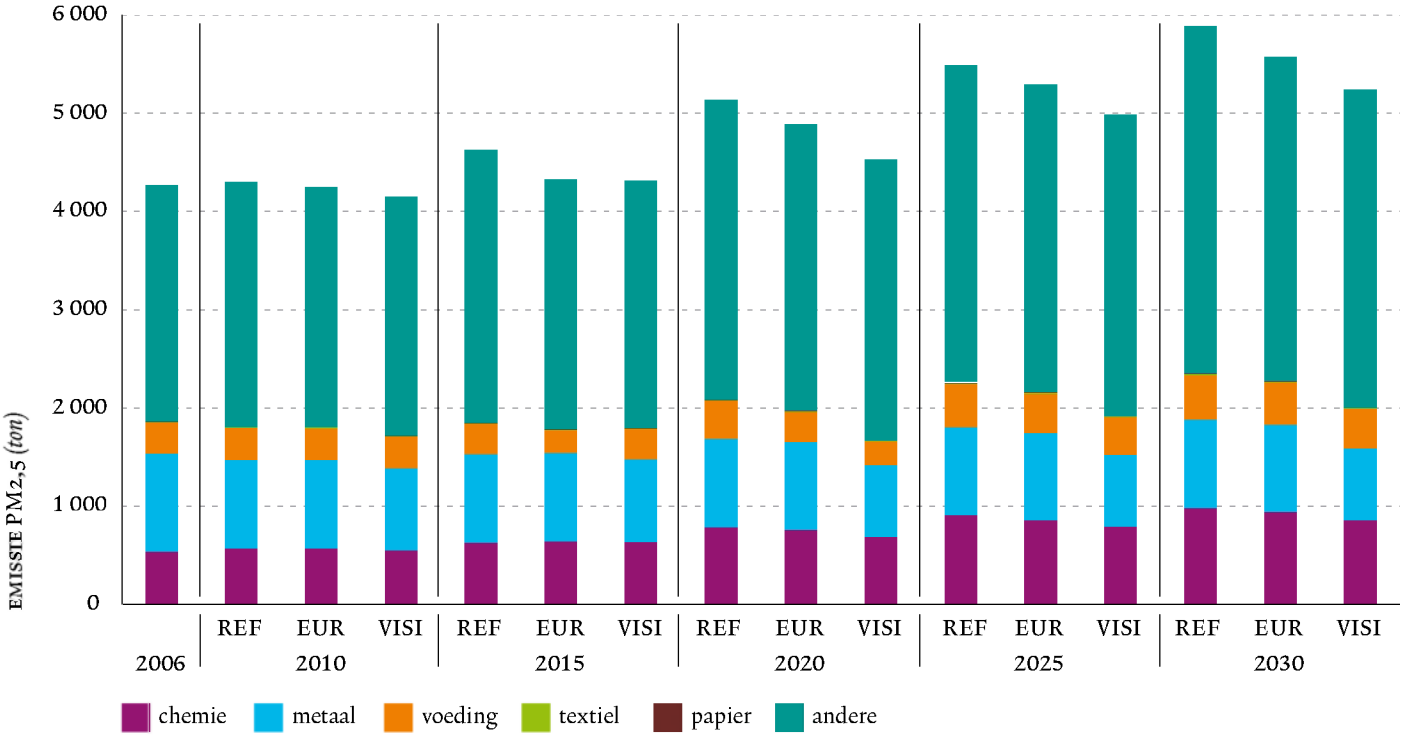
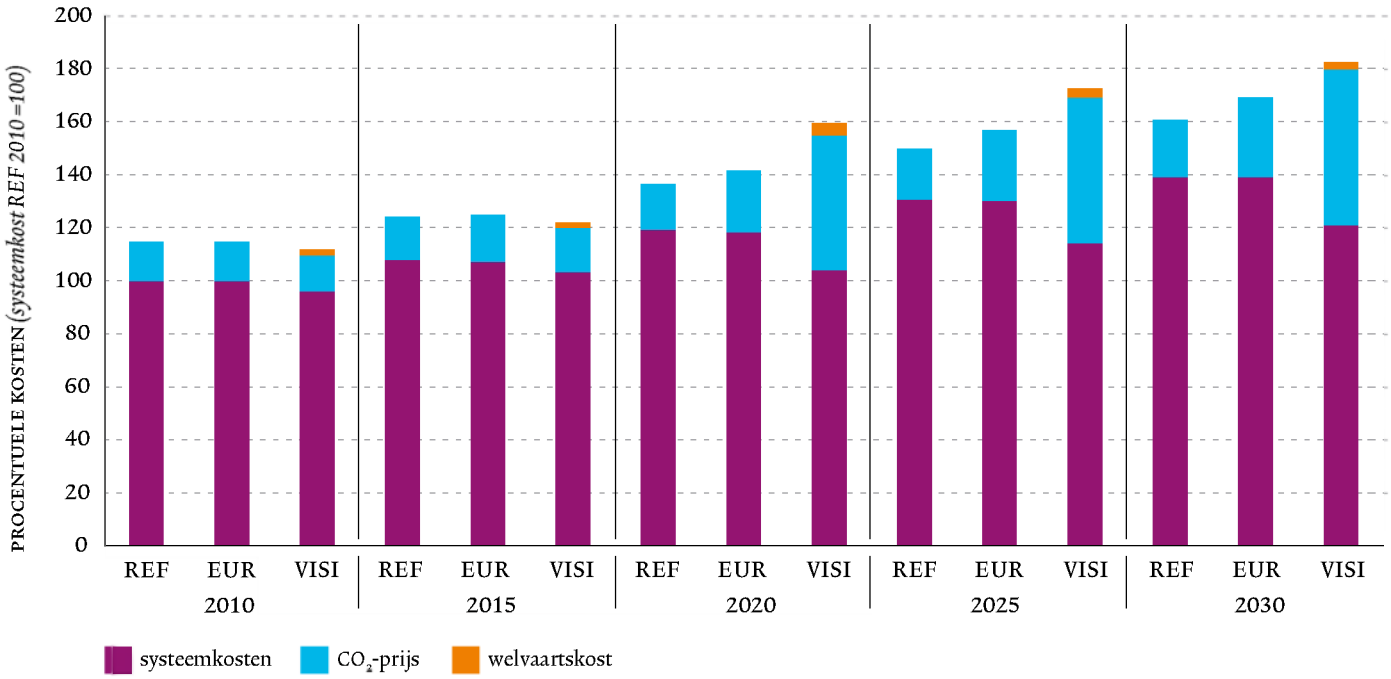


FIG. 4.11 *Jaarlijkse relatieve kosten van de industrie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario ten opzichte van de systeemkost in het REF-scenario in 2010 (Vlaanderen, 2010-2030)*



REF-, EUR- en VISI-scenario respectievelijk 38 %, 30 % en 23 % hoger in 2030 dan in 2006. Hoewel de industrie het er iets beter van afbrengt in het EUR- en het VISI-scenario, valt op basis van de beschouwde energie- en klimaatmaatregelen geen emissiereductie te verwachten na 2015, wel integendeel. De verwachte toename is het grootst bij de meest schadelijke fractie namelijk de kleinste stofdeeltjes (PM2,5).

De deelsector andere industrieën heeft met ruim 56 % binnen de industrie het grootste aandeel in de PM2,5-emissie (in 2006). De evolutie van de PM2,5-emissie houdt grosso modo gelijke tred met het energiegebruik in de verschillende scenario's.

Uit FIGUUR 4.10 blijkt dat de beschouwde energie- en klimaatmaatregelen totaal ontoereikend zijn om de industriële emissie van fijn stof verder in te perken. Een beleid dat zich specifiek richt op de reductie van fijn stof is dan ook noodzakelijk. Een aantal maatregelen loopt al of is voorzien in het huidige milieubeleid. Ook in de toekomst zullen inspanningen nodig blijven om de fijn stof problematiek te beperken.

4.5 Kosten van de drie scenario's

Voor een vergelijking van de kostprijs van de drie scenario's is rekening gehouden met drie soorten kosten (FIGUUR 4.11):

- de systeemkosten: deze omvatten de investeringskosten, de operationele kosten van de energie- en klimaatmaatregelen en de brandstofkosten;
- de kosten van de resterende broeikasgasemissie te wijten aan de opgelegde CO_2-prijs;
- het welvaartverlies: dit zijn gemiste inkomsten door de productievermindering die voortvloeit uit de prijselasticiteit gehanteerd in het VISI-scenario.

De jaarlijkse systeemkosten van het REF- en EUR-scenario stijgen tussen 2010 en 2030 met ongeveer 39 %. Er zijn slechts kleine verschillen in de jaarlijkse kosten tussen de twee scenario's. Vanaf 2015 zijn de systeemkosten in het EUR-scenario tot 1 % lager dan in het REF-scenario. De voornaamste reden voor dit verschil is de grotere inzet van WKK's waarvoor de systeemkosten bij de elektriciteitssector gerekend worden. De jaarlijkse systeemkosten liggen in het VISI-scenario voor alle zichtjaren lager dan in het REF- of EUR-scenario. De prijselasticiteit zorgt onder invloed van de stijgende CO_2-prijs voor een verminderde vraag en productie in de industriële deelsectoren. De kost die kan worden toegeschreven aan het welvaartverlies door de verminderde vraag en productie is eerder beperkt. Deze bedraagt maximaal bijna 5 % ten opzichte van de jaarlijkse systeemkost.

De totale jaarlijkse kost (systeemkost + CO_2-kost + kost welvaartsverlies) is in 2010 en 2015 lager in het VISI-scenario dan in het REF- of EUR-scenario. Vanaf 2020 is deze hoger door de sterk gestegen CO_2-prijs.

4.6 Conclusies voor het beleid

De maatregelen die de industrie in Vlaanderen neemt om het energiegebruik en de broeikasgasemissies te beperken, leiden niet tot een absolute reductie van het energiegebruik en de broeikasgasuitstoot door deze sector ten opzichte van 2006. De stijging van de CO_2-prijs in de drie scenario's is immers niet van die orde dat de industrie op een kostenefficiënte manier meer energiereducties en dus minder broeikasgasuitstoot kan realiseren binnen Vlaanderen zelf. Voor de resterende emissies is het goedkoper emissierechten aan te kopen dan verdere reducties te realiseren. Voor de industrie kan de inzet van groene warmte en het nuttig gebruik van industriële restwarmte nog niet ten volle ingeschat worden. Daarin schuilen misschien toch nog kansen om de industriële broeikasgasuitstoot binnen Vlaanderen te beperken.

Het is duidelijk dat het huidige kader waarin de Vlaamse industrie opereert, nog weinig ruimte laat om het energiegebruik en de broeikasgasemissies te reduceren. Wanneer de Vlaamse industrie wil of moet aansluiten op het internationale engagement om broeikasgasemissies sterk te beperken, dringen zich diepgaande, structurele veranderingen op, zowel in productie- als consumptiepatronen. Hiervoor zijn niet alleen technologische innovaties nodig, maar ook:

- hertekende ruimtelijke en organisatorische structuren (bijvoorbeeld 'eco-industrieparken' waar men streeft naar het sluiten van materiaalkringlopen, energetische autonomie en positieve ecologische effecten door onder andere water- en luchtzuivering ...);
- nieuwe businessmodellen (bijvoorbeeld productdienstcombinaties);
- nieuwe praktijken en gewoontes aan de vraagzijde;
- nieuwe en bestaande instituties die nieuwe regels en denkkaders hanteren;
- ...

Traditionele beleidsinstrumenten, in het bijzonder prijsinstrumenten, zijn hiervoor noodzakelijk maar onvoldoende. Er is een specifieke transitieaanpak nodig (zie Hoofdstuk 14 Vlaanderen in transitie?). Zo'n transitieaanpak kan de groene economie waar het Vlaamse Regeerakkoord (2009-2014) op inzet, mee helpen realiseren.

De beschouwde energie- en klimaatmaatregelen zijn duidelijk onvoldoende om ook de emissies van SO_2, en vooral van NO_x en fijn stof, te reduceren tot een niveau in de buurt van de verwachte plafonds voor 2020 bij herziening van de Europese NEC-richtlijn. Enkel voor activiteiten waar in de berekening ook maatregelen specifiek gericht op NEC-polluenten worden ingezet, dalen de emissies. Ook voor emissiestromen die verband houden met verbrandingsprocessen, blijft het inzetten van zogenaamde NEC-maatregelen een noodzaak. In het huidige Vlaamse milieubeleid zijn zulke maatregelen al ingevoerd of gepland en zullen in de komende jaren gefaseerd zorgen voor een reductie van de emissies van deze polluenten.

NOTEN

1 NEC-maatregelen: maatregelen voor de reductie van NO_x, SO_2, NMVOS en NH_3 met als doel te voldoen aan de National Emission Ceilings Directive (Europese Richtlijn Nationale Emissiemaxima). Bij de herziening van deze richtlijn worden ook emissiemaxima voor fijn stof vastgelegd.
2 Energiegebruik en emissies van de WKK's worden in dit rapport bij de sector energieproductie gerekend
3 De ETS-sectoren (Emission Trading Scheme) in de EU27 moeten in 2020 voldoen aan een plafond van 1 880 Mton CO_2-equivalent, dit komt overeen met een reductie van 21,3 % ten opzichte van 2005.
4 Het PRIMES-model is een partieel evenwichtsmodel van het energiesysteem in Europa, waarin energievraag en -aanbod geïntegreerd worden.
5 De Vlaamse Regering heeft beslist (besluit van 19.09.2008) om het reeds in 1995 besliste verbod op het toepassen van het kwikcelprocedé na 2010 uit te stellen (zie artikel 5.7.5.1. van Vlarem II).
6 Ten tijde van de scenariodoorrekeningen voor MIRA-S (eind 2008, begin 2009) waren voor Vlaanderen nog geen geactualiseerde schattingen voor het gebruik van groene warmte in de industrie beschikbaar.
7 De IIASA-emissiescenario's beschreven in het NEC Scenario Analysis report n° 6 (Amann *et al.*, 2008) voorzien een reductiedoelstelling voor België voorzien voor de totale emissies van NO_x, SO_2, NMVOS en PM2,5 van respectievelijk 61 %, 63 %, 43 % en 42 % in 2020 ten opzichte van 2000. Deze scenario's houden rekening met de TSAP-doelstellingen (Thematic Strategy on Air Pollution) en het voorstel voor het Climate & Energy Package, maar zijn nog niet definitief.

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

Lodewijks P., Brouwers J., Van Hooste H. & Meynaerts E. (2009) Energie- en Klimaatscenario's voor de sectoren industrie en energie. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

REFERENTIES

Amann M., Bertok I., Cofala J., Heyes C., Klimont Z., Rafaj P., Schöpp W. & Wagner F. (2008) National Emission Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate & Energy Package, IIASA.

Europese Commissie (2008) European Energy and Transport, Trends to 2030 - Update 2007, prepared by NTUA using the PRIMES model. Directorate-General for Energy and Transport.

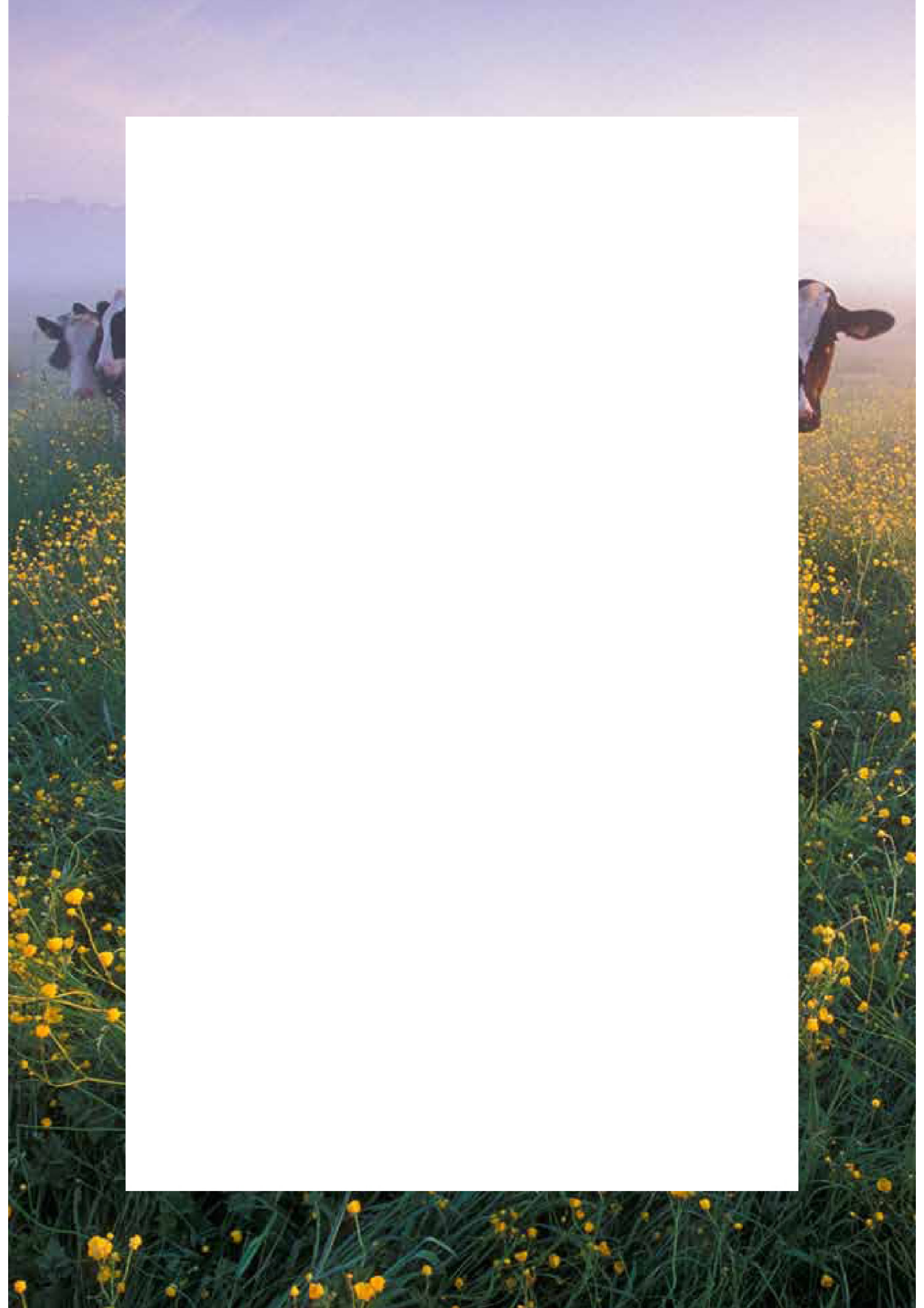
IIASA: http://gains.iiasa.ac.at/gains, scenario: C&E package, MRRV5.

LECTOREN

Sarah Bogaert, ARCADIS Belgium nv
Lucia Buvé, Umicore
Kristof Debrabandere, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw
Michel Debruyne, Studiedienst, ACW
Jo Dewulf, Vakgroep Organische Chemie, UGent
Bruno Eggermont, Fedustria
Katelijne Vancleemput, POM West-Vlaanderen
David Knight, **Steven Lauwereins**, Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid, Departement LNE
Sara Ochelen, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Departement LNE
Lydia Putseys, OVAM
Joris Recko, VEA
Paul Schreurs, IWT
Freddy Van den Bossche, **Marie-Rose Van den Hende**, VMM
Greet Van Eetvelde, Milieu- en Ruimtebeheer & Power-Link, UGent
Carine Vanoeteren, Bayer Antwerpen Comm.V







5 Landbouw

Stijn Overloop, MIRA-team, VMM
José Gavilán, Koen Carels, Dirk Bergen, Dirk Van Gijseghem, Afdeling Monitoring en Studie, Departement Landbouw en Visserij
Anne Gobin, Unit Ruimtelijke Milieuaspecten, VITO
Bert Vander Vennet, Eenheid Landbouw en Maatschappij, ILVO
Maarten Hens, NARA, INBO

HOOFDLIJNEN

- Prijsontwikkelingen en het verondersteld mestbeleid leiden in 2030 tot de afbouw van de grondgebonden rundveestapel met 11 % in het referentiescenario (REF) en 28 % in het Europa-scenario (EUR). Grondloze veehouderij van varkens en pluimvee kan zich handhaven dankzij de mestverwerking.

- Zowel voor broeikasgassen, verzurende stoffen als voor fijn stof kan de uitstoot in het EUR-scenario met meer dan 15 % dalen. Dat is het gevolg van de afbouw van de veestapel en bijkomende milieumaatregelen in de veehouderij en de glastuinbouw.

- Enkel met een strenger mestbeleid kan de landbouw de doelstellingen van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRLW) voor wat betreft stikstof (N) mee helpen realiseren. De bijgestelde doelstelling van 42 kg N/ha overschot is haalbaar in het EUR-scenario.

- In beide scenario's zorgt de landbouw voor een groei in het totaalsaldo[1]. Dit is het gevolg van de verondersteld stijging van de afzetprijzen van landbouwproducten. Samen met de emissiedalingen leidt dit tot een toenemende eco-efficiëntie.

- Landbouw met milieu- en natuurdoelen wordt verondersteld zich te vestigen op erosiegevoelige gronden en langs waterlopen. Een groter aandeel van dit type landbouw in het EUR-scenario leidt tot verminderde emissies naar lucht en water, met uitzondering van de emissies van fijn stof.

Inleiding

In deze tekst staat de toekomst van de landbouwsector centraal. Die toekomst hangt af van keuzen in het milieubeleid en van autonome ontwikkelingen. Hoewel landbouw in 2007 economisch slechts 1,2 % van de bruto toegevoegde waarde in Vlaanderen realiseerde, neemt zij ongeveer de helft van de ruimte in. Door de productiewijze is de landbouw een belangrijke medespeler in de uitstoot van milieuvervuilende stoffen naar lucht en water.

Dit hoofdstuk verduidelijkt eerst de uitgangspunten van deze toekomstverkenning. Vervolgens staat de tekst stil bij de mogelijke evolutie van de veestapel en de teeltkeuze. Dit heeft gevolgen voor de dierlijke mestproductie en hoe mestoverschotten worden afgebouwd. Ook het energiegebruik komt aan bod, gevolgd door de emissie van broeikasgassen. De bodembalans brengt elementen uit de veeteelt en de akkerbouw samen, en legt het verband naar de waterkwaliteit. Dit hoofdstuk bespreekt ook de emissie van verzurende stoffen en van fijn stof en de eco-efficiëntie. Tot slot volgen er enkele conclusies voor het beleid.

5.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning

Modellering

De landbouw is in deze tekst afgebakend tot akkerbouw, veeteelt, tuinbouw, inclusief glastuinbouw en zeevisserij. De indeling van de sector is gebaseerd op homogene activiteiten: melkvee en vleesrundvee met bijhorend grasland en maïsteelt, varkens, pluimvee, twaalf akkerbouwteelten, vier tuinbouwteelten en zeevisserij.

Voor glastuinbouw, een van de tuinbouwteelten, bestudeert een afzonderlijke studie het vraagstuk van de energievoorziening. De resultaten voor energiegebruik en emissies zijn meegenomen in de totaalcijfers voor de landbouw. De toekomst van de zeevisserij is niet verkend. Daarom gaat dit hoofdstuk ervan uit dat het energiegebruik en de emissies daarvan gelijk blijven op het niveau van 2006.

Het sectormodel SELES is ingezet voor de kwantificering van teeltareaal, veestapel, financieel totaalsaldo, bodembalans en ammoniakemissie. SELES is een partieel evenwichtmodel van de landbouwsector. Emissies naar lucht, broeikasgassen, fijn stof en ozonprecursoren werden berekend op basis van uitkomsten van SELES en emissiekengetallen uit de Emissie Inventaris Lucht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).

Het startjaar is 2006. Er zijn twee milieubeleidsscenario's uitgewerkt: het REF-scenario en het EUR-scenario. Het REF-scenario gaat uit van de maatregelen tot 1 april 2008 en bekijkt de verdere effecten daarvan. Maatregelen in het EUR-scenario mikken op de Europese afgesproken doelstellingen over energie, klimaat en water en op niet-besliste doelstellingen rond emissies van verzurende stoffen, fijn stof en

ozonprecursoren. Hoofdstuk 1 Beleidsscenario's licht deze aanpak toe. De beschikbare sectormodellen lieten niet toe een visionair scenario te ontwikkelen, uitgezonderd voor de deelsector glastuinbouw.

Twee scenario's

TABEL 5.1 toont de belangrijkste maatregelen en uitgangspunten van de scenario's. In het startjaar 2006 is vertrokken van een landbouwareaal van 626 000 ha, zoals geregistreerd in de 15-meitelling van de FOD Economie. Die omvat cultuurgrond van de beroepslandbouw, exclusief toegangswegen, bermen, grachten, gebouwen en stallen. De cijfers zijn afgerond tot op het duizendtal. In Hoofdstuk 10 Landgebruik omvat landbouw ook landbouwterreinen buiten de 15-meitelling.

TAB. 5.1 *Maatregelen en uitgangspunten van de scenario's voor landbouw*

Scenario-element	Referentiescenario	Europa-scenario
Totaal landbouwareaal	autonome afname volgens afgezwakte trend 2000-2007 tot 594 000 ha in 2030	beperktere autonome afname door de uitbreiding van landbouw met milieu en natuurdoelen tot 608 000 ha in 2030
Areaal landbouw met milieu en natuurdoelen	naar 25 000 ha in 2015, daarna stabiel tot 2030	stijgend naar 162 000 ha in 2030
Technische productiviteit *(ton/ha)*	toenemend, behalve voor grasland en maïs	
Afzetprijzen	afnemend voor rundvlees en sierteelt, overige (licht) toenemend	
Bemestingsbehoefte	gelijk stijgend met de productiviteitsstijging	stijgend met de helft van de productiviteitsstijging
Excretie	stijgend met de productiviteit	stijgend met de helft van de productiviteitsstijging, voor melkvee stijgend met de productiviteit
Mestverwerking	verwerking van varkens en pluimveemest aan 75 % van de prijs 2006	verwerking van varkens en pluimveemest aan prijzen 2006; verwerking van rundermest
Emissiearme stallen	trend op basis van vervangingsritme 2000-2006	toenemend tot 100 % emissiearme stallen in 2030
Mestbeleid	MAP3 + derogatie op groenvoederareaal	geen derogatie en aanscherping dierlijke bemestingsnorm tot 140 kg N/ha in 2030
Klimaatbeleid	energiezuinige investeringen in de glastuinbouw	energiezuinige investeringen in de glastuinbouw + vernieuwing hele serrepark
Landbouwbeleid	afschaffing melkquota in 2015	

Het areaal landbouw met milieu- en natuurdoelen omvat akkers en graslanden waarop landbouwers maatregelen nemen om de milieu-impact te minimaliseren, of om specifieke natuurwaarden te ontwikkelen en te beheren. Deze landbouw is een landbouwvorm waar groene en blauwe diensten evenwaardig naast productie staan. Men gaat uit van de veronderstelling dat dit gemiddeld tot 10 % opbrengstverlies leidt op een perceel. Voor het startjaar 2006 vallen de landbouwpercelen met bestaande beheerovereenkomsten voor milieu en natuur daaronder. De sterke toename in het EUR-scenario gaat uit van een forse stijging van de tweede pijler van het Europese landbouwbeleid met een sterke waardering van het instrument beheerovereenkomsten. Het areaal dat geschikt is voor de realisatie van landbouw met milieu- en natuurdoelen wordt begroot op basis van de huidige afbakening van:

- Akkerbouwpercelen in erosiegevoelige gebieden type 1, 2 en 3 zoals bepaald in de erosiekaart Vlaanderen. Het gaat om 44 117 ha in 2030.
- Akkerbouwpercelen die via bufferstroken grenzen aan alle bevaarbare en onbevaarbare waterlopen tot de fijnste categorie toe, exclusief percelen die ook in erosiegevoelige gebieden 1, 2 en 3 vallen. Het gaat om 107 617 ha in Europa 2030.
- Akkerbouwpercelen met beheerovereenkomsten natuur. Het gaat om 1 000 ha in 2030.
- Grasland met beheerovereenkomsten natuur. Het gaat om 9 000 ha in 2030.

Deze toekomstverkenning gaat uit van een stabiele evolutie van afzetprijzen. Die langetermijnbeschouwing gaat noodgedwongen voorbij aan het feit dat de afzetprijzen in de landbouw doorgaans erg vluchtig zijn.

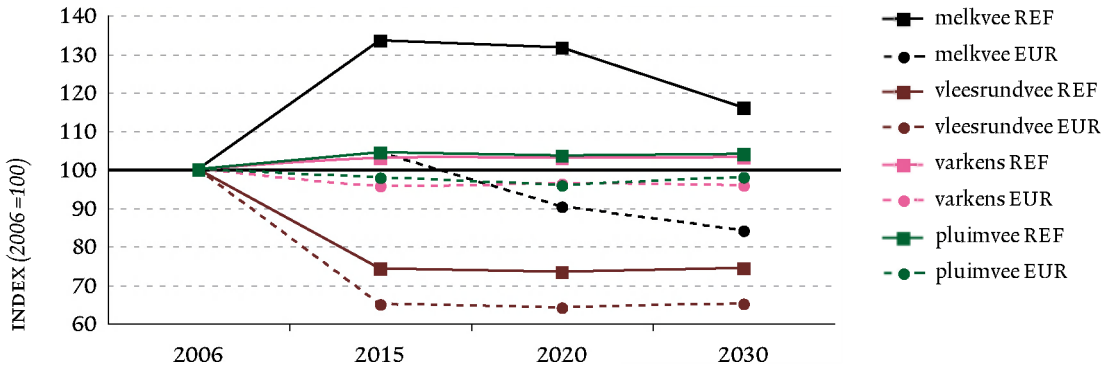
Het mestbeleid is in het EUR-scenario sterk aangescherpt, met de bedoeling de doelstelling van de KRWL te behalen, namelijk een goede waterkwaliteit in alle waterlopen (TABEL 5.1). Het ammoniakbeleid staat in nauw verband met het mestbeleid. Het gebruik van emissiearme stallen scherpt dit beleid verder aan. Klimaatbeleidsmaatregelen (energiebesparing en brandstofkeuze) worden enkel genomen voor de deelsector glastuinbouw. Voor de overige landbouw is vooral de uitstoot van lachgas en methaan van de veestapel dominant. Deze emissies evolueren mee met de omvang van de veestapel en de mestverwerking. Emissies uit de landbouwbodem zijn constant gehouden aan het startjaar 2006.

5.2 Veestapel en landgebruik

Veestapel

In het REF-scenario is de *melkveestapel* in 2030 hoger dan in het startjaar 2006 (FIGUUR 5.1). In het EUR-scenario ligt de melkveestapel lager dan in het REF-scenario. Beide scenario's gaan uit van een afschaffing van de melkquota in 2015, wat leidt tot een forse toename van de melkveestapel. Deze beleidsbeslissing buigt zo de afname van de melkveestapel om, die zou bestaan bij het behouden van de quotaregeling door productievere koeien. Dat het melkvee in het EUR-scenario in 2030 toch

FIG. 5.1 *Veestapel in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



minder talrijk is dan in 2006, ondanks de afschaffing van de melkquota, is te wijten aan het strengere mestbeleid.

In beide scenario's daalt de *vleesrundveestapel* door een afnemende rendabiliteit en door het concurrerende ruimtebeslag van het melkvee. Het effect van het aangescherpte mestbeleid in het EUR-scenario leidt tot de grootste afname. Goedkopere mestverwerkingsmogelijkheden, ook voor rundveemest, temperen wel de afname.

De omvang van de *varkenstapel* wijkt in beide scenario's weinig af van de situatie in 2006. In het REF-scenario is een lichte uitbreiding mogelijk als gevolg van de gunstige omstandigheden voor mestverwerking. Deze tendens is in overeenstemming met de beleidslijn in het Mestactieplan3 (MAP3), namelijk uitbreiding mits mestverwerking. In het EUR-scenario is er een afname ten opzichte van 2006 door de beperkte afzetruimte voor mest en de strengere milieueisen bij mestverwerking.

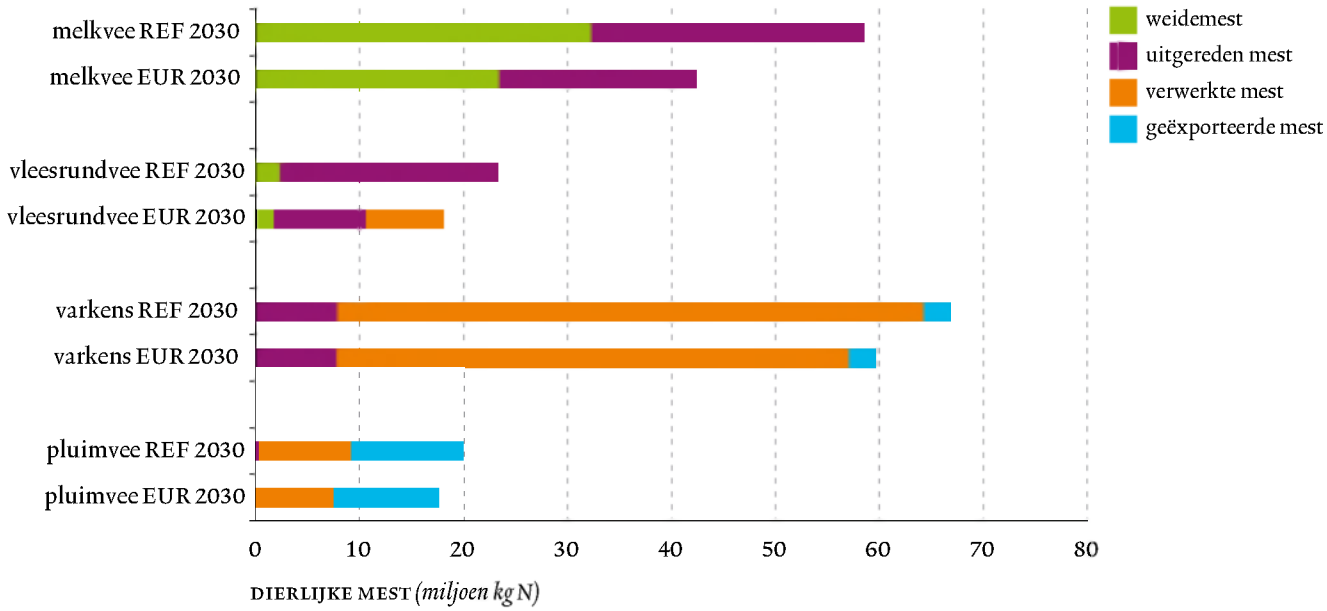
De *pluimveestapel* wijkt in beide scenario's amper af van de omvang in 2006. In het REF-scenario is er een lichte uitbreiding mogelijk door de gunstige omstandigheden voor mestverwerking en het aanhouden van het huidige mestbeleid. In het EUR-scenario is er een afname ten opzichte van 2006 door de beperkte afzetruimte voor mest.

Dierlijke mestproductie en -aanwending

Dierlijke mestproductie is maar een milieuprobleem als er sprake is van een mestoverschot. Verderop wordt de problematiek van het mestoverschot behandeld. Dit deel bekijkt hoe de mestproductie, het gebruik van mest op akker- en grasland en de mestverwerking evolueren. Die zijn immers bepalend voor de luchtemissies en de verliezen naar grond- en oppervlaktewater.

De dierlijke mestproductie evolueert in de eerste plaats mee met de omvang van de veestapel. De dalende veestapel in het EUR-scenario leidt tot een daling van de mestproductie voor alle diersoorten in FIGUUR 5.2. Ten tweede is de mestproductie per dier ook lager in het EUR-scenario dan in het REF-scenario, omdat efficiëntere productietechnieken worden ingezet. Door het strengere milieubeleid is de vraag naar deze technologie groter.

FIG. 5.2 *Dierlijke mestproductie en mestverwerking zonder aftrek van N-verliezen in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2030)*



De totale mestproductie in het REF-scenario 2030 bedraagt 169 miljoen kg stikstof (N) en daalt ten opzichte van 2006 met 1 %. In het EUR-scenario zet de daling zich sterker door tot 19 %. Deze afnamen zijn in overeenstemming met de dalende veestapel, maar de toegenomen productiviteit leidt tot meer mestproductie per dier.

De omvang van de mestverwerking in 2030 is in beide scenario's vergelijkbaar. Hij bedraagt 65 miljoen kg N in het REF-scenario en 64 miljoen kg N in het EUR-scenario. Daarnaast wordt in beide scenario's 13 miljoen kg N dierlijke mest geëxporteerd zonder verwerking. In 2007 bedroegen mestverwerking en export samen 19 miljoen kg N. Met 79 miljoen kg N wordt 47 % van de dierlijke mest verwerkt en geëxporteerd in het REF 2030-scenario. In EUR 2030 bedraagt dit 77 miljoen kg N, ofwel 56 % van de geproduceerde dierlijke mest. In beide scenario's slaagt de landbouwsector er in om de mestverwerking sterk uit te bouwen. Daarbij veronderstelt men dat er voor de verwerkte mest ook een afzet kan gevonden worden in binnen- of buitenland. Of dit voldoende is om de basismilieukwaliteit te halen in grondwater en oppervlaktewater, komt verder aan bod.

Het gebruik van mest op het land hangt af van diersoort. De hoeveelheid uitgereden mest daalt sterk bij het rundvee in het EUR-scenario door de beperkte afzetruimte voor mest. Bij melkvee daalt de mestproductie tijdens de beweiding evenredig met de mest geproduceerd in de stal, die uitgereden wordt. Er zijn minder melkkoeien. Dit betekent dat er ook minder mest geproduceerd wordt op de weide en in de stal.

Areaal en teeltkeuze

Het landbouwareaal daalt met 5 % in het REF-scenario 2030 en 3 % in het EUR-scenario. Het verschil is zo ingesteld omdat het EUR-scenario uitgaat van een grote toename van landbouw met milieu- en natuurdoelen. Door een verondersteld productieverlies van 10 % op dit teeltareaal, is er meer grond nodig om evenveel te produceren.

FIGUUR 5.3 geeft een overzicht van de aandelen van de verschillende teelten voor het jaar 2006 en 2030. In het REF-scenario daalt het areaalaandeel granen door de forse toename van de melkveestapel met het eraan gekoppelde voederareaal van maïs en grasland. In het EUR-scenario groeit het areaal akkerbouw met milieu- en natuurdoelen (MND) sterk door. Dat gaat ten koste van het areaal granen en in mindere mate van aardappelen en bieten. Binnen de akkerbouw MNDblijven deze akkerbouwactiviteiten mogelijk, zij het met 10 % opbrengstderving. Het aandeel maïsareaal stijgt in het REF-scenario als voederareaal voor de groeiende melkveestapel en door het dalende landbouwareaal (-5 %). In het EUR-scenario neemt het maïsareaal af ten opzichte van 2006. Omdat de hele rundveestapel slinkt, komt dit typische groenvoederareaal vrij voor andere teelten, waaronder MND.

De sterke afbouw van de rundveestapel in het EUR-scenario 2030 kan leiden tot een gelijkaardige afbouw van het voederareaal grasland. Dat is in strijd met de randvoorwaardenregeling van het Europese landbouwbeleid. Minimum 22,3 % van het voor de verzamelaanvraag geregistreerde landbouwareaal moet behouden worden als blijvend grasland. Grasland in deze toekomstverkenning omvat zowel blijvend grasland als tijdelijk grasland. De norm voor blijvend grasland kan bij een verdere afbouw van het rundvee gerealiseerd worden binnen het areaal MND. Daar kan met extensievere beweiding gewerkt worden. In FIGUUR 5.3 is daarom het graslandaandeel MND afzonderlijk aangeduid. Dit aandeel is op peil gehouden om aan de Europese regeling te voldoen.

FIG. 5.3 *Aandeel van de teelten in het landbouwareaal in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*

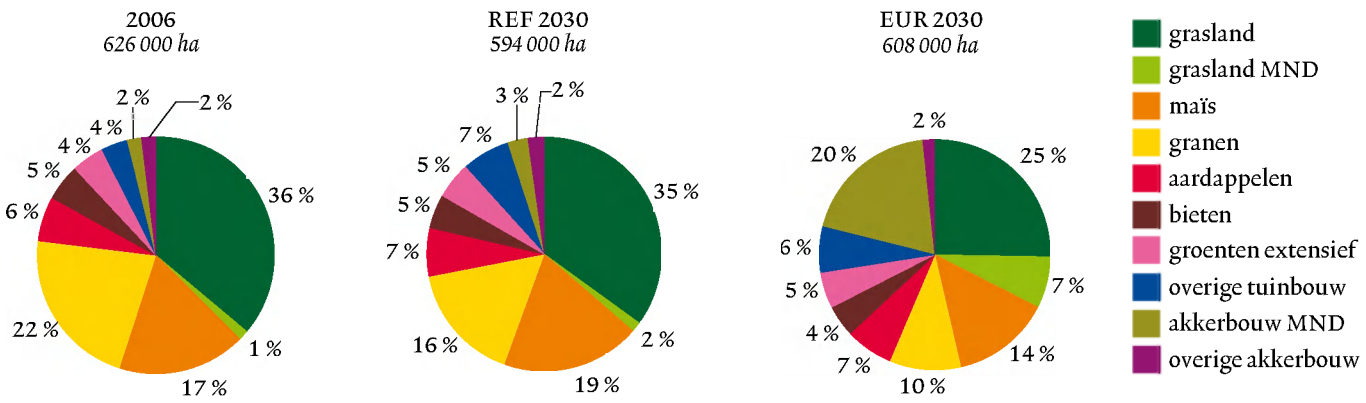
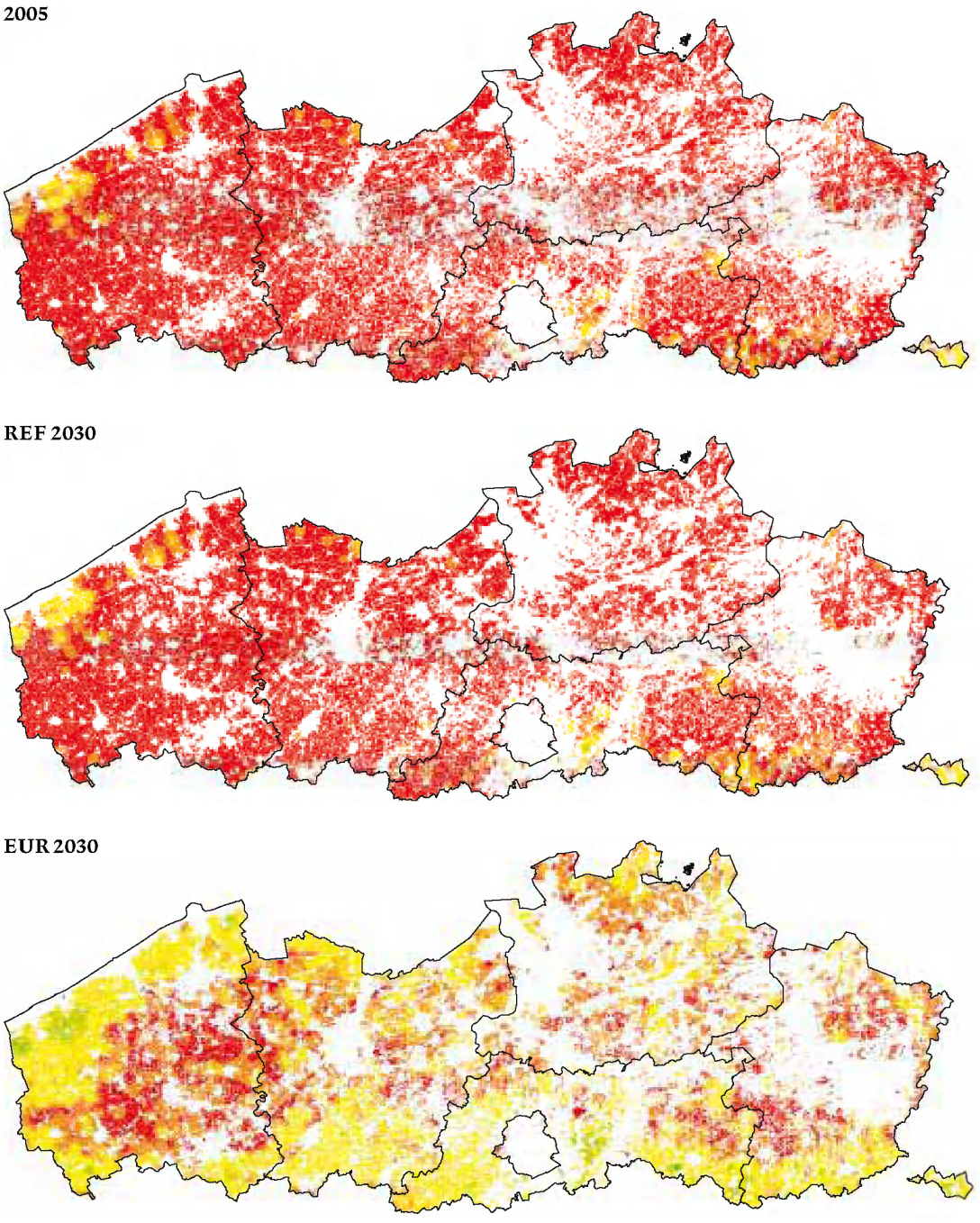


FIG. 5.4 *Verweving van productielandbouw en landbouw met milieu- of natuurdoelen, berekend als aandeel MND in een straal van 1 500 m rond een landbouwperceel van 2,25 ha (Vlaanderen, 2005 en 2030)*





Het aandeel tuinbouw, als de som van groenten extensief en overige tuinbouw, neemt toe in beide scenario's. Overige tuinbouw omvat de fruitteelt, de sierteelt, de intensieve groenteteelt en de glastuinbouw. Het aandeel in het EUR-scenario is lager door het iets grotere landbouwareaal. Alle tuinbouwactiviteiten groeien, behalve het areaal glastuinbouw dat constant blijft. Hoge investeringskosten beperken in de glastuinbouw verdere uitbreiding.

Een ruimtelijk-dynamisch landgebruiksmodel simuleert de evolutie van landgebruik in Vlaanderen (zie Hoofdstuk 10 Landgebruik). Met modelsimulaties werden landgebruiksindicatoren afgeleid. FIGUUR 5.4 geeft aan in welke mate landbouw met milieu- en natuurdoelen *verweven* is met productielandbouw in Vlaanderen, voor het startjaar, het REF-scenario en het EUR-scenario in 2030. De productielandbouw is het complement van de landbouw met MND. De omvang van deze landbouwactiviteit is beschreven in TABEL 5.1.

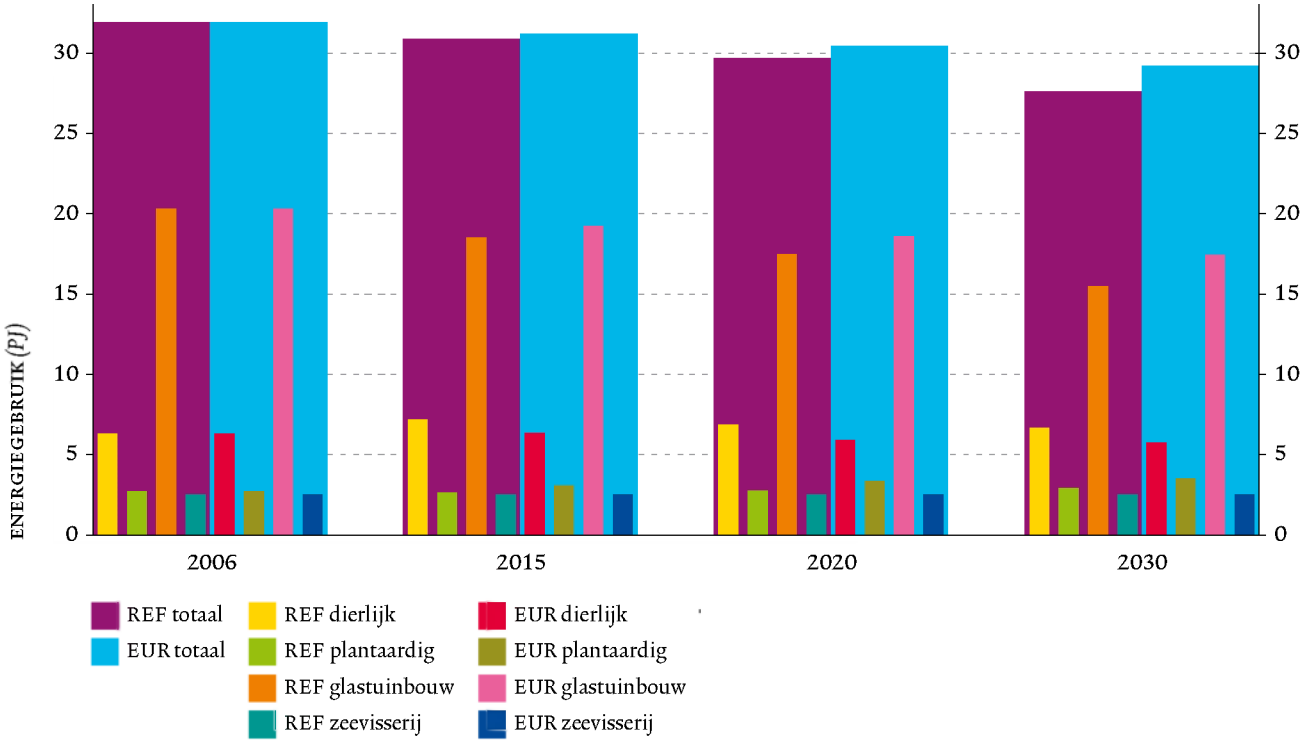
De waarde 100 % geeft 100 % landbouw met milieu- en natuurdoelen aan, telkens in een straal van 1 500 m rond een cel van gemiddeld 2,25 ha. Waar landbouw met milieu- en natuurdoelen gevestigd is, hangt af van de toebedeling per landbouwstreek, van de al aanwezige landbouw met milieu- en natuurdoelen en ten slotte van de erosiegevoeligheid of de nabijheid van waterlopen in een gebied. Vanaf waarde 50 % en hoger, domineert landbouw met MND. In het patroon van de kaart EUR-scenario 2030, zijn de erosiegevoelige gebieden in het zuiden van Vlaanderen te herkennen. Daarnaast zijn ook de gebieden met veel gedigitaliseerde waterlopen herkenbaar, zoals de polders in West-Vlaanderen en het Netebekken in Antwerpen.

5.3 Energiegebruik

Het directe energiegebruik van de landbouw daalt in beide scenario's (FIGUUR 5.5). In de toekomstverkenning neemt het energiegebruik tegen 2030 af met 13 % in het REF-scenario en 9 % in het EUR-scenario. De motor voor deze afname is het sterk dalende energiegebruik in de glastuinbouw. Het aandeel van de glastuinbouw in het energiegebruik van de landbouwsector daalt dan ook van 64 % in 2006 tot 56 % in REF 2030 en 60 % in EUR 2030. In de scenario's voor glastuinbouw zijn specifieke maatregelen genomen (zie kadertekst *Energiegebruik in de glastuinbouw*).

Voor de overige deelsectoren zijn er geen specifieke energiemaatregelen genomen. Dit betekent dat het energiegebruik een weerspiegeling is van de evolutie van het activiteitenniveau. Nochtans is hier ook energiebesparing (bijvoorbeeld zuinigere motoren), -recuperatie (bijvoorbeeld warmtewisselaars) en -productie (bijvoorbeeld windmolens, biogas, zonne-energie) mogelijk.

FIG. 5.5 *Energiegebruik door de landbouw in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Energiegebruik in de glastuinbouw

Het energiegebruik daalt in alle scenario's, door de uitfasering van steenkool en stookolie, door energiebesparende teelttechnieken en door het gebruik van warmtekrachtkoppeling (WKK) en industriële restwarmte. Dit leidt evenwel tot de groei van de meer energie-intensieve teelten, wat een deel van de besparing teniet doet. Alle onderstaande cijfers gelden voor het jaar 2030.

In het REF-scenario is de daling het sterkst door de verschuiving naar energiearmere teelten, het gebruik van energiebesparende technieken op 53 % van het glasareaal bij serrevernieuwing en door het gebruik van WKK voor 45 % van de energiebehoefte in de vorm van warmte.

Het energiegebruik ligt in het EUR-scenario hoger. Dit is het gevolg van 25 % meer energie-intensieve teelten in het EUR-scenario. Daarbij stijgt het aandeel WKK tot 66 % van de energiebehoefte. Door de volledige vernieuwing van het serreareaal worden energiebesparende technieken over het hele glasareaal ingevoerd a rato van 17 % besparing per m² ten opzichte van een standaardkas in 2006.

Het visionaire scenario (VISI-scenario) zet restwarmte volop in bij geclusterde glastuinbouwparken in de nabijheid van warmteleverende industrieën. Het VISI-scenario heeft als doel de emissie van broeikasgassen tegen 2030 te halveren (zie Hoofdstuk 1 Beleidsscenario's). Energiebesparende technieken worden efficiënter door het gebruik van geavanceerde geïntegreerde kassystemen met 75 % besparing per m². Dit zorgt er wel voor dat er meer energie-intensieve gewassen geteeld worden, omdat zo de financiële opbrengst stijgt. Het totale energiegebruik ligt zo hoger dan in de andere scenario's. Daartegenover staat echter dat de energie efficiënter wordt benut, met minder uitstoot van broeikasgassen.

5.4 Emissie van broeikasgassen

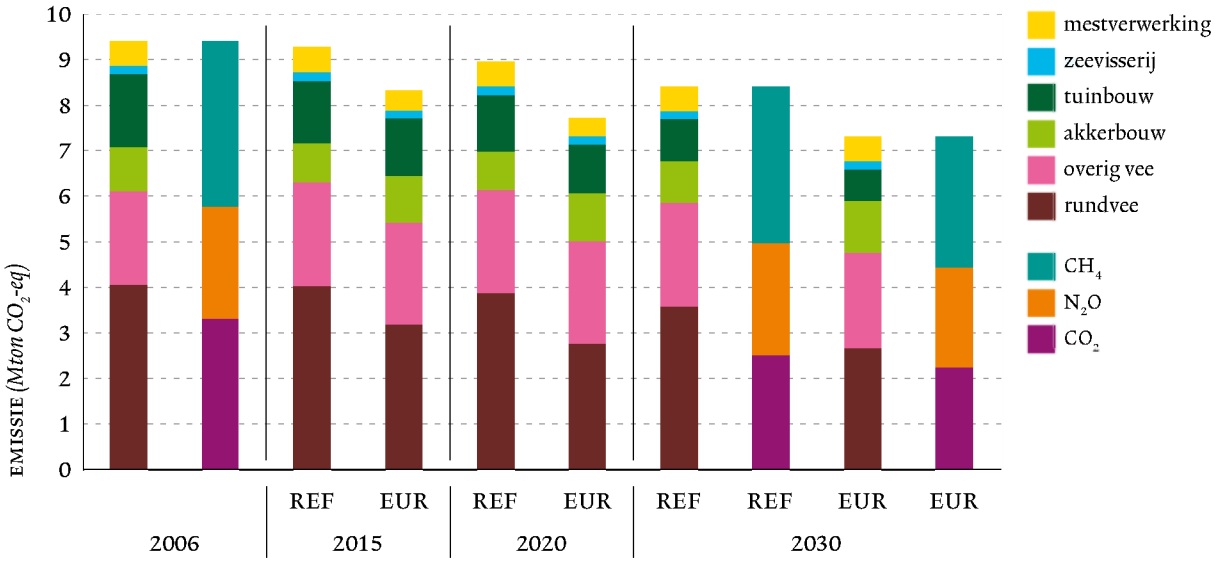
Het globale aandeel van de landbouw in de emissie van broeikasgassen is 13,5 % in 2004, ontbossing voor landbouw buiten beschouwing gelaten. Dit staat in het vierde *assessment report* van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Ontbossing voor landbouw en andere doeleinden heeft een aandeel van 17,4 %. Afgelijnd tot de agrarische processen in Vlaanderen bedraagt dit aandeel 11 %. Kenmerkend voor de sector is dat de broeikasgasemissies maar in beperkte mate voortkomen uit het verbranden van fossiele brandstoffen (energetische broeikasgassen). De broeikasgassen komen vooral van biologische processen: methaan (CH_4) uit spijsverteringsprocessen en uit de natuurlijke vergisting van dierlijke mest, lachgas (N_2O) bij het gebruik van meststoffen, en koolstofdioxide (CO_2) uit de afbraak van organisch bodemmateriaal. Dit hoofdstuk besteedt verder geen aandacht aan de emissies die het gevolg zijn van productieprocessen buiten Vlaanderen, maar die leiden tot consumptie in Vlaanderen.

In dit deel zijn de landbouwactiviteiten van FIGUUR 5.3 samengevat in vier groepen:

- Akkerbouw omvat de teelt van granen, exclusief voedermaïs, aardappelen, bieten en overige handelsgewassen, alsook landbouw met MND.
- Tuinbouw omvat fruitteelt, sierteelt, groenteteelt en glastuinbouw.
- Rundvee omvat de rundveestapel alsook het voederareaal grasland en maïs.
- Overige vee omvat de varkens- en pluimveestapel, zonder grond.

FIGUUR 5.6 schetst de mogelijke evolutie van de uitstoot van de broeikasgassen CO_2, N_2O en CH_4. De emissie daalt in het REF-scenario met 11 % ten opzichte van 2006 tot 8 403 kton CO_2-equivalenten. Oorzaken zijn de afbouw van de minder

FIG. 5.6 *Emissie van broeikasgassen door de landbouw in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



rendabele vleesrundveestapel en de energiebesparende maatregelen in de glastuinbouw. De groeiende melkveestapel en de varkensstapel compenseren wel gedeeltelijk deze afname.

In het EUR-scenario daalt de emissie met 22 % ten opzichte van 2006 tot 7 303 kton CO_2-equivalenten. De daling in de glastuinbouw is dubbel zo groot door de bijkomende inzet van WKK's en het uitfaseren van steenkool en stookolie. Naast het vleesrundvee, neemt ook de melkveestapel af. Deze afnamen zijn sterker dan in het REF-scenario dankzij het aangescherpte mestbeleid.

Net zoals vroeger werkt het mestbeleid ook de emissiereductie van lachgas en methaan in de hand. Desondanks blijft het aandeel van de veestapel in de uitstoot gelijk op ongeveer 65 % in beide scenario's. Het aandeel energetische broeikasgassen daalt van 22 % in 2006, tot 16 % in het REF- en 14 % in het EUR-scenario 2030. Dit is vooral het gevolg van de energiebesparing in de glastuinbouw bij een gelijkblijvende glasoppervlakte. Het aandeel van de mestverwerking in de broeikasgasemissie schommelt rond 6 % in alle zichtjaren en scenario's. Deze emissiebron is overal hetzelfde ingeschat. Een betere beheersing van de mestverwerkingsprocessen kan de emissies verder reduceren.

Indien de emissies van de elektriciteits- en warmteproductie meegerekend worden bij de landbouw, dan verhoogt dit de emissies met 361 kton in 2006 of 4 %, 916 kton of 11 % in REF 2030 en 1 343 kton of 18 % in EUR 2030. De glastuinbouw maakt steeds meer gebruik van enerzijds WKK, waarvan de emissies aan de energiesector worden toegerekend en van anderzijds industriële restwarmte, waarvan de emissies aan de industrie worden toegerekend. Daarmee wordt de emissie weliswaar afgewenteld op andere sectoren, maar tegelijk zijn het allebei efficiëntere technieken die sectoroverschrijdend tot een lagere emissie leiden.

5.5 Bodembalans, emissie van verzurende stoffen en fijn stof

Bodembalans

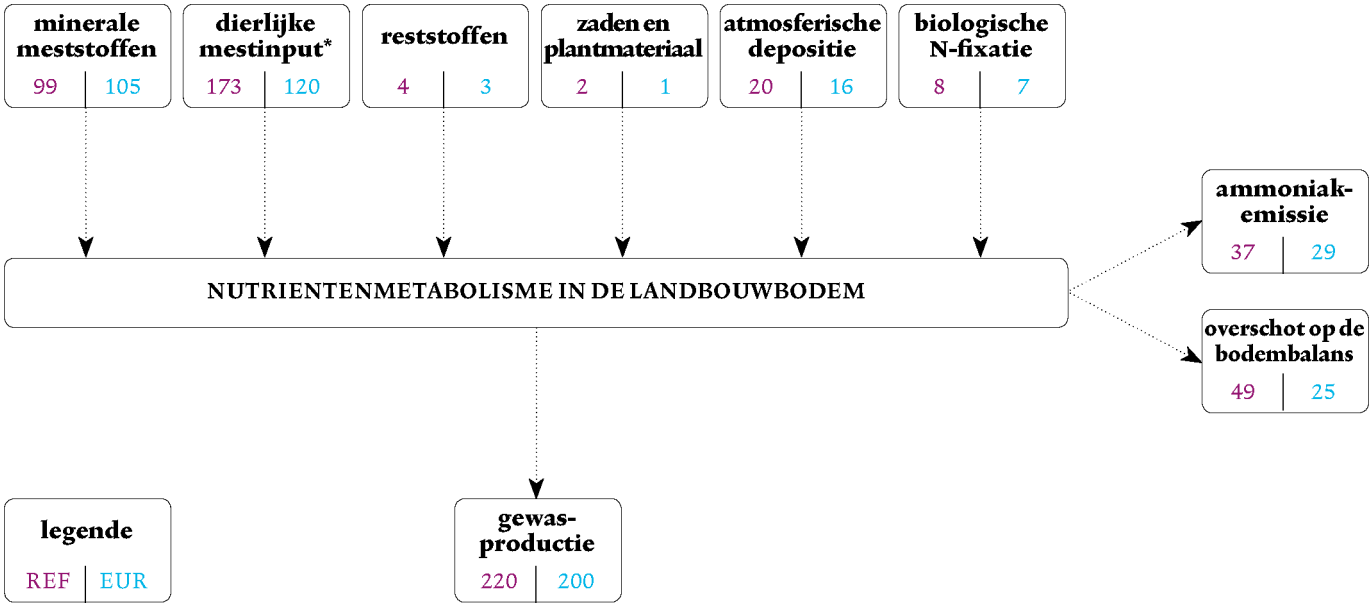
De bodembalans van de landbouw bestaat aan de inputzijde uit de hoeveelheid nutriënten die de landbouwbodem binnenkomt (mest, atmosferische depositie, biologische stikstoffixatie, zaaigoed). De outputzijde is dan de hoeveelheid die de landbouwbodem verlaat: het zijn nutriënten die worden afgevoerd met de geoogste gewassen, de ammoniakemissie uit bodem en de mest, en de overige emissies naar het milieu die via de landbouwbodem passeren. Deze laatste stroom is het overschot op de bodembalans.

In het Vlaamse Milieubeleidsplan 2008-2010 is de *doelstelling* voor het overschot op de bodembalans vastgelegd op 70 kg N/ha. Om een goede waterkwaliteit te halen, is een aanscherping van deze doelstelling noodzakelijk. Goede water-

kwaliteit betekent dat de 90e percentiel van de nitraatmetingen onder de 10 mg NO_3-N/l in oppervlaktewater ligt. Dit is de kwaliteitsnorm voor goede waterkwaliteit in het watertype beek volgens het ontwerp stroomgebiedbeheersplan Schelde en Maas (CIW, 2008). Voor grondwater geldt de norm van 11,3 mg NO_3-N/l. Hier wordt een nieuwe doelstelling voor het overschot op de bodembalans uit afgeleid, waaraan de uitkomsten van de scenario's getoetst worden. Dit is bepaald op 42 kg N/ha.

Enkel in het EUR-scenario daalt het overschot onder de doelstelling van 42 kg. (FIGUUR 5.7). Indien ook huishoudens en industrie hun afvalwater voldoende zuiveren, kan de waterkwaliteit verbeteren tot de beoogde kwaliteit (zie Hoofdstuk 12 Kwaliteit van het oppervlaktewater). Ten opzichte van het REF-scenario is niet alleen de dierlijke mestinput lager, maar ook de afvoer van nutriënten door gewasproductie. Daarbij leidt de afname van het areaal voederteelten maïs en gras tot een lagere nutriëntenafvoer door gewasproductie. Er circuleert minder stikstof, als gevolg van het aangescherpte mestbeleid. Om de landbouwproductie op peil te houden, compenseert in het EUR-scenario een hogere kunstmesttoediening tot 105 kg N/ha de beperking van de bemesting tot 140 kg dierlijke N/ha. Dit is een stijging met 6 % ten opzichte van het REF-scenario 2030. Maar het overschot op de bodembalans daalt tot 25 kg N/ha in het EUR-scenario in 2030, een halvering ten opzichte van het REF-scenario. Een kanttekening hierbij is dat het stijgende kunstmestgebruik tot een grotere energieafhankelijkheid leidt. De productie van kunstmest vraagt zeer veel energie.

FIG. 5.7 *Bodembalans van de landbouw in kg N/ha in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2030)*



* dierlijke mestinput = dierlijke mestproductie - mestexport - mestverwerking

Deze resultaten tonen aan dat zelfs de omvangrijke mestverwerking in het REF-scenario 2030 niet volstaat om het overschot op de bodembalans op lange termijn onder de doelstelling te krijgen, die is afgeleid van KRLW. In het EUR-scenario lukt dit wel met een aangescherpt mestbeleid en de sterk verlaagde instroom van stikstof in de landbouw. Dit resultaat geldt enkel voor stikstof. Daarbij is de indicator 'overschot op de bodembalans' een gemiddelde voor heel Vlaanderen. Het garandeert dus niet dat overal de waterkwaliteitsnorm gehaald wordt voor oppervlaktewater (zie Hoofdstuk 12 Kwaliteit van het oppervlaktewater).

Emissie van verzurende stoffen

De Vlaamse landbouw is in 2007 verantwoordelijk voor 34 % van de verzurende emissie. De emissie van verzurende stoffen veroorzaakt grensoverschrijdende verzuring en vermesting (zie Hoofdstuk 9 Luchtkwaliteit). De bijdrage van de landbouw bestaat hoofdzakelijk uit ammoniak (NH_3), dat vrijkomt uit meststoffen. Meststoffen zijn dierlijk van aard of kunstmeststoffen, gebruikt in de akker- en tuinbouw. Stikstofoxiden (NO_X) en zwaveldioxide (SO_2) komen vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen in alle deelsectoren van de landbouw.

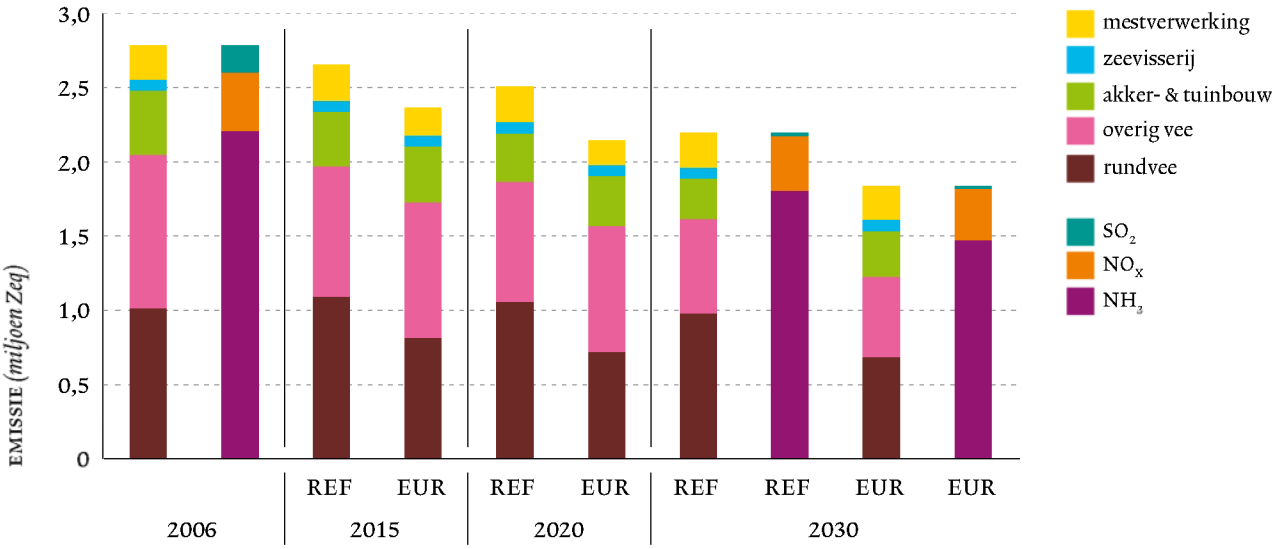
In het *REF-scenario* dalen de verzurende emissies met 21 % tussen 2006 en 2030 (FIGUUR 5.8). Nieuwe emissiearme stallen voor varkens en pluimvee verklaren twee derde van de daling of 14 % ten opzichte van 2006. Emissiearme stallen leiden ook tot een verminderde geuremissie uit varkensstallen. Ook verschillende maatregelen in de glastuinbouw, zoals de uitfasering van steenkool en zware stookolie, de nieuwe energie-efficiënte kassen en de nieuwe WKK-installaties, spelen hierbij een rol.

In het *EUR-scenario* is de daling met 34 % nog sterker. Hier vormt de daling van de rundveestapel de oorzaak van de afname: goed voor een derde van de daling of 12 % ten opzichte van 2006. Door de licht dalende varkens- en pluimveestapel zakken deze emissies ook verder met 2 %. Verder blijven dezelfde maatregelen in de varkenshouderij en glastuinbouw voor eenzelfde emissiedaling zorgen.

In 2030 zijn alle varkens *emissiearm* gehuisvest in beide scenario's. Het verschil zit bij pluimvee. Voor pluimvee daalt de jaarlijkse emissie tot 87 kg NH_3/dier in REF 2030 naar 63 kg NH_3/dier in EUR 2030. De dalende veestapel in het EUR-scenario versterkt dit effect nog.

Met deze emissiedaling zakt de ammoniakemissie fors onder het emissieplafond van 44,5 kton emissie, dat is opgelegd als doelstelling voor Vlaanderen in 2010 voor alle sectoren. De landbouw moet met 93 % emissieaandeel in 2007 de grootste bijdrage leveren. In het REF-scenario 2015 bedraagt de emissie 36,3 kton en in het REF-scenario 2030 30,5 kton. In het EUR-scenario gaat het nog harder, tot 25 kton in 2030.

FIG. 5.8 *Emissie van verzurende stoffen door de landbouw in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Emissie van fijn stof

Stof komt vrij in de landbouw door:

- verbranding van fossiele brandstoffen;
- de veeteelt (onder andere NH_3);
- niet-uitlaatemissies van de landbouwvoertuigen;
- opwaaiend bodemstof bij bewerking van landbouwgronden.

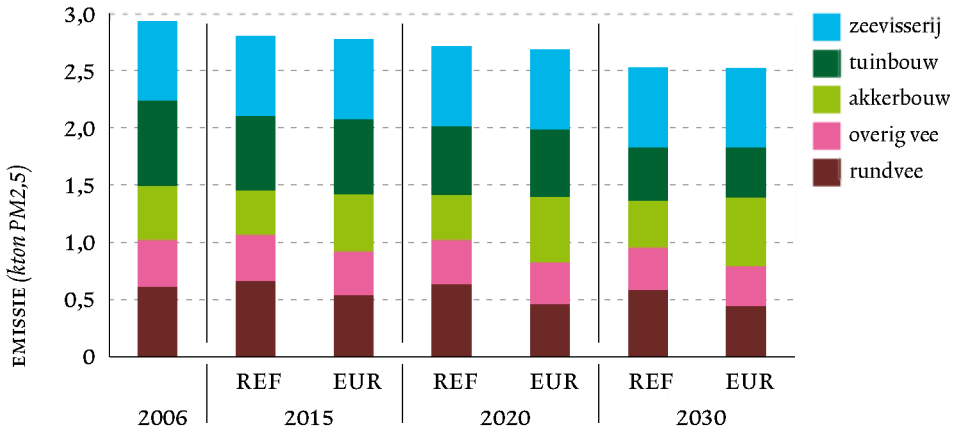
Landbouw is in 2006 verantwoordelijk voor 36 % van de Vlaamse totale stofemissies. Voor de fracties PM10 en PM2,5 komt dit op 35 % en 21 % van de Vlaamse emissies.

De evolutie in de scenario's is voor alle bovenvermelde fracties en voor de totale stofemissie gelijk voor de gehele landbouwsector. Naargelang de fractie is het aandeel van de deelsectoren echter verschillend. De bespreking verder slaat op de fractie PM2,5. Dit is een belangrijke fijnstoffractie, onder meer voor de volksgezondheid.

De emissie tussen 2006 en 2030 neemt in beide scenario's af met 14 % (FIGUUR 5.9). De oorzaak is echter anders in de verschillende scenario's. In het *REF-scenario* is de daling van de emissie uit de glastuinbouw prominent, met 9 % ten opzichte van de totale PM2,5 emissie in 2006. De areaalevolutie in de akkerbouw is goed voor 2 % emissiedaling door het gekrompen graanareaal. De gekrompen rundveestapel leidt tot 1 % emissiedaling. De overige veestapel zorgt voor 1 % emissiedaling, door het effect van emissiearme varkensstallen.

In het *EUR-scenario* leidt de gekrompen rundveestapel tot 6 % emissiedaling. De overige veestapel zorgt voor 2 % emissiedaling. In de glastuinbouw hebben maatregelen iets meer effect. Daar neemt de emissie af met 10 %. De teeltkeuze in de akker-

FIG. 5.9 *Emissie van de fijnstoffractie PM2,5 door de landbouw in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



bouw leidt tot meer emissies uit het bewerken van landbouwgronden en brandstofgebruik, wat leidt tot een stijging van 4 %. Het akkerbouwareaal groeit aan, door het vrijkomen van gronden voor groenvoederproductie. Voor de beperking van de stofemissie bij grondbewerking kan *no-till* grondbewerking toegepast worden. Dit houdt in dat er niet geploegd wordt, waardoor naast erosiebeperking ook de stofemissie afneemt.

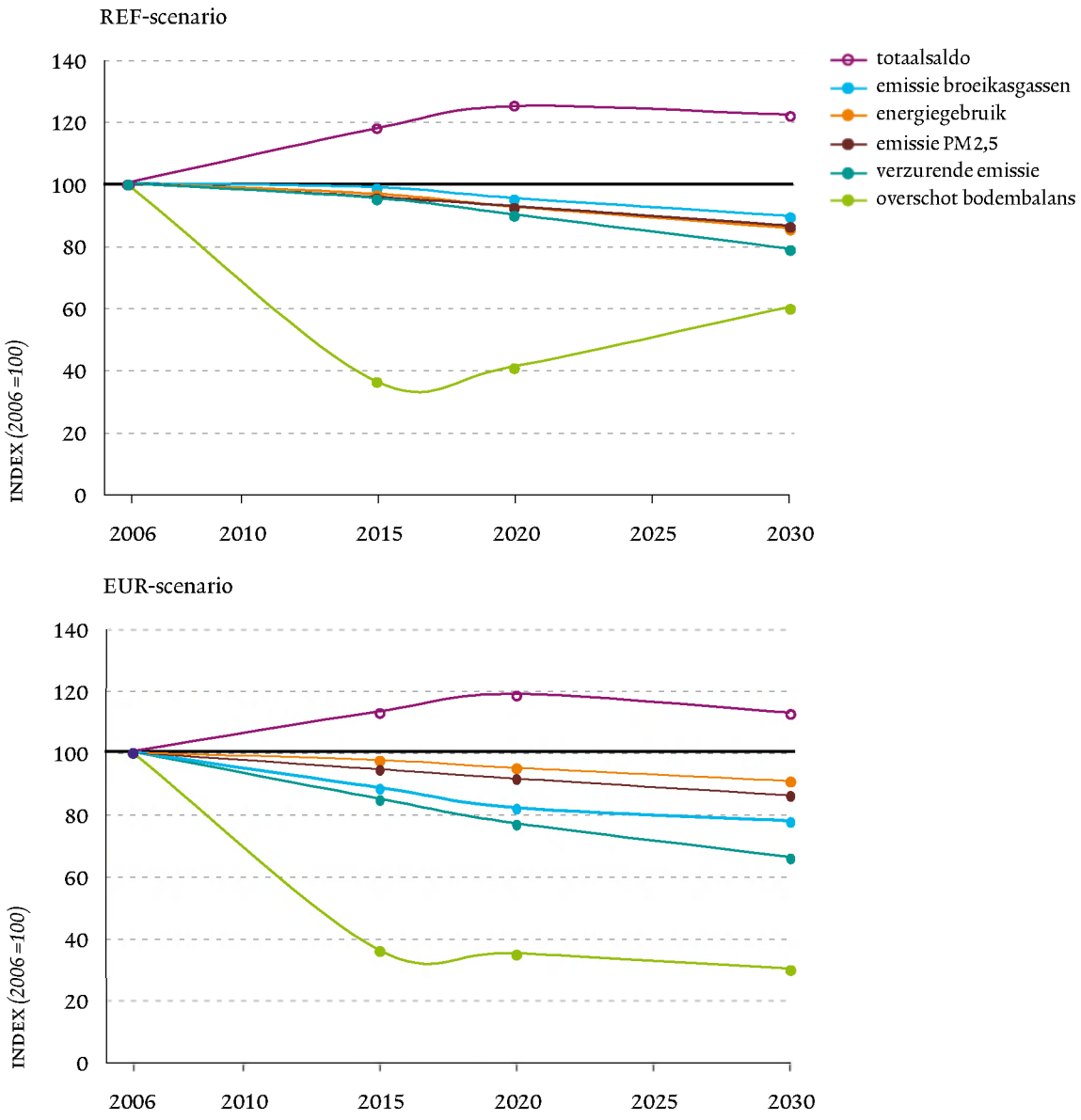
5.6 Eco-efficiëntie

In dit deel wordt de evolutie van de milieudruk vergeleken met de evolutie van de activiteiten, zoals gemodelleerd in de scenario's.

Het totaalsaldo van de landbouw is hier de activiteitsindicator. Het totaalsaldo is berekend met reële prijzen. Een stijgend saldo is dus het effect van reële prijsontwikkelingen en volumeontwikkelingen. De reële prijsontwikkelingen elimineren het effect van de inflatie. Eco-efficiëntie van de landbouw, zoals gepubliceerd in MIRA-T 2007, gebruikt als activiteitsindicator de bruto toegevoegde waarde in reële prijzen. Het totaalsaldo verschilt van bruto toegevoegde waarde aan de kostenzijde. Dit komt omdat niet-toegewezen variabele kosten en vaste kosten niet in rekening zijn gebracht in het totaalsaldo, verborgen kosten[2] echter wel. Aan de opbrengstzijde omvat de bruto toegevoegde waarde niet de productgebonden subsidies. Voor 2006 is de bruto toegevoegde waarde in constante prijzen begroot op 2 156 miljoen euro (MIRA-T 2007). Het totaalsaldo in deze studie is begroot op 2 256 miljoen euro voor 2006.

Het totaalsaldo voor de Vlaamse landbouwsector ligt zowel in het REF-scenario als in het EUR-scenario hoger dan in 2006 (FIGUUR 5.10). De stijgingen zijn een gevolg van een toename van de saldi, zowel in de veeteelt als in de akkerbouw en tuinbouw. Bij deze laatste is de saldostijging nog iets groter, wat te wijten is aan de

FIG. 5.10 *Eco-efficiëntie van de landbouw (exclusief zeevisserij) in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



gunstigere prijsevoluties. Het totaalsaldo is in het EUR-scenario echter minder hoog. Dit is het gevolg van het dempende effect van het strengere mestbeleid.

In beide scenario's neemt de eco-efficiëntie van de landbouw toe. Er is in beide gevallen sprake van absolute ontkoppeling. In het EUR-scenario is door het strengere mestbeleid de ontkoppeling nog groter.

5.7 Conclusies voor het beleid

Er is een duidelijke ontkoppeling tussen de economische groei van de landbouwsector in beide scenario's. Die ontkoppeling is te verklaren door de toename van het totaalsaldo en de afname van de milieudruk. Zowel het huidige milieubeleid als het

aangescherpte milieubeleid zorgen voor toenemende eco-efficiëntie. De toenemende eco-efficiëntie garandeert echter niet dat alle doelstellingen worden bereikt. Het voortzetten van het huidige milieubeleid leidt tot verdere emissiereducties die onvoldoende zijn om alle langetermijnmilieudoelen te halen.

Maatregelen in de glastuinbouw maken het mogelijk het energiegebruik te verminderen. Daarbij is het mogelijk minder afhankelijk te worden van fossiele brandstoffen. Door de inzet van energie-intensievere teelten in de glastuinbouw kan het energiegebruik weer toenemen in het EUR- en in het VISI-scenario. Daarbij daalt wel de emissie naar de lucht, door de inzet van milieuvriendelijkere energiebronnen. Voor de overige deelsectoren is er ook een potentieel voor energiebesparing (bijvoorbeeld zuinigere motoren), energierecuperatie (bijvoorbeeld warmtewisselaars) en energieproductie (bijvoorbeeld windmolens, biogas, zonne-energie).

De emissie van broeikasgassen daalt sterk in het EUR-scenario. Dat komt zowel door maatregelen die het energiegebruik van de glastuinbouw reduceren, als door de afbouw van de rundveestapel, die op zijn beurt het gevolg is van een strenger mestbeleid.

Dit gaat ook op voor de indicator 'overschot op de bodembalans'. Enkel in het EUR-scenario daalt het overschot onder de hier voorgestelde doelstelling. Dit maakt het mogelijk de doelstellingen uit het waterbeleid voor stikstof te behalen. De sleutel is de afbouw van de veestapel. Mestverwerking alleen volstaat niet in het EUR-scenario.

De uitstoot van verzurende stoffen daalt door het huidige beleid van emissiearme stallen. Een verdere daling is mogelijk in het EUR-scenario doordat de rundveestapel wordt afgebouwd en als gevolg van het energiebeleid in de glastuinbouw.

Deze studie toont geen verschil voor fijnstofemissies tussen de scenario's. De emissies dalen gelijkmatig in beide scenario's, maar daar zijn verschillende oorzaken voor. De emissies door bewerking van landbouwgronden maken mogelijk het verschil. De teeltkeuze en de praktijken voor het bewerken van grond bepalen deze emissiebron. Deze is weliswaar ook sterk afhankelijk van zowel het landbouwbeleid als van de omvang van de veestapel.

Buffermaatregelen in het areaal landbouw met milieu- en natuurdoelen hebben een effect op de erosievorming en de uitspoeling naar oppervlaktewater. Deze effecten zijn niet doorgerekend, maar kunnen wel belangrijk zijn.

Hoewel het EUR-scenario aan de sector strenge milieumaatregelen oplegt, blijft op lange termijn een leefbare landbouwsector mogelijk. Enkel het gesimuleerde areaal landbouw met milieu- en natuurdoelen van 162 000 ha leidt tot zeer lage saldi per hectare, en is zonder een bijkomende vergoeding niet haalbaar. Deze vergoeding moet als compensatie dienen voor de milieu- en natuurdiensten die de landbouwer levert aan de maatschappij.

NOTEN

1 Het totaalsaldo in het SELES-model is het product van het saldo en de omvang van de activiteit. Het saldo is de opbrengst van een activiteit min de toegerekende variabele kosten, met inbegrip van de productgebonden landbouwsubsidies (toeslagrechten). Vaste kosten zoals investeringen en niet toerekenbare variabele kosten zijn niet afgetrokken bij de berekening van het saldo (afschrijvingen, onderhoud, rente, arbeid, verbreding, enzovoort).

2 Verborgen kosten zijn kosten die niet expliciet in de boekhoudgegevens zijn benoemd, maar wel verondersteld zijn om het model te kalibreren op reëel waargenomen uitgangssituaties of in het kader van een toekomstverkenning op veronderstelde autonome evoluties.

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in de wetenschappelijke rapporten waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

Overloop S., Gavilan J., Carels K., Van Gijseghem D., Hens M., Bossuyt M. & Helming J. (2009) Landbouw. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009 & NARA 2009, VMM, INBO.R.2009.30, www.milieurapport.be, www.nara.be.

Bergen D. & Vander Vennet B. (2009) Deelsector glastuinbouw. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

LECTOREN

Joke Charles, **Katrien Janssen**, **Inge Vande Walle**, **Stijn Windey**, Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling, Departement LV

Tom Coulier, **Michael Van Zeebroeck**, Afdeling Monitoring en Studie, Departement LV

Marc De Loose, **Hilde Wustenberghs**, ILVO

Linn Dumez, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw

Ralf Eppinger, **Inge Van Vynckt**, VMM

Georges Hofman, Vakgroep Bodembeheer, UGent

Martina Hülsbrinck, PPO.be vzw

Jan Kielemoes, Afdeling Milieu-integratie en -subsidiëringen, Departement LNE

Johan Mahieu, Provinciaal Centrum voor Landbouw en Milieu

Iris Penninckx, Boerenbond

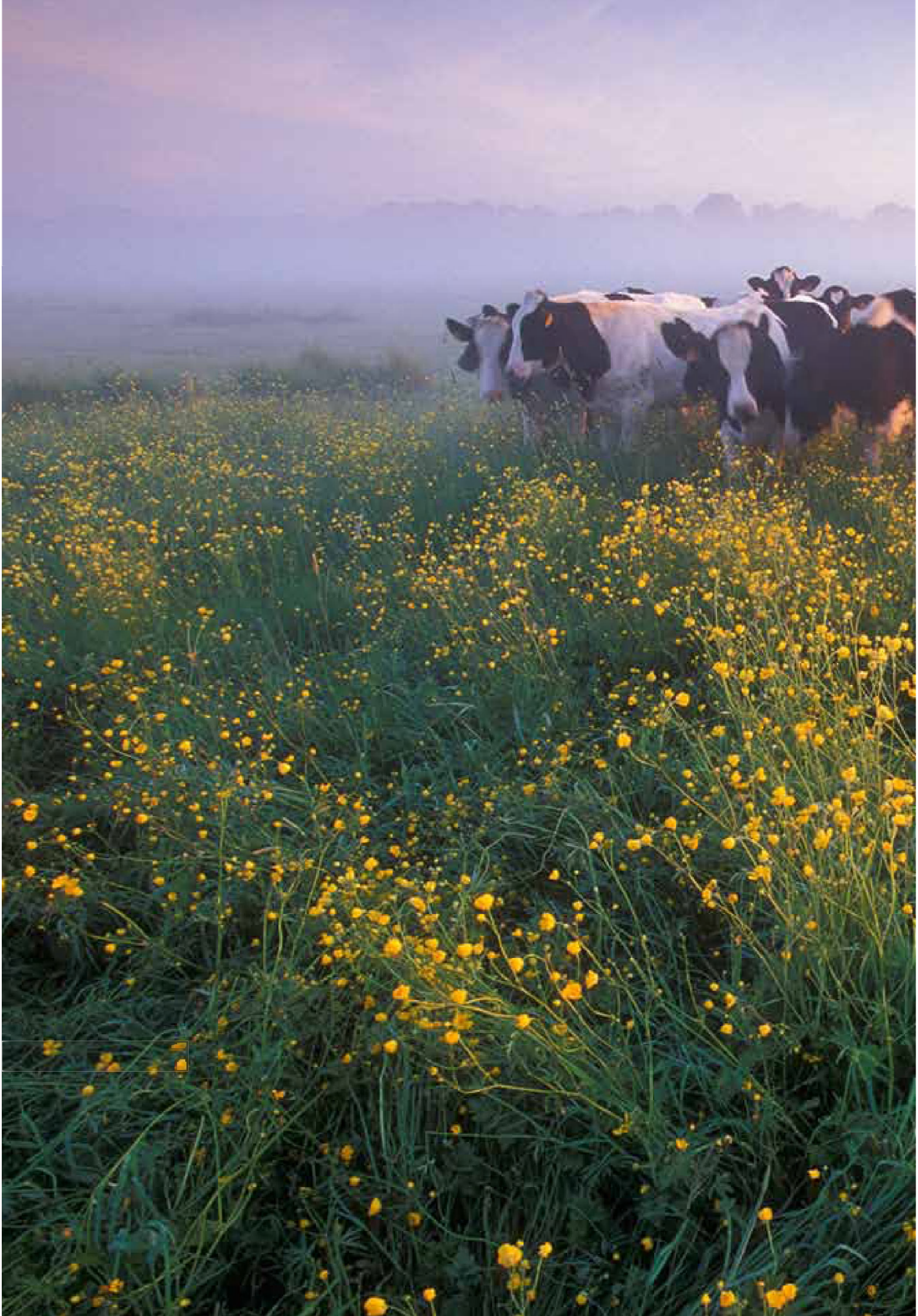
Jeroen Staelens, Vakgroep Bos- en Waterbeheer, UGent

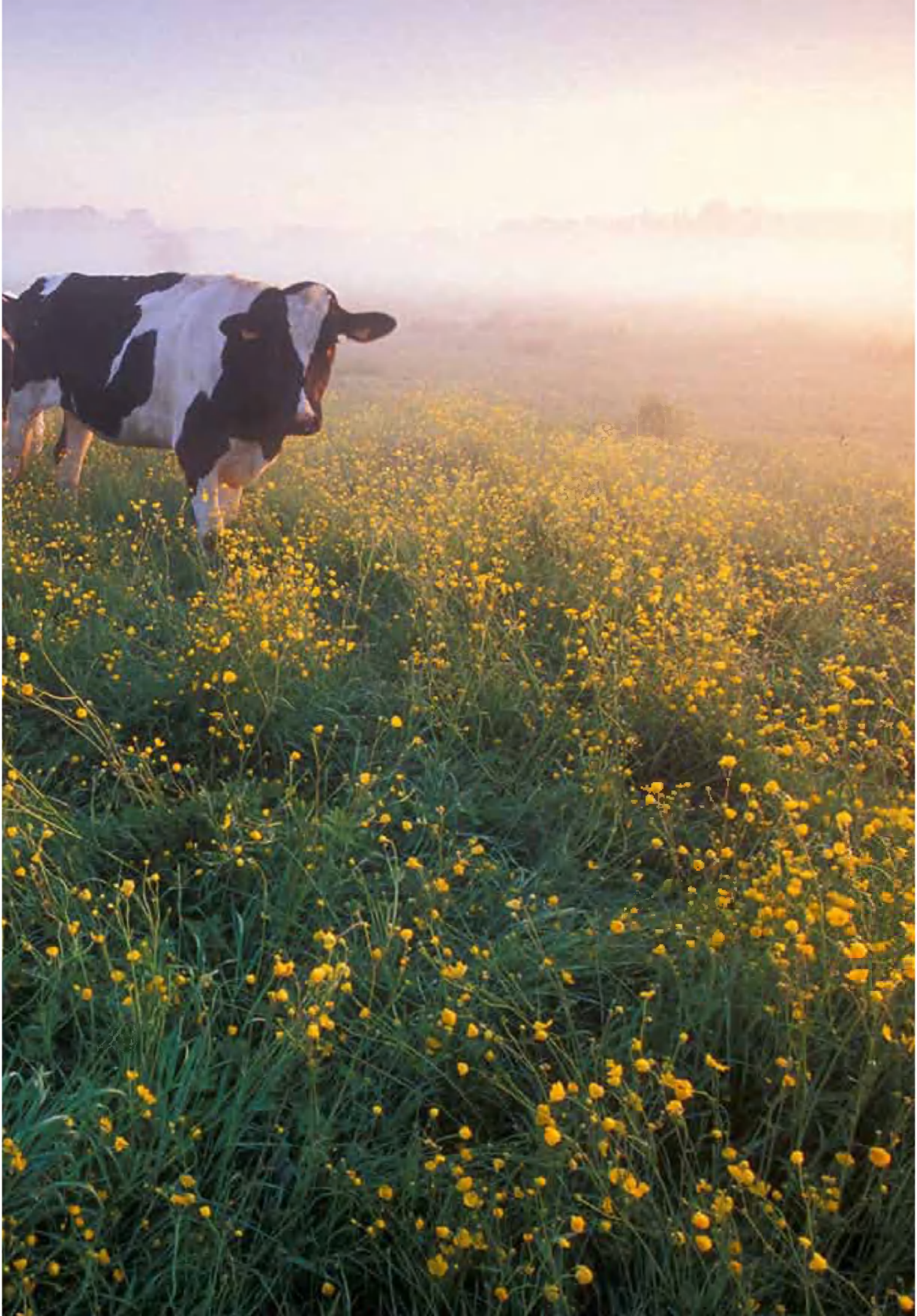
Nadia Tahon, Velt vzw

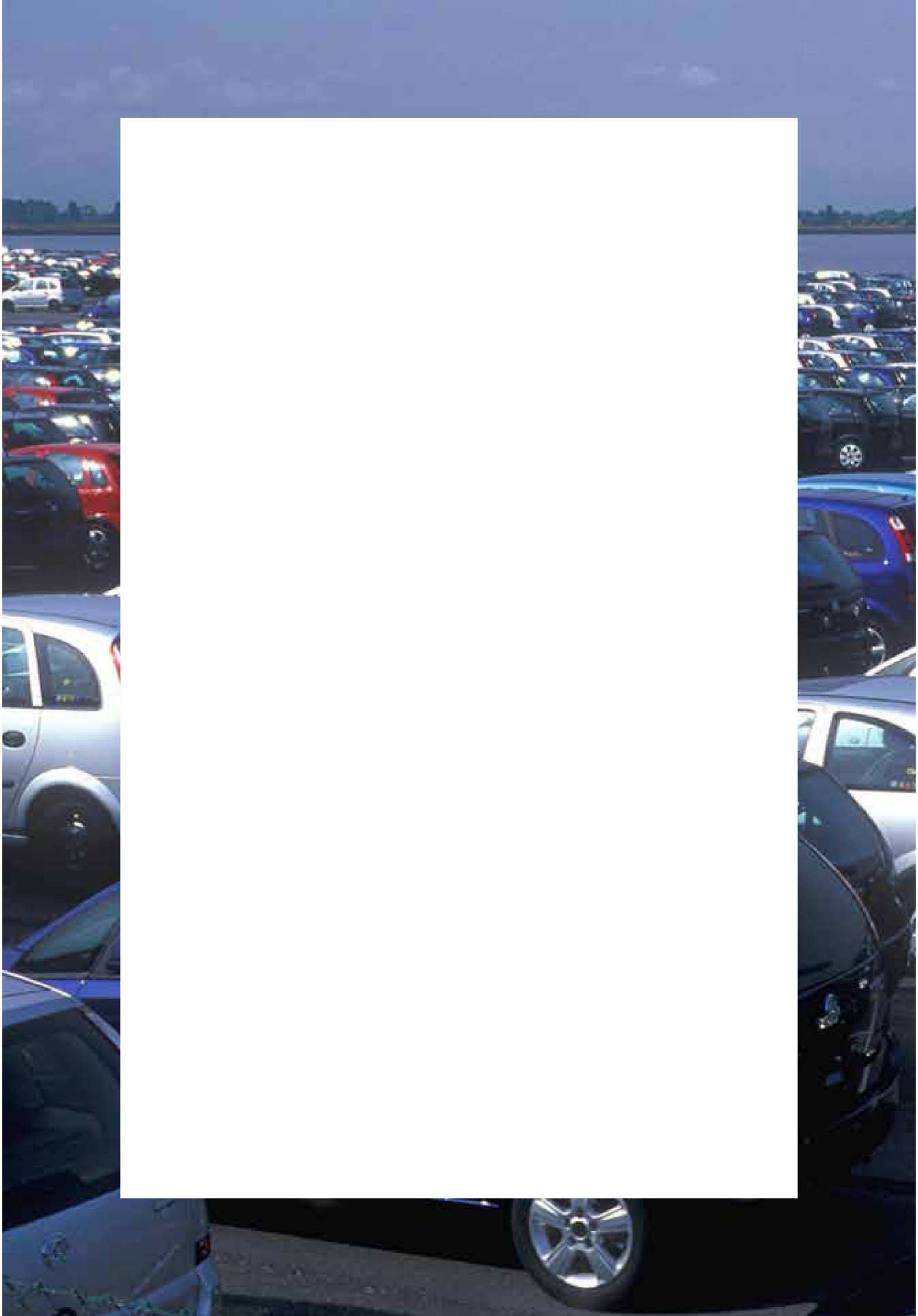
Dries Van den Broeck, Nationale Plantentuin België

Karine Vandermeiren, CODA

Sofie Vergucht, Phytofar







6 Transport

Caroline De Geest, MIRA-team, VMM
Ina De Vlieger, Luc Pelkmans, Liesbeth Schrooten, Unit Transitie, Energie en Milieu, VITO
Eef Delhaye, Kris Vanherle, Bruno Van Zeebroeck, Transport & Mobility Leuven
René Grispen, Dana Borremans, Afdeling Verkeerscentrum, Departement Mobiliteit en Openbare Werken

HOOFDLIJNEN

- Wanneer het huidige beleid wordt voortgezet (referentiescenario, REF), stijgen de transportstromen tot 2030. Het systeem van rekeningrijden, zoals voorzien in het Europa-scenario (EUR), vermindert wel het gemotoriseerde wegverkeer, maar brengt geen grote verschuiving in het spoor en de binnenvaart teweeg. Door de modale verschuiving en de efficiëntieverhoging in het visionaire scenario (VISI) neemt het gemotoriseerde wegverkeer verder af, maar ligt vergeleken met vandaag toch hoger.

- De broeikasgasemissies van transport liggen in 2030 10 % hoger dan vandaag bij ongewijzigd beleid. Meer doorgedreven maatregelen in het kader van het toekomstige Europese klimaat- en luchtbeleid (EUR-scenario), zorgen voor een daling met 25 % in dezelfde periode. Het VISI-scenario, het meest ambitieuze, leidt tot een afname met meer dan 35 %.

- Het bijkomende beleid leidt tot een kleiner aandeel fossiele brandstoffen in 2030. Sterker inzetten op biobrandstoffen (EUR-scenario) verdrievoudigt hun aandeel in de energiemix gebruikt voor transport. Het VISI-scenario gaat uit van een efficiënter gebruik van biomassa in andere sectoren en gebruikt geen biobrandstoffen. Het vastberaden inzetten op plug-in hybriden en elektrische voertuigen verdubbelt in 2030 het aandeel elektriciteit in de energiemix in dit scenario ten opzichte van het EUR-scenario.

- De Europese doelstelling om tegen 2020 10 % hernieuwbare energie te gebruiken in transport, wordt in het REF-scenario niet bereikt. Het EUR-scenario haalt die doelstelling wel, dankzij het toegenomen gebruik van biobrandstoffen, zowel van de eerste als van de tweede generatie.

- De recent goedgekeurde maatregel die de NO_x-emissie van zware vrachtwagens verder begrenst, is belangrijk om de indicatieve 2020-doelstelling voor NO_x te halen. Een verdere verlaging van het zwavelgehalte van scheepsbrandstoffen zorgt ervoor dat de SO_2-emissie voldoende slinkt. Voor de uitstoot van fijn stof (PM2,5) zijn de maatregelen van het EUR-scenario onvoldoende. Extra inspanningen zijn noodzakelijk.

Inleiding

Zonder transport van mensen en goederen valt onze maatschappij en de economie volledig stil. Transport is dus onmisbaar, maar tegelijkertijd een bron van milieuproblemen. Het draagt immers bij tot de klimaatverandering door de uitstoot van broeikasgassen. Transport is ook schadelijk voor de gezondheid: zo leidt de emissie van fijn stof tot een stijging van luchtwegklachten. De uitstoot van stikstofoxides (NO_x) en niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) leidt tot de vorming van ozon, dat op haar beurt zowel onze gezondheid als de ecosystemen schaadt. De verzuring van het leefmilieu is een rechtstreeks gevolg van de emissie van stikstofoxides en zwaveldioxide (SO_2). Transport kost tot slot ook handenvol energie. De voorraad aan fossiele brandstoffen is eindig. Daarom moet zuinig met energie omgesprongen worden en verdienen energie-efficiëntere en milieuvriendelijkere transportmiddelen de voorkeur.

In dit hoofdstuk komen twee scenario's aan bod die kunnen leiden tot een milieuvriendelijker en energie-efficiënter transport. Beide scenario's worden vergeleken met het referentiescenario, dat een voortzetting is van het huidige beleid.

Het eerste deel van dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de drie scenario's. Vervolgens wordt onderzocht hoe deze scenario's de transportstromen beïnvloeden en wat het effect is op de hoeveelheid energie, de gebruikte energiesoort en de broeikasgasemissies. Daarna wordt onderzocht welke scenario's de indicatieve Europese doelstellingen halen voor de emissie van bepaalde luchtpolluenten. Lokale effecten worden hier niet behandeld: enkel effecten op schaal van Vlaanderen komen aan bod. Dit hoofdstuk gaat tot slot ook dieper in op bepaalde aspecten van de kostprijs van de verschillende scenario's. De conclusies voor het beleid ronden het thema af. Dit hoofdstuk behandelt niet de problematiek van geluidshinder. Hoofdstuk 13 Lawaai besteedt hieraan wel aandacht.

6.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning

Modellering

De sector transport omvat het wegvervoer, het spoor, de binnen-, de zee-[1] en de luchtvaart[2]. In het referentiescenario (REF) en het Europa-scenario (EUR) werden voor de verschillende transportmodi verschillende modellen gebruikt. Telkens berekenen de modellen het energiegebruik en de emissies vertrekkende van de transportstromen. Voor het wegverkeer, het spoor en de binnenvaart werd een gespecialiseerd verkeersmodel gebruikt voor de berekening van de transportstromen, het multimodaal model Vlaanderen. De berekeningen voor de zee- en de luchtvaart zijn eenvoudiger: hier werd uitgegaan van een jaarlijkse groei. Om de emissies en het energiegebruik te verminderen, zijn zowel oplossingen op het niveau van de transportstromen als technologische evoluties mogelijk.

Het visionaire scenario (VISI) vertrekt van de resultaten van het EUR-scenario en geeft voor het wegverkeer, het spoor en de binnenvaart een aanvullend beleid. Het VISI-scenario schat de toekomstevolutie van de zee- en luchtvaart zelf niet in. Om de resultaten van de drie scenario's toch te kunnen vergelijken, neemt het VISI-scenario voor de zee- en de luchtvaart de data van het EUR-scenario over.

Drie scenario's

- Het *REF-scenario* zet het huidige milieu- en mobiliteitsbeleid verder. De maatregelen worden beschreven in de kadertekst *Maatregelen van het REF-scenario*. Meer details zijn te vinden in de wetenschappelijke rapporten van de sector Transport van de Milieuverkenning 2030.
- Het *EUR-scenario* plant extra maatregelen die kunnen helpen om de Europese middellangetermijndoelen (2020) te realiseren (zie kadertekst *Maatregelen van het EUR-scenario*). Het gaat om de doelstellingen in het kader van het Europese Klimaat- en Energiepakket en de indicatieve doelstellingen voor de emissie van bepaalde luchtpolluenten. Dit scenario maakt vooral gebruik van technologische maatregelen. Maatregelen om de transportstromen te beïnvloeden zijn eerder beperkt. De uitwerking van het nieuwe Mobiliteitsplan Vlaanderen is nog in volle gang. Daardoor was er bij het opstellen van de scenario's onvoldoende informatie beschikbaar over het toekomstige mobiliteitsbeleid.
- Het *VISI-scenario* bevat de meest ingrijpende en ambitieuze maatregelen om de emissie van broeikasgassen op langere termijn terug te dringen (zie kadertekst *Maatregelen van het VISI-scenario*). Het verder inperken van de broeikasgasemissies na 2020 is immers een internationaal streefdoel. Het VISI-scenario zet daarom technologisch in op een meer doorgedreven gebruik van elektriciteit als energiebron. Zo zijn elektrische voertuigen energie-efficiënter en marktrijper dan wagens die gebruikmaken van waterstof. Het VISI-scenario gebruikt ook meer groene stroom dan de andere scenario's, zodat het gebruik van elektriciteit nog meer milieuwinst oplevert. Dit scenario kenmerkt zich tot slot ook door een meer doorgedreven mobiliteitsaanname, als aanvulling op het EUR-scenario.

Maatregelen van het REF-scenario

- Introductie van voor 1 april 2008 beslist beleid rond normering van voer- en vaartuigen en brandstoffen.
- Gebruik van wagens met kleinere motoren met behoud van vermogen. Introductie van hybride wagens en in beperkte mate van elektrische wagens. Het aantal wagens op waterstof blijft verwaarloosbaar.
- Beperkt gebruik van biodiesel en bio-ethanol voor het wegverkeer en biodiesel voor het spoor.
- Plaatsen van milieuvriendelijkere motoren bij de binnenvaart (*retrofitting*).
- Verbetering van energie-efficiëntie bij de binnen- en de luchtvaart.
- Infrastructuuraanpassingen die opgenomen zijn in een uitvoeringsprogramma of die met een grote zekerheid tegen 2020 gerealiseerd zullen zijn.
- Realisatie van het Gewestelijk ExpresNet (GEN) rond Brussel en de Diaboloverbinding naar de luchthaven van Zaventem, plus enkele beperkte aanpassingen van het overige aanbod voor het openbaar vervoer.
- Efficiëntieverbetering van het spoor, dit wil zeggen een verbetering van de bezettingsgraad, beladingsgraad of treinregeling.

Maatregelen van het EUR-scenario

- Introductie van Euro VI voor zwaar vervoer, verdergaande emissie- en brandstofnormering voor de binnen- en de zeevaart.
- Maatregelen die kaderen in het aanscherpen van de wetgeving rond CO_2-uitstoot van nieuwe personenwagens: enerzijds verdere efficiëntieverbetering en meer gebruik van alternatieve motorbrandstoffen en voertuigtechnologieën, anderzijds meer gebruik van biobrandstoffen, het aanleren van milieuvriendelijk rijgedrag en gebruik van betere banden.
- Maatregelen die het brandstofgebruik van vrachtwagens verlagen: verbeterde aerodynamica bij zware vrachtwagens en het aanleren van milieuvriendelijk rijgedrag.
- Introductie van minder energieverslindende airconditioningsystemen in personenwagens.
- Introductie van biobrandstoffen bij de binnenvaart, gebruik van hogere aandelen biobrandstof bij het spoor.
- Gebruik van walstroom bij de binnen- en de zeevaart.
- Rekeningrijden voor goederenvervoer vanaf 2012 en voor personenvervoer vanaf 2017. Op alle wegen geldt een vast tarief van 0,034 euro per vkm aangevuld met een congestieheffing van 0,11 euro per vkm tijdens de spitsuren op alle wegen binnen de Vlaamse Ruit.
- Opname van de luchtvaart in een globaal emissiehandelsysteem (ETS-systeem).

Maatregelen van het VISI-scenario

- Meer doorgedreven gebruik van plug-in hybride wagens en batterij-elektrische wagens, beperkt gebruik van waterstof.
- Geen gebruik van biobrandstoffen.
- Gebruik van de fiets voor de helft van de woon-werkverplaatsingen minder dan 15 km die anders met de wagen gereden worden tegen 2030.
- Beperkte modale verschuiving van de auto naar het openbaar vervoer.
- Groei van het spoor en de binnenvaart met de helft door modale verschuiving van het vrachtvervoer.
- Verdere vermindering van het vrachtvervoer over de weg met 8 % door efficiëntieverbetering.

6.2 Transportstromen

Algemeen beschouwd blijven in het REF-scenario de transportstromen stijgen tot 2030. In het EUR-scenario nemen het (gemotoriseerde) wegverkeer en de luchtvaart af ten opzichte van het REF-scenario. Van een noemenswaardige stijging van het spoor en de binnenvaart is geen sprake. In het VISI-scenario zijn de transportstromen van het wegverkeer het laagst in 2030 ten opzichte van de andere scenario's. Maar ook in dit scenario blijven de transportstromen van het wegverkeer hoger dan vandaag. Spoor en binnenvaart stijgen aanzienlijk.

Om na te gaan of maatregelen zoals rekeningrijden een verschuiving teweegbrengen van de ene naar de andere vervoerswijze, behandelt dit hoofdstuk de transportstromen van het personenvervoer en goederenvervoer apart. Voor de luchtvaart is deze opdeling niet volledig mogelijk: de luchtvaart wordt daarom als een geheel besproken.

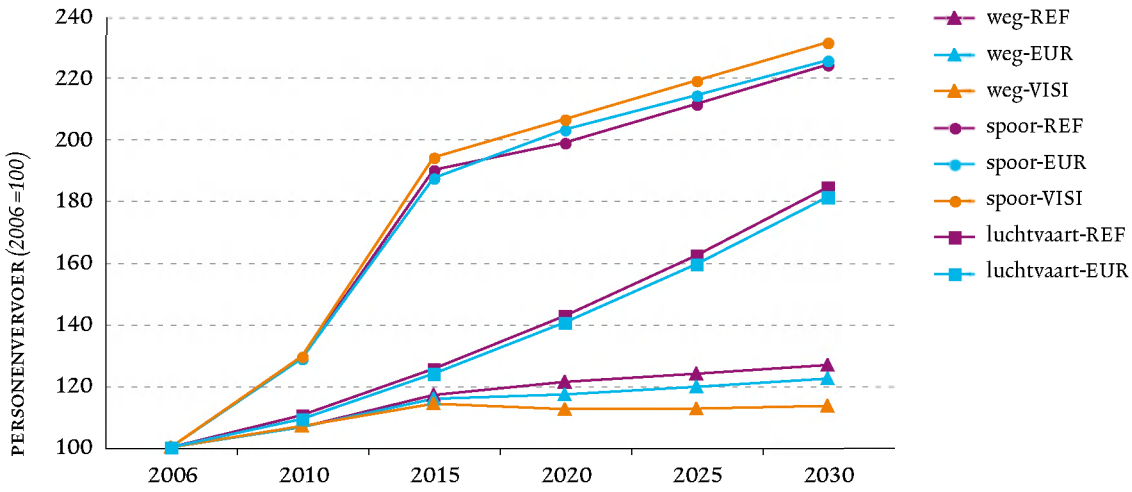
Transportstromen van het personenvervoer

In alle scenario's ligt het personenvervoer zowel voor het (gemotoriseerde) wegverkeer als voor het spoor in 2030 hoger dan in 2006 (FIGUUR 6.1). Bij een voortzetting van het huidige beleid zal het wegverkeer met 27 % stijgen in 2030, het spoor zal meer dan verdubbelen. Mogelijk wordt de verwachte groei van het spoor overschat, omdat hij gebaseerd is op gegevens tijdens de spitsuren. De sterke stijging tot 2015 is te danken aan de ontwikkeling van het GEN. Dit netwerk zal de toenemende mobiliteitsbehoeften in en rond de hoofdstad opvangen.

Het systeem van rekeningrijden zoals voorzien in het EUR-scenario, heeft een beperkt effect op het weg- en spoorverkeer. Ten opzichte van het REF-scenario laat rekeningrijden tegen 2030 het wegverkeer afnemen met 3 % (TABEL 6.1). De stijging bij het spoor is minder dan 1 %. Let wel: beide scenario's gaan uit van dezelfde economische en sociaal-demografische gegevens. Voor het personenvervoer laat het model dus niet toe dat mensen zullen beslissen om bepaalde verplaatsingen niet te doen ten gevolge van rekeningrijden. Automobilisten kunnen het systeem van rekeningrijden ontlopen door een kortere route te nemen of een route buiten de Vlaamse Ruit, door meer te carpoolen om de kosten te delen of het openbaar vervoer te gebruiken.

Door het verhoogde gebruik van de fiets en de trein daalt het (gemotoriseerde) wegverkeer in 2030 met 11 % in het VISI-scenario vergeleken met het REF-scenario, het spoor stijgt met 3 %.

FIG. 6.1 *Transportstromen van het personenvervoer in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



TAB. 6.1 *Transportstromen van het personenvervoer in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*

	2006	REF 2030	EUR 2030	VISI 2030
Weg (miljard pkm)	67,12	85,06	82,10	76,08
Spoor (miljard pkm)	6,66	14,92	15,02	15,41
Luchtvaart (bewegingen)	360 275	664 322	652 277	-

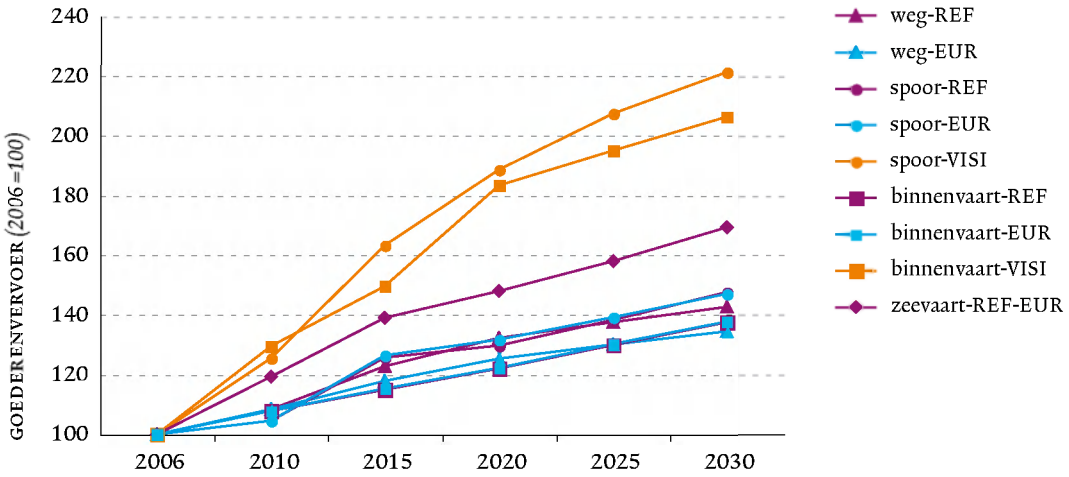
Data voor wegverkeer zijn representatief voor 2007 in plaats van 2006. Fietsverplaatsingen zijn niet inbegrepen in het aantal personenkilometers (pkm) over de weg. Luchtvaart omvat zowel goederen als personen, maar is exclusief militaire vluchten.

Transportstromen van het goederenvervoer

In zowel het REF- als het EUR-scenario neemt het goederenvervoer toe voor alle modi tot 2030 (FIGUUR 6.2). In het REF-scenario neemt de zeevaart het meest toe. Ook het spoor, het vrachtvervoer over de weg en de binnenvaart stijgen aanzienlijk. Het belangrijkste effect van rekeningrijden voor vrachtvervoer onder de hier gestelde voorwaarden is dat het wegverkeer vermindert, zonder dat dit een grote verschuiving naar het spoor en de binnenvaart veroorzaakt (TABEL 6.2). Dat komt omdat slechts 10 tot 20 % van het totale vrachtverkeer in aanmerking komt om een andere vervoerswijze te gebruiken. Daarnaast is vergeleken met de totale kosten voor het vrachtverkeer (waaronder loonkosten) de meerkost van rekeningrijden beperkt. In 2030 daalt het wegverkeer 6 % ten opzichte van het REF-scenario. De daling is vooral het gevolg van een betere belading.

Omdat er geen detailberekeningen beschikbaar zijn voor lichte vrachtwagens, kan TABEL 6.2 niet het totale aantal kilometers van het wegvervoer in het VISI-sce-

FIG. 6.2 *Transportstromen van het goederenvervoer in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



TAB. 6.2 *Transportstromen van het goederenvervoer in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*

	2006	REF 2030	EUR 2030	VISI 2030
Weg (miljard voertuigkm)	12,37	17,63	16,63	-
Spoor (miljard tonkm)	4,32	6,37	6,35	9,55
Binnenvaart (miljard tonkm)	6,46	8,88	8,90	13,32
Zeevaart (meldingen)	1 204	2 037	2 037	-

Data voor wegverkeer zijn representatief voor 2007 in plaats van 2006. Wegverkeer wordt uitgedrukt in voertuigkilometers en niet in tonkilometers door onzekerheden bij de laadfactoren. Spoor bevat ook rangeeractiviteit en activiteit door andere operatoren dan NMBS. Zeevaart bevat enkel scheepsmeldingen van koopvaardijschepen en niet de activiteiten van bagger- en sleepboten, de jaarlijkse groei is dezelfde voor het REF- en het EUR-scenario.

nario tonen. Voor zware vrachtwagens kan wel een conclusie getrokken worden: het aantal kilometers gereden door zware vrachtwagens ligt ongeveer een vijfde lager in het VISI-scenario dan in het REF-scenario in 2030. Ten opzichte van 2006 ligt het aantal kilometers wel nog steeds een derde hoger. Spoor en binnenvaart liggen in 2030 50 % hoger in het VISI-scenario dan in het REF-scenario.

Transportstromen van de luchtvaart

De luchtvaart is een combinatie van zowel vracht- als personenvervoer (FIGUUR 6.1). De luchtvaartactiviteit stijgt in het REF-scenario met 84 % in 2030 ten opzichte van 2006. De opname van de luchtvaart in het ETS-systeem heeft weinig invloed op de vraag: ten opzichte van het REF-scenario in 2030 is de vraag met 2 % gedaald. Om de daling te versterken, zou de prijs van een ton CO_2 hoger moeten liggen dan de nu gehanteerde prijs van 33 euro/ton CO_2 in 2030 (zie Hoofdstuk 7 Energieproductie).

6.3 Energiegebruik

Energiegebruik in de drie scenario's

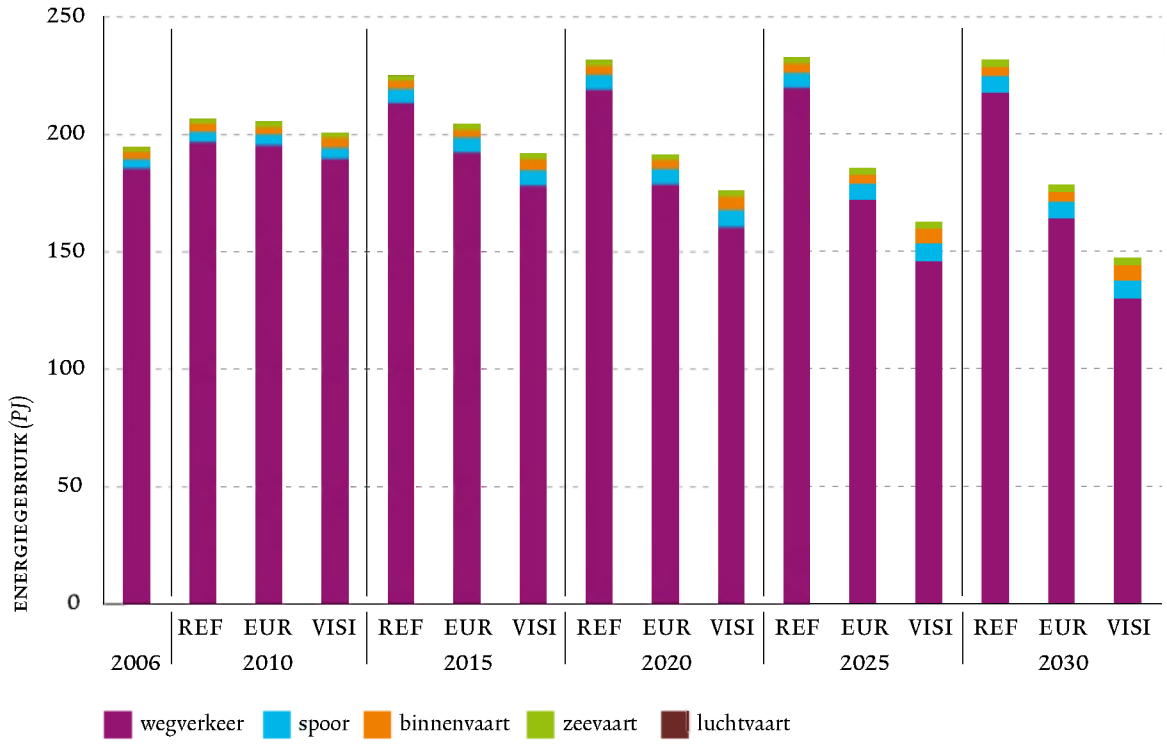
De drie scenario's passen maatregelen toe om in de toekomst efficiënter om te springen met energie. FIGUUR 6.3 toont dat het ambitieniveau echter verschilt. In het REF-scenario stijgt het energiegebruik tot 2020 omdat de transportstromen verder toenemen. In de periode tussen 2020 en 2030 stabiliseert het energiegebruik. De transportstromen blijven wel stijgen, maar minder sterk dan voorheen. De stabilisatie van het energiegebruik is echter vooral het gevolg van de hogere efficiëntie bij het personenvervoer door het gebruik van kleinere motoren en hybride voertuigen. Bij vrachtwagens is zowel de efficiëntieverbetering bij nieuwe generaties voertuigen als de hybridisatie een stuk lager. In 2030 ligt het energiegebruik van de sector transport bijna een vijfde hoger dan in 2006. De figuur toont ook dat het aandeel van het wegverkeer in het totale energiegebruik zo goed als constant blijft. Het wegverkeer neemt in het REF-scenario nog steeds 94 % van het energiegebruik voor zijn rekening in 2030.

De beleidsaannamen van het EUR-scenario buigen de stijgende trend in het energiegebruik om. Het energiegebruik neemt al vanaf 2015 af. De daling zet zich onafgebroken verder. In 2030 ligt het energiegebruik van de sector transport 9 % lager dan in 2006. Ten opzichte van het REF-scenario is er in 2030 een daling met 23 %. Het aandeel van het wegverkeer is licht gedaald ten opzichte van het REF-scenario en bedraagt 92 % in 2030.

De beleidsmaatregelen beïnvloeden amper de energievraag van het niet-wegverkeer. Dit is het resultaat van twee tegengestelde effecten. Rekeningrijden zorgt voor een lichte toename van de activiteit van het spoor en de binnenvaart. Die toename doet de daling van de energiebehoefte door efficiëntieverbetering teniet.

Dat het energiegebruik in het EUR-scenario daalt, is volledig toe te schrijven aan het personenvervoer over de weg. Het implementeren van de wetgeving over de CO_2-uitstoot voor nieuwe personenwagens met verplichte en ambitieuze doelstellingen speelt hierin een belangrijke rol. Ook de verder doorgedreven technologieverschuivingen hebben een voelbaar effect. Zo is het aandeel hybride voertuigen in 2030 aanzienlijk toegenomen: 34 % van het totale wagenpark bestaat in het EUR-scenario uit hybride voertuigen, ten opzichte van 19 % in het REF-scenario. Rekeningrijden en de uitvoering van de maatregelen rond energiezuinig rijgedrag en het gebruik van energiezuinige banden, spelen een beperktere rol. Voor goederenvervoer stijgt het energiegebruik continu. De stijging is minder groot dan in het REF-scenario. Dit is het gevolg van enerzijds de introductie van de Euro VI-voertuigen die energie-efficiënter zijn dan hun voorgangers en anderzijds (weliswaar in mindere mate) van de belangrijkere rol van hybride technologie. Ook het beter stroomlijnen van opleggers via het aanbrengen van zijvleugels en het aanleren van een milieuvriendelijk rijgedrag dragen bij tot een verminderd energiegebruik en

FIG. 6.3 *Energiegebruik van de sector transport in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Data voor wegverkeer zijn representatief voor 2007 in plaats van 2006. Bij luchtvaart enkel brandstofgebruik van kleine toestellen en niet van internationale vluchten. In het VISI-scenario worden zee- en luchtvaart niet gemodelleerd. Om toch een vergelijking te kunnen maken, wordt het energiegebruik van die modi hetzelfde verondersteld als in het EUR-scenario. Het energiegebruik van elektrische fietsen wordt in het VISI-scenario niet meegenomen in de eindberekeningen, maar is in grootteorde verwaarloosbaar ten opzichte van het totaal.

een minder snelle stijging van het energiegebruik in het EUR-scenario ten opzichte van het REF-scenario.

In het VISI-scenario slinkt het energiegebruik nog verder. In 2030 bedraagt het energiegebruik 76 % ten opzichte van 2006. In vergelijking met het REF-scenario is er in 2030 een daling van 36 %. Het VISI-scenario laat dus ook het EUR-scenario ver achter zich. Dit is vooral te danken aan de introductie van plug-in hybriden vanaf 2020 en de definitieve doorbraak van batterij-elektrische voertuigen. In 2030 maken ze respectievelijk 80 % en 10 % uit van de nieuw verkochte personenwagens. Aangezien het een tijd duurt eer de energie-efficiëntere technologieën de bovenhand krijgen in het voertuigenpark, tekent de grootste winst zich verder in de toekomst af. Verder is het afgenomen energiegebruik in het VISI-scenario ook het gevolg van de veronderstelling dat het vrachtvervoer door een verbeterde efficiëntie (bijvoorbeeld een betere belading) zal dalen.

Energiemix in de drie scenario's

De maatregelen in de verschillende scenario's beïnvloeden niet enkel de omvang van het energiegebruik. Ze hebben ook een impact op de energiemix: er is een verschuiving van fossiele diesel naar biobrandstof en elektriciteit. Het gebruik van waterstof is tot 2030 nog maar beperkt. FIGUUR 6.4 toont het aandeel van de verschillende energiedragers voor de drie scenario's voor alle modi samen, vergeleken met dat van het basisjaar 2006.

In 2006 is diesel veruit de belangrijkste brandstof, op ruime afstand gevolgd door benzine. Elektriciteit en biobrandstof zijn ongeveer even belangrijk. Als het huidige beleid wordt voortgezet, blijft het aandeel van diesel in 2030 ongeveer hetzelfde. Het aandeel benzine vermindert ten voordele van vooral elektriciteit en biobrandstof. Beide nemen elk 4 % voor hun rekening. Het wegverkeer gebruikt bijna evenveel elektriciteit als het spoor, het gebruik van biodiesel door het spoor is marginaal.

Het aandeel biobrandstoffen in de energiemix stijgt tot meer dan 11 % in 2030 in het EUR-scenario. Dat komt in de eerste plaats omdat het wegverkeer meer biobrandstof gaat gebruiken. Ook een verhoging bij het spoor en de introductie van biodiesel bij de binnenvaart leveren een kleine bijdrage. Verder stijgt het aandeel elektriciteit tot bijna 8 %. De bijdrage van het wegverkeer is hierin groter dan die van het spoor, vooral door het gebruik van plug-in hybriden en in minder mate van elektrische voertuigen. Ook binnenvaart en zeevaart dragen beperkt bij door de introductie van walstroom, waarbij schepen vanaf de wal van elektrische stroom worden voorzien. Het gebruik van CNG (*compressed natural gas*) stijgt in 2030 tot bijna 2 % in het EUR-scenario. Het gebruik van waterstof beperkt zich tot nichemarkten en blijft marginaal.

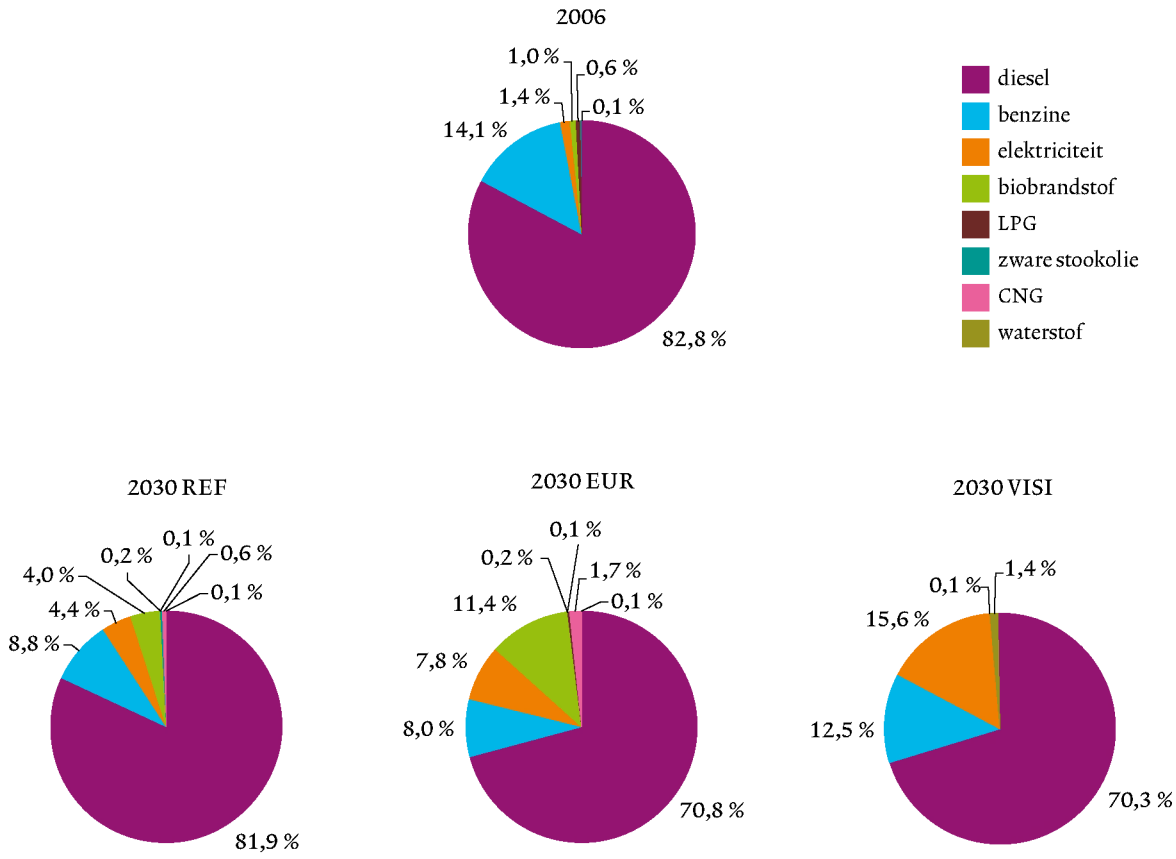
Biomassa kan in andere sectoren efficiënter gebruikt worden dan in het transport: dat is een van de uitgangspunten van het VISI-scenario. Daarom maakt dit scenario geen gebruik van biobrandstoffen, maar zet het resoluut in op plug-in hybriden en elektrische voertuigen. In 2030 verdubbelt het aandeel elektriciteit dan ook in het VISI-scenario ten opzichte van het EUR-scenario. De introductie van brandstofcelvoertuigen, waarbij elektriciteit geproduceerd wordt door reactie van zuurstof met waterstof, leidt tot een aandeel van 1,4 % waterstof in 2030.

Aandeel hernieuwbare energie in de drie scenario's

Een van de doelstellingen in het kader van het Europese Klimaat- en Energiepakket is om het aandeel hernieuwbare energie in de toekomst te vergroten. Voor de sector transport moet het aandeel hernieuwbare energie minimaal 10 % bedragen in 2020. Zowel biobrandstoffen als elektriciteit op basis van hernieuwbare grondstoffen, de zogenaamde groene elektriciteit, dragen hiertoe bij.

Het verderzetten van het huidige beleid leidt in 2020 tot een aandeel hernieuwbare energie van 4,5 %. Het bijkomende beleid, zoals voorgesteld in het EUR-scenario, leidt in 2020 echter al tot een aandeel van 10,5 % hernieuwbare energie voor

FIG. 6.4 *Procentuele bijdrage van de energiedragers aan het energiegebruik van de sector transport in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*



de hele sector transport. Vooral de inzet van meer biobrandstoffen is voor deze evolutie bepalend. Ook het gebruik van de tweede generatie biobrandstoffen, die betere milieuprestaties leveren, speelt een rol bij het wegverkeer. Het gebruik van elektriciteit stijgt lichtjes in de sector transport en bestaat ten opzichte van het REF-scenario uit een groter aandeel groene elektriciteit (22,3 % ten opzichte van 10,9 % in 2020, zie Hoofdstuk 7 Energieproductie).

Het VISI-scenario gebruikt geen biobrandstoffen, maar zet fors in op elektrische voertuigen. In 2020 zijn de hoeveelheid gebruikte elektriciteit en het aandeel groene stroom echter te klein om de doelstelling te halen. Slechts 2 % van de energie is dan hernieuwbaar. Na 2020 breken de plug-in hybriden en batterij-elektrische voertuigen verder door. Tegen 2030 maakt 90 % van de nieuw verkochte voertuigen gebruik van elektriciteit tegen 15 % in 2020. Ook is het gehalte aan groene stroom fel gestegen ten opzichte van 2020 (69,2 % ten opzichte van 23,1 %). Dit resulteert in een aandeel hernieuwbare energie voor transport van ongeveer 20 % in 2030. Dat betekent dat elektriciteit op langere termijn het niet-gebruik van biobrandstoffen op het vlak van hernieuwbare energie kan compenseren.

6.4 Emissie van broeikasgassen

De Europese Unie (EU) schuift ook doelstellingen naar voren voor de emissie van broeikasgassen. Voor de sector transport hebben die betrekking op de uitstoot van broeikasgassen tijdens het vervoer zelf, de zogenaamde directe emissie. De uitstoot die vrijkomt tijdens de productie van de brandstof, de indirecte emissie, wordt toegerekend aan de sector energie. Maar om na te gaan wat het effect is van een toegenomen gebruik van elektriciteit in de sector transport, besteedt dit hoofdstuk ook aandacht aan de indirecte emissies.

Directe emissies

Voor de sector transport worden de broeikasgasemissies van de luchtvaart niet meegerekend, omdat de luchtvaart vanaf 2012 onder het ETS-systeem zal vallen. FIGUUR 6.5 toont dan ook enkel de emissies van het wegverkeer, het spoor, de binnenvaart en de zeevaart. Voor transport gaat het over de broeikasgassen CO_2, CH_4, N_2O en HFK's (fluorkoolwaterstoffen).

In het REF-scenario stijgen de emissies tot 2020. Daarna zet zich een langzame daling in tot 2030. De emissies blijven wel nog steeds 10 % hoger dan het huidige niveau. De daling na 2020 is vooral te danken aan de technologische evolutie in het personenwagenpark, die de stijging van het aantal afgelegde kilometers opheft. Deze evolutie is het gevolg van het vrijwillige convenant tussen de autoconstructeurs en de Europese Commissie, dat de CO_2-uitstoot van nieuwe personenwagens beperkt, en van de toenemende hybridisatie.

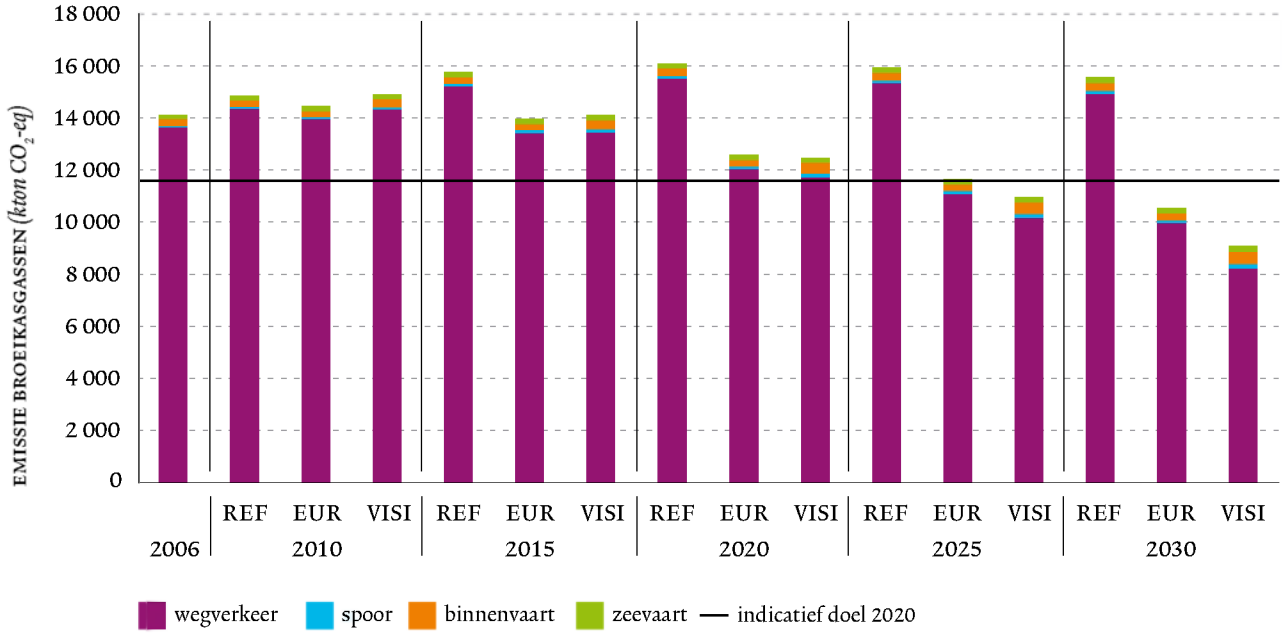
De maatregelen in het EUR-scenario daarentegen leiden ertoe dat de emissies al in 2015 dalen. Deze maatregelen zijn:

- het verbeteren van de energie-efficiëntie van voertuigen;
- een meer doorgedreven gebruik van biobrandstoffen;
- een versneld gebruik van alternatieve technologieën;
- rekeningrijden;
- het aanleren van milieuvriendelijk rijgedrag.

Daardoor stoot de sector transport in 2030 bijna een derde minder broeikasgassen uit dan in het REF-scenario. Ten opzichte van 2006 dalen de broeikasgasemissies in 2030 met 25 %.

Het VISI-scenario gebruikt geen biobrandstoffen. Dit leidt in eerste instantie tot een hogere uitstoot aan broeikasgassen dan in het EUR-scenario. Vanaf 2020 verminderen de broeikasgasemissies ten opzichte van de andere scenario's. In 2030 ligt de emissie 14 % lager dan in het EUR-scenario: dit is in de eerste plaats het gevolg van de toename van plug-in hybriden en elektrische voertuigen. Maar ook de verdere beperking van het (gemotoriseerde) wegverkeer door modale verschuiving en efficientieverbetering speelt een rol. Ten opzichte van 2006 ligt de emissie in 2030 meer dan 35 % lager.

FIG. 6.5 *Emissie van broeikasgassen van de sector transport in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Data voor wegverkeer zijn representatief voor 2007 in plaats van 2006. In het VISI-scenario wordt zeevaart niet gemodelleerd. Om toch een vergelijking te kunnen maken, wordt de emissie van de zeevaart hetzelfde verondersteld als in het EUR-scenario.

Het wegverkeer neemt ook in de toekomst het grootste aandeel in de uitstoot van broeikasgassen voor zijn rekening. Het aandeel van de andere vervoerswijzen blijft bij ongewijzigd beleid beperkt tot 2030. Het beleid gevoerd in het EUR-scenario en het VISI-scenario verhoogt het aandeel van de zee- en binnenvaart en het spoor. Dit is het gevolg van zowel het stijgende gebruik als van de minder vergaande technologische verbeteringen van deze modi.

In het kader van het Europese Klimaat- en Energiepakket moet België voor de sectoren die niet onder het Europees emissiehandelsysteem vallen (huishoudens en het gros van handel & diensten, landbouw en transport) in 2020 15 % minder broeikasgassen uitstoten dan in 2005. De reductiedoelstelling is nog niet verdeeld naar de gewesten of naar individuele sectoren. Daarom wordt in dit hoofdstuk voorlopig die 15 % afname als indicatieve doelstelling voor de sector transport voor 2020 gebruikt (11 513 kton CO_2-eq). Ondanks de realisatie van de zeer strenge CO_2-wetgeving voor nieuwe personenwagens (die ondertussen door Europa afgezwakt is), een sterkere doorstoot van alternatieve motortechnologieën bij lichte voertuigen (personenwagens en bestelwagens) en een verhoogd aandeel biobrandstoffen in het EUR-scenario wordt die indicatieve doelstelling niet bereikt. In 2020 bedragen de broeikasgasemissies in het EUR-scenario 12 567 kton CO_2-eq of 9 % meer dan de indicatieve doelstelling. Ook het VISI-scenario brengt binnen deze termijn weinig verandering.

Internationaal worden daarnaast ook ambitieuzere langetermijndoelstellingen naar voren geschoven voor de emissie van broeikasgassen. Voor de geïndustrialiseerde landen komt dit in 2050 neer op een globale reductie van 60 tot 80 % ten opzichte van 1990. Met het VISI-scenario dat hoog inzet op het gebruik van alternatieve technologieën, op modale verschuiving en op efficiëntieverhoging van vrachtvervoer over de weg, realiseert de sector transport in 2050 een daling van 45 % ten opzichte van 1990.

Emissies door elektriciteitsgebruik

Elektrische voertuigen stoten geen polluenten uit. Door een toegenomen gebruik van deze voertuigen dalen de broeikasgasemissies van transport in het EUR- en het VISI-scenario. Belangrijk is echter dat er tijdens het productieproces van elektriciteit wel broeikasgassen vrijkomen. Het is dan ook nuttig om hiermee rekening te houden bij de vergelijking tussen de scenario's.

Als de scenario's ook deze emissies in rekening brengen, dan verhogen de broeikasgasemissies van de sector transport in 2030 met ongeveer 12 % in het REF- en het EUR-scenario en met 7 % in het VISI-scenario. Hoewel het VISI-scenario meer inzet op elektrische wagens, leidt dit scenario toch tot een lager gehalte aan indirecte emissies in 2030. Dit is te danken aan de toekomstige wijziging in de samenstelling van het stroomproductiepark in Vlaanderen in combinatie met emissiereducerende maatregelen in de elektriciteitscentrales (zie Hoofdstuk 7 Energieproductie).

6.5 Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof

De sector transport speelt niet enkel een rol in de emissie van broeikasgassen, ook voor andere polluenten is deze sector belangrijk. De EU formuleert stofspecifieke doelstellingen, de zogenaamde NEM-doelstellingen, voor polluenten zoals NO_x, SO_2, NMVOS en fijn stof. Om deze doelstellingen te evalueren is de luchtvaart wel inbegrepen in de sector transport. De doelstellingen voor 2020 die hier aan bod komen, zijn nog niet definitief voor Vlaanderen vastgelegd. Ze zijn richtinggevend en geven een indicatie of de genomen maatregelen ver genoeg gaan.

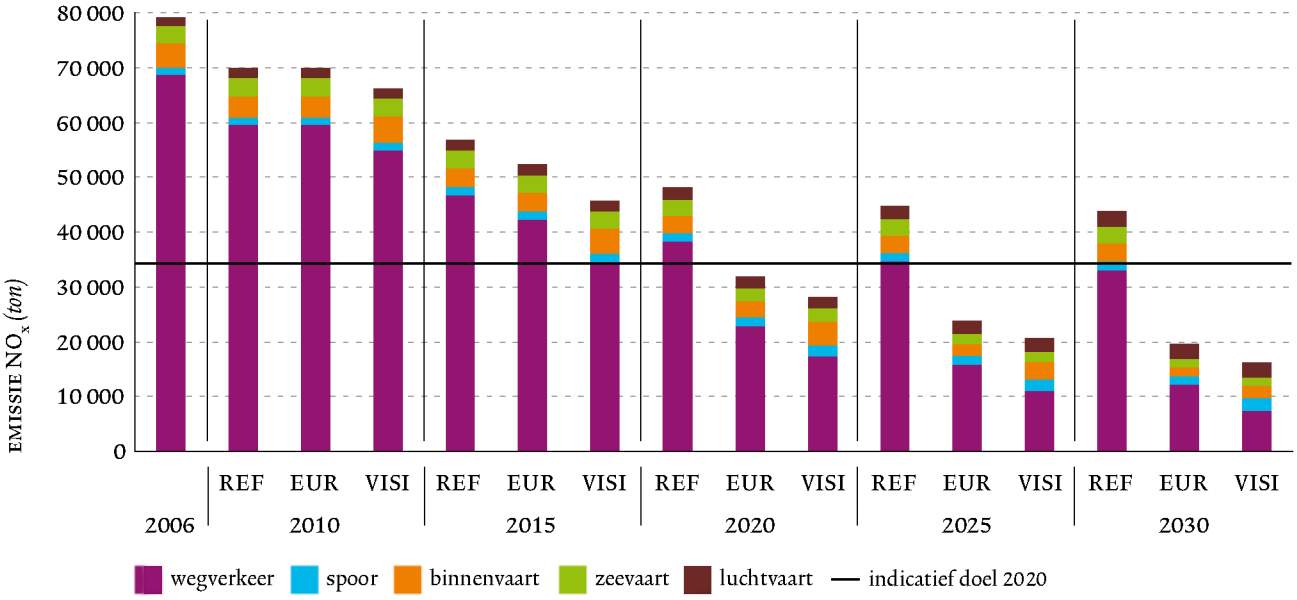
Emissie van NO_x

NO_x is mee verantwoordelijk voor de ozonvorming. Een beperking van de NO_x-emissie zorgt dan ook dat de schadelijke effecten van ozon voor zowel de gezondheid als voor de ecosystemen afnemen. De emissie van NO_x leidt daarnaast ook tot verzuring van het leefmilieu.

Al bij ongewijzigd beleid is er een sterke daling van de NO_x-emissies in de tijd (FIGUUR 6.6). Dit is het gevolg van strengere emissiestandaarden in combinatie met vlootvernieuwing. Om de indicatieve doelstelling voor 2020 (33 817 ton) te halen, zijn wel de maatregelen van het EUR-scenario nodig. Vooral de introductie van Euro VI bij zwaar wegvervoer in 2014, een maatregel die ondertussen is goedgekeurd, zorgt voor de noodzakelijke daling. Ook de verdergaande emissiestandaarden voor nieuwe schepen hebben een impact na 2015. Daarnaast heeft ook de daling van het aantal gereden kilometers door het rekeningrijden een effect. In 2020 bedraagt de totale NO_x-emissie in het EUR-scenario 31 892 ton. Meer doorgedreven gebruik van alternatieve technologieën en een lager aantal voertuigkilometers doen de NO_x-emissie nog verder afnemen in het VISI-scenario. In 2030 bedraagt de NO_x-emissie bij ongewijzigd beleid nog 55 % van de emissie in 2006, in het EUR-scenario nog 25 % en in het VISI-scenario nog 21 %.

In 2006 is het wegverkeer verantwoordelijk voor het grootste aandeel van de NO_x-emissies binnen de sector transport. Maar in 2030 is het aandeel van het wegverkeer in het EUR-scenario tot minder dan twee derde afgenomen en in het VISI-scenario tot minder dan de helft. Het aandeel van de luchtvaart stijgt in beide scenario's, aangezien men geen bijkomend beleid heeft vastgelegd voor de NO_x-emissies van de luchtvaart.

FIG. 6.6 *NO_x-emissie van de sector transport in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Data voor wegverkeer zijn representatief voor 2007 in plaats van 2006. In het VISI-scenario worden zee- en luchtvaart niet gemodelleerd. Om toch een vergelijking te kunnen maken wordt de emissie van die modi hetzelfde verondersteld als in het EUR-scenario.

Emissie van SO_2

De emissie van SO_2 draagt bij tot de verzuring van het leefmilieu. De sector transport levert inspanningen om de emissie van SO_2 te verminderen. Als het huidige beleid wordt voortgezet, daalt de SO_2-emissie in 2010 (FIGUUR 6.7). Dat komt omdat het zwavelgehalte van de brandstoffen, gebruikt door het wegverkeer, het spoor, de binnenvaart en de zeevaart, afneemt. De SO_2-emissie is in 2030 opnieuw hoger dan in 2006 door de stijgende activiteit van deze transportmodi. Het aandeel van de zeevaart blijft zeer hoog in 2030 (73 %). Binnen- en luchtvaart zijn dan even belangrijk.

Het EUR-scenario vertrekt van een verlaging van het zwavelgehalte van scheepsbrandstoffen voor de binnenvaart met een factor 100 vanaf 2012, tot een niveau vergelijkbaar met het zwavelgehalte in diesel voor wegvoertuigen. Het zwavelgehalte van de brandstof gebruikt in de zeevaart neemt in 2010 beperkt af, om vervolgens te dalen met een factor 10 vanaf 2015. FIGUUR 6.7 toont duidelijk het effect van deze maatregelen op de SO_2-emissie. Ten opzichte van het REF-scenario daalt de emissie in het EUR-scenario met 77 % in 2015. Vanaf dan stoot de luchtvaart het meest SO_2 uit: in de luchtvaart worden immers geen beperkingen opgelegd op het zwavelgehalte van de brandstof. De emissies van de binnenvaart daarentegen zijn verwaarloosbaar vanaf 2015.

Ook voor de emissie van SO_2 is het duidelijk dat de indicatieve doelstelling in 2020 niet gehaald wordt bij ongewijzigd beleid. De SO_2-emissie bedraagt nog meer dan het dubbele van de maximaal toegelaten emissie. Het is noodzakelijk het zwavelgehalte van de scheepsbrandstoffen in het EUR-scenario verder te verlagen om de indicatieve doelstelling (715 ton) te halen.

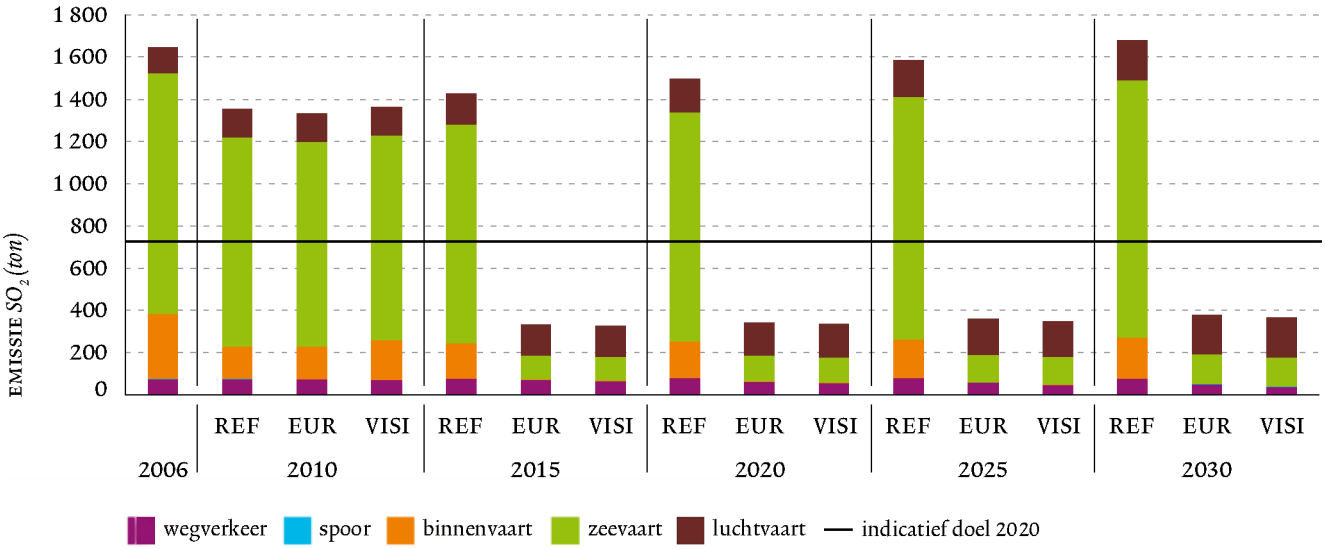
Emissie van NMVOS

Niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) zijn samen met NO_x verantwoordelijk voor de ozonvorming. Een beperking van de NMVOS-emissie is dan ook absoluut nodig.

Het huidige beleid zorgt ervoor dat de NMVOS-emissie daalt met ongeveer twee derde in de periode 2006-2020 (FIGUUR 6.8). Deze daling is groot genoeg om de indicatieve doelstelling van 2020 (4 716 ton) al in 2015 zonder extra maatregelen te halen. Vooral het wegverkeer draagt hiertoe bij: dat is het gevolg van strengere emissievoorwaarden voor nieuwe voertuigen en de geleidelijke introductie van nieuwe brandstof- en voertuigtechnologieën. Na 2020 blijft de NMVOS-emissie nog licht dalen.

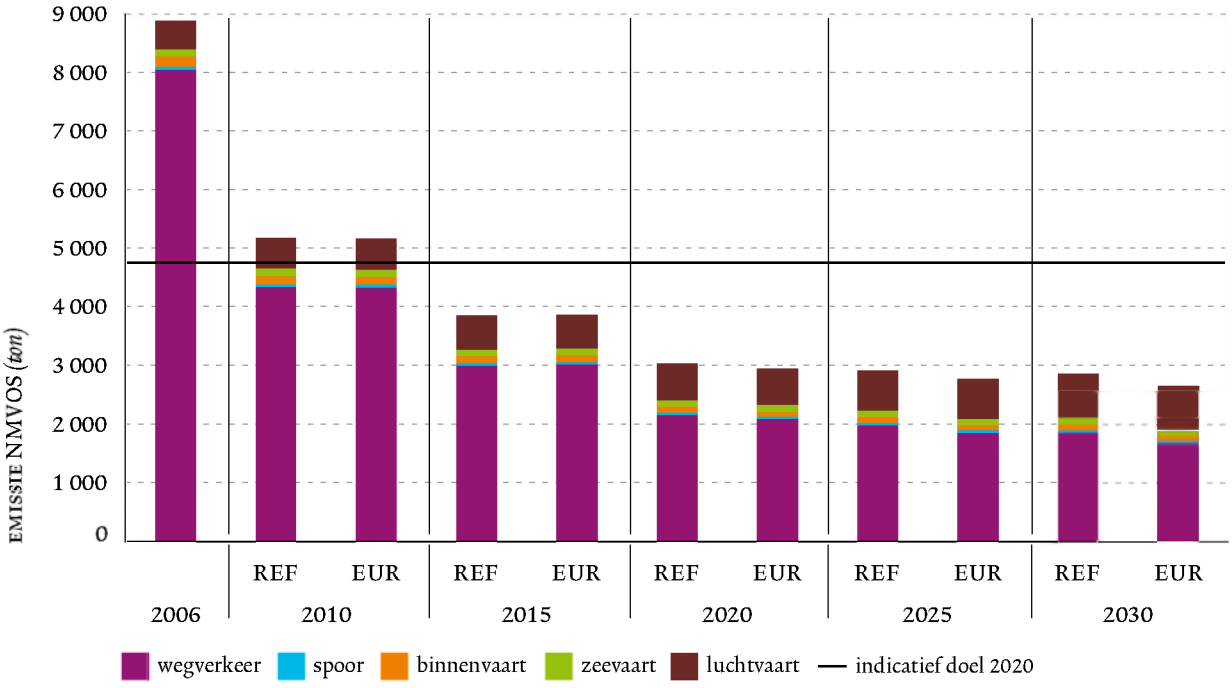
De maatregelen in het EUR-scenario zorgen dat vanaf 2020 de NMVOS-emissie in vergelijking met het REF-scenario licht blijft dalen. Vooral de emissies van het wegverkeer, maar ook in mindere mate van de binnenvaart, maken het verschil. Voor wegverkeer is dit onder meer te danken aan een daling in het aantal gereden kilometers, de Euro VI-norm voor vrachtwagens en de verhoogde introductie van al-

FIG. 6.7 *SO_2-emissie van de sector transport in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Data voor wegverkeer zijn van 2007 in plaats van 2006. In het VISI-scenario worden zee- en luchtvaart niet gemodelleerd. Om toch een vergelijking te kunnen maken wordt de emissie van die modi hetzelfde verondersteld als in het EUR-scenario.

FIG. 6.8 *NMVOS-emissie van de sector transport in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Data voor wegverkeer zijn representatief voor 2007 i.p.v. 2006. Voor het VISI-scenario zijn geen NMVOS-emissies beschikbaar.

ternatieve motorbrandstof- en voertuigtechnologieën. Bij de binnenvaart heeft het gebruik van biodiesel en walstroom een positief effect.

In beide scenario's neemt het wegverkeer het grootste aandeel voor zijn rekening, maar dat aandeel zakt wel van meer dan 90 % in 2006 tot ongeveer 65 % in 2030. De luchtvaart is de enige vervoerswijze waarvoor de NMVOS-emissies stijgen in de toekomst. In 2030 stoot de luchtvaart meer dan een kwart van de NMVOS-emissies van transport uit.

Emissie van PM2,5

Het inademen van fijn stof kan leiden tot meer hart- en luchtwegklachten. Fijn stof is een mengsel van deeltjes in de lucht van uiteenlopende samenstelling en afmeting. Hoe kleiner de deeltjes, hoe meer last ze veroorzaken. De bespreking in dit hoofdstuk spitst zich dan ook toe op PM2,5, de kleinste fractie waarvoor data voorhanden zijn. Dit zijn de deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 µm.

De emissie van PM2,5 bevat niet enkel de uitlaatemissie (de emissie ter hoogte van het voertuig). Ze bevat ook de niet-uitlaatemissie, dat is de emissie te wijten aan slijtage van wegdek, remmen, rails, bovenleidingen en wielen. Vooral bij het spoor neemt deze laatste een groot deel van de totale uitstoot voor haar rekening.

FIGUUR 6.9 toont dat de emissies van PM2,5 in elk scenario dalen. In het REF-scenario stabiliseert de uitstoot echter in de periode tussen 2025 en 2030. De emissie van het wegverkeer daalt onvoldoende om de stijgende uitstoot van de andere modi, ten gevolge van een toegenomen activiteit, te compenseren.

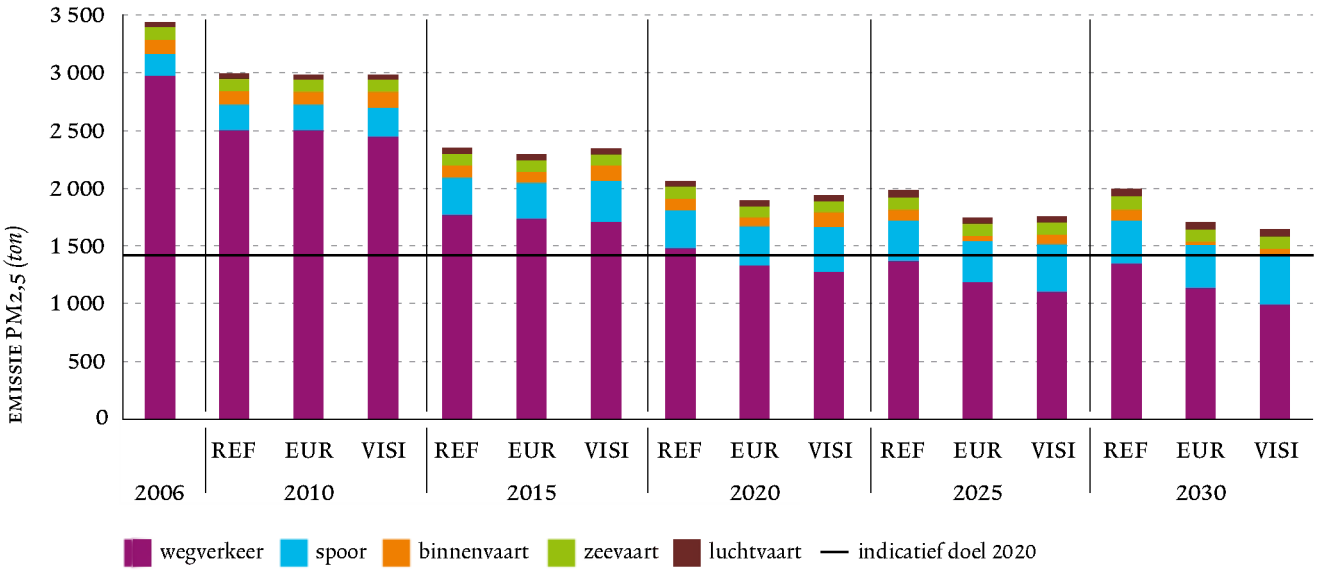
Door het invoeren van de Euro VI-norm voor zware vrachtwagens is de PM2,5-emissie in 2020 in het EUR-scenario lager dan in het REF-scenario. Ook de strengere emissienormen (Stage IIIb-emissiestandaard) bij de binnenvaart dragen daartoe bij. De maatregelen zijn echter onvoldoende om de indicatieve doelstelling voor 2020 (1 400 ton) te halen. Er is een overschrijding met 35 %.

De maatregelen van het VISI-scenario blijken aanvankelijk niet te helpen, integendeel. Het VISI-scenario gebruikt immers geen biobrandstoffen, die een positief effect hebben op de emissie van fijn stof. Ook een verhoogd gebruik van het spoor en de binnenvaart leidt tot hogere emissies. Pas in 2030 zorgt de toename van elektrische wagens en plug-in hybriden ervoor dat de PM2,5-emissies wat lager liggen in het VISI-scenario dan in het EUR-scenario.

Geen enkel scenario neemt maatregelen die de slijtage van wegdek, remmen, rails, bovenleidingen of wielen verminderen. Door de stijgende activiteit nemen die niet-uitlaatemissies dan ook in de toekomst toe. In 2006 nemen ze 24 % van het totaal in, in 2030 is dit in het EUR-scenario al 69 %.

De milieu-impact van de niet-uitlaatdeeltjes is minder goed gekend dan die van de uitlaatemissies. Meer onderzoek is nodig om het juiste effect van deze emissies op het vlak van gezondheid en milieu te bepalen. Ze zijn wel reeds inbegrepen in

FIG. 6.9 *PM2,5-emissie van de sector transport in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Data voor wegverkeer zijn representatief voor 2007 in plaats van 2006. In het VISI-scenario worden zee- en luchtvaart niet gemodelleerd. Om toch een vergelijking te kunnen maken wordt de emissie van die modi hetzelfde verondersteld als in het EUR-scenario.

de emissiedoelstelling voor 2020. Het is dan ook aangewezen om niet enkel in te grijpen op de uitlaatemissies, maar ook de niet-uitlaatfractie verder te beperken. Dat kan door gebruik te maken van bijvoorbeeld meer slijtvaste materialen. Het beperken van de verkeersstromen draagt hier ook toe bij. Een halvering van de niet-uitlaatfractie in 2020 zou leiden tot het halen van de indicatieve doelstelling in het EUR-scenario.

6.6 Kosten van enkele maatregelen(pakketten)

Maatregelen om het energiegebruik en de emissies te beperken kost geld. Dit deel geeft meer informatie over de kostprijs van bepaalde maatregelen die in de verschillende scenario's worden genomen. Niet het hele kostenplaatje komt hier aan bod. Wat bijvoorbeeld een verbetering van de milieukwaliteit opbrengt, is voor de sector transport niet berekend. Hoofdstuk 9 Luchtkwaliteit behandelt wel enkele aspecten van de externe kosten. Dat hoofdstuk toont de verschillen in externe gezondheidskosten door fijn stof en fotochemische luchtverontreiniging tussen het REF- en het EUR-scenario voor heel Vlaanderen. De emissies van alle sectoren zijn hierbij in rekening gebracht.

Het EUR-scenario, wegverkeer

Voor het wegverkeer worden enkel de kosten behandeld om de brandstofefficiëntie te verbeteren in het EUR-scenario ten opzichte van het REF-scenario. Verschil-

lende maatregelen die de brandstofefficiëntie beïnvloeden, verhogen de aankoopprijs van wagens, maar doen tegelijkertijd de brandstofkost dalen. Enkel de directe kost, exclusief belastingen, subsidies, infrastructuur- en reguleringskosten, wordt meegenomen. Bij het kwantificeren is rekening gehouden met duurder wordende benzine- en dieselvoertuigen als gevolg van strengere milieueisen. Voor hybride en zuiver elektrische voertuigen is er voor de toekomst een prijsdaling verondersteld dankzij de schaalvergroting.

De gemiddelde jaarlijkse meerkost (ten opzichte van het REF-scenario) van de maatregelen die de brandstofefficiëntie verbeteren bedraagt 197 miljoen euro (in euro 2005) voor de periode tussen 2010 en 2030. Motor- en voertuigtechnische aanpassingen zorgen voor de grootste meerkost. Deze aanpassingen zijn verantwoordelijk voor 76 % van de gemiddelde jaarlijkse meerkost. De maatregelen rond milieuvriendelijke banden dragen ruim 15 % bij. De laagste meerkosten zijn voor maatregelen die inspelen op het rijgedrag, de introductie van verbeterde aircosystemen en de aerodynamica van vrachtwagens. Zij dragen respectievelijk ongeveer 5 %, 2 % en 2 % bij tot de gemiddelde totale jaarlijkse meerkost.

De maatregelen in het EUR-scenario kosten niet alleen geld, maar leveren ook financiële winst op door een lager energiegebruik ten opzichte van het REF-scenario. Dit komt onder andere door het gebruik van efficiëntere technologieën, energiezuiniger rijgedrag en een daling in afgelegde kilometers als gevolg van het hier geïmplementeerde systeem van rekeningrijden. De gemiddelde jaarlijkse meeropbrengst bedraagt 407 miljoen euro.

Enkel rekening houdend met deze directe kosten en opbrengsten op het vlak van energie-efficiëntie resulteert dit in een jaarlijkse gemiddelde opbrengst van 210 miljoen euro voor het EUR-scenario ten opzichte van het REF-scenario.

Het EUR-scenario, niet-wegverkeer

Hoe duur maatregelen zijn, kan sterk verschillen. Voor de niet-wegverkeer modi wordt de kosteneffectiviteit berekend van een aantal maatregelen van het EUR-scenario. Dit houdt in dat men bijvoorbeeld bepaalt hoeveel de reductie van 1 ton CO_2 kost. Voor CO_2 werden drie verschillende maatregelen onderzocht: het ETS-systeem in de luchtvaart en het gebruik van biobrandstof bij het spoor en de binnenvaart. Gemiddeld genomen kosten de drie maatregelen voor de periode tussen 2010 en 2030 elk ongeveer rond 40 euro per ton.

Het huidige beleid van het REF-scenario stelt strengere voorwaarden aan de binnen- dan aan de zeevaart als het gaat om het zwavelgehalte van de gebruikte brandstof. Het EUR-scenario voorziet voor beide modi een verdere verlaging van het zwavelgehalte. Bij de zeevaart is het in de periode tussen 2010 en 2030 tien keer goedkoper om een ton SO_2 te reduceren dan bij de binnenvaart. Logisch, aangezien de binnenvaart in het REF-scenario al grotere inspanningen moet doen dan de zee-

vaart. Ook de totale emissiereductie is groter. Dat betekent dat de zeevaart geschikter is dan de binnenvaart om bijkomende SO_2-reducties te bekomen.

Een gelijkaardige conclusie gaat op voor NO_x. Het toepassen van de emissiestandaarden van het EUR-scenario geeft een gelijkaardige totale emissiereductie voor de zee- en de binnenvaart in de periode tussen 2010 en 2030. De kosteneffectiviteit is ook hier ongeveer tien maal beter bij de zeevaart.

Het VISI-scenario

Het VISI-scenario rekent uit wat het effect is van de verschuiving naar milieuvriendelijkere technologieën, vergeleken met het EUR-scenario, op de kost voor de gebruikers. Het is nodig hierbij rekening te houden met de meerkost voor de technologie en het verschil in energiekosten. Enkel de wagens en de zware vrachtwagens komen hier aan bod, de bestelwagens niet. Belastingen en subsidies zijn niet meegenomen. Voor hybride en zuiver elektrische voertuigen gaat men voor de toekomst uit van dezelfde prijsdaling door schaalvergroting als in het EUR-scenario. De verschuiving naar de nieuwe technologieën zorgt voor een jaarlijkse meerkost wat betreft de aankoopkost voor wagens van 81 miljoen euro in 2030. Voor zware vrachtwagens is deze meerkost 48 miljoen euro in 2030. Het is mogelijk dat de aankoopprijs van deze technologieën in de toekomst sterker zal dalen dan nu wordt aangenomen: ze kennen een productie op grotere schaal en er treedt meer concurrentie op dan in het EUR-scenario. De totale energiekost is in 2030 lager in het VISI-scenario ten opzichte van het EUR-scenario. Voor wagens is er een winst van 6 miljoen euro, voor zware vrachtwagens is er een winst van 193 miljoen euro. In totaal bedraagt de winst van het VISI-scenario in vergelijking met het EUR-scenario wat betreft de verschuiving naar nieuwe technologieën 69 miljoen euro.

Volgens het VISI-scenario verandert niet alleen de gebruikte technologie, maar winnen ook efficiëntere modi voor personenvervoer aan belang. Voor dit pakket is enerzijds het verschil in kosten voor de gebruikers berekend ten opzichte van het EUR-scenario, en anderzijds ook de kosten voor de overheid. Voor de consument is het goedkoper om de fiets of het openbaar vervoer te gebruiken. In totaal wordt in 2030 ongeveer 950 miljoen euro gewonnen. Hierbij is er geen rekening gehouden met tijdskosten, verschil in comfort, enzovoort. De overheid verliest belastingsinkomsten omdat er minder autoverkeer is, en moet meer subsidies betalen omdat het aandeel openbaar vervoer stijgt. Dit kost ongeveer 282 miljoen euro in 2030. De eventuele gevolgen van infrastructuurkosten, veranderingen in subsidies, belastingen die nodig zijn om de modale verschuiving te bekomen en lagere gezondheidsuitgaven zijn niet berekend.

Het VISI-scenario veronderstelt ook een verlaging van het aantal kilometers gereden door vrachtwagens, maar preciseert de maatregelen niet die dit in de hand werken. Het is dan ook niet mogelijk om een totaal kostenplaatje te maken voor dit scenario.

6.7 Conclusies voor het beleid

In de Milieuverkenning 2030 zijn voor de sector transport drie scenario's uitgewerkt, elk met een verschillend ambitieniveau voor mobiliteits- en milieumaatregelen. Deze scenario's vormen de basis om de beleidsrelevante conclusies te formuleren.

Hoewel het REF-scenario al sterke emissiereducties realiseert, haalt Vlaanderen enkel voor NMVOS de indicatieve NEM-doelstelling in 2020. Voor NO_x is de (recent goedgekeurde) Euro VI-norm voor zware vrachtwagens belangrijk om de indicatieve doelstelling te halen. Een verdere verlaging van het zwavelgehalte van scheepsbrandstoffen in het EUR-scenario vermindert de SO_2-emissie voldoende.

Voor de emissie van fijn stof (PM2,5) volstaat het beleid van het EUR-scenario niet om de indicatieve doelstelling te halen. De genomen maatregelen spitsen zich vooral toe op een beperking van de uitlaatemissies. Dit zorgt ervoor dat het aandeel van de niet-uitlaatemissies sterkt stijgt. Verder onderzoek is nodig naar de gezondheidsgevolgen van deze deeltjes en naar beleidsmaatregelen om deze emissies aan te pakken.

Om de emissie van broeikasgassen te verminderen gebruikt het EUR-scenario meer biobrandstoffen. Dit zorgt ervoor dat de doelstelling voor hernieuwbare energie tegen 2020 gehaald wordt. Het VISI-scenario maakt geen gebruik van biobrandstoffen omdat biomassa in andere sectoren efficiënter kan gebruikt worden. Dit scenario haalt de doelstelling voor hernieuwbare energie in 2020 niet. Na 2020 breken voertuigen die gebruikmaken van elektriciteit in dit scenario sterk door. Samen met het fors gestegen gebruik van groene stroom tussen 2020 en 2030 resulteert dit in een sterk toegenomen aandeel hernieuwbare energie voor transport in 2030. Op langere termijn kan elektriciteit het niet-gebruik van biobrandstoffen op het vlak van hernieuwbare energie compenseren.

Wegverkeer is met meer dan 90 % de belangrijkste energiegebruiker en bepaalt de energieprestatie van de sector transport. De aangescherpte wetgeving over de CO_2-uitstoot van nieuwe personenwagens zal meer energiezuinige wagens op de markt brengen. Maar om het energiegebruik en de broeikasgasemissies van het transport te verminderen, moeten consumenten en bedrijven ook meer kiezen voor energiezuinige voertuigen. Verder zal het stimuleren van energiezuinig rijgedrag ook bijdragen tot een verdere reductie van energiegebruik en broeikasgasemissies. Sensibilisatie maakt het mogelijk deze nodige gedragswijzigingen te stimuleren. Daarnaast kan de overheid een verschuiving naar meer energiezuinige voertuigen stimuleren door gebruik te maken van ecofiscaliteit, waarbij voertuigen belast worden in functie van hun milieuprestaties.

Plug-in hybriden en elektrische voertuigen hebben betere milieuprestaties dan de huidige diesel- of benzinevoertuigen, maar zijn nog duur en maar in beperkte mate beschikbaar. Verdere stimuli zijn nodig, zodat beide types voertuigen kunnen doorbreken. Meer onderzoek naar deze alternatieve aandrijfsystemen is noodzakelijk om ze zo snel mogelijk tegen een aanvaardbare prijs op de markt

te kunnen brengen en om het rijbereik te verhogen. Ook het aantal oplaadpunten moet worden uitgebreid. *Smart grids* bieden een oplossing voor het elektrisch rijden. Ze zorgen ervoor dat hybride en elektrische voertuigen hun batterij moeiteloos kunnen opladen met (groene) stroom via het elektriciteitsnet, op de meest voordelige momenten voor het net en voor de gebruiker.

Naast technologische maatregelen dragen ook mobiliteitsmaatregelen bij tot het verminderen van de emissies van de sector transport. Het systeem van rekeningrijden, zoals het hier in het EUR-scenario werd ingevoerd, heeft een beperkte invloed op het wegverkeer. Bijkomende ingrepen op het vlak van modale verschuiving en efficiëntieverbetering van het VISI-scenario beperken het wegverkeer meer. Toch blijft het wegverkeer hoger dan vandaag. Om de totale broeikasgasemissies in Vlaanderen voldoende te verminderen, is het wenselijk dat de sector transport inspanningen levert die verder gaan. Vlaanderen heeft daarbij nood aan een langetermijnvisie voor de organisatie van de mobiliteit. Samenwerking tussen verschillende beleidsdomeinen is noodzakelijk om aspecten van leefmilieu, ruimtelijke ordening en economie te verzoenen. Het toekomstige Mobiliteitsplan Vlaanderen houdt met deze noodzaak tot afstemming al rekening.

NOTEN

1 Zeevaart omvat enkel 'binnenlandse' zeevaart. Dit is de trafiek van alle schepen die varen tussen Vlaamse havens.
2 Luchtvaart omvat, tenzij anders vermeld, zowel nationale als internationale vluchten die vertrekken en/of aankomen op een Vlaamse luchthaven. Enkel de emissies bij het landen en opstijgen worden meegerekend, de emissies tijdens de vlucht niet.

MEER WETEN?

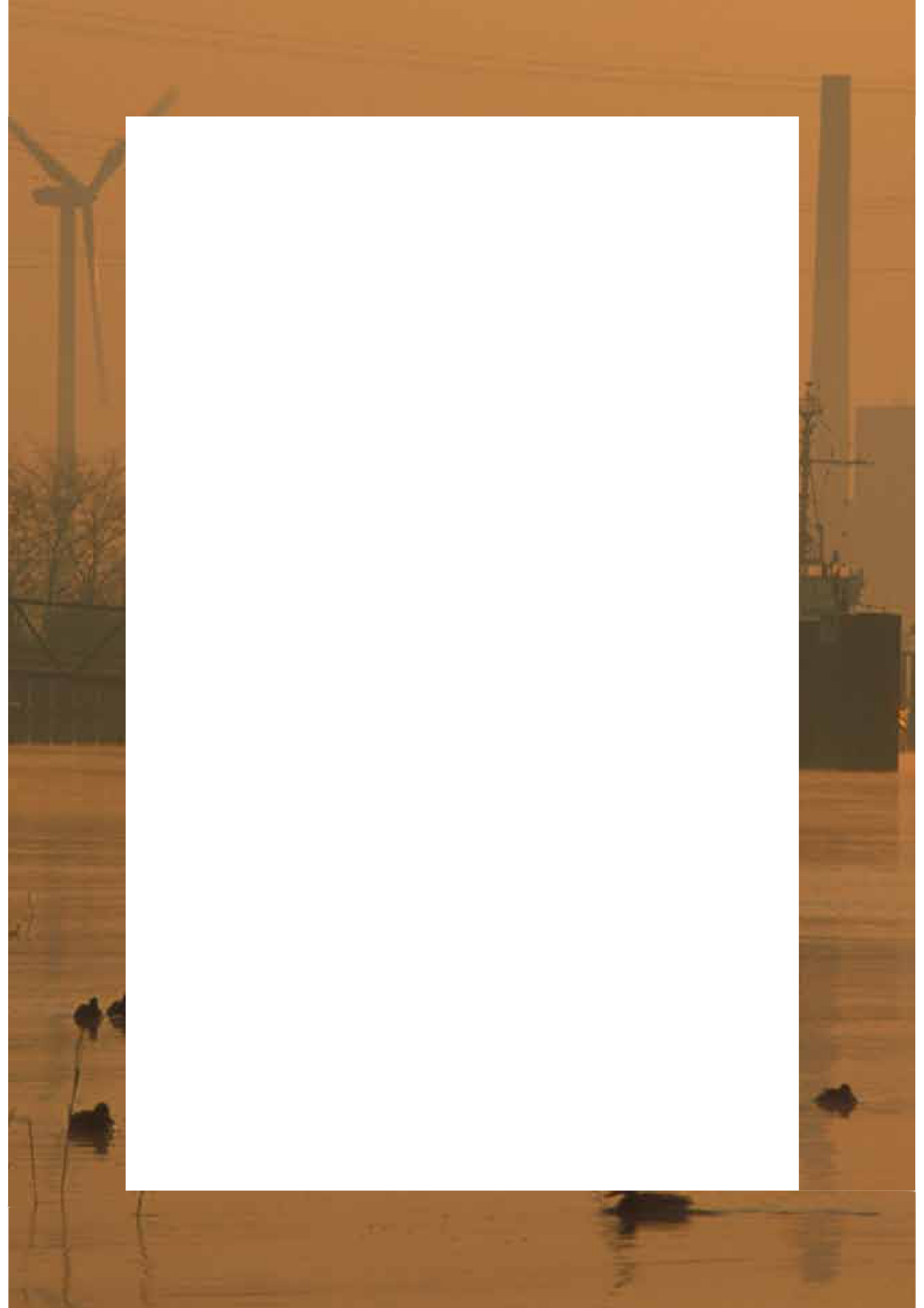
Wie meer wil weten, kan terecht in de wetenschappelijke rapporten waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

De Vlieger I., Pelkmans L., Schrooten L., Vankerkom J., Vanderschaeghe M., Grispen R., Borremans D., Vanherle K., Delhaye E., Breemersch T. & De Geest C. (2009) Transport: referentie- en Europa-scenario. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.
Delhaye E., Van Zeebroeck B. & De Geest C. (2009) Transport: visionair scenario. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

LECTOREN

Veerle Beyst, Studiedienst Vlaamse Regering
Pieter Claeys, De Lijn
Jeroen Cockx, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Departement LNE
Caroline De Bosscher, VMM
Johan De Mol, **Enid Zwerts**, Instituut voor Duurzame Mobiliteit, UGent
Wouter Florizoone, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw
Luc Goubert, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Marleen Govaerts, Afdeling Beleid Mobiliteit en Verkeersveiligheid, Departement MOW
Luc Hens, **Levi Vermote**, Vakgroep Menselijke Ecologie, VUB
Luc Int Panis, VITO
Sofie Marivoet, Waterwegen en Zeekanaal
Koen Miseur, Mobiel 21 vzw
Hans Tindemans, Mobiliteitsraad van Vlaanderen
Tania Van Mierlo, Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid, Departement LNE
Thierry Vanelslander, Departement Transport en Ruimtelijke Economie, UA
Filip Vanhove, Transport & Mobilty Leuven





7 Energieproductie

Johan Brouwers, Hugo Van Hooste, MIRA-team, VMM
Pieter Lodewijks, Unit Transitie, Energie en Milieu, VITO

HOOFDLIJNEN

- Ondanks een kernuitstap kan Vlaanderen de komende decennia in de eigen elektriciteitsbehoefte voorzien, en daarbij de uitstoot van broeikasgassen verlagen. Een noodzakelijke voorwaarde is dat het potentieel aan hernieuwbare energiebronnen ten volle wordt ingezet, aangevuld met ondergrondse CO_2-opslag bij kolen- en gascentrales na 2020.

- Tegen 2030 loopt het aandeel groene stroom in het stroomgebruik binnen Vlaanderen op tot 18 % wanneer het huidige energie- en klimaatbeleid wordt voortgezet (referentiescenario, REF), en tot 36 % bij het nieuwe Europese energie- & klimaatbeleid (Europa-scenario, EUR). Bij een visionair beleidspad (VISI-scenario) is tegen 2030 zelfs een kostenefficiënte inzet van groene stroom mogelijk tot een aandeel van circa 70 % in de stroomproductie en van 80 % in het stroomgebruik. De uitbreiding en de aanpassing van het elektriciteitnet die hiervoor nodig zijn, zullen forse investeringen vergen.

- Het ondersteuningsmechanisme van groenestroomcertificaten en de gegarandeerde minimumprijzen geven vooral offshore windenergie en bijstook van biomassa vleugels. Elektriciteit uit zonne-energie echter wordt pas echt relevant in de elektriciteitsproductie wanneer bijkomend het internationale energie- en klimaatbeleid wordt aangescherpt, met een hogere CO_2-handelsprijs binnen het Europese emissiehandelsysteem tot gevolg.

- Een energie- en klimaatbeleid dat in Europa een daling van de broeikasgasuitstoot nastreeft met 20 % tegen 2020 (het EUR-scenario) of zelfs met 50 % tegen 2030 (het VISI-scenario) laat toe de broeikasgasuitstoot bij stroomproductie binnen Vlaanderen te handhaven op het niveau van 2006 (in het EUR-scenario) of met twee derden terug te dringen (in het VISI-scenario). Ook andere emissies naar de lucht kunnen zo sterk teruggedrongen worden. Een uitzondering is de uitstoot van fijn stof als gevolg van de (sterk) verhoogde inzet van steenkoolcentrales in alle scenario's.

- Naast de inzet van warmtekrachtkoppelingen (WKK's) kan vooral de overstap naar geavanceerde katalytische en thermische kraking voor energiebesparingen zorgen in de aardolieraffinaderijen. Bij de opslag en de distributie van aardgas neemt het energiegebruik in alle scenario's toe, ook bij een dalend aardgasgebruik. Reden hiervoor is de toename van het aantal aansluitingspunten, en overeenkomstig ook de lengte van de transport- en distributienetten.

Inleiding

De energiesector staat in voor de productie en de levering van energie aan eindgebruikers. In Vlaanderen omvat deze sector drie belangrijke onderdelen:

- raffinage van ruwe aardolie naar benzine, diesel, stookolie ...;
- opslag, transport en distributie van aardgas;
- productie en verdeling van elektriciteit.

Om elektriciteit op te wekken worden in Vlaanderen zowel fossiele brandstoffen (kolen, aardolie, aardgas), splijtstoffen (kerncentrales) als hernieuwbare energiebronnen (wind, zon, biomassa, biogas ...) gebruikt. Bij de energiesector hoort ook de productie van elektriciteit door afvalverbranding. Hetzelfde geldt voor het gelijktijdig opwekken van nuttige warmte en elektriciteit in WKK's, ook al staan die installaties opgesteld bij andere sectoren.

Dit hoofdstuk gaat na hoe de energiesector reageert op het geplande, maar ook op een aangescherpt energie- en klimaatbeleid. En wat daarvan de gevolgen zijn op het vlak van energiegebruik en emissies naar de lucht tot 2030. Eerst gaat het hoofdstuk dieper in op hoe de drie scenario's zijn opgebouwd en doorgerekend. Vervolgens wordt de aandacht gevestigd op de evolutie van de activiteiten binnen de energiesector en op het eigen energiegebruik. Dit hoofdstuk zet daarbij ook de mogelijke rol van groene stroom in de verf. Daarna wordt de weerslag hiervan op de broeikasgasemissies en op de emissie van andere polluenten becijferd. Ook een indicatieve kostprijsvergelijking tussen de scenario's komt aan bod. Het hoofdstuk sluit af met enkele conclusies voor het beleid.

7.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning

Modellering

De activiteiten binnen de energiesector en de doorrekening naar energiegebruiken en emissies zijn gemodelleerd met het Milieukostenmodel Klimaat (MKM Klimaat). Het model berekent hoe de energiesector tegen minimale kosten kan voldoen aan de energievraag van de andere sectoren (huishoudens, industrie, landbouw, transport, handel & diensten). De scenario's bestaan niet uit vooraf vastgelegde maatregelen-

pakketten. Het model kiest zelf voor het meest kostenefficiënte maatregelenpakket. Het model brengt daarbij de kosten in rekening van primaire energie (bijvoorbeeld kolen of kernbrandstof), de investeringskosten en de operationele kosten van alle installaties en potentiële reductietechnieken, en ten slotte eventuele taksen (zoals een CO_2-prijs) of subsidies.

De maatregelen waaruit het model kan kiezen, hebben vooral als doel efficiënter energie te gebruiken of de emissies van broeikasgassen te beperken. Het model bevat geen maatregelen met als primair doel de emissies van andere stoffen te beperken, zoals zwaveldioxide of SO_2, stikstofoxiden of NO_x, fijnestofdeeltjes of PM, niet-methaan vluchtige organische stoffen of NMVOS ... Belangrijke uitzonderingen hierop zijn:

- De elektriciteitsproductie waarvoor de huidige emissieplafonds voor NO_x en SO_2 werden doorgerekend volgens de lopende Milieubeleidsovereenkomst (MBO) met de sector. De huidige MBO loopt tot eind 2009. Het REF-scenario houdt de huidige MBO-plafonds aan tot 2030. Het EUR- en het VISI-scenario voorzien een aanscherping van deze plafonds vanaf 2010.
- De verlaging van de bubbel-emissiegrenswaarden[1] voor SO_2 en NO_x bij raffinaderijen vanaf 2010.

Voor de andere deelsectoren berekent het model wel het effect van energie- en broeikasgasmaatregelen op luchtpolluenten afkomstig van verbrandingsprocessen, maar niet het effect van het specifieke beleid rond luchtverontreiniging.

Enkele emissiestromen zijn niet of slechts gedeeltelijk opgenomen in het model: bijvoorbeeld stofemissies van WKK's of NMVOS-emissies in de raffinaderijen. Deze emissies zijn apart geschat, vertrekkende van al bestaande scenariostudies, en brengen wel specifieke maatregelen voor die andere luchtpolluenten in rekening.

Drie scenario's

Verschilpunten tussen de drie scenario's

In 2009 keurde de Europese Unie het zogenaamde Energie- & Klimaatpakket 2020 goed. Voor het gros van de installaties die behoren tot de energiesector, voorziet dit pakket niet meer in specifieke broeikasgasdoelstellingen per land. Die installaties vallen onder het Europese emissiehandelsysteem (ETS), waarbinnen een marktprijs bestaat voor de uitstoot van 1 ton CO_2 of 1 ton broeikasgassen. Het prijsniveau zal bepalen waar de emissiereducties gebeuren: reducties met een kost lager dan de marktprijs voor CO_2 zullen binnen de sector in Vlaanderen zelf gebeuren. Voor de resterende emissies dient de sector voldoende emissierechten voor te leggen.

Ook voor de energiesector zijn drie scenario's doorgerekend. Die scenario's verschillen van elkaar op het gebied van marktprijs voor de emissie van CO_2 of broeikasgassen (Tabel 7.1). Die prijzen zijn afgeleid uit internationale studies, en afgestemd op de ambitieniveaus van de drie scenario's in de Milieuverkenning 2030:

- Het *referentiescenario* (REF) gaat uit van het huidige milieubeleid, namelijk de wet- en re-

gelgeving (ook bijvoorbeeld lopende convenanten) die al van kracht is op 1 april 2008. De prijs van emissierechten geldt enkel voor CO_2-emissies van verbrandingsprocessen.

- Voor het *Europa-scenario* (EUR) is de prijs voor emissierechten afgeleid uit de kostprijs van de maatregelen die nodig zijn om de broeikasgasemissies uit industriële installaties in de EU met 21,3 % terug te dringen tussen 2005 en 2020. Die prijs is van toepassing op alle broeikasgasemissies. Het prijsniveau gaat ervan uit dat ook emissierechten van projecten buiten de EU27 in beperkte mate verrekend kunnen worden.
- Het *visionaire scenario* (VISI) is opgebouwd rond de langetermijndoelstellingen voor de klimaatverandering. Die vereisen een emissiereductie van broeikasgassen met 60 tot 80 % tegen 2050, en een halvering van de emissies in 2030 ten opzichte van 1990. De prijs van emissierechten voor dit scenario is eveneens van toepassing op alle broeikasgassen, en gaat enkel uit van interne reducties (binnen de EU27).

TAB. 7.1 *Prijs van de emissierechten voor het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Europa, 2010-2030)*

(Euro/ton CO_2-eq)	2010	2015	2020	2025	2030
REF	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0
EUR	20,0	23,7	30,0	32,0	34,1
VISI	20,0	23,7	77,6	77,6	77,6

In 2008-2009 schommelde de marktprijs tussen 8 en 31 euro/ton CO_2.

Sleutelparameters in de scenario's

Bij de berekening van de scenario's zijn verschillende veronderstellingen gemaakt. Ze hebben betrekking op een aantal sleutelparameters, die een cruciale rol spelen in het eindresultaat. Enkele veronderstellingen zijn hieronder beknopt aangehaald:

- De *energieprijzen* zijn afgeleid uit de prijzen vermeld in Hoofdstuk 2 Sociaal-economische verkenning. Op de prijzen voor ruwe aardolie, aardgas en steenkool aan de grens werden brandstofspecifieke distributiekosten binnen Vlaanderen/België toegepast.
- Alle scenario's stemmen de productie van elektriciteit en de opslag en distributie van aardgas af op de vraag door de *andere sectoren* (huishoudens, handel & diensten, industrie, landbouw, transport; zie Hoofdstukken 3 tot 6).
- Alle scenario's rekenen een uitfasering van de bestaande *kerncentrales* door zoals vastgelegd in de huidige wetgeving (gradueel tussen 2015 en 2025). De scenario's voorzien evenmin in de bouw van een nieuwe kerncentrale.
- Ieder type installatie voor stroomproductie wordt gekenmerkt door een specifieke *levensduur*. Installaties die uit gebruik worden genomen, worden in functie van de elektriciteitsvraag vervangen door nieuwe installaties. Het model kiest daarbij op basis van kostenefficiëntie en van de ontwikkeling van nieuwe technologieën tussen volgende installatietypes: stoom- en gasturbines (STEG's), superkritische kolencentrales, bijstook van biomassa in kolencentrales, warmtekrachtkoppeling (WKK's) op fossiele brandstoffen of op biomassa/biogas, on- en offshore windturbines en fotovoltaïsche panelen (PV).

- Kolencentrales en STEG's kunnen vanaf 2022 uitgerust worden voor CO_2-opvang en ondergrondse opslag (*Carbon Capturing and Storage*, CCS). Die mogelijkheid bestaat enkel in het EUR-scenario en het VISI-scenario, tot een plafond van 100 Mton voor de periode tussen 2022 en 2030. In het REF-scenario is CCS niet voorzien. Deze techniek is immers nog in volle ontwikkeling. Nieuwe overheidsinitiatieven zijn noodzakelijk (onder andere subsidiëring van proefprojecten, opzetten van een sluitend wettelijk kader) vooraleer CCS een marktrijpe technologie kan worden. De opgevangen CO_2 kan ondergronds opgeslagen worden in eigen land, of via pijplijnen getransporteerd naar buurlanden (bijvoorbeeld voor opslag in lege gasvelden). Het extra energiegebruik nodig om CCS toe te passen, is mee in rekening gebracht, net zoals het effect ervan op de uitstoot van luchtpolluenten.
- *Hernieuwbare energiebronnen* zijn vaak als een veelvoud van onze werkelijke energienoden beschikbaar, ook in Vlaanderen. De mate waarin de markt die bronnen nuttig kan aanwenden, is echter afhankelijk van belangrijke beperkingen: beschikbaarheid aan vrije ruimte, omzettingsrendementen, kostprijs van de benodigde technologie ... De prioriteiten die men stelt en het na te streven ambitieniveau beïnvloeden de reikwijdte van die beperkingen. Daarom is men van potentiëlen rond hernieuwbare energie uitgegaan die verschillen per scenario en per zichtjaar (TABEL 7.2).

TAB. 7.2 *Maximaal inzetbaar vermogen voor stroomproductie uit wind- en zonne-energie voor het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2010-2030)*

(MW_e)		2010**	2020	2030
REF	onshore wind	180	180	180
	offshore* wind	300	300	300
	fotovoltaïsch	55	55	55
EUR	onshore wind	300	1 060	1 600
	offshore* wind	846	3 000	3 800
	fotovoltaïsch	100	425	1 920
VISI	onshore wind	300	1 060	1 600
	offshore* wind	846	3 000	21 000
	fotovoltaïsch	100	453	16 200

* Potentieel voor het geheel van de Belgische kustzone. Voor de modellering werd hiervan 60 % aan Vlaanderen toebedeeld.

** Tabel samengesteld op basis van informatie beschikbaar eind 2008. Eind september 2009 bedroeg het geïnstalleerd vermogen aan PV in Vlaanderen al 178 MW_e en aan onshore windturbines 224 MW_e. Er is op dat moment ook voor 30 MW_e aan offshore windturbines geïnstalleerd.

Bron: MIRA/VMM en VITO op basis van Devriendt *et al.* (2005), De Ruyck (2006), EDORA/ODE/APERe (2007 & 2008), www.vreg.be, www.energiesparen.be

Ook biomassa (inclusief biogas) kan ingezet worden voor stroom- en/of warmteproductie: in zuivere biomassacentrales, als bijstook in steenkoolcentrales of in zogenaamde groene WKK's. Het gebruik van biomassa als bijstook is technisch beperkt tot ongeveer 20 % (op energie-inhoud), zonder al te grote aanpassingen aan de bestaande centrales. Import van biomassa is mogelijk, weliswaar tegen een iets hogere kostprijs dan inlandse biomassa. Het volume van biomassa is in verhouding tot de energie-inhoud immers zeer groot, zodat de transportkost ook snel toeneemt.

Het potentieel aan hydraulische centrales in Vlaanderen is verwaarloosbaar klein: het geïnstalleerde vermogen bedraagt midden 2009 slechts 1 MW_e, met weinig mogelijkheden voor uitbreiding.

Van andere hernieuwbare energiebronnen (bijvoorbeeld golf- en getijdenenergie) is voor Vlaanderen geen belangrijke bijdrage te verwachten tegen 2030. Dit hoofdstuk gaat hier dan ook niet verder op in.

Of de scenario's bovenvermelde potentiëlen geheel dan wel gedeeltelijk inzetten, bepaalt het model zelf louter op basis van kostenefficiëntie.

- De inzet van *groenestroomcertificaten* (GSC) helpt de meerkost van groenestroomproductie ten opzichte van conventionele stroomproductie te overbruggen. De uitreiking van certificaten per geproduceerde eenheid groene stroom verlaagt de netto productiekost van groene stroom voor de stroomproducent. Terwijl de kostprijs voor de certificaten gedragen wordt door de eindgebruikers van elektriciteit in functie van hun verbruik. Analoog aan het systeem voor groene stroom bestaat er ook een systeem voor *warmtekrachtcertificaten*. Daarbij wordt een certificaat uitgereikt per eenheid van energie die bespaard is ten opzichte van de gescheiden opwekking van stroom en warmte. Beide certificaten spelen een sleutelrol in het Vlaamse energiebeleid, en zijn meegenomen in de modelberekeningen. De prijs per certificaat is gelijk in de drie scenario's, maar daalt in de tijd aangezien de meerkost van groene stroom en WKK gaandeweg daalt (TABEL 7.3). Een apart kaderstuk verderop becijfert het effect van de in 2009 gewijzigde minimumsteun voor diverse vormen van hernieuwbare stroomproductie.

TAB. 7.3 *Marktprijs van de certificaten voor groene stroom en WKK gehanteerd voor het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2005-2030)*

(Euro/MWh)		2005	2010	2015	2020	2025	2030
WKK		40	40	36	33	30	27
Groene stroom	onshore wind, biomassa, waterkracht	110	110	99	90	81	73
	PV	450	450	305	206	140	110
	offshore wind	109	109	99	89	81	73

- Het was niet mogelijk de kostprijs voor *wijzigingen aan het elektriciteitsnet* mee te verrekenen. Nochtans zal een ver doorgedreven inzet van decentrale elektriciteitsproductie (windturbines, PV-installaties, WKK's ...) netuitbreidingen en -aanpassingen vereisen, die investeringen inhouden.
- Enkel het VISI-scenario werkt met een *prijselasticiteit* gelijk aan -0,3. Dit betekent dat de vraag naar producten onder dat scenario met 0,3 % afneemt, als de prijs ervan met 1 % toeneemt, bijvoorbeeld onder invloed van de geldende CO_2-prijzen.

7.2 Activiteiten en eigen energiegebruik in de energiesector

Stroomproductie binnen Vlaanderen

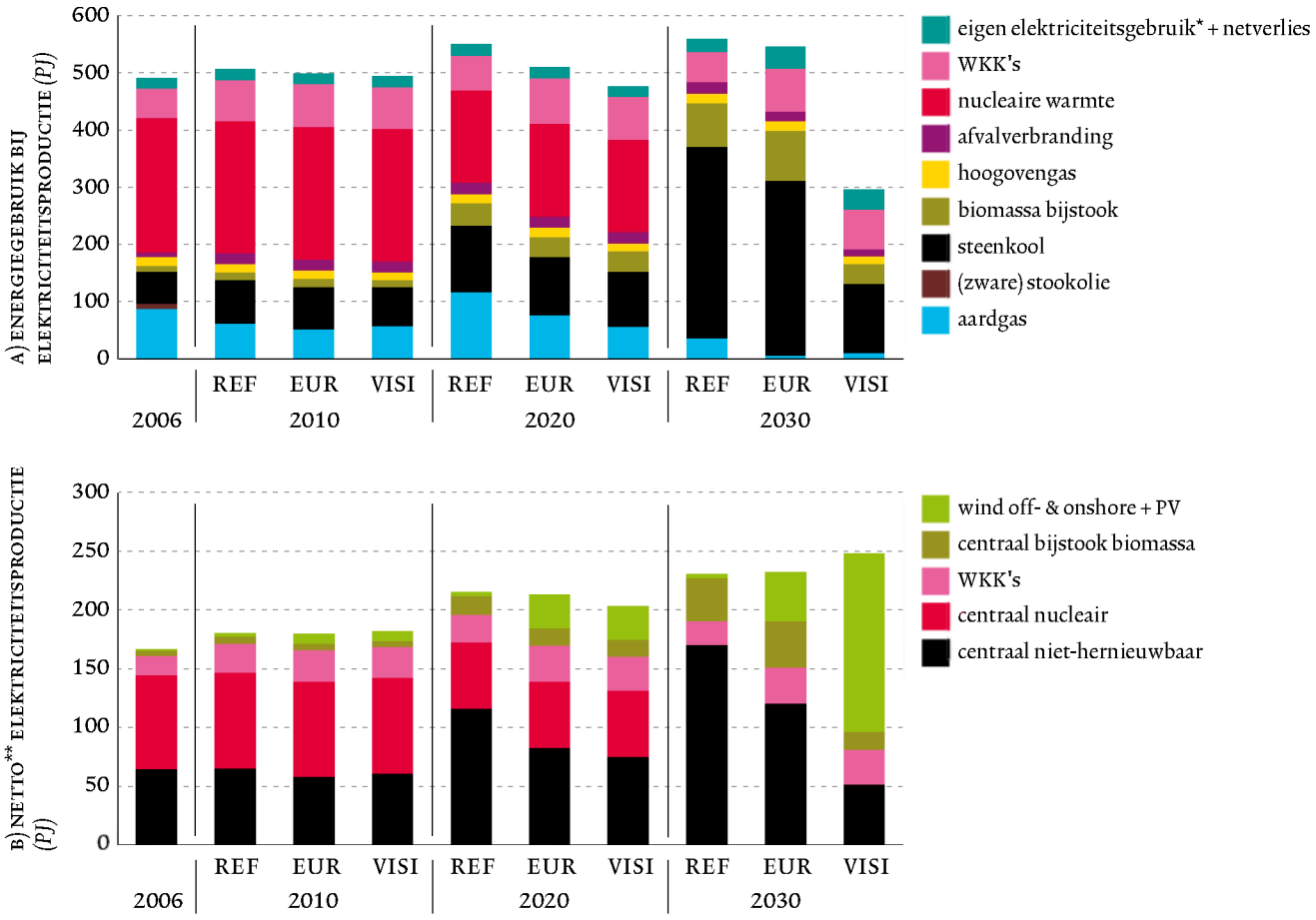
De vraag naar elektriciteit in Vlaanderen, maar ook de stroomproductie en -vraag in de andere gewesten, bepalen de productie van elektriciteit in Vlaanderen. De elektriciteitsmarkt is immers in belangrijke mate op Belgisch niveau georganiseerd. Voor Wallonië en Brussel zijn energieprognoses overgenomen uit de rapportering aan de Europese Commissie in het kader van het CAFE-programma (zie Hoofdstuk 9 Luchtkwaliteit). De elektriciteitsvraag is er gelijk in het REF- en in het EUR-scenario. In het VISI-scenario speelt de eerder aangehaalde prijselasticiteit in op de vraag. Gebaseerd op de vooruitzichten van de Europese Commissie voor België werd de import van elektriciteit uit de buurlanden voor alle scenario's constant gehouden op 25 PJ (Capros *et al.*, 2008). Tot en met 2020 loopt de som van de elektriciteitsproductie in België en de import perfect gelijk met de elektriciteitsvraag in België. Vanaf 2025 ligt de stroomproductie in het VISI-scenario wat hoger dan de eigenlijke vraag in België. Redenen daarvoor zijn de blijvende inzet van certificaten en het aangenomen, sterk groeiende technische potentieel voor groene stroomproductie. Vlaanderen/België wordt bij dergelijke hoge inzet van groene stroom een netto exporteur (bijna 35 PJ in 2025, bijna 60 PJ in 2030) van elektriciteit. Om aan de piekvraag te kunnen voldoen, blijft echter de inzet van centrales op fossiele energiebronnen noodzakelijk, samen met de optie om tijdelijk elektriciteit te importeren.

De vraag naar elektriciteit verschilt sterk tussen winter en zomer, tussen dag en nacht, en tussen werkdag en weekend. De modellering houdt met deze schommelingen rekening: op ieder moment moeten vraag en aanbod[2] van elektriciteit in evenwicht zijn. Daarbij is vooral de piekvraag van belang voor het dimensioneren van de productiecapaciteit.

FIGUUR 7.1A toont het gebruik van primaire energie dat nodig is voor de productie van elektriciteit in Vlaanderen. Naast de inzet van kernenergie (48 %), gebeurde de productie van elektriciteit in 2006 voornamelijk door inzet van aardgas in grote centrales (bijvoorbeeld STEG's; 18 %) en in WKK's (10 %). Steenkool (12 %) en bijstook van biomassa in steenkoolcentrales (2 %) werden in veel mindere mate ingezet.

De elektriciteitsproductie van de nucleaire centrales zet men voornamelijk in om te kunnen voldoen aan de basislast van de elektriciteitsvraag. Zeker in scenario's met hogere CO_2-prijzen zijn ze de 'goedkoopste' technologie voor de productie van elektriciteit. Voor zover de nucleaire centrales overeenkomstig de kernuitstap nog operationeel zijn, zetten de drie scenario's ze dan ook op de maximale capaciteit in. Bij het sluiten van de nucleaire centrales zet het MKM Klimaat voornamelijk in op nieuwe superkritische kolencentrales met een hoog elektrisch rendement. Op deze centrales kan de CCS-technologie worden toegepast vanaf 2022 in het EUR- en het VISI-scenario. Ook de kolencentrales zijn typische basislast-centrales, die vanuit

FIG. 7.1 *Energiegebruik voor de productie en distributie van elektriciteit* (A) *en netto stroomproductie* (B) *in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



* inclusief de stroom nodig voor captatie en transport van CO_2 via CCS

** = bruto elektriciteitsproductie in Vlaanderen - eigen gebruik elektriciteitsproducenten - netverliezen
Deze netto productie is inclusief de (veelal decentrale) stroomproductie in huishoudens, handel & diensten, landbouw, industrie en andere deelsectoren van de energiesector.

het criterium van kostenefficiëntie te verkiezen zijn boven andere typen centrales. Evenredig met de stijging in het gebruik van steenkool, stijgt ook het gebruik van de biomassa-bijstook. Onder invloed van de GSC en de opgelegde CO_2-prijs zet het model in alle scenario's in op biomassa-bijstook, ongeveer tot aan het technische maximum. In het VISI-scenario is de inzet van kolencentrales kleiner dan bij het REF- en het EUR-scenario, en hiermee ook de bijstook van biomassa. Het VISI-scenario vult de basisvraag naar elektriciteit voor een groot gedeelte in met offshore windenergie.

Aardgascentrales (STEG's) zijn noodzakelijk voor het invullen van de pieklast in de vraag. Deze typische piekcentrales kennen een korte opstart, maar de brandstofkost is hoger. Ook voor de nieuwe STEG-centrales voorziet men dat deze vanaf 2022 kunnen uitgerust worden met de CCS-technologie. Maar in tegenstelling tot bij de kolencentrales blijkt de inzet van die CCS-techniek op gascentrales enkel kostenefficiënt in het VISI-scenario.

De inzet van WKK's neemt in alle scenario's toe, zij het wat nadrukkelijker in het EUR- en in het VISI-scenario. Hoewel in 2006 de WKK's nog volop draaiden op aardgas (91 %), en slechts in mindere mate op biomassa (vast, vloeibaar en gas; 5 %), neemt het belang van biomassa als brandstof voor die WKK's in alle scenario's in de toekomst toe tot boven de 20 %. De investeringen in WKK's op aardgas nemen nog wat toe tot 2015, maar zakken daarna duidelijk terug. Oude WKK's worden na 2015 uit dienst genomen, en investeringen in nieuwe WKK's blijven uit door de vrij hoge investeringskost, de stijgende brandstofprijzen en de dalende certificatenwaarde.

Het onderste deel van FIGUUR 7.1 toont de netto stroomproductie in Vlaanderen. Terwijl de productie van groene stroom met zonnepanelen (PV) en windturbines (on- & offshore) beperkt blijft in het REF-scenario, stijgen deze vormen van elektriciteitsproductie sterk in het EUR- en zeker in het VISI-scenario. De voornaamste oorzaken zijn de hogere potentiëlen gehanteerd in deze twee scenario's, maar ook de inzet van GSC. De stijgende CO_2-prijs doorheen de scenario's vormt voor de bijstook van biomassa in kolencentrales en voor investeringen in offshore windenergie geen noodzakelijke extra stimulans. De certificaten maken deze technologieën al 'kostenefficiënt'. Met deze certificaten heeft de Vlaamse overheid met andere woorden een sterk instrument in handen om het aandeel van groene stroom in Vlaanderen sterk op te trekken, los van de prijsevolutie op de internationale CO_2-markt. Voor investeringen in PV-cellen zijn de stijgende CO_2-prijzen wel een extra stimulans.

'Centrale productie' is de aanmaak van stroom in enkele erg grote installaties, van waaruit grote hoeveelheden stroom op het net gezet worden. Het belang van die centrale productie, eerst vooral met kernbrandstof en nadien vooral met kolen en in mindere mate aardgas, neemt in de EUR- en VISI-scenario's gaandeweg af: van 89 % in 2006 naar 69 % (in het EUR-scenario) en 27 % (in het VISI-scenario) in 2030. De vaak meer kleinschalige decentrale productie door middel van WKK's, windturbines of PV-cellen vlakbij de gebruiker wint in die scenario's duidelijk aan belang. Onder het REF-scenario blijft het belang van de centrale productie schommelen rond het peil van 2006.

Het Regeerakkoord van de Vlaamse Regering 2004-2009 stelde als doelstelling voorop dat tegen 2010 WKK's met inbegrip van de al bestaande STEG-centrales 19 % van de elektriciteitsleveringen moeten opwekken[3]. Al in 2006 vullen WKK's en bestaande STEG's 18 % van de stroomproductie in. In 2010 benaderen de drie scenario's het doel van 19 %. Maar daarna loopt het aandeel van WKK-installaties in de stroomproductie weer terug (zie hoger).

De rol van groene stroom

De doorbraak van groene stroom betekent voor Vlaanderen en België een belangrijke vooruitgang in de zelfvoorzieningsgraad voor elektriciteit, maar kan zeker ook de milieudruk gerelateerd aan stroomproductie en -gebruik sterk terugdringen. Daarom toetst deze paragraaf de mogelijkheden en beperkingen van groene stroom verder af.

FIGUUR 7.2 toont het aandeel van de in Vlaanderen geproduceerde groene stroom ten opzichte van het totale Vlaamse *bruto elektriciteitsgebruik* (BEG). Het BEG valt samen met het geheel van de bruto elektriciteitsproductie in Vlaanderen en de ingevoerde elektriciteit, verminderd met de eigen uitvoer van elektriciteit. Ook het eigen stroomgebruik van de elektriciteitssector en de netverliezen zitten dus mee vervat in de definitie van het BEG. De Vlaamse overheid[4] streeft ernaar om 6 % van het BEG te betrekken uit hernieuwbare energiebronnen tegen 2010. Vanuit Europa kreeg België voor 2020 een aandeel van 13 % hernieuwbare bronnen in het *bruto eindgebruik van energie* opgelegd. Die doelstelling is nog niet verder verdeeld naar de drie gewesten, en is ook nog niet opgesplitst tussen de drie onderdelen: groene stroom, groene warmte/koeling en biobrandstoffen. Daarom neemt FIGUUR 7.2 de doelstelling voor 2020 wat betreft groene stroom louter indicatief over.

Het REF-scenario haalt de doelstellingen van 6 % in 2010 en 13 % in 2020 niet. In het EUR- en het VISI-scenario loopt de productie van groene stroom gelijk tot in 2020. Beide voldoen in 2010 aan de 6 % en in 2020 aan de indicatieve 13 % doelstelling. In 2025 en 2030 stijgt het aandeel van groene stroom zeer sterk in het VISI-scenario.

In het REF-scenario valt op dat doorheen de jaren sterk wordt ingezet op de productie van elektriciteit uit vaste biomassa: tot 39,3 PJ in 2030 (FIGUUR 7.3). De verhoogde aannamen voor het technische potentieel van wind en zon komen duidelijk tot uiting in de resultaten voor het EUR- en het VISI-scenario. De productie van elektriciteit met windturbines op zee[5] stijgt in het EUR-scenario tegen 2030 tot meer dan 26 PJ, in het VISI-scenario tot 117 PJ of 47 % van de totale netto elektriciteitsproductie. Daarmee komt Vlaanderen tegen 2030 in de buurt van het doel dat in Denemarken naar voor wordt geschoven voor 2020: het aandeel van windenergie optrekken naar 50 %. Momenteel ligt het aandeel van windenergie in de elektriciteitsvoorziening van Denemarken al op circa 20 %. Ook het aandeel van stroom uit PV-cellen stijgt zeer sterk in het VISI-scenario: tot meer dan 25 PJ in 2030.

In 2030 wordt in het geheel van de Belgische territoriale wateren en de Belgische exclusieve economische zone in totaal 44 PJ (in het EUR-scenario) à 195 PJ (in het VISI-scenario) uit windenergie op zee opgewekt. De hoeveelheid stroom uit windturbines op land (onshore) in Vlaanderen is begroot op 9 à 10 PJ tegen 2030, in zowel het EUR- als het VISI-scenario. Ook al neemt de productie van stroom uit windenergie daarmee grote proporties aan, het is zeker niet onmogelijk. Zo toont een recent rapport van het Europees Milieu Agentschap (EMA) voor België een nog veel groter technisch potentieel voor offshore windenergie van 774 PJ tegen 2030 (EEA, 2009). Voor onshore windenergie in België geeft datzelfde rapport een 'concurrentieel'[6] potentieel aan van 43 PJ in 2020, en zelfs 1 530 PJ tegen 2030.

Een ander EMA-rapport maakt een aftoetsing van de in deze Milieuverkenning 2030 begrote inzet van biomassa mogelijk (EEA, 2008). Om de mogelijke inzet van biomassa te bepalen, houdt dit EMA-rapport rekening met de concurrentie tussen stroomproductie, warmteproductie en biobrandstoffen voor transport. Het vrijwaart ook de landoppervlakten nodig voor voedselproductie. Zo berekende EMA dat de meest

FIG. 7.2 *Aandeel van geproduceerde groene stroom ten opzichte van het bruto stroomgebruik in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

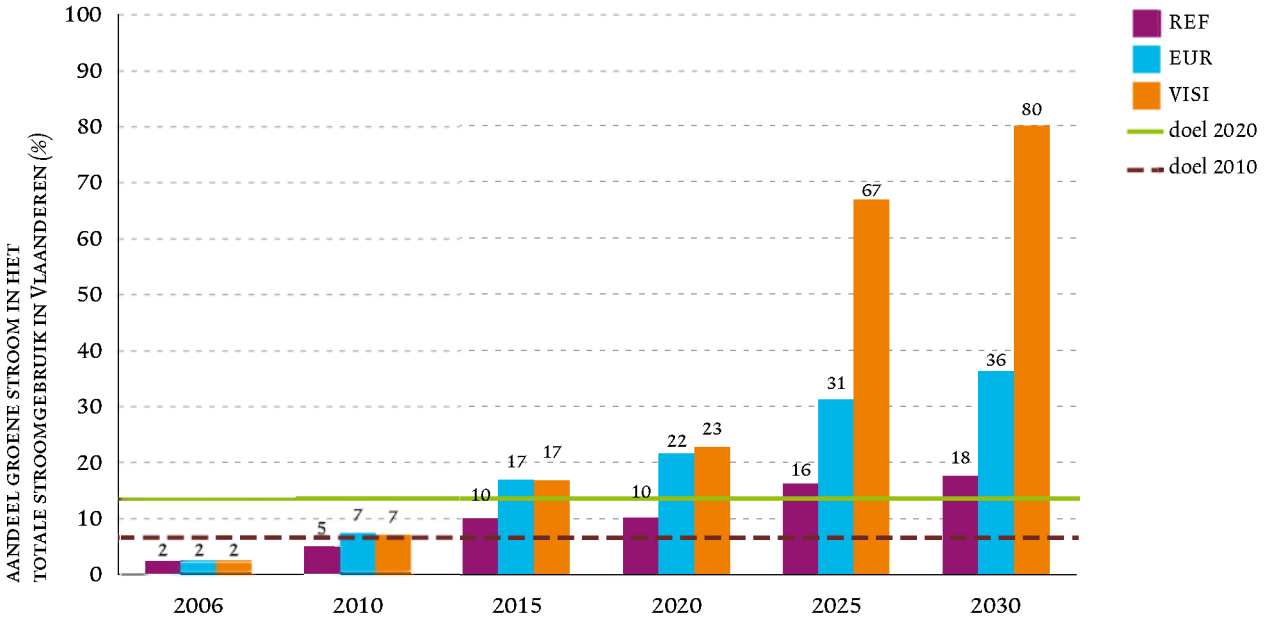
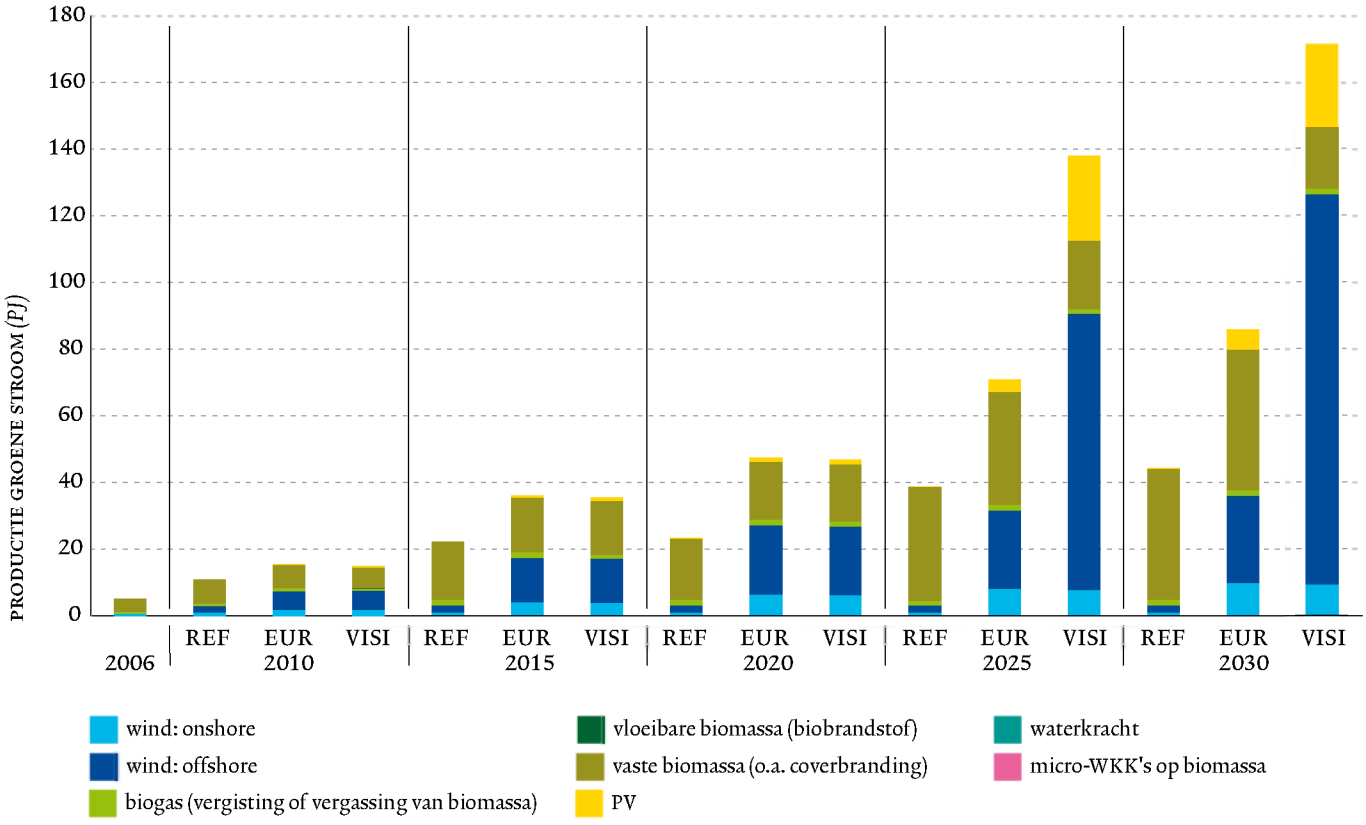


FIG. 7.3 *Detail van de productie van groene stroom in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



kostenefficiënte inzet van het eigen Europese biomassapotentieel uitkomt op een aandeel van 18 % voor verwarming, 12,5 % voor elektriciteitsproductie en 5,4 % voor biologische transportbrandstoffen tegen 2030. Ook bleek dat zowel economisch gezien als voor de bestrijding van de klimaatverandering, het beter is om voorrang te geven aan bio-energie voor de opwekking van elektriciteit en warmte (vooral met behulp van WKK-installaties), in plaats van biomassa aan te wenden als transportbrandstof. Voor de analyse per lidstaat liet het EMA-rapport geen invoer van biomassa toe, in tegenstelling tot het uitgangspunt dat de Milieuverkenning 2030 hanteert. De EMA-analyse heeft ook geen rekening gehouden met een kernuitstap. Maar ondanks deze beperkingen kwam EMA voor België toch nog uit op een groenestroomproductie, afkomstig uit louter eigen 'Belgische' biomassa, van 14 tot 25 PJ in 2030. De resultaten uit de Milieuverkenning 2030 tonen aan dat, indien 1) biomassa-import wordt toegelaten, 2) de GSC worden gehanteerd en 3) de kernuitstap wordt doorgevoerd, de productie van elektriciteit uit biomassa in Vlaanderen nog hoger komt te liggen: op 41 PJ in het REF-, 44 PJ in het EUR- en 20,3 PJ in het VISI-scenario in 2030. De lagere inzet van biomassa onder het VISI-scenario is gelinkt aan de vraagreductie en de sterk verhoogde inzet van offshore wind en PV. Daardoor daalt de centrale productie waar biomassa in de vorm van bijstook een belangrijke rol speelt in het REF- en het EUR-scenario.

De ruimtelijke implicaties verbonden aan de inzet van PV-cellen en on-/offshore windturbines tegen 2030 blijven in de drie scenario's binnen de perken:

- In het EUR-scenario moet ieder gezin tegen 2030 over 6 m² *zonnepanelen* beschikken, in het VISI-scenario loopt dit op naar 26 m². In de praktijk worden ook heel wat PV-cellen geïnstalleerd op kantoorgebouwen, bedrijfshallen, commerciële ruimten enzovoort. Dit betekent dat de werkelijk te installeren oppervlakte PV-cellen per woning minder is dan 6 respectievelijk 26 m².
- Zowel in het EUR- als het VISI-scenario volstaan gemiddeld twee windmolens van elk 2 MW_e per gemeente om de benodigde hoeveelheid stroom uit *onshore wind* op te wekken. In de praktijk worden windmolens geconcentreerd in preferentiële gebieden (havengebied, industriezone, langs een grote verkeersas ...) en in functie van de windsnelheden.
- Voor *wind op zee* blijft zeker het EUR-scenario nog binnen de perken: twaalf windmolenparken[7] zijn nodig, terwijl medio 2009 al voor zeven zulke parken concrete plannen bestaan en vier parken zelfs al een domeinconcessie gekregen hebben. De 54 parken van het VISI-scenario betekenen wel degelijk een grote uitdaging, zowel op het gebied van financiering en netstabiliteit als van verzoening met andere activiteiten op zee (scheepvaartroutes, zand- en grindwinning, visserij, recreatie ...) en natuurbeheer/-bescherming. Om de integratie van grote hoeveelheden offshore windenergie op het elektriciteitsnet mogelijk te maken, acht de CREG het in ieder geval aangewezen dat België inpikt bij de studies en de besprekingen in Europees verband over de eventuele aanleg van een supergrid[8] op gelijkstroom in de Noordzee (CREG, 2009).

In de Milieuverkenning 2030 is de inzet van de diverse technieken om stroom te produceren – inclusief stroomproductie uit hernieuwbare energiebronnen – onderling afgewogen op basis van kostenefficiëntie. Die afweging naar kosten gebeurde vanuit het standpunt van de stroomproducent. De inzet van GSC verlaagt de netto productiekost van hernieuwbare energie voor de producent, waarbij de eindgebruikers van elektriciteit in functie tot hun verbruik de kostprijs voor de certificaten dragen. Om een idee te krijgen van de mogelijke impact van GSC en gegarandeerde minimumprijzen op de energiefactuur van een gemiddeld gezin in Vlaanderen, werd de kostprijs daarvan per gezin berekend. De inzet van certificaten voor PV, onshore wind, offshore wind, biomassa enzovoort, betekent een kostprijs per gemiddeld gezin van circa 32 euro, in zowel het EUR- als het VISI-scenario in 2010. Tegen 2020 loopt dit per gezin op tot 77 euro in het EUR-scenario en 81 euro in het VISI-scenario, en tegen 2030 tot respectievelijk 106 en 243 euro per gezin. Deze bedragen – die zeker niet verwaarloosbaar zijn – zijn van dezelfde grootteorde als het verschil in stroomprijs dat de gezinnen in de periode tussen 2006 en 2008 ondervonden als gevolg van de

Effect van de nieuwe regelgeving voor groenestroomcertificaten

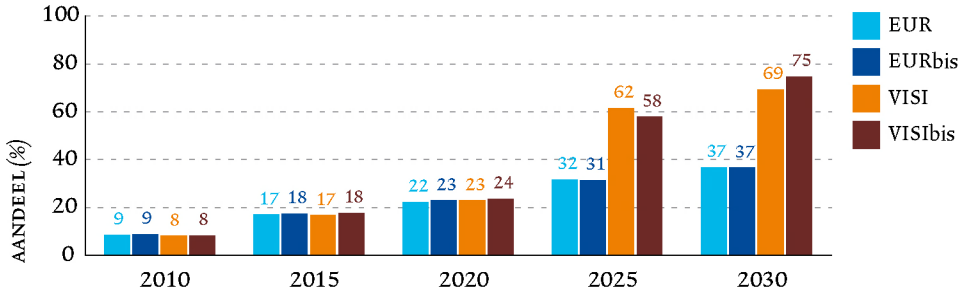
In 2009 keurde het Vlaams Parlement een wijziging van het Elektriciteitsdecreet goed en wijzigde de Vlaamse Regering haar besluit rond de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen. Daardoor wijzigt de minimumsteun voor diverse vormen van hernieuwbare stroomproductie: onder andere een graduele daling voor de steun aan PV en een iets hogere vergoeding voor onshore windturbines. Ook telt voortaan de bijstook van biomassa in kolencentrales nog maar voor de helft mee in de certificatenregelgeving. Deze wijzigingen waren niet te voorzien op het moment dat het gros van de scenarioberekeningen voor de Milieuverkenning 2030 werden uitgevoerd. Niettemin heeft men in een afzonderlijke doorrekening van het EUR-scenario (EURbis) en het VISI-scenario (VISIbis) begroot welk effect de gewijzigde prijzen voor groenestroomcertificaten (GSC) hebben op de stroomproductie in Vlaanderen. Het voornaamste verschil tussen de scenario's EUR/VISI enerzijds en EURbis/VISIbis anderzijds, situeert zich in het gebruik van steenkool en aardgas voor stroomproductie. De gehalveerde certificaatwaarde voor bijstook in kolencentrales doet de investeringen in nieuwe kolencentrales afnemen, en verhoogt de inzet van centrales op aardgas. Het verschil tussen EUR/VISI en EURbis/VISIbis in het gebruik van biomassa blijft in alle zichtjaren beperkt, en komt vaak zelfs iets hoger uit in de bis-scenario's. Inzet van biomassa blijft ook bij de nieuwe certificaatprijzen nog steeds een kostenefficiënte manier van elektriciteitsproductie. Dat is het geval zowel voor bijstook in kolencentrales als voor centrales die op 100 % biomassa werken. Sterk gedaalde gewaarborgde certificaatwaarden voor PV-installaties zorgen niet voor een verschil tussen EUR en EURbis, maar wel voor een sterke onderbenutting van het aanwezige PV-potentieel onder VISIbis in de periode tussen 2025 en 2030. Terwijl in die periode in het VISI-scenario jaarlijks ruim 25 PJ aan elektriciteit geproduceerd wordt met PV-cellen, is dit slechts 1 PJ bij VISIbis. Tegen 2030 vangt een verhoogde inzet van offshore windturbines dit echter ruimschoots op. Onderstaande figuur brengt de (beperkte) verschillen in beeld voor het aandeel van groene stroom in de totale netto stroomproductie in Vlaanderen.

Inmiddels beschikt Vlaanderen ook over een specifieke GSC-doelstelling voor 2020. Tegen dan moeten elektriciteitsleveranciers voor 13 % van de geleverde elektriciteit GSC's kunnen voorleggen. Om deze doelstelling te toetsen, wordt de productie van elektriciteit in offshore windparken niet meegerekend. Daarnaast zijn leveringen aan grootverbruikers van elektriciteit gedeeltelijk vrijgesteld. Hiermee rekening houdend, komt de gemodelleerde groenestroomproductie (exclusief offshore wind) uitgezet tegen de certificaatplichtige leveringen uit op een aandeel van 17,6 % in het EUR- en 18,0 % in het VISI-scenario in 2020. De aangepaste certificatenregelgeving van 2009 stelt deze aandelen voor 2020 naar beneden bij tot 14,4 % in het EURbis- en 14,7 % in het VISIbis-scenario. Maar beide halen nog steeds de GSC-doelstelling van 13 %.

Ook de gemiddelde kostprijs per gezin voor de inzet van GSC's zal door de gewijzigde certificatenregelgeving 4 à 20 euro per jaar lager uitkomen. In de periode tussen 2020 en 2030 neemt in het EURbis- de kostprijs per gezin en per jaar toe van 73 tot 86 euro, en in het VISIbis-scenario van 75 tot 233 euro. In de scenario's EUR en EURbis blijft de ruimtelijke impact voor inzet van PV-cellen en windturbines gelijk. Tussen VISI en VISIbis is er wel een belangrijk verschil, dat alleen maar te wijten is aan de eerder aangehaalde shift van PV naar offshore wind na 2020. Daar waar in het VISI-scenario op iedere gezinswoning tegen 2030 nog tot 26 m² zonnepanelen moeten geplaatst worden, is dit in het VISIbis-scenario beperkt tot 1 m². Daarnaast voorziet het VISI-scenario nog in een toename van het aantal offshore windmolenparken van 10 in 2020 naar 54 in 2030. In VISIbis loopt dit verder op van 10 in 2020 naar 66 in 2030. Dat betekent nog een grotere uitdaging op het vlak van financiering, netstabiliteit, verzoening met andere activiteiten op zee, natuurbeheer en -bescherming. Het aantal onshore windturbines per gemeente blijft in de scenario's EURbis en VISIbis tegen 2030 wel gelijk op twee.

De gewijzigde certificatenregelgeving heeft ook een gevolg voor de uitstoot van broeikasgassen. Een vergelijking tussen EUR en EURbis leert dat in 2025 en 2030 de emissies voor stroomproductie in het EURbis-scenario respectievelijk 16 % en 3 % hoger liggen dan in het EUR-scenario. Dit is te verklaren door de hogere inzet van aardgas (zonder ondergrondse CO_2-opslag) en de daling in steenkoolgebruik (waarvoor ondergrondse CO_2-opslag wel al kostenefficiënt blijkt in die periode). Tussen VISI en VISIbis is er nauwelijks een verschil in de broeikasgasemissies, omdat daar CCS zowel voor kolen- als gascentrales wordt ingezet onder impuls van de hogere CO_2-prijs.

Aandeel groene stroom in de totale netto stroomproductie bij verschillende scenario's (Vlaanderen, 2010-2030)



stijgende prijzen van fossiele energiebronnen op de internationale energiemarkten. Het Marktrapport 2008 van de VREG geeft aan dat een gemiddeld gezin eind 2008 ongeveer 150 euro extra uitgaf op jaarbasis aan elektriciteit, vergeleken met begin 2006 (VREG, 2009). De certificaatprijzen omvatten niet alle meerkosten om dergelijke hoeveelheden groene stroom op te wekken en op het net te zetten (bijvoorbeeld de kosten van de netaanpassingen zitten er niet in vervat). Toch kan men stellen dat deze kostprijzen te verantwoorden zijn. Tegen 2020 en zeker tegen 2030 leveren de hernieuwbare energiebronnen immers een belangrijke bijdrage in de totale stroomproductie binnen Vlaanderen. Hun aandeel in de productiemix van elektriciteit zou oplopen naar 22 à 23 % in 2020 en naar 37 à 69 % in 2030, respectievelijk in het EUR en het VISI-scenario.

Raffinage van ruwe aardolie

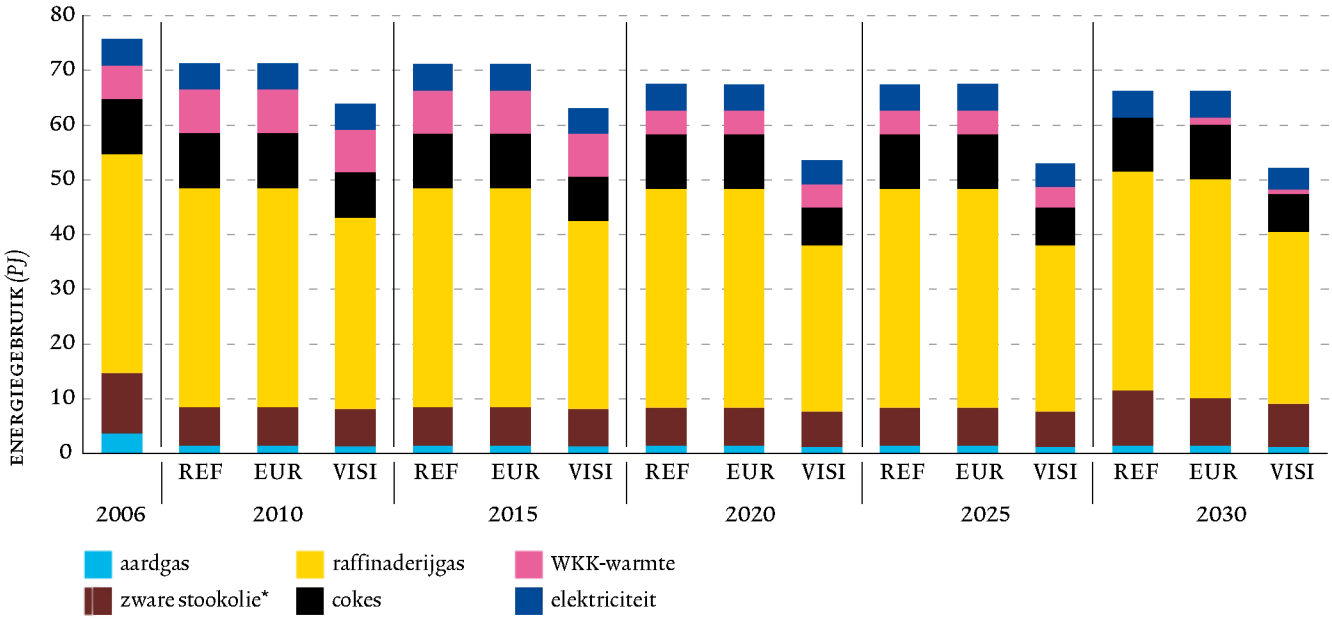
De productie van geraffineerde aardoliederivaten in de Vlaamse raffinaderijen wordt slechts gedeeltelijk bepaald door de vraag naar aardolieproducten binnen Vlaanderen zelf. Voor de Milieuverkenning 2030 volgt de productie in de raffinaderijen dan ook niet de vraag naar aardolieproducten in de andere sectoren. Voor de raffinaderijen veronderstellen de REF- en EUR-scenario's dat de productie tot 2030 *constant* blijft op het niveau van 2006. Analoog aan de deelsectoren van industrie (zie Hoofdstuk 4) zorgt de *elastische vraag in het VISI-scenario* voor een daling in de productiehoeveelheid. De productie ligt in de periode tussen 2010 en 2015 gemiddeld 14 % lager dan in het REF- en EUR-scenario, en tussen 2020 en 2030 gemiddeld 19 %.

Wel houden de doorrekeningen voor de raffinaderijen rekening met de *brandstofkarakteristieken* die de verschillende scenario's van de andere sectoren hanteren. Zo vereist een lager zwavelgehalte in de eindproducten vaak een hoger energiegebruik in de raffinaderijen, noodzakelijk voor een verdere ontzwaveling van de raffinageproducten en voor zwavelterugwinning[9]. Ook het zwavelgehalte van de ruwe olie die als startpunt voor de raffinageprocessen wordt gebruikt, is meestal van doorslaggevend belang bij de inschatting van het eigen energiegebruik. De Vlaamse raffinaderijen gebruiken nu al relatief zware ruwe aardolie met een hogere zwavelinhoud. Uit overleg met de sector blijkt dat het aandeel zware ruwe aardolie nog zal toenemen.

Tussen 2006 en 2010 daalt het energiegebruik van deze deelsector (FIGUUR 7.4). Deze daling is te wijten aan de geplande en intussen gerealiseerde investering in een WKK bij één van de vier Vlaamse raffinaderijen. Daarmee wordt het gebruik van zware stookolie in die raffinaderij gereduceerd tot bijna nul. De WKK gebruikt aardgas, maar dit verbruik wordt analoog aan de WKK's bij andere (deel)sectoren ondergebracht bij de deelsector elektriciteitsproductie.

In het REF-scenario valt de inzet van *WKK's* bij raffinaderijen volledig weg tegen 2030. Na hun technische levensduur van 20 jaar worden de WKK-installaties uit dienst genomen. Omwille van de gedaalde certificaatwaarde investeert dit scenario

FIG. 7.4 *Energiegebruik van de deelsector raffinaderijen in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



* inclusief kleine hoeveelheden gewone stookolie en nafta

daarna niet opnieuw in WKK-turbines. Onder invloed van de hogere CO_2-prijs voeren de EUR- en VISI-scenario's wel nog in beperkte mate investeringen door in nieuwe WKK's.

Verder zorgen onder andere geavanceerde katalysatoren voor katalytische kraking[10] (vanaf 2015) en de vervanging van destillatieprocessen door een gecontroleerde thermische kraking (vanaf 2020) voor verdere energiebesparingen. Vooral het reductiepotentieel van deze laatste technologie schat men hoog in: 15 % energiebesparing ten opzichte van bestaande destillatieprocessen bij gelijke kosten.

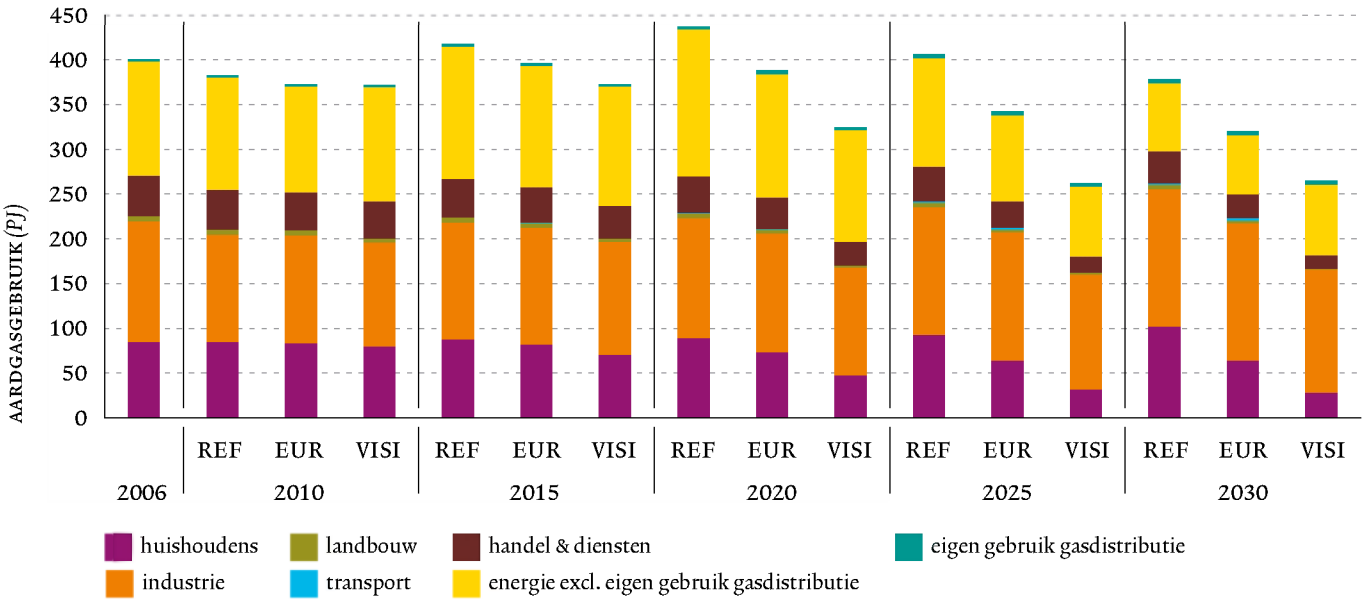
Opslag, transport en distributie van aardgas

De opslag en de distributie van aardgas zijn afgestemd op het totale aardgasgebruik in Vlaanderen. FIGUUR 7.5 toont dit aardgasgebruik voor alle sectoren samen. Na een lichte daling van het gasgebruik in het REF-scenario voor 2010, stijgt dit opnieuw tot in 2020. Vanaf 2025 dalen de aardgasgebruiken opnieuw in het REF-scenario. In het EUR-scenario ligt het aardgasgebruik al vanaf 2010 lager dan in 2006, om na 2020 nog sterker te dalen. In het VISI-scenario daalt het gebruik al in 2020 sterk, om in 2025 op een aardgasgebruik uit te komen dat nog slechts 65 % bedraagt van het gebruik in 2006. De sterkste dalingen zijn terug te vinden bij de elektriciteitsproductie, de huishoudens en de sector handel & diensten (zie ook Hoofdstukken 3 tot 6).

Het eigen energiegebruik bij de opslag en de distributie van aardgas betreft vooral:

- het aandrijven van compressoren om de nodige druk op de aardgasleidingen te zetten;
- de verliezen bij herstelling en onderhoud van het distributienet en de continue lekverliezen van aardgas doorheen de leidingen.

FIG. 7.5 *Aardgasgebruik in Vlaanderen en eigen gebruik van de aardgasdistributie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (2006-2030)*



Het aantal aansluitingspunten en de lengte van de transport- en distributienetten zijn hierbij de meest bepalende factoren. Beide factoren zijn functie van het gasgebruik van de andere sectoren. Het eigen energiegebruik, dat nagenoeg uitsluitend aardgas betreft, neemt stelselmatig toe in de drie scenario's: van 2,4 PJ in 2006 naar 4,6 PJ in 2030 in het REF- en het EUR-scenario, en naar 4,0 PJ in het VISI-scenario.

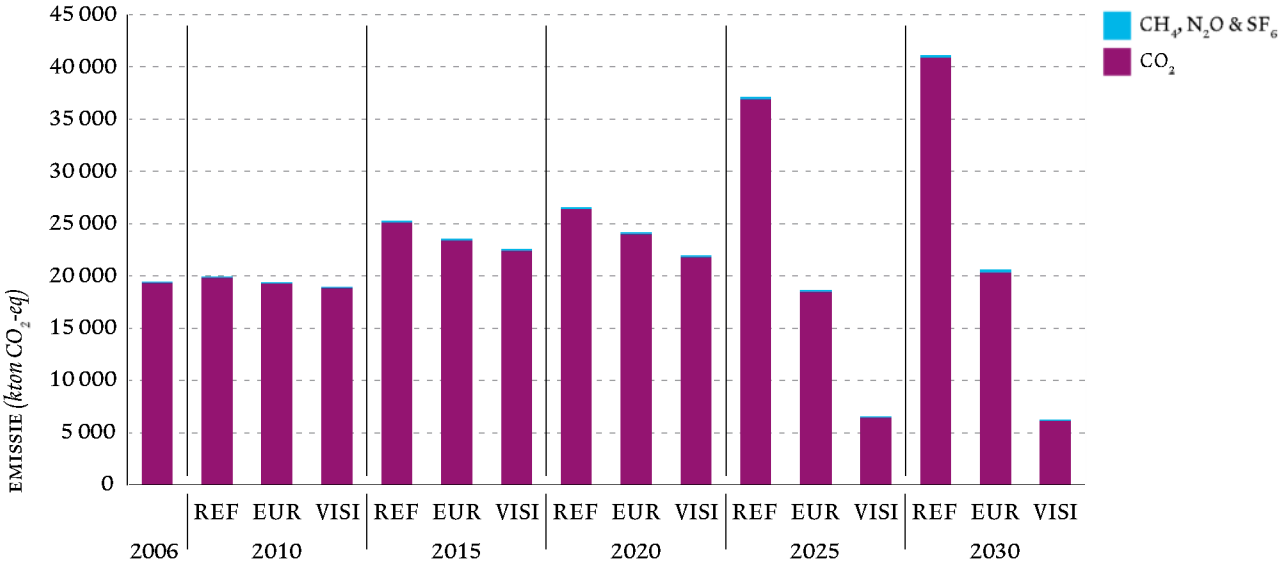
7.3 Emissie van broeikasgassen

Elektriciteitsproductie

De broeikasgasuitstoot bij de productie van elektriciteit bestaat nagenoeg volledig uit emissies van koolstofdioxide of CO_2 (FIGUUR 7.6). In 2015 stijgt de broeikasgasemissie bij de productie van elektriciteit aanzienlijk door de inzet van een nieuwe steenkoolcentrale. Dit is een rechtstreeks gevolg van de graduele sluiting van kerncentrales tussen 2015 en 2025. In het REF-scenario zet deze evolutie zich nadien nog verder door wegens grote investeringen in nieuwe superkritische kolencentrales. Het gebruik van kolen verdrievoudigt er tussen 2020 en 2030 (van 57 PJ in 2006 naar 116 PJ in 2020 en 334 PJ in 2030), met een sterke stijging van de CO_2-uitstoot tot gevolg.

In het EUR-scenario ligt de elektriciteitsproductie in Vlaanderen in 2015 en 2020 op een gelijk niveau als in het REF-scenario. Nochtans zijn de broeikasgasemissies gemiddeld 2,5 Mton CO_2-eq lager. Oorzaak hiervoor is de hogere inzet van

FIG. 7.6 *Emissie van broeikasgassen door de productie, transmissie en distributie van elektriciteit in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



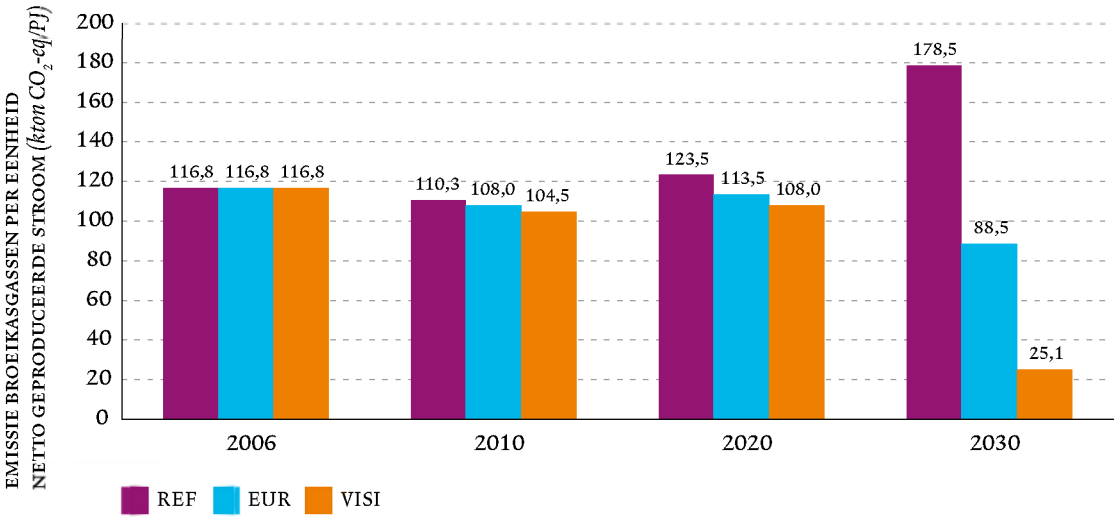
hernieuwbare energiebronnen. In 2025 en 2030 is er een zeer sterke terugval in de broeikasgasemissies, ook al ligt de inzet van steenkool hier op bijna hetzelfde niveau als bij het REF-scenario. Het grote verschil is de inzet van de CCS-technologie op de nieuwe superkritische kolencentrales die vanaf 2025 operationeel zijn: jaarlijks wordt er zo 17 à 18 Mton CO_2 gecapteerd in het EUR-scenario.

In het VISI-scenario liggen zowel de vraag naar als de productie van elektriciteit in de periode tussen 2015 en 2020 lager dan in de andere twee scenario's. Dat verklaart de lagere broeikasgasuitstoot in die periode. Daarnaast is de inzet van windturbines op zee en PV-cellen beduidend hoger begroot dan bij het EUR-scenario tussen 2025 en 2030. En dat is dan ook aan de broeikasgasemissies te merken. Het gebruik van steenkool tussen 2025 en 2030 blijft beperkt tot ongeveer 120 PJ, wat ruim onder het niveau is in het REF- en in het EUR-scenario. Ook de inzet van aardgas valt in het VISI-scenario sterk terug, maar blijft voldoende om aan de piekvraag naar elektriciteit te kunnen voldoen. Onder invloed van de hogere CO_2-prijs zet dit scenario de CCS-techniek niet enkel in op de nieuwe superkritische kolencentrales vanaf 2025, maar ook op gascentrales (STEG's) en de al vanaf 2015[11] geïnstalleerde steenkoolcentrales. De jaarlijks gecapteerde hoeveelheid ligt echter iets lager (namelijk op 15 Mton) dan in het EUR-scenario, omdat het VISI-scenario iets minder in nieuwe kolencentrales investeert.

Het verloop in FIGUUR 7.6 wordt niet enkel bepaald door de ingezette technieken, maar ook door de verschillende hoeveelheid elektriciteit die in ieder scenario wordt geproduceerd. Door de broeikasgasemissies uit te drukken per geproduceerde hoeveelheid stroom, krijgt men een nog duidelijker beeld op het effect van de verschillende productietechnieken (FIGUUR 7.7).

Opvallend in het REF-scenario is de sterke stijging tussen 2020 en 2030, te wijten aan de inzet van nieuwe superkritische kolencentrales door de volledige sluiting

FIG. 7.7 *Emissie van broeikasgassen per eenheid netto geproduceerde stroom in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



van het nucleaire park en het ontbreken van de CCS-mogelijkheid. Ondanks de sterke toename in absolute CO_2-emissies in het REF-scenario tussen 2010 en 2015, stijgt de verhouding van broeikasgassen per eenheid stroom minder. Oorzaak hiervan is de investering in een nieuwe kolencentrale, maar met een aanzienlijke hoeveelheid bijstook van biomassa die CO_2-neutraal is. In het EUR- en het VISI-scenario is de verhouding tussen de emissies en de netto stroomproductie voor alle zichtjaren lager dan in 2006. Voornaamste redenen hiervoor zijn de stijgende inzet van hernieuwbare energiebronnen en vanaf 2025 de keuze voor toepassing van CCS.

Raffinaderijen

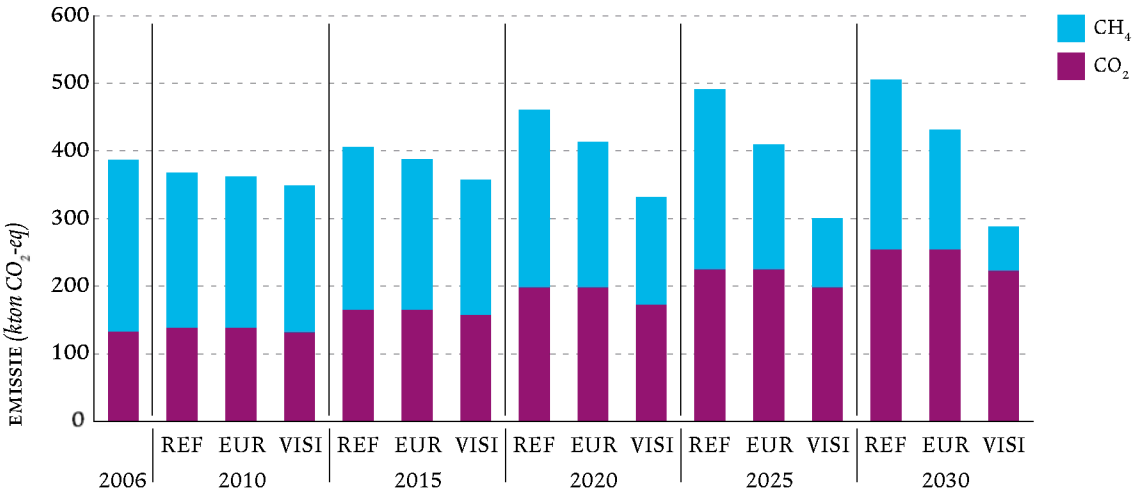
De daling in energiegebruik (FIGUUR 7.4) tussen 2006 en 2010 is nauwelijks te merken in de evolutie van broeikasgasemissies. Dit komt doordat de gebruikte emissiefactoren voor de verschillende brandstoffen voor 2006 (bedrijfsspecifieke[12] factoren) en de daarop volgende jaren (gemiddelde factoren voor deze deelsector) verschillen. In de periode tussen 2010 en 2030 vertoont het verloop van de broeikasgasuitstoot door de raffinaderijen wel een verloop gelijkaardig aan dat van hun energiegebruik.

Opslag en distributie van aardgas

Gasdistributie veroorzaakt emissies van koolstofdioxide (CO_2) en methaan (CH_4):

- Het energiegebruik in de compressie- en decompressiestations veroorzaakt CO_2-emissies.
- CH_4-emissies komen vrij als aardgaslekken, vooral bij het gebruik van gietijzeren aardgasleidingen.

FIG. 7.8 *Broeikasgasemissies bij opslag en distributie van aardgas in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Het gebruik van gietijzeren leidingen neemt al een tijd jaarlijks af, aangezien deze stelselmatig vervangen worden door de veel minder doorlatende kunststofleidingen. De historische trend is overgenomen in de modelberekeningen, wat leidt tot een bijna volledige vervanging van gietijzeren leidingen tegen 2010. Een aantal leidingen van zeer grote diameter (40-50 cm) kan niet vervangen worden door kunststofleidingen.

Het vervangen van de gietijzeren leidingen zorgt tussen 2006 en 2010 nog voor een terugval in de uitstoot van CH_4, het voornaamste bestanddeel van aardgas (FIGUUR 7.8). Na 2010 sluit het verloop van de CH_4-emissies aan bij de aardgasgebruiken in Vlaanderen.

Zowel het REF- als het EUR-scenario gaat uit van een verdere uitbreiding van het aardgasdistributienetwerk, met een toename van het aantal compressie- en decompressiestations tot gevolg. Daardoor neemt ook de uitstoot van CO_2 toe bij de aardgasdistributie. In het VISI-scenario blijft de toename in CO_2-emissies beperkt door een lager aardgasgebruik in de andere sectoren.

7.4 Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof

Deze Milieuverkenning bespreekt de emissie van andere stoffen naar de lucht per milieuthema waaraan die stoffen bijdragen. Concreet gaat het om de emissie van:

- verzurende stoffen: stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO_2) en ammoniak (NH_3);
- ozonprecursoren: niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS), NO_x, methaan (CH_4) en koolstofmonoxide (CO);
- fijn stof: totaal stof, PM10 (deeltjes met diameter <10 µm) en PM2,5 (deeltjes met diameter <2,5 µm).

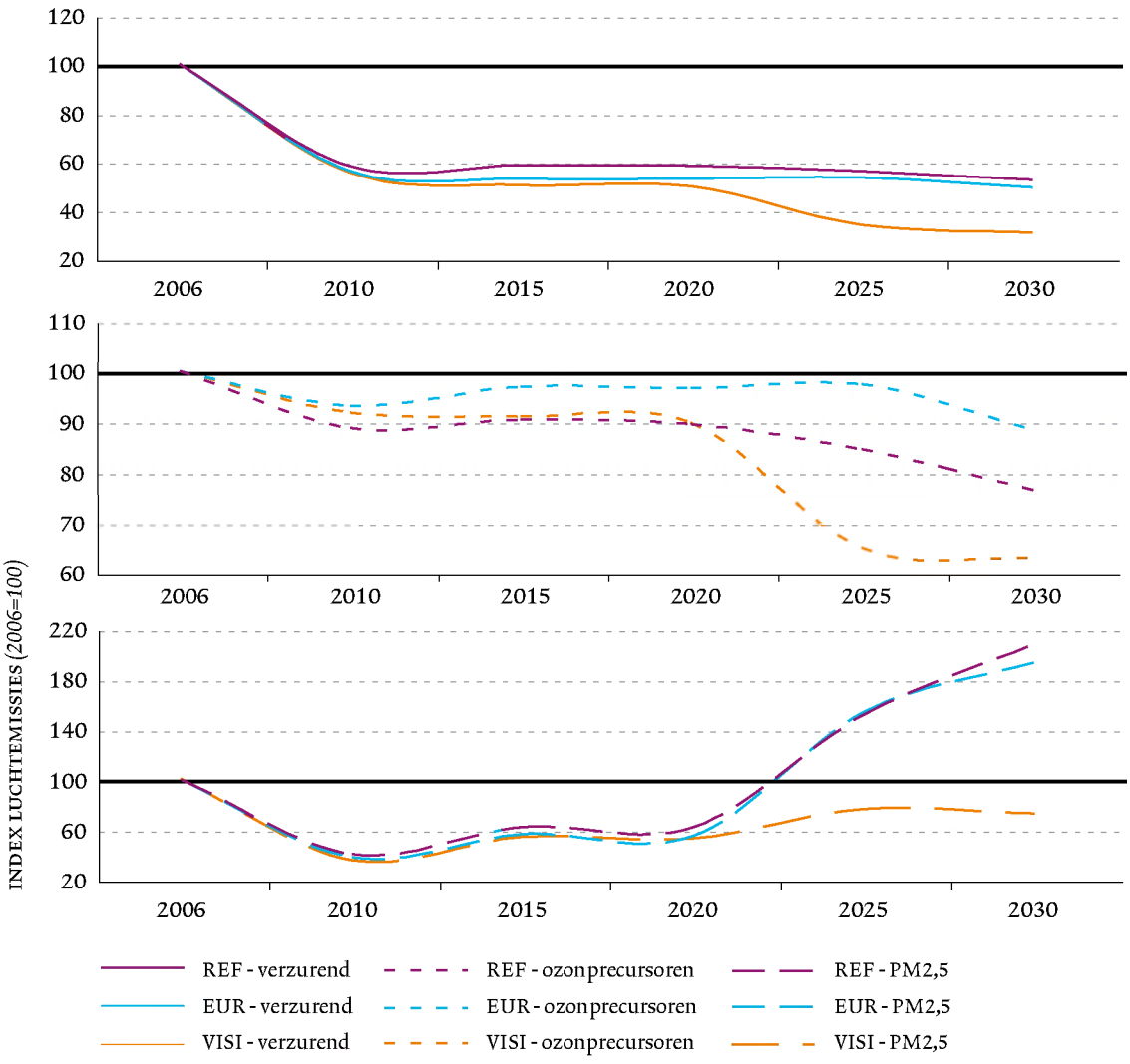
Elektriciteitsproductie

In alle scenario's dalen de emissies van verzurende stoffen en ozonprecursoren (FIGUUR 7.9). Redenen daarvoor zijn de keuze van de inzet van de verschillende centrales en brandstoffen, en de gehanteerde plafonds[13] voor emissies van NO_x en SO_2. De uitstoot van NH_3 bij elektriciteitsproductie is verwaarloosbaar. In 2006 is SO_2 nog de belangrijkste component in de uitstoot van verzurende stoffen. Maar vanaf 2010 neemt NO_x duidelijk de bovenhand in de drie scenario's met aandelen in de verzurende emissies:

- van 65 % in 2010 en 61 % in 2030 in het REF-scenario;
- van 70 % in 2010 naar 76 % in 2030 in het EUR-scenario;
- van 70 % in 2010 naar 86 % in 2030 in het VISI-scenario.

Het verschil tussen het REF-scenario enerzijds en het EUR- en het VISI-scenario anderzijds wordt vooral beïnvloed door de inzet van de CCS-techniek[14] bij EUR en VISI vanaf 2025. Die techniek zorgt immers ook voor een verdere reductie van de SO_2-

FIG. 7.9 *Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof door elektriciteitsproductie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



emissie. De NO_x-emissies zijn in belangrijke mate afkomstig uit WKK-installaties. De inzet van WKK's heeft dan ook een grote invloed op de totale uitstoot van NO_x bij de productie van elektriciteit in Vlaanderen. Zo loopt het aandeel van NO_x afkomstig van WKK's in de NO_x-uitstoot voor elektriciteitsproductie op tot 50 à 70 % na 2010 in het EUR- en het VISI-scenario. Enkel weinig kostenefficiënte nageschakelde technieken kunnen de NO_x-uitstoot bij het inzetten van WKK's terugdringen.

De bijdrage van de elektriciteitsproductie aan de ozonproblematiek wordt quasi volledig bepaald door de uitstoot van NO_x. Het aandeel van NO_x in de uitstoot van ozonprecusoren is voor alle zichtjaren en in alle scenario's groter dan 95 %. Zoals hiervoor aangehaald speelt de inzet van WKK's een belangrijke rol in het verloop van NO_x-uitstoot, naast een aanscherping van de emissieplafonds.

Voor de stofemissies is er een opvallende stijging na 2020, vooral in het REF- en EUR-scenario. De oorzaak ligt bij de keuze voor de inzet van kolencentrales bij een verdere uitfasering van de kerncentrales. Voor de kleinste en meest schadelijke stofdeeltjes volstaan de verregaande ontstoffing en ontzwaveling in de nieuwe kolencentrales niet om het effect van verhoogd steenkoolgebruik bij elektriciteitsproductie op te vangen. De opmerkelijk lagere uitstoot van stof (maar ook van diverse andere polluenten) in het VISI-scenario in de periode tussen 2025 en 2030, is vooral een gevolg van de doorgedreven inzet van hernieuwbare energiebronnen. De inzet van nageschakelde CCS heeft op zich geen wezenlijk effect op de stofemissies.

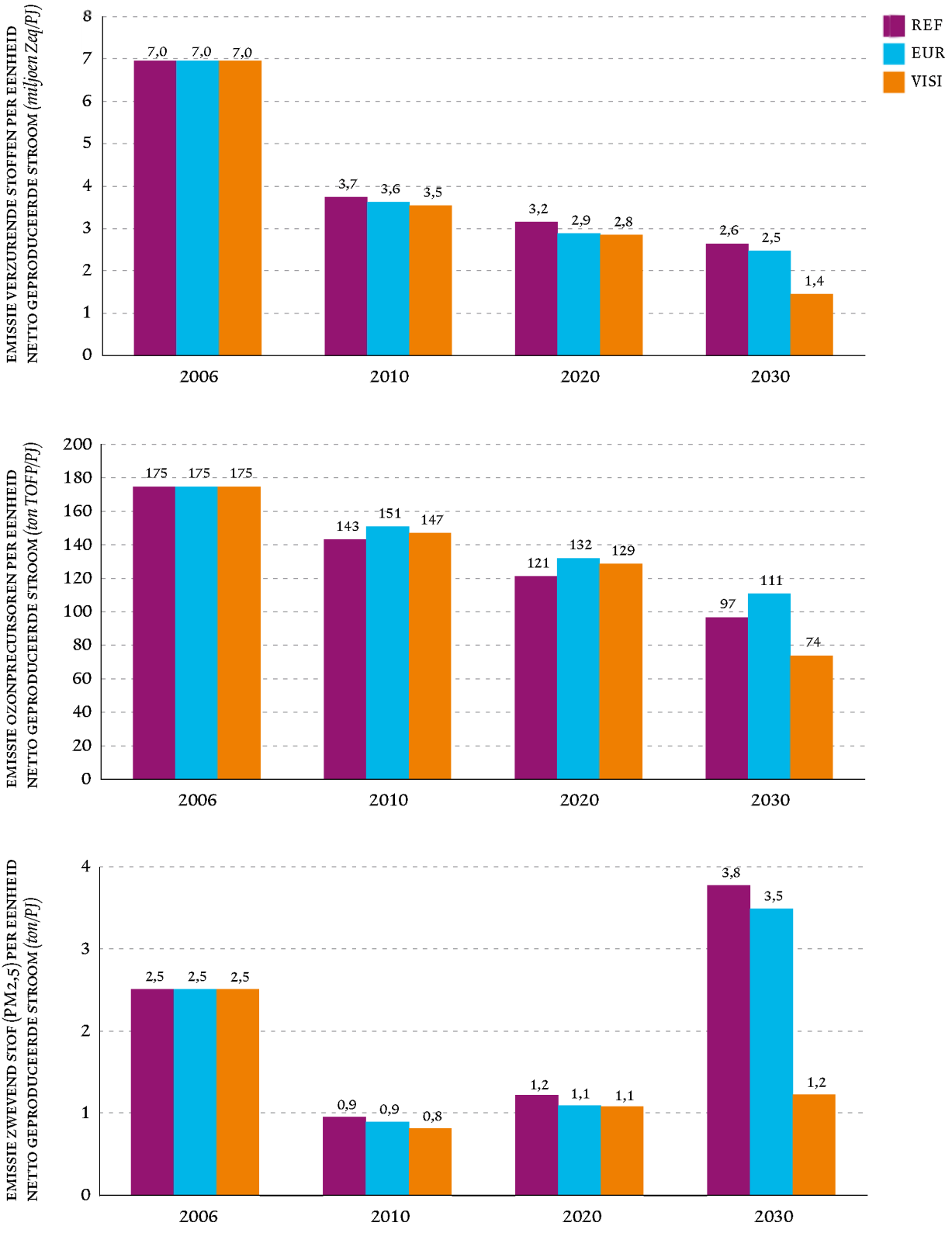
De hoeveelheid elektriciteit geproduceerd in Vlaanderen verschilt van scenario tot scenario. De totale emissies voor elektriciteitsproductie worden hier natuurlijk rechtstreeks door beïnvloed. Door de uitstoot van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof uit te drukken per eenheid netto[15] opgewekte elektriciteit in Vlaanderen, komt de impact van de samenstelling van het productiepark nog meer naar voren. FIGUUR 7.10 geeft duidelijk aan dat de luchtverontreinigende emissies per eenheid stroom geproduceerd en allicht ook verbruikt in Vlaanderen:

- met een derde of zelfs nog veel meer teruglopen in de drie scenario's ten opzichte van het basisjaar 2006, en dit voor alle zichtjaren van de periode tussen 2010 en 2030.
- in het EUR-scenario vaak lager liggen dan in het REF-scenario. Maar dat enkel het VISI-scenario tegen 2030 echt beter scoort dan het REF-scenario in gelijke zichtjaren.
- systematisch verder afnemen in de tijd bij alle scenario's. Uitzondering is hier de emissie van stof, die opnieuw toeneemt vanaf 2020, vooral door de verhoogde inzet van steenkoolcentrales (al dan niet met CCS).

Raffinaderijen

De emissies van verzurende stoffen, ozonprecursoren en zwevend stof van de raffinaderijen vertonen niet dezelfde evolutie als het energiegebruik en/of de broeikasgasemissies. Dit heeft vooral te maken met het feit dat de emissies van NO_x en SO_2 van de raffinaderijen, in tegenstelling tot deze van CO_2, ook voor een deel afkomstig zijn uit chemische processen en dus niet louter uit verbrandingsprocessen. De NO_x-

FIG. 7.10 *Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof per eenheid netto geproduceerde stroom in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



en SO_2-emissies van raffinaderijen worden gereglementeerd door het bubbelconcept. Daarbij hebben de NO_x- en SO_2-emissiegrenswaarden betrekking op de hele raffinaderij, en omvatten dus zowel stook- als procesinstallaties.

De SO_2-emissie vertoont een aanzienlijke daling tussen 2006 en 2010 als gevolg van een uitgesproken overschakeling van zware stookolie (S-rijk) op gas (S-vrij). De maatregelen die getroffen zijn om te voldoen aan de emissiegrenswaarden, hebben een gelijkaardig effect op de stofemissies. Na 2015 nemen de emissies van de meeste parameters weer toe. Belangrijkste reden hiervoor is dat de bestaande en nieuwe WKK's een levensduur van 20 jaar hebben en bijgevolg uit dienst worden genomen vanaf 2025 (of vroeger voor de bestaande). Die WKK's worden dan niet vervangen door nieuwe WKK's, omdat zo'n ingreep dan geen kostenoptimale oplossing meer is, maar wel door gewone ketels.

Ondanks een constant gehouden productie in het REF- en in het EUR-scenario, toont FIGUUR 7.11 een sterke daling van alle emissies in de periode tussen 2006 en 2010. Daarna nemen de emissies weer behoorlijk toe, maar blijven ze tot 2030 duidelijk onder het vertrekniveau in 2006. Het EUR-scenario weet zich enkel in de periode na 2025 te onderscheiden van het REF-scenario. Mede door het effect van de prijselasticiteit op het productieniveau liggen de emissies in het VISI-scenario in alle zichtjaren en voor alle stofgroepen duidelijk onder die van de andere twee scenario's.

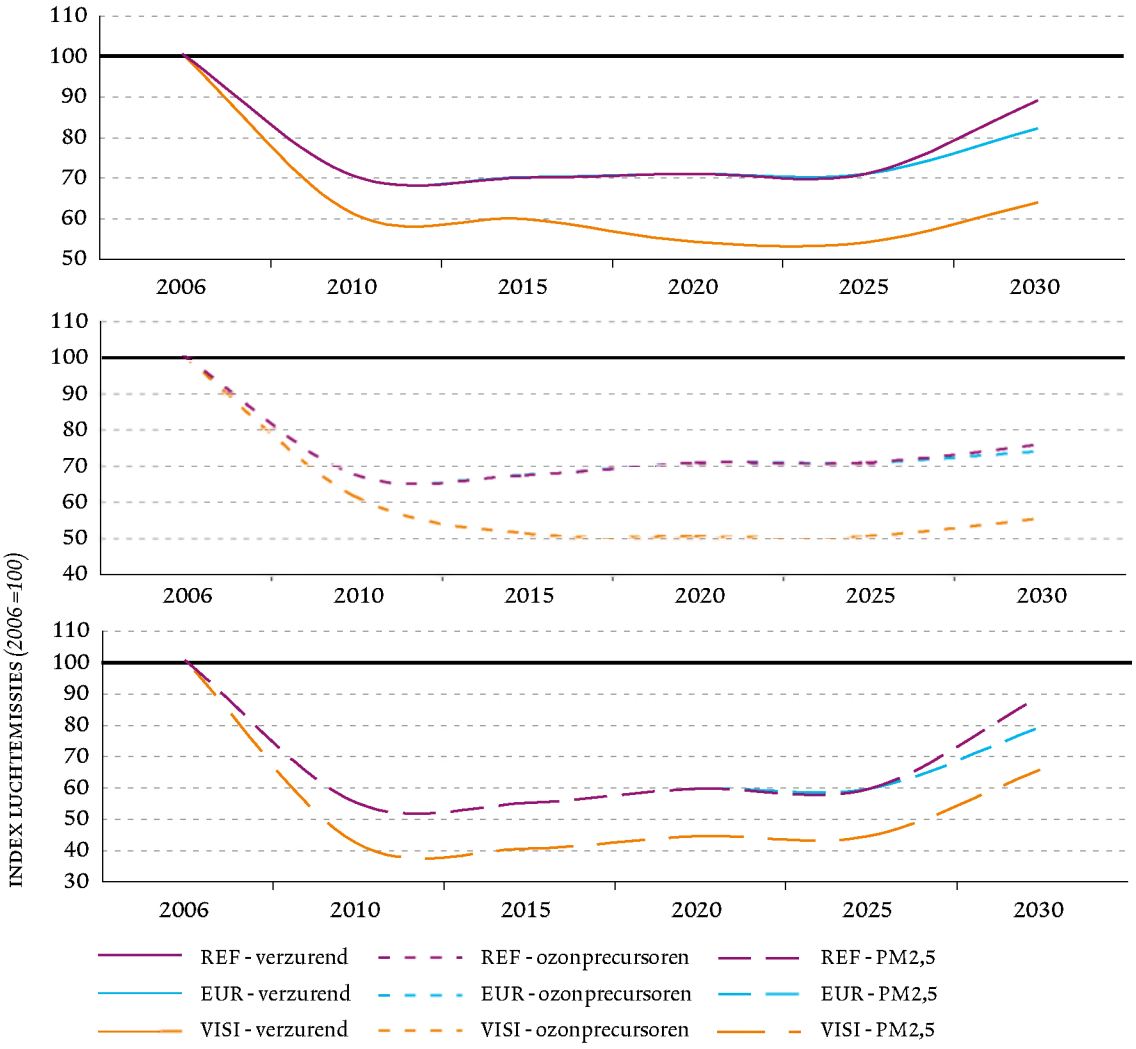
Opslag en distributie van aardgas

Wat de opslag en distributie van aardgas betreft, zijn enkel de emissies van CH_4, NMVOS en NO_x niet verwaarloosbaar ten opzichte van het totaal van de energiesector. De uitstoot van CH_4 werd al besproken bij de broeikasgassen.

De NMVOS-emissies nemen onder het REF-scenario nog licht toe met 6 % tussen 2006 en 2030. Maar in het EUR- en VISI-scenario dalen ze met respectievelijk 31 % en 67 %. De oorzaak is het gewijzigde aardgasgebruik in de andere sectoren. Ook het aandeel van deze deelsector in de totale NMVOS-emissies van de energiesector neemt er door af, van 26 % in 2006 naar 22 % (in het EUR-scenario) en 15 % (in het VISI-scenario) in 2030.

De evolutie van de NO_x-uitstoot wordt vooral bepaald door het energiegebruik in de compressie- en decompressiestations (waarvoor de scenario's geen verstrenging van de emissiegrenswaarden voorzien). Deze emissies verdubbelen tegen 2030 in de drie scenario's. Het aandeel van deze deelsector in de totale NO_x-uitstoot van de energiesector neemt daardoor toe van 2 % in 2006 naar circa 7 % in 2030.

FIG. 7.11 *Emissie van verzurende stoffen, ozonprecursoren en fijn stof door de raffinaderijen in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



7.5 Kostprijsvergelijking tussen scenario's

Drie kostenposten

Het gehanteerde model laat toe de kosten van het REF-, EUR- en VISI-scenario relatief ten opzichte van elkaar te vergelijken, waarbij de jaarlijkse *systeemkost* van het REF-scenario in 2010 werd gelijkgesteld aan 100 %. In die systeemkost zijn vervat:

- de verdisconteerde jaarlijkse investeringskosten (dit is de meerkost ten opzichte van het standaard aanwezige alternatief);
- de jaarlijkse operationele kosten/besparingen van maatregelen voor broeikasgasreducties en energiebesparingen;
- de jaarlijkse brandstofkosten.

De systeemkost is echter niet de volledige kost om een productie draaiende te houden. Zo zit bijvoorbeeld bij raffinaderijen de kost voor aankoop van de grondstof (ruwe aardolie) niet vervat in de systeemkost.

De kosten van broeikasgasemissies, te wijten aan de opgelegde *CO_2-kostprijs* van de scenario's, worden afzonderlijk weergegeven in de grafieken. Die CO_2-kost is te beschouwen als een opportuniteitskost: de kost van een economische keuze, uitgedrukt in termen van de beste 'gemiste kans'. Deze is gelijk aan de CO_2-prijs vermenigvuldigd met de resterende CO_2-uitstoot van de sector in kwestie, na inzet van reductietechnieken tot op het moment dat de kost voor een bijkomende emissiereductie gelijk is aan de marktprijs voor CO_2. Hoe hoger de resterende broeikasgasuitstoot, hoe hoger de opportuniteitskost oploopt. De kosten van het implementeren van emissiereducerende maatregelen zitten echter al vervat in de gerapporteerde systeemkost.

Het REF- en het EUR-scenario veronderstellen dat de vraag naar producten en het activiteitsniveau niet veranderen onder invloed van de kostenverhogingen die het gevolg zijn van het klimaatbeleid. Voor het VISI-scenario gaat men echter uit van een elastische vraag, waarbij de vraag naar producten en dus ook naar energie afneemt als de prijs ervan stijgt (zie hoger). Een lagere vraag leidt tot een lagere systeemkost: lagere technologie- en brandstofkosten omdat de productie aanzienlijk lager ligt. Er is in dat geval wel sprake van een opgelopen *welvaartsverlies*, te beschouwen als gederfde inkomsten.

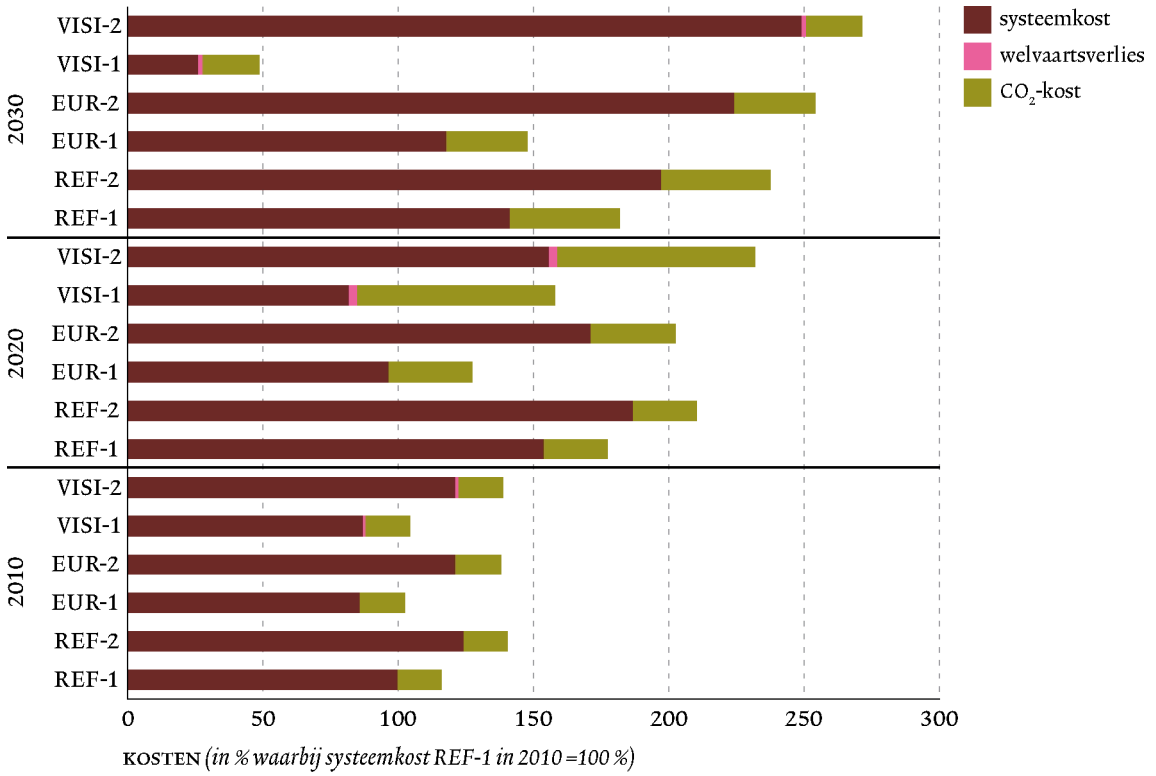
Hieronder worden de relatieve kosten voor de drie scenario's besproken voor de elektriciteitsproductie en de raffinaderijen. De kosten verbonden aan de opslag en distributie van aardgas zijn niet opgenomen in het MKM Klimaat, maar liggen enkele grootteorden lager.

Elektriciteitsproductie

Voor de elektriciteitssector is er een onderscheid gemaakt tussen de jaarlijkse kosten inclusief en exclusief de opbrengst uit WKK- en groenestroomcertificaten (FIGUUR 7.12). De certificaten zorgen ervoor dat de sector – investeerders in installaties voor stroomproductie – aankijkt tegen een lagere netto kost voor de productie van stroom in WKK-installaties of uit hernieuwbare energiebronnen. De kostprijs van de certificaten is te beschouwen als een deel van de productiekost van stroom die de stroomproducenten niet zelf dragen, maar wel de maatschappij in Vlaanderen. Ook al neemt de prijs voor de certificaten stelselmatig af, toch is in het VISI-scenario duidelijk te zien dat de jaarlijkse systeemkost sterk terugloopt, tot ver beneden het niveau van 2010. Reden daardoor is de grootschalige inzet van windturbines en PV-installaties tegen 2030. Een meer doorgedreven inzet van hernieuwbare energiebronnen zorgt ook voor een sterke afname van de CO_2-kost in de periode tussen 2020 en 2030. Eventueel welvaartsverlies onder invloed van prijselasticiteiten in het VISI-scenario blijft steeds beperkt.

Wanneer de opbrengsten uit certificaten niet in rekening gebracht worden, zien de kosten er heel anders uit. Terwijl de jaarlijkse kosten in het EUR- en het VISI-scenario daalden ten opzichte van het REF-scenario bij verrekening van de certificaatopbrengsten, blijkt zonder die opbrengsten de jaarlijkse kost toe te nemen

FIG. 7.12 *Jaarlijkse relatieve kosten van de deelsector productie, transmissie en distributie van elektriciteit in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2010-2030)*



1: opbrengst GSC- en WKK-certificaten verrekend bij de elektriciteitsproducenten
2: opbrengst GSC- en WKK-certificaten niet verrekend bij de elektriciteitsproducenten

tussen 2010 en 2030. De productie van elektriciteit in Vlaanderen ligt tot 2020 in het EUR- en het VISI-scenario iets lager dan in het REF-scenario. De totale jaarlijkse systeemkost is in deze jaren dan ook lager bij EUR en VISI. Daarna stijgt de bruto productie van elektriciteit in Vlaanderen in het EUR- en het VISI-scenario uit boven die in het REF-scenario. Die bruto productie omvat bovendien ook het extra eigen gebruik van elektriciteit voor toepassing van de CCS-techniek. De jaarlijkse kosten stijgen bijgevolg ook. Die toename is echter niet proportioneel met de stijging in de elektriciteitsproductie, als gevolg van de doorgedreven investeringen in hernieuwbare energiebronnen.

Raffinaderijen

De jaarlijkse systeemkosten van het REF- en het EUR-scenario lopen tot en met 2025 gelijk. Terwijl het energiegebruik daalt in beide scenario's, stijgen de jaarlijkse kosten door de toenemende brandstofkosten. In 2030 is de jaarlijkse kost in het EUR-scenario iets lager dan in het REF-scenario. Dit komt door de grotere investering en inzet van WKK's, waarvan de kosten bij de elektriciteitssector worden gerekend.

De CO_2-kost voor de deelsector raffinaderijen is aanzienlijk in vergelijking met de systeemkost. In het REF-scenario stijgt deze van 42 tot 53 % tussen 2010 en 2030 in vergelijking met de systeemkost in 2010 (=100 %). In het EUR- en het VISI-scenario is de CO_2-prijs vanaf 2015, en zeker vanaf 2020, nog aanzienlijk hoger dan in het REF-scenario. De jaarlijkse CO_2-kost is in het VISI-scenario vanaf 2020 zelfs hoger dan de jaarlijkse systeemkost. De kost van het welvaartsverlies door een verminderde vraag en productie in het VISI-scenario bedraagt gemiddeld 4,8 %.

7.6 Conclusies voor het beleid

Bij een uitfasering van de kerncentrales in België, staat de energiesector voor een grote uitdaging. Scenario's met een aangescherpt energie- en klimaatbeleid voor de periode tussen 2010 en 2030 geven aan dat het daarbij mogelijk is de inlandse stroomproductie verder af te stemmen op de eigen stroomvraag. Dit zonder belangrijke negatieve weerslag op milieuthema's als klimaatverandering, verzuring of de ozonproblematiek. Een noodzakelijke vereiste daarvoor is een sterk doorgedreven inzet van hernieuwbare energiebronnen (wind- en zonne-energie maar ook biomassa), op termijn aangevuld met de toepassing van CO_2-afvang en ondergrondse opslag (CCS).

Zeker voor wat de inzet van hernieuwbare energiebronnen betreft, zal het ambitieniveau dat men nastreeft, in belangrijke mate het eindresultaat bepalen. Het VISI-scenario toont aan dat groene stroom (inclusief offshore wind) kostenefficiënt kan ingezet worden tot een aandeel van circa 70 % in de totale netto stroomproductie tegen 2030. Cruciaal is dat zolang groenestroomproductie meer kost dan conventionele stroomproductie, groenestroomcertificaten en gewaarborgde minimumprijzen die meerkost overbruggen. Deze steunmechanismen worden gedragen door de maatschappij, ieder in verhouding tot diens eigen stroomgebruik. En gezien de belangrijke bijdrage die de verschillende scenario's verwachten van biomassa, dringen duurzaamheidscriteria voor de inzet van (geïmporteerde) biomassa zich op. De ingezette hoeveelheden biomassa overstijgen immers de inlandse beschikbaarheid ervan voor energiedoeleinden, en kunnen anders een bedreiging vormen voor voedselvoorziening, biodiversiteit ...

Toepassing van CCS – op grote schaal pas verwacht na 2020 – vergt vooral de tijdige uitbouw van een sluitend wettelijk kader. Dat moet aandacht schenken aan de zuiverheid van de op te slagen emissiestromen en zeker ook aan garanties en verantwoordelijkheden op langere termijn. Vanuit Europa krijgt onderzoek naar de mogelijkheden van CCS een belangrijke plaats toebedeeld, onder andere in het Zevende Kaderprogramma voor onderzoek en innovatie (KP7, 2007-2013) en in het Strategisch Energietechnologieplan (SET-plan). Ook vanuit Vlaanderen of België kan men steun aan proefprojecten overwegen, om zo te helpen om deze techniek verder op punt te stellen.

Voorts zal de overstap van een grotendeels gecentraliseerde elektriciteitsproductie (in enkele grote elektriciteitscentrales) naar een stroomproductie die gaandeweg meer decentraal gebeurt (windturbines, PV-cellen, WKK-installaties ...), belangrijke investeringen vergen. Deze investeringen zijn vooral nodig voor de aanpassing van het elektriciteitsnet en voor de tijdelijke opslag van elektrische energie op momenten van overproductie. Zulke opslag kan bijvoorbeeld gebeuren onder de vorm van waterstofgas (H_2) of in batterijen. Dit kan samen gaan met de intrede van wagens op H_2 en/of volledig elektrische wagens. Die noodzaak voor tijdelijke opslag van energie geldt des te meer voor de integratie van stroomopbrengsten uit offshore windparken, waar ook een grote uitdaging ligt voor verzoening met andere activiteiten op zee (scheepvaartroutes, zand- en grindwinning, visserij, recreatie ...) en met natuurbeheer en -bescherming. Met het oog op de bevoorradingszekerheid wordt best ook een aansluiting van het Belgische elektriciteitsnet op een toekomstig Europees supergrid in de Noordzee overwogen.

Voor de aardolieraffinaderijen geven de scenarioresultaten aan dat na 2010 nog maar beperkte emissiereducties kunnen gerealiseerd worden door aanpassing van de bestaande installaties. Enkel ingrijpende wijzigingen aan de productieprocessen – die momenteel nog nergens op industriële schaal worden toegepast – kunnen het energiegebruik van deze deelsector en de bijhorende emissies aanzienlijk verminderen. Daarnaast biedt ook de opkomst van biobrandstoffen mogelijkheden. Vooral het onderzoek naar biobrandstoffen van de tweede generatie (uit reststromen, zoals oogstresten of houtafval) of zelfs de derde generatie (bijvoorbeeld gewonnen uit algenkweek) verdient verdere ondersteuning.

Ook de emissies verbonden aan de opslag en de distributie van aardgas kunnen in de periode tussen 2010 en 2030 niet of nauwelijks teruggedrongen worden. Kostenefficiënte emissiereducties gerealiseerd bij de huishoudens en handel & diensten door de overstap van steenkool en stookolie naar aardgas, compenseren dit echter ruimschoots. Op langere termijn biedt het bijmengen van biogas misschien nog een mogelijkheid om de milieu-impact van aardgasdistributie te verlagen.

NOTEN

1 Een bubbel-emissiegrenswaarde is van toepassing op het totale debiet aan rookgasemissies binnen een bedrijf.
2 Aanbod = eigen productie + invoer - uitvoer.
3 De STEG-installaties werden in Figuur 7.1 echter ondergebracht bij de centrale elektriciteitsproductie.
4 In het Vlaams Elektriciteitsdecreet is deze doelstelling gecorrigeerd voor grootverbruikers (zie ook kaderstuk verderop). Figuur 7.2 gaat uit van de Europese definitie voor BEG, en werd bijgevolg niet gecorrigeerd voor grootverbruikers.
5 De cijfers slaan hier enkel op de fractie (60 %) van de offshore stroomopbrengst die toegewezen wordt aan Vlaanderen.
6 In de EMA-studie gedefinieerd als 'met een gemiddelde productiekost lager dan 5,5 cent/kWh'.
7 5 MW_e vermogen per turbine, die jaarlijks gemiddeld 16,7 GWh stroom oplevert. 1 windpark ≅ 60 turbines (cfr. C-Power).
8 Europees netwerk van ondergrondse en onderzeese hoogspanningsleidingen, krachtiger en langer dan de huidige bovengrondse netwerken. Zo'n netwerk zou toelaten een elektriciteitsvoorziening gebaseerd op groene stroom stabiel te krijgen door de grote afstanden te overbruggen tussen de plaatsen waar groene stroom kan geproduceerd worden, en de plaatsen waar stroom wordt gebruikt.
9 Het verwijderen van H_2S uit diverse gassen die gevormd worden tijdens het raffinageproces, alvorens die gassen als brandstof in de raffinaderij zelf gebruikt worden.
10 Het opsplitsen van de lange koolstofketens uit ruwe aardolie om zware, meer visceuze componenten om te zetten naar lichtere vloeibare of gasvormige producten. Dit kan gebeuren louter door warmtetoevoer (thermisch kraken) of ook door inzet van katalysatoren (katalytisch kraken) die het proces versnellen.
11 Er wordt van uit gegaan dat de ccs-techniek pas na 2022 beschikbaar wordt. Voor het achteraf aanpassen van bestaande centrales verrekent het MKM Klimaat een bijkomende investeringskost.
12 Deze factoren kunnen jaarlijks verschillen. Zo is bijvoorbeeld de emissiefactor voor raffinaderijgas afhankelijk van de samenstelling van dit gas. Voor de modelberekeningen (periode 2010-2030) diende echter gerekend te worden met generieke emissiefactoren, omdat de wijzigende specifieke samenstelling van jaar tot jaar onmogelijk te voorzien is.
13 De huidige MBO loopt tot eind 2009. Voor REF worden de huidige MBO-plafonds aangehouden. EUR en VISI voorzien een aanscherping van deze plafonds vanaf 2010.
14 Niet beschikbaar voor het REF-scenario en in de jaren 2006-2020.
15 Exclusief eigengebruiken binnen de elektriciteitssector en exclusief netverliezen. Er is rekening gehouden met alle vormen van elektriciteitsproductie (centrale productie, WKK's, afvalverbranding, groene stroom) in Vlaanderen, zowel binnen de energiesector zelf als daarbuiten.

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

Lodewijks P., Brouwers J., Van Hooste H. & Meynaerts E. (2009) Energie- en Klimaatscenario's voor de sectoren Energie en Industrie. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

REFERENTIES

Capros P., Mantzos L., Papandreou V. & Tasios N. (2008) Trends to 2030 - Update 2007, European Commission Directorate-General for Energy and Transport, Brussels, Belgium.

CREG (2009) Advies AR090506-043 over 'het voorstel voor een richtlijn van het Europees Parlement en de Raad ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen' gegeven met toepassing van artikel 24, § 3, 3°, van de wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt.

De Ruyck J. (2006) Maximum potentials for renewable energie, report for the 'Commissie Energie 2030'.

Devriendt N., Dooms G., Liekens J., Nijs W. & Pelkmans L. (2005) Prognoses voor hernieuwbare energie en warmtekrachtkoppeling tot 2020, VITO, 168 p.

EDORA, ODE Vlaanderen & APERe (2007) Comments on preliminary report 'Energie 2030', http://ode.be/uploads/images/CE2030_ODE_EDORA_ADVICE_final.pdf.

EDORA, ODE Vlaanderen & APERe (2008) Avis ODE-EDORA-APERE relatif au Rapport de la Commission Energie 2030, http://ode.be/uploads/images/PRJ_E2030%20ODE%20EDORA%20CommParl_080129%20FR+NL.pdf.

EEA (2008) Maximising the environmental benefits of Europe's bioenergy potential. European Environment Agency, 94 p.

EEA (2009) Europe's onshore and offshore wind energy potential up to 2030. An assessment of environmental and economic constraints. European Environment Agency, Technical report No 6/2009.

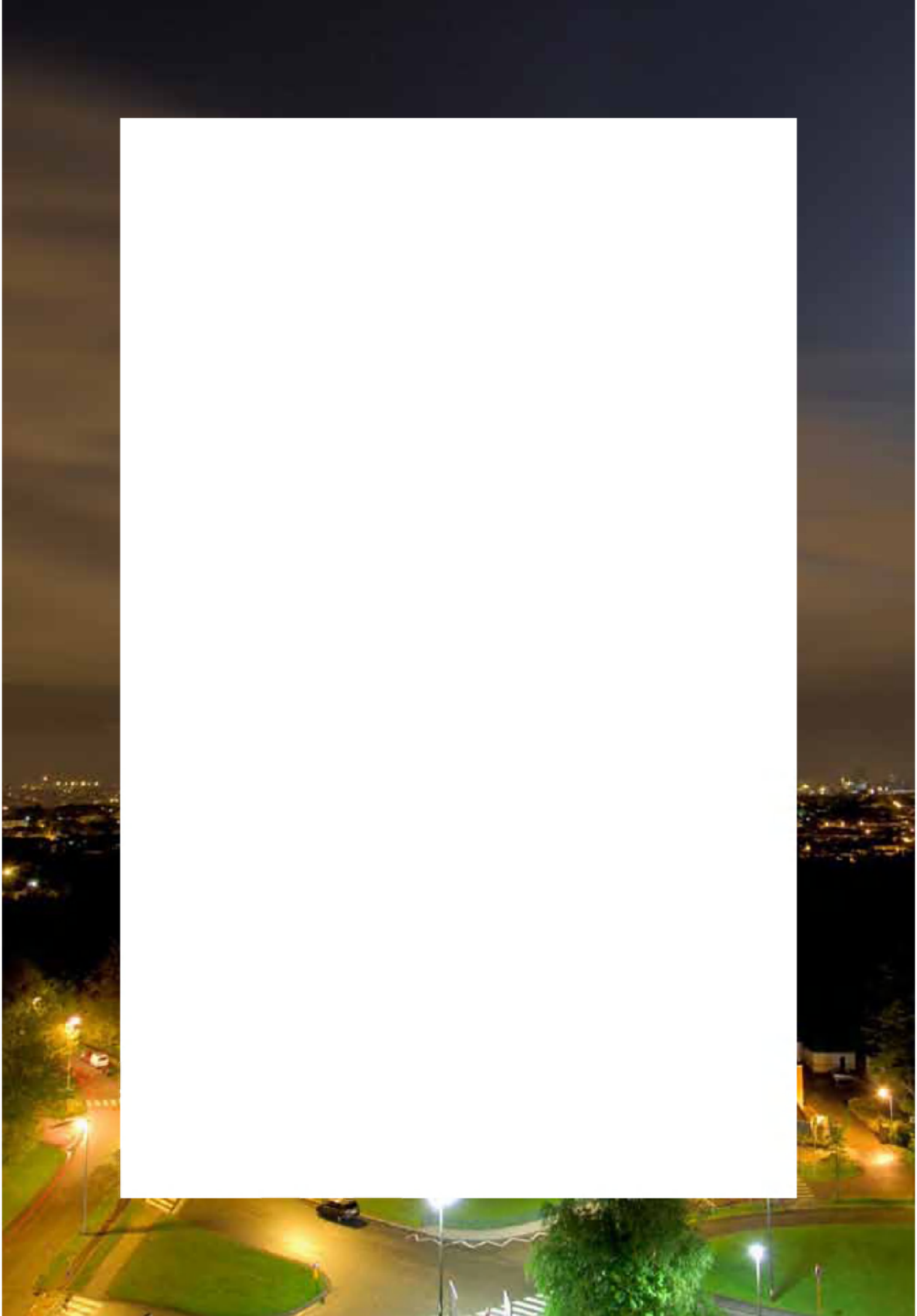
VREG (2009) Marktrapport 2008 (figuur 5 op p. 22).

LECTOREN

Wim Buelens, VEA
Donaat Cosaert, Instituut Samenleving & Technologie, Vlaams Parlement
Luk Deurinck, Belgische Petroleum Federatie
Steven Harlem, FEBEG
David Knight, Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid, Departement LNE
Sonia Lenders, Afdeling Monitoring en Studie, Departement LV
Guy Maes, Industriële Wetenschappen - Milieukunde, Hogeschool West-Vlaanderen
Sara Ochelen, **Kris Rongé**, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Departement LNE
Inneke Peersman, Nuon Belgium nv
Paul Schreurs, IWT
Jan Turf, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw
Thierry Van Craenenbroeck, VREG
Marc Van den Bosch, VOKA - Vlaams Economisch Verbond
Greet Van Eetvelde, Milieu- en Ruimtebeheer & Power-Link, UGent
Steven Vanholme, Natuurpunt vzw
Griet Verbeeck, Onderzoeksgroep Energie en Comfort, Provinciale Hogeschool Limburg
Peter Vleugels, VLM







8 Energiegebruik en broeikasgassen

Fre Maes, Johan Brouwers, MIRA-team, VMM

HOOFDLIJNEN

- De maatregelen in het visionaire scenario (VISI) zorgen voor een daling van het energiegebruik in Vlaanderen met 20,6 % in 2020 in vergelijking met het referentiescenario (REF) dat vertrekt van ongewijzigd beleid. Enkel via het VISI-scenario kan Vlaanderen aansluiting vinden bij de Europese doelstelling om de energie-efficiëntie met 20 % te verhogen. De huishoudens en de energiesector kunnen het meeste besparen.

- Tegen 2020 is het aandeel van hernieuwbare energiebronnen in het bruto eindgebruik van energie respectievelijk 8,7 en 9,2 % voor het Europa- (EUR) en het VISI-scenario. België kreeg van Europa een doelstelling van 13 % opgelegd, maar de gewesten maakten nog geen verdere afspraken over de realisatie ervan.

- De sectoren die onder de Europese Richtlijn Emissiehandel vallen (grotendeels de sectoren industrie en energieproductie), kunnen bij de verwachte CO_2-prijzen hun gezamenlijke broeikasgasuitstoot niet onder het niveau van 2006 brengen. Dit komt omdat er onvoldoende kostenefficiënte binnenlandse maatregelen voorhanden zijn. Deze sectoren kunnen wel terugvallen op het verwerven van emissierechten.

- De sectoren die niet onder de Richtlijn Emissiehandel vallen (huishoudens en het gros van handel & diensten, landbouw en transportsector) kunnen de broeikasgasemissies met 23 % (EUR-scenario) tot 32 % (VISI-scenario) terugbrengen in 2020. Europa voorziet een reductiedoelstelling voor België van 15 % ten opzichte van 2005.

- Ondanks sterke groeicijfers van hernieuwbare energie blijven fossiele energiebronnen in alle scenario's de energiemix domineren. Doorgedreven energiebesparingen zijn een belangrijke hefboom om het aandeel van hernieuwbare energiebronnen op te krikken.

Inleiding

In het Europese Energie- en Klimaatpakket schuift de Europese Unie voor de EU-27 de volgende ambitieuze drievoudige doelstelling naar voor tegen 2020:

- Een vermindering van het energiegebruik met 20 % door een efficiënter gebruik ten opzichte van het verwachte niveau in 2020 bij ongewijzigd beleid.
- Een stijging van het aandeel van hernieuwbare energiebronnen in het bruto eindgebruik tot 20 %. Voor transport geldt een specifieke doelstelling van minstens 10 % hernieuwbare energie (biobrandstoffen, maar ook groene stroom en andere) op het totale energiegebruik voor vervoer.
- Een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen met minstens 20 % ten opzichte van 1990. De EU engageert zich dit cijfer te verhogen tot 30 % bij een gelijkaardige inspanning door andere ontwikkelende landen en bij een adequate bijdrage door economisch meer geavanceerde ontwikkelingslanden volgens hun eigen verantwoordelijkheden en mogelijkheden.

De EU geeft de internationale gemeenschap een sterk signaal door zichzelf, onafhankelijk van de rest van de wereld, deze drievoudige doelstelling op te leggen. In het licht van deze Europese doelstelling, beschrijft dit hoofdstuk de mogelijke evoluties van het energiegebruik en van de broeikasgasemissies voor Vlaanderen voor drie toekomstscenario's met toenemend ambitieniveau:

- Het REF-scenario zet het huidige milieubeleid (per 1 april 2008) ongewijzigd verder tot 2030.
- Het EUR-scenario omvat maatregelen en instrumenten die nodig zijn om bovenstaande middellangetermijndoelstelling van het Europese milieubeleid tegemoet te komen.
- Het VISI-scenario gaat uit van bijkomende maatregelen om zo een duurzame oplossing te vinden voor de milieuvraagstukken. De gekozen maatregelen beogen een uitstootvermindering met 60 à 80 % voor broeikasgassen tegen 2050, met een halvering van de emissies in 2030.

Door bundeling van gegevens uit de voorgaande sectorhoofdstukken biedt dit hoofdstuk een overzicht van de doorwerking van de gemaakte aannamen en beleidskeuzen. De sectorspecifieke modellen gaan uit van de basisaannamen van het Federaal Planbureau (zie Hoofdstuk 2 Sociaal-economische verkenning) en zijn aangevuld met meer gedetailleerde sectorspecifieke veronderstellingen (bijvoorbeeld toekomstige activiteit, marktwerking, mogelijke beleidsmaatregelen en hun potentieel). Voor een overzicht van de aannamen, beleidskeuzen en modeleigenschappen verwijst de tekst naar de sectorhoofdstukken en hun respectieve wetenschappelijke rapporten. De resultaten van de sectorhoofdstukken die uit al deze bottom-up gemaakte aannamen en beleidskeuzen volgen, zijn terug te vinden in de kernset van de Milieuverkenning 2030 op www.milieurapport.be.

Dit hoofdstuk behandelt het bruto binnenlands energiegebruik, het bruto eindgebruik van hernieuwbare energiebronnen, de broeikasgasemissies en de ener-

gie-intensiteit en koolstofintensiteit. De resultaten worden, waar mogelijk, bekeken in het licht van de Europese 20-20-20-doelstellingen. Omdat vele wettelijke rapporteringseisen en toetsingskaders voor de periode na 2012 nog in ontwikkeling zijn, was het noodzakelijk om hiervoor intuïtief een aantal bijkomende, maar geëxpliciteerde veronderstellingen te maken. Ten slotte zet dit hoofdstuk enkele conclusies en aanbevelingen in de verf.

8.1 Energiegebruik

Bruto binnenlands energiegebruik

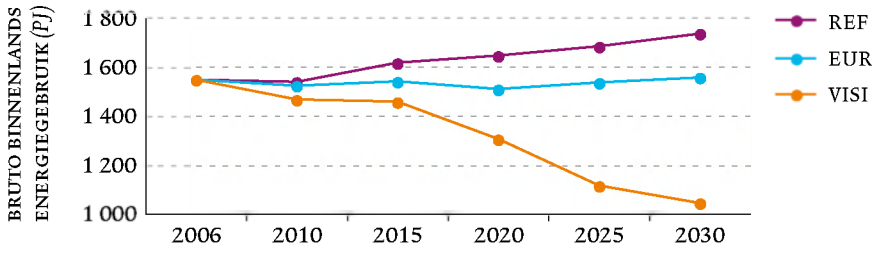
Het bruto binnenlands energiegebruik (BBE) beschrijft de totale energie die nodig is om te voldoen aan de binnenlandse energievraag en het niet-energetisch gebruik van energiedragers. Het is de som van alle primaire energieproductie in Vlaanderen (bijvoorbeeld wind, PV, zonneboilers ...) en geïmporteerde energie (bijvoorbeeld kolen, gas, kernbrandstof ...) verminderd met de export van energie en de brandstof voor de internationale scheep- en luchtvaartbunkers.

Alle scenario's vertrekken van een BBE van 1 541 PJ in 2006[1]. Het energiegebruik in het REF-scenario daalt eerst licht tot 2010, maar kent vervolgens een sterke groei. Het ligt in 2020 6,6 % en in 2030 12,8 % hoger dan in 2006. Het energiegebruik in het EUR-scenario schommelt rond dat van 2006: in 2020 ligt het 2,4 % lager, in 2030 0,6 % hoger. Enkel het VISI-scenario kan het energiegebruik structureel beperken met 16 % in 2020 en zelfs 32 % in 2030 (FIGUUR 8.1).

Het Europese energie-efficiëntie actieplan[2] mikt op een reductie van 20 % van het BBE tegen 2020 en dit ten opzichte van een evolutie bij ongewijzigd beleid, hier het REF-scenario in het jaar 2020. Ten opzichte van dit referentie-energiegebruik in 2020 bedragen de energiebesparingen 8,3 % in het EUR-scenario en 20,6 % in het VISI-scenario. Enkel het VISI-scenario vindt hiermee aansluiting bij de Europese doelstelling.

In 2006 bedroeg het jaarlijkse energiegebruik per capita in Vlaanderen 254 GJ. Dit komt ongeveer overeen met de energetische waarde van 6 000 kg olie of 6 toe.

FIG. 8.1 *Bruto binnenlands energiegebruik in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Enkel Luxemburg en Noorwegen hebben binnen de EU een hoger energiegebruik per capita. De in de scenario's veronderstelde trends van bevolkingsgroei, gezinsverdunning en industriële groei stuwen het energiegebruik de hoogte in. Met een energiebesparingsbeleid kan Vlaanderen deze groei grotendeels tegengaan. Na een initiële daling rond 2010, stijgt het energiegebruik per capita echter opnieuw in het REF-scenario met een half percent in 2030 ten opzichte van 2006. In het EUR-scenario is er echter een continue daling tot 2020. Hierna stabiliseert het energiegebruik per persoon zich op 10 % onder het niveau van 2006. Het energiegebruik per capita van het VISI-scenario ligt in 2020 22 % en in 2030 39 % lager dat van 2006.

Bruto binnenlands energiegebruik per sector

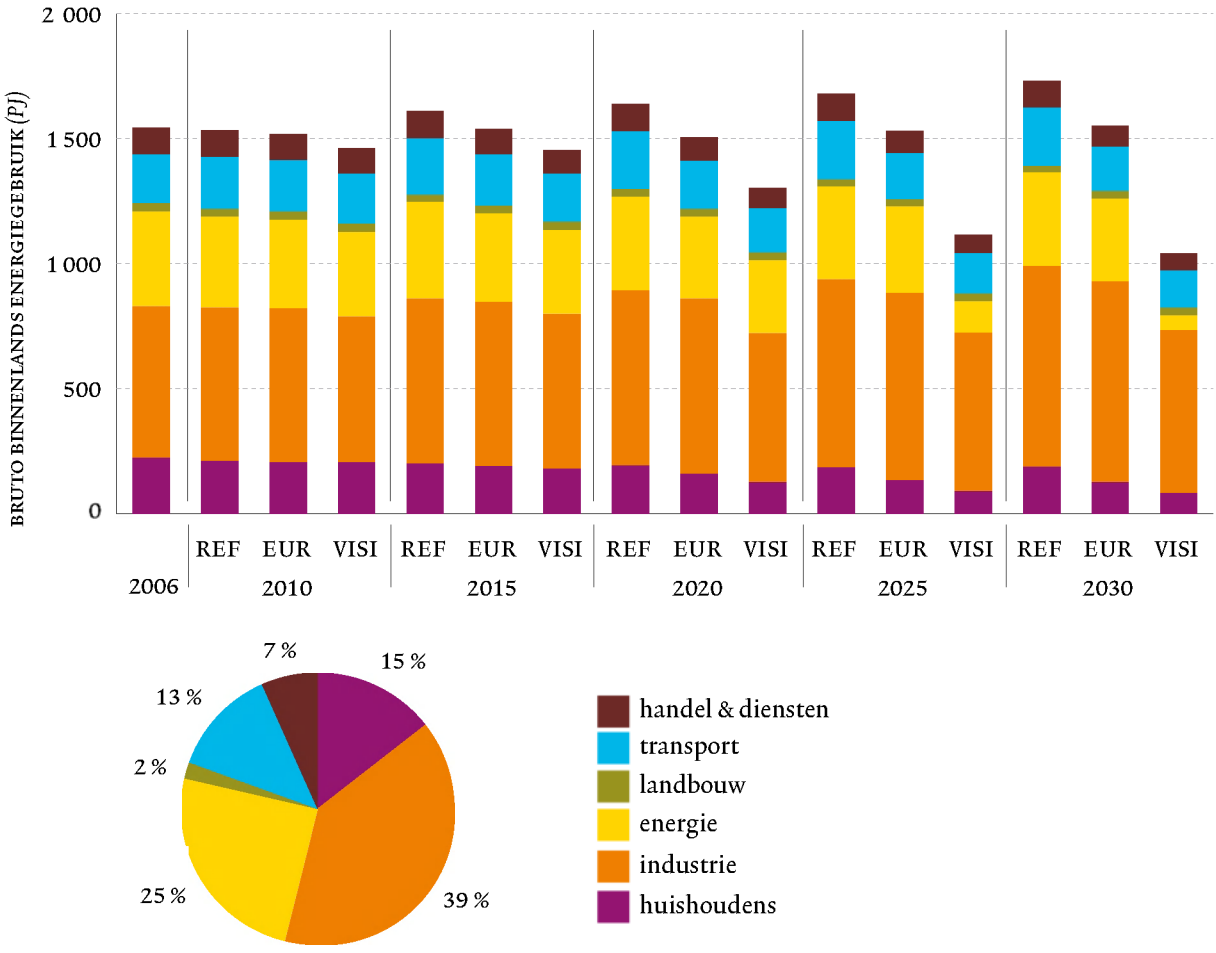
FIGUUR 8.2 toont de evolutie van het BBE per sector. De sector huishoudens heeft een bijzonder groot potentieel voor energiebesparingen. Hiervoor is weliswaar een gepast beleid noodzakelijk. Alleen in het VISI-scenario kan de energiesector de energiebesparing van de huishoudens overtreffen. Om de groei van het energiegebruik in de industrie te keren, zijn echter maatregelen nodig die verder gaan dan wat in dat hoofdstuk gemodelleerd is.

Het aandeel van de sectoren landbouw, transport en handel & diensten in het BBE blijft tussen 2006 en 2030 nagenoeg constant. Het aandeel van de huishoudens daalt tot 11 % in het REF- en tot 8 % in het EUR- en het VISI-scenario. Het industriele energiegebruik neemt niet alleen de grootste hap uit het BBE, het stijgt ook het sterkst. In het VISI-scenario neemt de industrie in 2030 63 % van het totale energiegebruik voor haar rekening, terwijl dit in 2006 nog maar 39 % was. Deze relatieve stijging is het gevolg van de sterke energiebesparingen in alle andere sectoren, de energieproductie op kop. Deze sector vertegenwoordigt slechts 6 % van het totale energiegebruik in het VISI-scenario in 2030, in de andere scenario's ligt het aandeel op 22 %.

Het energiegebruik van de sector *huishoudens* ligt in 2006 op 224 PJ. Het is de enige sector waar voor alle scenario's én in bijna elk jaar een vermindering van het energiegebruik gehaald wordt (behalve in het REF-MIN-scenario, uitgewerkt in Hoofdstuk 3 Huishoudens en handel & diensten). Zo slaagt de sector huishoudens er in zijn initieel energiegebruik in 2030 te verminderen met 16 % in het REF-scenario en 43 % in het EUR-scenario. Het VISI-scenario dat energieneutraliteit nastreeft met nieuwe woonvormen, kan deze reductie van 43 % al verwezenlijken in 2020 en kan zelfs het energiegebruik met 62 % verminderen in 2030. Dit is mogelijk omdat de energiekwaliteit van de bestaande woningen in Vlaanderen vrij laag is. Een verbetering van bijvoorbeeld de isolatiegraad van daken en vensters kan zo al een relatief grote impact hebben.

Het energiegebruik van de *industrie* bedraagt 607 PJ in 2006. Dit omvat zowel het energetisch als het niet-energetisch gebruik van energiedragers[3]. Als gevolg van de economische groeiverwachtingen voor de meeste deelsectoren stijgt dit energie-

FIG. 8.2 *Bruto binnenlands energiegebruik per sector in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



aandeel van de sectoren in het bruto binnenlands energiegebruik in 2006

gebruik met 32 % in 2030, in zowel het REF- als in het EUR-scenario. Het VISI-scenario veronderstelt dat de stijgende brandstofprijzen en CO_2-prijzen het productieniveau kunnen beïnvloeden. De hogere CO_2-prijzen remmen de economische groei wat af, waardoor het industriële energiegebruik wat langer rond het niveau van 2006 blijft schommelen. In 2030 komt het energiegebruik er slechts 7 % hoger uit dan in 2006. De industrie is de enige sector waar geen enkel van de onderzochte scenario's het energiegebruik structureel onder het niveau van 2006 kan terugdringen.

Het energiegebruik van de *energiesector* hangt af van de vraag uit de andere sectoren, van de brandstofmix en de toegepaste technieken. Ze bedroeg 380 PJ in 2006. Zowel in het REF- als in het EUR-scenario kent het energiegebruik een wisselend en uiteindelijk dalend verloop. Ten opzichte van 2006 daalt het in 2030 met 2 % in het REF-scenario en met 12 % in het EUR-scenario. Het VISI-scenario vermindert het energiegebruik van de energiesector zelf uiteindelijk met 84 % ten opzichte van 2006. Deze daling is het gevolg van het efficiënter inzetten van klassieke elektriciteitscen-

trales, en vooral van het aanwenden van hernieuwbare energiebronnen waarvan de transformatieverliezen niet beschouwd dienen te worden.

De *landbouwsector* vertoont een afwijkende evolutie ten opzichte van de andere sectoren. Vertrekkende van 32 PJ in 2006 daalt het energiegebruik in het REF-scenario met 14 % in 2030 door een lagere activiteit. In het EUR-scenario is de afname met 8 % minder uitgesproken. In het VISI-scenario ligt het energiegebruik tegen 2030 terug op het niveau van 2006. Deze stabilisatie is volledig toe te schrijven aan de toenemende energie-intensieve activiteiten binnen de glastuinbouw.

Het energiegebruik van het *transport* (exclusief internationale bunkers) bedraagt in 2006 195 PJ. Dit stijgt in het REF-scenario onafgebroken tot 19 % in 2020. Hierna stabiliseert het energiegebruik zich. Dit is vooral het gevolg van efficiëntieverhogingen bij het personenvervoer. Ook in het EUR-scenario kent dit energiegebruik initieel een stijging. Maar in 2020 ligt dit opnieuw op het niveau van 2006. Tegen 2030 daalt het energiegebruik met 9 % ten opzichte van 2006. Naast de verstrengde eisen wat betreft nieuwe wagens speelt het verhoogde aandeel van hybride wagens de belangrijkste rol in deze daling. Ook in het VISI-scenario is er eerst een beperkte stijging, maar in 2015 zit het gebruikspeil al onder het peil van 2006. Vervolgens daalt het gebruik structureel verder: in 2030 is het energiegebruik met 24 % verminderd vergeleken met 2006. Het meer doorgedreven gebruik van plug-in hybrides en efficiëntieverbeteringen bij het vrachtvervoer zijn de belangrijkste redenen.

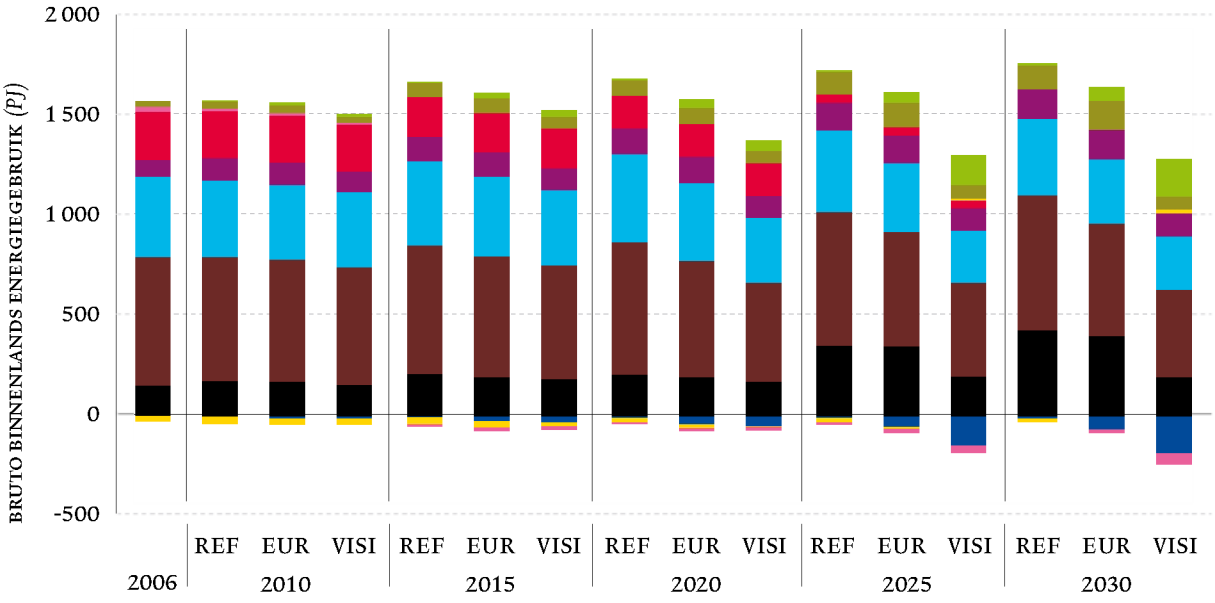
De sector *handel & diensten* heeft een energiegebruik van 104 PJ in 2006. Het REF-scenario zorgt net niet voor een daling van het energiegebruik tegen 2030. Dankzij onder meer de versnelde afbraak van bestaande gebouwen, en de strengere en breder toegepaste energieprestatienormen voor nieuwbouw in het EUR-scenario is een daling van 21 % wel mogelijk in 2030. Het VISI-scenario, dat naar energieneutraliteit streeft, slaagt erin het energiegebruik te verminderen met 36 %.

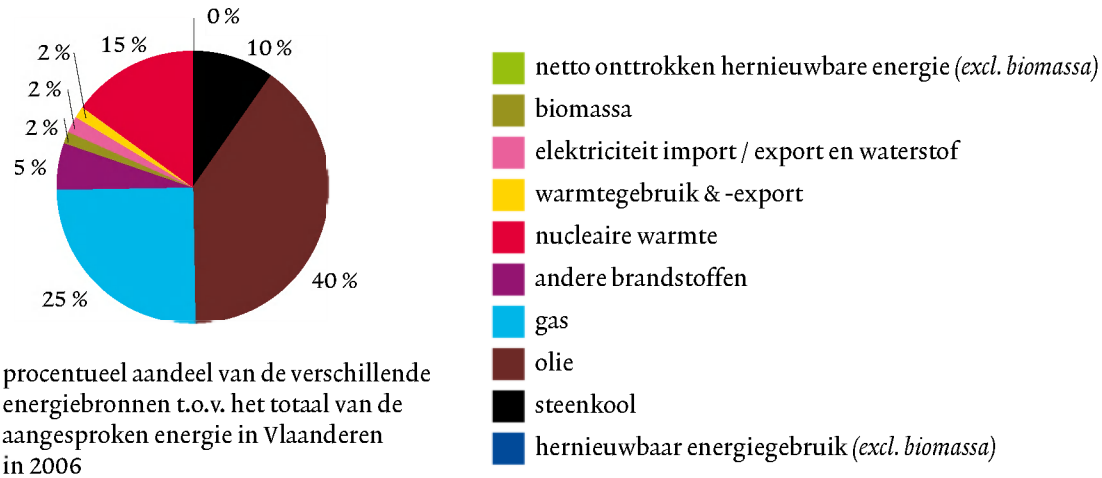
Bruto binnenlands energiegebruik per energiebron

FIGUUR 8.3 geeft het BBE per energiebron weer. De cijfers voor het BBE zijn hier zodanig gevisualiseerd dat men het onderscheid kan maken tussen:

- Stroominvoer en -uitvoer. De categorie 'elektriciteit import/export & waterstof' omvat het verschil tussen elektriciteitsvraag en -productie. Anders gezegd is dit de netto stroomuitwisseling van Vlaanderen met de andere gewesten en met de buurlanden. Deze categorie is ook vermeerderd met de ingevoerde energiedrager waterstof.
- Hernieuwbare energie afkomstig van biomassa (groene warmte, stroom uit groene WKK's, biobrandstoffen voor transport) en hernieuwbare energie niet afkomstig van biomassa, hier 'netto onttrokken hernieuwbare energie exclusief biomassa' genoemd. (elektriciteit uit wind, water, PV ... en warmte uit warmtepompen, zonneboilers ...)[4].
- Warmtegebruik en -export. De getallen onder de nullijn drukken de gemeten, niet in Vlaanderen gebruikte warmte uit, in tegenstelling tot de positieve cijfers.

FIG. 8.3 *Bruto binnenlands energiegebruik per energiebron in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen 2006-2030)*





procentueel aandeel van de verschillende energiebronnen t.o.v. het totaal van de aangesproken energie in Vlaanderen in 2006

Het totaal van de aangesproken energiebronnen is de som van de absolute waarden van bovenstaande figuur. De categorie 'hernieuwbaar energiegebruik (excl. biomassa)' is negatief ingezet om dubbeltelling te voorkomen.

Als gevolg van de 'negatieve' exportcijfers was het nodig een andere vergelijkingsbasis te gebruiken om de procentuele aandelen van de energiebronnen in de totaalmix uit te drukken. De 'geëxporteerde energie' vereist immers ook input van energiebronnen voor de aanmaak ervan. Deze uitgevoerde energie zit echter niet vervat in het BBE-cijfer. Daarom werd het aandeel van elke energiebron uitgedrukt ten opzichte van het totaal van de aangesproken energiebronnen.

Het aandeel van elke energiebron in de energiemix wordt in belangrijke mate gestuurd door de aannamen over de kostprijs van fossiele energiebronnen, de groei van hernieuwbare energie en een uitfasering van de kerncentrales in de periode tussen 2015 en 2025.

Bij het gradueel uit dienst nemen van de kerncentrales wordt in zowel het REF- als het EUR-scenario in de eerste plaats steenkool ingezet om de toegenomen energiebehoeften te dekken. Verder stijgt ook het biomassagebruik in beide scenario's sterk. In het VISI-scenario neemt het steenkoolgebruik tegen 2030 veel beperkter toe. Dit scenario wordt gekenmerkt door zowel belangrijke energiebesparingen bij de eindgebruikers, als een forse groei van niet op biomassa gebaseerde hernieuwbare energie. In het bijzonder breekt offshore windenergie door. Omdat het VISI-scenario het gebruik van biobrandstof in transport vermijdt (zie verder), is het aandeel van biomassa hier veel minder uitgesproken dan in de andere twee toekomstbeelden.

Fossiele energiebronnen blijven in alle scenario's de energiemix domineren. De afhankelijkheid van fossiele energiebronnen is het grootst in het REF-scenario. Het aandeel bedraagt in dit scenario 92 % van het totaal van de aangesproken energiebronnen in 2030. In 2006 bedroeg dit aandeel 80 %. De afhankelijkheid van fossiele energiebronnen in 2030 strandt op 90 % in het EUR-scenario en op 88 % in het VISI-scenario. Het gebruik in absolute waarden ligt in 2030 in het VISI-scenario 21 % lager dan in 2006. Dit is in belangrijke mate het gevolg van de veel lagere energievraag.

In absolute cijfers kent *hernieuwbare energie* in alle scenario's een aanzienlijke en bijna lineaire groei. In 2006 werd de hoeveelheid bruto hernieuwbare energie begroot op bijna 26 PJ. In 2030 is dit in het REF-scenario vervijfvoudigd. Ze is meer dan acht keer groter in het EUR-scenario en bijna vertienvoudigd in het VISI-scenario (zie ook verder).

Deze groeicijfers en de inspanningen rond energiebesparingen ten spijt, blijft Vlaanderen in alle scenario's sterk afhankelijk van het buitenland voor de energievoorziening.

8.2 Hernieuwbare energie

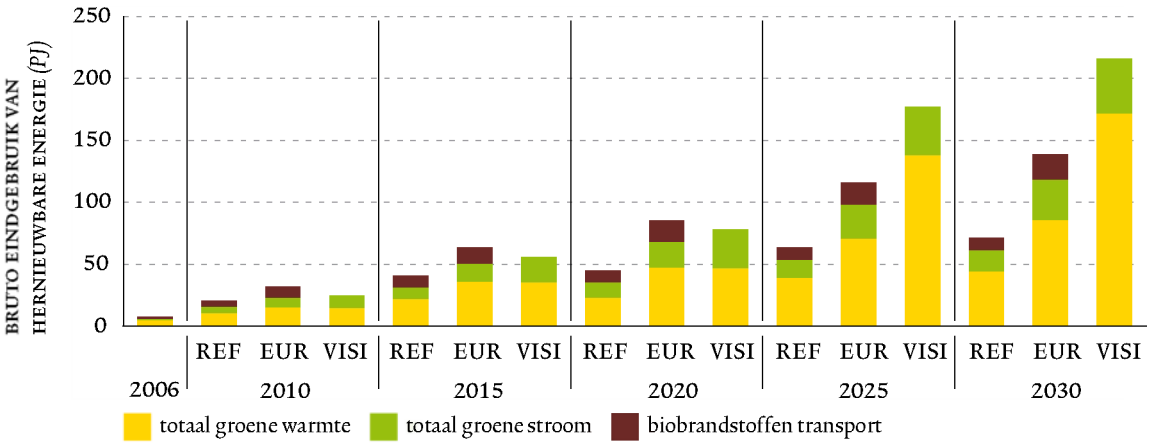
Bruto eindgebruik van energie uit hernieuwbare bronnen

De Europese richtlijn ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen[5] voorziet dat België het aandeel hernieuwbare energie in het bruto eindgebruik van energie tegen 2020 optrekt naar 13 %. En in 2020 moet minstens 10 % van het eindgebruik van transport van hernieuwbare bronnen komen[6]. Over de realisatie van deze Belgische doelstellingen maakten de gewesten nog geen nadere afspraken.

Het bruto eindgebruik van energie uit hernieuwbare bronnen[7] bestaat uit (FIGUUR 8.4):

- het eindgebruik van energie uit hernieuwbare bronnen in het vervoer[8];
- het bruto eindgebruik voor warmte en koeling afkomstig uit hernieuwbare energiebronnen;
- het bruto eindgebruik van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen.

FIG. 8.4 *Bruto eindgebruik van energie uit hernieuwbare bronnen in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen 2006-2030)*



Het gebruik van *biobrandstoffen door transport* bedroeg 2 PJ in 2006 en is tegen 2020 bijna vervijfvoudigd in het REF-scenario. Het gebruik van biobrandstoffen neemt in het EUR-scenario toe van 17 PJ in 2020 tot 20 PJ in 2030. Het VISI-scenario gaat ervan uit dat andere sectoren biomassa efficiënter kunnen gebruiken en zet daarom geen biobrandstoffen in[9].

Onder meer fotovoltaïsche cellen (PV), wind-, golf- en waterkracht en biomassa kunnen *groene stroom* produceren. De groenestroomproductie kent in alle scenario's een stevige groei. Vertrekkende van 5 PJ in 2006 is er een vervijfvoudiging van de groenestroomproductie in 2020 voor het REF-scenario en is deze negen maal groter in het EUR- en in het VISI-scenario. Zeker in het VISI-scenario is er een forse groeisprint na 2020. Ten opzichte van 2006 is de productie in 2030 toegenomen met een factor van 9, 17 en 33 voor respectievelijk het REF-, EUR- en VISI-scenario. Een uitgebreidere bespreking van groenestroomproductie komt aan bod in Hoofdstuk 7 Energieproductie.

Groene warmte en koeling is de optelsom van energie afkomstig uit onder andere zonneboilers, warmtepompen, geothermische warmte en warmte geproduceerd uit biomassa (bijvoorbeeld in bio-WKK's). In de drie scenario's groeien groene warmte en koeling in een bijna rechte lijn, met voor elk scenario een hoger ambitieniveau. Door de erg bescheiden beginsituatie van groenewarmteproductie in 2006 van 0,75 PJ, vallen spectaculaire groeicijfers op te tekenen. Voor respectievelijk het REF-, EUR- en VISI-scenario vermeerdert de productie met een factor 16, 28 en 42 in 2020. Voor 2030 is dit zelfs met een factor 23, 44 en 59.

Het bruto eindgebruik van energie uit hernieuwbare bronnen moet men overeenkomstig de Europese richtlijn aftoetsen tegen het *totale bruto eindgebruik van energie*. Dit is de som van de energiegrondstoffen geleverd voor energiedoeleinden aan alle sectoren buiten de energiesector (elektriciteit en raffinaderijen). Het gebruik van elektriciteit en warmte door de energiesector zelf en de netverliezen bij de productie en distributie van elektriciteit en warmte, vallen ook onder dit bruto eindgebruik. Het niet-energetische eindgebruik van energiedragers door de industrie is niet inbegrepen.

Het aandeel van groene stroom, groene warmte/koeling en biobrandstoffen samen stijgt in de drie scenario's aanzienlijk ten aanzien van het bruto eindgebruik van energie tegen 2020. Indien de hernieuwbare energiedoelstelling van België (13 %) onveranderd zou gelden voor Vlaanderen, haalt het EUR-scenario de doelstelling pas met vertraging in 2030. Het VISI-scenario komt in de periode tussen 2020 en 2025 boven de doelstelling uit. Het REF-scenario blijft in 2020 steken op 4 %. In de onderzochte scenario's zal Vlaanderen een beroep doen op de aankoop van garanties van oorsprong uit het buitenland om alsnog de bepalingen van de Europese richtlijn te respecteren. Bij de opstart van Milieuverkenning 2030 was het potentieel rond het gebruik van groene warmte in Vlaanderen, en dan vooral binnen de industriesector, nog onvoldoende in kaart gebracht. Mogelijk biedt dit een kans om toch intern de doelstellingen voor 2020 te halen.

TAB. 8.1 *Bruto eindgebruik van hernieuwbare energiebronnen ten opzichte van het bruto eindgebruik in PJ in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen 2006, 2020, 2030)*

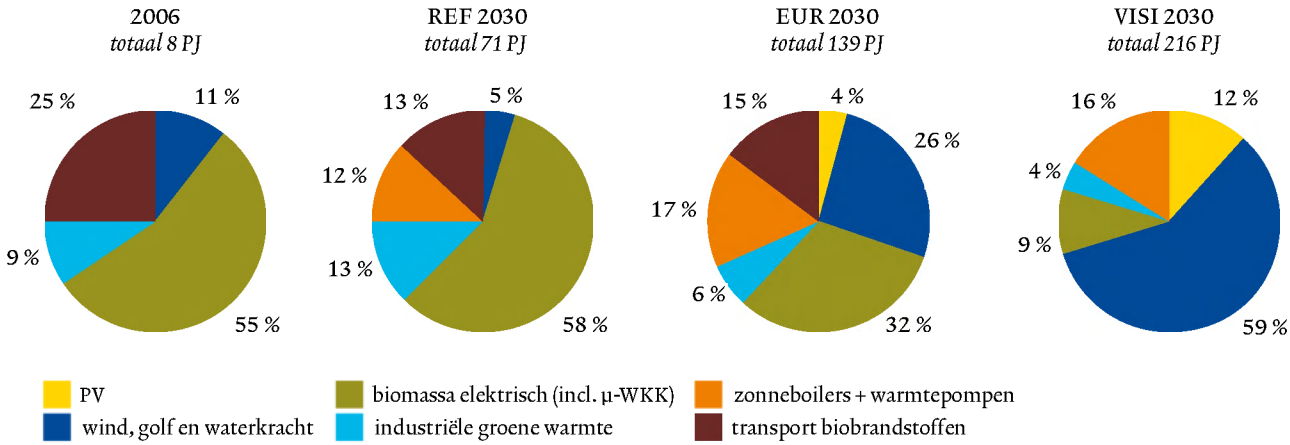
	2006	2020 REF	2030 REF	2020 EUR	2030 EUR	2020 VISI	2030 VISI
Totaal groene stroom	5,2	23,4	44,3	47,5	85,9	46,9	171,8
Totaal groene warmte	0,7	12,1	17,4	21,0	32,6	31,3	44,0
Biobrandstoffen transport	2,0	9,6	9,3	16,8	20,3	0,0	0,0
Bruto eindgebruik van hernieuwbare energie	7,9	45,2	71,0	85,3	138,9	78,2	215,8
Bruto eindgebruik van energie	*995,2*	*1 064,8*	*1 120,9*	*974,9*	*982,4*	*853,8*	*817,0*
Hernieuwbare energie	0,8 %	4,2 %	6,3 %	8,7 %	14,1 %	9,2 %	26,4 %

Bruto eindgebruik van energie uit hernieuwbare bronnen per energiebron

De opdeling van hernieuwbare energiebronnen naar groene stroom, groene warmte/koeling en biobrandstoffen geeft inzicht in de vorm waaronder de hernieuwbare energie wordt gebruikt (FIGUUR 8.5). Door in te zoomen op de oorsprong, blijkt duidelijk dat in het REF-scenario de verschillende vormen van biomassa (biomassa elektrisch op kop, gevolgd door industriële groene warmte en biobrandstoffen) tot in 2030 de grootste bijdrage leveren aan hernieuwbaar energiegebruik. In het EUR-scenario neemt het aandeel van biomassa af, vooral ten voordele van wind- en zonne-energie. Het aandeel van biobrandstoffen voor transport daalt gaandeweg, terwijl dat van zonneboilers en warmtepompen stijgt tot 17 % in 2030. Onder het VISI-scenario treden vooral de wind-, golf- en waterkracht op de voorgrond. Samen met de zonneboilers, warmtepompen en PV-stroom nemen zij in 2030 86 % van het eindgebruik voor hun rekening.

FIG. 8.5 *Bruto eindgebruik van energie uit hernieuwbare bronnen volgens oorsprong in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen 2006 en 2030)*

Aandeel in het bruto-eindgebruik van hernieuwbare bronnen (%)



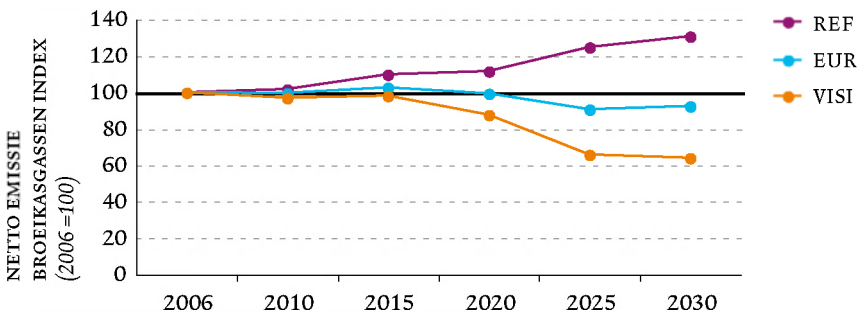
8.3 Broeikasgassen

Emissie van broeikasgassen

FIGUUR 8.6 vergelijkt de emissies van de korf van broeikasgassen (CO_2, CH_4, N_2O, SF_6, PFK's en HFK's) voor de drie scenario's. Naast de emissies afkomstig van de sectoren is rekening gehouden met de netto opname van broeikasgassen door landgebruik (sinks). Deze bijschatting gebeurde op basis van het veranderende landgebruik volgend uit het RuimteModel (zie Hoofdstuk 10 Landgebruik).

Vertrekkende van een emissie van 84 489 kton CO_2-eq[10] in 2006 kent de broeikasgasuitstoot in het REF-scenario een bijna continue aangroei. De totale uitstoot ligt er tegen 2020 12 % hoger, en tegen 2030 zelfs 31 % hoger dan in 2006. In het EUR-scenario schommelen de broeikasgasemissies tot 2020 rond het niveau van 2006, om daarna 8 % lager uit te komen in 2030. In het VISI-scenario dalen de emissies onmiddellijk en vooral sterk na 2015. Zo kan het VISI-scenario emissiereducties voorleggen van 12 % in 2020 en 36 % in 2030. Daarmee blijft Vlaanderen nog een eind verwijderd van de halvering van de broeikasgasuitstoot tegen 2030. Dit is het streefdoel van het

FIG. 8.6 *Netto broeikasgasemissies in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



VISI-scenario als opstap naar een internationale emissiereductie van 60 à 80 % voor de geïndustrialiseerde wereld tegen 2050.

In 2006 bedroeg de jaarlijkse broeikasgasuitstoot per persoon in Vlaanderen 14 ton CO_2-eq. Met dit cijfer behoort de Vlaming tot de grootste Europese uitstoters, na de Fin, de Ier en de Luxemburger. Ter vergelijking, een Amerikaan stoot gemiddeld 19 ton per jaar uit, een Nepalees 0,1 ton. De broeikasgasuitstoot per capita wordt in internationale klimaatonderhandelingen vaak gehanteerd als maat voor de billijkheid van de reductie-inspanningen per land. In 2030 bedraagt de uitstoot van broeikasgassen per persoon 16 ton (REF), 11 ton (EUR) en 8 ton (VISI) in Vlaanderen.

Emissie van broeikasgassen per sector

Hoewel energiegebruik de belangrijkste oorzaak is van de uitstoot van broeikasgassen (BKG), verschilt de evolutie van de broeikasgasemissies, verdeeld over de sectoren (FIGUUR 8.7), sterk met de evolutie van het BBE per sector (FIGUUR 8.2). Hieruit blijkt onder meer het belang van de aanzienlijke inzet hernieuwbare energiebronnen aangevuld met een ondergrondse CO_2-opslag bij kolen- en gascentrales na 2020. Daarnaast spelen onder meer de nuttige aanwending van restwarmte en de omschakeling naar koolstofarme brandstoffen bij de huishoudens een belangrijke rol.

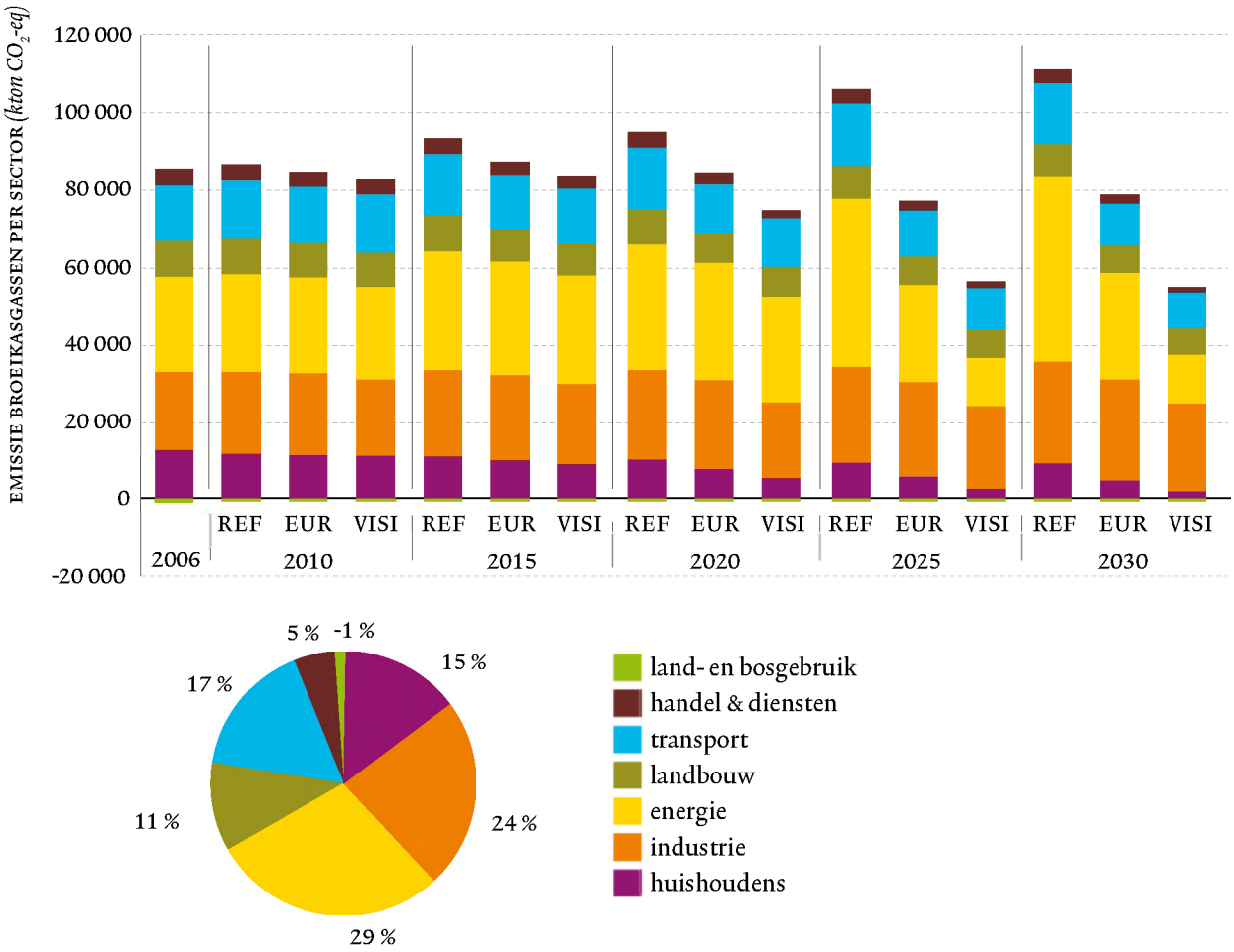
De EU hanteert voor de verdeling van de 20 % emissiereductiedoelstelling een dubbele aanpak. Voor sectoren die niet onder het emissiehandelsysteem (ETS) vallen, kent de EU aan elke lidstaat een doelstelling toe. Installaties van sectoren die wel onder emissiehandel vallen, worden geconfronteerd met een marktprijs voor het recht om één ton broeikasgassen uit te stoten. Het prijsniveau bepaalt waar de emissiereducties plaatsvinden: reducties die minder dan de marktprijs voor CO_2 kosten, zullen binnen de sector in Vlaanderen zelf gebeuren. Voor de resterende emissies dient de sector voldoende emissierechten voor te leggen.

NIET-ETS-SECTOREN

De niet onder emissiehandel vallende sectoren, de niet-ETS-sectoren omvatten de huishoudens en het gros van transport, landbouw en handel & diensten. Hiervoor legt Europa[11] aan België een verplichte reductie op van 15 % in 2020 ten opzichte van 2005. Op datum van publicatie was er nog geen akkoord over de verdeling van deze doelstelling over de gewesten en de federale overheid. Daarom neemt dit rapport deze 15 % doelstelling indicatief over voor Vlaanderen en wordt er vergeleken met 2006. Deze doelstelling wordt gehaald zowel in het EUR-scenario (-23 %) als in het VISI-scenario (-32 %). In het REF-scenario blijft deze reductie beperkt tot 4 % in 2020. De dalende trend zet zich verder tot 2030, met uitstootbeperkingen van 10 % in het REF- over 39 % in het EUR- tot zelfs 52 % in het VISI-scenario.

De sector *huishoudens* kan in alle scenario's sterke reductiepercentages voorleggen tussen 2006 en 2030: 27 % in het REF-, 63 % in het EUR- en zelfs 84 % in het VISI-scenario. In de eerste twee scenario's realiseert deze sector ook in absolute cijfers de

FIG. 8.7 *Broeikasgasemissies per sector in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen 2006-2030)*



aandeel van de sectoren in het totaal van emissie broeikasgassen in 2006

grootste emissiereductie. Alleen in het VISI-scenario haalt de energiesector de sector huishoudens in. Dat het aandeel van huishoudens in de totale BKG-uitstoot onder de 9 % ligt in 2030, getuigt van het grote reductiepotentieel binnen deze sector.

Ook de *landbouwemissies* dalen in alle scenario's ten opzichte van 2006 met respectievelijk 11, 22 en 25 % voor het REF-, het EUR- en het VISI-scenario in 2030. Hun aandeel in de totale emissies daalt licht in het REF- en in het EUR-scenario tot 8 à 9 %, maar komt wel iets hoger te liggen (op 13 %) in het VISI-scenario. Hier daalt het energiegebruik minder sterk dan bij de overige sectoren.

De uitstoot door de *transportsector* neemt in alle scenario's eerst toe. In het REF-scenario wordt het omslagpunt bereikt in 2020. De emissies liggen er in 2030 nog altijd 10 % hoger dan in 2006. In het EUR- en het VISI-scenario pieken de transportemissies reeds in 2010 en liggen in 2030 vervolgens respectievelijk 25 en 36 % lager dan bij de start in 2006. Het aandeel van het transport in de totale BKG-uitstoot daalt licht in het REF- en EUR-scenario tot 14 % en blijft stabiel op 17 % in het VISI-scenario. Binnen de transportsector blijft het wegverkeer ook in de toekomst voor de grootste BKG-uitstoot zorgen.

Net als bij de huishoudens dalen ook de BKG-emissies van de sector *handel & diensten* vanaf de start in alle scenario's. In 2030 liggen hun emissies 21, 51 en 70 % lager dan in 2006. Met procentuele aandelen in de totaaluitstoot van 3 % in het REF- en EUR-scenario en slechts 2 % in het VISI-scenario blijft handel & diensten, dankzij de genomen maatregelen, de sector met de minste emissies.

ETS-SECTOREN

De gezamenlijke BKG-emissies van de MIRA-sectoren industrie en energie stijgen tegen 2020 met 24 % in het REF-, 19 % in het EUR- en 9 % in het VISI-scenario ten opzichte van 2006. Tegen 2030 zijn deze binnenlandse ETS-emissies verder gestegen in het REF- en het EUR-scenario met respectievelijk 66 % en 20 % boven het startniveau. Enkel na 2020 en onder het VISI-scenario zullen de ETS-sectoren in staat zijn hun emissies ook met binnenlandse maatregelen onder het niveau van 2006 terug te dringen met 21 %. Deze daling is in belangrijke mate te danken aan de energiesector.

Met een aandeel van 43 % in de totale BKG-uitstoot is de *energiesector* in 2030 voor het REF-scenario de belangrijkste emissiebron van broeikasgassen. Terwijl het BBE van deze sector lichtjes daalt tussen 2006 en 2030, verdubbelen de absolute emissies van broeikasgassen (+95 %). Dit is hoofdzakelijk te verklaren door de verhoogde inzet van steenkool- en gascentrales bij de uitfasering van nucleaire installaties. Elektriciteitsproductie gebeurt ter hoogte van een kerncentrale nagenoeg CO_2-vrij, terwijl aardgas en zeker steenkool gekenmerkt worden door een hogere CO_2-emissiefactor. Ook in het EUR-scenario nemen de emissies toe met 12 % ten opzichte van 2006, terwijl het BBE met hetzelfde percentage afneemt. Ook hier speelt de verhoogde inzet van steenkool de emissies parten. Door een toegenomen inzet van hernieuwbare energiebronnen en de introductie van CO_2-afvang en ondergrondse opslag[12] (CCS) na 2020 is het mogelijk de toename van CO_2-uitstoot te beperken. In het VISI-scenario kan de energiesector zijn emissies bijna halveren, vooral door sterk in te zetten op hernieuwbare energie.

De industriële BKG-emissies hebben in alle scenario's een vrij continu stijgend verloop als gevolg van de economische groeiverwachtingen. In de periode tussen 2006 en 2030 stijgen de emissies met 30 % in zowel het REF- als het EUR-scenario. In het VISI-scenario is de emissietoename onder invloed van de hoge prijzen op de CO_2-markt beperkt tot 12 %. Daarmee is de *industrie* de enige sector die met binnenlandse maatregelen de emissies onder geen van de drie scenario's kan verminderen tot onder het niveau van 2006.

In 2006 waren de ETS-sectoren verantwoordelijk voor 48 % van het totaal van de BKG-emissies. In 2020 groeit dit aandeel aan tot 59 % voor het REF- en tot 63 % voor het EUR- en VISI-scenario.

De Europese Richtlijn Emissiehandel[13] voorziet dat de gezamenlijke emissies van alle Europese installaties die onder het emissiehandelsysteem vallen, tegen 2020 21 % lager liggen dan in 2005. Hoewel kleinere industriële installaties (onder bepaalde voorwaarden) buiten deze richtlijn vallen, beschouwd deze analyse het

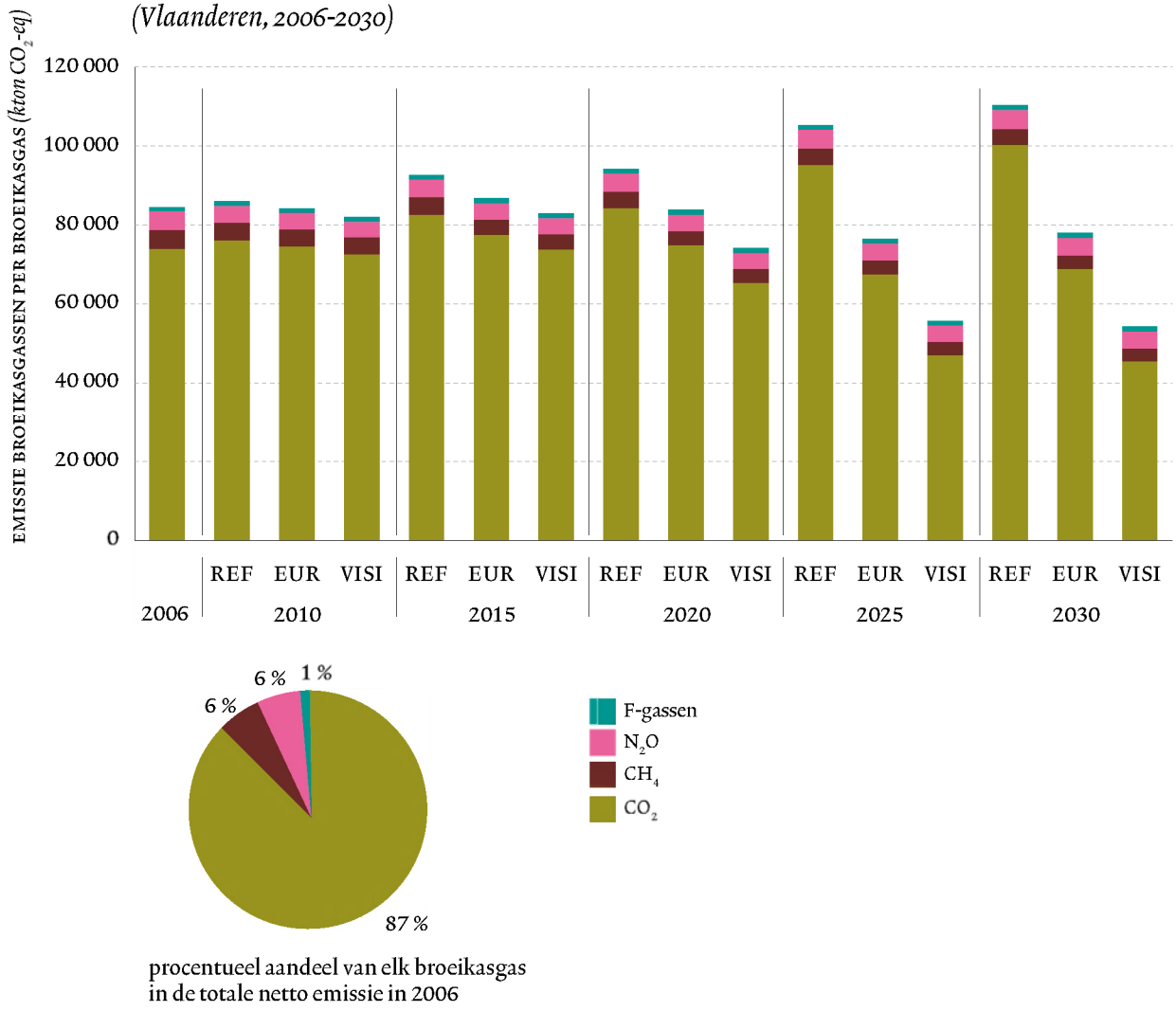
geheel van de sectoren industrie en energie bij de ETS-sectoren. Voor deze ETS-sectoren heeft men gebruik gemaakt van CO_2-marktprijzen afgeleid uit internationale studies, en ze afgestemd op het ambitieniveau van de drie scenario's in de Milieuverkenning 2030. Bij deze CO_2-prijzen blijken onvoldoende kosteneffectieve binnenlandse maatregelen voorhanden om de gemeenschappelijke BKG-emissies van de Vlaamse industrie- en energiesector onder het niveau van 2006 te krijgen. Deze sectoren kunnen zich in regel stellen met de Europese richtlijn door naast de doorvoering van de maatregelen die wel kostenefficiënt blijken, nog emissierechten aan te kopen binnen het Europese emissiehandelsysteem.

Broeikasgasemissies per broeikasgas

FIGUUR 8.8 toont de totale netto broeikasgasuitstoot, opgedeeld per broeikasgas CO_2, CH_4, N_2O en F-gassen (SF_6, HFK's en PFK's) en uitgedrukt in CO_2-equivalenten.

De drie belangrijkste broeikasgassen, CO_2, N_2O en CH_4, blijven in alle zichtjaren en scenario's domineren. In het REF-scenario is het aandeel van het belangrijkste

FIG. 8.8 *Broeikasgasemissies per broeikasgas in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



procentueel aandeel van elk broeikasgas in de totale netto emissie in 2006

broeikasgas CO_2 in de totale uitstoot toegenomen tot 91 %. Het CO_2-aandeel in het EUR-scenario is in 2030 verminderd tot 88 %, in het VISI-scenario tot 84 %.

CH_4 draagt na CO_2 in absolute termen het meeste bij aan de BKG-emissies in 2006. In alle scenario's worden de methaanemissies beperkt ten opzichte van 2006. Na een initiële daling tot 2010 stijgen de N_2O-emissies opnieuw. In het EUR- en VISI-scenario blijven deze emissies wel onder het niveau van 2006. Emissies van de F-gassen blijven ondanks hun stijging tot 2030 erg beperkt.

8.4 Eco-efficiëntie, energie-intensiteit en koolstofintensiteit

Eco-efficiëntie

Een van de doelstellingen van het Pact 2020, dat de Vlaamse overheid samen met de sociale partners en de middenveldorganisaties begin 2009 onderschreef, is om een verdere ontkoppeling tussen economische groei en het geheel van emissies en afvalproductie te realiseren tegen 2020 door een gestaag stijgende materiaal- en energie-efficiëntie. Kortom, het komt erop aan om de *eco-efficiëntie* van de Vlaamse economie te verhogen.

FIGUUR 8.9 toetst de economische groeiverwachtingen af aan het energiegebruik en de broeikasgasuitstoot in de drie scenario's. Daaruit valt af te leiden dat er voor alle scenario's ontkoppeling is voor zowel het bruto binnenlands energiegebruik (BBE) als het totaal van de broeikasgasemissies (BKG) van de Vlaamse economie. Absolute ontkoppeling ten opzichte van de economische groei voor alle zichtjaren is er alleen in het VISI-scenario.

Energie-intensiteit en koolstofintensiteit

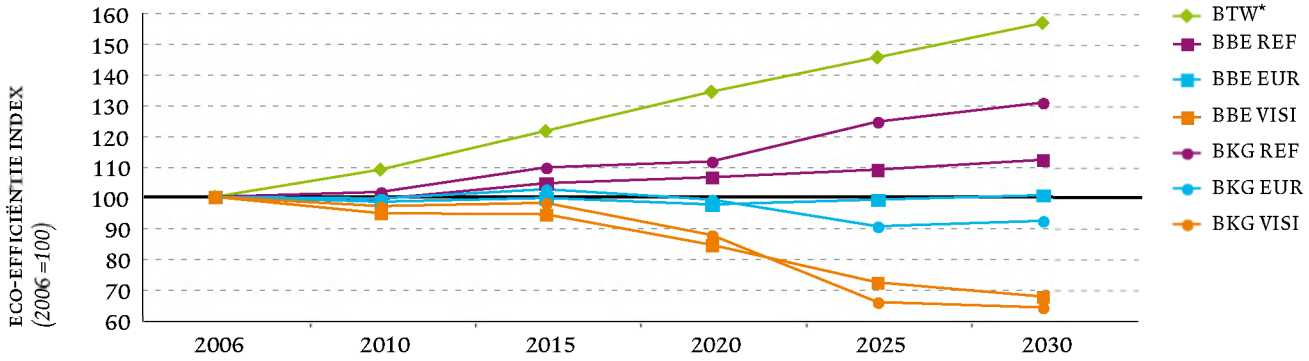
De *energie-intensiteit* van de economie is de verhouding tussen het bruto binnenlands energiegebruik (BBE) en het bruto binnenlands product (BBP, hier benaderd door de som van de bruto toegevoegde waarden van de verschillende sectoren). De energie-intensiteit schetst een beeld van de energieafhankelijkheid van de Vlaamse economie.

De energie-intensiteit van de Vlaamse economie daalt in alle scenario's sterk (FIGUUR 8.10). In het REF-scenario ligt de energie-intensiteit in 2030 28 % lager dan in 2006. Voor het EUR-scenario is dit 36 % en in het VISI-scenario halveert deze intensiteit in de periode tussen 2006 en 2030.

De *koolstofintensiteit* wordt berekend als de verhouding tussen de CO_2-emissies door verbranding (en hier ook procesemissies) en het BBP (hier benaderd door de bruto toegevoegde waarde). Deze indicator geeft een beeld van de mate waarin een economie steunt op het gebruik van voornamelijk fossiele energiebronnen.

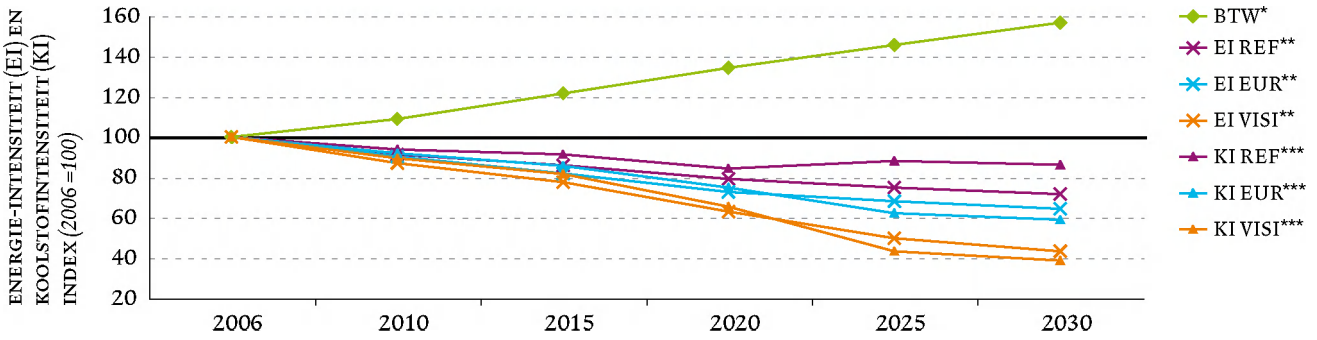
De koolstofintensiteit van de Vlaamse economie daalt in alle scenario's. In het REF-scenario is deze daling in tegenstelling tot de andere niet continu. In tegenstelling tot bij het EUR- en het VISI-scenario ligt de koolstofintensiteit van de economie lager dan de energie-intensiteit. Ze ligt respectievelijk 41 en 61 % lager dan de waarde in 2006. Dit betekent dat er onder het EUR- en het VISI-scenario niet alleen belangrijke stappen worden gezet naar een rationeler energiegebruik, maar dat het resterende energiegebruik ook koolstofarmer is. De inzet van hernieuwbare energie en van CCS bij de elektriciteitsproductie (niet beschikbaar bij REF, wel beschikbaar en ingezet bij EUR en VISI) spelen daarin een rol.

FIG. 8.9 *Vergelijking tussen de economische groei enerzijds en het bruto binnenlands energiegebruik en de broeikasgasuitstoot anderzijds in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



* bruto toegevoegde waarde van alle bedrijfstakken in Vlaanderen[14] (tegen constante prijzen 2000) (miljoen euro)

FIG. 8.10 *Energie-intensiteit en koolstofintensiteit van de economie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



* bruto toegevoegde waarden van alle bedrijfstakken in Vlaanderen (tegen constante prijzen 2000) (miljoen euro)

** energie-intensiteit = hoeveelheid bruto binnenlands energiegebruik (BBE) per eenheid bruto toegevoegde waarde (BTW) (in 1 000 euro tegen constante prijzen van 2000)

*** koolstofintensiteit = hoeveelheid CO_2 uitgestoten ten gevolge van energetische en niet-energetische processen (procesemissies onder andere in de chemie (niet te onderscheiden met de modellering) (in ton) per eenheid bruto toegevoegde waarde (BTW) (in 1 000 euro tegen constante prijzen van 2000)

8.5 Conclusies voor het beleid

Dit hoofdstuk bundelt de resultaten uit de sectorhoofdstukken over het energiegebruik en de broeikasgasemissies. Deze hoofdstukken ontwikkelden naast een REF-scenario, met een doorrekening van het huidige beleid, ook telkens een EUR- en een VISI-scenario. Per sector werden voor deze laatste scenario's bijkomende maatregelen ingezet die respectievelijk de Europese 2020-doelstellingen of een halvering van de broeikasgasemissies in 2030 beogen.

Dankzij de maatregelen van het VISI-scenario ligt het *energiegebruik* in 2020 20,6 % lager dan het energiegebruik bij ongewijzigd beleid. Met dit scenario kan Vlaanderen aansluiting vinden bij de Europese doelstelling om de energie-efficiëntie met 20 % te verhogen ten opzichte van de evolutie bij ongewijzigd beleid. Een verminderd energiegebruik is een hefboom voor het behalen van de doelstelling voor hernieuwbare energie. Het percentage hernieuwbare energie wordt immers afgemeten ten opzichte van het finale energiegebruik. Als dit daalt, wordt ook de absoluut te produceren hoeveelheid hernieuwbare energie kleiner bij een gelijke doelstelling.

In 2020 ligt het aandeel *hernieuwbaar energiegebruik* in Vlaanderen op respectievelijk 8,7 en 9,2 % in het EUR- en het VISI-scenario. Indien de hernieuwbare energiedoelstelling van België (13 %) onveranderd voor Vlaanderen geldt, is zelfs in het VISI-scenario de inzet van flexibiliteitsmechanismen nodig om tijdig de doelstelling te halen. Europa voorziet een zekere flexibiliteit voor lidstaten die hun hernieuwbare energiedoelstellingen niet met binnenlandse maatregelen halen. Als het eindgebruik van hernieuwbare energie te laag is, dan kan het land terugvallen op een flexibel systeem van handel in garanties van oorsprong (dit zijn bewijsstukken van de productie van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen), de statistische overdracht van een hoeveelheid hernieuwbare energie tussen lidstaten en de ontwikkeling van gezamenlijke projecten tussen lidstaten, al dan niet met landen buiten de EU27. Er heerst echter grote onzekerheid over of en hoe dit systeem precies zal werken, over de omvang van het marktaanbod en over de marktprijzen van deze instrumenten. Verder onderzoek naar het potentieel rond groene warmte, en in het bijzonder bij de industrie, kan de resultaten uit de scenario's nog iets doen toenemen. Alle scenario's kennen verder een forse groeisprong van hernieuwbare energie na 2020. Dit is in het bijzonder het geval voor het VISI-scenario, waar het aandeel hernieuwbare energie in het bruto eindgebruik op 26,4 % uitkomt in 2030.

Bij het aftoetsen van de Europese doelstelling om de *broeikasgasemissies* met 20 % te verminderen ten opzichte van 1990, moet men een onderscheid maken tussen sectoren onderworpen aan emissiehandel (ETS-sectoren) en zij die daar niet aan onderhevig zijn (niet-ETS-sectoren).

Voor de *sectoren die onder de Europese Richtlijn Emissiehandel vallen*, blijkt dat bij de verwachte CO_2-prijzen er onvoldoende kostenefficiënte binnenlandse maatregelen voorhanden zijn om de gezamenlijke broeikasgasuitstoot onder het niveau van 2006 te krijgen. Deze sectoren kunnen echter terugvallen op de mogelijkheid om

bijkomende emissierechten te verwerven. Zo kunnen ze zich in regel stellen met de Europese bepalingen. De exacte omvang van deze opdracht voor de Vlaamse industrie en energiesectoren zal vorm krijgen als de toewijzingsmethodologie op Europees niveau is uitgewerkt.

Voor de *sectoren die niet onder de emissiehandel vallen* is er momenteel nog geen Vlaamse doelstelling. Europa voorziet tegen 2020 wel een reductiedoelstelling voor het geheel van deze sectoren in België van 15 % ten opzichte van 2005. Mocht deze doelstelling ook onveranderd gelden voor Vlaanderen, dan slagen zowel het EUR- als het VISI-scenario met respectievelijk een daling van 23 % en van 32 %. Hieruit blijkt dat Vlaanderen zowel in het EUR- als het VISI-scenario zelfstandig in staat is de Europese engagementen rond CO_2-*emissiereducties* voor de niet-ETS-sectoren te verwezenlijken. De opdracht is dus niet onmogelijk, maar vereist grote inspanningen. En zoals uit de scenario's blijkt, is het noodzakelijk deze inspanningen snel aan te vatten om tijdig resultaat te boeken.

Inzetten op energiebesparing en op eigen productie van hernieuwbare energie mag geen doel op zich vormen. Het vermindert ook de afhankelijkheid van buitenlandse energiebronnen, en beschermt de eigen economie tegen de volatiele prijzen op de internationale energiemarkten. Daarnaast zijn er ook nog andere milieuvoordelen dan louter de broeikasgasreducties, bijvoorbeeld een betere lokale luchtkwaliteit door een verminderde uitstoot van diverse polluenten. Maar misschien nog belangrijker zijn de groei- en tewerkstellingskansen waarop Vlaanderen kan inpikken bij haar transitie naar een duurzame en koolstofarme regio (zie Hoofdstuk 14 Vlaanderen in transitie?).

NOTEN

1 In MIRA-T 2008 is het BBE van Vlaanderen begroot op 1 611 PJ voor 2006. Het verschil met de startwaarde voor de drie scenario's valt o.a. te verklaren door gebruik van generieke energiekengetallen (i.p.v. bedrijfsspecifieke kengetallen).
2 Communicatie van de Europese Commissie COM(2006)545 van 19 oktober 2006, betreffende het Europese Energie Efficiëntie actieplan.
3 Het niet-energetisch eindgebruik van energiedragers loopt op van 234 PJ in 2006 naar 330 PJ in REF- en EUR- en 257 PJ in het VISI-scenario in 2030.
4 De hernieuwbare stroom en de hernieuwbare warmte niet afkomstig van biomassa zit net als andere stroomproductie en warmteproductie vervat in de categorieën 'elektriciteit import/export & waterstof' en 'warmtegebruik en -export'. Om dit aandeel van hernieuwbare energie buiten biomassa in de totale energiemix zichtbaar te maken, diende de grafiek vermeerderd te worden met deze hernieuwbare fractie. Hiervoor werd de categorie 'netto onttrokken hernieuwbare energie (excl. biomassa)' toegevoegd en tegelijkertijd verminderd met haar homoloog 'hernieuwbaar energiegebruik' (excl. biomassa).
5 Richtlijn 2009/28/EG van 23 april 2009 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen en houdende wijziging en intrekking van Richtlijn 2001/77/EG en Richtlijn 2003/30/EG.
6 De 10 % doelstelling in de transportsector wordt behandeld in het sectorhoofdstuk Transport.
7 Het bruto eindgebruik van energie uit hernieuwbare bronnen betreft de energetische waarden bij finaal gebruik, dus na conversie. Deze liggen logischer wijze een stuk lager dan de hernieuwbare energiecijfers gehanteerd in het deel bruto binnenlands energiegebruik per energiebron.
8 Voor de berekening hiervan werd uitgegaan dat de gehanteerde biobrandstoffen voldoen aan de gestelde duurzaamheidscriteria.
9 De auteurs van het wetenschappelijke rapport sector transport baseerden zich op EUCAR, JRC & CONCAWE (2006) en CE Netherlands (2006).
10 Uit het MIRA Indicatorrapport 2008 blijkt dat de Vlaamse BKG-emissies in 2006 3,6 % onder deze van 2005 liggen en 3,3 % onder die van 1990.
11 Beschikking 406/2009/EG van 23 april 2009 inzake de inspanningen van de lidstaten om hun broeikasgasemissies te verminderen om aan de verbintenissen van de Gemeenschap op het gebied van het verminderen van broeikasgassen tot 2020 te voldoen.
12 Deze ondergrondse opslag hoeft niet noodzakelijk binnen België te gebeuren.
13 Richtlijn 2009/29/EG van 23 april 2009 tot wijziging van richtlijn 2003/87/EG teneinde de regeling voor de handel in broeikasgasemissierechten van de Gemeenschap te verbeteren en uit te breiden.
14 Het invoeren van prijselasticiteit in de sectoren energie en industrie van het VISI-scenario zorgt voor een afwijkende bruto toegevoegde waarde in dit scenario, ook de gemodelleerde nul groei in raffinaderijen en de ijzer- & staalsector in alle scenario's is niet verwerkt in dit bruto toegevoegde waarde cijfer.

LECTOREN

Kris Bachus, HIVA, K. U. Leuven
Dirk Bergen, **Veerle Campens**, Afdeling Monitoring en Studie, Departement LV
Tine Bosschaert, **Stijn Bruers**, **Bruno Verbeeck**, Ecolife vzw
Katrien Cooman, Afdeling Milieu-integratie en -subsidiëringen, Departement LNE
Luc De Bock, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Filip Descamps, Daidalos Peutz en Vakgroep Architectonische ingenieurswetenschappen, VUB
Jo Dewulf, Onderzoeksgroep EnVOC, UGent
Miet D'heer, VMM
Patricia Grobben, Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid, Departement LNE
Steven Harlem, FEBEG
Tom Kuppens, Vakgroep Milieueconomie, UHasselt
Francis Noyen, Secretariaat, Minaraad
Katrien Oorts, Afdeling Land- en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen, Departement LNE
Inneke Peersman, Nuon Belgium nv
Kris Rongé, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Departement LNE
Paul Schreurs, IWT
Berthold Simons, Centrum Duurzaam Bouwen
Marc Van den Bosch, VOKA - Vlaams Economisch Verbond
Bruno Van Zeebroeck, Transport & Mobility Leuven
Peter Vleugels, VLM



9 Luchtkwaliteit

Line Vancraeynest, Myriam Bossuyt, Stijn Overloop, MIRA-team, VMM
Frans Fierens, IRCEL, VMM
Philip Van Avermaet, David Celis, Dienst Lucht, VMM
Felix Deutsch, Nele Veldeman, Stijn Janssen, Unit Ruimtelijke Milieuaspecten, VITO
Jurgen Buekers, Rudi Torfs, Unit Milieurisico en gezondheid, VITO
Jeroen Staelens, Karen Wuyts, Laboratorium voor Bosbouw, UGent

HOOFDLIJNEN

- Als gevolg van emissiereducties dalen de PM10- en PM2,5-concentraties gevoelig tegen 2020. Een aantal doelstellingen komt binnen handbereik, maar het halen van de Europese daggrenswaarde voor PM10 blijft ook in het Europa-scenario (EUR), zonder bijkomende maatregelen problematisch.

- Als gevolg van emissiereducties van de ozonprecursoren in het EUR-scenario dalen de ozonpiekconcentraties met ongeveer een derde tegen 2030. De jaargemiddelde ozonconcentratie blijft echter zowel in het referentie- (REF) als in het EUR-scenario stijgen.

- Klimaatverandering kan de positieve effecten van de verwachte emissiereducties op de ozon- en fijnstofvervuiling grotendeels of volledig tenietdoen.

- De doelstelling tegen 2010 voor de verzurende depositie wordt gemiddeld over Vlaanderen tijdig gehaald. Toch is zelfs in het EUR-scenario de depositie nog te hoog in een vijfde van Vlaanderen. De depositiedoelstelling voor 2030 wordt in zowel het REF- als in het EUR-scenario niet tijdig gerealiseerd. Respectievelijk 19 % en 6 % van de oppervlakte natuur ontvangt in 2030 een te hoge verzurende depositie.

- Het aandeel van NH_x in de verzurende depositie neemt toe, en loopt in het EUR-scenario zelfs op tot 50 % in 2030. Dit bevestigt het belang van vermestende effecten: in 2030 ontvangt nog 29 % van de oppervlakte natuur een overmatige stikstofdepositie in het EUR-scenario.

Inleiding

Prognoses over de luchtkwaliteit in Vlaanderen gedurende de komende jaren zijn van groot belang. Het inademen van verhoogde concentraties fijn stof (PM10 en PM2,5) en ozon (O_3) kan de gezondheid ernstig schaden en is verantwoordelijk voor een daling van de levensverwachting. De Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) stelt zelfs dat er geen veilige drempelwaarde is. Onrechtstreeks leidt ook luchtvervuiling door verzurende stoffen tot negatieve gezondheidseffecten. Verhoogde ozonconcentraties en verhoogde verzurende deposities hebben ook negatieve gevolgen voor de vegetatie. De Europese Unie heeft om die redenen grens- en streefwaarden voor de luchtpolluenten vastgelegd die alle lidstaten moeten respecteren, met uitzondering van de verzurende polluent ammoniak. Voor deze laatste polluent bestaat wel een richtwaarde van de WGO.

In 2006 (verzuring) en 2007 (zwevend stof en ozon) werd een aantal van deze grens- en streefwaarden in Vlaanderen overschreden. Bijkomende emissiereductiemaatregelen zijn noodzakelijk om in de toekomst de bevolking tegen de schadelijke gevolgen van luchtvervuiling te beschermen. In vele gevallen is het echter niet evident om in te schatten wat het effect is van emissiereducties op de concentraties van luchtvervuilende stoffen. Dit is zeker het geval voor secundaire polluenten zoals ozon. Die worden niet rechtstreeks uitgestoten, maar ontstaan in de atmosfeer door chemische reacties uit zogenaamde voorloperverbindingen. Ook zwevend stof bestaat voor een groot deel uit secundaire componenten.

Luchtkwaliteitsmodellen helpen om toch het verband te leggen tussen de emissies en de resulterende concentraties in de lucht. Deze modellen berekenen de verspreiding van polluenten in de atmosfeer, de belangrijkste chemische omzettingen die aanleiding geven tot secundaire polluenten, en indien van toepassing, de depositie ervan. Zo kunnen emissieprognoses 'vertaald' worden naar toekomstige concentraties en eventueel deposities. Onzekerheden in de emissieprognoses, schommelingen van meteorologische parameters en de beperkingen van de modellen zelf (bijvoorbeeld de resolutie van het model) leiden hierbij uiteraard tot bepaalde onzekerheden op de berekende polluentconcentraties en deposities.

Depositieprognoses laten op hun beurt toe natuurgerichte depositienormen of kritische lasten te toetsen. Daarenboven is de evolutie van de bodem- en grondwatertoestand in functie van de depositieprognoses een aanduiding voor de evolutie van bodemverzuring (bijvoorbeeld in bossen).

Al deze informatie moet beleidsmakers toelaten om beter in te schatten op welke locaties en in welke mate bijkomende emissiereductiemaatregelen noodzakelijk zijn. Dit om in de toekomst in Vlaanderen aan de (Europese) grens-, streef- en richtwaarden te voldoen en om de streeflasten voor natuur te respecteren.

Dit hoofdstuk schetst eerst de uitgangspunten van de milieuverkenning: de gebruikte methoden, de modellen en de scenario's. Daarna wordt een overzicht gegeven van de totale emissies uit de verschillende sectoren die van belang zijn voor

de hier gerapporteerde luchtpolluenten, namelijk (primair) PM10 en PM2,5, stikstofoxiden (NO_x), niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS), zwaveldioxide (SO_2) en ammoniak (NH_3). Vervolgens bespreekt het hoofdstuk de resultaten per luchtthema (fijn stof, fotochemische luchtverontreiniging en verzuring).

9.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning

De Vlaamse emissies van de scenariodoorrekeningen voor de verschillende sectoren vormden de basis voor de berekening van de concentraties van PM10, PM2,5, ozon en de verzurende polluenten in de lucht. De niet-Vlaamse emissies (uit andere gewesten en het buitenland) dragen ook bij tot de luchtvervuiling in Vlaanderen. Deze emissies werden afgeleid uit internationale emissiescenario's die qua maatregelen zo nauw mogelijk aansluiten bij de Vlaamse scenario's (IIASA, Amann *et al.*, 2008). Het E-map-model las de totale Vlaamse en buitenlandse set van emissies in. Dit model zorgt voor de ruimtelijke spreiding van de emissies en maakt gegevens vlot inleesbaar in de luchtkwaliteitsmodellen.

Twee luchtkwaliteitsmodellen berekenden de concentraties van de verschillende polluenten: het BelEUROS-model voor de berekening van ozon en fijn stof en het OPS-model voor de berekening van de verzurende polluenten. Het BelEUROS-model maakt gebruik van meteorologische gegevens, emissiegegevens en geografische gegevens (bijvoorbeeld landgebruik) om de complexe fysisch-chemische processen in de atmosfeer te simuleren die luchtverontreiniging veroorzaken. Per zichtjaar rekent het model concentraties door op basis van de emissies van dat zichtjaar, en de meteodata van 2007. Daarna werd van elk zichtjaar het relatieve verschil bepaald ten opzichte van de BelEUROS-modelberekening voor het basisjaar 2007[1]. Deze relatieve verschillen zijn vervolgens toegepast op de geïnterpoleerde concentratiekaart (RIO-corine) van 2007. Zo worden van elk zichtjaar de concentraties berekend, waardoor de onzekerheid op de modelberekeningen verkleint. Relatieve verschillen tussen gemodelleerde concentraties hebben immers een kleinere onzekerheid dan de absolute gemodelleerde concentraties. Er wordt ook vanuit gegaan dat de RIO-corine kaart, gemaakt op basis van de luchtkwaliteitsmetingen, de best mogelijke ruimtelijke voorstelling is van de luchtkwaliteit op dit ogenblik.

De volgende stap vertaalt de bekomen ozon- en fijn stofconcentraties naar resulterende gezondheidseffecten. Het hiervoor gebruikte Ex-DALY-model bepaalt het aantal verloren gezonde levensjaren (DALY's) en de externe gezondheidskosten (Ex) die te wijten zijn aan levenslange blootstelling aan de berekende concentraties.

Het OPS-model berekent transport, verspreiding en depositie van verzurende stoffen (gassen en aerosolen). Als invoer gebruikt het model meteorologische gegevens, emissiegegevens en receptorgebonden gegevens (onder andere ruwheidlengte, landgebruik, achtergrondconcentraties). Als uitvoer genereert het model concentratie- en depositievelden voor primair en secundair verzurende componenten

op een gekozen receptorrooster van 1x1 km. Per zichtjaar berekent het model concentraties en deposities op basis van de emissies van dat zichtjaar en de meteogegevens van 2006. Uit eigen vergelijkend onderzoek is namelijk gebleken dat de meteogegevens van 2006 een goede benadering zijn van de meteosituatie van de laatste zeven jaar. Op basis van de bekomen depositiewaarden werd de oppervlakte natuur (bossen, heide en soortenrijk grasland) met overschrijding van de kritische lasten voor verzuring en vermesting bepaald, waarbij bosrandeffecten in rekening werden gebracht. De invloed van verzurende depositie op bosbodems werd nagegaan door met het dynamische biogeochemische VSD-model (*Very Simple Dynamic* model) de bodemchemische toestand in een aantal geselecteerde bossen in Vlaanderen te simuleren doorheen de tijd. Zo is nagegaan op welke termijn een evolutie van bodemverzuring kan verwacht worden.

De gebruikte resolutie in de rekenmodellen maakt het niet mogelijk om conclusies te trekken over plaatsen waar (zeer) lokale bronnen een sterke invloed hebben (bijvoorbeeld streetcanyons, de omgeving van industriële bronnen ...). De conclusies geven dus een richting aan, maar gelden niet voor specifieke locaties.
Dit hoofdstuk bespreekt drie scenario's. Het referentiescenario (REF) omvat het huidige milieubeleid, zonder bijkomende maatregelen. Het Europa-scenario (EUR) brengt aanvullende maatregelen in rekening die nodig zijn om middellangetermijndoelen van het Europese milieubeleid te halen. Het visionaire scenario (VISI) omvat drastische maatregelen met het oog op een duurzame toekomst (zie Hoofdstuk 1 Beleidsscenario's).

9.2 Emissie van fijn stof (PM10 en PM2,5), ozonprecursoren en verzurende stoffen in Vlaanderen

Een algemeen beeld van de Vlaamse emissieresultaten krijgt men door de emissies uit de sectorhoofdstukken per relevante polluent en per sector te bekijken. Op basis van de vorige hoofdstukken is hier een overzicht per relevante luchtpolluent weergegeven, opgedeeld volgens sector. Het jaar 2006 wordt voorgesteld, samen met de zichtjaren 2010, 2015, 2020, 2025 en 2030 volgens het REF- en het EUR-scenario en het zichtjaar 2030 volgens het VISI-scenario. De uitgangspunten en inhoud van de verschillende scenario's zijn beschreven in de sectorhoofdstukken.

Enkel de emissies volgens het REF- en het EUR-scenario zijn doorgerekend voor de luchtkwaliteit. Omwille van het gevolgde tijdspad is de cijferset hier niet volledig identiek aan de set die gebruikt werd voor de concentratiedoorrekeningen. Daarnaast was het niet mogelijk alle reductiemaatregelen voor de sectoren industrie en energie, zoals vastgesteld of gepland in het kader van de Nationale Emissiemaxima richtlijn (NEM), door te rekenen (zie Hoofdstukken 4 Industrie en 7 Energieproductie). Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt echter dat beide zaken geen impact hebben op de conclusies over de te verwachten luchtkwaliteit.

De emissietotalen per polluent worden getoetst aan indicatieve doelstellingen voor 2020, gebaseerd op de IIASA-emissiescenario's beschreven in het NEC-Scenario Analysis report n° 6 (Amann *et al.*, 2008).

Emissie primair PM10 en PM2,5

Zowel het REF- als het EUR-scenario verwacht voor de emissies van rechtstreeks uitgestoten (primair) PM2,5 en PM10 in Vlaanderen in de periode tussen 2006 en 2015 aanvankelijk een daling. Die wordt gevolgd door een stijging in de periode tot en met 2030 (FIGUUR 9.1 en 9.2). Deze stijging is vooral te wijten aan evoluties in de

FIG. 9.1 *Emissie van primair PM10 in het REF-, het EUR- en het VISI- scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

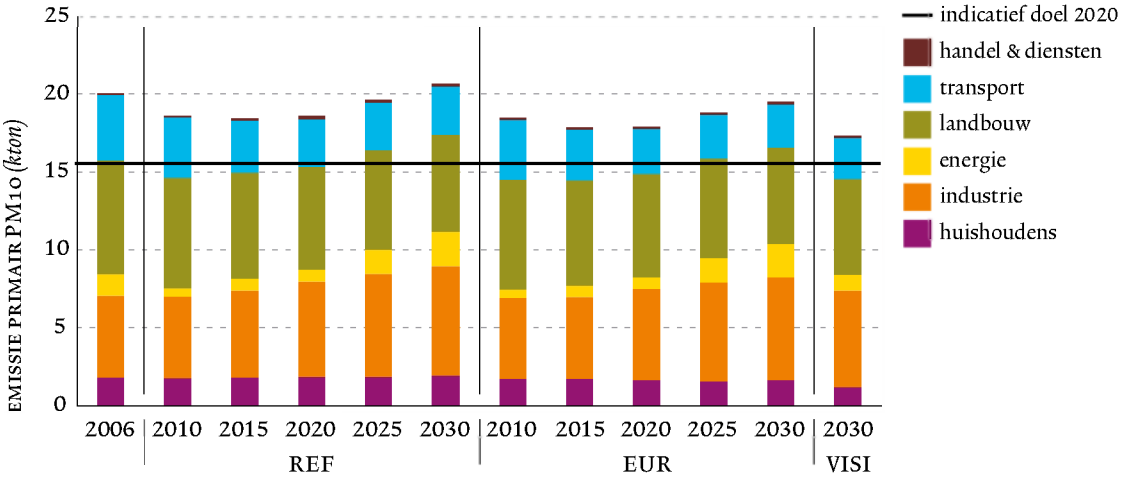
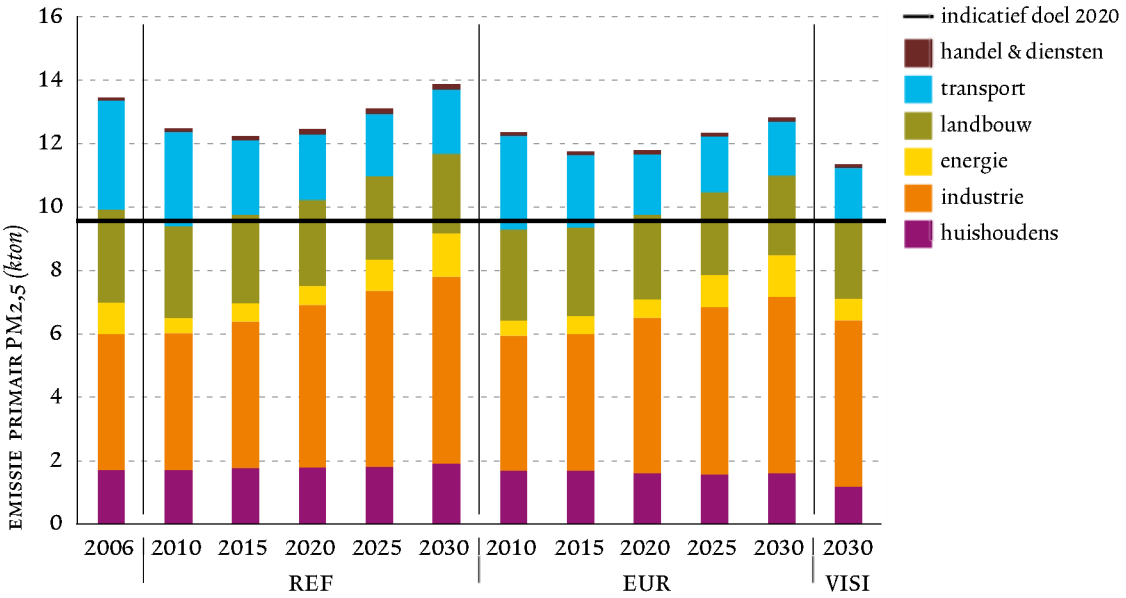


FIG. 9.2 *Emissie van primair PM2,5 in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



sectoren industrie en energie. Voor de energiesector is dit vooral het gevolg van de verhoogde inzet van steenkoolcentrales. Voor de sector industrie is dit te wijten aan de veronderstelde economische groei, en de hiermee gepaarde gaande stijging van het energiegebruik en het gebruik van vaste en vloeibare brandstoffen. De emissies in de sector transport dalen daarentegen licht door strengere emissienormen en het gebruik van nieuwe technologieën en alternatieve brandstoffen. In het REF-scenario is de emissie voor 2030 dan ook hoger dan deze voor 2006. De emissies voor beide grootteklassen van fijn stof voor het VISI-scenario voor 2030 liggen slechts weinig lager dan deze voor het EUR-scenario. Geen enkel scenario, zelfs niet het VISI-scenario, haalt de indicatieve 2020-doelstelling.

Emissie van stikstofoxiden (NO_x)

De NO_x-emissie vertoont in het REF- en het EUR-scenario een geleidelijke daling tussen 2006 en 2030 (FIGUUR 9.3). De sector transport levert de grootste bijdrage, met een daling van de NO_x-emissie met ongeveer 45 % in het REF-scenario en zelfs met 75 % in het EUR-scenario. Deze daling is onder meer te danken aan de introductie van de Euro 6-norm voor personenwagens en lichte bestelwagens in het REF-scenario en de introductie van de Euro VI-norm voor zware voertuigen in het EUR-scenario. De emissie van de sector industrie daarentegen stijgt in dezelfde periode met ongeveer 35 % in het REF- en het EUR-scenario. De NO_x-emissie voor 2030 volgens het VISI-scenario is beduidend lager dan deze voor het EUR-scenario. Dit is vooral te danken aan bijkomende emissiereducties in de sectoren energie en transport. De indicatieve emissiedoelstelling voor 2020 komt enkel in het VISI-scenario binnen bereik. Zowel volgens het REF- als het EUR-scenario blijven de emissies duidelijk boven deze doelstelling.

FIG. 9.3 *Emissie van NO_x in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

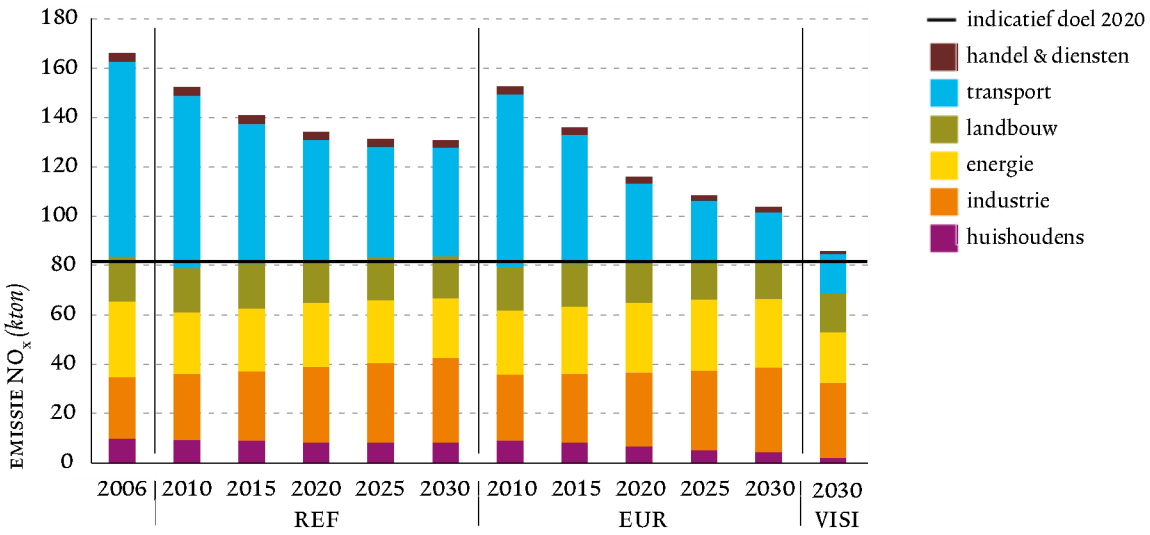
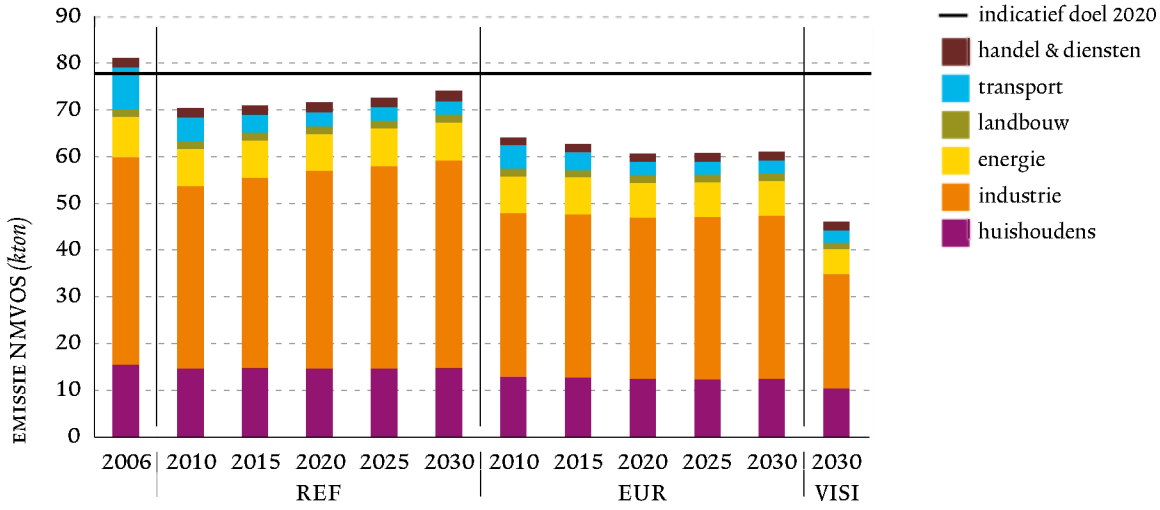


FIG. 9.4 *Emissie van NMVOS in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



Voor de sector transport werden de cijfers van het EUR-scenario overgenomen in het VISI-scenario.

Emissie van niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS)

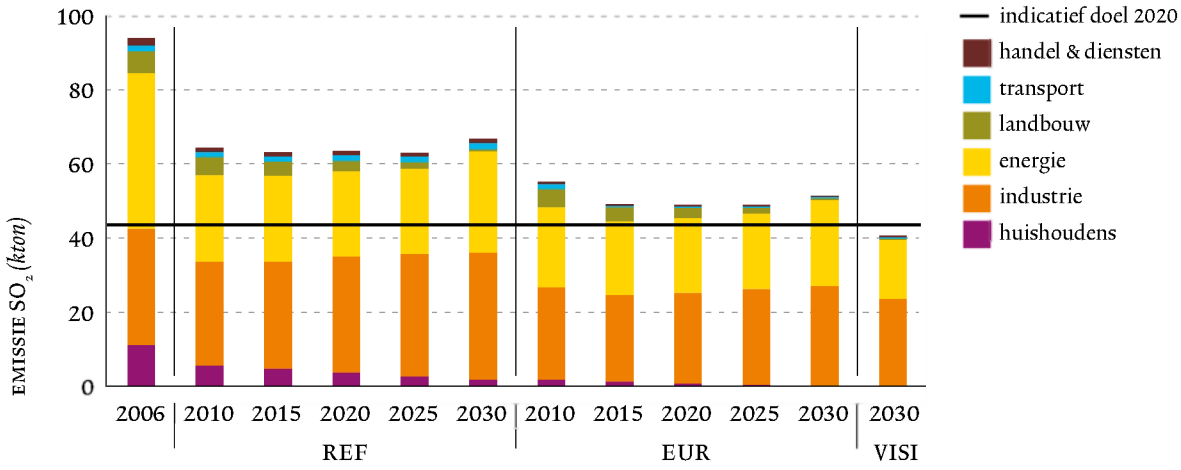
In het REF-scenario daalt de NMVOS-emissie in de periode tussen 2006 en 2010 (FIGUUR 9.4). Deze daling wordt echter gevolgd door een geleidelijke toename van de emissie tussen 2010 en 2030. Terwijl de NMVOS-emissie van de sector transport over de hele periode significant blijft afnemen, is vooral voor de industrie opnieuw een geleidelijke toename van de emissie te verwachten in de periode tussen 2010 en 2030. Het EUR-scenario geeft een geleidelijke emissiedaling van de totale NMVOS-emissie. Die is te danken aan zowel de emissiedaling in de sector transport als de gelijkblijvende emissie door de industrie.

De NMVOS-emissie voor het VISI-scenario 2030 is nog eens significant lager dan de uitstoot in het EUR-scenario. Dit is in de eerste plaats het gevolg van de duidelijk lagere emissie in de sector industrie. Alle scenario's halen vanaf 2010 met de beschouwde maatregelen de indicatieve 2020-doelstelling.

Emissie van zwaveldioxide (SO_2)

Tussen 2006 en 2010 verwacht zowel het REF- als het EUR-scenario een significante reductie van de SO_2-emissies (FIGUUR 9.5). Deze afname wordt voornamelijk in de sectoren energie en huishoudens gerealiseerd, met telkens ongeveer een halvering van de emissie. De milieubeleidsovereenkomsten (MBO) kunnen de daling in de energiesector verklaren. De inzet van CCS (*carbon capture & storage*), de daling van het zwavelgehalte in brandstof en de aard van de gebruikte brandstoffen spelen ook een belangrijke rol.

FIG. 9.5 *Emissie van SO_2 in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



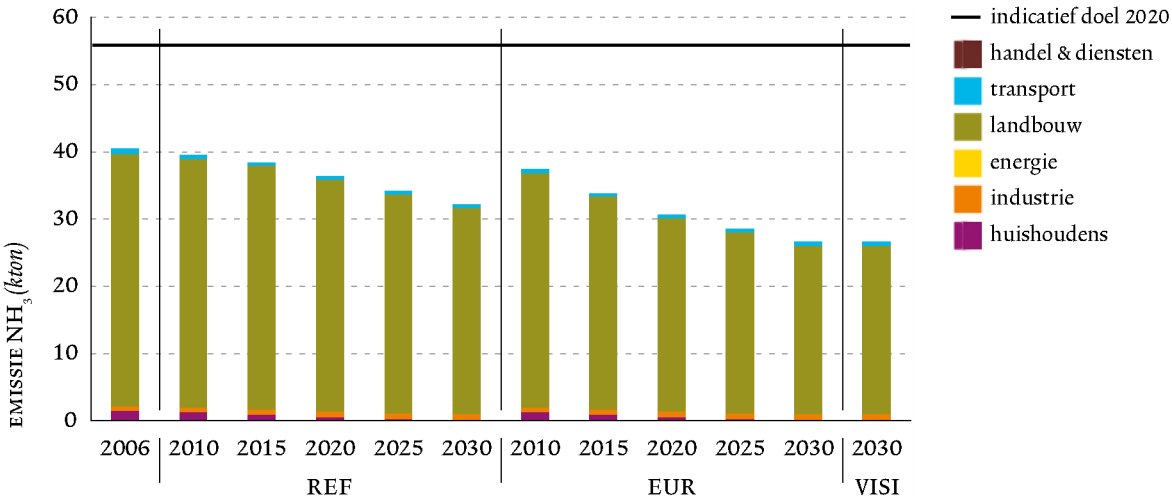
Voor het REF-scenario is er na 2010 enkel in de sectoren huishoudens en landbouw een verdere emissiereductie mogelijk door de omschakeling van stookolie naar aardgas met een zo goed als verwaarloosbare SO_2-emissie. In de landbouwsector is de daling het gevolg van de verlaging van het zwavelgehalte, zowel in diesel voor de landbouwvoertuigen als in de stookolie voor de verwarming van gebouwen (glastuinbouw en stallen). Ook in het EUR-scenario dragen de sectoren huishoudens en landbouw bij tot een verdere emissiereductie tot en met 2030. De stijging van de emissie tussen 2025 en 2030 is voornamelijk te wijten aan de verwachte toename van het gebruik van steenkool voor de elektriciteitsproductie. Het VISI-scenario voorziet, vooral in de energiesector, ten opzichte van het EUR-scenario immers een bijkomende SO_2-emissiereductie. Enkel het VISI-scenario haalt (in 2030) de indicatieve 2020-doelstelling.

Emissie van ammoniak (NH_3)

De landbouwsector draagt voor meer dan 90 % bij tot de totale NH_3-uitstoot in Vlaanderen. Tussen 2006 en 2030 wordt voor de landbouw een emissiereductie van ruim 20 % (in het REF-scenario) of 35 % (in het EUR-scenario) verwacht (FIGUUR 9.6). De voornaamste oorzaak in het EUR-scenario is de halvering van de stalemissies tegen 2030 door de dalende rundveestapel en het volledig emissiearm maken van stallen voor varkens en pluimvee.

Ook de sector huishoudens – de tweede belangrijkste sector voor de emissie van NH_3 in Vlaanderen – kan zijn emissie significant terugschroeven. De emissie bij huishoudens is immers zo goed als volledig afkomstig van de afvalwaterbehandeling (septische putten). In de veronderstelling dat tegen 2027 98 % van de inwoners in Vlaanderen zal aangesloten zijn op een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) – en er dus amper septische putten meer zullen zijn – wordt er een daling van deze emissies verwacht met 94 %. De indicatieve emissiedoelstelling voor 2020 wordt al in 2006 gehaald.

FIG. 9.6 *Emissie van NH_3 in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



9.3 Fijn stof

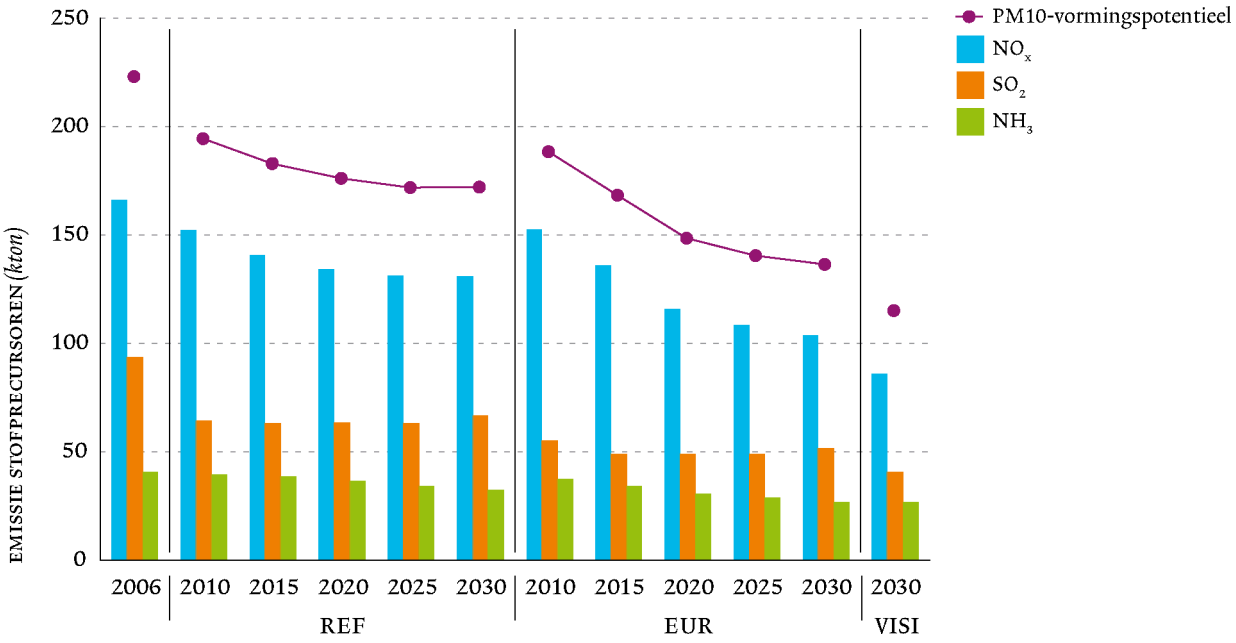
Zwevend stof is een mengsel van afzonderlijke deeltjes die zich in de lucht bevinden. Afhankelijk van hun grootte worden de ingeademde stofdeeltjes afgezet in de neus-, keel- en mondholte, de longen of de longblaasjes. De kleinere deeltjes (fijn stof) dringen het diepst door in de longen. Er zijn aanwijzingen dat de allerkleinste deeltjes zelfs tot in de bloedbaan kunnen doordringen. Gezondheidsschade kan onder andere op deze manier veroorzaakt worden.

Het fijn stof in de lucht bestaat enerzijds uit primaire deeltjes die rechtstreeks in de atmosfeer worden uitgestoten, en anderzijds uit een secundaire fractie die in de atmosfeer wordt gevormd uit gasvormige voorloperverbindingen (precursoren). De belangrijkste voorloperverbindingen zijn ammoniak (NH_3), stikstofoxiden (NO_x) en zwaveldioxide (SO_2). Analysen van de chemische samenstelling van fijn stof in Vlaanderen hebben aangetoond dat de secundaire anorganische componenten die uit de omzettingen van NH_3, NO_x en SO_2 ontstaan, ongeveer 40 % bijdragen aan de massa PM10. Dit aandeel kan zelfs oplopen tijdens smogepisodes (VMM, 2009).

Om de evolutie van deze secundaire bijdrage te schetsen, is gebruikgemaakt van het aerosolvormingspotentieel. Dit houdt rekening met de mate waarin de gasvormige emissies van de stofprecursoren NO_x, NH_3 en SO_2 kunnen bijdragen tot de vorming van secundair fijn stof (de Leeuw, 2002).

FIGUUR 9.7 toont een continue daling van het PM10-vormingspotentieel voor het REF-scenario en in nog sterkere mate voor het EUR-scenario. Vooral de verwachte daling van de NO_x- en de NH_3-emissies draagt hiertoe bij. Voor SO_2 wordt immers, na een belangrijke daling tussen 2006 en 2010, een stabiel of licht stijgend emissieverloop verwacht na 2010. Het PM10-vormingspotentieel voor het VISI-scenario 2030 ligt nog eens lager in vergelijking met het EUR-scenario 2030.

FIG. 9.7 *Emissies van stofprecursoren en PM10-vormingspotentieel in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



In wat volgt worden de resultaten van de modelsimulaties van een aantal belangrijke toestandsindicatoren voor zwevend stof besproken, namelijk de jaargemiddelde PM10-concentratie, de daggemiddelde PM10-concentratie en de jaargemiddelde PM2,5-concentratie. De spreidingskaarten zijn per scenario en zichtjaar – met een tijdstap van 5 of 10 jaar – ook beschikbaar op www.milieuverkenning.be. Daarna gaat de tekst dieper in op de invloed van de meteorologische variatie (het weer) en de klimaatverandering op de concentraties en vervolgens op de gezondheidseffecten en de externe gezondheidskosten. Tot slot formuleert het hoofdstuk enkele aanbevelingen voor het beleid.

Jaargemiddelde PM10-concentratie

De jaargemiddelde PM10-concentratie is een maat voor een langere termijnblootstelling aan deze fractie. Dit deel start met het jaargemiddelde over Vlaanderen, daarna bespreekt het de geografisch gespreide jaargemiddelden en tot slot toetst het deze concentraties aan de doelstellingen. Gemiddeld over Vlaanderen tonen de jaargemiddelde PM10-concentraties een geleidelijke maar duidelijke daling voor het REF- en het EUR-scenario. Het REF-scenario verwacht een daling van de jaargemiddelde PM10-concentratie in Vlaanderen van 27 µg/m³ in 2007 tot 25 µg/m³ in 2030 en het EUR-scenario zelfs een afname tot 21 µg/m³ in 2030 (FIGUUR 9.8).

Deze gegevens werden berekend met de meteorologische omstandigheden van 2007. Dit jaar kan men beschouwen als een 'normaal' jaar zonder extreem ongunstige meteorologische omstandigheden die zorgen voor hoge fijnstofvervuiling. Het weer heeft een belangrijke impact op de concentraties. Dit wordt verder in detail besproken.

FIG. 9.8 *Jaargemiddelde PM10-concentratie (ruimtelijk gemiddeld) in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007-2030)*

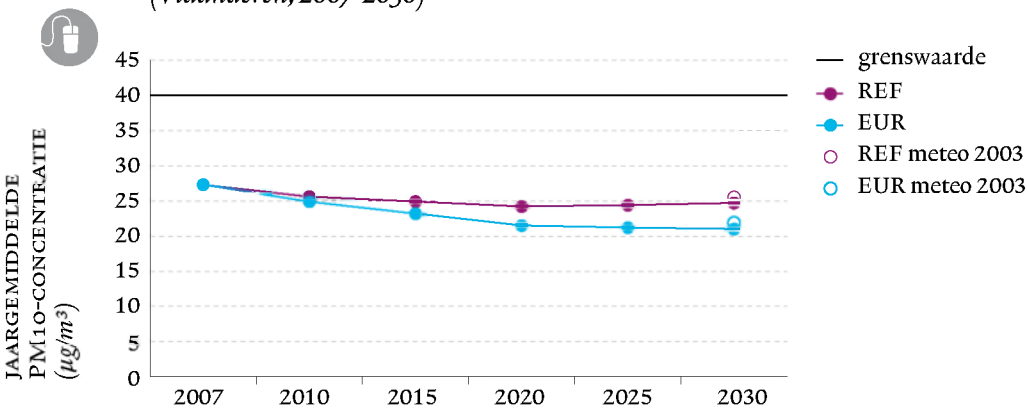
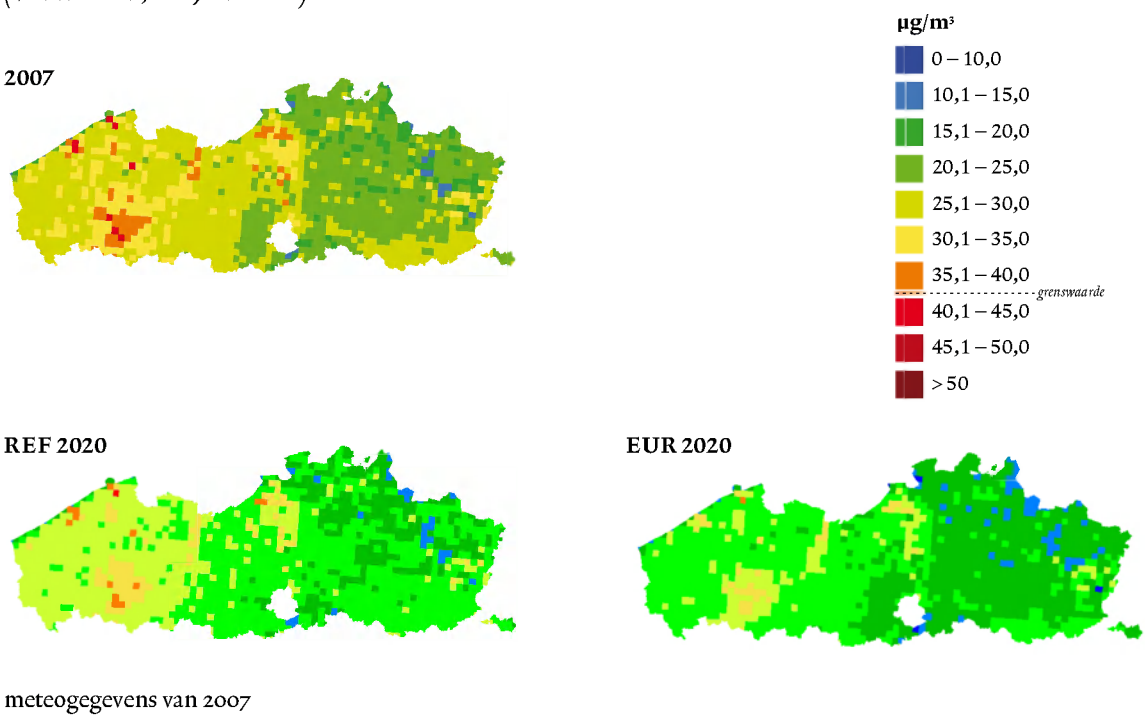


FIG. 9.9 *Jaargemiddelde PM10-concentratie voor alle 3x3 km gridcellen in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007 en 2020)*



meteogegevens van 2007

FIGUUR 9.9 toont de ruimtelijke verdeling van de jaargemiddelde PM10-concentratie in Vlaanderen voor het REF- (links) en het EUR-scenario (rechts voor 2007 en 2020 op een rooster met 3x3 km gridcellen. Het verloop van de PM10-concentratie van deze kaarten is vergelijkbaar met het verloop van de ruimtelijk over Vlaanderen gemiddelde PM10-concentratie (FIGUUR 9.8). Ook voor de provincie West-Vlaanderen, momenteel de regio met de hoogste jaargemiddelde PM10-concentraties in Vlaanderen, worden (iets) lagere PM10-concentraties verwacht. Uit de concentratiekaarten voor het EUR-scenario blijkt echter dat er een sterkere daling van de jaargemiddelde PM10-concentraties te verwachten valt. Dit is vooral het geval voor de belangrijkste *hot spots* in Vlaanderen, met name de regio's Zuid West-Vlaanderen en de Gentse Kanaalzone.

De toetsing aan de Europese normen toont aan dat beide scenario's de jaargemiddelde grenswaarde voor PM10 van 40 µg/m³, die nu ook op zo goed als alle meetlocaties gehaald wordt, ook in de toekomst (bij meteorologische omstandigheden zoals in 2007) blijven halen. Een daling van de jaargemiddelde PM10-concentratie met 25 % tegen 2020 ten opzichte van 2007 zoals voorzien in het Vlaanderen in actie-plan (ViA) zal niet overal in Vlaanderen gehaald worden in het REF-scenario. Mogelijk lukt dit (nipt) als de emissies dalen volgens het EUR-scenario.

Daggemiddelde PM10-concentratie

De daggemiddelde PM10-concentratie geeft een beeld van de kortdurende blootstelling aan piekwaarden van deze fractie. FIGUUR 9.10 stelt de overschrijding van de EU-dagnorm voor door het percentage van de bevolking dat op meer dan 35 dagen blootgesteld wordt aan PM10-concentraties hoger dan 50 µg/m³. Uit FIGUUR 9.10 blijkt een significante daling in het REF-scenario (van 35 % in 2007 naar 10 % tot 2020) en, in nog sterkere mate, het EUR-scenario (tot 1 à 2 % in 2020). Ondanks de bescheiden dalingen van de jaargemiddelde PM10-concentraties, is er een duidelijke impact op het aantal dagen met daggemiddelde PM10-concentraties hoger dan 50 µg/m³. Omwille van de drempelwaarde voor de daggemiddelde PM10-concentraties kan een kleine daling van de jaargemiddelde concentratie een gevoelige daling van het aantal dagen met daggemiddelde concentratie hoger dan 50 µg/m³ betekenen. Het is noodzakelijk om rekening te houden met de grotere onzekerheid op de modellering van de daggemiddelde concentraties (in vergelijking met jaargemiddelden). Dat betekent ook dat de onzekerheid op het percentage van de blootgestelde bevolking groot is. De grootte van de onzekerheid kan momenteel echter niet ingeschat worden. In de periode na 2020 is voor het REF-scenario terug een toename van de daggemiddelde concentratie te zien. Die is vooral te wijten aan de voorspelde stijging van de primaire PM10-emissies.

Ook bij de daggemiddelde PM10-concentratie is de invloed van het weer groot. Dit wordt verderop meer in detail besproken.

FIG. 9.10 *Percentage van de bevolking dat op meer dan 35 dagen blootgesteld wordt aan daggemiddelde PM10-concentraties hoger dan 50 µg/m³ (Vlaanderen, 2007-2030)*

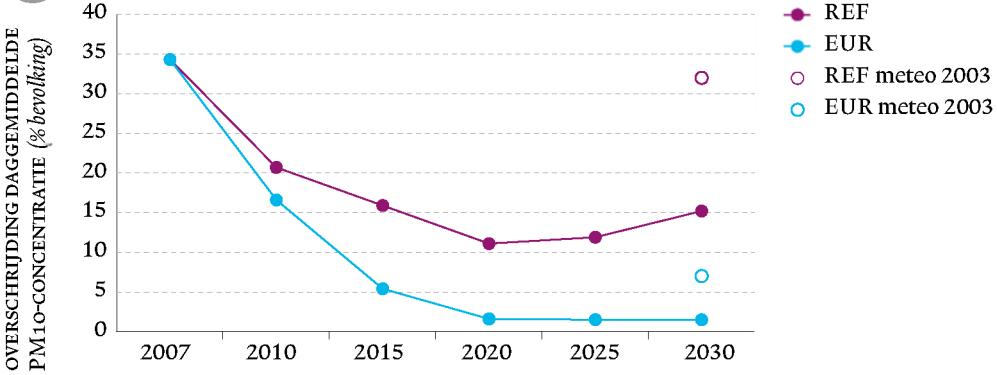
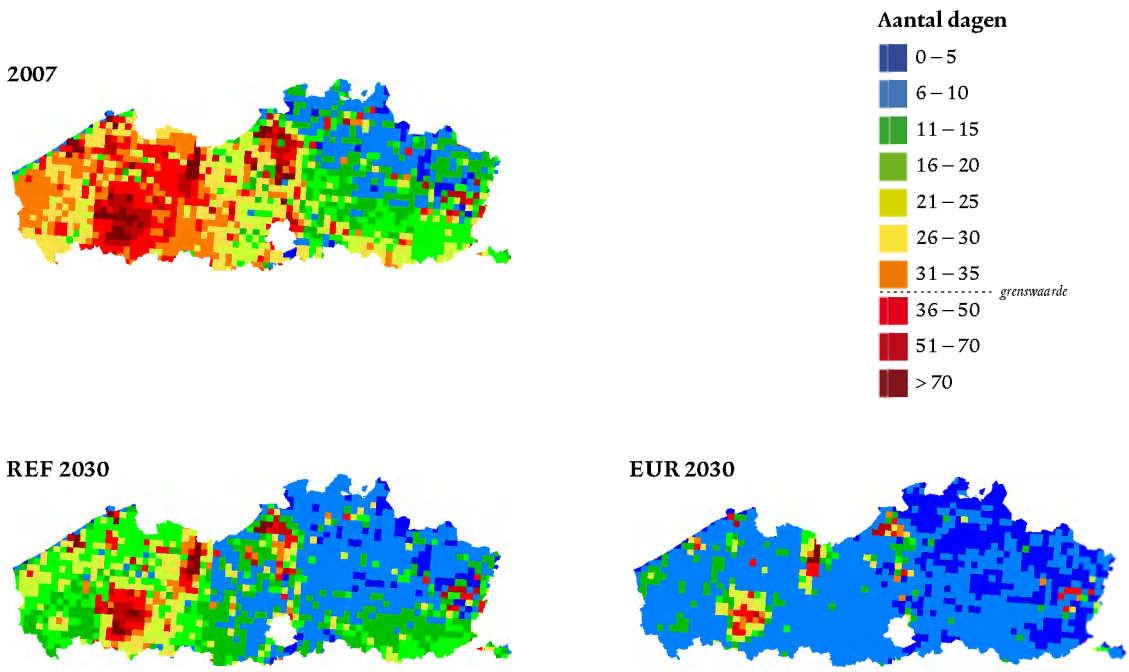


FIG. 9.11 *Aantal dagen met daggemiddelde PM10-concentratie hoger dan 50 µg/m³ voor alle 3x3 km gridcellen in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007 en 2030)*



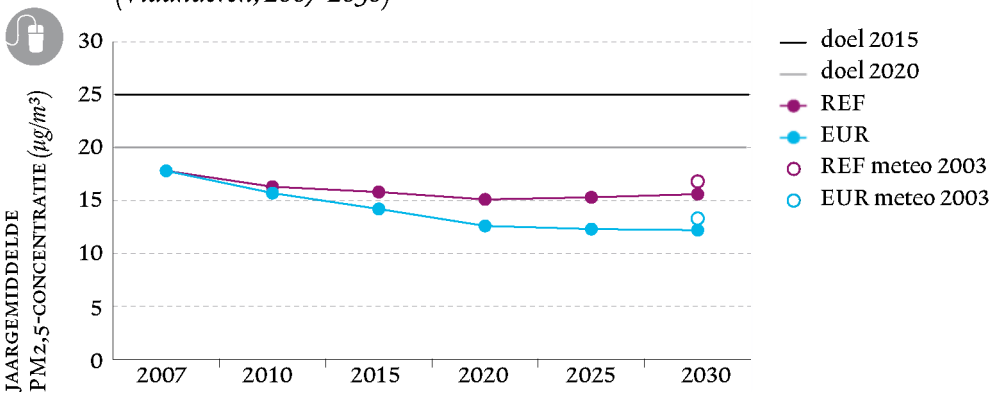
meteogegevens van 2007

FIGUUR 9.11 toont het aantal dagen met een daggemiddelde PM10-concentratie hoger dan 50 µg/m³ voor alle 3x3 km gridcellen in België voor het REF- en het EUR-scenario tussen 2007 en 2030. Het aantal overschrijdingen van de Europese PM10-dagnorm van 50 µg/m³ daalt significant. Ondanks de significante verbetering voor het REF- en in nog sterkere mate, voor het EUR-scenario blijven er in de *hot spot*-gebieden nog tot 2030 overschrijdingen van de EU-daggrenswaarde (ook in het EUR-scenario). Volgens de BelEUROS-prognose zal de Europese dagnorm, met de emissiereducties zoals voorzien in het EUR-scenario, ook in 2030 niet op het hele grondgebied van België gehaald worden.

Jaargemiddelde PM2,5-concentratie

De jaargemiddelde PM2,5-concentratie is een maat voor de langere termijnblootstelling aan deze fijnere stofdeeltjes. FIGUUR 9.12 toont de jaargemiddelde PM2,5-concentraties voor Vlaanderen voor het REF-scenario en het EUR-scenario. De evolutie van de PM2,5-concentraties is zeer gelijkaardig aan de evolutie van de PM10-concentraties. Het REF-scenario verwacht een daling van de PM2,5-concentraties tot 2020 gevolgd door een lichte stijging daarna. Het EUR-scenario berekent ook voor PM2,5 een daling over de gehele beschouwde periode. De PM2,5-concentratie bedraagt in het basisjaar 2007 18 µg/m³ (ruimtelijk) gemiddeld over Vlaanderen. Voor het REF-scenario zou de PM2,5-concentratie dalen naar 16 µg/m³, een daling van iets meer dan 2 µg/m³ (of 12 %). Voor het EUR-scenario kan echter een

FIG. 9.12 *Jaargemiddelde PM2,5-concentraties (ruimtelijk gemiddelde) in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007-2030)*



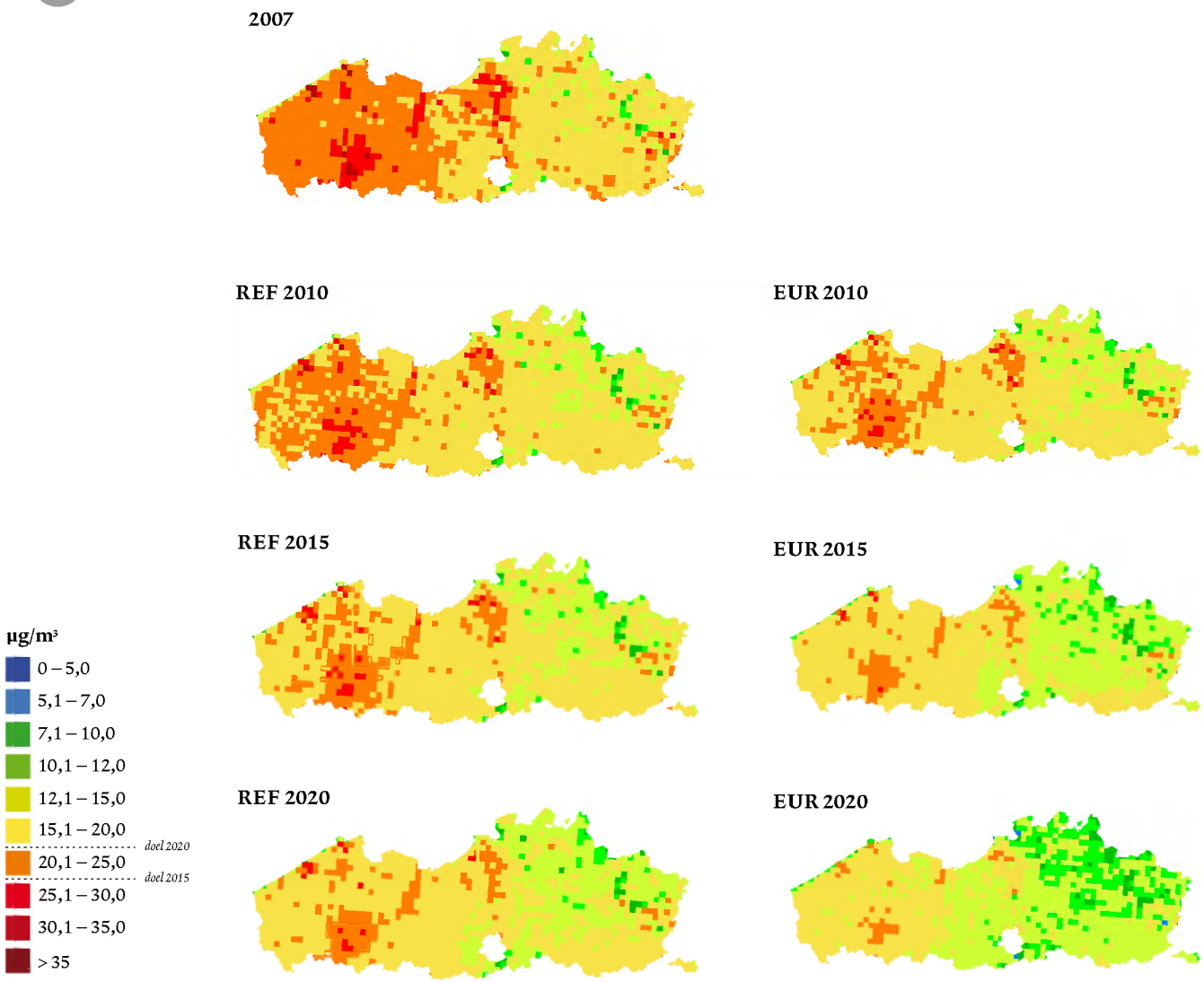
daling met 6 µg/m³ tot 12 µg/m³ (of 32 %) gerealiseerd worden. De concentratiedaling is dus ook voor PM2,5 in het geval van het EUR-scenario aanzienlijk (2,5 keer) groter dan voor het REF-scenario.

De jaargemiddelde PM2,5-concentratie daalt ook beduidend door de bijkomende Vlaamse en Europese emissiereducties in het EUR-scenario.

FIGUUR 9.13 toont de jaargemiddelde PM2,5-concentraties voor alle 3x3 km gridcellen in België voor het REF- en het EUR-scenario voor de jaren 2007, 2010, 2015 en 2020. De kaarten vertonen een vergelijkbaar beeld met dat voor de jaargemiddelde PM10-concentraties. Het REF-scenario verwacht een redelijk beperkte daling van de PM2,5-concentraties. Op de kaarten voor het EUR-scenario is een bijkomende daling van de PM2,5-concentraties te zien ten opzichte van deze voor het REF-scenario. De situatie in de *hot spot*-gebieden West-Vlaanderen, Gentse Kanaalzone en Antwerpen zal bij emissiereducties zoals verwacht in het EUR-scenario aanzienlijk beter zijn.

Het is weinig waarschijnlijk dat de jaargemiddelde PM2,5-concentratie van 25 µg/m³ in 2010 (EU-streefwaarde) in het REF-scenario gehaald wordt op alle plaatsen in Vlaanderen. Ook volgens het EUR-scenario zullen er in 2010 op een (beperkt) aantal plaatsen mogelijk nog overschrijdingen zijn van de streefwaarde. Wanneer deze streefwaarde een grenswaarde wordt in 2015, is dit in het EUR-scenario wel haalbaar. Het is niet zeker of dit ook geldt voor het REF-scenario. Ten slotte blijft de concentratie niet overal in Vlaanderen onder de indicatieve grenswaarde van 20 µg/m³ in het REF-scenario. Mogelijk lukt dit in het EUR-scenario wel.

FIG. 9.13 *Jaargemiddelde PM2,5-concentraties voor alle 3x3 km gridcellen in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007, 2010, 2015 en 2020)*



Invloed van het weer en de klimaatverandering

Deze concentraties werden berekend met de meteorologische omstandigheden van een 'normaal' jaar voor fijn stof, namelijk 2007. Het weer beïnvloedt echter de concentraties van zwevend stof. In het ene jaar regent het bijvoorbeeld meer dan in het andere jaar, waardoor meer zwevend stof uit de atmosfeer gewassen wordt en de concentraties dus lager zijn. Naast deze jaarlijkse schommelingen wordt dit vooral zichtbaar wanneer men de meteorologische gegevens voor een extreem jaar gebruikt. Het gebruik van een extreem jaar dient ook als benadering van een weertype dat volgens de huidige klimaatprojecties mogelijk frequenter zal voorkomen en geeft dus een beeld van het effect van klimaatverandering. Voor de berekening van zo'n extreem jaar zijn de meteorologische gegevens van 2003 gebruikt wegens

de droge zomer en de perioden met temperatuursinversie in de winter. Als emissiescenario's werden het REF-scenario 2030 en het EUR-scenario 2030 gebruikt, omdat het effect van de klimaatverandering vooral in de toekomst zichtbaar is.

Het effect van het scenario waarin de meteogegevens van 2003 gebruikt worden op de jaargemiddelde PM10- en PM2,5-concentraties is redelijk beperkt. Er is telkens een toename van de PM10- en PM2,5-concentraties voor het REF- en het EUR-scenario met ongeveer 1 µg/m³ ten opzichte van de resultaten voor het scenario met de meteogegevens 2007 (FIGUUR 9.8 en FIGUUR 9.12). Het REF-scenario berekent met de meteogegevens van 2003 voor 2030 een PM10-concentratie van 26 µg/m³ ten opzichte van 25 µg/m³ met de meteogegevens van 2007. Voor het EUR-scenario is dat 22 µg/m³ PM10 met de meteogegevens van 2003 ten opzichte van 21 µg/m³ met de meteogegevens van 2007.

Het scenario waarin de meteogegevens van 2003 worden gebruikt, heeft wel een belangrijke impact op het aantal overschrijdingen van de Europese daggemiddelde PM10-norm (FIGUUR 9.10). Het percentage van de bevolking in Vlaanderen dat op meer dan 35 dagen blootgesteld wordt aan daggemiddelde concentraties hoger dan 50 µg/m³, ligt in 2030 voor het REF-scenario ongeveer dubbel zo hoog met de meteogegevens van 2003 als met de meteogegevens van 2007. Voor het EUR-scenario is er zelfs een verschil van een factor 4,5. Het REF-scenario verwacht dat in 2030 (met meteogegevens van 2003) bijna evenveel mensen op meer dan 35 dagen in Vlaanderen zullen blootgesteld worden aan te hoge daggemiddelde PM10-concentraties als in het basisjaar 2007 (met meteogegevens van 2007). Met andere woorden: een klimaatverandering kan het effect van alle voorspelde emissiereducties tussen 2007 en 2030 volledig teniet doen. Indien er in 2030 dezelfde meteorologische omstandigheden zijn als in 2003, zullen zich naar verwachting evenveel overschrijdingen van de daggemiddelde PM10-norm voordoen als in 2007. Zelfs met emissies (REF-scenario) die significant lager zullen zijn.

Gezondheidseffecten en externe gezondheidskosten van fijn stof

Fijnstofdeeltjes kunnen diep doordringen in de luchtwegen. PM10 kan de slijmafvoer in de luchtwegen verstoren, ademhalingsklachten uitlokken en de gevoeligheid voor luchtweginfecties verhogen. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en zware metalen in of op stofdeeltjes kunnen de ontwikkeling van longkanker bevorderen. De toxische bestanddelen op het fijn stof kunnen zich na afzetting in de longen nog verder in het (menselijk) lichaam verspreiden via de bloedbaan of het lymfestelsel. Zowel PM10-, PM2,5- als de nog fijnere PM0,1-deeltjes kunnen ontstekingsmechanismen veroorzaken in de longen. Dit deel bekijkt de gezondheidseffecten en de daarbij horende externe gezondheidskosten.

DALY's staat voor *disability adjusted life years* of verloren gezonde levensjaren. Deze indicator schat het aantal gezonde levensjaren dat een populatie verliest door ziekte veroorzaakt door milieufactoren. Het is de optelsom van de jaren verloren

door sterfte aan de betreffende ziekte (verloren levensjaren) en de jaren geleefd met de ziekte, rekening houdend met de ernst (*disability weight*) ervan. De Wereldbank en de WGO ontwikkelden deze indicator om in acht regio's van de wereld een totale en vergelijkbare gestandaardiseerde ziektelast te berekenen (Murray & Lopez, 1996). Daarnaast werd de DALY-indicator ook gebruikt om het aantal verloren gezonde levensjaren te berekenen ten gevolge van de blootstelling aan milieufactoren zoals fijn stof en ozon (de Hollander *et al.*, 1999). Dat gebeurt op basis van epidemiologische en toxicologische kennis over effecten van luchtverontreiniging op de mens.

Zowel PM10 als PM2,5 heeft lange en korte termijneffecten op de gezondheid. Voor fijn stof werden twee gezondheidseffecten op lange termijn bekeken, namelijk:

- nieuwe gevallen van chronische bronchitis door langdurige blootstelling aan PM10;
- vervroegde sterfte bij chronische blootstelling aan PM2,5.

De onderzochte gezondheidseffecten op korte termijn ten gevolge van de blootstelling aan PM10 zijn:

- sterfte bij baby's;
- hospitalisaties wegens ademhalings- en hartproblemen bij de totale bevolking;
- gebruik van bronchodilatoren door kinderen en volwassenen;
- problemen met de lagere luchtwegen bij kinderen en volwassenen.

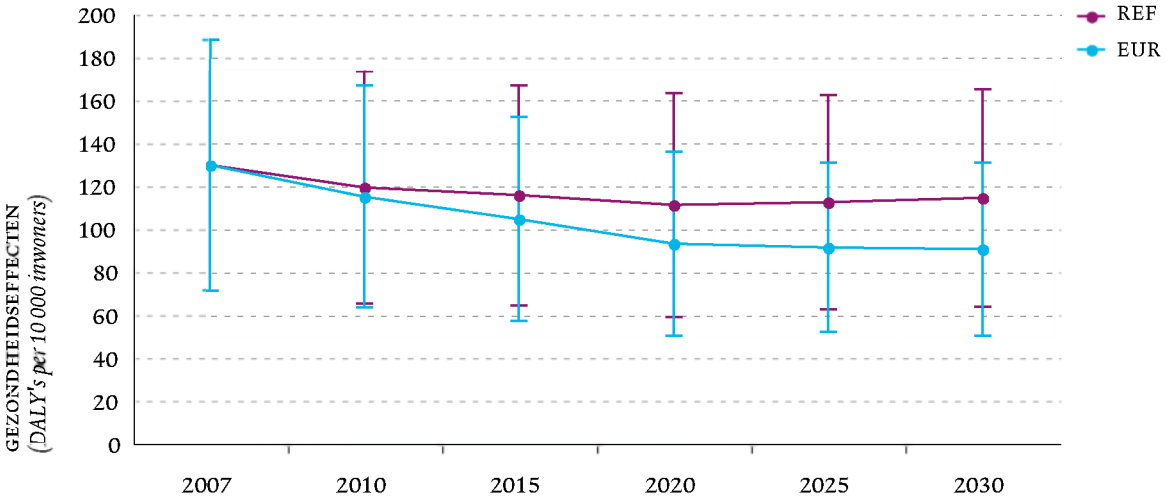
De onderzochte kortetermijneffecten te wijten aan de blootstelling aan PM2,5 zijn:

- dagen met verminderde activiteit (*Restricted Activity Days*);
- dagen met licht verminderde activiteit (*Minor* RADS);
- en dagen verloren door afwezigheid op het werk (*Work Loss Day*).

Het aantal gevallen voor een bepaalde ziekte door blootstelling aan fijn stof wordt berekend op basis van de concentratie, het aantal nieuwe ziektegevallen of het voorkomen van de ziekte in de bevolking, de grootte van de bevolkingsgroep vatbaar voor de ziekte en het relatief risico om de ziekte te krijgen. Door het aantal gevallen te vermenigvuldigen met een ernstfactor en de duur van een ziekte, kan het aantal DALY's berekend worden. Wanneer men het aantal gevallen vermenigvuldigt met een kost per geval, worden externe gezondheidskosten bepaald. Deze twee indicatoren kunnen evoluties schetsen of maken het mogelijk om verschillende gezondheidseffecten met elkaar te vergelijken. Ze zijn geschikt om relatieve beleidsmatige beoordelingen te maken van het milieu in Vlaanderen. Gezondheidseffecten en overeenstemmende kosten worden hier enkel gecorreleerd met blootstelling aan fijn stof terwijl in realiteit verschillende factoren (onder andere roken, genetische aanleg, voeding ...) kunnen bijdragen. Om die reden is er geen absolute interpretatie gegeven aan de getallen. Wel worden ze bekeken in een relatieve benadering, namelijk een vergelijking tussen de twee verschillende scenario's. Op die manier valt immers de bijdrage van de andere factoren dan blootstelling aan fijn stof weg.

FIGUUR 9.14 geeft een overzicht van het totaal aantal DALY's per jaar en per 10 000 inwoners berekend voor de twee scenario's. Gemiddeld gezien verliest een inwoner in Vlaanderen over zijn hele leven één gezond levensjaar. Dit is vooral te wij-

FIG. 9.14 *Totaal aantal DALY's door blootstelling aan fijn stof per 10 000 inwoners in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007-2030)*



De foutbalken geven de standaarddeviatie (1s) weer.

ten aan chronische gezondheidseffecten van PM10 en PM2,5. Voor het EUR-scenario is er een relatief snellere daling van het aantal DALY's dan voor het REF-scenario. Statistisch gezien (P <0,05) is er echter geen significante daling van het aantal DALY's. Deze statistische significante verschillen zijn moeilijk te realiseren met deze indicator als gevolg van de grootte van de betrouwbaarheidsintervallen die vooral bepaald zijn door de fout op het relatieve risico. Een MonteCarlo-simulatie kan echter wel de verschillen tussen de scenario's in kansen uitdrukken. Zo bedraagt de kans dat het REF-scenario leidt tot relatief meer DALY's dan het EUR-scenario in 2010, ongeveer 52 %, en in 2030 ongeveer 64 %.

Gezondheidseffecten kunnen ook uitgedrukt worden in milieuschadekosten of externe kosten veroorzaakt door milieuverontreinigingen. TABEL 9.1 geeft een overzicht van de externe gezondheidskosten gekoppeld aan langetermijneffecten van fijn stof. Het is duidelijk dat de gezondheidskosten dezelfde trend in de tijd volgen als de DALY's. Gemiddeld daalt de externe gezondheidskost door langetermijneffecten van PM10 en PM2,5 tussen 2007 en 2030 van 546 euro per inwoner per jaar naar 483 euro per inwoner per jaar volgens het REF-scenario. Ook hier is er een aanzienlijke spreiding op de resultaten.

TAB. 9.1 *Gemiddelde kost voor langetermijneffecten door blootstelling aan PM10 en PM2,5 in het REF-scenario (Vlaanderen, 2007-2030)*

(Euro per inwoner per jaar)	LANGETERMIJNEFFECT PM2,5			LANGETERMIJNEFFECT PM10		
	Gemiddeld	95 % OG	95 % BG	Gemiddeld	95 % OG	95 % BG
2007	463	90	848	83	0	146
2010	424	83	777	79	0	139
2015	410	80	752	77	0	137
2020	394	77	723	75	0	134
2025	398	78	730	76	0	134
2030	406	79	746	77	0	136

OG: ondergrens; BG: bovengrens

Conclusies voor het beleid

TABEL 9.2 toont een overzicht van de toetsing van de resultaten verkregen in deze studie aan de bestaande of geplande Europese normen voor zwevend stof zoals eerder beschreven. Het toewijzen van de *smileys* is de eigen interpretatie van de auteurs. Een ☹ betekent dat de normen met grote waarschijnlijkheid niet gehaald zullen worden. Een 😐 betekent dat het halen van de norm mogelijk is maar eerder nipt. Indien er een ☺ is toegewezen zal de norm met een vrij grote kans gehaald worden.

TAB. 9.2 *Overzicht van de toetsing van de concentraties aan de bijhorende normen*

Norm	grenswaarde	bron norm	REF-scenario	EUR-scenario
Jaargemiddelde PM10-concentratie	40 µg/m³ (EU)	EU	☺	☺
	-25 % in 2020 t.o.v. 2007 (ViA-plan)	ViA*	☹	😐
Daggemiddelde PM10-concentratie	maximum 35 dagen >50 µg/m³	EU	☹	😐
Jaargemiddelde PM2,5-concentratie	25 µg/m³ in 2010 (streefwaarde)	EU	☹	😐
	25 µg/m³ in 2015 (grenswaarde)	EU	😐	☺
	20 µg/m³ in 2020 (indicatieve grenswaarde)	EU	☹	😐

* ViA: Vlaanderen in Actie; er werd geen statistische waarschijnlijkheidsberekening toegepast.

De toetsing aan de Europese normen toont aan dat de jaargemiddelde norm voor PM10 van 40 µg/m³, die bijna alle meetlocaties nu al halen, ook in de toekomst zal gehaald worden. Een daling van de jaargemiddelde PM10-concentratie met 25 % tegen 2020 ten opzichte van 2007 zoals voorzien in het Vlaanderen in Actie-plan zal niet gehaald worden op alle plaatsen in Vlaanderen in het REF-scenario. Maar wel mogelijk (nipt) in het EUR-scenario indien de emissies volgens plan dalen.

Het is weinig waarschijnlijk dat de jaargemiddelde PM2,5-concentratie van 25 µg/m³ in 2010 (EU-streefwaarde) in het REF-scenario gehaald wordt op alle plaatsen in Vlaanderen. Ook volgens het EUR-scenario zullen er in 2010 op een (beperkt) aantal plaatsen mogelijk nog overschrijdingen zijn van de streefwaarde. Wanneer deze streefwaarde een grenswaarde wordt in 2015, is dit in het EUR-scenario wel haalbaar. Het is niet zeker of dit ook geldt voor het REF-scenario. Ten slotte blijft de concentratie niet overal in Vlaanderen onder de indicatieve grenswaarde van 20 µg/m³ in het REF-scenario. Mogelijk lukt dit in het EUR-scenario wel.

Een toetsing aan de EU-daggemiddelde PM10-grenswaarde toont aan dat er in het REF-scenario nog in zowat alle agglomeraties in Vlaanderen (Antwerpen, Gent en de regio rond Kortrijk) meer dan 35 dagen met daggemiddelde PM10-concentratie

hoger dan 50 µg/m³ bereikt worden. Deze Europese norm blijft ook in de toekomst de moeilijkst haalbare. Volgens het EUR-scenario zijn er vanaf 2015 beduidend minder gebieden met meer dan 35 overschrijdingsdagen. Er worden in het EUR-scenario vanaf 2020 wel nog in een aantal gridcellen overschrijdingen verwacht, maar met bijkomende specifieke maatregelen kan de EU-norm mogelijk wel gehaald worden. Deze 'lokale' maatregelen zijn maatregelen die men specifiek in de grote agglomeraties en in bepaalde industriezones kan nemen, bovenop de maatregelen die in het EUR-scenario. Voorbeelden van bijkomende maatregelen zijn *low emission zones* in steden, waarbij vervuilende wagens uit het stadscentrum geweerd worden of maatregelen die zorgen voor lagere industriële diffuse stofemissies.

Cruciaal is dat zonder bijkomende lokale emissiereductiemaatregelen in de grote agglomeraties en in bepaalde industriezones de Europese norm voor de daggemiddelde PM10-concentraties zelfs in 2020 niet overal in Vlaanderen kan worden gehaald met alleen de nu al genomen of geplande maatregelen. Bijkomende inspanningen zijn noodzakelijk om de uitstoot van primaire stofdeeltjes en de precursoren van zwevend stof te verminderen. De (vooral) Europese maatregelen die tegen 2020 in voege zijn, zullen er wel voor zorgen dat de PM10-concentraties in Vlaanderen 'in de buurt' van de Europese grenswaarden komen. Maar zonder bijkomende maatregelen is dit niet voldoende om de doelstellingen overal in Vlaanderen te bereiken. Deze modelberekeningen werden echter uitgevoerd met 'normale' meteorologische omstandigheden. Wanneer er in de toekomst door klimaatverandering vaker ongunstige meteorologische omstandigheden voor fijn stof optreden (zoals in 2003), zullen de genomen en geplande Europese emissiereductiemaatregelen met grote zekerheid onvoldoende zijn om de EU-grenswaarden in Vlaanderen tegen 2020 te halen. In dit geval zouden er in nog veel sterkere mate bijkomende lokale maatregelen nodig zijn.

9.4 Fotochemische luchtverontreiniging

Fotochemische luchtverontreiniging is de verontreiniging van de omgevingslucht met oxiderende stoffen, zoals ozon (O_3), stikstofdioxide (NO_2) en peroxyacetylnitraat (PAN). Ozon geldt als de representatieve stof voor fotochemische luchtverontreiniging. Het bezit een sterk oxiderend karakter, is schadelijk voor de longwerking, vermindert de opbrengst en de stressbestendigheid van gewassen en degradeert sommige materialen en kunstwerken.

Ozon wordt niet rechtstreeks uitgestoten, maar wordt in de atmosfeer (troposfeer) gevormd onder invloed van warmte en zonlicht in aanwezigheid van ozonvoorlopers (of ozonprecursoren) zoals stikstofoxiden (NO_x), niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) en in mindere mate koolstofmonoxide (CO) en methaan (CH_4). NO_x en NMVOS hebben een verschillend ozonvormend vermogen. Om dit te compenseren worden de NO_x-emissies eerst vermenigvuldigd met 1,22 alvorens ze

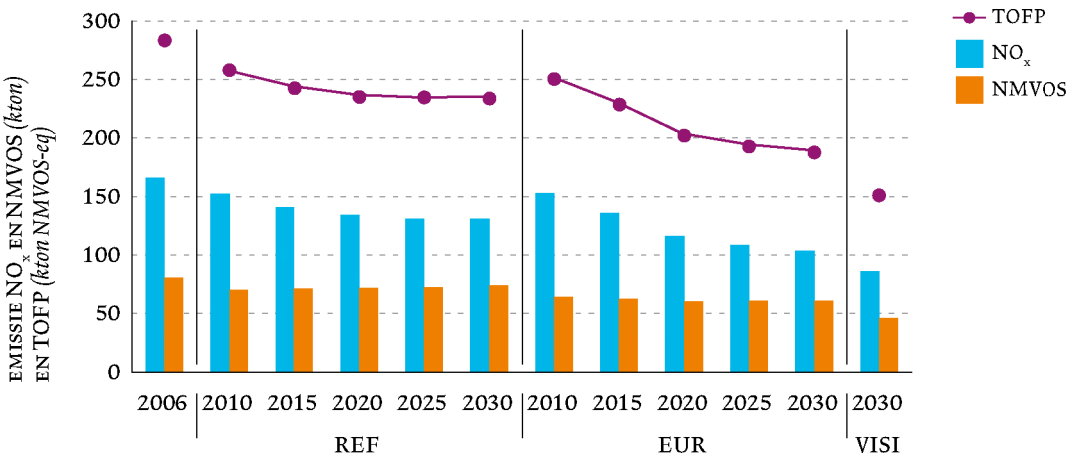
op te tellen met de NMVOS-emissies. De bekomen som is het troposferische ozonvormende potentieel (TOFP) en wordt uitgedrukt in NMVOS-equivalenten.

Uit FIGUUR 9.15 blijkt dat het totale troposferische ozonvormende potentieel zowel in het REF-scenario als het EUR-scenario geleidelijk zal dalen, vooral in de periode tot en met 2020. Het EUR-scenario verwacht duidelijk een sterkere daling dan het REF-scenario. Tussen 2020 en 2030 verwacht enkel het EUR-scenario nog een verdere emissiereductie. In beide scenario's is de totale TOFP-daling te danken aan een afname van de NO_x-emissies. Het TOFP in het VISI-scenario 2030 ligt nog eens beduidend lager dan dit in het EUR-scenario 2030. Het VISI-scenario gaat immers uit van zowel lagere NO_x- als NMVOS-emissies.

Het huidige Europese emissiereductiebeleid is vooral gericht op ozonprecursoren en verzurende stoffen. De EU-richtlijn 2001/81/EG met de *National Emission Ceilings* (NEC) of Nationale Emissiemaxima (NEM) per lidstaat, gekoppeld aan de Europese geïntegreerde Richtlijn Luchtkwaliteit (2008/50/EG), spelen hierbij een belangrijke rol.

Dit deel bespreekt de resultaten van de modelsimulaties voor een aantal belangrijke toestandsindicatoren voor fotochemische luchtverontreiniging, namelijk de jaargemiddelde ozonconcentratie, het aantal overschrijdingsdagen, de ozonjaaroverlast en de seizoensoverlast voor gewassen en bossen. Bij duidelijke evoluties werd naast het resultaat voor Vlaanderen ook het resultaat op niveau België weergegeven. De spreidingskaarten zijn per scenario en zichtjaar – met een tijdstap van 5 of 10 jaar – ook beschikbaar op www.milieuverkenning.be. Daarna staat dit deel stil bij de gezondheidseffecten en de externe gezondheidskosten van ozon. Conclusies voor het beleid ronden de tekst af.

FIG. 9.15 *Emissie van de ozonprecursoren NO_x en NMVOS en het troposferische ozonvormende potentieel (TOFP) in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



De complexiteit van de ozonchemie

Bij de interpretatie van de verkregen resultaten is het noodzakelijk rekening te houden met de complexiteit van de ozonchemie. Onder meer de volgende aspecten spelen hierin een rol:

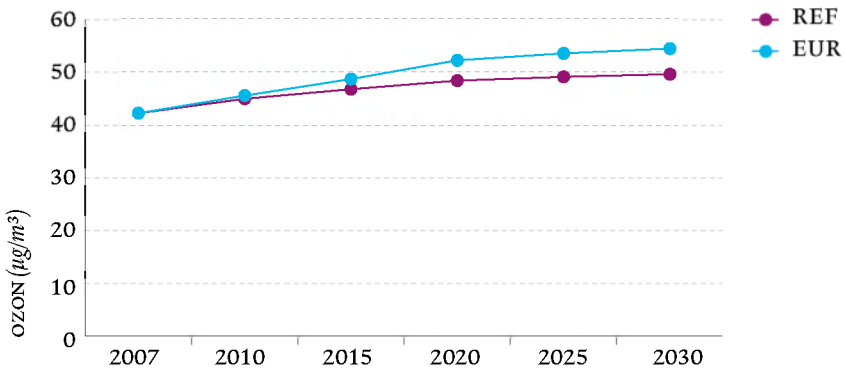
- *Ozonvorming versus ozonafbraak:* er is geen lineair evenredig verband tussen de hoeveelheid ozon die gevormd wordt en de aanvankelijk aanwezige concentraties aan NO_x en NMVOS. Een (geringe) vermindering van de NO_x-concentraties leidt bovendien op vele plaatsen in Vlaanderen in een eerste fase tot een toename van de ozonconcentraties. Reductie van NO_x-emissies heeft namelijk een beperkte invloed op de ozonvorming, maar wel een sterke impact op de ozonafbraak. Dit komt omdat het hoofdbestanddeel van NO_x het ozonafbrekende NO is (naast het ozonvormende NO_2). De verhouding van NO_2 ten opzichte van NO in de NO_x-emissies is dus van groot belang. De modelberekeningen hebben bij de grootste bron van NO_x-emissies, het wegverkeer, daarom rekening gehouden met de verwachte stijging in de verhouding van NO_2 ten opzichte van NO. Dit is het gevolg van het stijgende aantal dieselvoertuigen met oxidatiekatalysator.
- *Langeafstandstransport en ozonachtergrond:* een belangrijk deel van het ozon wordt niet lokaal gevormd, maar komt via transport in de atmosfeer over lange afstanden in onze regio's terecht. De zogenaamde noord-hemisferische ozonachtergrond geeft een aanduiding van deze bijdrage.
- *Grote invloed meteorologische variaties:* de modelsimulaties gebeurden met de meteogegevens van 2007. Dat jaar had maar weinig dagen met hoge ozonwaarden. Om de invloed van het weer, en ook de mogelijke invloed van klimaatverandering, op de ozonconcentraties bij benadering na te gaan, gebeurden ook enkele berekeningen op basis van de meteogegevens van het jaar 2003.
- *Toetsing aan doelstellingen:* om rekening te houden met de invloed van de weersomstandigheden moeten de ozonwaarden uitgemiddeld worden over drie tot vijf jaar om ze aan de Europese ozonstreefwaarden te toetsen. Dit was hier niet mogelijk omdat maximaal twee meteojaren werden doorgerekend. De langetermijndoelstellingen gelden per jaar en werden wel getoetst.

Jaargemiddelde ozonconcentratie

De jaargemiddelde ozonconcentratie is een interessante indicator voor de langetermijnblootstelling van de bevolking aan ozon. De WGO verklaart namelijk dat geen drempelwaarden meer kunnen worden vastgesteld waaronder (chronische) gezondheidseffecten kunnen worden uitgesloten. Dus ook de lagere, 'alledaagse' concentraties van ozon kunnen zorgen voor schadelijke gezondheidseffecten bij de (meest gevoelige groepen uit de) bevolking.

De jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen vertonen volgens de modelsimulaties een geleidelijke, maar significant stijgende trend in zowel het REF- als het EUR-scenario (FIGUUR 9.16). Volgens het REF-scenario stijgt de jaargemiddelde ozonconcentratie van 42 µg/m³ in 2007 tot bijna 50 µg/m³ in 2030. Voor het EUR-scenario is er zelfs een stijging tot 54 µg/m³. Dit is in de eerste plaats te wijten aan een afname van de ozonafbraak door NO. Op de tweede plaats is dit toe te schrijven aan de verwachte algemene toename van de noord-hemisferische ozon-

FIG. 9.16 *Jaargemiddelde ozonconcentraties (ruimtelijk gemiddelde) in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007-2030)*



achtergrond, onder andere door stijgende emissies van landen zoals China en India. Beide scenario's berekenden de bijdrage van de stijging van de ozonachtergrond aan de verwachte stijging van de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen voor 2030. Voor het REF-scenario is ongeveer een derde (2,6 µg/m³) van de totale stijging te wijten aan de stijging van de ozonachtergrond. In het EUR-scenario is dit minder dan een kwart (2,8 µg/m³). Het langeafstandstransport van ozon naar Europa heeft dus een belangrijke impact op de ozonconcentraties in onze regio. De voornaamste reden voor de stijgende jaargemiddelden in Vlaanderen is echter wel de vermindering van de ozonafbraak door de verwachte Vlaamse en Europese NO_x-emissiereducties.

Aantal overschrijdingsdagen (NET60ppb-max8u)

De indicator NET60ppb-max8u geeft het aantal dagen per jaar weer waarop de hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie (van die dag) hoger is dan 60 ppb of 120 µg/m³. Een van de Europese doelstellingen voor de bescherming van de volksgezondheid is gebaseerd op deze overschrijdingsindicator.

Het verloop van deze overschrijdingsindicator is relatief vlak, zowel in het REF- als het EUR-scenario. Het ruimtelijk gemiddelde aantal overschrijdingsdagen in Vlaanderen varieert tussen acht en tien. Terwijl in het REF-scenario een lichte stijging waar te nemen is, wordt in het EUR-scenario vanaf 2015 een dalende trend verwacht (FIGUUR 9.17). Zowel voor het REF- als het EUR-scenario gaat het hier echter om niet-significante veranderingen.

Het effect van de emissiereducties komt duidelijker naar voor in FIGUUR 9.18, die het verloop van het aantal overschrijdingsdagen tussen 2007 en 2030 op niveau België toont. Terwijl in Vlaanderen het aantal overschrijdingsdagen in het REF-scenario weinig wijzigt tussen 2007 en 2030, wordt voor Wallonië een significante daling verwacht tegen 2030.

Volgens het EUR-scenario zijn er in 2030 in Vlaanderen zelfs significant meer overschrijdingsdagen dan in Wallonië, terwijl dit in 2007 net omgekeerd is. De verklaring hiervoor is dat de verwachte emissiereducties vooral een effect hebben op

FIG. 9.17 *Verloop van het gemiddelde aantal overschrijdingsdagen (ruimtelijk gemiddelde) in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007-2030)*

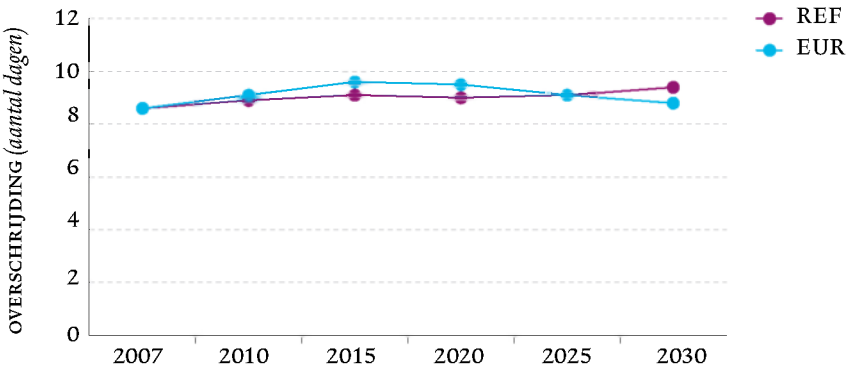
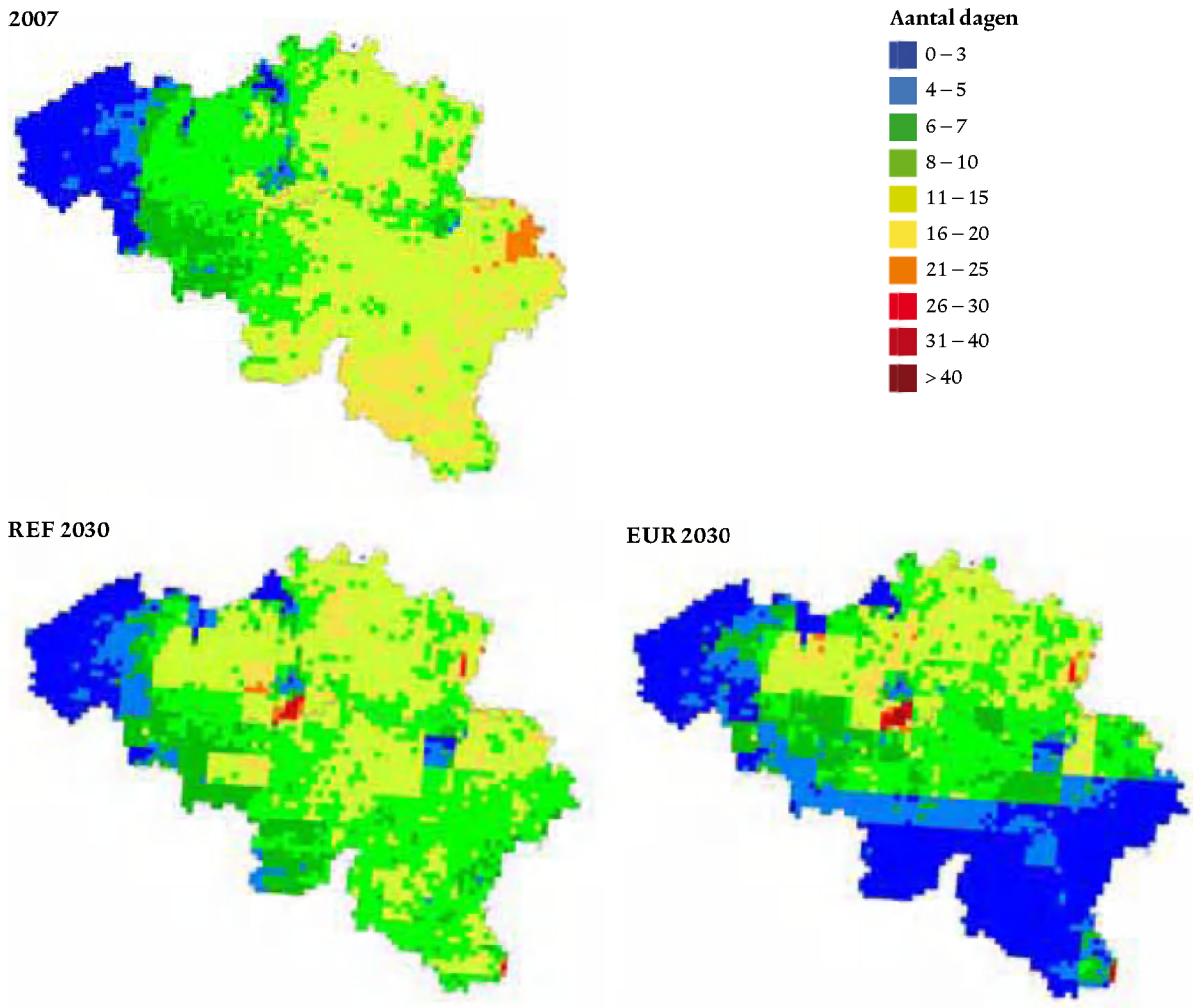


FIG. 9.18 *NET60ppb-max8u voor alle 3x3 km gridcellen in het REF- en het EUR-scenario (België, 2007 en 2030)*



de ozonpiekconcentraties. In Vlaanderen, waar in 2007 al minder ozonpieken voorkwamen, zullen deze emissiereducties een kleiner effect hebben. In Vlaanderen is omwille van de hoge NO_x-emissiedichtheid de afbraak van ozon belangrijker dan de ozonvorming. Dit betekent dat een emissiereductie van NO_x in eerste instantie tot minder ozonafbraak leidt en dus meer overschrijdingsdagen veroorzaakt.

Als langetermijndoelstelling voor de indicator NET60PPB is vastgelegd dat de dagelijkse hoogste 8-uurgemiddelde concentratie op geen enkele dag 120 µg/m³ mag overschrijden. Deze doelstelling wordt in Vlaanderen noch in het REF-scenario, noch in het EUR-scenario gehaald tegen 2030, zelfs niet onder de voor ozon zeer gunstige meteorologische condities van het jaar 2007 waarmee de berekeningen uitgevoerd werden.

Jaaroverlast (AOT60ppb-max8u)

De jaaroverlastindicator AOT60ppb-max8u sommeert over een jaar de dagelijkse verschillen van de hoogste 8-uurgemiddelde ozonconcentratie met de drempelwaarde van 60 ppb (120 µg/m³). Deze indicator houdt rekening met de grootte van de overschrijdingen, en is dus een goede maat voor het verloop van de ozonpiekconcentraties.

De jaaroverlastindicator vertoont in het REF-scenario een dalende trend voor de periode 2007-2020, gevolgd door een lichte stijging (FIGUUR 9.19). Het EUR-scenario verwacht daarentegen een significante daling (37 %) van de jaaroverlastindicator over de periode 2007 tot 2030. In tegenstelling tot de jaargemiddelde concentraties, vertonen de ozonpiekconcentraties dus een duidelijk dalende trend. Deze trend, waargenomen in de ozonmetingen in Vlaanderen, zet zich in de toekomst waarschijnlijk verder.

FIG. 9.19 *Verloop van de AOT60ppb-max8u (ruimtelijk gemiddelde) in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007-2030)*

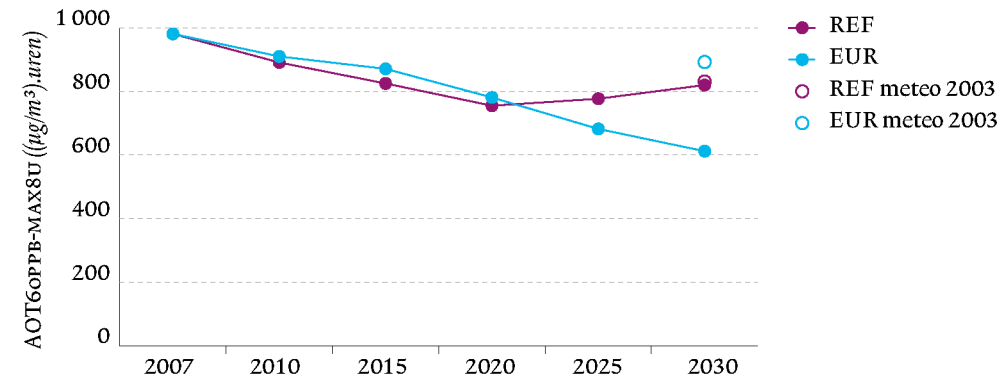
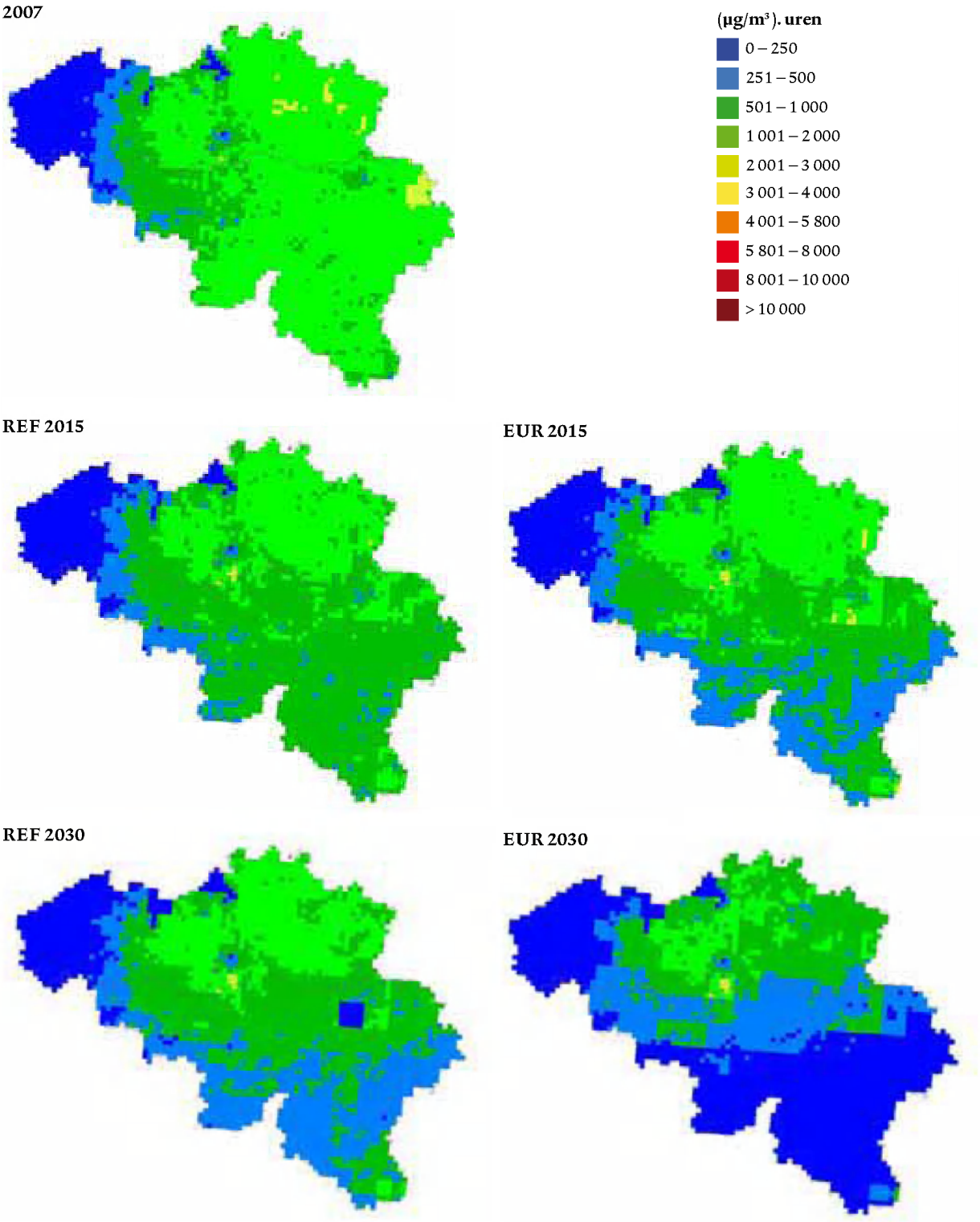


FIG. 9.20 *AOT60ppb-max8u voor alle 3x3 km gridcellen in het REF- en het EUR-scenario (België, 2007, 2015 en 2030)*



FIGUUR 9.20 toont de AOT60ppb-max8u voor België in het REF- en het EUR-scenario voor de jaren 2007, 2015 en 2030. In Vlaanderen daalt de jaaroverlastindicator met ongeveer een derde tussen 2007 en 2030. Deze daling is in Wallonië voor beide scenario's nog meer uitgesproken. Ondanks de minder gunstige situatie in Wallonië in 2007 in vergelijking met Vlaanderen, zal in het REF-scenario de overschrijdingsindicator in 2030 ongeveer even hoog zijn in Vlaanderen als in Wallonië. In het EUR-scenario neemt deze indicator bijna in heel Wallonië zeer lage waarden aan, gemiddeld significant lager dan in Vlaanderen.

Aangezien als langetermijndoelstelling voor de overschrijdingsindicator NET60ppb geldt dat geen overschrijdingsdagen meer mogen voorkomen, betekent dit eveneens dat de jaaroverlastindicator AOT60ppb gelijk moet zijn aan nul. Deze doelstelling wordt noch in het REF-scenario, noch in het EUR-scenario gehaald in Vlaanderen tegen 2030, zelfs niet onder de voor ozon zeer gunstige meteorologische condities van 2007. Er blijven gebieden in Vlaanderen met een waarde hoger dan 1 000 (µg/m³).uren.

Invloed op vegetatie: seizoensoverlast voor gewassen (AOT40ppb-vegetatie) en bossen (AOT40ppb-bossen)

Twee toestandsindicatoren volgen de invloed van ozon op de vegetatie op:

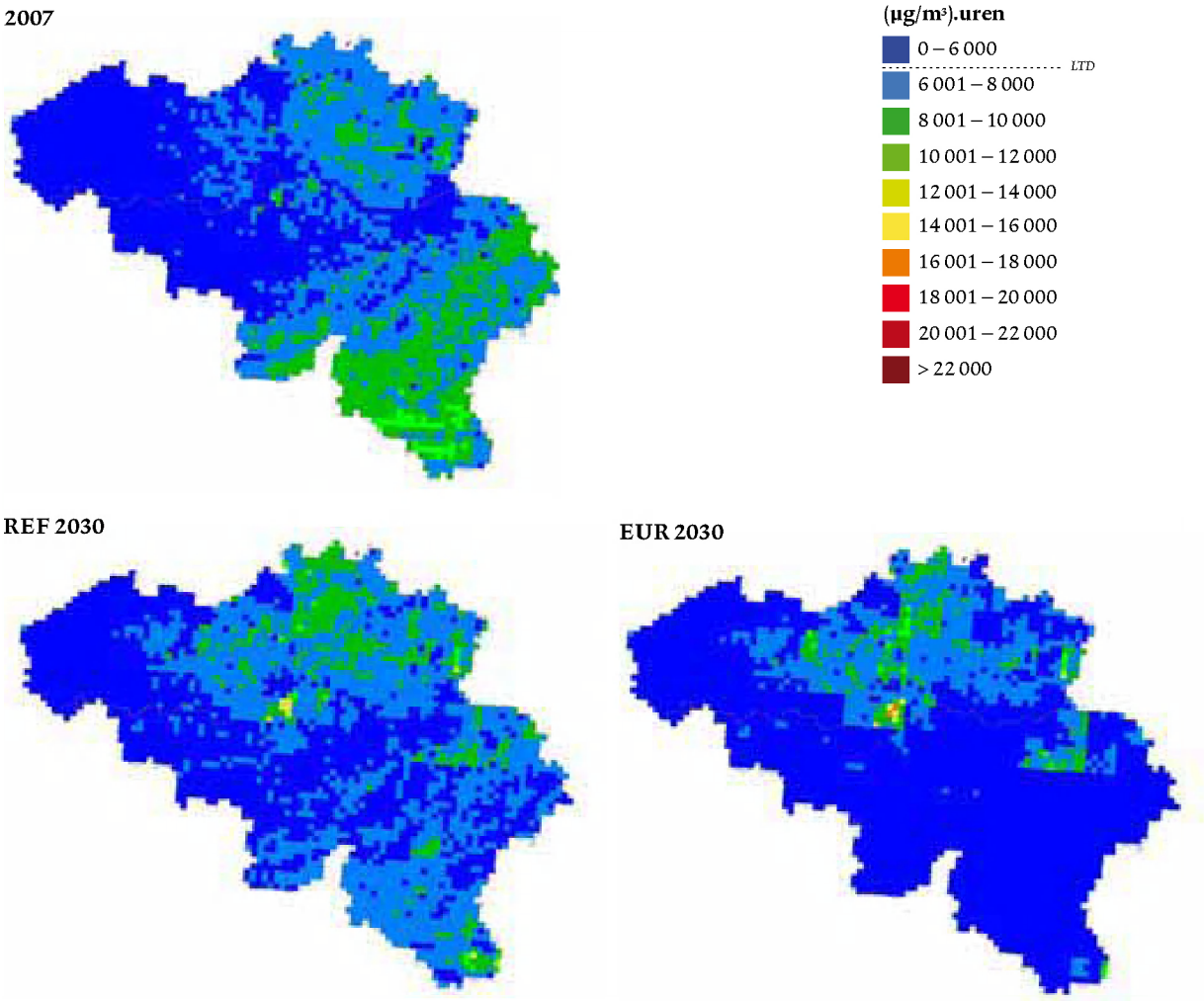
- de seizoensoverlast voor gewassen: het overschot boven 80 µg/m³ van alle uurwaarden tussen 8 en 20 uur opgeteld tijdens de maanden mei, juni, juli (AOT40ppb-vegetatie);
- de seizoensoverlast voor bossen: het overschot boven 80 µg/m³ van alle uurwaarden tussen 8 en 20 uur opgeteld tijdens de maanden april tot en met september (AOT40ppb-bossen).

Deze indicatoren zijn duidelijk minder sterk gelinkt aan ozonpieken maar houden ook rekening met de (stijgende) ozonachtergrondconcentraties. Deze 'middenhoge' ozonconcentraties zijn schadelijk voor vegetatie en leiden bijvoorbeeld tot lagere opbrengsten van landbouwgewassen.

FIGUUR 9.21 toont de AOT40ppb-vegetatie voor België. Het REF-scenario verwacht een lichte toename van deze indicator in Vlaanderen en voor Wallonië een lichte daling. In het EUR-scenario wordt voor Vlaanderen ongeveer een status quo verwacht, voor Wallonië daarentegen een significante daling van de AOT40ppb-vegetatie.
Zowel het REF- als het EUR-scenario haalt de langetermijndoelstelling voor de AOT40ppb-vegetatie van 6 000 (µg/m³).uren in een aantal gebieden in Vlaanderen (vooral in West-Vlaanderen).

FIGUUR 9.22 toont de AOT40ppb-bossen voor België. Het REF-scenario toont voor Vlaanderen een lichte stijging, vooral in de provincie Limburg en in de Kempen. Wallonië vertoont ook hier een tegenovergestelde trend met dalende waarden tussen 2007 en 2030.

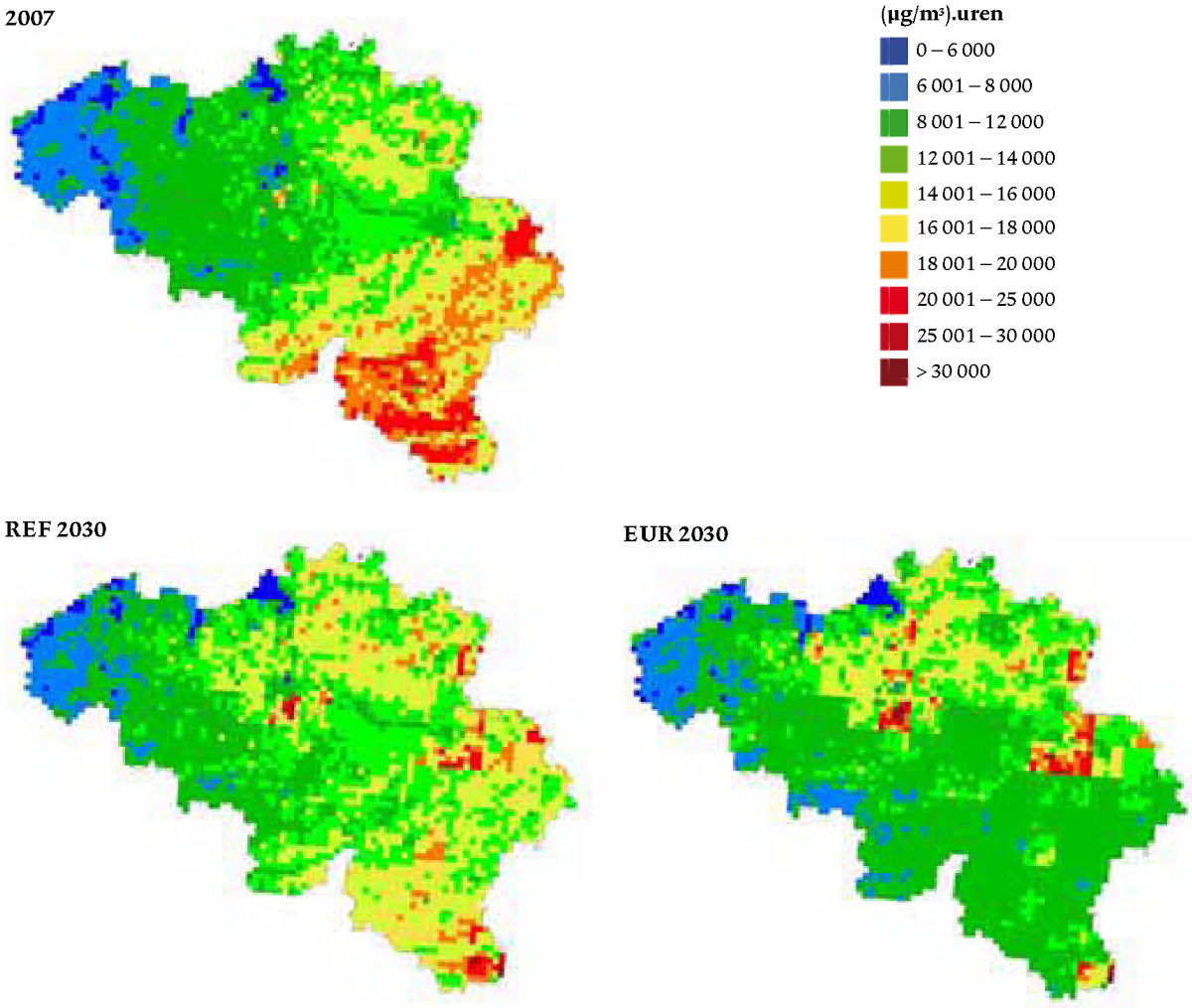
FIG. 9.21 *AOT40ppb-vegetatie voor alle 3x3 km gridcellen in het REF- en het EUR-scenario (België, 2007 en 2030)*



Voor het EUR-scenario valt in Vlaanderen de iets snellere stijging op van de AOT40ppb-bossen in vergelijking met het REF-scenario. De verschillen tussen beide scenario's blijven wel beperkt. In Wallonië daarentegen is er in 2030 een duidelijk verschil tussen beide scenario's, door de significante daling van deze indicator volgens het EUR-scenario. Samenvattend worden in 2007 voor deze indicator veel lagere waarden gemeten in Vlaanderen dan in Wallonië. In 2030 zijn de waarden in het REF-scenario in Vlaanderen nog steeds lager dan in Wallonië, maar in het EUR-scenario keert deze situatie om.

De referentiewaarde voor de AOT40ppb-bossen van 20 000 (µg/m³).uren wordt al in 2007 in Vlaanderen gehaald. Dit zal in de toekomst (ondanks een toename) ook nog bijna overal in Vlaanderen zo blijven. In de laatste *mapping manual* (2004) van UNECE (Economische Commissie voor Europa van de Verenigde Naties) werden de kritische niveaus voor AOT40 verder uitgewerkt en aangepast per vegetatiegroep. Als

FIG. 9.22 *AOT40ppb-bossen voor alle 3x3 km gridcellen in het REF- en het EUR-scenario (België, 2007 en 2030)*



kritisch niveau werd voor bossen 10 000 (µg/m³).uren vastgelegd. Wanneer men de AOT40ppb-bossen toetst aan dit geactualiseerde kritische niveau, dan blijft de ozonoverlast (ook in de toekomst) voor bossen te hoog.

Invloed van het weer en de klimaatverandering

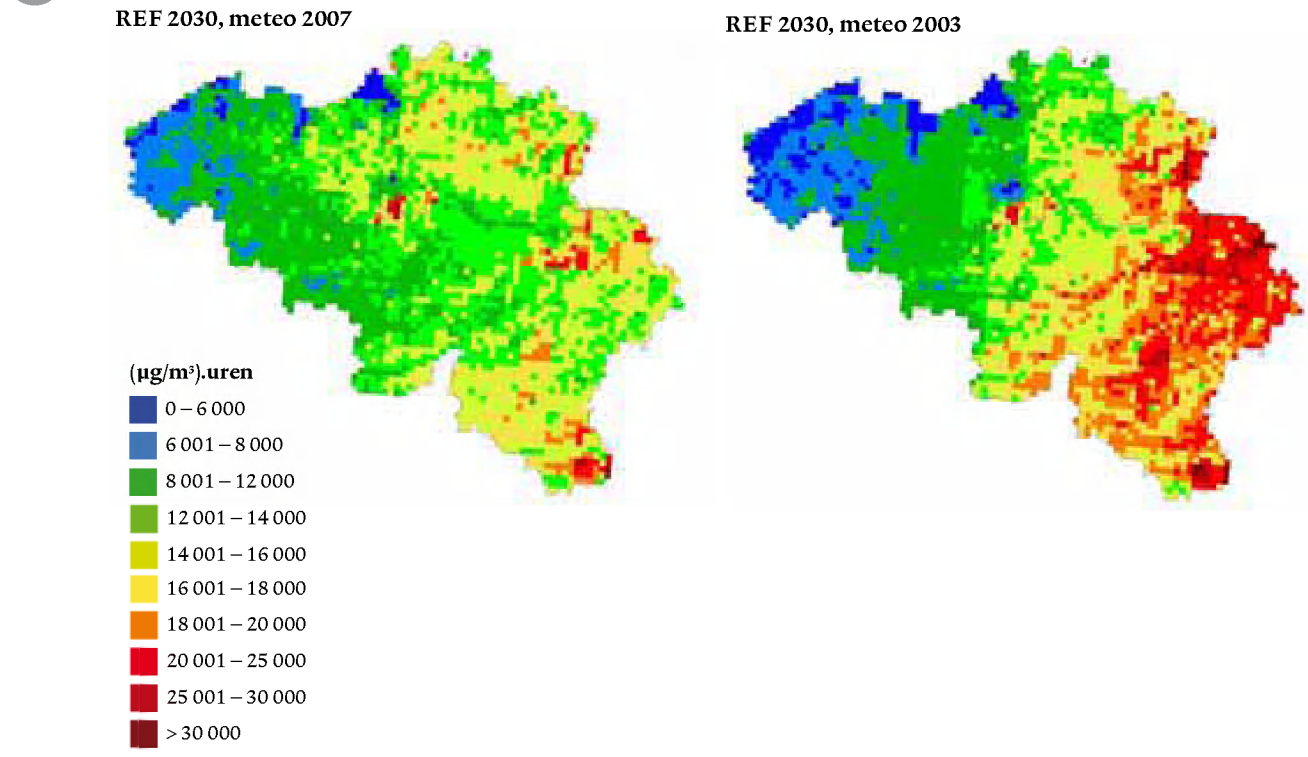
De hierboven besproken modelsimulaties gebeurden met de meteogegevens van 2007, een voor ozon zeer gunstig jaar met weinig dagen met hoge ozonwaarden.

Om de mogelijke invloed van klimaatverandering op de ozonconcentraties na te gaan, werd de jaaroverlastindicator AOT60ppb-max8u ook berekend met de meteogegevens van 2003 (meteo 2003 in FIGUUR 9.19). De zomer van 2003 was uitzonderlijk droog en warm. Deze studie beschouwt het weertype in dit jaar als een benadering van het mogelijke toekomstige weertype dat zich door de klimaatverandering frequenter zou kunnen voordoen.

Met de meteogegevens van 2003 werden – vooral in het EUR-scenario – hogere waarden bekomen voor de jaaroverlastindicator AOT60ppb-max8u, dan de resultaten berekend met de meteogegevens van 2007 (FIGUUR 9.19). In het REF-scenario is de impact beperkt. In het EUR-scenario daalt de AOT60ppb-max8u berekend met de meteogegevens van 2007 met ongeveer 37 % tussen 2007 en 2030. Bij doorrekening met de meteogegevens van 2003 is er slechts een daling van 9 % tussen 2007 en 2030. Met andere woorden: de klimaatverandering kan het positieve effect van de verwachte emissiereducties tussen 2007 en 2030 grotendeels teniet doen.

FIGUUR 9.23 toont de invloed van het 'klimaatscenario' op de berekende waarden voor de AOT40ppb-bossen. Voor deze indicator zijn er in het westen van Vlaanderen lagere waarden bij gebruik van de meteogegevens van 2003. In de oostelijke delen van Vlaanderen (provincie Limburg) echter is een verhoging van de AOT40ppb-bossen vast te stellen bij gebruik van de meteogegevens van 2003. De klimaatverandering zou dus vooral in het oosten van Vlaanderen nadelige effecten kunnen hebben voor de bosgebieden. In Wallonië is er nagenoeg overal een significante toename van de AOT40ppb-bossen bij gebruik van de meteogegevens van 2003.

FIG. 9.23 *AOT40ppb-bossen voor alle 3x3 km gridcellen voor het REF-scenario 2030 berekend met meteogegevens 2007 (links) en meteogegevens 2003 (rechts) (België, 2030)*



Gezondheidseffecten en externe gezondheidskosten van ozon

Fotochemische luchtverontreiniging is schadelijk voor de gezondheid, vooral voor de longfunctie. Zoals bij fijn stof werden voor de fotochemische luchtverontreiniging de gezondheidseffecten (door middel van de verloren gezonde levensjaren of DALY's) en de daarbij horende externe gezondheidskosten berekend.

De DALY's geven een inschatting van het aantal gezonde levensjaren dat een populatie verliest door ziekte die veroorzaakt is door milieufactoren. Het is de optelsom van de jaren verloren door sterfte aan de ziekte en de jaren geleefd met de ziekte, rekening houdend met de ernst. De DALY-indicator wordt hier gebruikt om het aantal verloren gezonde levensjaren ten gevolge van de blootstelling aan ozon te berekenen op basis van epidemiologische en toxicologische kennis over effecten van luchtverontreiniging op de mens (de Hollander *et al.*, 1999). Deze indicator dient om evoluties te schetsen, vergelijkingen te maken en is geschikt om relatieve beleidsmatige beoordelingen te maken van het milieu in Vlaanderen. Voor het maken van absolute interpretaties is deze indicator niet geschikt. Meer algemene uitleg hierover werd gegeven in het gedeelte over fijn stof.

De onderzochte gezondheidseffecten op korte termijn ten gevolge van de blootstelling aan ozon zijn:

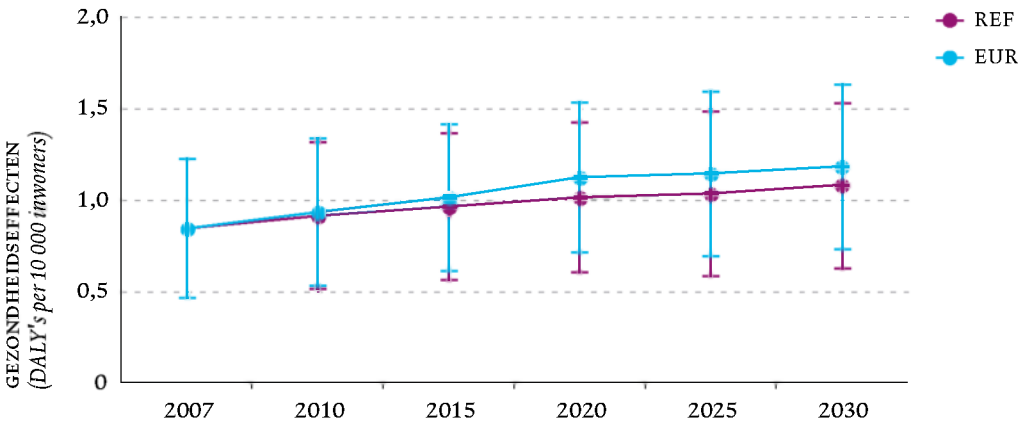
- mortaliteit bij volwassenen;
- dagen met licht verminderde activiteit;
- hospitalisaties wegens ademhalingsproblemen;
- gebruik van bronchodilatoren door volwassenen;
- dagen met hoest;
- problemen met de lagere luchtwegen bij kinderen.

Het is mogelijk de effecten van een dagelijks verhoogde ozonconcentratie met of zonder drempelwaarde te kwantificeren. De berekeningen zonder drempelwaarde en met de drempelwaarde van 35 ppb (of 70 µg/m³) ozon geven echter geen significante verschillen voor de resulterende gezondheidseffecten. FIGUUR 9.24 toont het totaal aantal DALY's door blootstelling aan ozon voor de twee scenario's.

Wanneer de twee scenario's vergeleken worden, is het duidelijk dat het aantal DALY's voor ozon in de toekomst stijgt, zowel in het EUR- als het REF-scenario. Het EUR-scenario verwacht een relatief snellere stijging van het aantal DALY's dan het REF-scenario. Statistisch gezien is er geen significant (P <0,05) verschil tussen het REF-scenario en het EUR-scenario.

Uiteindelijk is het aantal DALY's gecorreleerd met ozon nog altijd laag ten opzichte van het aantal gecorreleerd aan de langetermijnblootstelling aan fijn stof. Om dit in perspectief te plaatsen: gemiddeld gezien is het aantal DALY's gerelateerd aan mortaliteit ten gevolge van blootstelling aan PM2,5 (chronisch effect) gelijk aan ± 100 DALY's per jaar per 10 000 inwoners. Terwijl dit voor effecten tengevolge van blootstelling aan ozon ongeveer 1 DALY bedraagt.

FIG. 9.24 *Totaal aantal DALY's door blootstelling aan ozon per 10 000 inwoners in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2007-2030)*



De foutbalken geven de standaarddeviatie (1s) weer.

De externe gezondheidskosten die gecorreleerd zijn aan kortetermijneffecten van ozon (de som van verschillende effecten) nemen net zoals de DALY's voor ozon in de toekomst continu toe (TABEL 9.3).

TAB. 9.3 *Gemiddelde kost voor kortetermijneffecten door blootstelling aan ozon in het REF-scenario (Vlaanderen, 2007-2030)*

(Euro per inwoner per jaar)	Gemiddeld	95 % OG	95 % BG
2007	45	8	97
2010	48	9	104
2015	51	9	110
2020	53	10	115
2025	55	10	119
2030	57	10	123

OG: ondergrens; BG: bovengrens

Conclusies voor het beleid

De ozonpiekconcentraties die voorkomen op warme en zonnige dagen blijven vermoedelijk dalen. Dit is te danken aan de Vlaamse en Europese maatregelen voor emissiereducties van de ozonprecursoren NO_x en NMVOS, die als uitgangspunt dienden voor het REF- en EUR-scenario in deze toekomstverkenning. De daling van de ozonpiekconcentraties is het meest uitgesproken in het EUR-scenario.

De Europese langetermijndoelstellingen voor de bescherming van de volksgezondheid worden echter op basis van deze emissieprognoses niet gehaald tegen 2030, noch in het REF-scenario, noch in het EUR-scenario. Zelfs niet als men gebruik maakt van de zeer gunstige meteorologische condities van 2007. Indien er in de toekomst meer jaren voorkomen met ongunstige meteorologische omstandigheden

zoals in het uitzonderlijke jaar 2003 kan het positieve effect van de verwachte emissiereducties – namelijk de daling van de ozonpiekconcentraties – zelfs grotendeels teniet gedaan worden.

Deze Vlaamse en Europese maatregelen voor emissiereducties zijn ook niet voldoende om de jaargemiddelde ozonconcentratie (en dus de ozonachtergrondconcentratie) te doen dalen. Deze daling is noodzakelijk gezien de waarschuwing van de WGO dat er (chronische) gezondheidseffecten van ozon kunnen optreden onder de (piek)drempelwaarden.

Om zowel de Europese streefwaarden voor de bescherming van de volksgezondheid te halen als om de ozonachtergrondconcentraties duurzaam te doen dalen zijn verdergaande reducties van NO_x- en NMVOS-emissies nodig, niet alleen op Vlaams of Europees niveau, maar ook op mondiale schaal.

9.5 Verzuring

Verzuring is het gevolg van de emissie van hoofdzakelijk zwaveldioxide (SO_2), stikstofoxiden (NO_x) en ammoniak (NH_3) naar de atmosfeer. Uit deze primaire emissies worden verschillende stikstof- en zwavelverbindingen gevormd die via de atmosfeer in het milieu (bodem, water) terechtkomen. Dit proces wordt verzurende depositie genoemd en verloopt via een aantal tussenverbindingen: geoxideerde zwavelverbindingen SO_x, geoxideerde stikstofverbindingen NO_y en gereduceerde stikstofverbindingen NH_x.

Verzuring is een grensoverschrijdend probleem omdat zwavel- en stikstofoxiden in de atmosfeer over lange afstanden worden getransporteerd. De uitstoot van ammoniak heeft vooral een lokaal effect, maar ammoniak wordt ook deels omgezet in ammoniumaërosolen. Zij kunnen wel verder gelegen gebieden bereiken.

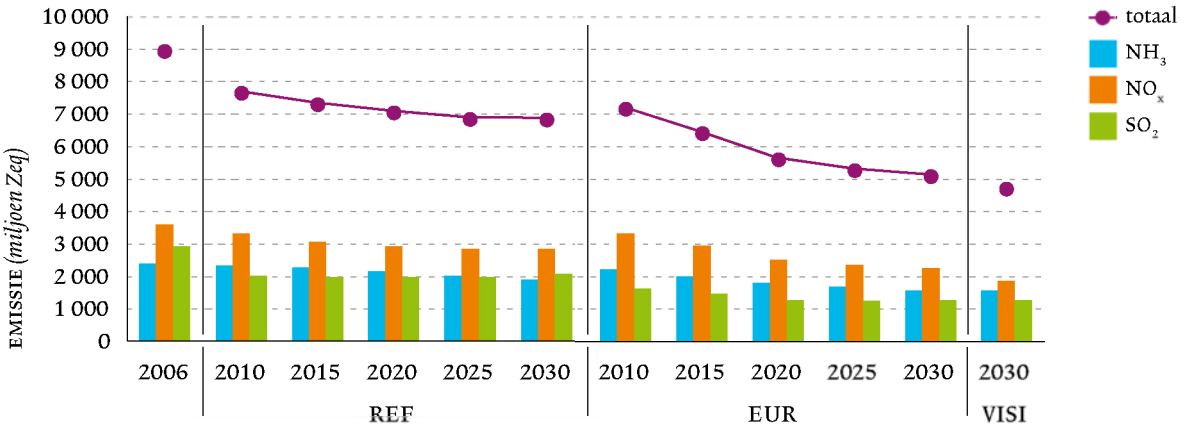
Schadelijke effecten van verzurende depositie zijn:

- verzuring van oppervlaktewater en bodem;
- wortelaantasting van planten en bomen;
- vrijstellen van te hoge concentraties van aluminium en nitraat in het grondwater door uitspoeling;
- verandering van soortensamenstelling (biodiversiteit).

Om het effect van verzurende depositie op vegetatie en bodems na te gaan, wordt getoetst aan natuurgerichte depositienormen: de zogenaamde kritische lasten en streeflasten. Verzurende depositie veroorzaakt ook corrosie van materialen en een versnelde verwering van gebouwen.

FIGUUR 9.25 toont de totale verzurende emissie van SO_2, NO_x en NH_3, omgerekend in zuurequivalenten voor het REF-, het EUR- en het VISI-scenario. De totale verzurende emissie daalt tussen 2006 en 2030 in het REF-scenario met 24 %, in het EUR-scenario met 43 % en in het VISI-scenario met 47 %. NO_x draagt in 2006 het meeste bij tot de verzurende emissie. Ondanks de aanzienlijke daling

FIG. 9.25 *Totale verzurende emissie in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



van de NO_x-emissie blijft dit zo tot 2030. SO_2 is in 2006 nog de tweede belangrijkste polluent maar draagt in het EUR-scenario vanaf 2010 beduidend minder bij tot de verzurende emissie, dankzij de duidelijke emissiereductie. NH_3 draagt vanaf 2010 meer bij tot de verzurende emissie dan SO_2, en dit blijft zo in het EUR- en VISI-scenario.

De tekst die volgt, bespreekt de resultaten van de modelsimulaties van de indicatoren 'gemiddelde verzurende depositie in Vlaanderen' (totaal en per polluent) en 'spreiding van de verzurende depositie over Vlaanderen'. Met verzurende depositie wordt steeds impliciet potentiële verzurende depositie bedoeld, omdat de actuele verzuring ook sterk afhangt van de processen die zich in de bodem en het (oppervlakte) water afspelen. Daarna gaat dit hoofdstuk in op de doorrekening van depositie naar de overschrijding van de kritische lasten en onderzoekt het hoe de bodemverzuring in bossen evolueert. De spreidingskaarten zijn per scenario en zichtjaar – met een tijdstap van 5 of 10 jaar – ook beschikbaar op www.milieuverkenning.be. Conclusies voor het beleid ronden het hoofdstuk af.

Verzurende depositie

De verzurende depositie is de totale jaarlijkse atmosferische aanvoer van stikstof en zwavel (NO_y- ,NH_x- en SO_x-verbindingen) en wordt uitgedrukt in zuurequivalenten per hectare (Zeq/ha).

De totale verzurende depositie bedroeg in 2006 in Vlaanderen gemiddeld 2 854 Zeq/ha (FIGUUR 9.26). In het REF-scenario daalt dit tegen 2030 met 25 % tot 2 151 Zeq/ha en in het EUR-scenario zelfs met 45 % tot 1 582 Zeq/ha. Het verschil tussen beide scenario's neemt toe in de tijd, van 7 % in 2010 tot 27 % in 2030.

De SO_x-depositie daalt tussen 2006 en 2020 met 28 % in het REF-scenario en zelfs met 52 % in het EUR-scenario. Daarna blijft dit cijfer tot 2030 zo goed als stabiel. De SO_x-depositie neemt in het REF-scenario zelfs opnieuw toe tussen 2025 en 2030 tot het peil van 2010. Het relatieve aandeel van SO_x in de totale depositie schommelt rond de 30 % in beide scenario's. De verzurende depositie door SO_x volgt in grote lijnen de trend van de SO_2-emissie.

Impact van meteorologische variaties op het modelleren van verzurende depositie

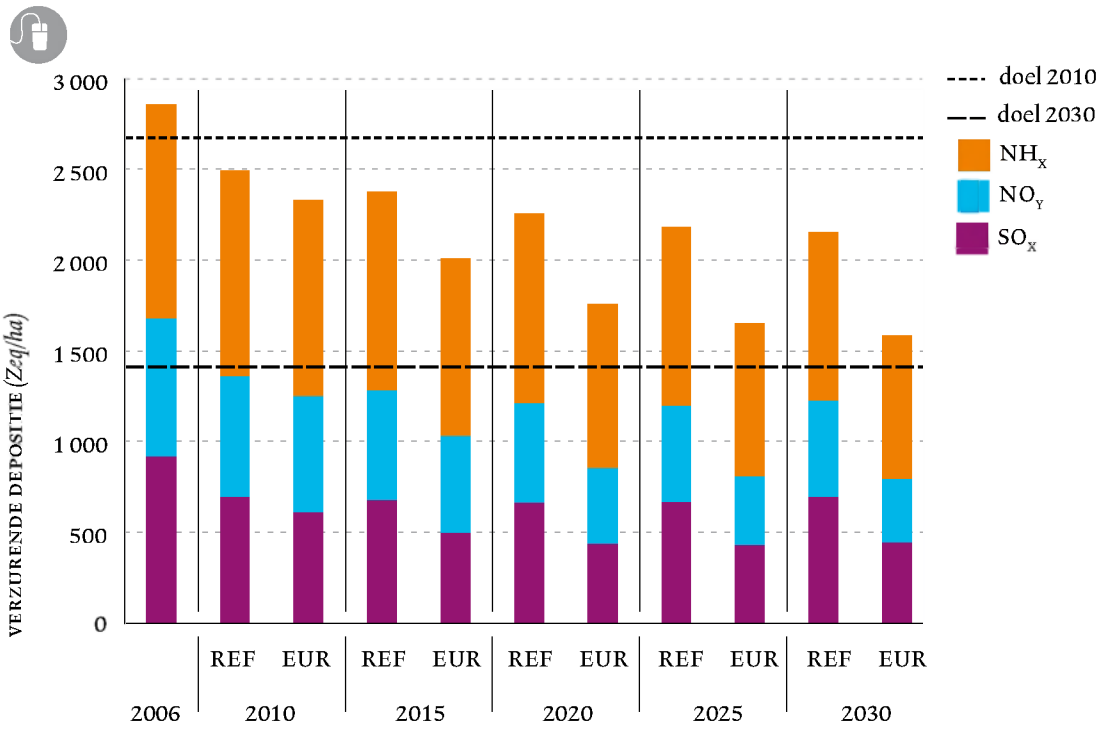
Meteogegevens zijn van groot belang bij de modellering van luchtvervuiling. De depositieberekeningen maakten gebruik van de meteogegevens van 2006, gebaseerd op metingen van drie meteomasten in Vlaanderen. Om na te gaan of dit jaar meteorologisch representatief is, was het noodzakelijk de concentraties en deposities van het emissiejaar 2006 ook door te rekenen met de meteogegevens van de jaren 2000 tot en met 2005. De bekomen relatieve verschillen in concentraties en deposities waren verwaarloosbaar klein in vergelijking met de modelonzekerheid. De meteogegevens van 2006 kan men dus beschouwen als representatieve meteogegevens voor de laatste jaren.

De NO_y-depositie daalt tussen 2006 en 2030 met 30 % in het REF-scenario en zelfs met 54 % in het EUR-scenario. Het relatieve aandeel in de totale depositie daalt vooral in het EUR-scenario, van 27 % in 2006 naar 22 % in 2030. Ook hier wordt in grote lijnen de emissietrend gevolgd.

Ook de NH_x-depositie daalt continu tussen 2006 en 2030, met een daling van 21 % in het REF-scenario en 33 % in het EUR-scenario. Het aandeel in de totale depositie stijgt van 41 % in 2006 naar 43 % in 2030 in het REF-scenario, en tot 50 % in het EUR-scenario. Volgens het EUR-scenario blijft NH_x in 2030 de grootste component in de verzurende depositie, dit in tegenstelling tot de verzurende emissie waar NO_x het grootste aandeel voor zijn rekening neemt.

Beide scenario's halen gemiddeld over Vlaanderen op tijd de depositiedoelstelling voor 2010. Die doelstelling is afgeleid van de NEC-richtlijn (2 660 Zeq/ha).

FIG. 9.26 *Gemiddelde verzurende depositie in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



De langetermijndoelstelling (LTD) van 1 400 Zeq/ha, te bereiken in 2030, wordt in geen van beide scenario's gehaald. In 2030 ligt de gemiddelde depositie in het REF-scenario nog 54 % boven de doelstelling, in het EUR-scenario 13 %. Bijkomende maatregelen bovenop de aannamen uit het EUR-scenario zijn noodzakelijk. Gezien het grote aandeel van de NH_x-depositie zal het verzuringsbeleid in Vlaanderen in de toekomst dus nog meer een landbouwbeleid moeten worden en nog nauwer moeten aansluiten bij het mestbeleid.

Spreiding van de verzurende depositie over Vlaanderen

FIGUUR 9.27 toont de geografische spreiding van de verzurende depositie over Vlaanderen in 2006 en 2030 met een ruimtelijke resolutie van 1 km^2.

In 2006 wordt de depositiedoelstelling voor 2010 van 2 660 Zeq/ha nog overschreden op bijna de helft van de oppervlakte van Vlaanderen (46 %). Volgens het REF-scenario wordt op 68 % van de oppervlakte van Vlaanderen de doelstelling 2010 tijdig gehaald, bij het EUR-scenario is dit op 77 % van de oppervlakte het geval. Het duurt tot 2020 vooraleer Vlaanderen, volgens het EUR-scenario, bijna overal de doelstelling voor 2010 bereikt. Het REF-scenario schiet hier te kort. De LTD voor 2030 (1 400 Zeq/ha) wordt in 2020 voor het eerst op enkele plaatsen in Vlaanderen gehaald in het EUR-scenario. In 2030 wordt de LTD maar op 39 % van de oppervlakte behaald in het EUR-scenario en op slechts 1 % van de oppervlakte in het REF-scenario.

De hoogste depositiewaarden en de meeste overschrijdingen komen voor in de omgeving van (grote) steden (voornamelijk SO_x), belangrijke verkeersaders (voornamelijk NO_y) en in landbouwgebieden met intensieve veeteelt zoals in West-Vlaanderen, de Noorderkempen en in mindere mate het noorden van Oost-Vlaanderen (voornamelijk NH_x).

Aandeel van de sectoren in de verzurende depositie

Modelberekeningen per sector, waarbij de niet-Vlaamse emissiebronnen onderscheiden worden van de Vlaamse, kunnen de import afleiden die bijdraagt tot de depositie in Vlaanderen. In 2030 is de bijdrage van de import kleiner in het EUR-scenario (47 %) dan in het REF-scenario (51 %) (FIGUUR 9.28). Meteen geven deze cijfers aan dat emissiereductiemaatregelen zowel op Vlaams als Europees niveau moeten genomen worden.

In grote lijnen is het verschil tussen de sectorbijdragen in de twee scenario's eerder gering. In vergelijking met het REF-scenario neemt het aandeel van de sector landbouw (en in beperkte mate van de sector industrie) in het EUR-scenario toe.

FIG. 9.27 *Spreiding van de verzurende depositie in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*



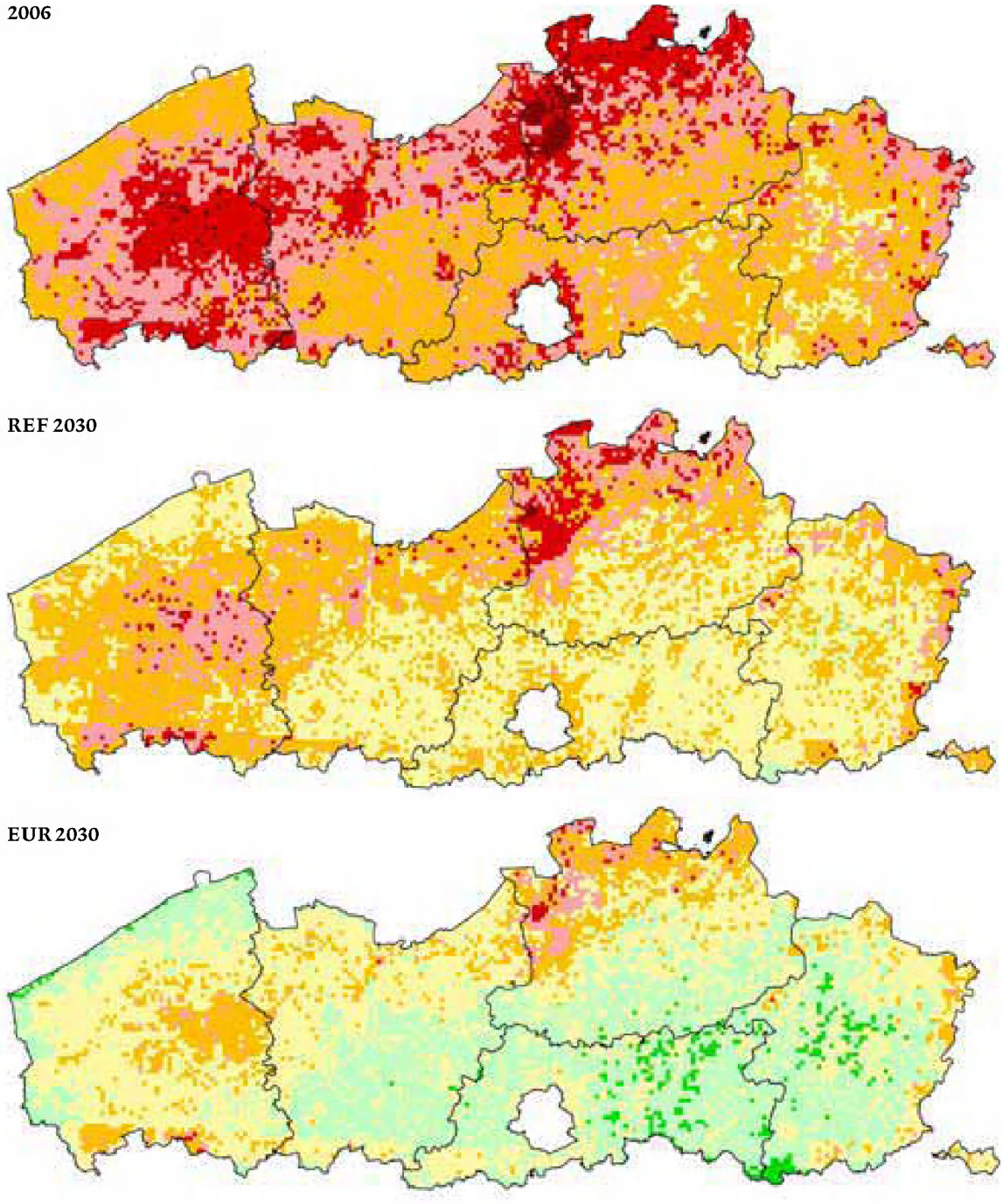
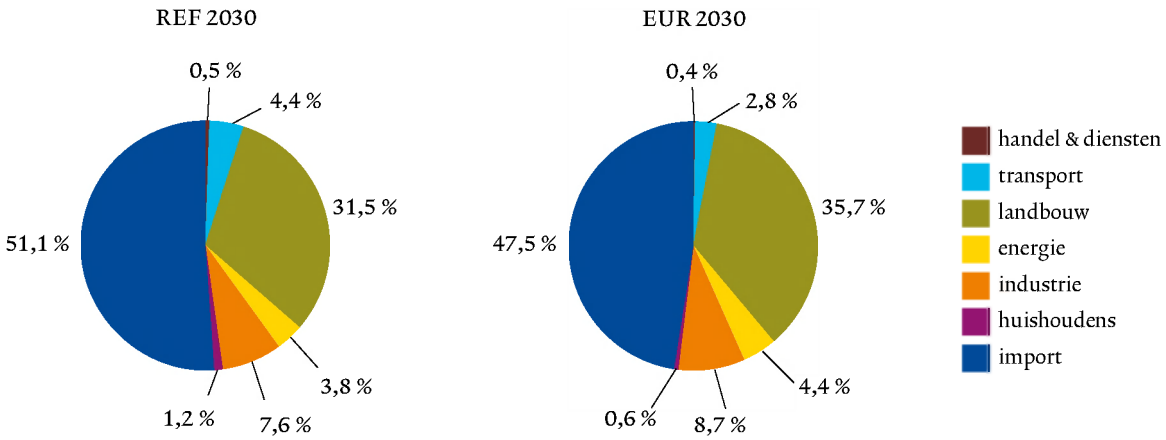


FIG. 9.28 *Aandeel van de doelgroepen in de verzurende depositie in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2030)*



In tegenstelling tot de andere berekeningen waarvoor de meteogegevens van 2006 gebruikt werden, werden de sectoraandelen om technische redenen berekend met 10 jaar gemiddelde meteogegevens. Dit heeft geen gevolgen voor de onderlinge vergelijking tussen beide scenario's.

Overschrijding van de kritische last

De kritische last is een natuurgerichte depositienorm. Het is de maximaal toelaatbare depositie van een verontreinigende stof voor een bepaald ecosysteem, waarbij volgens de huidige kennis op lange termijn geen schadelijke effecten optreden. De kritische last hangt af van het bodemtype en van de kwetsbaarheid van de vegetatie, en verschilt daarom van plaats tot plaats. De kritische last voor verzuring is een depositienorm voor verzurende stikstof- en zwaveldepositie, de kritische last voor vermesting enkel voor vermestende stikstofdepositie.

De oppervlakte natuur in Vlaanderen (bos, heide, soortenrijk grasland) met overschrijding van de kritische lasten voor verzuring en vermesting is berekend op basis van de verwachte deposities in het REF- en het EUR-scenario. Bij de bossen werd rekening gehouden met een verhoogde depositie aan de windzijde van de bosranden, het zogenaamde bosrandeffect. De berekeningen voor 2006 zijn gebaseerd op een oppervlakte natuur van 182 927 ha, opgebouwd uit 46 % loofbos, 27 % naaldbos, 22 % soortenrijk grasland en 5 % heide. Voor de jaren 2010 tot 2030 is een wijzigend landgebruik verondersteld zoals beschreven in het Hoofdstuk 10 Landgebruik.

De oppervlakte natuur met overschrijding van de kritische last voor verzuring neemt af in de tijd in beide scenario's (FIGUUR 9.29). In 2006 bedraagt het percentage oppervlakte met overschrijding nog 33 % voor heide, 39 % voor bos en 46 % voor soortenrijk grasland. In het REF-scenario halveert deze oppervlakte tegen 2030 voor alle beschouwde vegetatietypen. In het EUR-scenario is de daling nog sterker tot 5 à 7 % van de oppervlakte natuur.

Voor alle vegetatietypen situeert de sterkste afname zich vóór 2010. Deze afname in de overschrijding van de kritische last voor verzuring tussen 2006 en 2010 is in analogie met de sterke daling van de SO_2-emissie en de overeenkomstige SO_x-deposities.

FIG. 9.29 *Percentage van de oppervlakte natuur met overschrijding van de kritische last voor verzuring in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

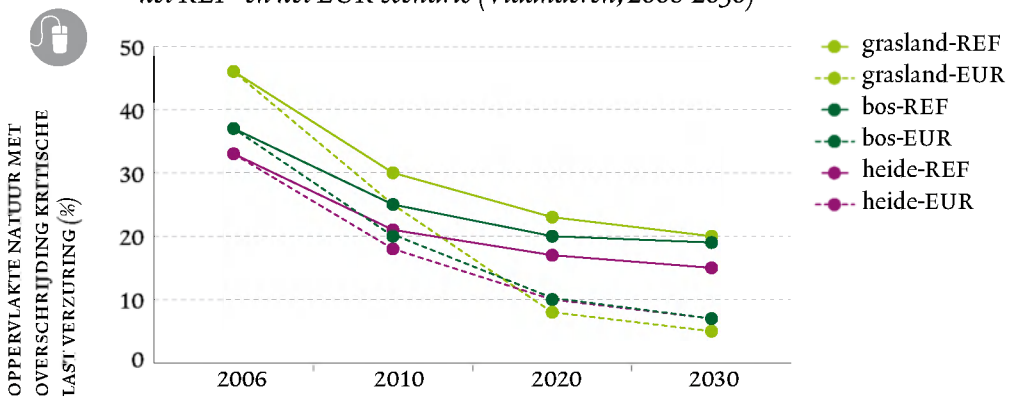
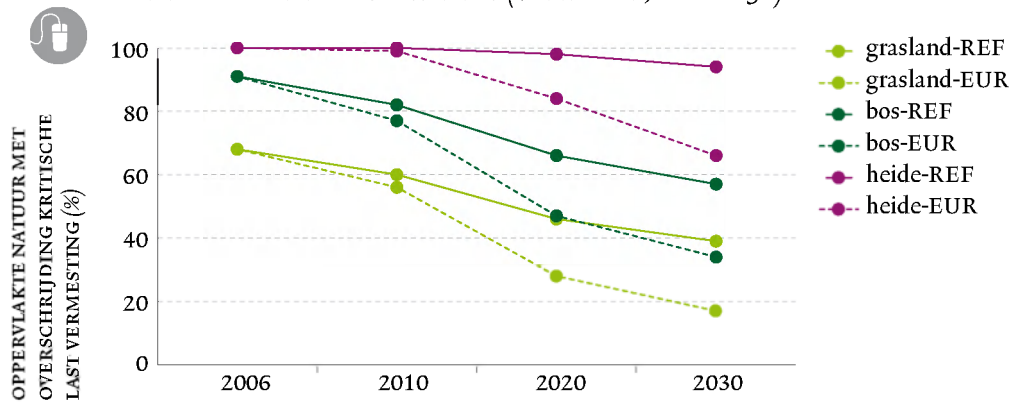


FIG. 9.30 *Percentage van de oppervlakte natuur met overschrijding van de kritische last voor vermesting in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

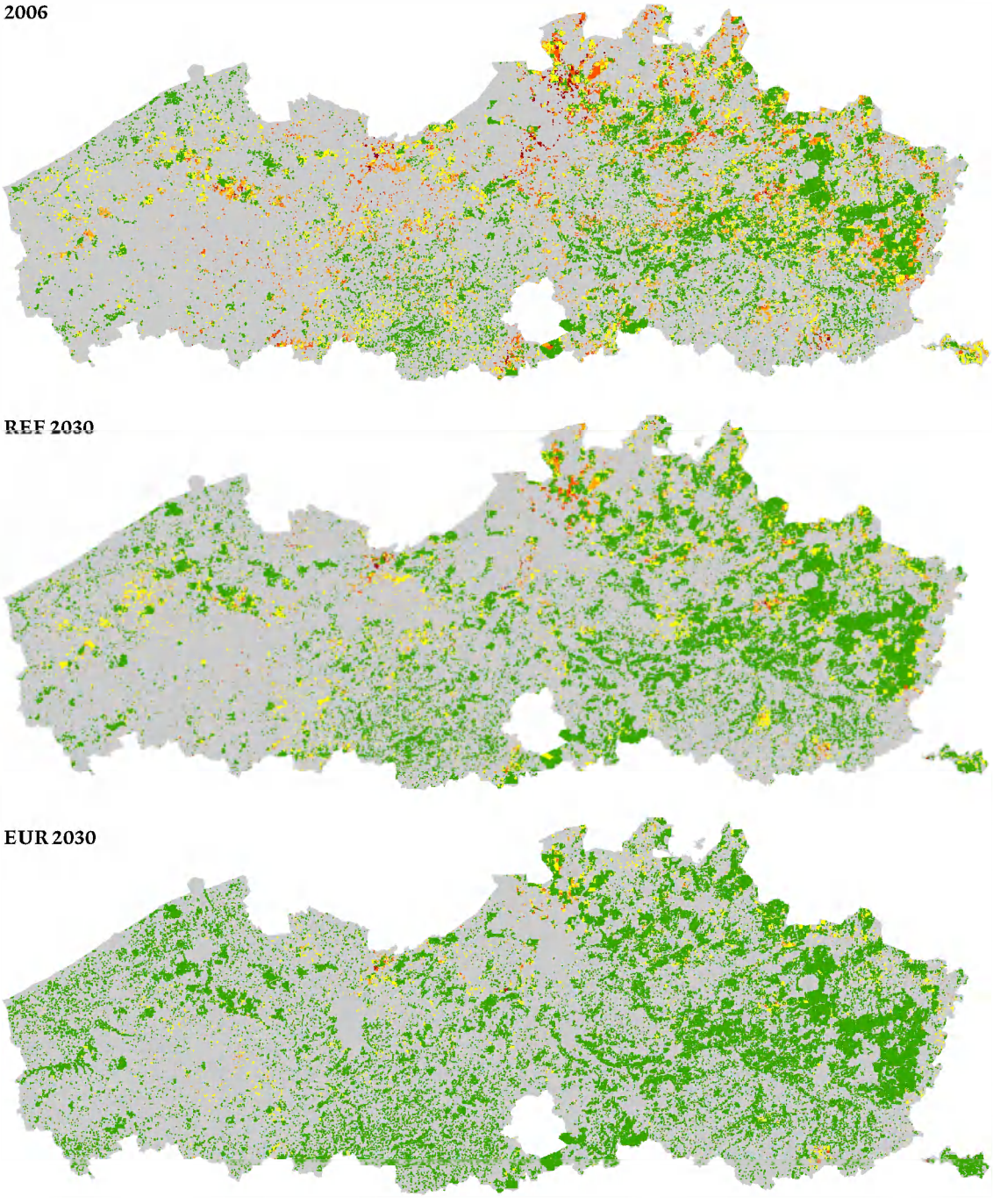


Vanaf 2010 neemt de oppervlakte met overschrijding van de kritische last verzuring trager af in het REF-scenario. In het EUR-scenario blijft de oppervlakte met overschrijding verder afnemen na 2010, weliswaar in mindere mate dan in de periode 2006-2010.

Het percentage oppervlakte met overschrijding van de kritische last voor vermesting daalt zowel in het REF- als in het EUR-scenario tegen 2030 niet tot hetzelfde lage niveau van de overschrijding kritische last voor verzuring (FIGUUR 9.30). Deze resultaten geven aan dat de Vlaamse natuur meer te lijden heeft van overschrijdingen van de kritische last voor vermesting dan van de kritische last voor verzuring. In 2030 verwacht het EUR-scenario dat de overschrijding van de kritische last voor verzuring zeer beperkt zal zijn, maar dat aanzienlijke delen van de Vlaamse natuur nog te kampen hebben met overschrijdingen van de kritische last voor vermesting.

FIGUUR 9.31 toont de spreiding van de oppervlakte natuur in Vlaanderen met overschrijding van de kritische last voor verzuring. In beide scenario's bestaat de resterende oppervlakte met overschrijding in 2030 voor twee derde uit loofbos. De spreiding van de overschrijding weerspiegelt deels de spreiding van de depositie in FIGUUR 9.27. De kritische last hangt af van het bodem- en vegetatietype. Dit verklaart de nog waargenomen verschillen tussen de spreidingskaarten van depositie en die van de overschrijding van de kritische lasten.

FIG. 9.31 *Spreiding van de oppervlakte natuur met overschrijding kritische last voor verzuring in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*



Evolutie van bodemverzuring in bossen

Overmatige verzurende depositie in bossen leidt tot versnelde bodemverzuring. Dit tast de vitaliteit van bossen aan en heeft een impact op de biodiversiteit. Afname van de mate van bodemverzuring is een langzaam proces. Een verlaging van de verzurende depositie tot onder de kritische last voor verzuring leidt niet onmiddellijk tot een herstel van de oorspronkelijke bodemtoestand. Om na te gaan op welke termijn de bodems in de bossen in Vlaanderen veranderen na verzuring, simuleerde het VSD-model de evolutie van de bodemtoestand tussen 1880 en 2100 in 84 Vlaamse bossen.

De biogeochemische bodem(water)toestand werd gemodelleerd aan de hand van onder meer volgende parameters:

- pH (maat voor de zuurtegraad) en basenverzadiging van de bodem: een stijgende waarde wijst op bodemherstel.
- nitraatconcentratie en verhouding van de concentratie van aluminium tot de zogenaamde basische kationen (kalium, calcium, magnesium) in het bodemwater (Al:Bc): een dalende waarde wijst op bodemherstel.

FIGUUR 9.32 toont de relatieve evolutie van deze parameters als gevolg van de verwachte verzurende depositie tussen 2006 en 2030 in het REF- en EUR-scenario. Beide scenario's leiden tot een beperkte stijging van zowel de pH als de basenverzadiging van de bosbodems, en een sterke daling van enerzijds de Al:Bc-verhouding en anderzijds de nitraatconcentratie in het bodemwater. Deze positieve evoluties zijn steeds sterker uitgesproken in het EUR-scenario. De lagere verzurende depositie in het EUR-scenario resulteert in 2030 ten opzichte van het REF-scenario in significante verbeteringen van de bodemtoestand, namelijk een 2 % hogere bodem-pH (of 20 % lagere protonenactiviteit), een 6 % hogere basenverzadiging, een 36 % lagere Al:Bc-verhouding en een 54 % lagere nitraatconcentratie. Zeker in het EUR-scenario wijst het positieve verloop van deze parameters erop dat de Vlaamse bossen evolueren naar een herstel van bodemverzuring.

FIG. 9.32 *Relatieve waarde ten opzichte van 2006 van de gesimuleerde bodemparameters in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 84 bossen, 2006 - 2030)*

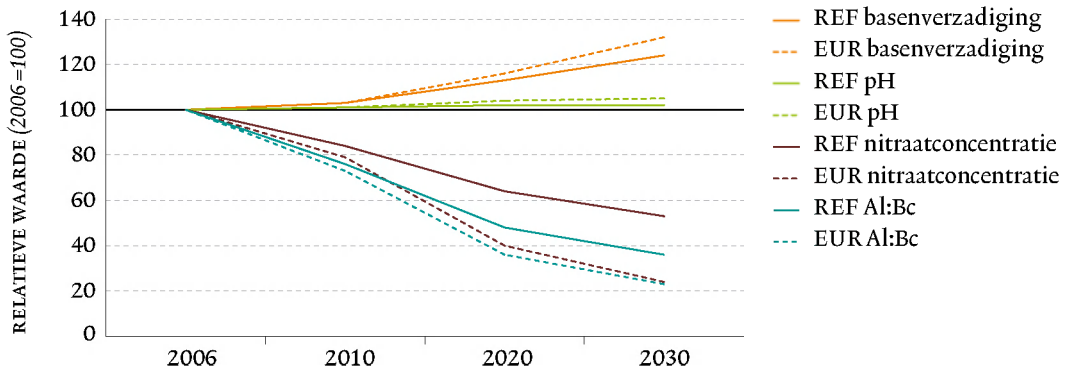
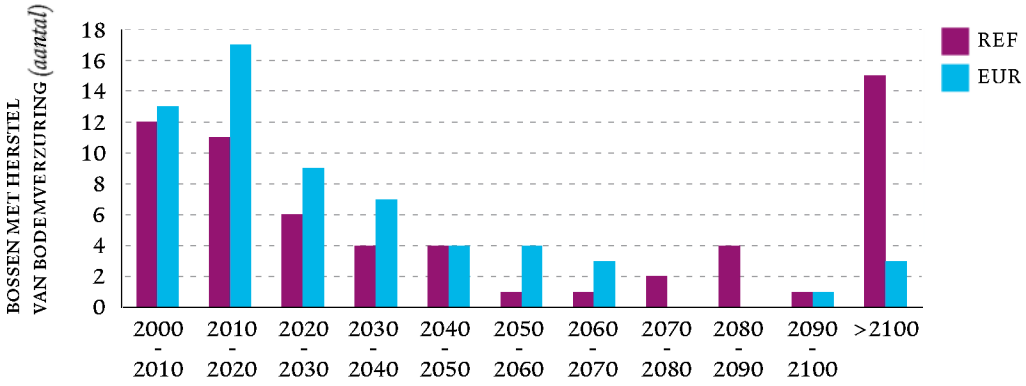


FIG. 9.33 *Aantal bossen met herstel van bodemverzuring per periode van 10 jaar in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 61 bossen, 2000-2100)*



Bij een Al:Bc verhouding kleiner dan 1 spreekt men van herstel van bodemverzuring. Beide scenario's onderzochten wanneer dit criterium bereikt wordt. Hiervoor zijn enkel de bossen in rekening gebracht waar in 2000 bodemverzuring werd vastgesteld. In het REF-scenario treedt vanaf 2033 herstel van bodemverzuring op in de helft van deze bossen, terwijl dit in het EUR-scenario al vanaf 2021 het geval is (FIGUUR 9.33). Het bodemherstel gebeurt in beide scenario's sneller in naaldbos dan in loofbos.

Om in alle bossen een herstel van bodemverzuring te bereiken tegen 2050, is er vanaf 2030 nog een verdere depositiereductie nodig voor 29 % van de bossen in het REF-scenario en voor 20 % in het EUR-scenario.

Als er geen verdere depositiereductie wordt doorgevoerd – en men dus vanaf 2030 uitgaat van een constante verzurende depositie – verwacht het REF-scenario tegen 2100 in 18 % van de bossen nog steeds bodemverzuring. Terwijl dat in het EUR-scenario nog maar in 4 % van de bossen het geval is.

Conclusies voor het beleid

De dalende emissie van verzurende polluenten in Vlaanderen resulteert in dalende deposities. De emissiedaling van SO_2 en NO_x is echter onvoldoende om de indicatieve emissiedoelstellingen tegen 2020 te behalen. Voor NH_3 werd die emissiedoelstelling in 2006 al gerealiseerd.

Door de ontoereikende emissiedaling voor SO_2 en NO_x, en ondanks de realisatie van de NH_3-emissiedoelstelling, worden de depositiedoelstellingen op korte en lange termijn niet overal in Vlaanderen tijdig gehaald. Gemiddeld over Vlaanderen wordt de kortermijndoelstelling tegen 2010 tijdig gehaald, maar de langetermijndoelstelling tegen 2030 niet. Dit toont aan dat er behoefte is aan bijkomend (milieu)beleid. In het EUR-scenario werden bijkomende maatregelen en instrumenten verondersteld die nodig zijn om Europese middellangetermijndoelen te halen. Uit de modelberekeningen

blijkt dat ook deze maatregelen onvoldoende zijn om de depositiedoelstellingen op lange termijn te halen in heel Vlaanderen.

Bijkomende sectorafhankelijke beleidsmaatregelen zullen bijgevolg nodig zijn om de langetermijndoelstellingen te halen. Voor alle polluenten zijn bijkomende emissiereductiemaatregelen nodig, zowel op Vlaams als Europees niveau. De impact van een Vlaams beleid zal voor NH_3 sterk doorwegen, gezien het toenemende relatieve belang van de NH_x-depositie en omdat NH_3 grotendeels dicht bij de bronnen neerkomt. De voorgestelde maatregelen voor de afbouw van de veestapel en de aanpassing van de staltypes zijn een stap in de goede richting. Dit kan gerealiseerd worden door een combinatie van het verminderen van de rundveestapel en het volledig emissiearm maken van stallen voor varkens en pluimvee. Daarmee is in de landbouw een emissiereductie mogelijk van 18 % in het REF-scenario en 23 % in het EUR-scenario. Dit gaat veel verder dan het emissieplafond voor 2010.

De beduidende reducties in verzurende depositie in het EUR-scenario kunnen vóór 2030 tot een potentieel herstel van bodemverzuring leiden in een meerderheid van de bestudeerde bossen. Ook het REF-scenario leidt tot herstel van verzuring, weliswaar minder snel dan in het EUR-scenario. Om alle bossen van bodemverzuring te doen herstellen tegen 2050 is zelfs in het EUR-scenario nog in een vijfde van de bossen een bijkomende depositiereductie nodig tussen 2030 en 2050. Zonder deze verdere depositiereducties, zullen zelfs tegen 2100 nog niet alle bossen hersteld zijn van bodemverzuring. Voor een behoud of toename van de biodiversiteit in de Vlaamse bossen, is het bodemchemische herstel slechts een van de noodzakelijke voorwaarden. Ook de respons van biologische organismen op de verbeterde bodemtoestand speelt een rol. Die is dan weer afhankelijk van de kolonisatiemogelijkheden en de verbreidingssnelheid van planten en dieren. Daar kunnen maatregelen gericht op verweving (ruimtelijke ordening) aan bijdragen.

Daarnaast beperken ook de vermestende effecten van stikstofdepositie het herstel van de biodiversiteit in bossen en in de natuur in het algemeen. Met de maatregelen van het EUR-scenario zal nog steeds in 29 % van de Vlaamse natuur of 70 000 ha natuur de stikstofdepositie te hoog zijn om de biodiversiteit te beschermen, alle maatregelen voor herstel van verzuring ten spijt. Verzuring is slechts één van de verstorende factoren om de instandhoudingsdoelstellingen te realiseren. Een geïntegreerde aanpak is nodig, en maatregelen tegen verzuring en vermesting zijn daar een wezenlijk onderdeel van.

NOTEN

1 Het BelEUROS-basisjaar werd berekend met de emissies van 2006 (2007 was nog niet beschikbaar) en meteorologische gegevens van het jaar 2007. De meteorologie is hier de bepalende factor. De kleine verschillen tussen emissies 2006 en 2007 zullen geen significante impact hebben op de BelEUROS-resultaten. Het BelEUROS-basisjaar is dan ook 2007 en de modelresultaten dienen dan ook vergeleken te worden met de metingen uit 2007.

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in de wetenschappelijke rapporten waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

Deutsch F., Buekers J., Janssen S., Torfs R., Veldeman N., Fierens F., Trimpeneers E. & Bossuyt M. (2009) Zwevend stof. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

Deutsch F., Buekers J., Janssen S., Torfs R., Veldeman N., Fierens F., Trimpeneers E. & Vancraeynest L. (2009) Fotochemische luchtverontreiniging. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

Van Avermaet P., Celis D., Fierens F., Deutsch F., Janssen L., Veldeman N., Viaene P., Wuyts K., Staelens J., De Schrijver A., Verheyen K., Vancraeynest L. & Overloop S. (2009) Verzuring. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

REFERENTIES

Amann M., Bertok I., Cofala J., Heyes C., Klimont Z., Rafaj P., Schöpp W. & Wagner F. (2008) NEC Scenario Analysis Report Nr. 6, National Emission Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate & Energy Package, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Oostenrijk, 72 blz.

de Hollander E.M., Melse J.M., Lebret E. & Kramers P.G.N. (1999) An aggregate public health indicator to represent the impact of multiple environmental exposures. Epidemiology, 10, 606-617.

de Leeuw F.A.A.M. (2002) A set of emission indicators for long range transboundary air pollution, Environmental Science & Policy 5, 135-145.

Mapping Manual (2004) UNECE Convention on long-range transboundary air pollution, International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops, Chapter 3 - Mapping Critical Levels for Vegetation, Mapping Manual 2004, G. Mills (ed.), ICP Vegetation Coordinatioin Centre, UK.

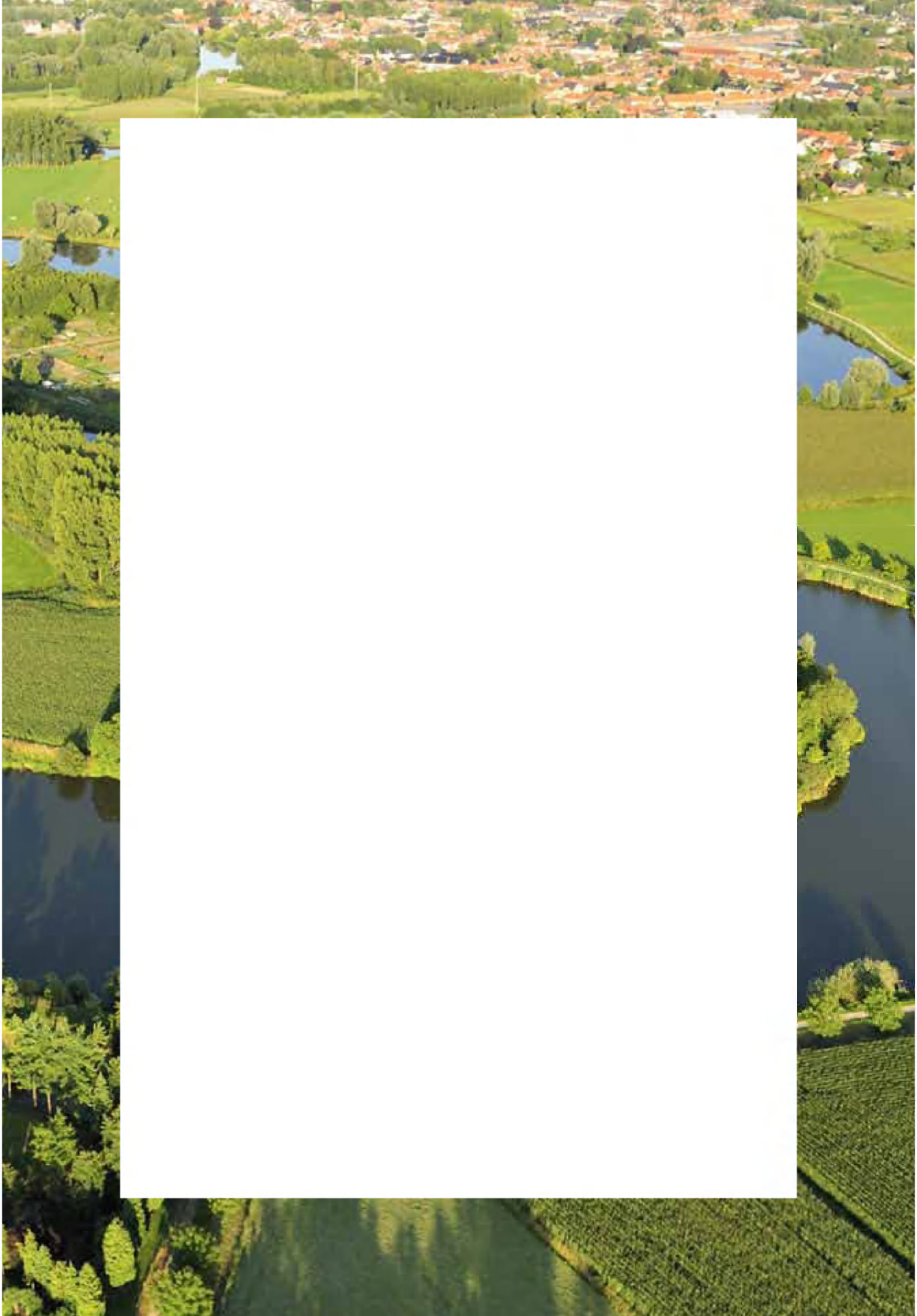
Murray C.J.L. & Lopez A.D. (1996) The global burden of disease (Published on behalf of the World Health Organisation and the World Bank). Cambridge, MA. Harvard School of Public Health.

VMM (2009), Chemkar PM10: Chemische karakterisatie van fijn stof in Vlaanderen, 2006-2007.

LECTOREN

Dominique Aerts, INBO
Vanessa Cornelis, **Els De Brabanter**, **Helga Pien**, **Jordy Vercauteren**, VMM
Andy Delcloo, KMI
Luc Int Panis, **Clemens Mensink**, VITO
Jan Kegels, Umicore
Steven Lauwereins, **Mirka Van der Elst**, **Jasper Wouters**, Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid, Departement LNE
Willy Maenhaut, Vakgroep Analytische Chemie, UGent
Ellen Maertens, **Gerry Spelmans**, Afdeling Monitoring en Studie, Departement LV
Guy Maes, Industriële Wetenschappen - Milieukunde, Hogeschool West-Vlaanderen
Pol Michiels, FEBIAC VZW
Jeroen Staelens, Laboratorium Bosbouw, UGent
Dries Van den Broeck, Nationale Plantentuin België
Philippe Van Haver, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Departement LNE
Bart Van Herbruggen, Afdeling Algemeen Beleid, Departement MOW
Herman Van Langenhove, Vakgroep Organische Chemie, UGent
Filip Vanhove, Transport & Mobility Leuven
Karine Vandermeiren, CODA





10 Landgebruik

Fre Maes, Stijn Overloop, MIRA-team, VMM
Anne Gobin, Jean-Luc de Kok, Guy Engelen, Inge Uljee, Leen Van Esch, Unit Ruimtelijke Milieuaspecten, VITO
Maarten Hens, Johan Peymen, Toon Van Daele, Wouter Van Reeth, NARA, INBO

HOOFDLIJNEN

- Door de groei van de bevolking en de economie is er meer nood aan residentiële en commerciële bebouwing. Hierdoor breidt de oppervlakte versteende ruimte uit met 13 tot 17 % van 2005 tot 2030 in respectievelijk het Europa- (EUR) en het referentiescenario (REF).

- De versteende ruimte verdicht ook door concentratie van de bebouwing. Dit verdichtingseffect is sterker in het EUR-scenario, zodat de open ruimte in dat scenario beter bewaard blijft. Het landgebruik door landbouw krimpt in beide scenario's.

- De bebouwing voor wonen en handel binnen een afstand van 450 m van grote wegen, neemt van 2005 tot 2030 toe met 21 % in het REF-scenario en met 18 % in het EUR-scenario. Mogelijk neemt daardoor de negatieve impact van het verkeer toe op de gezondheid van de omwonenden.

- Volgens het REF-scenario 2030 zal 16 % van de bevolking (of 1,1 miljoen inwoners) in een gebied wonen waar vandaag individuele waterzuivering voorzien is. In het EUR-scenario bedraagt dit 14 %. Door het milieu- en het ruimtelijke ordeningsbeleid beter op elkaar af te stemmen, kunnen bij de aanleg van openbare voorzieningen heel wat kosten bespaard worden, zowel voor de maatschappij als voor het individu.

- Landbouwers spelen een belangrijke rol bij een meer milieu- en natuurgericht landbeheer. In het EUR-scenario stijgt het areaal landbouw met milieu- en natuurdoelen als nevenfunctie tot 162 000 ha in 2030. Onder meer daardoor kan de oppervlakte groene ruimte per inwoner toenemen met 15 % in het EUR-scenario.

Inleiding

De organisatie van het landgebruik beïnvloedt verschillende milieuthema's zoals versnippering, luchtkwaliteit en gebruik van natuurlijke hulpbronnen. Ook speelt het landgebruik een rol bij het efficiënt beheren van nutsvoorzieningen. De ruimtebehoeften van de verschillende sectoren confronteren ons met de eindigheid van deze hulpbron.

Dit hoofdstuk onderzoekt aan de hand van een nieuw landgebruiksmodel hoe de interactie tussen deze ruimtebehoeften en mogelijke beleidskeuzen zich vertaalt in het toekomstige landgebruik. Dit gebeurt voor het referentiescenario (REF) dat het huidige beleid voortzet, en voor het Europa-scenario (EUR) dat mikt op de verwezenlijking van de Europese milieudoelstellingen tegen 2020. Omdat er onvoldoende aangrijpingspunten zijn voor de ruimtelijke vertaling van de sectorale visionaire scenario's, is er voor dit hoofdstuk geen visionair scenario (VISI) ontwikkeld.

Eerst geeft de tekst uitleg over de aanpak van de toekomstverkenning met behulp van het ruimtelijk-dynamisch RuimteModel. Daarna gaat het hoofdstuk in op de evolutie van het landgebruik in Vlaanderen volgens tien samengestelde landgebruikscategorieën. Vervolgens wordt de aandacht gevestigd op indicatoren voor versteende ruimte en open ruimte. Tot slot volgen de conclusies voor het beleid.

Een webtoepassing toont de evolutie van het landgebruik meer in detail, aan de hand van kaarten per zichtjaar en scenario: www.milieuverkenning.be.

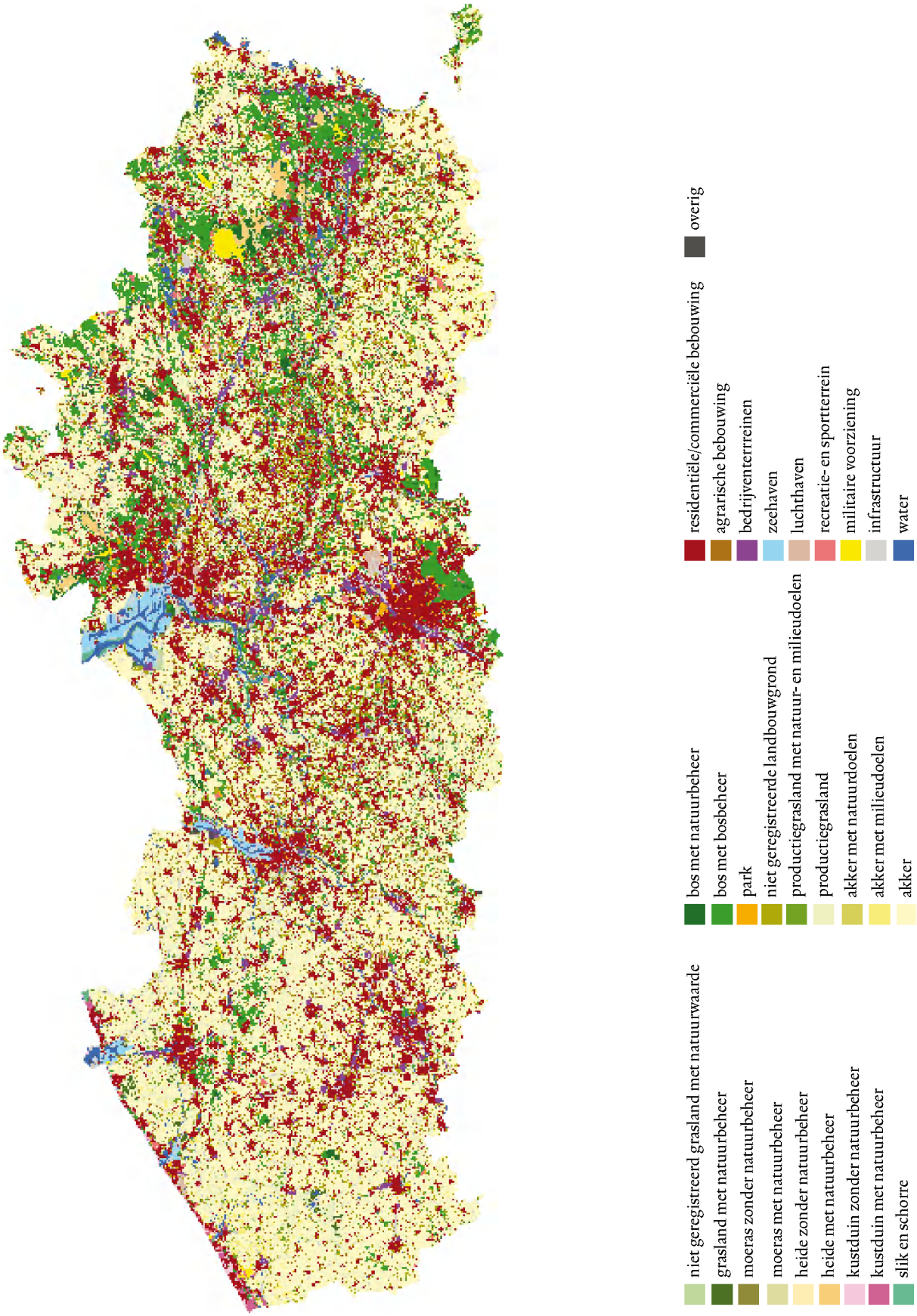
10.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning

Landgebruik 2005

Een simulatiemodel liet voor het eerst toe om na te gaan welke gevolgen beleidskeuzen hebben op het toekomstig landgebruik. Daartoe ontwikkelde VITO in opdracht van MIRA (VMM) en NARA (INBO) een nieuw ruimtelijk-dynamisch landgebruiksmodel voor Vlaanderen: het RuimteModel.

Het uitgangspunt van de modelberekeningen is een landgebruikskaart die de toestand in 2005 weergeeft met een resolutie van 15 m. Het landgebruik werd ingedeeld in 28 landgebruiksklassen volgens de hoofdfunctie. De meest recente gegevens van de Biologische Waarderingskaart (BWK), van de eenmalige perceelsregistratie (EPR) voor landbouwgronden en de kadastrale perceelplannen vormen de ruggengraat van de ontwikkelde landgebruikskaart. Voor de toekomstverkenning 2005-2030 heeft VITO de landgebruikskaart herschaald naar een resolutie van 150 m (FIGUUR 10.1). Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest heeft een belangrijke invloed op de dynamiek van het landgebruik in Vlaanderen. Daarom werd dit gewest volledig opgenomen in de landgebruikskaart en in de modellering.

FIG. 10.1 *Landgebruikskaart op een resolutie van 150 m (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest, 2005)*



Ruimtelijk-dynamisch model met drie niveaus

Het RuimteModel laat in hoge resolutie zien hoe de verschillende landgebruiksklassen in Vlaanderen jaarlijks evolueren. De berekeningen gebeuren met behulp van gegevens over de autonome sociaal-economische ontwikkelingen, over het actuele beleid en over het voorgenomen beleid in de scenario's. De output van het model is het toekomstige landgebruik en de ruimtelijk gediversifieerde indicatoren. Ze zijn de ruimtelijke vertaling van de beleidskeuzen en de autonome evoluties in de scenario's. De resultaten zijn voor elk jaar in de periode van 2005 tot 2030 beschikbaar op een resolutie van 150 m. Bij het modelleren van het landgebruik werd de samenhang in het ruimtelijke beslag van individuele sectoren bewaakt. Omwille van de grote onzekerheden in de resultaten op deze hoge resolutie is hun interpretatie in de eerste plaats interessant voor het ontwaren van algemene tendensen.

Sociaal-economische ontwikkelingen worden in het model doorgegeven van het globale, via het regionale naar het lokale niveau om op een hogere resolutie het landgebruik toe te wijzen (FIGUUR 10.2). Informatie over de kwaliteit van de ruimte (beschikbaarheid, geschiktheid, beleidsstatus en verkeersontsluiting) wordt teruggemeld in omgekeerde richting. Het veranderende landgebruik en de kwaliteit en kwantiteit van de nog beschikbare ruimte beïnvloeden de dynamiek op elk niveau van het model en daardoor bepalen ze de relatieve aantrekkelijkheid van de regio's. Zo beïnvloeden ze in hoeverre mensen en activiteiten verhuizen of zich in een bepaalde regio vestigen.

Het model stelt dat een activiteit zal groeien in regio's die relatief gesproken aantrekkelijk zijn voor die activiteit. Als de activiteit toeneemt, zal ook de druk op de ruimte toenemen. Daardoor treedt verdichting op. Dit heeft gevolgen voor de aantrekkelijkheid van de regio's: op deze manier kunnen de regio's onderling activiteiten verliezen aan of winnen van elkaar.

Het globale modelniveau behandelt sociaal-economische activiteiten die land nodig hebben om te functioneren. Elk scenario legt geïntegreerde groeicijfers op aan het regionale niveau voor de economische en demografische ontwikkelingen, zoals beschreven in Hoofdstuk 2 Sociaal-economische verkenning. De economische activiteiten worden gegroepeerd in landbouw, industrie, diensten, havenactiviteit en luchthavenactiviteit, op basis van hun typerende ruimtelijke gedrag en landgebruik. De bevolking geeft vorm aan het residentiële landgebruik. Het aantal werkzame personen voor de economische sectoren, het aantal inwoners voor de residentiële sector, en de ingenomen oppervlakte door landbouw, bos en natuur drukken de activiteit uit. Voor de landbouwsector legt elk scenario een oppervlaktestreefdoel vast voor de verschillende landbouwklassen (grasland en akker), overeenkomstig Hoofdstuk 5 Landbouw. Hetzelfde geldt voor de natuurklassen moeras, heide, kustduin, grasland met natuurbeheer en bos, overeenkomstig de scenario's van de Natuurverkenning 2030.

Het regionale schaalniveau wijst de globaal opgelegde activiteiten aan de arrondissementen toe. Daarnaast verplaatst het activiteiten en inwoners tussen de arron-

FIG. 10.2 *Deelmodellen op drie gekoppelde niveaus in het RuimteModel*

globaal: Vlaanderen en Brussel: 1 regio



regionaal: arrondissementen: 23 regio's



lokaal: 1 138 567 cellen van 2,25 ha of 1 707 bij 667 cellen



dissementen onderling. De toewijzing van deze groeigestuurde ruimtevraag gebeurt volgens het principe van vraag en aanbod voor de economische activiteiten en voor de bevolking. De door het beleid opgelegde arealen in landbouw, bos en natuur worden toegewezen door middel van prioritaire toekenning. Voor de sector landbouw heeft het SELES-model van het Departement Landbouw en Visserij van de Vlaamse overheid in overeenstemming met de scenario's, de oppervlakten per arrondissement opgelegd. Voor natuur en bos gebeurde dit aan de hand van het POTNAT-model van het INBO (NARA 2009). Om alles zo goed mogelijk op elkaar af te stemmen, is het model zo ingesteld dat het voor de verschillende sectoren en voor de bevolking per arrondissement totalen genereert die consistent zijn met het PLANET-model van het Federaal Planbureau (Hoofdstuk 2 Sociaal-economische verkenning).

Het regionale modelniveau berekent per cel hoeveel personen er wonen en per sector werkzaam zijn. Op basis hiervan bepaalt het niveau het aantal cellen per landgebruiksklasse dat noodzakelijk is voor de toewijzing op het lokale schaalniveau (FIGUUR 10.2).

Het lokale modelniveau kan men zien als een regelmatig rooster van landgebruikscellen dat Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bedekt. Elk

van de vierkante cellen, 2,25 ha groot, bevindt zich steeds in een unieke landgebruikstoestand zoals FIGUUR 10.1 aantoont. Die dynamische toewijzing van de regionale ruimtevraag (uitgedrukt in aantal cellen) gebeurt aan de hand van een cellenautomaat. De toestandverandering van een cel hangt onder meer af van het landgebruik van de cellen in zijn onmiddellijke omgeving: een cirkelvormig gebied met een straal van 1 200 m. De wederzijdse beïnvloeding van de cellen is het eerste vestigingsaspect dat de dynamische overgang op het lokale schaalniveau regelt. Verder spelen de biofysische geschiktheid van de cel (vermogen om het landgebruik te ondersteunen, bijvoorbeeld bodemtype, waterkwaliteit ...), de beleidsstatus (institutionele zoneringstoestand, bijvoorbeeld de ruimteboekhouding, gewestplannen, Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV) en ruimtelijke uitvoeringsplannen, speciale beschermingszones natuur, economische knooppunten ...), en de toegankelijkheid (wegeninfrastructuur, openbaar vervoer ...) een bepalende rol.

Uitgangspunten voor de scenario's

De aannamen in het REF- en EUR-scenario drukken de drijfveren voor de veranderingen in het landgebruik kwantitatief uit:

- De resultaten van het PLANET-model legden de prognoses op voor demografische ontwikkeling, economische groei en tewerkstelling.
- De groeiparameters voor de landgebruiken havens en recreatiegebieden zijn afgeleid van de historische trends.
- Voor het residentiële landgebruik is er van uit gegaan dat de grondoppervlakte toeneemt met de aangroeiende bevolking en handelsactiviteiten. De kavelgrootten verschillen echter tussen beide scenario's. Het REF-scenario leidde de grondoppervlakte af van de prognoses voor vloeroppervlakte per woningtype en bracht ze vervolgens in relatie met de kavelgrootte en het residentiële landgebruik op basis van kadastrale gegevens. Alleen het EUR-scenario hanteerde de streefcijfers voor woondichtheid van het RSV: 25 woningen/ha in stedelijk gebied en 15 woningen/ha in de kernen van het buitengebied. Bovendien werd een 60/40 verhouding nagestreefd tussen het stedelijke gebied en het buitengebied voor wat betreft het bijkomende woningaanbod.
- Voor de beroepslandbouw (EPR) bepaalde een gelijkblijvend productie-equivalent areaal de oppervlakte cultuurgrond en de verdeling over de verschillende categorieën. Hierbij is rekening gehouden met het beleidsdoel 'behoud van blijvend grasland' en met de veronderstelling van een 10 % lagere productie per oppervlakte-eenheid op gronden waarop milieu- en natuurdoelen worden gerealiseerd. Dit betekent voor het REF-scenario 594 510 ha landbouwareaal in 2030, waarvan 25 182 ha met milieu- en natuurdoelen (4,2 %) en 608 045 ha voor het EUR-scenario waarvan 161 788 ha (26,6 %) met milieu- en natuurdoelen.
- Voor natuur en bos heeft elk scenario de streefoppervlakten vastgelegd per landgebruiksklasse. De categorie bos is ook onderworpen aan het bosbeleid waarbij drie prin-

cipes centraal staan: kwantitatief bosbehoud, bosuitbreiding en kwalitatief bosbehoud.

- De ruimtelijke principes van het RSV bepalen waar een landgebruik zich mag ontwikkelen en sturen de toewijzing van het landgebruik aan tot op celniveau. Daarnaast zijn talrijke andere beleidsdocumenten gehanteerd om de beleidsstatus van iedere cel vast te leggen.

Het REF- en EUR-scenario corresponderen met het RR-scenario en het ER-scenario in de Natuurverkenning 2030.

10.2 Landgebruik

De resultaten van de toekomstverkenning worden hier toegelicht op schaalniveau van Vlaanderen. De analyse van de dynamiek wordt verder besproken op niveau van de arrondissementen.

Om de resultaten overzichtelijk weer te geven, groepeerde MIRA de 28 landgebruiksklassen van de landgebruikskaart in tien niet overlappende landgebruikscategorieën die samen de volledige oppervlakte van Vlaanderen bedekken (TABEL 10.1).

TAB. 10.1 *Indeling van het landgebruik en overeenkomst met het RuimteModel*

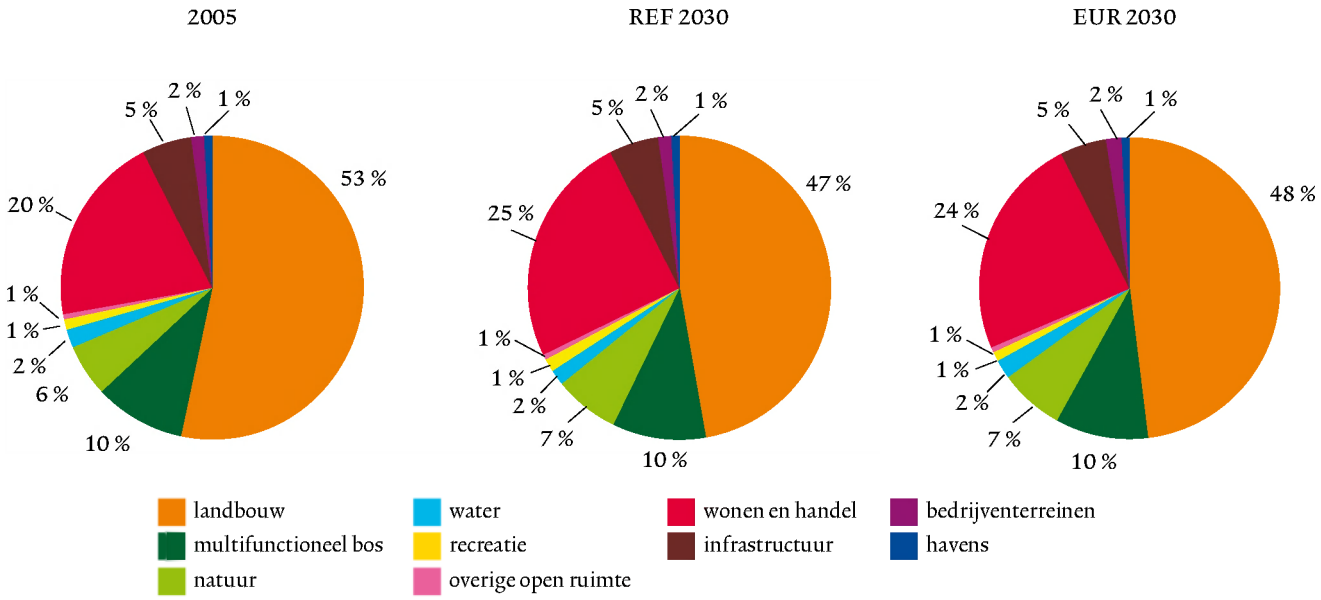
Landgebruikscategorie (10)	**Landgebruiksklasse (28)**
Natuur	Terreinen met hoofdfunctie natuur, met of zonder natuurbeheer
Multifunctioneel bos	Terreinen van multifunctioneel bos en parken
Landbouw	Niet geregistreerde landbouwgrond, alle graslanden en akkers, uitgezonderd grasland natuurbeheer
Wonen en handel	Residentiële, commerciële en agrarische bebouwing
Bedrijventerreinen[1]	Bedrijventerreinen
Havens	Zeehaven en luchthaven
Recreatie	Recreatie en sportterrein
Infrastructuur	Infrastructuur
Water	Water
Overige open ruimte	Overige + militaire voorziening

FIGUUR 10.3 toont dat het Vlaamse landoppervlak (1 357 358 ha) in 2005 in belangrijke mate bestond uit de landgebruikscategorieën landbouw (53 %), wonen en handel (20 %), multifunctioneel bos en natuur (15 %) en infrastructuur (5 %).

Het landgebruik wonen en handel en landbouw kent uitgesproken verschillen tussen het REF- en het EUR-scenario in 2030:

- Het landgebruik voor *wonen en handel* neemt in beide scenario's toe, maar de stijging is het sterkst in het REF-scenario, met 23 % in 2030 ten opzichte van 2005. Voor Vlaanderen komt dit overeen met een groeisnelheid van 2 502 ha/jaar. In het EUR-sce-

FIG. 10.3 *Landgebruik in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2005 en 2030)*



nario bedraagt dit 1 955 ha/jaar, ofwel een stijging van 18 % in de periode tussen 2005 en 2030. In beide scenario's wordt het merendeel (83 tot 85 %) van de planologisch gedefinieerde woonuitbreidingsgebieden in 2015 ingenomen door wonen en handel.

- De verstedelijking gaat voornamelijk ten koste van de *landbouwgronden*. De afname bedraagt 3 382 ha landbouwgrond/jaar in het REF-scenario en 2 929 ha/j in het EUR-scenario. Ten opzichte van 2005 is dit een daling van respectievelijk 12 % en 10 % in 2030. In beide scenario's groeit de bevolking even sterk. De verdichting van de residentiële bebouwing en de keuze voor meer landbouw met milieu- en natuurdoelen in het EUR-scenario bepalen het verschil.

Het REF-scenario voorziet in een groei van het areaal *natuur- en multifunctioneel bos* met 11 % over een periode van 25 jaren of 924 ha/jaar. In het EUR-scenario is dit een aangroei van 12 % over 25 jaar of 1 010 ha/jaar. Door de bevolkingsaangroei met 0,74 miljoen mensen tot 6,78 miljoen – wat neerkomt op een stijging van 12 % tussen 2005 en 2030 – blijft het areaal natuur en multifunctioneel bos per inwoner stabiel op ongeveer 340 m²/inwoner in de periode tussen 2005 en 2030 voor beide scenario's. Hiermee scoort Vlaanderen en zelfs België de laagste waarden in Europa.

De *bedrijventerreinen* kennen een aangroei van 21 ha/jaar of 2 % over de periode tussen 2005 en 2030 in het REF-scenario, en van 35 ha/jaar of 4 % over de periode 2005-2030 in de Europese variant, hoewel de economische ontwikkeling in beide scenario's even sterk is. De verklaring voor de sterkere groei in het EUR-scenario is het gevolg van het kleinere ruimtebeslag voor woningen, dat meer ruimte voor bedrijventerreinen toelaat en waarvoor meer aparte terreinen worden voorzien. De toename van bedrijventerreinen blijft gematigd ondanks de aangenomen groei voor de sectoren industrie en handel en diensten. Voor de sector industrie stijgt de bruto toegevoegde waarde met 47 %, ondanks een daling van de tewerkstelling met 16 %.

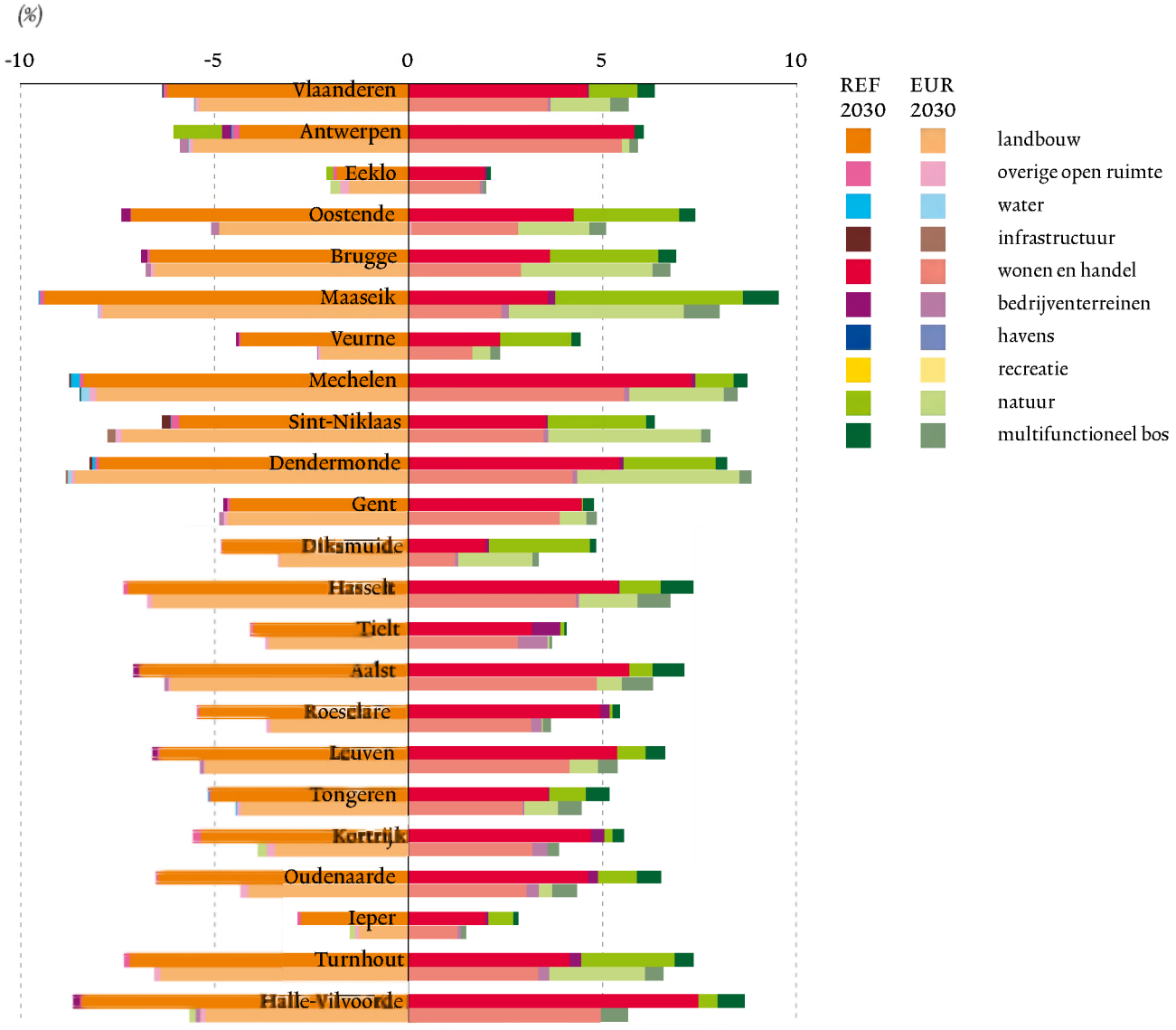
Voor de sector handel en diensten neemt zowel de bruto toegevoegde waarde als de tewerkstelling toe met respectievelijk 62 % en 25 %. Dit toont de verdere evolutie naar een dienstensamenleving aan. Tewerkstelling is in de modellering de drijvende kracht voor de omvang van deze landgebruikscategorie.

Uit FIGUUR 10.3 en FIGUUR 10.4 blijkt dat Vlaanderen in het REF-scenario 6,2 % van haar oppervlakte verliest in de categorie landbouw en 0,2 % in de categorie overige open ruimte. Wonen en handel (+4,6 %), natuur (+1,3 %) en multifunctioneel bos (+0,5 %) nemen hun plaats in. In 2030 is er dus 6,4 % van de Vlaamse oppervlakte netto van bestemming veranderd volgens het REF-scenario, voor het EUR-scenario is dit 5,5 %.

Landgebruik op niveau van de arrondissementen

Dit onderdeel wil de diversiteit van de verwachte ontwikkelingen op schaalniveau

FIG. 10.4 *Netto landgebruikswijzigingen tussen 2005 en 2030 in Vlaanderen en de arrondissementen in het REF- en het EUR-scenario, uitgedrukt in het percentage van het totale oppervlak van de beschouwde begrenzing in 2005*



van de arrondissementen tonen. Dit komt tot stand door de ruimtelijke informatie op niveau van cellen van 2,25 ha (FIGUUR 10.1) samen te voegen tot op arrondissementniveau.

FIGUUR 10.4 illustreert het veranderde landgebruik op niveau Vlaanderen en per arrondissement voor beide scenario's. Het percentage toont de netto wijziging in 2030 ten opzichte van het landgebruik in 2005. Deze indicator is een maat voor de ruimtelijke dynamiek, waarbij de patronen aan weerszijden van de nullijn elkaars complement zijn. De totale oppervlakte van Vlaanderen of de arrondissementen ligt immers vast.

Deze dynamiek is het sterkst uitgesproken in de arrondissementen Maaseik en Mechelen, en het minst in Eeklo en Ieper. In alle arrondissementen is er in het EUR-scenario een lager bijkomend grondbeslag van wonen en handel als gevolg van de kleinere bouwkavels voor nieuwbouw. Antwerpen verliest procentueel het meeste natuurgebied en Maaseik kent procentueel de grootste aangroei van natuur. Tielt kent de grootste stijging van bedrijventerreinen.

10.3 Versteende ruimte

De toenemende verstening en de bevolkingsgroei vormen voor de kwaliteit van de leefomgeving een uitdaging. De impact van de verstening op de bodemafdichting, de leefomgeving dichtbij grote wegen, en de waterzuivering werden ruimtelijk uitgewerkt aan de hand van indicatoren.

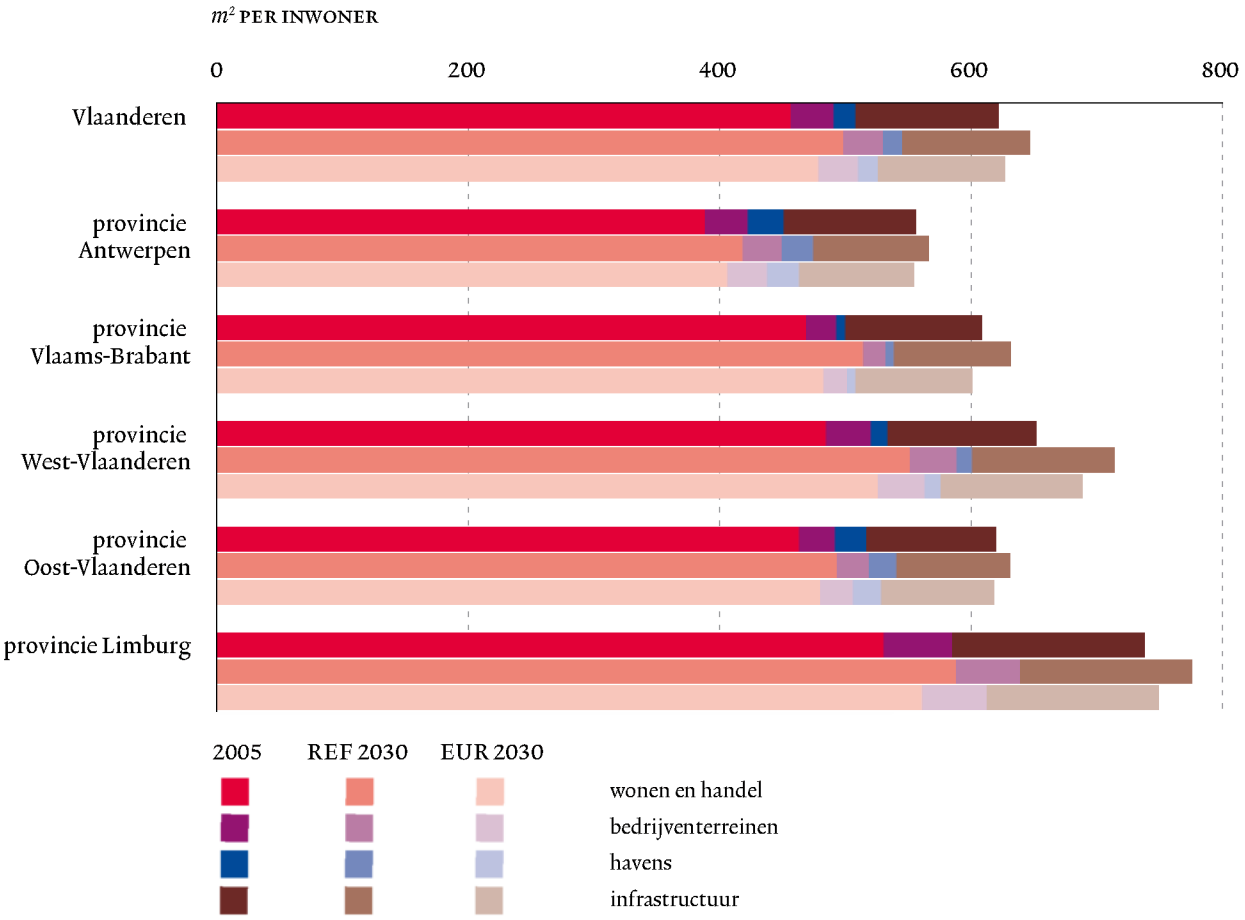
De versteende ruimte omvat de landgebruikscategorieën wonen en handel, bedrijventerreinen, havens en infrastructuur. In het REF-scenario neemt de versteende ruimte toe met 17 % tussen 2005 en 2030, tot 439 000 ha. In het EUR-scenario blijft de groei beperkt tot 13 % of een toename tot 426 000 ha. Dit betekent dat er dagelijks 6,9 ha versteende ruimte bijkomt in het REF-scenario en 5,5 ha in het EUR-scenario.

FIGUUR 10.5 toont de oppervlakte versteende ruimte per inwoner in 2030 voor de twee scenario's en in 2005. Hoewel de versteende ruimte is toegenomen, is deze aangroei per inwoner beperkt tot 4 % in het REF-scenario en tot 1 % in het EUR-scenario in Vlaanderen. Dit verschil is het gevolg van een bewoningsconcentratie door kleinere bouwkavels en inbreiding of hoogbouw in het EUR-scenario. Tussen de provincies zijn er verschillen. In Antwerpen, Vlaams-Brabant en Oost-Vlaanderen daalt de versteende ruimte per inwoner in het EUR-scenario, omdat de bevolking er sneller toeneemt dan de versteende ruimte.

Afdichtingsgraad

De afdichtingsgraad is de verhouding van de oppervlakte afgedichte bodem tot de totale oppervlakte van een landgebruikscategorie. De afdichtingsgraad varieert per landge-

FIG. 10.5 *Oppervlakte versteende ruimte per inwoner in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2005 en 2030)*



bruikscategorie, en is bijvoorbeeld het hoogst voor infrastructuur met 75 % afdichting. De afdichtingsgraad van de versteende ruimte neemt tussen 2005 en 2030 af van 33 % naar respectievelijk 31,6 en 31,8 % voor het REF- en het EUR-scenario. Dit komt omdat het aandeel bebouwing stijgt door wonen en handel in de versteende ruimte, waarin ook tuinen van woonkavels inbegrepen zijn.

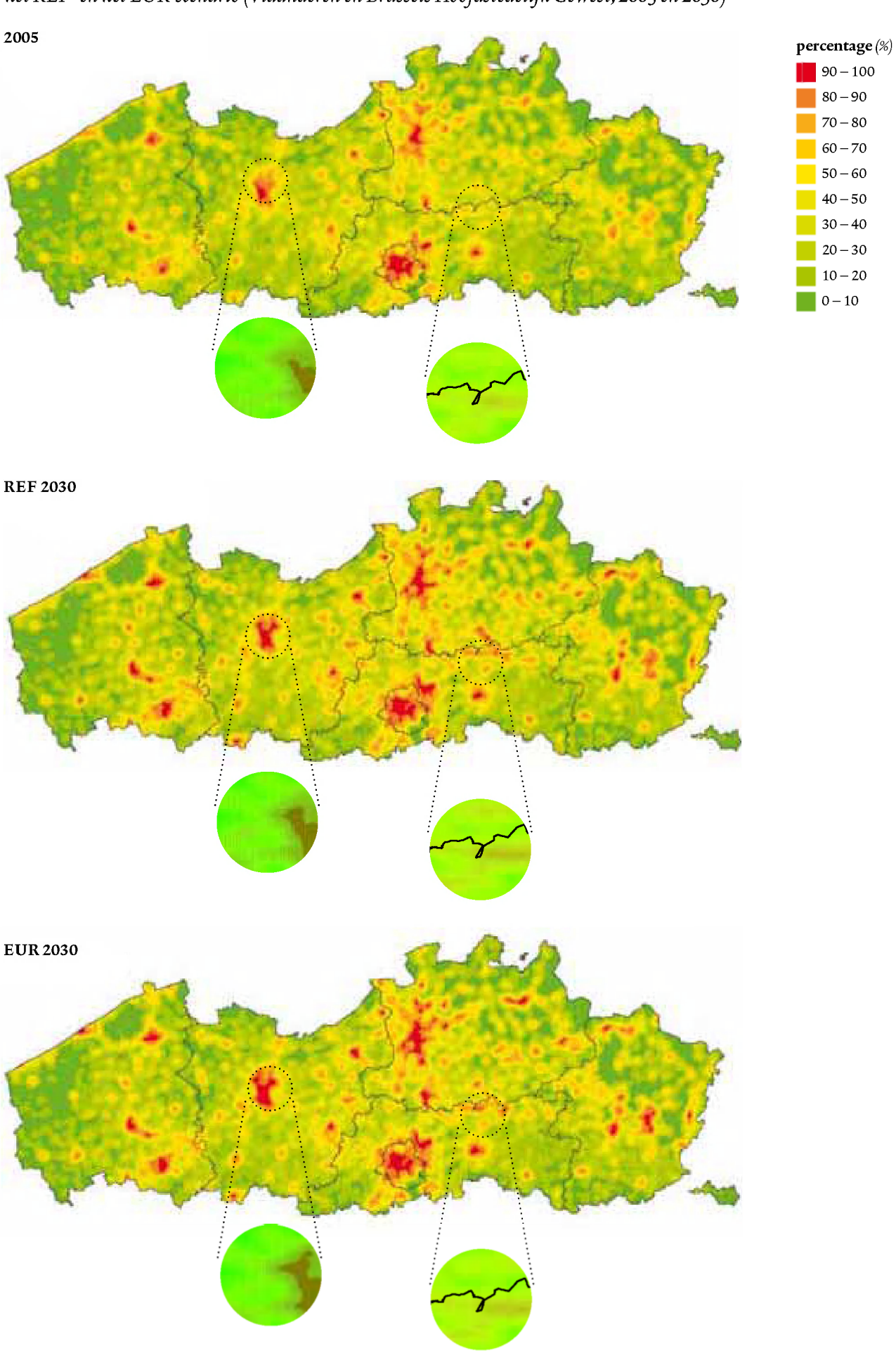
De afdichtingsgraad van heel Vlaanderen stijgt van 9,3 % in 2005 tot respectievelijk 10,3 en 10,1 % in 2030 voor het REF- en het EUR-scenario. Dit betekent dat er dagelijks 1,6 ha bodem wordt afgedicht in het REF-scenario en 1,2 ha in het EUR-scenario.

De toenemende afdichting van de bodem leidt tot een verminderde waterinfiltratie en wateropslag van de bodem. Dit zorgt voor een versnelde waterafvoer en problematische piekdebieten in kleine waterlopen bij intense zomerneerslag, en in grote rivieren bij winterstormen. Door de verwachte bevolkingsgroei zijn bijkomende maatregelen noodzakelijk om de verstening en de negatieve gevolgen te beperken.

Verdichting

FIGUUR 10.6 illustreert de dichtheid van de versteende ruimte. Deze indicator drukt het aandeel uit van de versteende landgebruiksklassen binnen een straal van

FIG. 10.6 *Dichtheid van de versteende ruimte: aandeel versteende ruimte binnen een straal van 1,5 km in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest, 2005 en 2030)*



1 500 m rond een cel van 2,25 ha.
De dichtheid van de versteende ruimte neemt toe, omdat zowel de versteende ruimte als de versnippering ervan stijgt. Deze effecten zijn het sterkst in verstedelijkte gebieden zoals Brussel en Antwerpen, en het zwakst in Diksmuide en Veurne. De dichtheid neemt sterker toe in het REF-scenario en wel in de arrondissementen Mechelen, Halle-Vilvoorde en Leuven. In Ieper en Eeklo verandert de verdichting nauwelijks in het EUR-scenario.

De kaartfragmenten van FIGUUR 10.6 tonen de evolutie voor een stedelijk gebied (onderste kaartfragment, het Gentse) en een buitengebied (bovenste kaartfragment: rond de gemeenten Keerbergen, Tremelo, Heist-op-den-Berg). Tegen 2030 wordt de verdere verdichting duidelijk. In het EUR-scenario is de verdichting sterk in stedelijk gebied en minder uitgesproken in buitengebied. Dit volgt uit de strikte toepassing van de toewijzing van nieuwe woningen volgens de voorschriften van het RSV.

Bebouwing in de buurt van grote wegen

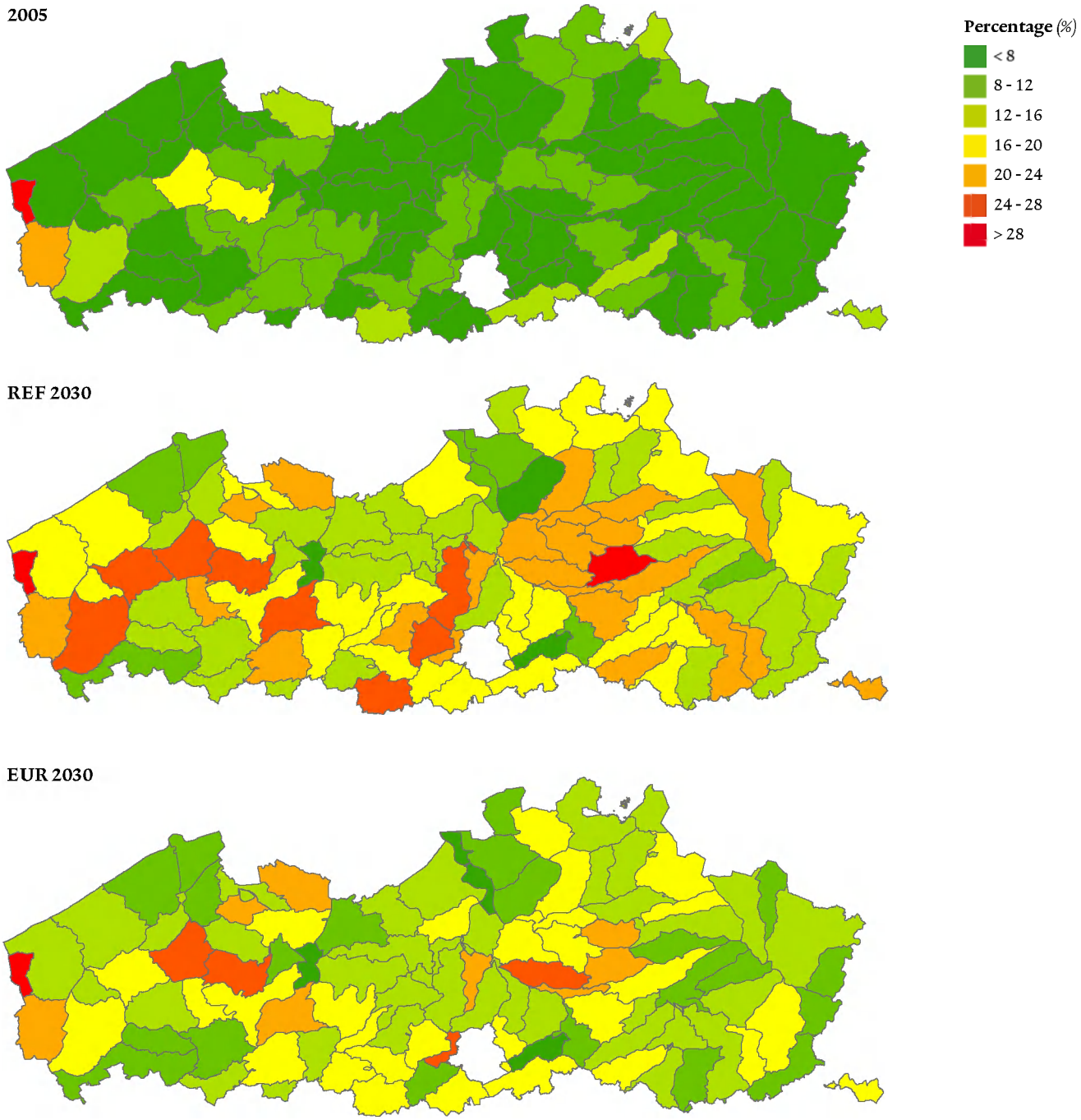
De toenemende bebouwing in de twee scenario's vindt vooral plaats in de stadsranden en in de bebouwde kernen van het buitengebied: dit zijn gebieden met grote toegankelijkheid. Dit betekent dat de bebouwing in de omgeving van grote wegen[2] in de beide scenario's toeneemt. In een bufferzone van 450 m rond de grote wegen, stijgt het aandeel van de landgebruikscategorie wonen en handel van 28 % in 2005 tot 34 % in 2030 volgens het REF-scenario en 33 % in het EUR-scenario. Bij nauwere bufferzones is de evolutie gelijkaardig. Dit is van belang voor de blootstelling van de bevolking aan verontreinigende stoffen en voor de impact van verkeershinder. Studiewerk is lopende om de effecten op de luchtkwaliteit en blootstelling te bepalen in de buurt van drukke verkeerswegen. De verdere verstedelijking van Vlaanderen zal deze problematiek nog accentueren.

Waterzuivering in bebouwd gebied

De zoneringsplannen voor afvalwaterzuivering delen Vlaanderen op in gebieden met collectieve waterzuivering (centraal gebied, collectief geoptimaliseerd buitengebied en collectief te optimaliseren gebied) en een gebied met individuele kleinschalige waterzuivering (individueel te optimaliseren gebied).

In 2030 moet het collectief te optimaliseren gebied volledig gerioleerd en aangesloten zijn op rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Op basis van de huidige zoneringsplannen besluit dit model dat in het REF-scenario in 2030 5,7 miljoen Vlamingen in de gebieden met collectieve waterzuivering wonen. Dat is 84 % van de bevolking. In 2007 waren 5,3 miljoen Vlamingen of 87 % van de bevolking aangesloten op de riolering. Daarbij werd het afvalwater van 4,3 miljoen Vlamingen effectief collectief gezuiverd. Ook in het individueel te optimaliseren gebied zal

FIG. 10.7 *Aandeel van de bevolking in individueel te optimaliseren gebied voor afvalwaterzuivering in het REF- en het EUR-scenario, per deelbekken (Vlaanderen, 2005 en 2030)*



nieuwe bebouwing komen. In het REF-scenario 2030 zal 16 % van de bevolking of 1,1 miljoen inwoners in het individueel te optimaliseren gebied wonen en 14 % in het EUR-scenario. De modellering hield geen rekening met de huidige zoneringsplannen bij de toewijzing van de nieuwe bebouwing (FIGUUR 10.7). Deze indicator toont aan dat het zinvol is te streven naar een betere afstemming tussen het milieu- en het ruimtelijke ordeningsbeleid. Hiermee kunnen belangrijke kosten bespaard

worden, zowel voor de maatschappij als voor het individu.

10.4 Open ruimte

Hoe de open ruimte kan evolueren, wordt hier ontleed met behulp van indicatoren tot op provinciaal niveau. Naast de omzetting naar versteende ruimte (of omgekeerd) komt de open ruimte per inwoner en de aaneengeslotenheid ervan aan bod. Ook bij de groene ruimte en haar beschikbaarheid wordt stilgestaan. Tot slot analyseert dit deel de mogelijke evolutie in het landbouwareaal.

De open ruimte omvat de landgebruikscategorieën met een beperkte mate van verstening, en is dus complementair aan de versteende ruimte. Open ruimte omvat de landgebruikscategorieën natuur, multifunctioneel bos, landbouw, recreatie, water en overige open ruimte (TABEL 10.1).

Omzetting van de open ruimte

De blijvende vraag naar woningen resulteert in een omzetting van open naar versteende ruimte. Er is ook een omvorming van versteende naar open ruimte. De omzetting naar versteende ruimte domineert, en bedraagt in de periode tussen 2005 en 2030 65 889 ha in het REF-scenario en 51 809 ha in het EUR-scenario. Dit gaat vooral ten koste van landbouwgrond, zoals blijkt uit FIGUUR 10.8. Ook de categorieën natuur en multifunctioneel bos worden bebouwd.

De beperkte omzetting van vooral landgebruik voor wonen en handel en bedrijventerreinen naar open ruimte, bedraagt 2 968 ha in het REF-scenario en 2 216 ha in het EUR-scenario in 2030. Men gaat er hierbij van uit dat de versteende ruimte kan omgezet worden naar open ruimte. In de praktijk gaat dit om planologische omzettingen, bijvoorbeeld van niet in gebruik genomen bedrijventerreinen, of om de her-

FIG. 10.8 *Omzetting van open ruimte naar versteende ruimte (grote balken) en van versteende ruimte naar open ruimte (kleine balken) in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest, 2030)*

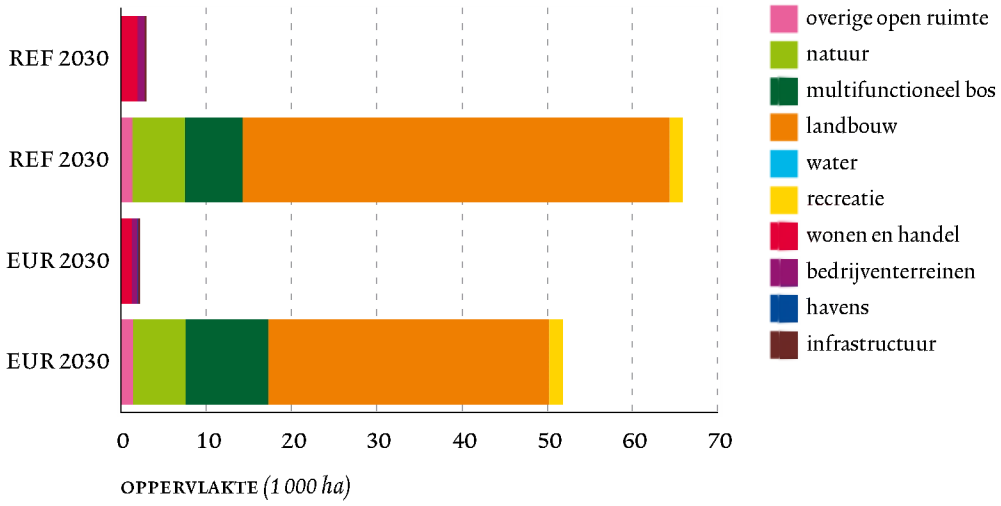
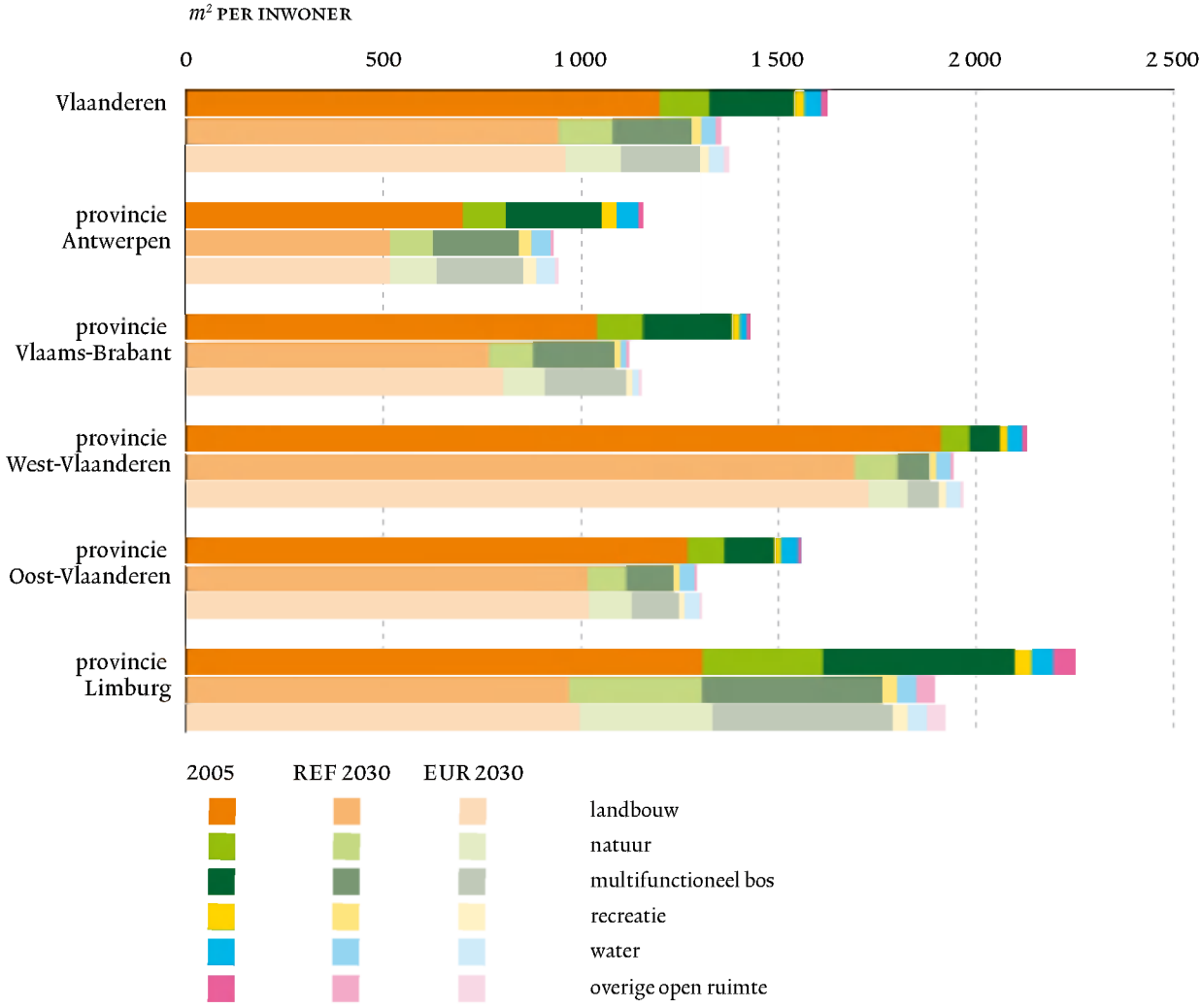


FIG. 10.9 *Oppervlakte open ruimte per inwoner in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2005 en 2030)*



ontwikkeling van een gebied na bodemsanering.

Open ruimte en groene ruimte per inwoner

De afnemende open ruimte betekent dat de oppervlakte open ruimte per inwoner daalt. FIGUUR 10.9 toont deze evolutie voor Vlaanderen en de provincies. Voor Vlaanderen daalt de oppervlakte open ruimte van 1 624 m²/inwoner naar 1 354 in het REF-scenario en 1 374 in het EUR-scenario in 2030. De algemene stelling hierbij is dat de ontwikkelingen in de versteende ruimte de motor zijn voor wat er gebeurt met de open ruimte. In de provincies Antwerpen en Vlaams-Brabant is de relatieve afname van de open ruimte het meest uitgesproken, in West-Vlaanderen het minst. Landbouw houdt hier het best stand: de verstedelijking loopt ten opzichte van de rest van Vlaanderen nog achterop.

Het aanbod van groene ruimte in Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest per inwoner binnen een straal van 10 km bedraagt in het REF-scenario in 2030, net als in 2005, 386 m² per inwoner. Groene ruimte omvat de landgebruikscategorieën na-

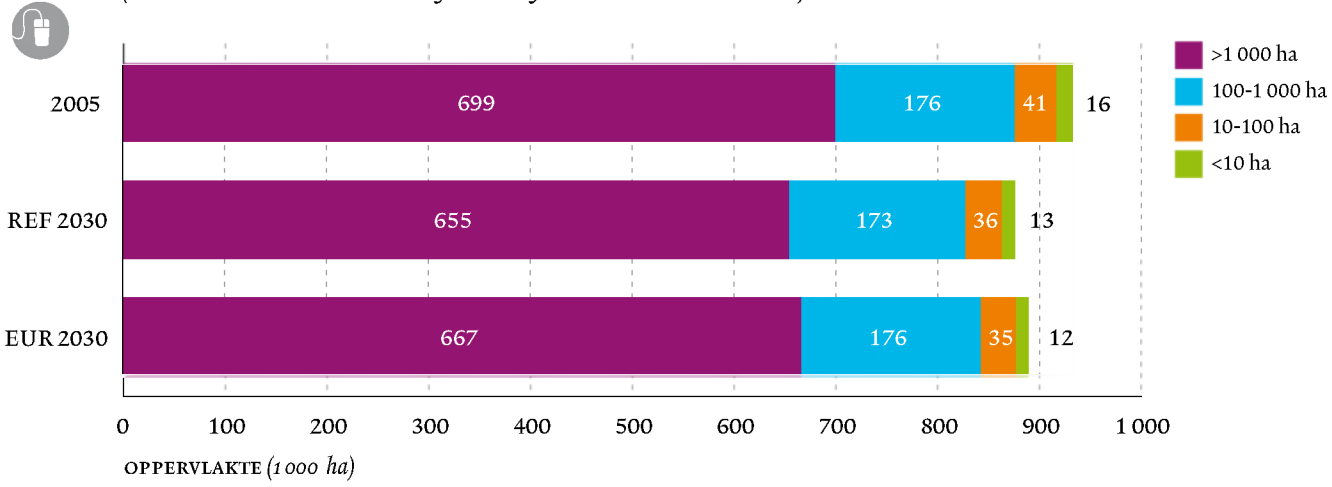
tuur, multifunctioneel bos en een beperkte oppervlakte landbouwgronden, namelijk landbouw met als nevenfunctie milieu- en natuurdoelen. Hoewel de oppervlakte bos en natuur toeneemt in het REF-scenario, blijft het aanbod aan groene ruimte constant omdat de bevolkingsgroei evenredig toeneemt. In het EUR-scenario stijgt het aanbod tot 444 m²/inwoner in 2030, door de sterke ontwikkeling van landbouw met milieu- en natuurdoelen.

Aaneengeslotenheid van de open ruimte

De beleving van de open ruimte hangt ook af van de aaneengeslotenheid en de grootte van de clusters. Openruimteclusters zijn aaneengesloten gebieden bestaande uit openruimtelandgebruiken, waar grote wegen, waterwegen en spoorlijnen her en der doorheen snijden. Ondanks het dalende areaal aan open ruimte, worden de openruimteclusters gemiddeld groter, van 139 ha in 2005 tot 163 ha in het REF-scenario en tot 166 ha in het EUR-scenario (FIGUUR 10.10). Het aantal clusters daalt in de scenario's op dezelfde manier. Dit is het gevolg van de toenemende bebouwing in de stadsranden en in de bebouwde kernen van het buitengebied. In beide scenario's verdwijnt landbouwareaal, meestal in de nabijheid van bebouwde kernen. Dit zorgt ervoor dat kleine clusters open ruimte verdwijnen. Grote clusters open ruimte kunnen zich beter handhaven, maar nemen niet in oppervlakte toe.

Getoetst aan de principes van het RSV, blijkt dat de bebouwing zich concentreert rond bestaande bebouwing. Dit maakt deel uit van de gedeconcentreerde bundeling. Het RSV stelt ook dat de niet-bebouwde ruimte maximaal dient gevrijwaard te worden. Door de grote vraag naar woningen is het behouden van grotere clusters open ruimte slechts mogelijk door de kleinere clusters aan bebouwing

FIG. 10.10 *Oppervlakte open ruimte per clustergrootteklasse in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest, 2005 en 2030)*



prijs te geven.

Landbouw in de open ruimte

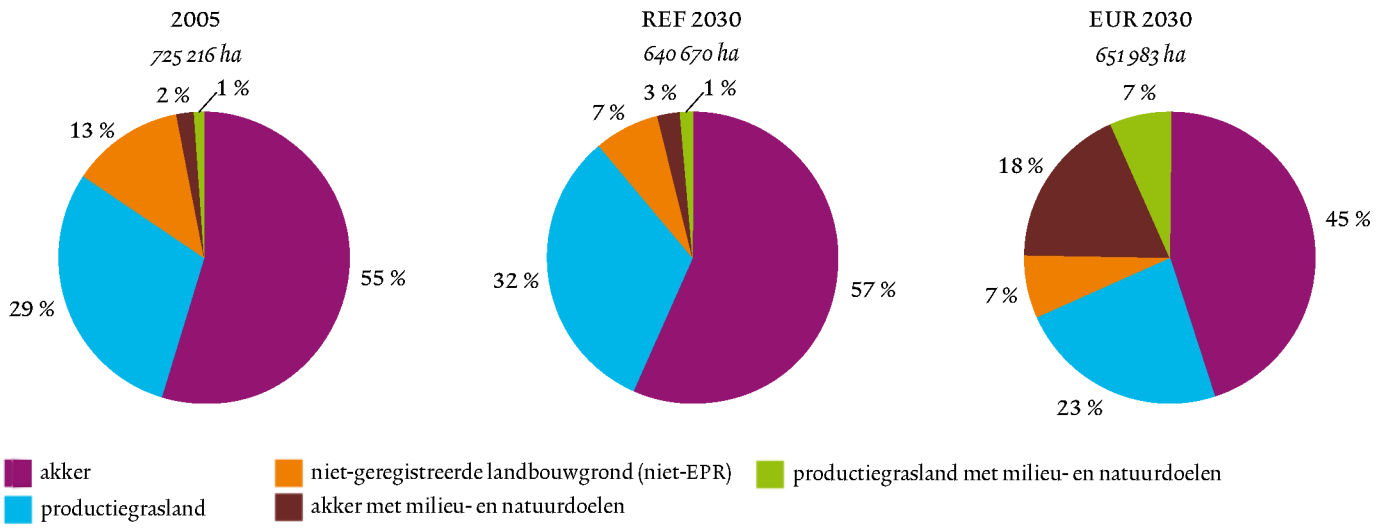
De landgebruikscategorie landbouw in het RuimteModel bestaat uit meerdere landgebruiksklassen:

- Productiegrasland en akker: dit zijn geregistreerde landbouwgronden met als enige functie productielandbouw.
- Grasland en akker met milieu- en natuurdoelen: dit zijn geregistreerde landbouwgronden met hoofdfunctie productielandbouw, maar met respectievelijk een verweven nevenfunctie milieubescherming of natuur (meer uitleg in het Hoofdstuk 5 Landbouw.)
- Niet-geregistreerde landbouwgrond: dit is de verzameling van akkers en biologisch weinig waardevolle graslanden die niet geregistreerd zijn bij de overheid voor inkomenssteun, beheerovereenkomsten of in het kader van de milieuwetgeving zoals het mestbeleid. In de praktijk zijn dit percelen voor hobbylandbouw, paarden- en schapenweiden en allerhande ruigten (slapende bouwpercelen ...).

FIGUUR 10.11 toont het aandeel van elk van deze landgebruiksklassen in het totale landgebruik landbouw. De landbouw zoals beschreven in Hoofdstuk 5 behandelt enkel de landbouwgrond die geregistreerd werd voor inkomenssteun, beheerovereenkomsten of in het kader van de milieuwetgeving zoals het mestbeleid.

Het areaal niet-geregistreerde landbouwgrond halveert in de scenario's van 92 000 ha naar ongeveer 46 000 ha in het REF-scenario en 44 000 ha in het EUR-sce-

FIG. 10.11 *Samenstelling van de landgebruikscategorie landbouw en aandelen in het REF- en het EUR-scenario (Vlaanderen, 2005 en 2030)*



nario in 2030. Het EUR-scenario zet sterk in op de realisatie van bijkomende milieu- en natuurdoelen op akkers en weilanden. Die ontwikkeling vergt een versterking van het plattelandbeleid en beperkt in sterke mate de sedimentstromen door erosie en het afstromen van nutriënten naar oppervlaktewater. Het areaal geregistreerde landbouwgronden neemt licht af zoals Hoofdstuk 5 Landbouw verduidelijkt.

Voor niet-geregistreerde landbouwgrond geldt dat de beschikbare geografische informatiebestanden de gebruikers van deze gronden niet konden identificeren. Omdat er geen beleidsopties rusten op niet-geregistreerde landbouw, is dit landgebruik erg gevoelig voor verandering in de modelsimulaties. Bijgevolg wordt geen rekening gehouden met de zelfbeschikkingsrechten van de eigenaars van terreinen waarop niet-geregistreerde landbouwactiviteiten plaatsvinden. In arrondissementen waar het areaal aan geregistreerde landbouw stijgt, gaat deze groei ten koste van niet-geregistreerde landbouwgronden. Het behoud van beroepslandbouw en verdere verstening zijn moeilijk te verzoenen, tenzij andere landgebruiksklassen, zoals de niet-geregistreerde landbouw, grond afstaan. Dat is de keuze die in het model is gemaakt.

10.5 Conclusies voor het beleid

De bevolkingsgroei stuurt in sterke mate het toekomstige landgebruik in Vlaanderen. De toenemende vraag naar woningen zorgt in de toekomst voor de verdere verstening van Vlaanderen. Hoe en waar de bebouwing wordt ingeplant, bepaalt de mogelijkheid om de nadelige effecten af te zwakken. De toenemende vraag naar ruimte voor woningen en bedrijventerreinen gaat hoofdzakelijk ten koste van het landbouwareaal. In de modellering is op basis van historische trends en striktere toepassing van overheidsregels, gekozen voor een verdichting van de bijkomende bebouwing. De sterkere verdichting in het EUR-scenario door kleinere bouwkavels biedt meer mogelijkheden voor het behoud van de open ruimte.

Een tweede drijvende factor voor het landgebruik is de economische groei en de eraan gekoppelde tewerkstelling. Deze toekomstverkenning ging ook uit van een groeiscenario voor de sector handel en diensten. Dit leidt ondanks de sterke groei tot een beperkte bijkomende vraag naar bedrijventerreinen, maar wel tot een stijging van de commerciële bebouwing.

Landbouw zal volgens deze modeloefening in de toekomst grond moeten vrijgeven voor residentiële en commerciële bebouwing. De geregistreerde landbouw blijft grotendeels behouden en groeit in sommige arrondissementen in tegenstelling tot de niet-geregistreerde landbouw.

In het REF-scenario gaat de landbouwoppervlakte achteruit. Het buitengebied verdicht verder. Het aanbod aan groene ruimte per inwoner blijft stabiel ten opzichte van 2005. In het EUR-scenario gaat de landbouwoppervlakte minder achteruit. De verdichting van het buitengebied is minder groot, maar in steden des te groter. De

voorschriften voor residentiële bebouwing van het RSV worden gerespecteerd. Het aanbod aan groene ruimte per inwoner stijgt, onder meer als het gevolg van de sterk toenemende oppervlakte landbouw met milieu- en natuurdoelen.

De modelresultaten mogen op schaal Vlaanderen eerder beperkt lijken, op lokale schaal kunnen zich grote wijzigingen voordoen. Zo zal de toenemende bebouwing rond grote verkeerswegen bijkomende kwaliteitseisen stellen aan de leefomgeving rond deze wegen. Naast de inrichting van de woonomgeving dienen ook het milieubeleid (onder andere luchtkwaliteit, lawaai) en het mobiliteitsbeleid daarop in te spelen.

Bij het voorzien van diensten en de aanleg van nutsvoorzieningen zoals afvalwaterzuivering of glasvezelbekabeling moet overwogen worden waar de vele nieuwe woningen zullen komen. Deze modellering gaat uit van de inplanting volgens het principe van het RSV in het EUR-scenario, namelijk een gedeconcentreerde bundeling. Een meer gespreide inplanting verhoogt de kosten voor diensten en nutsvoorzieningen.

De modelresultaten maken duidelijk dat men afgestemde keuzen moet maken om mensen te huisvesten, industrie en handel te laten groeien, landbouw te vrijwaren en natuur te beschermen. Daarbij zijn win-winsituaties niet altijd mogelijk, en moet het beleid moeilijke, maar duidelijke keuzen maken. De scenariooefening toont aan dat indien men zowel de landbouwoppervlakte als de open en groene ruimte in Vlaanderen wil behouden op het huidige peil, het noodzakelijk is de verstedelijkte ruimte efficiënter te benutten.

De kracht van deze toekomstverkenning met het RuimteModel ligt in het ruimtelijk zichtbaar maken van autonome ontwikkelingen en beleidskeuzen op een gedetailleerd niveau van 2,25 ha. Daarnaast worden ruimtelijk specifieke indicatoren ontwikkeld die toelaten ruimtelijke en milieukundige doelstellingen te verkennen. Deze toekomstverkenning is een eerste stap in een proces van verdere verfijning. Zo kan een betere afbakening van de landgebruiksklassen het model verder uitbreiden. Het RuimteModel kan ingezet worden als gids bij de opmaak van ruimtelijke plannen. Het kwantificeren van multisectorale beleidsscenario's en de ruimtelijk-dynamische modelresultaten laten toe om ontwikkelingen en beleidsantwoorden, zoals sectorale visies, te testen op hun consistentie.

NOTEN

1 De categorie bedrijventerreinen in het RuimteModel omvat 45 % industriële en 55 % handel- & dienstenactiviteiten. Industriële activiteiten en handel en diensten zijn verspreid over de landgebruikscategorieën bedrijventerreinen, wonen en handel en havens.
2 Grote wegen omvatten alle regionale of secundaire wegen, hoofdwegen, expresswegen en autosnelwegen. Lokale wegen behoren hier niet toe.

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

Gobin A., Uljee I., Van Esch L., Engelen G., de Kok J., van der Kwast H., Hens M., Van Daele T., Peymen J., Van Reeth W., Overloop S. & Maes F. (2009) Landgebruik in Vlaanderen. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009 & NARA 2009, VMM, INBO.R.2009.20, www.milieurapport.be, www.nara.be.

LECTOREN

Ingeborg Barrez, **Koen Martens**, **Adelheid Vanhille**, VMM
Marc De Loose, **Hilde Wustenberghs**, ILVO
Michel Debruyne, Studiedienst, ACW
Sofie Ducheyne, **Jeroen Reyniers**, VLM
Linn Dumez, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw
Peter Jaeken, Phytofar
Katrien Janssen, Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling, Departement LV
Tom Kuppens, Centrum voor Milieukunde, UHasselt
Johan Mahieu, Provinciaal Centrum voor Landbouw en Milieu
Koen Miseur, Brownfieldconvenanten, Agentschap Ondernemen
Martine Swerts, Afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen, Departement LNE
Bert Van Goidsenhoven, OVAM
Axel Verachtert, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Departement LNE







11 Klimaatverandering en waterhuishouding

Johan Brouwers, Bob Peeters, MIRA-team, VMM
Patrick Willems, Afdeling Hydraulica, K.U.Leuven
Pieter Deckers, Philippe De Maeyer, Vakgroep Geografie, UGent
Renaat De Sutter, Vakgroep Civiele Techniek, UGent
Wouter Vanneuville, Waterbouwkundig Laboratorium, Departement Mobiliteit en Openbare Werken

HOOFDLIJNEN

- Alle Vlaamse klimaatscenario's wijzen eenduidig op een stijging van de omgevingstemperatuur (bijvoorbeeld met 1,5 °C à 4,4 °C voor de winter en met 2,4 °C à 7,2 °C voor de zomer), op een hogere verdamping tijdens de winter en de zomer, en ten slotte op meer neerslag tijdens de winter tegen 2100. Het zeeniveau aan de Vlaamse kust kan deze eeuw nog stijgen met 20 à 200 cm.

- De meeste klimaatscenario's tonen een daling van de gemiddelde zomerneerslag voor Vlaanderen. In combinatie met de hogere verdamping doet dit de laagste rivierdebieten tijdens droge zomers met meer dan 50 % dalen tegen het einde van de 21e eeuw. Daardoor stijgen de kansen op ernstig watertekort.

- Ondanks een daling van de zomerneerslag, valt er in Vlaanderen een toename van het aantal extreme zomeronweders te verwachten. Daardoor stijgen de overstromingskansen voor riolen.

- Het risico op economische schade door overstromingen ligt ver uit elkaar voor de verschillende klimaatscenario's voor Vlaanderen: van een daling met 56 % tot een stijging met 33 %.

- Vlaanderen ligt tussen Noord-Frankrijk, waar de klimaatverandering de evolutie naar verdroging versterkt, en Nederland, waar men eerder een toename van het aantal overstromingen verwacht. Waterbeheerders in Vlaanderen moeten bij het opvangen van de gevolgen van de klimaatverandering (adaptatie) daarom zoeken naar ingrepen die vlot bij te sturen zijn en onder verschillende omstandigheden nuttig zijn. Zowel om het overstromingsrisico te beperken, als om watertekorten te voorkomen en op te vangen.

Inleiding

Het klimaat is de gemiddelde weersgesteldheid over een periode van enkele decennia of langer. Het wordt beschreven aan de hand van parameters zoals temperatuur, neerslag en wind. Los van de jaarlijkse seizoenschommelingen in weerpatronen, is het klimaat onderhevig aan veranderingen. De huidige klimaatverandering uit zich onder meer door een globale opwarming, die steeds meer voelbaar wordt. Deze opwarming wordt beschouwd als een van de belangrijkste problemen waarmee de aarde momenteel geconfronteerd wordt. Klimaatverandering is een verschijnsel dat zich manifesteert over een langere termijn. Daarom wordt bij klimaatstudies vaak gewerkt met een tijdshorizon (bijvoorbeeld tot 2100) die veel verder in de toekomst ligt dan het zichtjaar 2030 dat op andere plaatsen in deze milieuverkenning gehanteerd wordt.

Dit hoofdstuk brengt voor het eerst de resultaten samen van elf recent afgelopen of nog lopende onderzoekprojecten naar mogelijke klimaatveranderingen in Vlaanderen en de gevolgen daarvan (zie lijst achteraan). Het scherper in beeld krijgen van de mogelijke veranderingen vormde een belangrijke focus van dit hoofdstuk. Onder verschillende scenario's werden nieuwe risicoberekeningen voor overstromingsschade uitgevoerd. Deze informatie is noodzakelijk opdat de overheid maar ook bedrijven, landbouwers, huishoudens ... in Vlaanderen zich tijdig en doelgericht kunnen aanpassen aan de klimaatverandering en de schade door wateroverlast of -tekort kunnen beperken.

Dit hoofdstuk staat eerst stil bij de manier waarop klimaatscenario's voor Vlaanderen ontwikkeld werden vertrekkende van klimaatscenario's op wereldschaal. Daarna illustreren temperatuur, verdamping, neerslag en wind de mogelijke klimaatverandering voor Vlaanderen in de 21e eeuw. Vervolgens komt het centrale aandachtspunt van dit hoofdstuk aan bod: de gevolgen van klimaatverandering voor de waterhuishouding in Vlaanderen. Die gevolgen – bijvoorbeeld overstromingen, watertekorten en overschrijding van waterkwaliteitsnormen – hebben immers op hun beurt belangrijke sociaal-economische en ecologische implicaties. Ook de effecten van klimaatverandering op de zee en de impact daarvan op de Vlaamse kust komen aan bod. De conclusies voor het beleid ronden het hoofdstuk af.

11.1 Van mondiale emissiescenario's naar drie klimaatscenario's voor Vlaanderen

De klimaatverandering, die zich onder meer uit in een globale opwarming van de aarde, werd de laatste decennia ook in Vlaanderen duidelijk merkbaar. Het Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) is een organisatie van de Verenigde Naties, die wereldwijd de bevindingen van wetenschappers over klimaatverande-

ring verzamelt. Volgens het IPCC draagt de mens met hoge waarschijnlijkheid (>90 % zekerheid) bij tot die klimaatverandering. Die bijdrage schrijft het toe aan de toegenomen uitstoot van broeikasgassen[1] door menselijke activiteiten in de atmosfeer (koolstofdioxide (CO_2), methaan (CH_4), stikstofoxide (N_2O), ozon (O_3) en fluorhoudende broeikasgassen). Ook andere factoren spelen een rol in de waargenomen klimaatveranderingen: bijvoorbeeld de variatie in de zonnestraling, de veranderende aanwezigheid van stofdeeltjes in de atmosfeer als gevolg van vulkaanuitbarstingen of natuurlijke fenomenen zoals schommelingen in atmosferische circulatiepatronen.

Onderzoekers gebruiken klimaatmodellen om toekomstige veranderingen in de uitstoot van broeikasgassen door te rekenen naar hun invloed op het globale klimaatsysteem. Deze doorrekening vereist een sterke vereenvoudiging omwille van:

- de nog onvolledige kennis van atmosferische processen en hun interacties;
- de enorme computercapaciteit die vereist is om de complexe interacties door te rekenen;
- de grote ruimtelijke dimensies van het mondiale klimaatsysteem.

Deze vereenvoudiging zorgt ervoor dat de resultaten nog onzeker zijn. Dit geldt in de eerste plaats voor lokale processen. De resultaten voor temperatuur zijn een grootteorde nauwkeuriger dan deze voor neerslag en windsnelheid, vooral omdat ze ruimtelijk minder variabel zijn. Ook de gemiddelde waarden van klimaatparameters zijn heel wat nauwkeuriger dan deze van uitzonderlijke of extreme waarden. Hoewel de onzekerheden groot blijven, neemt de gedetailleerdheid van de klimaatmodellen continu toe. Er worden steeds meer processen en interacties in rekening gebracht (bijvoorbeeld interacties met het landoppervlak, het zee-ijs, de koolstofcyclus, de aerosolen en de wijzigende vegetatie). Ook de resolutie waarmee de modellen kunnen werken – momenteel tot vakken met een breedte en hoogte van 10 à 25 km – wordt steeds fijner.

Om de variatie van de mogelijke impact beter in beeld te brengen en omwille van de vereenvoudigingen en de resterende onzekerheden, worden impactanalysen uitgevoerd met meerdere klimaatmodellen en verschillende emissiescenario's.

Broeikasgasemissies in Vlaanderen dragen bij tot de klimaatverandering. Maar door de snelheid waarmee de uitgestoten broeikasgassen zich in de atmosfeer vermengen en hun lange verblijftijd daarin, is de klimaatverandering bij uitstek een mondiaal gebeuren. Om de mogelijke klimaatveranderingen in Vlaanderen te verkennen, wordt dan ook vertrokken van mondiale scenario's voor de uitstoot van broeikasgassen, eerder dan van de scenarioresultaten voor broeikasgasemissies van de verschillende sectoren in dit scenariorapport. De scenario's voor mondiale uitstoot van broeikasgassen zijn afkomstig uit het 4th Assessment Report van het IPCC (2007). Ze zijn opgebouwd rond verschillende wereldbeelden, uitgaande van de toename of afname van de globalisering van de economie, verschillende demografische evoluties, diverse technologische groeipaden en de mate waarin de wereldeconomie duurzaam is.

Die emissiescenario's werden doorgerekend met twaalf gekoppelde mondiale en regionale klimaatmodellen. De resultaten werden getoetst aan het historische verloop (1961-1990). Dit liet toe de bandbreedte te verkennen waarbinnen het klimaat in Vlaanderen kan veranderen tegen het einde van deze eeuw (2071-2100). Uit de brede waaier aan simulatieresultaten afkomstig van de klimaatmodellen, hebben onderzoekers van de Katholieke Universiteit Leuven en het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI) drie klimaatscenario's afgeleid. Deze klimaatscenario's schetsen de grenzen van de klimaatverandering in Vlaanderen tegen het einde van deze eeuw. Ze omvatten zowel de verschillen in de mogelijke broeikasgasuitstoot als de onzekerheden, gekoppeld aan de gehanteerde klimaatmodellen:

- Het *nat klimaatscenario* (een 'hoog' scenario) leidt tot de grootste toename van neerslagdebiet dat oppervlakkig afstroomt, hoogwater langs rivieren, overstromingen, bodemvocht- en grondwaterstanden in de winter.
- Het *droog klimaatscenario* (een 'laag' scenario) leidt tot de grootste problemen met laagwater en lage grondwaterstanden tijdens droge zomerperiodes. In de lente kunnen wel nog iets hogere grondwaterstanden voorkomen.
- Het *gematigd klimaatscenario* (een 'midden' scenario) leidt tot gematigde resultaten, voor zowel hoog- als laagwater en zowel natte als droge periodes.

Ook de natuurlijke klimaatschommelingen – het toeval waarmee weerfenomenen zich kunnen voordoen in de tijd – worden in dit hoofdstuk in rekening gebracht. Die schommelingen zijn immers van belang bij de analyse van extreme weerfenomenen en hun impact.

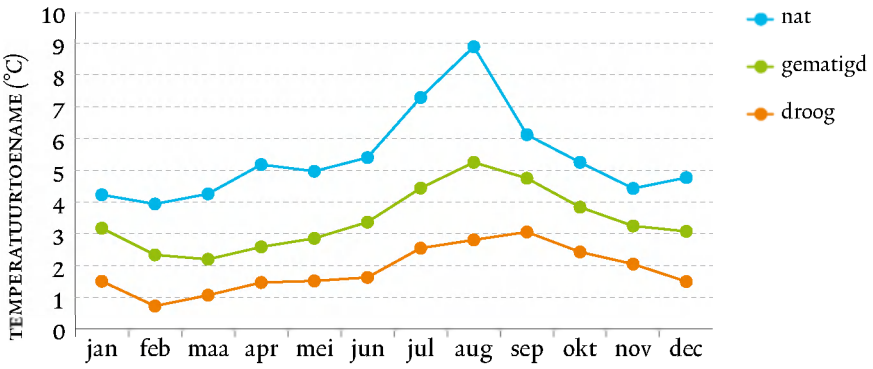
11.2 Klimaatscenario's voor Vlaanderen

Temperatuur

De drie klimaatscenario's geven aan dat het tegen het einde van de 21e eeuw in Vlaanderen aanzienlijk warmer zal worden, en dit in alle maanden van het jaar (FIGUUR 11.1). Hoe groot die toename effectief zal zijn, blijft onzeker. In januari bijvoorbeeld stijgt de omgevingstemperatuur, afhankelijk van het scenario, met 1,5 tot 4,2 °C. In augustus kan de temperatuur toenemen met 2,8 à 8,9 °C. Voor de seizoengemiddelden levert dit voor de winter (december, januari, februari) een toename van 1,5 à 4,4 °C op, en voor de zomer (juni, juli, augustus) zelfs een toename van 2,4 à 7,2 °C.

Niet alleen de gemiddelde maandtemperaturen, maar ook de temperatuur op de warmste en koudste dagen zal duidelijk stijgen. De verwachte toename van de gemiddelde dagtemperatuur voor de 10 % koudste dagen bedraagt 1,5 à 6 °C tijdens de winter, en 2 à 5 °C tijdens de herfst (winter en herfst zijn de seizoenen waarin deze stijging het sterkst is). Voor de 10 % warmste dagen is deze stijging het sterkst in de zomer en bedraagt ze 3,2 à 9,5 °C. Dit betekent dat er tegen het einde van de 21e eeuw

FIG. 11.1 *Toename maandgemiddelde omgevingstemperatuur volgens de drie klimaatscenario's (Ukkel, scenarioperiode 2071-2100 vergeleken met referentieperiode 1961-1990)*



tijdens de zomer heel wat meer erg warme dagen zullen zijn dan tijdens de zomer in de periode 1961-1990. De jaar- en seizoentemperaturen en de frequentie van hittegolven zijn trouwens al significant toegenomen sinds de jaren 1990. Zo steeg tijdens de 20e eeuw de jaargemiddelde temperatuur met ongeveer 2 °C (KMI, 2009).

Verdamping en neerslag

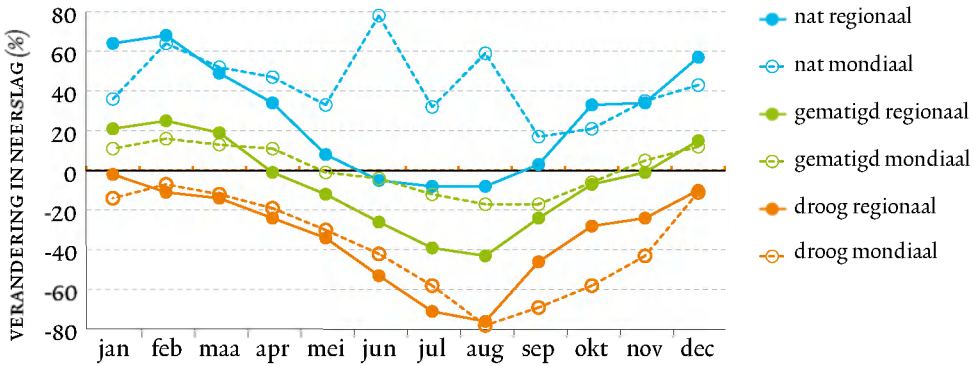
Door de temperatuurstoename neemt de hoeveelheid verdamping toe, zowel in de winter als in de zomer. In februari bijvoorbeeld bedraagt de toename van de potentiële evapotranspiratie – een maat voor de verdamping – afhankelijk van het scenario en de berekeningsmethode tussen -3 % en +37 %. In augustus kan deze evapotranspiratie toenemen met 73 %. In de lente zijn er zowel scenario's die een toename als een afname van de verdamping geven.

Ook de neerslag neemt toe in de winter. De neerslagverandering in de zomer is complexer:

- De totale neerslaghoeveelheden worden waarschijnlijk kleiner.
- Er zouden minder regenbuien optreden.
- De hevige zomeronweders kunnen extremer zijn en zullen zich vaker voordoen.

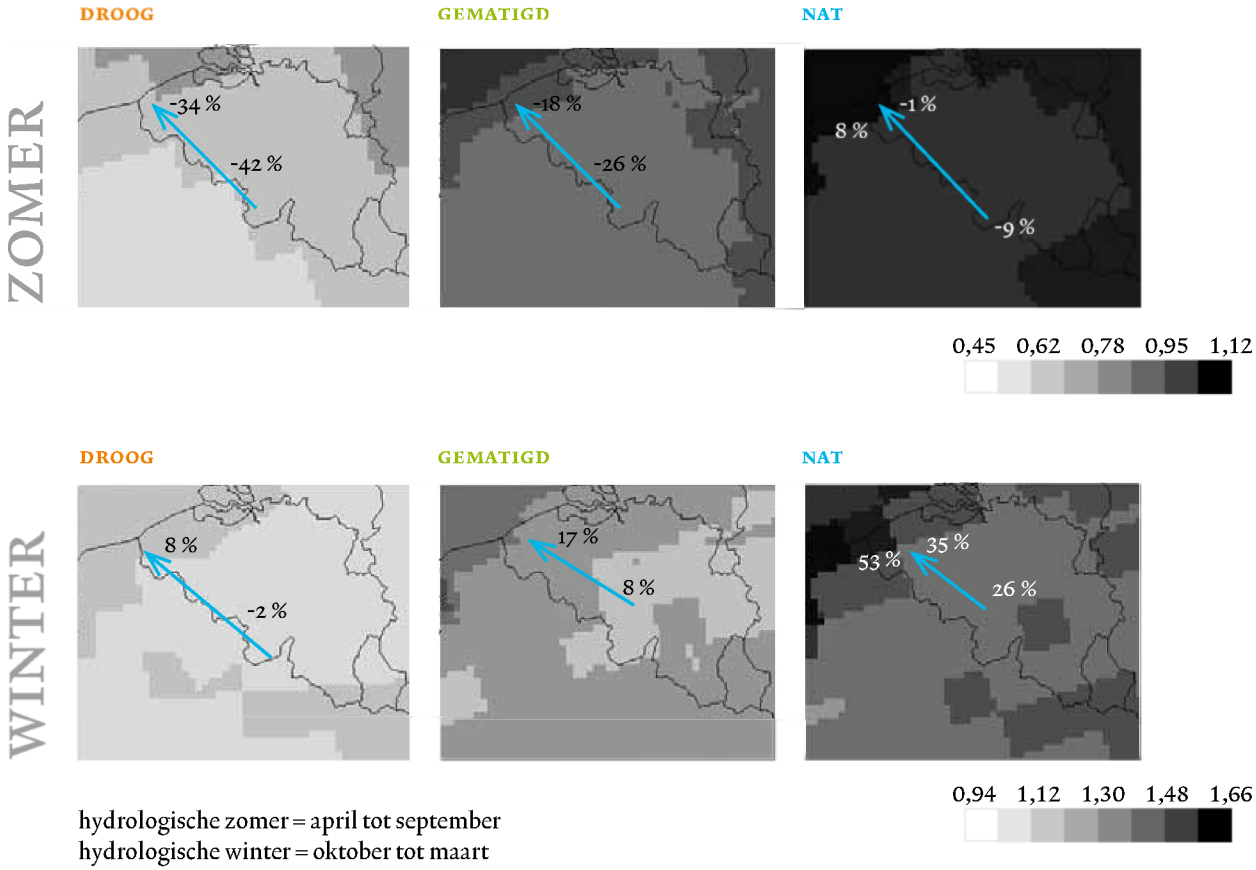
FIGUUR 11.2 geeft een overzicht van de veranderingen in maandgemiddelde neerslag. In de zone die ook België omvat, vertonen de mondiale klimaatmodellen een grotere spreiding aan neerslagveranderingen. Dit is het gevolg van de grotere set aan emissiescenario's die voor deze modellen beschikbaar was. De berekeningen op basis van regionale klimaatmodellen zijn echter geografisch nauwkeuriger. Doorrekeningen met mondiale en regionale klimaatmodellen tonen voor België een evolutie naar drogere zomers, hoewel dit beeld minder eenduidig is bij de mondiale modellen. Die wijzen soms op een kleine neerslagtoename in de zomer. De sterkste daling in zomerneerslag wordt gevonden voor het droog klimaatscenario en de maand augustus. De maandgemiddelde neerslag zou er met 76 tot

FIG. 11.2 *Wijziging van de maandgemiddelde neerslag volgens de drie klimaatscenario's (Ukkel, scenarioperiode 2071-2100 vergeleken met referentieperiode 1961-1990)*



'Regionaal' betreft de resultaten met regionale klimaatmodellen, 'mondiaal' de resultaten met mondiale klimaatmodellen.

FIG. 11.3 *Regionale verschillen voor de seizoengemiddelde neerslag volgens de drie klimaatscenario's (België, scenarioperiode 2071-2100 vergeleken met referentieperiode 1961-1990)*



hydrologische zomer = april tot september
hydrologische winter = oktober tot maart
Resultaten uitgedrukt als perturbatiefactoren:
factor = 1 duidt op geen verandering;
factor = 1,2 duidt op 20 % toename;
factor = 0,8 duidt op 20 % afname.

78 % afnemen ten opzichte van de huidige situatie. Rekening houdend met de grote onzekerheden kan die reductie ook 17 à 43 % bedragen (gematigd klimaatscenario), nauwelijks 8 % (nat klimaatscenario met regionale modellen) of zelfs omslaan in een toename (nat klimaatscenario berekend met mondiale klimaatmodellen). Voor de maand januari wordt de sterkste neerslagtoename verwacht (van nauwelijks verandering tot een toename met 64 %).

Naast de maandgemiddelde neerslag werd ook de kans bestudeerd waarmee de meest extreme neerslagperiodes zich voordoen. Meer uitzonderlijke gebeurtenissen zijn immers mogelijk aan sterkere veranderingen onderhevig dan de gemiddelden. Zo blijkt bijvoorbeeld dat dagen met een neerslaghoeveelheid die zo groot is dat ze zich maar eens om de tien jaar voordoet, een hoeveelheid neerslag zullen kennen die tot een factor 2,5 hoger ligt dan in de referentieperiode. De inschatting van uitzonderlijke gebeurtenissen kent echter een grotere onzekerheid dan de scenarioresultaten voor maandgemiddelde neerslag.

Zoals hierboven toegelicht is er al een significante toename merkbaar van de jaar- en seizoengemiddelde luchttemperatuur en van het aantal hittegolven. Analyse van de neerslagmetingen over een periode van honderd jaar in Ukkel leert dat zich ook al een toename manifesteert van het aantal en de grootte van extreme regenbuien tijdens de winter (Ntegeka & Willems, 2008). Extreme regenbuien zijn hierbij gedefinieerd als buien die minder vaak voorkomen dan gemiddeld tien keer per jaar. De uitkomst van de klimaatmodellen ligt ook in de lijn van de al geobserveerde trend: de extreme dagneerslag in de winter neemt iedere tien jaar enkele procenten toe.

De historische datareeks toont nog geen toename in het aantal en de omvang van onweders in de zomer. De talrijke, hevige zomeronweders van de laatste 15 jaar kunnen ook een gevolg zijn van de natuurlijke klimaatschommelingen boven de Noord-Atlantische Oceaan en Noord-West Europa. Hetzelfde deed zich immers voor in de jaren 1910-1920 en de jaren 1960 (Ntegeka *et al.*, 2008).

De mogelijke neerslagverandering vertoont ook kleine regionale verschillen binnen België (FIGUUR 11.3). In de kuststrook ligt de verandering 10 % hoger dan in het binnenland, zowel voor de zomerperiode als voor de winterperiode. Voor de zomerperiode betekent dit dat de neerslagdaling in de kuststrook minder sterk is (het toekomstige klimaat ligt dichter bij het huidige klimaat). In de winterperiode zorgt een bijkomende neerslagtoename met 10 % voor een sterkere vernatting van de kuststrook.

Wind

Uit de neerslagresultaten is al gebleken dat de klimaatverandering een invloed zal hebben op het voorkomen van onweders. Maar niet alleen de neerslag bepaalt in belangrijke mate de schade die onweders kunnen aanrichten, ook de windsnelheid speelt een rol. Berekeningen voor zowel het nat, het gematigd als het droog klimaatscenario tonen een toename van de gemiddelde windsnelheid tijdens de wintermaanden. De windsnelheid zou vergeleken met de referentieperiode 1961-1990 systematisch 10 à 20 % hoger liggen tegen het einde van de 21e eeuw. De resultaten voor de zomermaanden leveren geen eenduidig beeld op.

11.3 Invloed op hoog- en laagwater langs rivieren in het Vlaamse binnenland: wateroverlast en ... watertekorten

De loop van het water

De doorrekening[2] van het nat, het gematigd en het droog klimaatscenario tot 2100 laat toe de invloed te bestuderen op hoog- en laagwaterdebieten (neerslagafstromingsdebieten) naar rivieren in Vlaanderen. Het nat scenario leidt tot de meest extreme impact voor hoogwater en overstromingen, het droog scenario tot de meest extreme impact voor laagwater en droogte. De conclusies liggen voor alle rivieren in dezelfde lijn:

- *Laagwater in de zomer*: door de sterke daling in de zomerneerslag en de toename in de verdamping daalt het debiet aanzienlijk. Tijdens droge zomers kunnen de laagste rivierdebieten met meer dan 50 % dalen (gemiddeld 20 % in het minst ongunstige scenario, gemiddeld 70 % in het meest ongunstige scenario). Hierdoor kan de kans op watertekorten aanzienlijk toenemen, met mogelijk nadelige gevolgen voor het industriële en huishoudelijke watergebruik, de scheepvaart, de waterkwaliteit, de natuur, de landbouw ... Ook het grondwater zal dalen, met gelijkaardige problemen tot gevolg.
- *Hoogwater in de winter*: de sterke toename van de verdamping (zowel tijdens de winter als tijdens de zomer) compenseert voor een groot deel de toename in de winterneerslag. Daardoor is de toename in het aantal en de omvang van de overstromingen (in de winter vooral langs rivieren) relatief beperkt. Piekafvoeren in de rivieren nemen in het meest ongunstige scenario met maximaal 35 % toe. Zo'n toename kan plaatselijk wel leiden tot frequenter en meer uitgestrekte overstromingen.
- *Hoogwater in de zomer*: extreme zomeronweders kunnen overstromingen van riolen en kleinere waterlopen veroorzaken. De meeste klimaatmodellen voorspellen een toename in het aantal (de frequentie) en de omvang van deze hevige zomeronweders, zodat ook een toename van het aantal dergelijke overstromingen te verwachten valt. Voor de grootste bui die zich momenteel in een periode van 10 jaar voordoet, blijkt het daggemiddeld neerslagvolume in het meest ongunstige scenario met ongeveer 30 % toe te nemen.

De invloed van klimaatverandering is niet enkel sterk seizoenafhankelijk, maar ook regionaal zeer variabel. Klimaatmodellen tonen een noord-zuidvariatie in de neerslag- en temperatuurverandering (Baguis *et al.*, 2009). In Noord-Frankrijk zal de klimaatverandering de evolutie naar verdroging verder versterken, met een daling van zowel de zomer- als de winterafvoeren, en dus ook een daling van het aantal overstromingen tot gevolg. Ook in Vlaanderen stijgt de kans op watertekort. De evolutie naar meer overstromingen is nog onduidelijk. Voor Nederland wordt dan weer een toename van het aantal overstromingen verwacht.

Aanpassing van rioolstelsels en buffervoorzieningen[3]

Rioleringen voeren in Vlaanderen niet enkel afvalwater af. Samen met beken en grachten staan ze vaak ook in voor de afvoer van hemelwater (neerslag). Door hevige neerslag nemen de piekafvoeren in rioolstelsels, beken en grachten toe. Een neerslagintensiteit die in het huidige klimaat maar eens om de anderhalve maand voorkomt, zou zich tegen 2100 maandelijks voordoen onder het nat klimaatscenario. Een periode van hevige neerslag die nu maar eens om de twee jaar voorkomt, zou zich onder dat nat klimaatscenario jaarlijks voordoen. De meest hevige, korte neerslagepisodes (1 uur of minder) die voorheen slechts eens per eeuw voorkwamen, zouden eens per decennium voorkomen (Willems, 2009).

De klimaatverandering kan de komende decennia leiden tot een geleidelijke toename van het aantal riooloverstromingen en -overstortingen, met een negatieve invloed op de oppervlaktewaterkwaliteit tot gevolg. Om dit tegen te gaan, moet bij het (her)dimensioneren van riolen en de bijhorende buffervoorzieningen (hemelwatertanks, infiltratiebekkens, groendaken ...) rekening gehouden worden met intensere neerslagperiodes. Ontwerpwaarden die volgens de huidige aanpak een terugkeerperiode van overloop van de buffervoorziening hebben van grootteorde twee jaar, zouden onder het nat klimaatscenario tegen het einde van deze eeuw een verkorte terugkeerperiode hebben van slechts een half jaar. Huidige ontwerpwaarden met een terugkeerperiode van vijf jaar, kennen dan een verkorte terugkeerperiode tussen één en anderhalf jaar. Door de klimaatverandering zullen buffervoorzieningen dus groter gedimensioneerd moeten worden, of zijn er bijkomende voorzieningen nodig die hemelwater opslaan en/of laten infiltreren in de ondergrond. Om eenzelfde terugkeerperiode van overloop te behouden, moet onder het nat klimaatscenario het buffervolume met 15 tot 35 % toenemen ten opzichte van de huidige praktijk. Een andere optie is de bestaande berging beter te benutten via verkorte reactietijden in het controlemechanisme.

Het is nog erg onzeker hoe de toekomstige klimaatverandering zich zal laten voelen. Het nat klimaatscenario verschilt immers zeer sterk van het droog klimaatscenario, en de werkelijke onzekerheden kunnen nog groter zijn. Daarom is het niet aan te raden om toekomstige afvoer- en bergingsystemen en waterbeheermaatregelen te ontwerpen volgens de toekomstige neerslagcondities. Nieuwe ontwerpen houden het best wel rekening met de potentiële toekomstige klimaatverandering. Dit kan

onder andere met adaptieve ontwerpen, die toelaten om met een zo beperkt mogelijke kost bijkomende berging en pompcapaciteit te realiseren, indien blijkt dat het klimaat in de richting van het nat klimaatscenario opschuift.

Daarnaast moet het wijzigende klimaat en de invloed hiervan op rioleringssystemen ook in een groter geheel van impact op de waterhuishouding gezien worden. Wanneer de variatie in de neerslag toeneemt (meer neerslag op korte tijd, lagere totale neerslagvolumes in de zomer) wordt best naar aanpassingen gezocht die de invloed hiervan op de waterhuishouding tegengaan. Bijkomende bergings- en infiltratievoorzieningen voor regenwater laten toe om zowel het risico op wateroverlast tijdens hevige regenbuien te beperken, als de verwachte toename aan watertekorten te verminderen. Een voorbeeld van een effectieve en goedkope maatregel is het doordacht aanleggen van lokale depressies in het openbaar terrein (bijvoorbeeld in parken), die tijdelijk en zonder veel schade heel wat water kunnen bergen. Deze maatregel zorgt er bovendien voor dat het geborgen water na de regenperiode infiltreert in de ondergrond, en zo rechtstreeks bijdraagt tot het tegengaan van verdroging. Zo'n type maatregelen vereist een goede afstemming tussen ruimtelijke planning en waterbeheer.

Een herziening van de krachtlijnen voor een geïntegreerd rioleringsbeleid uit 1996 dringt zich op. Niet enkel de neerslagstatistieken die gebruikt worden om ontwerpen op te stellen, vragen om actualisatie. Ook de beleidskeuzes voor de afvoer van hemelwater van de openbare weg, de scheiding van hemelwater en afvalwater en de problematiek van de kwaliteit van het afstromende hemelwater moeten herbekeken worden.

Overstroming vertaald naar economisch risico

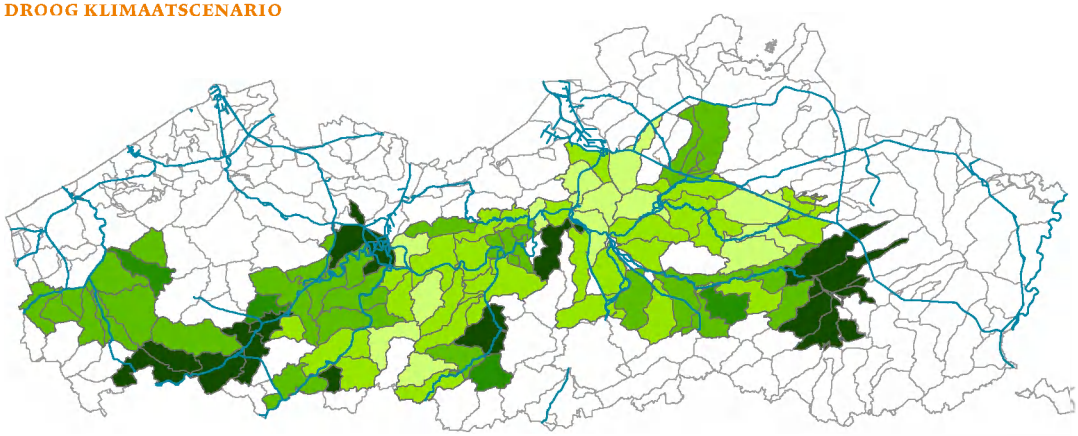
De effecten van klimaatverandering op hoog- en laagwaterdebieten in de Vlaamse waterlopen werden verder doorgerekend[4] naar het mogelijke economische risico als gevolg van overstromingen. Dit overstromingsrisico wordt omschreven als de gemiddelde verwachte schade per oppervlakte en per tijdseenheid, uitgedrukt in euro per m^2 en per jaar. Daarbij wordt de schade op een bepaalde locatie vooral bepaald door het landgebruik en de lokale sociaal-economische context (woningprijzen in een bepaalde gemeente, opbrengst van akkerland, prijs van landbouwproducten, prijzen van voertuigen ...). Dichtbebouwde gebieden zullen een grotere schade hebben dan weilanden bij eenzelfde overstroming, natuurgebieden ondervinden zelfs geen economische schade van dezelfde overstroming.

FIGUUR 11.4 geeft per zone uit de Vlaamse Hydrografische Atlas (VHA-zone) de verhouding weer van het risico onder een klimaatscenario met het huidige risico. Groen duidt op een daling van het risico van overstromingen, rood geeft een stijging van het risico aan.

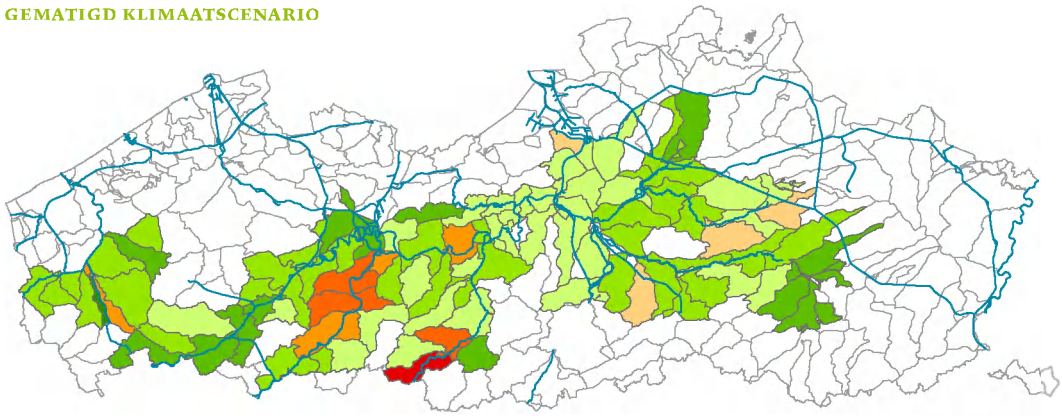
In het droog klimaatscenario daalt het risico fors in alle bekkens in Vlaanderen. Het totale risico voor het gemodelleerde deel van Vlaanderen is dan ook fors gedaald (56 % lager dan het risico in de huidige situatie). Vooral in het Demer- (-84 %) en het

FIG. 11.4 *Evolutie van het overstromingsrisico bij het huidig landgebruik als gevolg van de drie klimaatveranderingsscenario's tegen 2100*

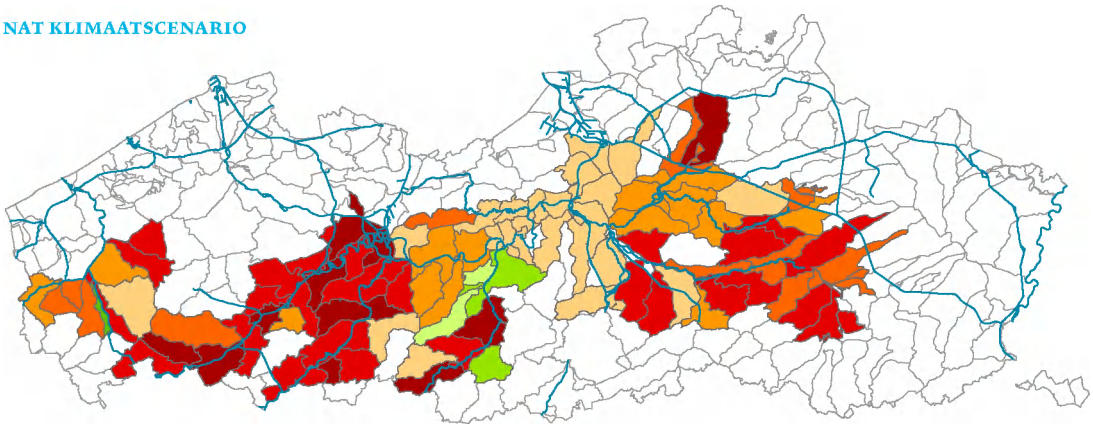
DROOG KLIMAATSCENARIO



GEMATIGD KLIMAATSCENARIO



NAT KLIMAATSCENARIO



Verhouding klimaatscenario t.o.v. huidig klimaat *(%)*

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 50
- 50 - 90
- 90 - 100
- 100 - 110
- 110 - 150
- 150 - 200
- 200 - 500
- > 500
- geen gegevens



Waarden uitgedrukt als verhouding van het risico in 2100 onder een klimaatscenario met het actuele risico. 100 % duidt op geen verandering tussen 2005 en 2100.

Nieuw: overstromingsrisicobeheerplannen

De Europese Overstromingsrichtlijn van 2007 verplicht de lidstaten onder meer om tegen eind 2015 overstromingsrisicobeheerplannen (ORBP) op te stellen. Die ORBP's bevatten maatregelen om potentiële negatieve gevolgen van overstromingen voor de gezondheid van de mens, het milieu, het culturele erfgoed en de economische activiteiten te verminderen. De ORBP's bevatten heel wat nieuwe elementen ten opzichte van de klassieke aanpak van overstromingsrisico's. Zo zal er bepaald worden welke overstromingsrisico's de waterbeheerder nog moet beschermen. Op plaatsen waar te vaak overstromingen plaatsvinden, zullen de risico's beheerd moeten worden met instrumenten uit de ruimtelijke ordening (bijvoorbeeld door gebouwen te verplaatsen). Bij te extreme overstromingen moeten het private verzekeringsstelsel en het Rampenfonds het risico dragen. In deORBP's zal de analyse van de overstromingskansen voortaan enkel nog gebaseerd zijn op klimaat- en landgebruiksscenario's voor de komende decennia, en dus niet meer op de neerslagstatistieken van de voorbije decennia.
De elf Vlaamse bekkens krijgen elk een ORBP. Dit planproces is gestart in het voorjaar van 2009 en zal vier jaar lopen. Tegen september 2011 zullen alle risicoanalysen afgerond zijn en wordt een brede waaier aan mogelijke maatregelensets gepresenteerd. Daaruit zullen de optimale sets geselecteerd worden via een breed maatschappelijk overleg, dat samen zal lopen met het overleg over de opmaak van de nieuwe bekkenbeheerplannen. Die selectie zal gebeuren op basis van een analyse van de kosten en de baten. Ook de spreiding van de kosten en de baten over de betrokken actoren (waterbeheerders, ruimtelijke ordening en verzekeringen) zal meespelen.

IJzerbekken (-72 %) is de daling erg uitgesproken. Dit is een rechtstreeks gevolg van het feit dat in het droog klimaatscenario de piekafvoeren in de waterlopen en dus ook de overstromingsgebieden veel kleiner zijn dan in de huidige situatie. Uiteraard is deze daling niet overal binnen een bekken hetzelfde.

In het gematigd klimaatscenario is er op Vlaams niveau nog steeds een daling (-8 %) in vergelijking met de huidige situatie, zij het van een andere grootteorde dan bij het droog scenario. Zowel in het bekken van de Boven-Schelde als binnen individuele VHA-zones in andere bekkens stijgt het risico echter.

In het nat klimaatscenario is er voor elk bekken een stijging van het risico. Op Vlaams niveau bedraagt de stijging van het risico 33 %. Vooral het Leie-, Boven-Schelde- en Demerbekken kennen een zeer sterke toename van het risico met een factor 2 tot 3. Voor de Beneden-Schelde en zijrivieren is de stijging minimaal: enkel langs de Nete en de Dijle zou het risico sterk toenemen.

De klimaatverandering beïnvloedt duidelijk het overstromingsrisico. Maar zeker in het dichtbebouwde Vlaanderen hangt de kans op overstromingen, en meer nog de kans op schade, in zeer belangrijke mate af van de ruimtelijke ordening. Om na te gaan in hoeverre de ruimtelijke ontwikkeling binnen Vlaanderen de mogelijke effecten van klimaatverandering beïnvloedt, werden naast het overstromingsrisico bij het huidige landgebruik ook overstromingsrisico's doorgerekend bij de twee landgebruiksscenario's die beschreven staan in Hoofdstuk 10 Landgebruik. De bebouwde oppervlakte neemt toe in beide scenario's, maar is het sterkst in het

referentiescenario (REF). In het Europa-scenario (EUR) worden de bijkomende kavels kleiner verondersteld en neemt de bevolkingsdichtheid per bebouwde oppervlakte toe. De verstedelijking gaat voornamelijk ten koste van akker- en grasland, dat een lagere overstromingsschade per eenheid oppervlakte kent. De oppervlakte natuur en bos, waarvoor de economische schade bij overstromingen te verwaarlozen is, gaat dan weer vooruit in beide scenario's. In de landgebruiksscenario's werden alleen wijzigingen in landgebruik tot 2030 doorgerekend. Tussen 2030 en 2100 is het landgebruik onveranderlijk verondersteld voor de berekening van de overstromingsrisico's.

TABEL 11.1 geeft aan in welke mate veranderingen in landgebruik en klimaat voor een verslechtering (rode achtergrond) dan wel een verbetering (groene achtergrond) zorgen ten opzichte van het huidige overstromingsrisico in Vlaanderen. Daaruit blijkt duidelijk het volgende:

- In het gematigd en vooral het droog klimaatscenario neemt het overstromingsrisico tegen 2100 af, zowel bij het huidige landgebruik als het landgebruik onder het REF-scenario en het EUR-scenario.
- Voor Vlaanderen is er nauwelijks verschil in overstromingsrisico tussen het EUR-scenario en het huidige landgebruik. In tegenstelling tot het REF-landgebruiksscenario worden in het EUR-scenario de bevolkingstoename en de bijhorende woningbehoefte dus opgevangen zonder een bijkomende stijging van het overstromingsrisico.
- De meest ongunstige combinatie voor het overstromingsrisico bestaat uit het REF-landgebruiksscenario met het nat klimaatscenario.

TAB. 11.1 *Overstromingsrisico* bij een droog, gematigd en nat klimaatscenario vergeleken met het actuele overstromingsrisico, en dit bij verschillende invulling van het landgebruik** (Vlaanderen, 2100)*

*(Ratio*** in %)*	RISICO IN 2100 BIJ LANDGEBRUIK GELIJK AAN 2005			RISICO IN 2100 BIJ LANDGEBRUIK VOLGENS REF			RISICO IN 2100 BIJ LANDGEBRUIK VOLGENS EUR		
	Droog	Gematigd	Nat	Droog	Gematigd	Nat	Droog	Gematigd	Nat
Demer	16	61	213	14	63	234	12	53	204
Dender	61	86	123	61	86	128	60	85	129
Boven-Schelde	50	134	266	50	138	279	50	136	274
Beneden-Schelde en zijrivieren	40	93	104	41	93	104	40	92	103
IJzer	28	64	134	34	81	221	30	67	140
Leie	44	79	283	88	143	377	52	95	322
Vlaanderen	44	92	133	46	96	143	44	92	136

* enkel als gevolg van wijzigende neerslag en verdamping. Het wijzigende zeeniveau is hierbij niet beschouwd.

** Het effect van het wijzigende landgebruik is enkel in rekening gebracht bij de bepaling van het mogelijke economisch risico. Het effect van het wijzigende landgebruik op infiltratie en afvloei van hemelwater kon niet verrekend worden.

*** Ratio: actuele situatie bij landgebruik van 2005 en klimaat van 2005 is gelijkgesteld aan 100 %.

Bij het REF-landgebruiksscenario stijgt onder de drie klimaatscenario's op het Vlaamse niveau het risico licht ten opzichte van scenario's met het huidige landgebruik: van 44 naar 46 bij het droog klimaatscenario, van 92 naar 96 bij het gematigd scenario en van 133 naar 143 bij het nat scenario. Dit is een rechtstreeks gevolg van het feit dat er onder het REF-landgebruiksscenario een groter areaal bebouwde oppervlakte (zowel bewoning als bedrijventerreinen) zal zijn in de overstromingsgebieden. Vooral in het IJzer- en Leiebekken is er bij alle klimaatscenario's tegen 2100 een sterke stijging van het risico. Oorzaak daarvan is een toename van bebouwing en industrie in overstromingsgebied, ten nadele van landbouwgebied (akker- en weiland). In het Demerbekken is onder het droog klimaatscenario nog sprake van een daling van het risico. Dit is te wijten aan de afname van het akkerland in het overstromingsgebied ten voordele van natuurgebied. Bij het gematigd en vooral het nat klimaatscenario neemt het overstromingsrisico hier wel toe bij wijzigend landgebruik, door de omzetting van akkerland in bebouwing. In de andere bekkens is er in de drie scenario's telkens een status quo of een lichte stijging van het risico. De toename van de bebouwde oppervlakte in de overstromingsgebieden ten nadele van landbouwgrond is daar minder nadrukkelijk dan in de eerder aangehaalde bekkens. Bovendien gaat er ook een deel landbouwgrond over in natuur, waardoor het economische risico daalt.

Wanneer het landgebruik evolueert volgens het EUR-scenario, blijkt het ovestromingsrisico bij de drie klimaatscenario's ten opzichte van het huidige landgebruik nauwelijks te wijzigen. De toename van bebouwde zones in de overstromingsgebieden blijft in dit landgebruiksscenario immers beperkt. En waar er toch een kleine toename in bebouwing is, wordt dit gecompenseerd door een toename van natuur ten koste van landbouwgrond in de overstromingsgebieden. Regionale uitschieters zijn hier opnieuw het Demer-, IJzer- en Leiebekken. In het Demerbekken is er zowel in het droog als in het gematigde scenario een sterke daling van het risico te bemerken tegen 2100. Reden daarvoor is een afname van het akkerland en van de bebouwing in de overstromingsgebieden ten voordele van natuur. In het IJzerbekken is er opnieuw in alle klimaatscenario's een stijging van het risico ten opzichte van het risico bij het huidige landgebruik, maar de stijging is er een stuk kleiner dan in het REF-scenario. Waar in het REF-scenario veel weiland overging in bebouwing en industrie, is dit nu niet het geval. Het aandeel industrie blijft constant en het aandeel bebouwing daalt zelfs licht. Wel gaat er heel wat weiland over in akkerland, waardoor er dus een lichte toename van het risico blijft bestaan. Ook in het Leiebekken neemt in alle scenario's het risico toe door de omzetting van landbouwgrond in bebouwing.

Schade door watertekort

Naast de schade door wateroverlast is het belangrijk oog te hebben voor de schade door watertekort. In elk klimaatscenario voor Vlaanderen stijgt de kans op droge periodes en worden deze periodes extremer. Vooral de evolutie naar drogere en warmere zomers zal, samen met veranderingen in de neerslagintensiteit, een negatieve invloed hebben op de kwaliteit en de beschikbaarheid van grond- en oppervlaktewater, en dus ook op de leveringszekerheid van drinkwater. De klimaatverandering heeft niet alleen invloed op het aanbod, maar ook op de vraag naar drinkwater: in periodes van grote droogte zullen de piekverbruiken toenemen. Uit analyse in Vlaanderen blijkt immers dat pieken in de gemeten maximumtemperatuur samenvallen met pieken in het dagverbruik aan drinkwater (Peeters & Tops, 2009).

De schade in droge periodes zal – net als voor overstromingen – afhangen van het aanpassingsvermogen van individuele bedrijven en landbouwers. Ook is van belang welke prioriteit het gemeenschappelijke belang geeft aan de watercaptatie door de verschillende betrokkenen (scheepvaart, landbouw, natuur, energievoorziening, drinkwater ...). In tegenstelling tot wateroverlast is de ruimtelijke afbakening van de schade door droogte veel moeilijker en is de duur van het tekort sterk bepalend. Bovendien worden in Vlaanderen nog niet systematisch cijfers bijgehouden over onderbrekingen in de watervoorziening.

11.4 Effect van klimaatverandering op de zee en impact op de kustzone

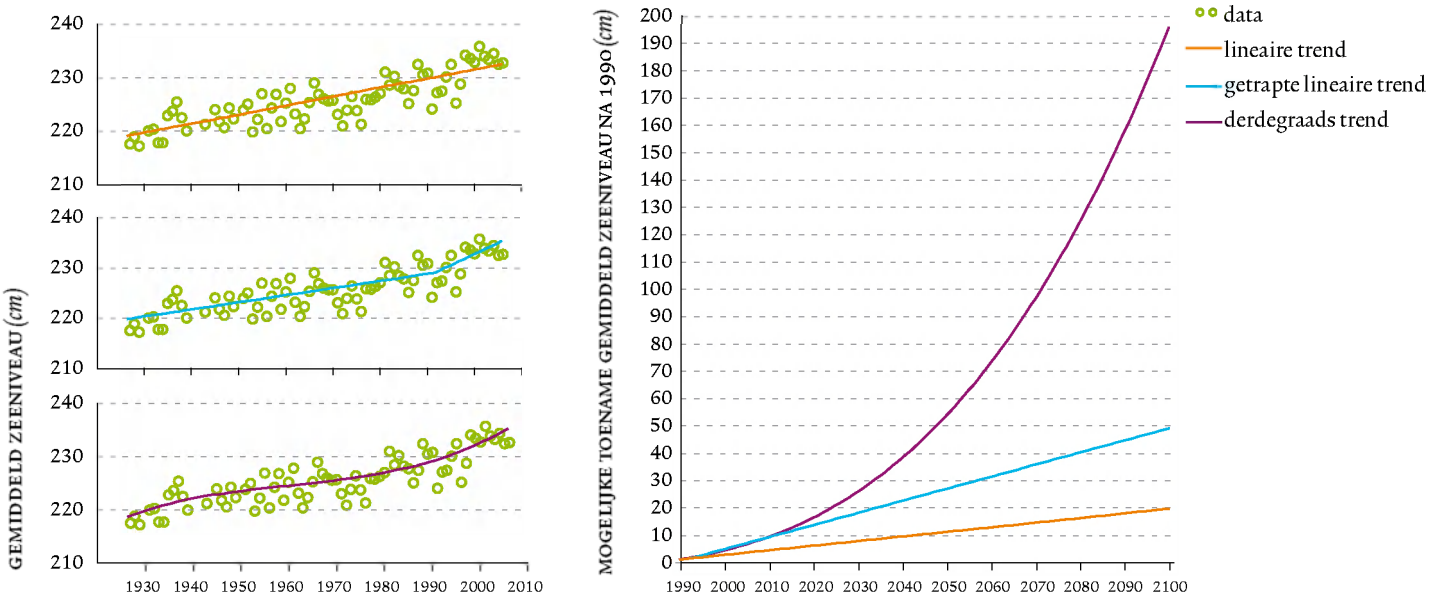
Zeeniveau

Het zeeniveau in Oostende is sinds 1927 met gemiddeld 1,69 mm/jaar gestegen. Die stijging sluit nauw aan bij het mondiale gemiddelde dat het IPCC afleidde voor de 20e eeuw (1,7 mm/jaar). Later opgestarte meetreeksen aan de Vlaamse kust laten nog hogere waarden optekenen, wat duidt op een versnelling van de zeespiegelstijging. Dit wordt bevestigd door de regressieanalyse van de Oostendse meetreeks: een getrapt lineair profiel levert bijvoorbeeld een knik op in 1992. De stijging bedroeg gemiddeld 1,41 mm/jaar tussen 1927 en 1992, maar al 4,41 mm/jaar tussen 1992 en 2006. Extrapolatie van de historische trend levert voor de Vlaamse kust, afhankelijk van de toegepaste relaties, een verdere zeespiegelstijging op met 20 cm tot 200 cm voor de periode 1990-2100 (FIGUUR 11.5).

Temperatuur van het zeewater

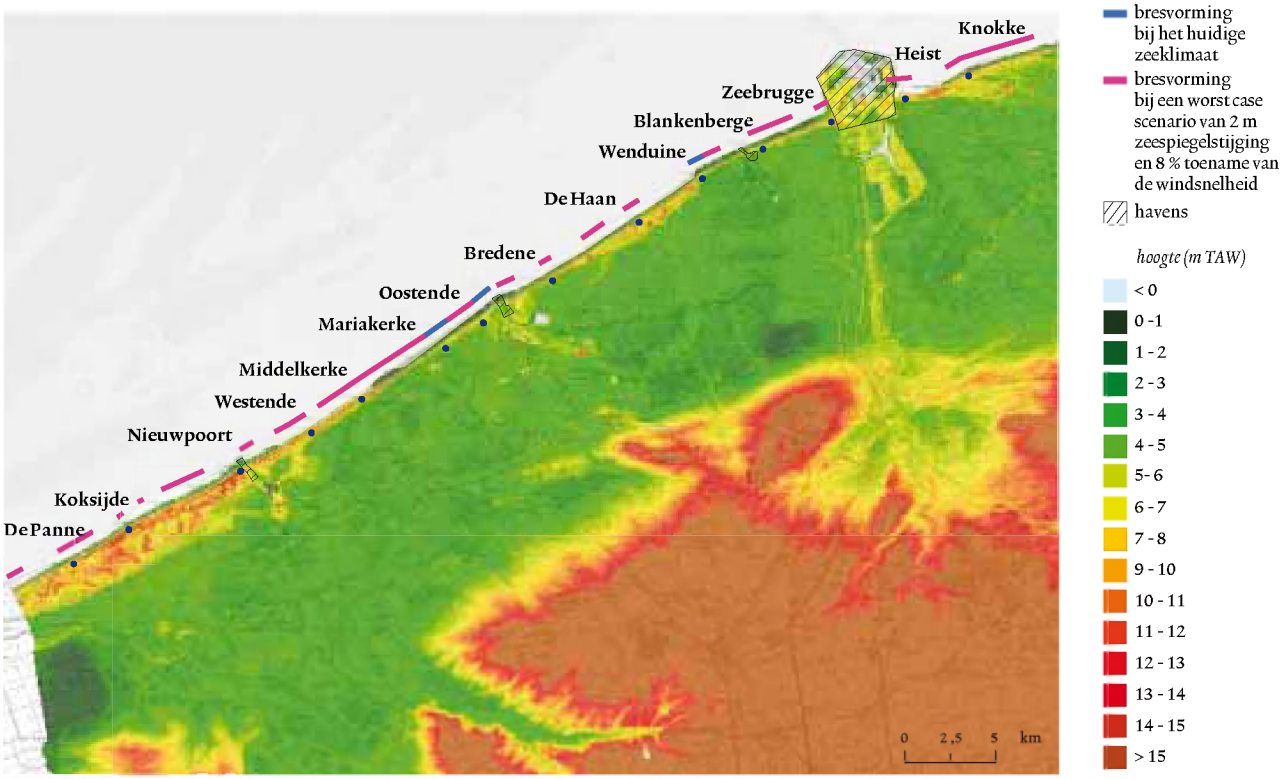
Samen met de afvoer van afsmeltend landijs naar zee, is de thermische uitzetting van

FIG. 11.5 *Trendanalyse van het gemeten zeespiegelniveau (Oostende, 1927-2006) en extrapolatie naar mogelijke zeespiegelstijging in de periode 1990-2100*



Bron: Ozer *et al.* (2008), Van den Eynde *et al.* (2008)

FIG. 11.6 *Locatie van bresvorming door erosie van strand en duinen bij een superstorm die zich eens om de 17 000 jaar voordoet, zowel bij het huidige zeeklimaat als bij een worst case scenario tegen 2100*



Bron: Van den Eynde *et al.* (2008)

het zeewater de belangrijkste oorzaak van de reeds waargenomen zeespiegelstijging. De temperatuur beïnvloedt de densiteit van het water en daardoor de stromingen en het zeespiegelniveau. Daarnaast beïnvloedt de temperatuur ook de oplosbaarheid van CO_2 in het zeewater, en heeft zo een link met de samenstelling van de atmosfeer. In alle deelgebieden van de Noordzee (niet enkel het Belgische deel ervan) stijgt de zeewatertemperatuur. Er lijkt bovendien een natuurlijke variabiliteit op te treden met een periode van 7 à 8 jaar. De stijging van de zeewatertemperatuur ligt tussen 0,023 °C/jaar (in de noordelijke Noordzee) en 0,053 °C/jaar in de centrale Noordzee en de zuidelijke Noordzee. In het gebied het dichtst bij de Vlaamse kust bedraagt de toename ongeveer 0,034 °C per jaar of 3,4 °C per eeuw.

Golfhoogte en windsnelheid op zee

Voor wat betreft de golfhoogte, geeft de historische datareeks in en nabij het Belgische deel van de Noordzee enkel een natuurlijke variabiliteit aan met een periode van ongeveer zeven jaar. Er is ook een seizoencyclus: er zijn gemiddeld hogere golven in de winter en lagere golven in de zomermaanden. Een duidelijke klimaattrend kon in de historische meetreeksen van golfhoogten en windsnelheden nog niet worden aangetoond. Maar door de verwachtingen voor een veranderend windklimaat in de 21e eeuw (zie hierboven), zouden de frequentie en de grootte van de windgolven op de Noordzee wijzigen – en dus ook de kans op hoogwater langs de Vlaamse kust en in de Schelde. Die windgolven kunnen zo voor een bijkomende stijging van de zeespiegel zorgen.

Impact op de kustzone

Langs de kust worden de overstromingsrisico's beïnvloed door de zeespiegelstijging en de verandering in wind met bijhorend golfklimaat. Het meest ongunstige scenario voor de Vlaamse kust gaat uit van twee meter zeespiegelstijging en 8 % toename van de windsnelheid tegen 2100. Die zeespiegelstijging is vergelijkbaar met wat de Deltacommissie in Nederland vooropstelt als bovengrensscenario: twee tot vier meter zeespiegelstijging tot 2200.

De golfbelasting op kust en zeewering neemt in eender welk scenario beduidend toe. Dat heeft te maken met de toenemende waterdiepte ten gevolge van de zeespiegelstijging. Doordat hoogwaters sneller en laagwaters trager stijgen dan de gemiddelde zeespiegel, neemt ook de getijdenslag (het verschil tussen hoog en laag tij) toe. De stijging van de golfbelasting en de getijdenslag veroorzaken een sterkere erosie van strand en duinen, en van de bijhorende frequentie op bresvorming (doorbraak van een dijk of een natuurlijke duinengordel). Bij een superstorm die gemiddeld een keer per 17 000 jaar voorkomt, is bij het huidige klimaat enkel bresvorming te verwachten in Wenduine, Oostende en Mariakerke (de kusthavens buiten beschouwing gelaten). Bij het toekomstige klimaat is bij het meest ongun-

stige scenario en zonder maatregelen tegen 2100 bresvorming mogelijk ter hoogte van bijna de volledige kustlijn (FIGUUR 11.6).

Het huidige kustbeheer ontwerpt de zeewering zo, dat een storm die maar eens om de 1 000 jaar voorkomt, geen noemenswaardige schade veroorzaakt en dat de kans op bresvorming minimaal is. De terugkeerperiodes, gebruikt voor een overstroming langs de kust, zijn meestal vele malen groter dan deze voor waterlopen die niet aan de getijden gebonden zijn. De kustverdediging moet dus bestand zijn tegen meer extreme omstandigheden. Als het fout gaat, zijn de gevolgen er immers veel groter dan wanneer een rivier buiten zijn oevers treedt. Momenteel werkt het Agentschap Maritieme Dienstverlening & Kust van de Vlaamse overheid een masterplan uit voor de kustzone: het Geïntegreerd Kustveiligheidsplan 2010. Op basis van risicoberekeningen bij verschillende waterstanden en stormen worden maatregelen uitgewerkt met daarbij ook een economische afweging van kosten en baten. Dit plan heeft als doel de kustzone op een aanvaardbare manier te beschermen tot 2050. Daarbij zal gekozen worden voor maatregelen die in elk potentieel klimaatscenario nuttig zijn, en die kunnen meegroeien om ook na 2050 een aanvaardbaar veiligheidsniveau te handhaven.

Hogere waterstanden langs de kust vertalen zich ook naar hogere overstromingskansen langs het getijdengevoelige deel van de Schelde. In het huidige klimaat doen overstromingen tussen Vlissingen en Gent zich gemiddeld eens om de zeventig jaar voor, wat overeenkomt met een hoogwaterstand te Antwerpen van 7,83 m TAW. Na realisatie van het gecontroleerde overstromingsgebied van Kruibeke-Bazel-Rupelmonde[5] daalt deze kans tot een keer op de 350 jaar, wat overeenkomt met een maatgevende hoogwaterstand te Antwerpen van 8,24 m TAW. Bij een middenscenario van 60 cm zeespiegelstijging tegen 2100 en geen verdere maatregelen zou de overstromingskans opnieuw stijgen tot de huidige kans van een keer op de 70 jaar tegen 2050 en zelfs een keer op de 25 jaar tegen 2100. Verder is er nog de gecombineerde invloed van de zeespiegelstijging en de verhoogde debieten stroomopwaarts onder invloed van de wijzigende neerslag, die in het Zeescheldegebied tussen Gent en Antwerpen een belangrijke rol kunnen spelen. Dit benadrukt het belang van het realiseren van het volledige geactualiseerde Sigmaplan om de overstromingsrisico's te beheersen en de natuurdoelstellingen in het Zeescheldebekken te behalen. Dat plan omvat naast de inrichting van gecontroleerde overstromingsgebieden ook bijvoorbeeld dijkverhogingen in steden en industriegebieden.

11.5 Conclusies voor het beleid

Algemeen

De onzekerheid rond de evolutie van bijvoorbeeld temperatuur- en neerslagontwikkelingen maken dat de impact van klimaatverandering op het watersysteem

niet ondubbelzinnig vast te stellen is. Maar dat is geen reden om adaptatiemaatregelen uit te stellen: dat zijn initiatieven waarmee Vlaanderen zich kan aanpassen aan de klimaatverandering.

In de veronderstelling dat weinig maatregelen enkel en alleen genomen worden om de gevolgen van klimaatverandering te ondervangen, is het duidelijk dat voorgestelde maatregelen efficiënt en effectief moeten zijn, ongeacht de primaire reden waarom ze uitgevoerd worden en los van het gekozen klimaatscenario. De effecten van klimaatverandering op wateroverlast kunnen voor Vlaanderen nog verschillende kanten uit. Ook wanneer de toekomst zich eerder in de buurt van het droog klimaatscenario bevindt, moeten maatregelen zinvol en verantwoord zijn. Anderzijds, wanneer het klimaat in de toekomst veeleer evolueert volgens het nat klimaatscenario, moet het mogelijk zijn de maatregelen gaandeweg aan te passen, bij te sturen, te versnellen en te intensifiëren. Belangrijk is ook adaptatiemaatregelen te laten samen sporen met de inspanningen om verdere klimaatverandering te beperken (reductie van de broeikasgasemissies).

In plaats van overstromingen zoveel mogelijk te voorkomen zal het beleid zich meer en meer moeten richten op het beperken van het overstromingsrisico. Gebieden waar de potentiële schade groot is (woonzones, industriegebieden), worden daarbij gevrijwaard ten nadele van gebieden waar de potentiële schade klein of onbestaande is (weilanden, natuurgebieden) of waar men zelfs tot een win-winsituatie kan komen voor functies als natuurbehoud en recreatie. Bijkomende efficiënte maatregelen zijn denkbaar, zoals een waarschuwingssysteem dat bewoners bij een nakende overstroming duidelijk maakt hoe ze zichzelf en waardevolle goederen tijdig in veiligheid kunnen brengen. Daarnaast is een beleid nodig dat nieuwe woningen en infrastructuur in overstromingsgebieden tegengaat, of aangepast maakt aan wateroverlast. De watertoets is hiervoor een nuttig instrument.

Adaptatie in het binnenland

Momenteel komen adaptatiemaatregelen voor het waterbeheer meestal neer op een beperking van de overstromingskansen door middel van structurele ingrepen. Daarnaast ontwikkelt de Vlaamse overheid ook overstromingsvoorspellers om tijdig te kunnen anticiperen op dreigende wateroverlast. Gezien de uiteenlopende effecten van de verschillende klimaatscenario's voor Vlaanderen, zijn voor de toekomst vooral maatregelen van tel die een antwoord kunnen bieden zowel op wateroverlast als op watertekorten. Of een maatregel onder verschillende omstandigheden aanpasbaar en nuttig is, zal maken of die maatregel een substantiële bijdrage levert in de adaptatie aan klimaatverandering. Een voorbeeld van zo'n maatregel is het creëren van gecontroleerde overstromingsgebieden langs rivieren. Zulke gebieden kunnen het overstromingsrisico stroomopwaarts of -afwaarts verminderen en kunnen eventueel toelaten om tijdelijk water op te slaan om te gebruiken in de landbouw bij droogte. Andere voorbeelden zijn voorzieningen voor opslag en infiltratie van hemelwater in

stedelijke gebieden. Die beperken de hemelwatertoevoer naar riolen en vullen tegelijkertijd het grondwater aan. Ook het stimuleren van het hergebruik van gezuiverd afvalwater is een mogelijke maatregel.

Adaptatie langs de kust

Langs de kust zijn de belangrijkste vooruitziende adaptieve maatregelen strandophoging en -verbreding door het aanvoeren van zand of het verstevigen van duinvoeten door beplantingen. Deze maatregelen kunnen bij elke vijfjaarlijkse onderhoudsbeurt bijgestuurd worden in functie van de verwachte zeespiegelstijging. Andere mogelijke maatregelen zijn bijvoorbeeld constructies die erosie tegengaan (zoals strandhoofden) of de golven temperen.

NOTEN

1 Waterdamp (H_2O) is het belangrijkste broeikasgas, maar de aanwezigheid ervan in de atmosfeer is vooral het gevolg van natuurlijke verschijnselen. Het heeft weinig belang bij het afwegen van de rol van de mens in de opwarming van de aarde.
2 Enkel de invloed van de potentieel toekomstige klimaatverandering werd nagegaan. Toekomstige wijzigingen in landgebruik werden hier – in tegenstelling tot bij de vertaling naar economische schade – niet beschouwd.
3 De klimaatverandering kan de kwaliteit van het oppervlaktewater op verschillende manieren beïnvloeden (bijvoorbeeld via verhoogde overstortwerking, maar ook via lagere debieten in de rivieren, hogere watertemperaturen ...). In hoofdstuk 12 Kwaliteit oppervlaktewater is het effect van een verhoging van de watertemperatuur op de waterkwaliteit gemodelleerd.
4 Dit kon enkel voor de 67 deelbekkens (VHA-zones) en bijhorende waterlopen in het Vlaamse binnenland waarvoor modellen beschikbaar zijn bij het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse overheid. Dit betreft in hoofdzaak de bevaarbare waterlopen (dus grote en meer afwaartse waterlopen), maar ook opwaartse deelbekkens aangezien deze de bevaarbare waterlopen voeden.
5 Voorzichtige prognoses stellen dat het gebied in 2011 klaar is om in werking te treden (www.gogkbr.be).

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

Willems P., Deckers P., De Maeyer Ph., De Sutter R., Vanneuville W., Brouwers J. & Peeters B. (2009) Klimaatverandering en waterhuishouding. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009 & NARA 2009, VMM, INBO, www.milieurapport.be en www.nara.be.

Dit hoofdstuk is onder meer gebaseerd op volgende onderzoeksprojecten:

ADAPT, voor Federaal Wetenschapsbeleid, uitgevoerd door Arcadis Ecolas & UGent , ULB-CEESE, UA-ECOBE, KUL-HIVA en ULG-HACH.
CCI-HYDR, voor Federaal Wetenschapsbeleid, Onderzoeksprogramma Wetenschap voor een duurzame ontwikkeling, uitgevoerd door K.U.Leuven, Afdeling Hydraulica en KMI.
CLIMAR, voor Federaal Wetenschapsbeleid, uitgevoerd door Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee, Arcadis Ecolas, UGent, het Waterbouwkundig Laboratorium van de Vlaamse overheid, het Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek en het Maritiem Instituut, UGent.
Onderzoeksproject Actualisatie en extrapolatie Code van Goede Praktijk voor ontwerp van rioleringsstelsels voor de Vlaamse Milieumaatschappij, uitgevoerd door K.U.Leuven, Afdeling Hydraulica.
Onderzoeksproject Adaptatiemogelijkheden Vlaamse Landbouw, voor het Departement Landbouw & Visserij, Afdeling Monitoring & Studie, uitgevoerd door het Klimaatpark, K.U.Leuven.
Onderzoeksproject Effect van klimaatwijzigingen op afvoerdebieten in hoog- en laagwatersituaties en op de globale waterbeschikbaarheid voor het Waterbouwkundig Laboratorium (WL) van de Vlaamse overheid, uitgevoerd door K.U.Leuven, Afdeling Hydraulica.
Onderzoeksproject Klimaatscenario's voor Vlaanderen voor het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), uitgevoerd door KMI, K.U.Leuven en KNMI.
Onderzoeksproject SUDEM-CLI voor Federaal Wetenschapsbeleid, Onderzoeksprogramma Wetenschap voor een duurzame ontwikkeling, uitgevoerd door UA, K.U.Leuven en UCL.
Onderzoeksrapport Risico op schade door overstromingen voor MIRA, Vlaamse Milieumaatschappij, uitgevoerd door UGent, Vakgroep Geografie.
Project SAFECoast, voor Interreg IIIB Noordzee, (voor Vlaanderen) uitgevoerd door het Waterbouwkundig Laboratorium en de afdeling Kust.
SeaMocs, voor de Europese Commissie, (voor België) uitgevoerd door K.U.Leuven en KNMI.

REFERENTIES

Baguis P., Ntegeka V., Willems P. & Roulin E. (2009) Extension of CCI-HYDR climate change scenarios for INBO, K.U.Leuven, Hydraulics Section & Royal Meteorological Institute of Belgium.

Gobin A. *et al.* (2009) Landgebruik in Vlaanderen. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, NARA 2009, VMM, INBO.R.2009.20, www.milieurapport.be, www.nara.be.

KMI (2009) Oog voor het klimaat, Koninklijk Meteorologisch Instituut van België.

Ntegeka V. & Willems P. (2008) Trends and multidecadal oscillations in rainfall extremes, based on a more than 100 years time series of 10 minutes rainfall intensities at Uccle, Belgium, Water Resources Research, 44, W07402, doi:10.1029/2007WR006471.

Ntegeka V., Willems P., Baguis P. & Roulin E. (2008) Climate change impact on hydrological extremes along rivers and urban drainage systems – Phase 1. Development of climate change scenarios for rainfall and Eto. Samenvattend rapport bij de Fase 1 van het CCI-HYDR project door K.U.Leuven, Afdeling Hydraulica en KMI voor Federaal Wetenschapsbeleid, 56 p.

Ozer J., Van den Eynde D. & Ponsar S. (2008) Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities: CLIMAR. Trend analysis of the relative mean sea level at Oostende (Southern North Sea – Belgian coast), 14 p.

Peeters W. & Tops B. (2009) Water uit de kraan, evident toch. Het Ingenieursblad, JG 78, 3/2009, p. 24-30.

Van den Eynde D., De Sutter R., Maes F., Verwaest T. & van Bockstaele E. (2008a) Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities: CLIMAR. Samenvattend rapport bij de Fase 1 van het CLIMAR project voor Federaal Wetenschapsbeleid, 33 p.

Van den Eynde D., Ponsar S., Ozer J. & Francken F. (2008b) Bepaling van de primaire impacten van globale klimaatsveranderingen. Presentatie op Workshop 'Crisis in de visserij: keert klimaat het tij?', 9 december 2008, ILVO, Oostende.

Willems P. (2009) Actualisatie en extrapolatie van hydrologische parameters in de nieuwe Code van Goede Praktijk voor het Ontwerp van Rioleringssystemen. Eindrapport bij de studie voor de Vlaamse Milieumaatschappij, Afdeling Operationeel Waterbeheer.

LECTOREN

Johan Bogaert, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Departement LNE
Tine Bosschaert, **Stijn Bruers**, **Bruno Verbeeck**, Ecolife vzw
Kris Cauwenberghs, **Ilke Dieltjens**, **Miet D'heer**, **Koen Martens**, **Ivo Terrens**, **Paul Thomas**, **Adelheid Vanhille**, VMM
Ann Crabbé, Faculteit Politieke en Sociale Wetenschappen, UA
Sylvie Danckaert, Afdeling Monitoring en Studie, Departement LV
Greet De Gueldre, Aquafin nv
Luc Debontridder, KMI
Jean Hugé, Vakgroep Menselijke Ecologie, VUB
Martina Hülsbrinck, PPO.be vzw
Peter Tom Jones, Faculteit Ingenieurswetenschappen, K.U.Leuven
Annick Lamote, Studiedienst, SERV
Filip Lenders, stad Antwerpen
Koen Maeghe, nv De Scheepvaart
Clemens Mensink, VITO
Katrien Oorts, Afdeling Land- en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen, Departement LNE
Eddy Poelman, Provinciaal Centrum voor Milieuonderzoek Oost-Vlaanderen
Simon Six, VMW
Katelijne Vancleemput, POM West-Vlaanderen
Wim Van Gils, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw





12 Kwaliteit van het oppervlaktewater

Bob Peeters, MIRA-team, VMM

Tom D'heygere, Tom Huysmans, Yves Ronse, Ilke Dieltjens, Staf Algemeen Directeur - Team Stroomgebiedbeheer, VMM

HOOFDLIJNEN

- In het referentiescenario (REF-scenario), dat uitgaat van de lopende en vastgelegde maatregelen, daalt de belasting van het oppervlaktewater in 2015 met maximaal 23 % ten opzichte van 2006. In het Europa-scenario (EUR-scenario), dat daar bovenop aanvullende maatregelen in rekening brengt, bedraagt die daling maximaal 49 % in 2027. De verdere uitbreiding en verbetering van de openbare waterzuiveringsinfrastructuur speelt in beide scenario's de grootste rol.

- Die reducties van de vuilvracht gaan gepaard met duidelijke verbeteringen van de zuurstof- en nutriëntenhuishouding in de gemodelleerde waterlichamen. Maar uit de modelresultaten blijkt dat slechts enkele van die waterlichamen aan alle normen voor de gemodelleerde variabelen voldoen, zelfs in het meest doorgedreven scenario. Vooral fosfor blijft een heikel punt.

- De verbeterde fysisch-chemische waterkwaliteit heeft een gunstig effect op de biologische kwaliteit (macro-invertebraten). In het REF2015-scenario zijn er in de gemodelleerde waterlichamen vooral verschuivingen van een ontoereikende naar een matige kwaliteit, in het EUR2027-scenario van een matige naar een goede kwaliteit. Maar ook in het meest doorgedreven scenario haalt slechts iets minder dan 60 % van de waterlichamen een goede biologische kwaliteit.

- Om het debat te onderbouwen over hoe ver Vlaanderen kan en moet gaan om te voldoen aan de vereisten van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRLW), moet de kennis en de modellering van het watersysteem verbeterd en uitgebreid worden. Het gaat dan vooral over andere stoffen (bijvoorbeeld gevaarlijke stoffen), andere biologische kwaliteitselementen (bijvoorbeeld vissen, waterplanten) en de effecten van maatregelen die de structuurkenmerken verbeteren (bijvoorbeeld hermeandering). Het is ook nodig de economische onderbouwing van maatregelen nog verder uit te werken.

Inleiding

De verbetering van de waterkwaliteit is al vele jaren een belangrijk onderdeel van het Vlaamse milieubeleid, niet in het minst geïnspireerd door Europese richtlijnen waaronder de Richtlijn Stedelijk Afvalwater. In 2000 kwam daar de KRLW bij, die tot doel heeft het oppervlaktewater (en het grondwater) in de 'goede toestand' te brengen. Voor het oppervlaktewater betekent dit zowel een goede chemische als een goede ecologische toestand. Een van de verplichtingen van de KRLW is de opmaak van stroomgebiedbeheerplannen, met daarin onder meer maatregelen om die doelstellingen te halen. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen basis- en aanvullende maatregelen. Basismaatregelen zijn lopende of effectief geplande maatregelen. De extra maatregelen die daarbovenop nodig zijn om de doelstellingen te halen, zijn de aanvullende maatregelen (CIW, 2009a).

Aan het maatregelenprogramma van de ontwerp stroomgebiedbeheerplannen (CIW, 2009b) is een lang en intensief overlegproces voorafgegaan in de schoot van de Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW). Daarom zijn de maatregelen om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren, uit de ontwerp stroomgebiedbeheerplannen overgenomen. Het referentiescenario (REF) neemt de basismaatregelen op, het Europa-scenario (EUR) implementeert de aanvullende maatregelen. De scenarioanalysen worden hier wel verder uitgebreid (bijvoorbeeld bevolkingsprognose, doorrekeningen naar biologische kwaliteit), zonder aan de maatregelen zelf te raken. De resultaten van de scenarioanalysen worden ook diepgaander geanalyseerd en besproken. Wat de biologische kwaliteit betreft, zoomt dit hoofdstuk in op de macro-invertebraten. In de Natuurverkenning 2030 staan de vissen centraal, waarbij naast de waterkwaliteit ook rekening gehouden wordt met de aanpak van vismigratieknelpunten.

Dit hoofdstuk begint met een overzicht van de inhoud van de scenario's en een korte bespreking van de modellen voor de scenarioanalyse. Bij de bespreking van de scenarioresultaten wordt de milieuverstoringsketen gevolgd: eerst komen de vuilvrachten die in het oppervlaktewater terechtkomen aan bod, dan de effecten op de fysisch-chemische waterkwaliteit en vervolgens de gevolgen voor de biologische kwaliteit en de kosten van de maatregelen. Tot slot worden de belangrijkste conclusies voor het beleid nog eens in de verf gezet.

12.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning

Scenario's

Een scenario is een pakket van maatregelen waarvan de mogelijke effecten berekend en besproken worden. De invulling van de scenario's is gebeurd op basis van de ontwerp stroomgebiedbeheerplannen. Uiteraard zijn tal van andere combinaties van maatregelen mogelijk. Het referentiejaar voor de scenario's is 2006.

Het *REF-scenario* is berekend met als zichtjaar 2015 (REF2015). In het REF2015 zijn volgende bijkomende maatregelen gemodelleerd:

- De openbare waterzuiveringsinfrastructuur wordt uitgebreid en verbeterd door het uitvoeren van de investeringsprogramma's tot en met 2005:
  - aansluiten van huishoudens op de openbare zuiveringsinfrastructuur;
  - aansluiten van collectoren op rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's);
  - bouwen van bijkomende RWZI's;
  - verbeteren van het rendement van de RWZI's.
- Bedrijven voldoen aan de normen van IPPC, BBT en aan de sectorale normen door het invoeren van technieken. Indien die technieken niet volstaan om specifieke normen te halen, werd een maximaal haalbare concentratie van het afvalwater ingeschat.
- In de landbouwsector wordt het Mestdecreet uitgevoerd.

Het *EUR-scenario* is berekend voor de zichtjaren 2015 en 2027 (EUR2015 en EUR2027). De maatregelen in EUR2015 zijn voorgesteld om uitgevoerd te worden in het kader van de eerste generatie stroomgebiedbeheerplannen. In het EUR2015 zijn, bovenop de maatregelen van REF2015, volgende bijkomende maatregelen gemodelleerd:

- De openbare waterzuiveringsinfrastructuur wordt uitgebreid en verbeterd door het uitvoeren van de optimalisatieprogramma's tot en met 2009. De Vlarem-wetgeving voor de RWZI-rendementen wordt zonder uitzonderingen toegepast.
- Bedrijven voldoen aan de normen uit de Europese Richtlijn Stedelijk Afvalwater.
- Landbouw:
  - bemesten volgens een bemestingsadvies;
  - inzaaien van grasbufferstroken tussen akkers en waterlopen;
  - optimaliseren van het inzaaien van een wintergroenbedekker.

Het EUR2027-scenario houdt rekening met de verwachte bevolkingstoename en omvat, bovenop de maatregelen van REF2015 en EUR2015, volgende bijkomende maatregelen:

- uitvoeren van de optimalisatieprogramma's na 2009;
- aansluiten van de overblijvende riolering op RWZI;
- aansluiten van huishoudens waar nog geen riolering voorzien is op een RWZI of het zuiveren van het afvalwater met een IBA (volledige uitvoering zoneringsplannen);
- optimaliseren van het rioleringsstelsel (lagere lekverliezen);
- verbeteren van de aansluitingen van woningen op de rioleringsinfrastructuur;
- Landbouw:
  - verhogen van de melkproductie van melkvee per ha ruwvoeder;
  - verbeteren van de voederefficiëntie voor mestvarkens en pluimvee;
  - toepassen van niet-kerende bodembewerking op potentieel erosiegevoelige akkers;
  - afbouwen van de veestapel door een warme sanering.

Op het EUR2027-scenario zijn nog twee varianten gemodelleerd. Het EUR+2027-scenario legt bijkomend op dat waterlopen die Vlaanderen binnenstromen, voldoen aan de waterkwaliteitsnormen. Het scenario EURT2027 gaat het effect na van een

verhoging van de watertemperatuur met 1 °C. Dit dient als een eerste, weliswaar onvolledige analyse van het mogelijke effect van klimaatverandering op de waterkwaliteit. TABEL 12.1 geeft een overzicht van de gemodelleerde scenario's en de link met de scenario's uit de stroomgebiedbeheerplannen.

TAB. 12.1 *De scenario's in MIRA en de stroomgebiedbeheerplannen (SGBP)*

MIRA	SGBP	zichtjaar	inhoud
2006	referentiejaar	2006	
REF2015	basisscenario	2015	vastgelegd beleid
EUR2015	aanvullend scenario gefaseerd	2015	REF2015 + maatregelen voorgesteld om uit te voeren in 1e SGBP
EUR2027	aanvullend scenario	2027	EUR2015 + alle aanvullende maatregelen SGBP
EUR+2027	maximaal scenario	2027	EUR2027 + grensoverschrijdende waterlopen voldoen aan Waalse/Franse normen
EURT2027		2027	EUR2027 + stijging watertemperatuur

Van vuilvrachten naar waterkwaliteit

De geselecteerde maatregelen grijpen in op de belasting van het oppervlaktewater – met andere woorden op de vuilvrachten die effectief in het oppervlaktewater terechtkomen – uitgedrukt in ton per jaar. Het effect van die vuilvrachtreducties op de fysisch-chemische waterkwaliteit, uitgedrukt in mg per liter, werd gemodelleerd met het PEGASE-model. Nadien liet een statistisch model toe om op basis van de gemodelleerde fysisch-chemische waterkwaliteit de effecten op de biologische kwaliteit in te schatten.

Het waterkwaliteitsmodel PEGASE modelleert aan de hand van de geïnventariseerde belasting van het oppervlaktewater de fysisch-chemische waterkwaliteit (zuurstof- en nutriëntenhuishouding). Het houdt daarbij rekening met de fysisch-chemische en biologische processen in het aquatische ecosysteem. Enkel de waterlopen uit het Scheldestroomgebied zijn gemodelleerd. De resultaten van het model zijn beschikbaar per segment van 200 m waterloop. Uit de validatie is gebleken dat de kleinere waterlopen duidelijk minder nauwkeurig gemodelleerd worden. Daarom zijn de resultaten op segmentniveau samengevoegd tot debietgewogen gemiddelde concentraties per waterlichaam. Ook is gebleken dat PEGASE de neiging heeft orthofosfaatconcentraties te overschatten: dit hoofdstuk gaat hier niet dieper op in.

De macro-invertebratenindex (MMIF) is een maat voor de biologische kwaliteit van waterlopen. Op basis van een uitgebreide set van meetpunten, waarvoor zowel fysisch-chemische waterkwaliteitsgegevens als een bepaling van de MMIF beschikbaar zijn, werd een statistisch model ontwikkeld om de MMIF te voorspellen. Op die manier kan op basis van de gemodelleerde waterkwaliteit de te verwachten MMIF ingeschat worden. Dit model houdt dus op geen enkele ma-

nier rekening met de invloed van structuurkenmerken op de MMIF. Uit de validatie blijkt enerzijds dat het model de werkelijke MMIF-waarden niet systematisch over- of onderschat. Maar anderzijds blijkt ook dat het model lage MMIF-waarden eerder te hoog, en hoge MMIF-waarden eerder te laag inschat.

12.2 Belasting van het oppervlaktewater

De belasting van het oppervlaktewater is de totale vuilvracht die in het oppervlaktewater terechtkomt. De bespreking van de belasting van het oppervlaktewater met chemisch zuurstofverbruik (CZV), stikstof (N) en fosfor (P) gebeurt per doelgroep.

Dat de belasting van het oppervlaktewater door de huishoudens sterk daalt, is in de eerste plaats toe te schrijven aan de stijging van het aantal inwoners met een aansluiting op een RWZI (FIGUUR 12.1). De uitvoering van het lopende waterzuiveringsbeleid (REF2015) laat toe dat 1,9 miljoen inwoners meer aangesloten worden op een RWZI dan in 2006. Iets meer dan 1 miljoen daarvan is ondertussen aangesloten op de RWZI Brussel-Noord. Daarbovenop worden nog eens 1,9 miljoen inwoners bijkomend aangesloten in het EUR2027-scenario. In het EUR2027-scenario heeft ook de optimalisatie van collectering en transport een belangrijk effect. In dat scenario wordt dan ook 97 % van het huishoudelijk afvalwater gezuiverd op een RWZI. Op dat moment is het dus nog belangrijker om het afvalwater goed te collecteren en met zo weinig mogelijk verliezen te transporteren naar de RWZI's. Het invoeren van individuele behandelingsinstallaties voor afvalwater bij huishoudens in het kader van de zoneringsplannen (EUR2027) heeft op Vlaams niveau en in absolute termen maar een beperkte invloed. Lokaal kan het uiteraard wel een uitgesproken effect hebben.

Ook de belasting van het oppervlaktewater door bedrijven daalt geleidelijk, zij het in mindere mate dan die van de huishoudens (FIGUUR 12.2). Daarbij is het effect van de opgelegde normen steeds groter dan dat van de aansluiting op een openbare RWZI van bedrijven die op riool lozen.

FIG. 12.1 *Belasting van het oppervlaktewater met CZV, N en P door huishoudens in het REF- en in het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2027)*

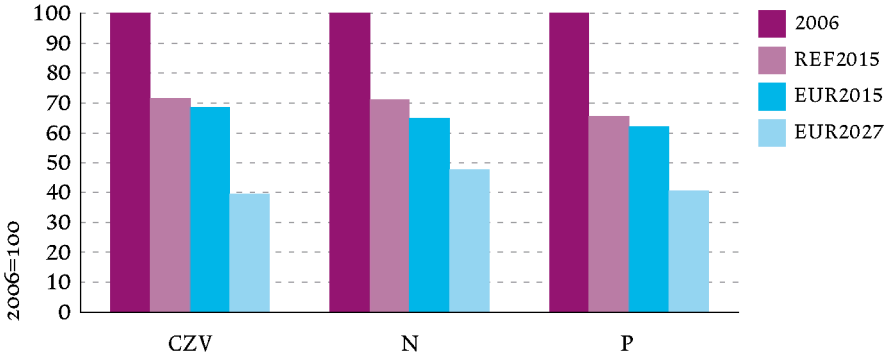
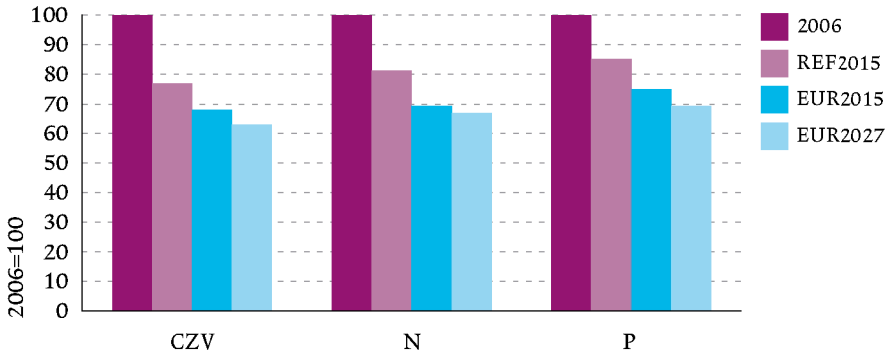


FIG. 12.2 *Belasting van het oppervlaktewater met CZV, N en P door bedrijven* in het REF- en in het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2027)*



* zowel van de MIRA-sectoren Industrie, Energie als Handel & diensten

FIG. 12.3 *Belasting van het oppervlaktewater met CZV, N en P door de landbouw in het REF- en in het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2027)*

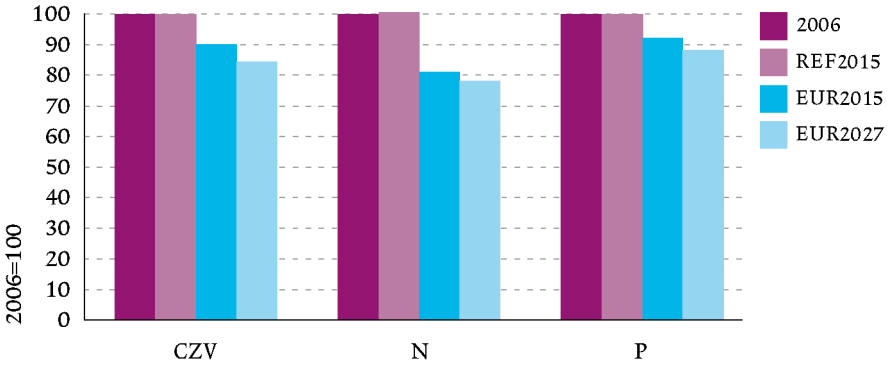
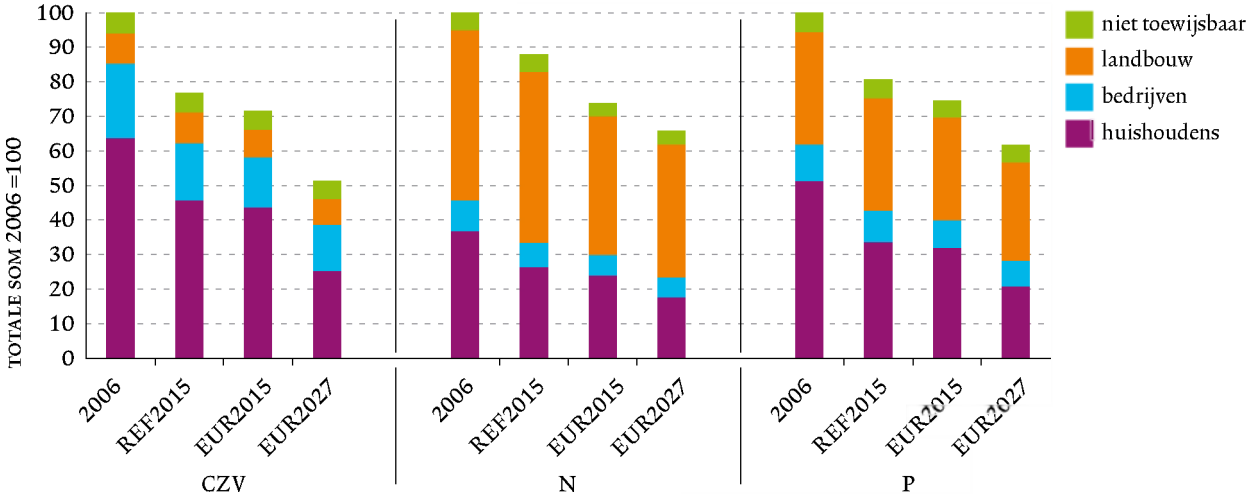


FIG. 12.4 *Totale belasting van het oppervlaktewater met CZV, N en P in het REF- en in het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2027)*



'Niet toewijsbaar' slaat op dat deel van de vuilvracht die op RWZI's toekomt, maar niet verklaard kan worden door de gekende lozingen van huishoudelijk en bedrijfsafvalwater.

In het REF-scenario dalen de CZV-, N- en P-verliezen vanuit de landbouw weinig of niet (FIGUUR 12.3). In het EUR-scenario is er wel een duidelijke daling, al is die in relatieve termen steeds kleiner dan de daling bij de huishoudens of bedrijven. De maatregelen die daartoe het meeste bijdragen zijn de afbouw van de veestapel (EUR2027), de verhoging van de voederefficiëntie (EUR2027), het bemesten volgens advies (EUR2015) en de inzaai van wintergroenbedekkers (EUR2015).

Zowel in het REF- als in het EUR-scenario wordt de totale vuilvracht aanzienlijk gereduceerd (FIGUUR 12.4). In het REF2015-scenario dalen de vuilvrachten met 23 % voor CZV, met 12 % voor N en met 19 % voor P ten opzichte van 2006. In het EUR2027-scenario bedraagt de reductie van de vuilvrachten 49 % voor CZV, 34 % voor N en 38 % voor P ten opzichte van 2006. De sanering van het huishoudelijke afvalwater speelt hierin de grootste rol. In het EUR-scenario (zowel 2015 als 2027) zijn ook de reducties van de N- en P-vrachten vanuit de landbouw belangrijk. De lozingen door bedrijven waren in 2006 al veel kleiner dan die van de huishoudens en de landbouw. Dit heeft tot gevolg dat de sanering van het bedrijfsafvalwater in mindere mate bijdraagt tot de reductie van de totale belasting van het oppervlaktewater met CZV, N en P op Vlaams niveau.

12.3 Fysisch-chemische waterkwaliteit

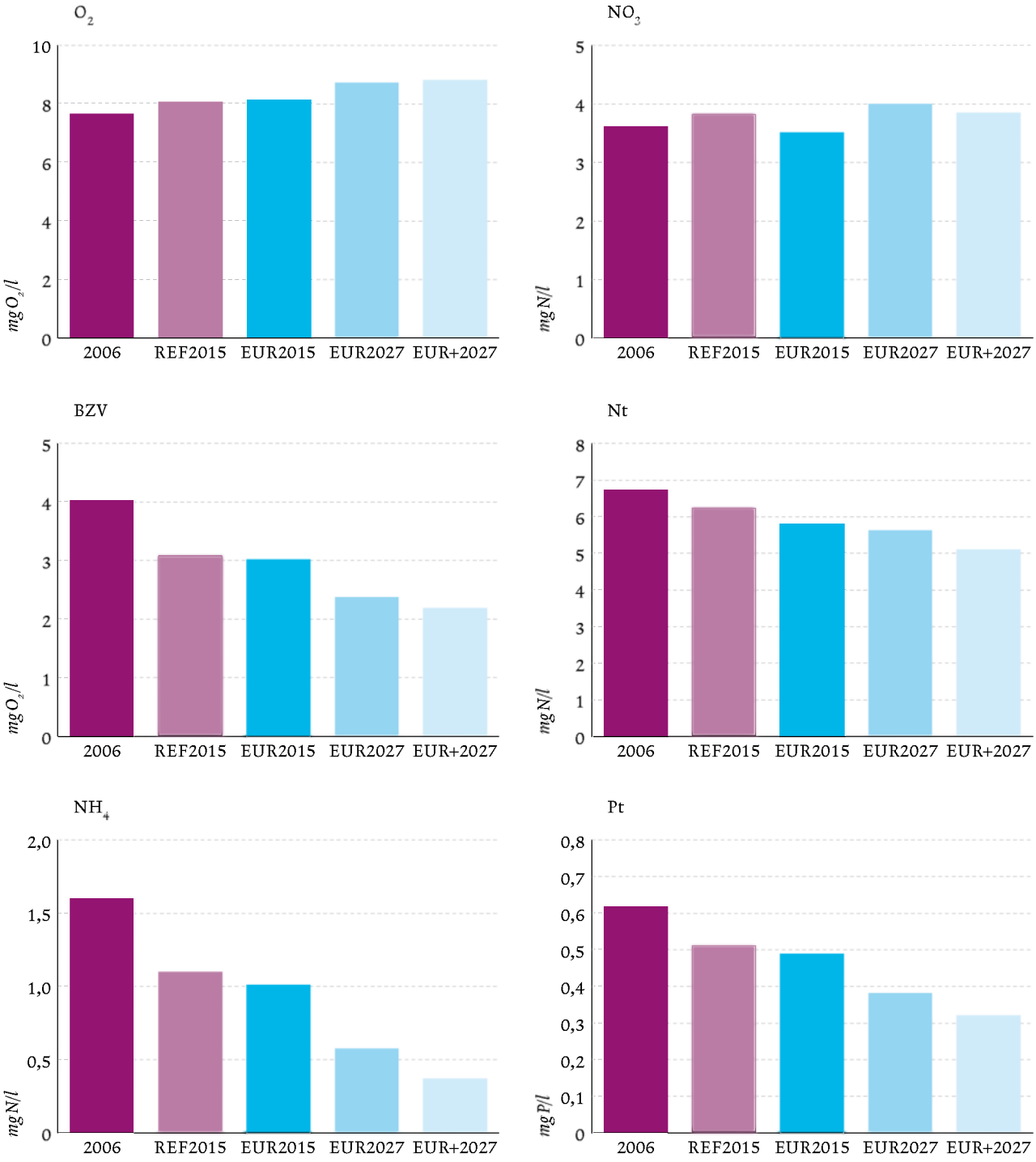
Het waterkwaliteitsmodel biedt een brede waaier aan indicatoren om het effect van de vuilvrachtreducties op de waterkwaliteit te illustreren. FIGUUR 12.5 toont de debietgewogen gemiddelde concentraties van de waterlichamen voor opgeloste zuurstof (O_2), biochemisch zuurstofverbruik (BZV), ammonium (NH_4), nitraat (NO_3), totaal stikstof (Nt) en totaal fosfor (Pt).

Voor de meeste variabelen is er een duidelijke verbetering door het uitvoeren van het al vastgelegde beleid, met andere woorden van het referentiejaar 2006 naar REF2015. De aanvullende maatregelen, die voorgesteld werden om in het eerste ontwerp stroomgebiedbeheerplan uit te voeren, zorgen daarbovenop voor een kleine verbetering (van REF2015 naar EUR2015). De uitvoering van alle aanvullende maatregelen zorgt opnieuw voor een grote stap voorwaarts (van EUR2015 naar EUR2027). Die verbetering heeft uiteraard alles te maken met de daling van de vuilvrachten die in het oppervlaktewater terechtkomen (zie 12.2 Belasting van het oppervlaktewater).

Nitraat is een belangrijke uitzondering op de gunstige trends. Paradoxaal genoeg spelen de stijgende zuurstofconcentraties hier een belangrijke rol. Hoe meer zuurstof in het water, hoe meer gereduceerde N-verbindingen (bijvoorbeeld NH_4) omgezet worden naar nitraat. Maar hoe meer zuurstof in het water, hoe minder nitraat ook omgezet wordt in stikstofgas (N_2). De meeste gemodelleerde waterlichamen voldoen echter wel aan de nitraatnorm (FIGUUR 12.6).

Door te veronderstellen dat waterlopen aan de (gewest)grens voldoen aan de Waalse en Franse normen (EUR+2027), is er vooral nog een verbetering merkbaar bij

FIG. 12.5 *Jaargemiddelde concentraties voor fysisch-chemische waterkwaliteit van de gemodelleerde waterlichamen in het REF- en in het EUR-scenario (2006-2027)*



de N- en P-variabelen en in mindere mate ook bij de zuurstofvariabelen. Dit komt omdat de uitgangspositie op die plaatsen voor zuurstofhuishouding al veel beter was dan voor de nutriënten.

Waterlichamen kunnen verder ingedeeld worden in kwaliteitsklassen (CIW, 2009a). De grens tussen de matige en goede kwaliteit is ook de norm. Waterlichamen die 'goed' of 'zeer goed' scoren, halen dus de norm. In het EUR2027-scenario voldoen bijna alle waterlichamen aan de norm voor O_2, BZV en Kjeldahlstikstof (KjN) (FIGUUR 12.6). Slechts een minderheid van de waterlichamen voldoet evenwel aan de norm voor Nt. De situatie voor Pt is nog slechter: zelfs in het EUR+2027-scenario zijn er maar enkele waterlichamen die de norm halen. Deze conclusies gelden enkel voor de debietgewogen concentraties per waterlichaam, en niet voor de individuele segmenten.

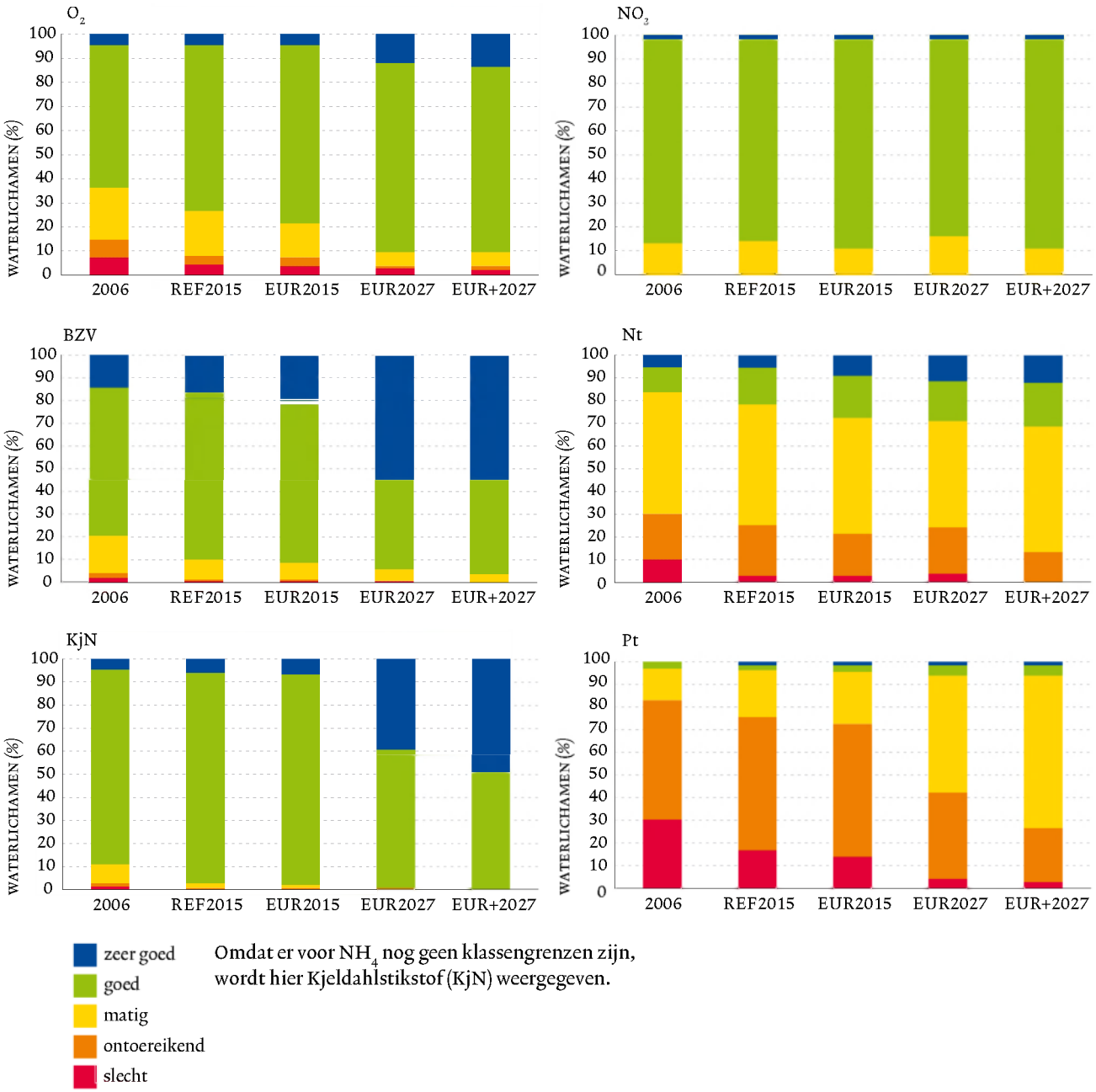
De KRLW hanteert het principe *one out all out*. Dit betekent dat de variabele met de laagste kwaliteitsklasse de eindklasse bepaalt. Volgens dit principe scoort slechts 1,5 % van de gemodelleerde waterlichamen goed in 2006, REF2015 en EUR(+)2027.

De modellering van de fysisch-chemische waterkwaliteit kon nog geen rekening houden met de verbetering van de structuurkenmerken. Hermeandering, natuurvriendelijke oevers, inschakeling van overstromingsgebieden ... kunnen het zelfzuiverende vermogen van waterlopen verhogen, en dus zorgen voor een bijkomende verbetering van de fysisch-chemische waterkwaliteit.

Klimaatverandering en waterkwaliteit

De klimaatverandering kan op verschillende manieren de fysisch-chemische waterkwaliteit beïnvloeden. De dynamiek van het watersysteem kan wijzigen door een veranderde watertemperatuur, die bijvoorbeeld de oplosbaarheid van zuurstof maar ook allerlei biologische processen beïnvloedt (bijvoorbeeld algenbloei). Wijzigende neerslagpatronen kunnen een effect hebben (intensere regenbuien kunnen bijvoorbeeld voor meer erosie en verhoogde overstortwerking zorgen). Verhoogde verdamping kan meer en langdurigere droogten meebrengen, waardoor er minder verdunning is van de vervuiling afkomstig van puntbronnen ... (Hoofdstuk 11 Klimaatverandering en waterhuishouding).
Het bleek niet haalbaar om met het PEGASE-model sterk verlaagde debieten te modelleren, evenmin kon het effect op erosie gekwantificeerd worden. PEGASE kan wel het effect van een stijging van de watertemperatuur simuleren. De gesimuleerde stijging van de watertemperatuur met 1 °C heeft vooral een daling van de zuurstofconcentraties tot gevolg, van gemiddeld 8,7 naar 8,5 mg zuurstof per liter. Logisch, want er kan nu eenmaal minder zuurstof oplossen in warmer water. Voor de overige waterkwaliteitsvariabelen zijn de verschillen minimaal.

FIG. 12.6 *Verdeling van de gemodelleerde waterlichamen in fysisch-chemische kwaliteitsklassen in het REF- en in het EUR-scenario (2006-2027)*



12.4 Biologische kwaliteit

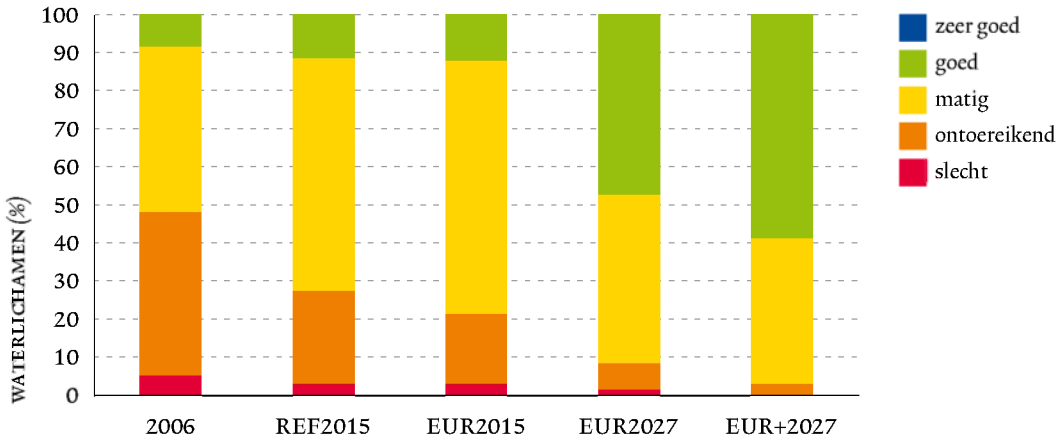
De macro-invertebratenindex is een maat voor de biologische kwaliteit van een waterloop. Macro-invertebraten zijn met het blote oog zichtbare ongewervelden zoals insectenlarven. Een statistisch model kan de fysisch-chemische waterkwaliteitsverbetering doorrekenen naar scores voor de MMIF. Hierbij wordt abstractie gemaakt van het effect van structuurkenmerken (bijvoorbeeld meandering). Die effecten kunnen zowel rechtstreeks zijn (door meer diversiteit in habitats) als onrechtstreeks (door invloed op het zelfzuiverende vermogen). Een belangrijke onderzoeksvraag voor de komende jaren is in welke mate de verbetering van structuurkenmerken kan bijdragen tot het overbruggen van de doelafstand.

De MMIF kan waarden aannemen tussen 0 en 1, waarbij 0 overeenkomt met een biologisch dood oppervlaktewater en 1 de maximumscore is. Voor de meeste natuurlijke waterlichamen ligt de grens tussen de matige en de goede kwaliteit op 0,7. De verbetering van de fysisch-chemische waterkwaliteit in de scenario's vertaalt zich duidelijk ook naar de biologische kwaliteit. Naarmate meer maatregelen in rekening gebracht worden (van REF2015 naar EUR+2027), daalt het percentage waterlichamen met scores lager dan 0,4 steeds verder en neemt het percentage waterlichamen met scores boven 0,6 toe.

Waterlichamen zijn op basis van hun MMIF-score in te delen in kwaliteitsklassen. Voor zowel waterlichamen die sterk veranderd zijn door menselijke ingrepen als voor kunstmatige waterlichamen, kunnen er aangepaste klassengrenzen zijn. Om aan de doelstellingen van de KRLW te voldoen moeten alle waterlichamen minstens de score 'goed' halen.

Ook in de evolutie van de verdeling over de kwaliteitsklassen is een duidelijke verbetering merkbaar (FIGUUR 12.7). Het percentage waterlichamen met een slechte of ontoereikende kwaliteit neemt geleidelijk aan af, en het percentage

FIG. 12.7 *Verdeling van de gemodelleerde waterlichamen in biologische kwaliteitsklassen (MMIF) in het REF- en in het EUR-scenario (2006-2027)*



Kanttekeningen bij de scenarioanalysen

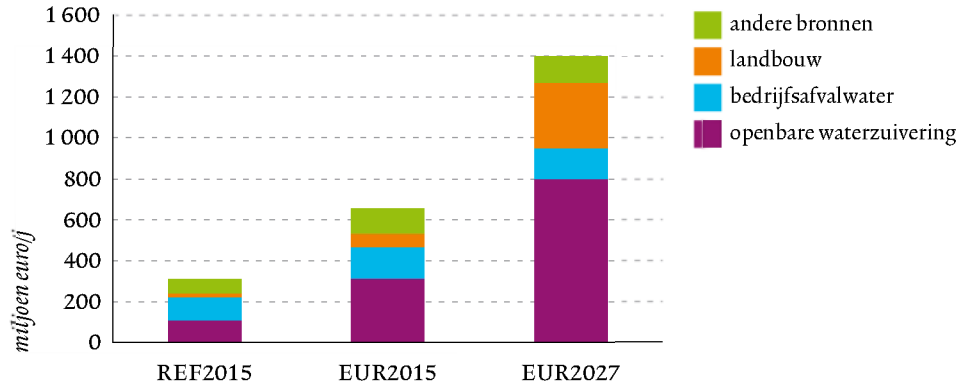
Bij de scenarioanalysen horen enkele kanttekeningen. Ze zijn immers nog onvolledig, conservatief en optimistisch. *Onvolledig* in die zin dat enkel maatregelen bekeken zijn die een rechtstreeks effect hebben op de belasting van het oppervlaktewater. Ook de verbetering van de structuurkenmerken kan een gunstig effect hebben op de fysisch-chemische en biologische kwaliteit. Daarnaast zijn er nog maatregelen en fenomenen (bijvoorbeeld de nalevering uit verontreinigde waterbodems) waarvan het effect nog niet bekend is. Er is ook enkel gekeken naar de zuurstofhuishouding en de nutriënten, en niet naar bijvoorbeeld gevaarlijke stoffen. Wat de biologische kwaliteit betreft, is enkel gekeken naar de macro-invertebraten en niet naar de vissen, de macrofyten, het fytoplankton of het fytobenthos. De resultaten van de biologische monitoring in 2009 tonen alvast aan dat de doelafstand voor vissen en macrofyten groter is dan voor macro-invertebraten. De scenarioanalysen zijn *conservatief* in die zin dat wanneer het effect van maatregelen erg onzeker is, het effect eerder laag is ingeschat (bijvoorbeeld N-verwijdering in bufferstroken en langetermijneffect van lagere N-bemesting op verliezen via grondwater). Het model dat de N-verliezen vanuit de landbouw berekent, is waarschijnlijk ook te weinig gevoelig aan wijzigingen in het mestgebruik. De scenarioanalysen zijn dan weer *optimistisch* omdat aangenomen wordt dat maatregelen volledig en op tijd uitgevoerd worden zoals gepland (bijvoorbeeld realisatie van de programma's en de plannen voor openbare waterzuivering). Ook de toegepaste modellen zijn zeker nog voor verbetering vatbaar.
Of de afstand tot de doelstelling van de KRLW te groot dan wel te klein ingeschat wordt door al deze onvolkomenheden, is moeilijk te zeggen. De doelafstand zal *verkleinen* door ontbrekende maatregelen in rekening te brengen en als blijkt dat de conservatieve inschatting van het effect van enkele maatregelen inderdaad te laag is. De doelafstand zal *vergroten* door ontbrekende fysisch-chemische en biologische waterkwaliteitsvariabelen in rekening te brengen en als blijkt dat de implementatie van bepaalde maatregelen inderdaad te optimistisch ingeschat is.

met een goede kwaliteit neemt in het EUR2027-scenario sterk toe. In het REF2015-scenario zijn er vooral verschuivingen van een ontoereikende naar een matige kwaliteit, in het EUR2027-scenario vooral van een matige naar een goede kwaliteit. Toch haalt zelfs in het meest doorgedreven scenario (EUR+2027) slechts iets minder dan 60 % van de gemodelleerde waterlichamen een goede biologische kwaliteit.

12.5 Kosten

Bij de opmaak van de stroomgebiedbeheerplannen werd ook een inschatting gemaakt van de jaarlijkse kosten van de maatregelen. Daarbij wordt onder meer rekening gehouden met de economische levensduur van de maatregelen en met de onderhoudskosten. De kosten om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren, maken in elk scenario het grootste deel uit van de totale kosten van het maatregelenprogramma. Andere belangrijke maatregelengroepen, die eveneens bijdragen aan het halen van de doelstellingen van de KRLW, zijn waterbodems, overstromingen en hydromorfologie (structuurkenmerken).

FIG. 12.8 *Jaarlijkse kosten van de maatregelen voor de verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit in het REF- en in het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2027)*



De totale jaarlijkse kosten om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren, nemen fors toe in het EUR2015- en het EUR2027-scenario: van 308 naar 656 en 1 398 miljoen euro per jaar (FIGUUR 12.8). De toename van de kosten is vooral groot voor de openbare waterzuivering en voor maatregelen in de landbouw. Enkele opmerkingen daarbij:

- In die bedragen zitten ook de kosten van maatregelen waarvan het nog niet mogelijk was het effect te modelleren (bijvoorbeeld alle maatregelen voor gevaarlijke stoffen). De gekende kosten van de gemodelleerde maatregelen worden geschat op 119, 362 en 1 044 miljoen euro per jaar voor respectievelijk REF2015, EUR2015 en EUR2027.
- Jaarlijkse kosten verschillen van jaarlijkse uitgaven. RWZI's bijvoorbeeld worden momenteel gespreid afbetaald over 30 jaar, maar hun economische levensduur wordt geschat op 50 jaar. Dat is de periode die ook in rekening gebracht wordt bij het bepalen van de jaarlijkse kosten.
- In de kosten van de scenario's zitten enkel de kosten van de beschouwde maatregelen. De kosten van maatregelen die vroeger al genomen werden, lopen echter ook nog door. Zo wordt de historische kost om aan de vereisten van de Europese Richtlijn Stedelijk Afvalwater te voldoen, geschat op 120 miljoen euro per jaar, exclusief de investeringskosten voor de gemeentelijke rioleringen. De historische kosten van de maatregelen bij bedrijven en landbouw zijn evenmin gekend.
- Kosten van maatregelen zeggen niets over wie de financiële lasten moet dragen. Het kan bijvoorbeeld best zijn dat overheidssubsidies een deel van de kosten voor landbouwmaatregelen voor hun rekening nemen.
- Maatregelen om oppervlaktewateren in een goede toestand te brengen, kosten niet alleen, ze brengen ook maatschappelijke baten mee die gemonetariseerd kunnen worden (bijvoorbeeld meer recreatie). Er zijn verschillende benaderingen mogelijk om die baten in te schatten. De jaarlijkse baten die gepaard gaan met het bereiken van de goede toestand voor oppervlaktewater, worden voor Vlaanderen geschat tussen ruwweg 65 en 500 miljoen euro.

12.6 Conclusies voor het beleid

Het *REF2015-scenario* omvat de basismaatregelen, lopend en gepland beleid, van de eerste generatie stroomgebiedbeheerplannen. In dit scenario daalt de belasting van het oppervlaktewater met bijvoorbeeld 12 % voor N en 23 % voor CZV. Die daling is het grootst bij het huishoudelijke afvalwater, zowel in relatieve als in absolute termen. Dit is te danken aan de verdere uitbreiding en verbetering van de openbare waterzuiveringsinfrastructuur. Onder meer de ondertussen opgestarte RWZI Brussel-Noord speelt hierin een belangrijke rol. Ook de belasting van het oppervlaktewater door bedrijfslozingen daalt, zij het in mindere mate. Die daling is toe te schrijven aan de opgelegde normen en de verbetering van de openbare waterzuivering. De vuilvrachten afkomstig van de landbouw nemen amper of niet af. De algemene daling van de belasting van het oppervlaktewater zorgt voor een duidelijke verbetering van de fysisch-chemische waterkwaliteit. De nitraatconcentraties verbeteren echter niet. Dit houdt verband met de hogere zuurstofconcentraties. De meeste waterlichamen halen de norm voor O_2, BZV, KjN en NO_3. Nt en vooral Pt blijven echter knelpuntvariabelen. Die algemene verbetering van de waterkwaliteit brengt ook een verbetering van de biologische kwaliteit (MMIF) met zich mee. Daarbij treden vooral veel verschuivingen op van een ontoereikende naar een matige biologische kwaliteit. De jaarlijkse kost van alle basismaatregelen bedraagt ongeveer 308 miljoen euro. De kost van de maatregelen waarvan het effect op de waterkwaliteit gemodelleerd is in het REF2015-scenario, wordt geschat op 119 miljoen euro per jaar.

Het *EUR2015-scenario* omvat de aanvullende maatregelen van de eerste generatie stroomgebiedbeheerplannen. In dit scenario treedt tegen 2015 een verdere daling van de huishoudelijke en bedrijfsvuilvrachten op. Opvallend is dat de vrachten afkomstig van de landbouw nu wel dalen. De maatregelen die daartoe het meeste bijdragen, zijn het bemesten volgens advies en het inzaaien van wintergroenbedekkers. Al bij al zorgt die dalende belasting van het oppervlaktewater voor een kleine bijkomende verbetering van de fysisch-chemische waterkwaliteit. De verbetering is het grootst voor de N-variabelen (bijvoorbeeld van 6,2 in REF2015 naar 5,8 mg Nt per liter in EUR2015). Ook de biologische kwaliteit verbetert licht. De gezamenlijke jaarlijkse kost van de basis- en de aanvullende maatregelen van de eerste stroomgebiedbeheerplannen bedraagt ongeveer 656 miljoen euro. De kosten van de gemodelleerde maatregelen in het EUR2015-scenario worden geschat op 362 miljoen euro per jaar.

Bij het uitvoeren van alle gemodelleerde aanvullende maatregelen (*EUR2027*) mag opnieuw een aanzienlijke, bijkomende daling van de belasting van het oppervlaktewater verwacht worden. De CZV-vracht is dan bijna gehalveerd ten opzichte van 2006, de N- en P-vracht zijn gedaald met ongeveer 35 %. De daling is opnieuw het sterkst bij het huishoudelijke afvalwater en is vooral toe te schrijven aan de volledige realisatie van de zoneringsplannen. Dan wordt immers al het huishoudelijke afvalwater gezuiverd, hetzij in een RWZI, hetzij in een individuele behandelings-

installatie voor afvalwater. Op dat moment wordt het nog belangrijker om het afvalwater dat in een RWZI gezuiverd moet worden, correct in de openbare riolering te lozen en het met zo weinig mogelijk verliezen naar de RWZI's te transporteren. Van de landbouwmaatregelen hebben de verhoging van de voederefficiëntie van mestvarkens en een afbouw van de veestapel het grootste effect. Logischerwijs evolueren ook de fysisch-chemische (uitgezonderd nitraat) en de biologische kwaliteit in gunstige zin. Nog steeds haalt slechts een kleine minderheid van de waterlichamen de norm voor Pt. Bij de biologische kwaliteit is er vooral een verschuiving van matig naar goed, maar nog steeds voldoet minder dan de helft van de gemodelleerde waterlichamen aan de norm. De gezamenlijke extra jaarlijkse kost van alle basis- en aanvullende maatregelen bedraagt bijna 1,4 miljard euro. De kosten van de gemodelleerde maatregelen in het EUR2027-scenario worden geschat op iets meer dan 1 miljard euro per jaar.

De waterkwaliteitsverbetering is nog meer uitgesproken wanneer, bovenop alle aanvullende maatregelen, aangenomen wordt dat waterlopen die Vlaanderen binnenstromen aan de grens voldoen aan de Waalse of Franse normen (*EUR+2027*). Vooral voor de nutriënten geeft dit nog een aanzienlijke extra verbetering. In dat scenario voldoen bijna alle gemodelleerde waterlichamen aan de normen voor O_2, BZV en KjN. Nt en vooral Pt blijven echter knelpuntvariabelen waarvoor slechts een (kleine) minderheid voldoet aan de normen. Ook de biologische kwaliteit verbetert nog. Toch haalt slechts iets minder dan 60 % van de gemodelleerde waterlichamen in dat scenario een goede biologische kwaliteit.

De KRLW stelt dat alle waterlichamen tegen 2015 de goede toestand moeten halen. Voor oppervlaktewaterlichamen houdt dat in dat ze in een goede ecologische toestand (of potentieel) en in een goede chemische toestand moeten verkeren. Voor alle scenario's geldt dat er slechts enkele waterlichamen zijn die aan de normen voor alle gemodelleerde variabelen voldoen. De KRLW voorziet echter bepaalde omstandigheden waarbij *afwijkingen van de doelstelling* mogelijk zijn. Zo motiveren de ontwerp stroomgebiedbeheerplannen een termijnverlenging omdat het technisch niet haalbaar is om de doelstellingen tegen 2015 te halen (CIW, 2009a). Ook lagere doelstellingen zijn mogelijk. Om het debat te onderbouwen over hoe ver Vlaanderen kan en moet gaan om te voldoen aan de vereisten van de KRLW, moeten de kennis en de modellering van het watersysteem verbeterd en uitgebreid worden met andere stoffen (bijvoorbeeld gevaarlijke stoffen), andere biologische kwaliteitelementen (bijvoorbeeld vissen, waterplanten) en de effecten van maatregelen die de structuurkenmerken verbeteren (bijvoorbeeld hermeandering). Het is ook nodig de economische onderbouwing van maatregelen verder uit te werken.

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

Peeters B., D'heygere T., Huysmans T., Ronse Y. & Dieltjens I. (2009). Toekomstverkenning Stroomgebiedbeheerplan/Milieuverkenning 2030: Modellering waterkwaliteitsscenario's. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

REFERENTIES

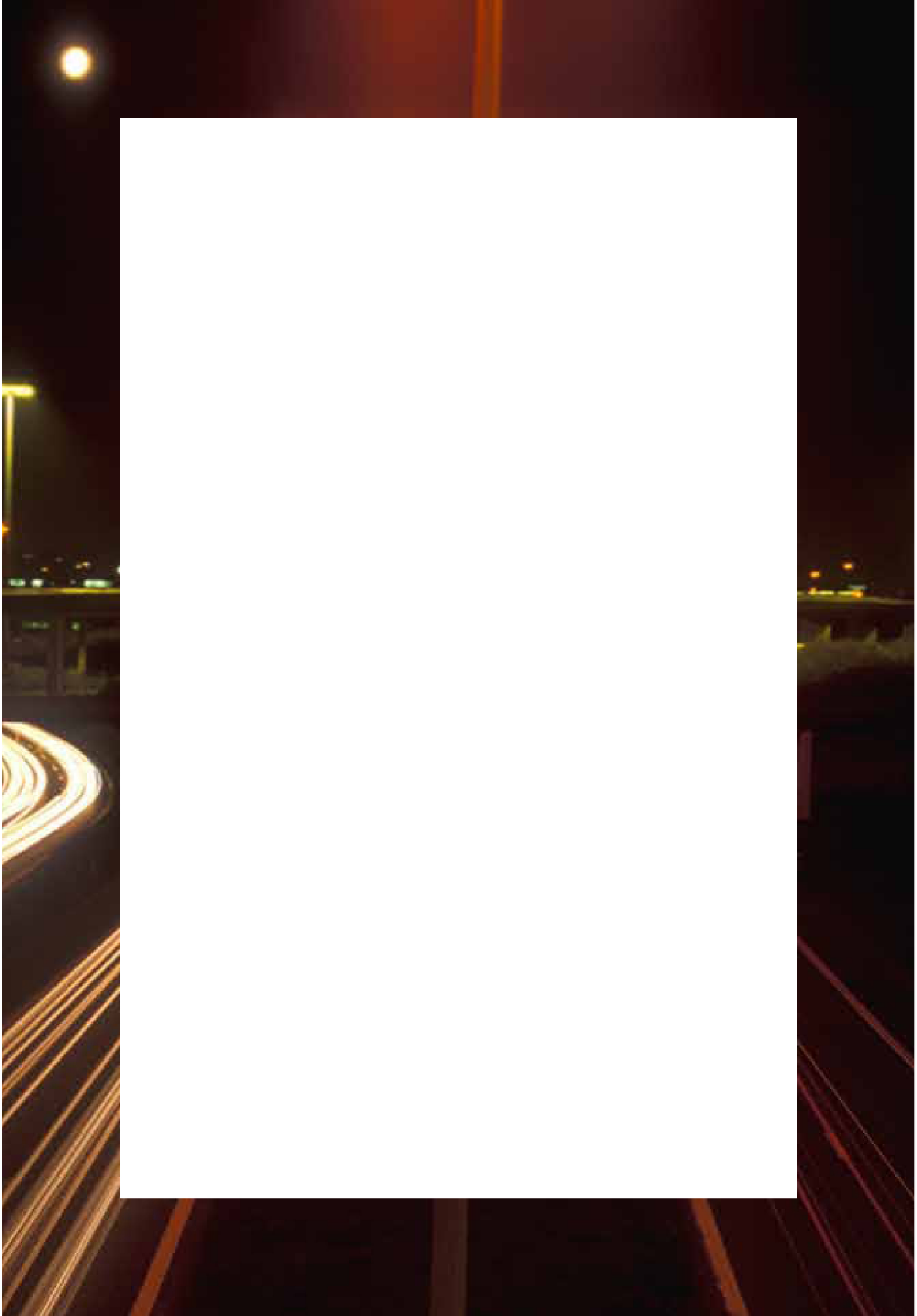
CIW (2009a) Ontwerp stroomgebiedbeheerplan voor de Schelde. Document in openbaar onderzoek van 16 december tot 15 juni 2009, 283 p.

CIW (2009b) Ontwerp maatregelenprogramma voor Vlaanderen. Document bij de ontwerp- stroomgebiedbeheerplannen voor de Schelde en de Maas in openbaar onderzoek van 16 december tot 15 juni 2009, 271 p.

LECTOREN

Lieven Bervoets, Departement Biologie, Ecofysiologie, Biochemie en Toxicologie, UA
Tim Blockx, Riobra
Lucia Buvé, Umicore
Thijs Calu, Arbeid & Milieu VZW
Johan Ceenaeme, **Ellen Luyten**, OVAM
Joke Charles, Afdeling Duurzame Landbouwontwikkeling, Departement LV
Ann Crabbé, Faculteit Politieke en Sociale Wetenschappen, UA
Sylvie Danckaert, Afdeling Monitoring en Studie, Departement LV
Ward De Cooman, **Wim Gabriels**, **Koen Martens**, **Paul Thomas**, **Steven Van Den Broeck**, VMM
Sofie Ducheyne, VLM
Bruno Eggermont, Fedustria
Caroline Geeraerts, INBO
Peter Goethals, Vakgroep Toegepaste Ecologie en Milieubiologie, UGent
Georges Hofman, Vakgroep Bodembeheer en Bodemhygiëne, UGent
Annick Lamote, Studiedienst, SERV
Anik Schneiders, NARA, INBO
Dirk Uyttendaele, Secretariaat, Minaraad
Wim Van Gils, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen VZW
Sofie Vergucht, Phytofar





13 Lawaai

Dick Botteldooren, Luc Dekoninck, Timothy Van Renterghem, Vakgroep Informatietechnologie, UGent
Gert Geentjens, Walter Lauriks, Laboratorium voor Akoestiek en Thermische Fysica, K.U.Leuven
Myriam Bossuyt, MIRA-team, VMM

HOOFDLIJNEN

- De blootstelling aan geluid van wegverkeer en de daaruit volgende potentiële ernstige geluidshinder zullen in de toekomst blijven toenemen in het referentiescenario (REF), dus bij het voorzetten van het huidige beleid.

- Doortastende maatregelen op Vlaamse schaal, zoals in het Europa-scenario (EUR) en het visionaire scenario (VISI) beschreven, kunnen de stijgende blootstelling aan geluid door wegverkeer (in het referentiescenario) ombuigen. Deze maatregelen zijn bijvoorbeeld een systematische keuze voor geluidsvriendelijke wegdekken, een verlaging van de effectief gereden rijsnelheid door onder andere herinrichting van wegen, een goede ruimtelijke ordening ...

- Het treinverkeer neemt toe. Toch slaagt de versnelde inzet van stillere treinstellen, zoals voorzien in het EUR-scenario, erin om de bevolking blootgesteld aan meer dan 70 dB met een kwart te laten dalen in 2030. Om de dalende trend aan te houden, zijn bijkomende Vlaamse initiatieven gewenst, zoals de sanering van zwarte punten en een beleid rond stillere sporen.

- Het berekende effect van de Europese Bandenrichtlijn op het algemene wegverkeersgeluid blijft beperkt. De banden op sommige personenwagens voldoen immers al aan de richtlijn. Voor vrachtwagens is het verwachte effect klein, onder andere omdat het motorgeluid nog relatief belangrijker is.

- Voor de luchthavens Brussels Airport en Oostende-Brugge wordt tot 2010 en 2015 een afname van de geluidsbelasting rond de luchthaven verwacht. Dit is het gevolg van al genomen maatregelen (REF-scenario). Om daarna de geluidsbelasting (die dan is toegenomen door de stijgende verkeersintensiteit) te beperken, zijn bijkomende maatregelen noodzakelijk (bijvoorbeeld een doorgedreven vlootvernieuwing).

Inleiding

Omgevingsgeluid vormt een belangrijke bedreiging voor de leefbaarheid in een buurt en in de weinige stille gebieden in Vlaanderen. Het kan de gezondheid negatief beïnvloeden. Het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek van de Vlaamse overheid, waarin men de bevolking periodiek ondervraagt, toont aan dat de inwoners van Vlaanderen vooral geluidshinder en slaapverstoring ondervinden door geluid afkomstig van verkeer. De overheid heeft in het verleden, en met succes, industrielawaai en – zij het iets minder systematisch – recreatiegeluid bestreden. Verkeersgeluid (weg, spoor, lucht) daarentegen werd – met uitzondering van de onmiddellijke omgeving van luchthavens – stiefmoederlijk behandeld. Daarom, en met het vooruitzicht op actieplannen die opgesteld worden in het kader van de Europese Richtlijn Omgevingslawaai (2002/49/EG), focust dit hoofdstuk uitsluitend op verkeersgeluid.

Dit hoofdstuk staat eerst stil bij de gebruikte methodologie. Daarna gaat het dieper in op zowel weg- en treinverkeer als op vliegverkeer. Deze modi worden apart behandeld omdat de impact van beide bronnen sterk geografisch verschilt. Wat betreft weg- en treinverkeer schenkt dit hoofdstuk aandacht aan de emissie en de geluidskaarten. Daarna wordt de impact begroot aan de hand van het aantal potentieel ernstig gehinderden. Ook wordt een inschatting gemaakt van de verstoring van het stiltegebied in Vlaanderen. Voor vliegverkeer bespreekt het hoofdstuk de geluidscontouren en het aantal potentieel ernstig gehinderden voor de luchthavens Brussels Airport en Oostende-Brugge. Tot slot formuleert dit hoofdstuk enkele aanbevelingen voor het beleid.

13.1 Uitgangspunten van de milieuverkenning

Modellering

Het geluid van individuele voertuigen of afzonderlijke wegen en spoorwegen verspreidt zich maar over een beperkte afstand. Daarom worden voor spoor- en wegverkeer modellen gebruikt die met een resolutie van enkele tientallen meter het volledige grondgebied van Vlaanderen afspeuren. Om de geluidsniveaus te berekenen, wordt op elke locatie rekening gehouden met 1) de aanwezige verkeersstromen zoals die in Hoofdstuk 6 Transport werden bepaald en 2) de typische geluidsemissies afhankelijk van het wagenpark, de rijsnelheid, het wegdek en de geluidsschermen. Het MIRA-model neemt ook het verkeer op secundaire en sommige lokale wegen, en op alle spoorwegen mee. Dit is een belangrijk verschil met de geluidskaart die de Vlaamse overheid heeft opgemaakt om aan de verplichting ten opzichte van de Europese Commissie te voldoen. Voor de berekening van de geluidsemissies en geluidspropagatie gebruikt dit rapport de standaardmodellen: *Harmonoise/Imagine* voor emissie door wegverkeer, de Nederlandse rekenmethode voor emissie van trein-

verkeer en ISO9613 voor de propagatie van weg- en treinverkeer. Om de blootstelling en de potentiële geluidshinder te bepalen, houdt het model ook rekening met de woonplaats van de inwoners van Vlaanderen, zoals die uit bevolkingskaarten en adressenbestanden is af te leiden. De invloed van akoestische woningisolatie wordt benaderend meegenomen bij het bepalen van de potentiële ernstige hinder. Deze berekeningen zijn strategisch, in de zin dat ze geen rekening houden met de afscherming door woningen en terreinprofiel. Ze laten dus niet toe om de geluidsniveaus in de buurt van een individuele woning exact te voorspellen, of de hinder voor een persoon of een kleine groep te bepalen.

Voor vliegverkeer wordt de geluidsbelasting rond de luchthavens berekend met het INM (*Integrated Noise Model*) versie 7.0a. Het INM wordt wereldwijd gebruikt voor de berekening van de geluidsimpact van het luchtverkeer rond luchthavens en is door de Vlaamse milieuwetgeving (Vlarem) opgelegd als het verplichte model. Dit model vertrekt van de geografische gegevens van de luchthaven, van de beschrijving van de vluchtroutes (baan- en routegebruik), van de meteorologische omstandigheden en van de beschrijving van het vliegverkeer. Deze milieuverkenning houdt enkel rekening met Brussels Airport en de luchthaven Oostende-Brugge.

Drie scenario's met specifieke aannamen voor lawaai

Dit hoofdstuk rekent drie scenario's door: het referentiescenario (REF-scenario), het Europa-scenario (EUR-scenario) en het visionaire scenario (VISI-scenario). De verschillende scenario's voor lawaai nemen de veronderstellingen voor de sector transport over, zoals aannamen over verkeersintensiteit (zie Hoofdstuk 6 Transport). Daarbij nemen de scenario's nog bijkomende maatregelenpakketten op, die specifiek gericht zijn op lawaai . Deze maatregelen gaan over:

- infrastructuur (bijvoorbeeld de aanleg van een stiller wegdek);
- materieel (bijvoorbeeld de vervanging door stillere vliegtuigen (ICAO Hoofdstuk 4-limieten));
- maatregelen bij de ontvanger (bijvoorbeeld woningisolatie).

Het REF-scenario gaat uit van het voortzetten van het huidige beleid om de geluidshinder voor weg-, trein- en vliegverkeer te bestrijden.

Het EUR-scenario bestaat enerzijds uit de sectormaatregelen die gericht zijn op het behalen van de Europese doelstellingen. Anderzijds omvat dit scenario maatregelen die deel zouden kunnen uitmaken van de actieplannen geluid die momenteel nog in opmaak zijn in het kader van de Europese END-richtlijn. Voor vliegverkeer is naast de groeiende intensiteit enkel bijkomend rekening gehouden met de verwachte marktevolutie op het vlak van vlootvernieuwing.

Het VISI-scenario baseert zich in de eerste plaats op de visionaire evoluties die uit de sector transport volgen (bijvoorbeeld de evolutie van het wagenpark). Daarnaast werden nog enkele bijkomende maatregelen geformuleerd. Ten opzichte van het EUR-scenario zijn er in dit scenario ook voor vliegverkeer enkele bijkomende

maatregelen doorgerekend. Dit scenario gebruikt dezelfde verkeersintensiteit als het EUR-scenario.

13.2 Weg- en treinverkeer

Geluidsemissie van wegverkeer en treinverkeer

In tegenstelling tot de problematiek van luchtverontreiniging, die regionaal tot mondiaal is, ziet men bij omgevingsgeluid een lokaal effect. Dat lokale effect houdt meestal duidelijk verband met een of enkele geluidsbronnen. Er is enkel sprake van effecten, als mens of natuur aan de emissie van geluid worden blootgesteld. Een goed ruimtelijk structuurbeleid is dan ook onontbeerlijk om vat te krijgen op de lawaaiproblematiek. Toch is het relevant om de belangrijkste emissietrends onder de loep te nemen.

WEGVERKEER

Als alleen de algemene groeipercentages voor wegverkeer in rekening worden gebracht, verwacht men dat de geluidsemissie op de Vlaamse wegen in de periode tussen 2006 en 2030 met 1,7 tot 1,9 dBA stijgt in het REF-scenario. In het EUR-scenario is de groei van het wegverkeer beperkter, maar geeft deze toch nog een toename van de emissie van 1,5 tot 1,7 dBA in dezelfde periode. De bijkomende trends en maatregelen in de verschillende scenario's zorgen er echter voor dat de geluidsemissie door wegverkeer in de verschillende scenario's (en dan vooral in het EUR- en het VISI-scenario) minder toeneemt.

Bij zwaar verkeer zoals vrachtwagens en bussen, en bij auto's in stadsverkeer speelt het motorgeluid een belangrijke rol. Maar op dit gebied zijn weinig strengere regelgevingen te verwachten. De trend naar alternatieve en hybride aandrijving brengt mogelijk wel soelaas. Hoewel uit simulaties blijkt dat, met het aandeel hybride voertuigen dat in zowel het EUR- als het REF-scenario wordt aangenomen, het effect in typische situaties op autosnelweg- en doorgangswegen zeer beperkt is.

De recent goedgekeurde aanpassing aan de Europese Bandenrichtlijn zal het rolgeluid van sommige personenwagens op bepaalde wegdekken met verschillende dBA verminderen. Omdat sommige autobanden nu al voldoen aan de richtlijn, werd bij het bepalen van dit globale effect rekening gehouden met de huidige verdeling van de gebruikte banden. Door ook rekening te houden met het aandeel vrachtverkeer, werd in rekening gebracht dat de richtlijn minder effect heeft op de geluidsemissie van vrachtwagens. Voor typische situaties op autosnelweg- en doorgangswegen wordt dit globale effect begroot met een daling met 0 tot 1 dBA, afhankelijk van het wegdek in de periode tussen 2006 en 2030. Alle scenario's nemen deze trend mee.

In Vlaanderen is er tot nog toe geen specifiek beleid ontwikkeld om het gebruik te stimuleren van wegdekken die de geluidsemissie van wegverkeer beperken. Daardoor is er nog veel marge voor verbetering. Het REF-scenario veronderstelt dat er geen wegdekken zullen worden gekozen die aanleiding geven tot meer geluidsemissie door wegverkeer. Maar het EUR-scenario gaat ervan uit dat er systematisch voor een wegdek gekozen wordt dat, gemiddeld over zijn levensduur, 2 dBA minder wegverkeersgeluidsemissie veroorzaakt dan een standaardwegdek (type AB-2C). Omdat ouderdom en tijdstip van vervangen van het wegdek op elke plaats zo belangrijk zijn, is het moeilijk om een gemiddeld effect op de geluidsemissie in Vlaanderen te begroten. Dit is wel mogelijk bij de berekening van het geluidsniveau en de blootstelling, zoals verder in de tekst blijkt.

Treinverkeer

Het rollen van de wielen over de rails is de oorzaak van de geluidsemissie van treinen, enkele uitzonderingen zoals zware diesels en hogesnelheidstreinen buiten beschouwing gelaten. Ruwheid van de rail en het wiel zijn bepalende factoren, maar ook trillingsisolatie, de dwarsliggers en de ballast en eventueel aanwezige bruggen spelen een rol. De afwerking van de wielen en wielkasten kan helpen om de geluidsemissie te verminderen. Op Europees niveau wordt de geluidsemissie van rollend materieel geregeld door de *Technical Specification for Interoperability* (TSI) die sinds 2006 van kracht is. Deze richtlijn is verplicht voor nieuw rollend materieel. Door de invoering van die richtlijn zou een belangrijk effect te verwachten zijn. Rekening houdend met de levensduur van wagons en van zelftrekkende treinstellen en hun huidige geluidsemissie, is becijferd dat in de periode tussen 2006 en 2030 de geluidsemissie van de gemiddelde personentrein op het Vlaamse spoor met iets meer dan 1 dBA zal dalen en deze van de gemiddelde goederentrein met 2,5 dBA. Het EUR-scenario veronderstelt dat bestaande goederenwagons sneller zullen worden aangepast (het zogenaamde *retrofitten*) onder invloed van diverse stimuli overgenomen uit de scenarioberekeningen van de Europese Commissie. De emissie begint daardoor al in 2015 te dalen en loopt op tot 4 dBA in 2030.

Over de toestand van de rails in Vlaanderen zijn geen gegevens beschikbaar. De berekeningen houden hier dus geen rekening mee. Dit betekent echter niet dat een degelijk beleid voor stillere sporen niet even belangrijk is als een degelijk beleid voor stillere wegdekken. Integendeel, de nood aan akoestische inventarisatie is groot.

Geluidsblootstelling en geluidskaarten van wegverkeer

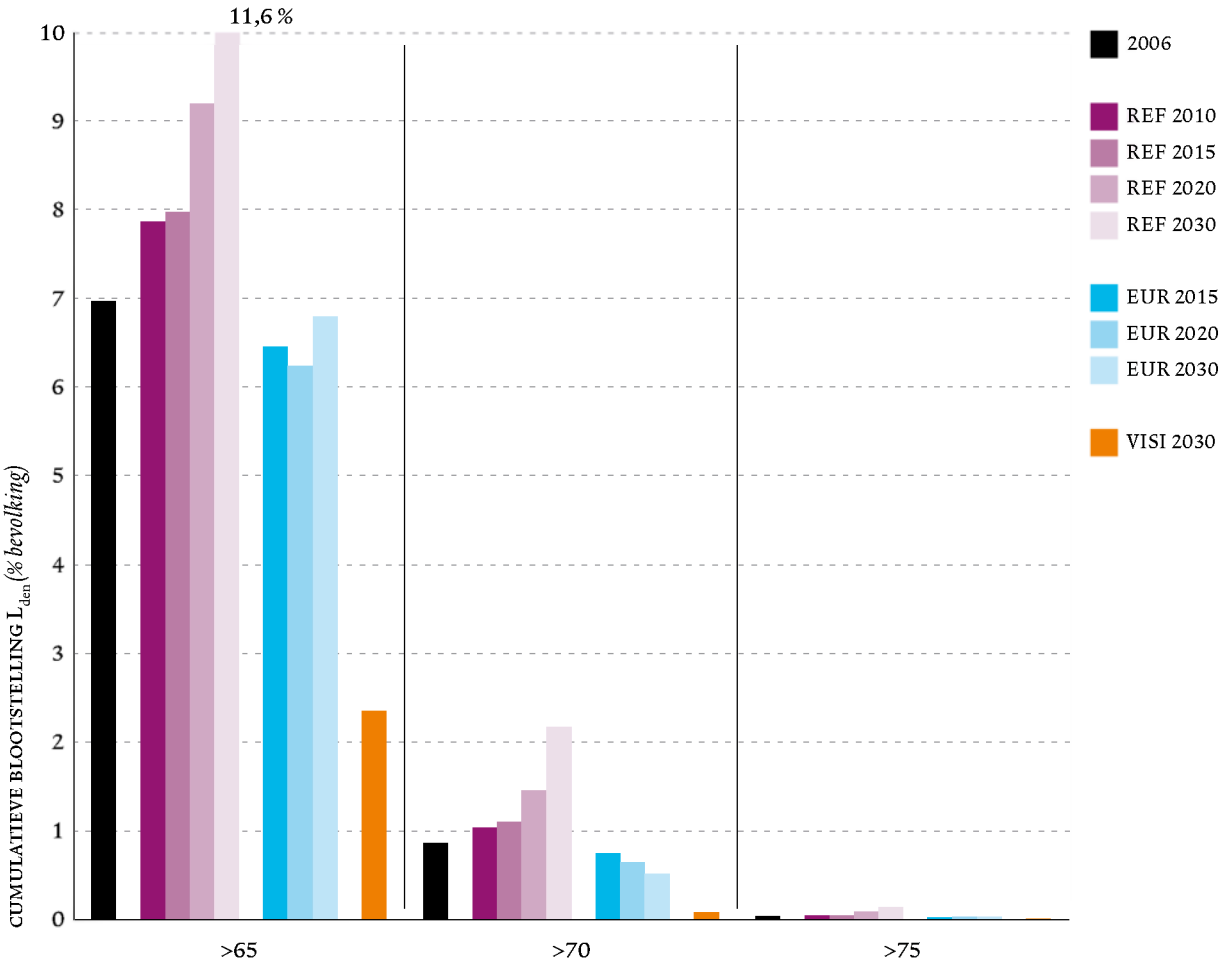
Het door wegverkeer veroorzaakte geluidsniveau waaraan de bevolking in Vlaanderen wordt blootgesteld, wordt hier weergegeven aan de hand van L_{den}. Dit is de Europese indicator voor geluidsbelasting die rekening houdt met de behoefte aan rust 's avonds en 's nachts. Voor de hoogste blootstellingsniveaus van 65, 70 en 75 dBA is er een sterker dan lineaire stijging van het percentage blootgestelden in de periode

tussen 2006 en 2030 in het REF-scenario (FIGUUR 13.1). De toename van het wegverkeer, in het bijzonder de toename van het zwaar verkeer (vrachtverkeer en bussen), verklaart deze stijging. Geluidstechnische maatregelen zoals stillere banden en hybride voertuigen slagen er niet in deze trend om te keren. Deze maatregelen hebben namelijk weinig invloed op de geluidsemissie van zwaar verkeer. Deze invloed werd verwaarloosd in het model.

In het EUR-scenario is de verkeersgroei beperkter, en dus ook de corresponderende druk op de geluidsblootstelling. Daarnaast worden twee belangrijke maatregelen toegevoegd:

1 Bij vervanging van wegdekken kiest men bewust voor typen die de geluidsemissie beperken (zie verder).
2 Zwarte punten worden gesaneerd aan een hoger tempo (260 km vóór 2020 en 460 km vóór 2030). Het ontmoedigen van nieuwe bebouwing in kritische zones moet verhinderen dat er nieuwe zwarte punten ontstaan.

FIG. 13.1 *Cumulatieve blootstelling aan wegverkeersgeluid, L_{den}, afkomstig van verkeer op wegen opgenomen in het verkeersmodel in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



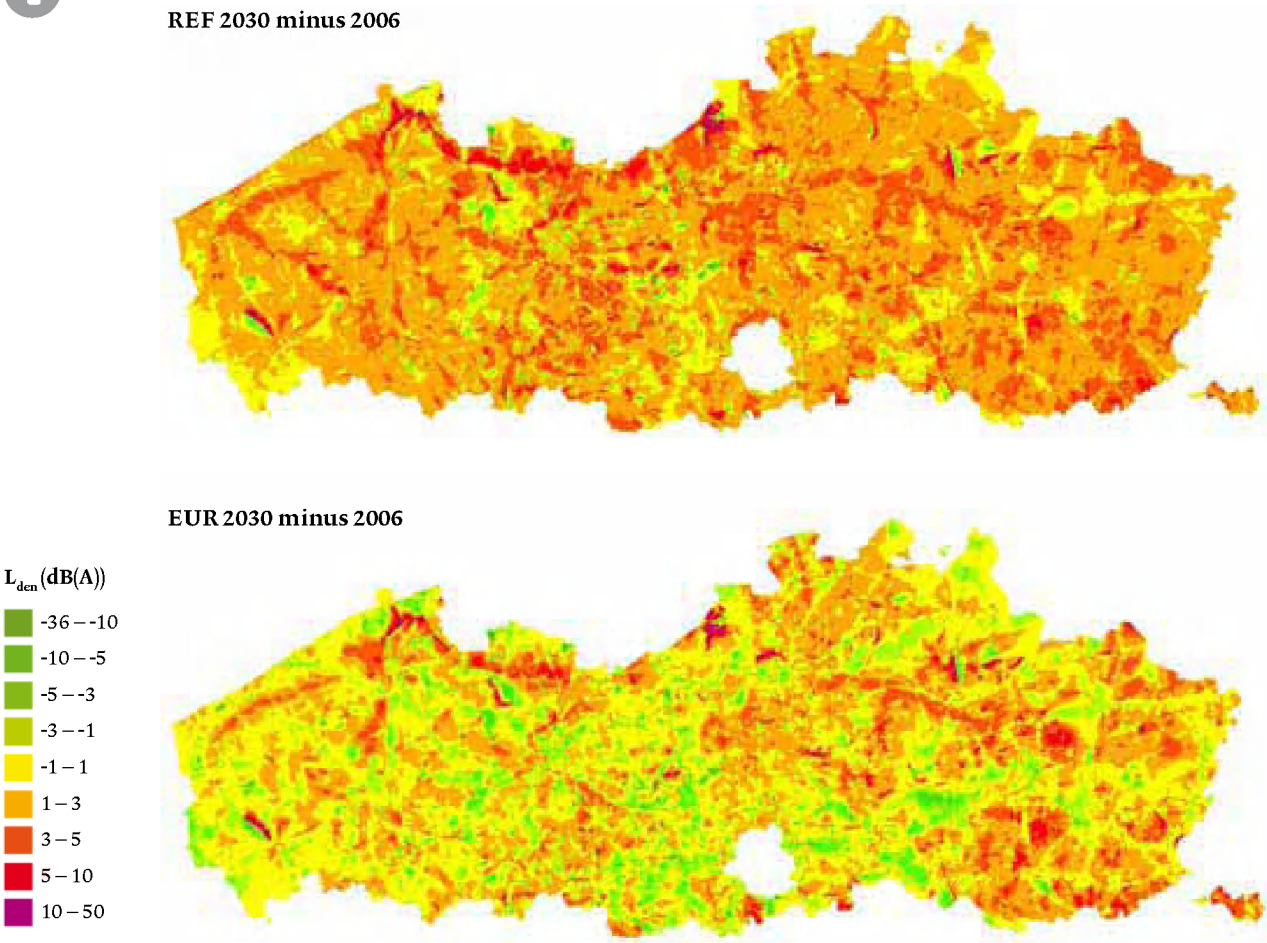
De inputgegevens voor het referentiejaar dateren van verschillende jaren. Als referentiejaar wordt 2006 vermeld omdat de verkeersintensiteit van de sector transport van 2006 gebruikt werd.

Samen resulteren deze maatregelen in de verlaging van de blootstelling aan hoge geluidsniveaus.

In het VISI-scenario stijgt de verkeersdruk nog minder, kiest men nog drastischer voor een geluidsvriendelijk wegdek en worden meer zwarte punten gesaneerd. Het resultaat is ook te zien in FIGUUR 13.1: de bevolking wordt nergens nog blootgesteld aan geluidsniveaus hoger dan 70 dBA.

Een stijging of daling van de blootstelling aan wegverkeersgeluid impliceert niet automatisch dat het overal luider of net stiller wordt. FIGUUR 13.2 toont aan dat er in het REF-scenario weinig plaatsen zijn waar het geluidsniveau door wegverkeer niet toeneemt. Uit de grafiek blijkt dat in het EUR-scenario de geluidsniveaus voor het grootste deel van Vlaanderen dalen, maar dat er toch nog zones zijn waar het geluidsniveau toeneemt. De schommelingen over het grondgebied kunnen grotendeels verklaard worden door het vervangen van de oudste delen van het wegdek. Het model selecteert echter at random welke wegdekken in welke jaren vervangen

FIG. 13.2 *Verschil (in dBA) tussen L_{den} door wegverkeer op gemodelleerde wegen in 2030 en L_{den} in 2006, bovenaan het REF-scenario, onderaan het EUR-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



worden, omdat de exacte leeftijd van elk stuk wegdek in Vlaanderen niet in een centrale databank beschikbaar is.

Geluidsblootstelling en geluidskaarten van treinverkeer

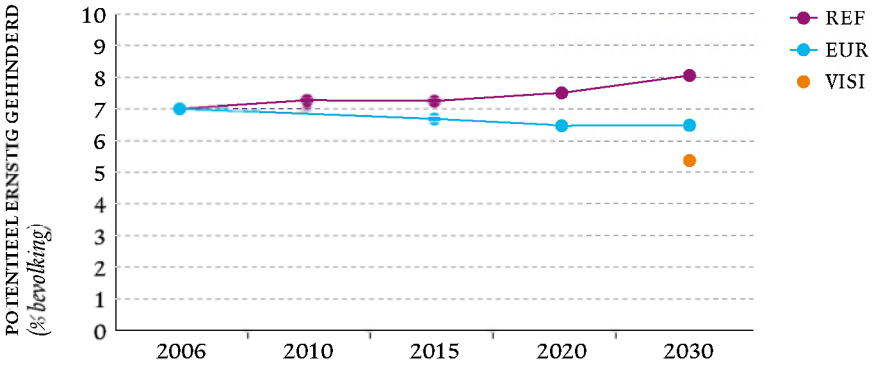
De verwachte groei van het treinverkeer (zie Hoofdstuk 6 Transport) toont een trendbreuk in 2015. Die zorgt op zijn beurt voor een ommekeer in het percentage van de bevolking dat blootgesteld is aan hoge geluidsdrukniveaus. In het REF-scenario is in 2007 0,85 % van de bevolking blootgesteld aan niveaus hoger dan 70 dBA, in 2015 neemt dit percentage toe tot 1,05 %, om daarna te dalen tot 0,95 % blootgestelden aan meer dan 70 dBA in 2030. Vanaf 2015 lijkt het positieve effect van de TSI de groei te compenseren. In het EUR-scenario begint de daling vanaf 2006, om te eindigen met 0,64 % van de bevolking in Vlaanderen blootgesteld aan niveaus hoger dan 70 dBA in 2030. De groei in voertuigkilometers is niet significant verschillend maar het EUR-scenario gaat wel uit van een grootschalige *retrofitting*, zoals hierboven beschreven. Daarenboven worden in dit scenario 5 km zwarte punten per jaar gesaneerd.

Potentieel ernstig gehinderden door weg- en treinverkeer

Zowel de groei van het wegverkeer als de maatregelen die een impact hebben over het volledige grondgebied (zoals het systematisch kiezen voor een geluidsvriendelijk wegdek), beïnvloeden het percentage potentieel ernstig gehinderden, op dezelfde manier als ze de blootstelling beïnvloeden. Het saneren van zwarte punten heeft een beperktere invloed op het percentage potentieel ernstig gehinderden. Het percentage potentieel ernstig gehinderden houdt ook rekening met de verbeterde woningisolatie, zoals ook beschreven in de sector bevolking. Toch blijven de algemene tendensen die bij de blootstelling werden besproken ook hier zichtbaar (FIGUUR 13.3). In het REF-scenario stijgt het percentage potentieel ernstig gehinderden van 7 naar 8 % in de periode tussen 2006 en 2030. Beperktere groei van het wegverkeer en bovenvermelde maatregelen zorgen voor een verlaging van het percentage ernstig gehinderden in het EUR-scenario naar 6,5 % over dezelfde periode. Maar deze verlaging wordt vooral tijdens de eerste 10 jaar gerealiseerd. Het is echter enkel in het VISI-scenario dat het percentage potentieel ernstig gehinderden door wegverkeersgeluid significant daalt.

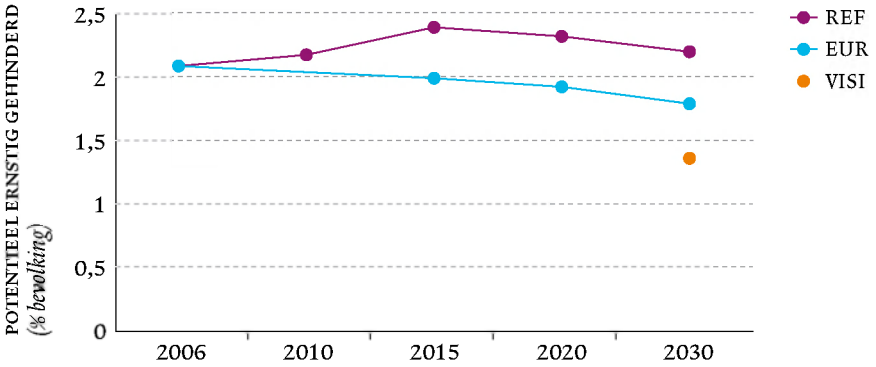
Het percentage inwoners van Vlaanderen dat potentieel ernstig gehinderd is door treinverkeersgeluid, is lager dan het percentage potentieel ernstig gehinderd door wegverkeersgeluid. De bijkomende maatregelen van het EUR-scenario zorgen er in dit geval voor dat het percentage potentieel ernstig gehinderden sneller begint te dalen dan in het REF-scenario, waar het eerst nog stijgt (FIGUUR 13.4).

FIG. 13.3 *Percentage van de bevolking potentieel ernstig gehinderd door geluid van wegverkeer in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*



waarden inclusief gunstig effect van een verbeterde gevelisolatie van het woningpark, wegverkeer enkel op wegen opgenomen in het verkeersmodel

FIG. 13.4 *Percentage van de bevolking potentieel ernstig gehinderd door geluid van treinverkeer in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006-2030)*

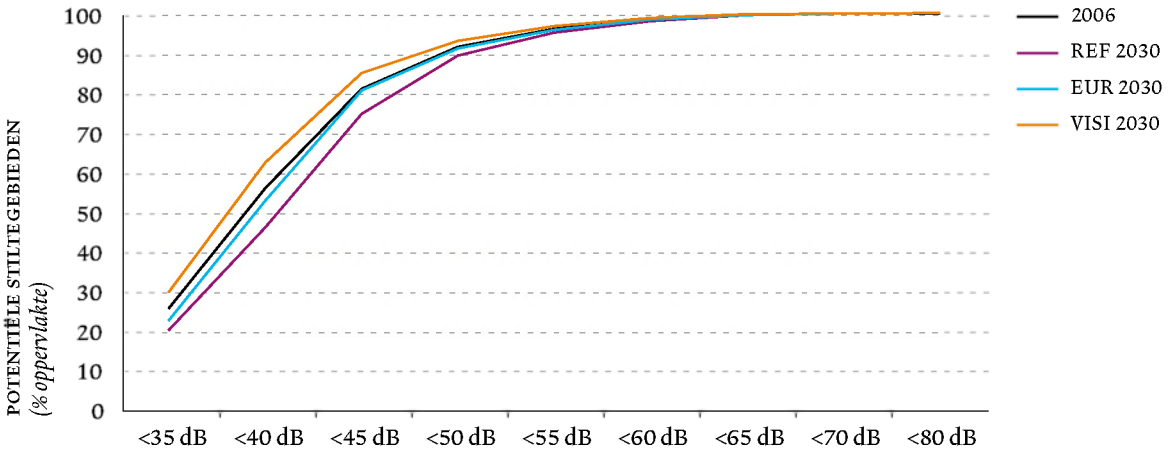


waarden inclusief gunstig effect van een verbeterde gevelisolatie van het woningpark

Verstoring van stiltegebied

Stille zones in de stad en stiltegebieden vragen bijzondere aandacht omdat ze een toevluchtsoord vormen met herstellende eigenschappen voor bewoners van luidruchtige, drukke zones. Het karakteriseren van stiltegebieden vereist een multicriteriumbenadering en een grondige observatie op het terrein. Het is immers onmogelijk elke lokale verstoring te voorspellen. Wel is het mogelijk de verstoring door wegverkeersgeluid van gebieden die al als potentieel stil gemarkeerd zijn, op basis van een model te begroten. FIGUUR 13.5 toont voor alle verschillende scenario's welk percentage van de oppervlakte van potentiële stiltegebieden in Vlaanderen (in totaal 2,9 % van het grondgebied) blootgesteld is aan geluidsniveaus beneden de opgegeven limiet. Een van de criteria voor stiltegebieden is dat het L_{A50}-niveau voldoende laag moet zijn. Op basis daarvan kan afgeleid worden dat de verstoring van het stiltegebied door verkeer op drukke wegen optreedt vanaf L_{Aeq} van 35 à

FIG. 13.5 *Percentage van de oppervlakte van potentiële stiltegebieden met bijdragen van geluid van wegverkeer op de gemodelleerde wegen lager dan de vermelde L_{Aeq} overdag in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (Vlaanderen, 2006 en 2030)*



45 dBA. Bij niveaus van deze grootteorde is een duidelijke trend zichtbaar. In het REF-scenario daalt de oppervlakte van onverstoord potentieel stiltegebied met 5 tot 10 procentpunten, in het EUR-scenario is er sprake van een status quo tot een lichte afname. In het VISI-scenario neemt de oppervlakte onverstoord potentieel stiltegebied met 5 tot 10 procentpunten toe, dit alles in de periode tussen 2006 en 2030.

13.3 Vliegverkeer

Geluidsblootstelling en geluidskaarten door vliegverkeer

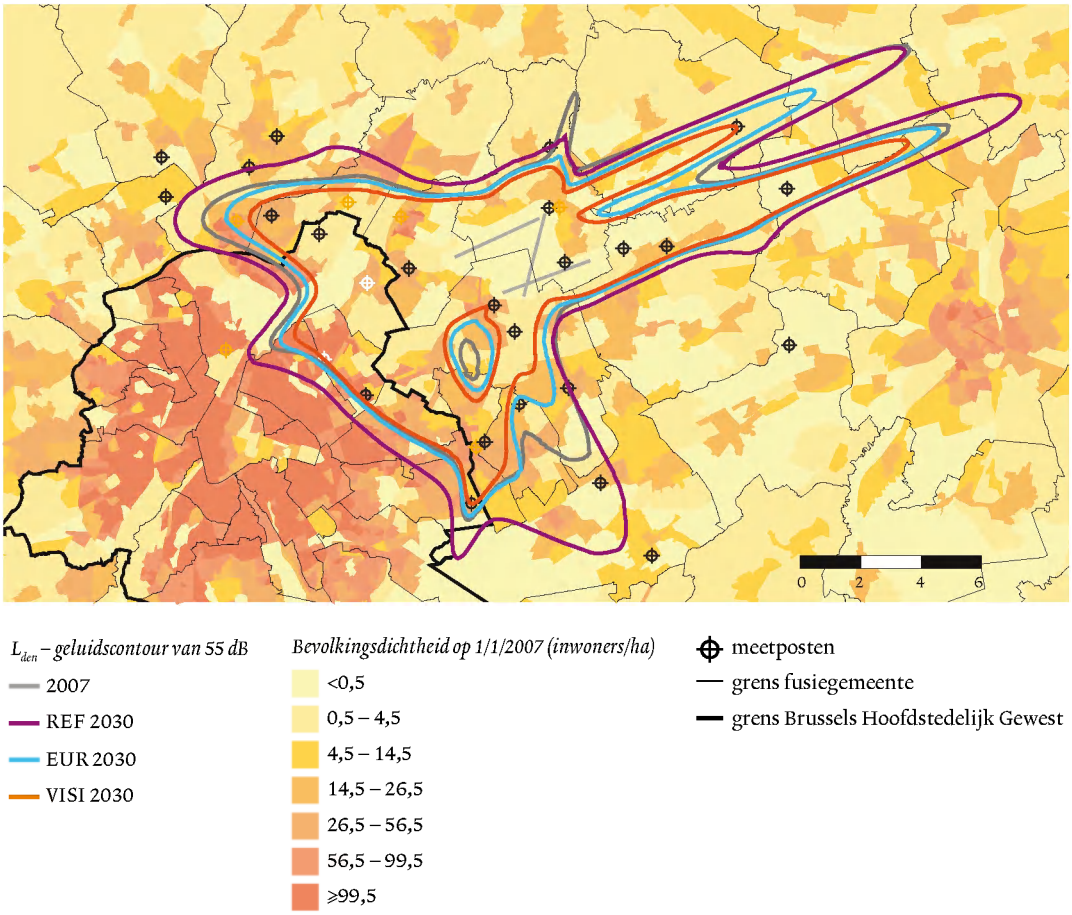
Luchthaven Brussels Airport

FIGUUR 13.6 wordt de L_{den}-geluidscontour van 55 dB rond Brussels Airport voorgesteld voor zowel het referentiejaar 2007 als voor het jaar 2030 voor de drie scenario's. De figuur toont dat het gebied met een berekend geluidsniveau boven 55 dB (de 55 dB geluidscontour) voor het REF-scenario in 2030 een stuk groter is dan in 2007. De maatregelen bepaald in het REF-scenario slagen er dus niet in om de verwachte groeiende verkeersintensiteit te compenseren. In het EUR-scenario en het VISI-scenario daarentegen is de 55 dB-contour echter wel kleiner dan de contour in 2007.

De meer gedetailleerde evolutie van de oppervlakte en van het aantal inwoners binnen deze geluidscontour bevestigen deze trend (FIGUUR 13.7). Alleen de zone op het grondgebied van het Vlaamse Gewest is in rekening genomen.

De L_{den}-contour toont een gemiddeld geluidsniveau, opnieuw rekening houdend met de behoefte aan rust tijdens de avond- en nachtperiode. Zowel voor het REF-scenario als voor het EUR-scenario is een significante daling van de oppervlakte

FIG. 13.6 *L_{den}-geluidscontour van 55 dB rond Brussels Airport in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (2007 en 2030)*

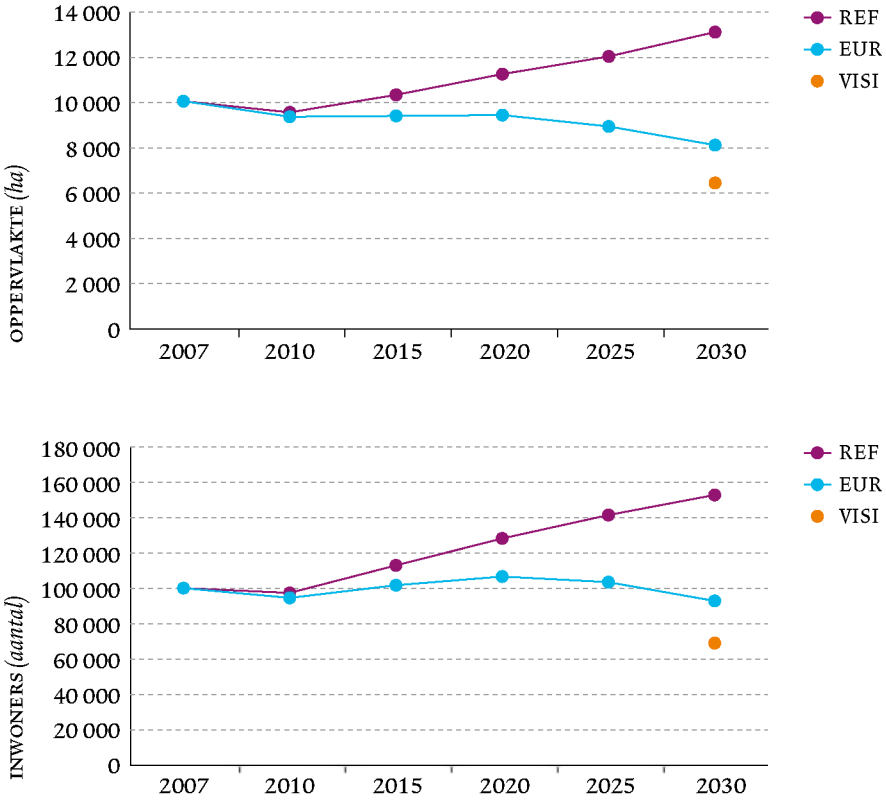


Als referentiejaar wordt hier 2007 gebruikt omdat dit als meest recent beschikbare jaar de voornaamste basis vormt van de berekeningen.

en het aantal inwoners binnen de L_{den}-geluidscontour van 55 dB voor 2010 opvallend. Zeker als men rekening houdt met de vaststelling dat de verkeersintensiteit ten opzichte van 2007 toegenomen is. De daling van de oppervlakte en het aantal inwoners is een gevolg van een set van maatregelen uit het akkoord op de Federale Ministerraad van 19 december 2008. De maatregel met de grootste impact is het vastleggen van het maximaal aantal nachtslots op 16 000 in de operationele nachtperiode (23 u - 6 u), waardoor het aantal nachtvluchten afneemt van 25 000 naar maximaal 16 000. Deze operationele nachtperiode is niet volledig dezelfde als de nachtperiode uit de Europese Richtlijn Omgevingslawaai (23 u - 7 u). Extra drukte (en bijhorend lawaai) kan verwacht worden voor de ochtendperiode tussen 6 u en 7 u 's ochtends, en is ook meegerekend bij opbouw van de scenario's.

Een andere maatregel die aanleiding geeft tot een afname van de geluidscontouren, is het strenger maken en het uitbreiden van het Quota Count-systeem (QC) voor individuele vliegtuigbewegingen. Dit systeem was voorheen al in gebruik op Brussels Airport en heeft tot gevolg dat de meest luidruchtige toestellen geweerd worden in

FIG. 13.7 *Evolutie van de oppervlakte en het aantal inwoners op het grondgebied van het Vlaamse Gewest binnen de L_{den}-geluidscontour van 55 dB rond Brussels Airport in het REF-, het EUR- en het VISI-scenario (2007-2030)*



de nacht- en ochtendperiode. Voor de operationele nachtperiode (23 u - 6 u) en de ochtendperiode (6 u - 7 u) worden de bestaande QC-limieten verlaagd. Voor de dag- en avondperiode worden voor het eerst QC-limieten ingevoerd. Hierdoor zullen de meest luidruchtige toestellen, die vaak een grote impact hebben op de geluidscontouren, uit de vloot verdwijnen.

Vanaf 2010 stijgen de oppervlakte en het aantal inwoners binnen de L_{den}-geluidscontour van 55 dB systematisch ten gevolge van de toename van de verkeersintensiteit met 2,6 % per jaar. Het REF-scenario veronderstelt een vernieuwing van de vliegtuigvloot, waarbij vliegtuigen die voldoen aan de modernste eisen (namelijk de ICAO hoofdstuk 4-limieten) de oudere vliegtuigen op een normale leeftijd (30 jaar) vervangen. Die vernieuwing doet echter de toename van de verkeersintensiteit onvoldoende teniet: een groot deel van de huidige vloot voldoet immers nu al aan de nieuwe limieten.

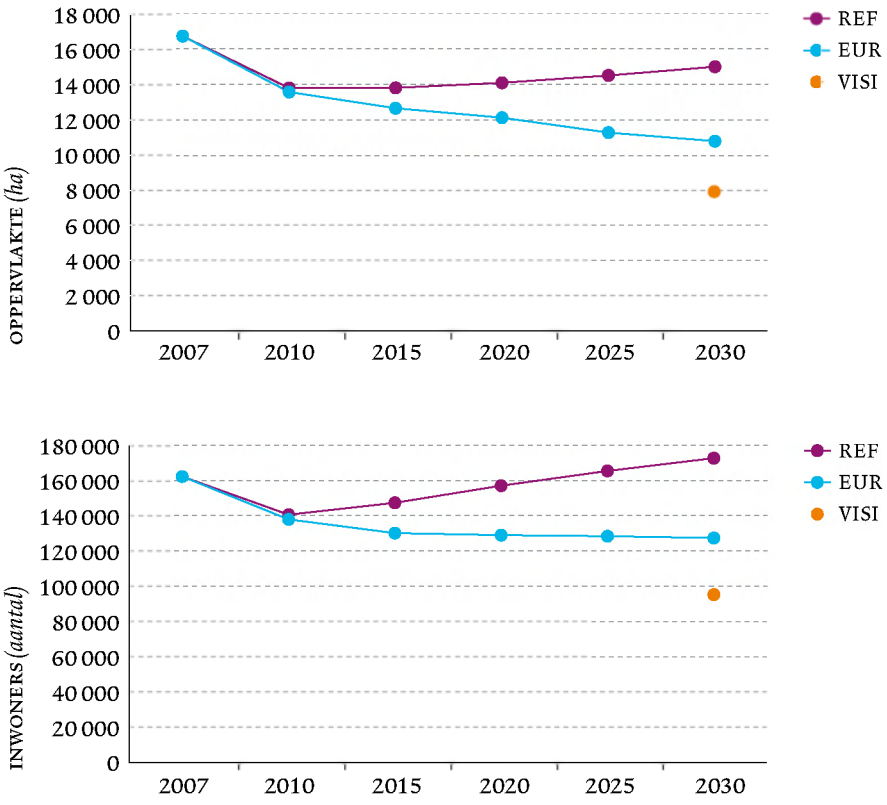
Het EUR-scenario gaat uit van een gunstigere modernisering van de vliegtuigvloot. Elk vliegtuig wordt er op dertigjarige leeftijd vervangen door een toestel dat 3 dB geluidsarmer is bij vertrek en 4 dB bij landing. Deze verbetering van de geluidsemissie stemt overeen met de evolutie die de laatste jaren op de markt kon worden vastgesteld. Door deze modernisering van de vloot daalt de oppervlakte binnen de

L_{den}-geluidscontour van 55 dB tot onder het niveau van 2010 ondanks de gestegen verkeersintensiteit. Het aantal inwoners blijft in 2030 echter ongeveer gelijk aan het aantal in 2010, omdat bij de berekening de verwachte toename van de bevolkingsdichtheid in rekening werd gebracht.

Door een aantal bijkomende maatregelen in het VISI-scenario (geen nachtvluchten, modernisering van de volledige vliegtuigvloot) dalen de oppervlakte en het aantal inwoners in 2030 tot een stuk beneden het niveau van 2007, ook al stijgt de totale verkeersintensiteit sterk.

Dezelfde evolutie als voor de L_{den}-geluidscontouren is terug te vinden voor de frequentiecontour van 1x boven de 70 dBA tijdens de nachtperiode (FIGUUR 13.8). Deze contourlijn verbindt de plaatsen waar op jaarbasis gemiddeld een vliegtuig één keer per nacht (23 u - 7 u) het niveau van 70 dBA overschrijdt. Ze geeft dus weer op welke plaatsen er geluidspieken zijn door vliegverkeer. Na de sterke daling in het jaar 2010 door de beperking van het aantal nachtvluchten tot 16 000, volgt in het REF-scenario toch nog een toename van deze frequentiecontour. Dit komt omdat de verkeersintensiteit in het ochtenduur tussen 6 u en 7 u stijgt. Als gevolg van de modernisering van de vloot, blijft het aantal inwoners binnen deze contour in het EUR-scenario ongeveer constant.

FIG. 13.8 *Evolutie van de oppervlakte en het aantal inwoners op het grondgebied van het Vlaamse Gewest binnen de freq.70, nacht-geluidscontour van 1x boven de 70 dBA rond Brussels Airport (2007-2030)*



Luchthaven Oostende-Brugge

Een beperkt aantal bewegingen voor vrachtvervoer met grote en minder moderne toesteltypen (die ook gedeeltelijk tijdens de nachtperiode werden uitgevoerd) bepaalt in het referentiejaar 2007 de L_{den}-geluidscontouren rond de luchthaven Oostende-Brugge.

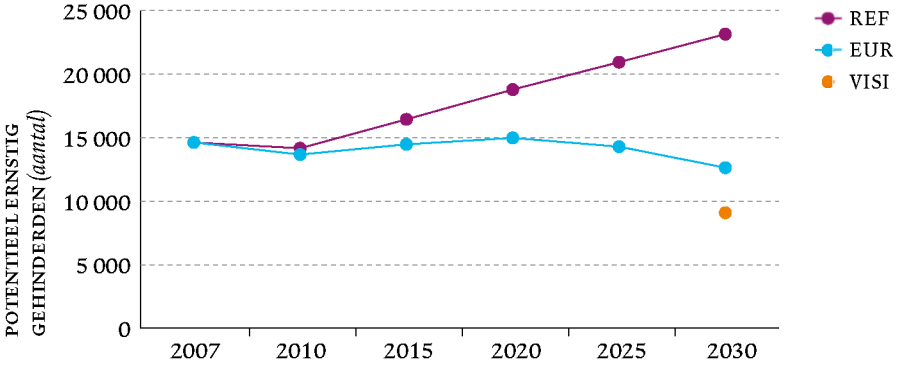
De milieuvergunning van de luchthaven beperkt echter stapsgewijs de maximale QC van de vluchten tijdens de nachtperiode. Hierdoor zal een aantal toesteltypen niet langer kunnen opereren op de luchthaven tijdens de nachtperiode, of moeten de vluchten verschoven worden naar de dagperiode. Dit zorgt voor een sterke afname van het aantal inwoners binnen de L_{den}-geluidscontouren voor 2010 en 2015, zowel in het REF-scenario als in het EUR-scenario. Na 2015 stijgt het aantal inwoners in het REF-scenario opnieuw door een verdere toename van de verkeersintensiteit op de luchtenhaven, ondanks de veronderstelde vlootvernieuwing zoals deze ook voor Brussels Airport werd toegepast. De meer doorgedreven vlootmodernisering in het EUR-scenario slaagt er wel in dit aantal inwoners ongeveer constant te houden tot en met 2030. In het VISI-scenario bereikt ook de luchthaven Oostende-Brugge in 2030 een sterke afname van het aantal inwoners binnen de L_{den}-geluidscontour van 55 dB ten opzichte van 2007. Deze afname is te danken aan een verbod op nachtvluchten en een volledige modernisering van de vliegtuigvloot door geluidsarmere toestellen.

Potentieel ernstig gehinderden door het vliegverkeer

Luchthaven Brussels Airport

De evolutie van de verkeersintensiteit, de maatregelen uit het Federale Akkoord van 19 december 2008 over Brussels Airport en de vernieuwing van de vliegtuigvloot beïnvloeden het aantal potentieel ernstig gehinderden op dezelfde manier als de blootstelling op basis van de L_{den}-parameter (Figuur 13.9). Dat het verwachte effect van een verbeterde gevelisolatie (in toepassing van de nieuwe isolatienorm

FIG. 13.9 *Aantal potentieel ernstig gehinderden binnen de L_{den}-geluidscontour van 55 dB rond Brussels Airport voor de drie scenario's op grondgebied van het Vlaamse Gewest (2007-2030)*



waarden inclusief gunstig effect van een verbeterde gevelisolatie van het woningpark

NBN S01-400-2) in rekening wordt gebracht, heeft slechts een beperkt effect. Ook hier is er in eerste instantie een afname van het aantal potentieel ernstig gehinderden in 2010 zowel voor het REF-scenario (-3 %) als voor het EUR-scenario (-7 %) ten opzichte van 2007. Dit aantal stijgt tot +58 % ten opzichte van 2007 in 2030 voor het REF-scenario, en daalt tot -14 % ten opzichte van 2007 voor het EUR-scenario. Het VISI-scenario verwacht voor 2030 een afname met 38 % ten opzichte van 2007.

Luchthaven Oostende-Brugge

Ook voor de luchthaven Oostende-Brugge kent de evolutie van het aantal potentieel ernstig gehinderden hetzelfde verloop als de blootstelling in L_{den}. Door de strengere beperking van luidruchtige toestellen wordt hier voor 2010 een zeer belangrijke afname van het aantal ernstig potentieel gehinderden verwacht ten opzichte van 2007. De afname is respectievelijk -34 % in het REF-scenario en -42 % in het EUR-scenario. Door deze sterke afname in 2010 valt te verwachten dat ook in 2030 het aantal potentieel ernstig gehinderden onder het niveau van 2007 blijft in alle drie scenario's (respectievelijk -5 %, -38 % en -49 % voor het REF-scenario, het EUR-scenario en het VISI-scenario), ondanks de toename van de verkeersintensiteit.

13.4 Conclusies voor het beleid

Ondanks de reeds geplande maatregelen op Europese en Vlaamse schaal, zorgt de verwachte groei in het wegverkeer ervoor dat in het REF-scenario de blootstelling van de bevolking aan omgevingsgeluidsniveaus die in de wetenschappelijke literatuur en door de WGO doorgaans als ongezond worden omschreven, tussen 2006 en 2030 continu stijgen. Ook het percentage van de inwoners van Vlaanderen dat potentieel ernstig gehinderd is door wegverkeersgeluid, blijft stijgen.

Voor het treinverkeer dalen in het REF-scenario de blootstelling en de potentiële ernstige hinder. Dat is enerzijds te danken aan de trendbreuk beschreven in Hoofdstuk 6 Transport, en anderzijds aan de invoering van de Europese TSI. Voor het luchtvaartverkeer wordt zowel voor Brussels Airport als voor de luchthaven Oostende-Brugge op korte termijn een afname van de blootstelling verwacht. Dit is het gevolg van de geplande maatregelen op Vlaams en federaal niveau. Deze maatregelen slagen er echter niet in om het geluid ten gevolge van de groei van de verkeersintensiteit op langere termijn te compenseren.

Het EUR-scenario gaat ervan uit dat de overheid bijkomende doortastende maatregelen neemt op het vlak van weg- en treinverkeergeluid in de geluidsactieplannen die in het kader van de Europese Richtlijn Omgevingsgeluid (END) worden opgesteld. Het moet mogelijk zijn om de blootstelling van de bevolking aan hoge niveaus van omgevingsgeluid en de potentiële ernstige geluidshinder daadwerkelijk te verlagen. Dat blijkt uit simulaties van de aanvaardbaar geachte maatregelen. In het EUR-scenario ligt ook het percentage van de oppervlakte van potentiële stiltegebieden die niet

continu verstoord worden door het wegverkeergeluid, significant hoger dan in het REF-scenario. Dit op voorwaarde dat de maatregelen niet alleen lokaal bij de meest blootgestelde locaties (zwarte punten) worden doorgevoerd.

Bij het luchtverkeer zorgt een verdere modernisering van de vliegtuigvloot naar meer geluidsarmere toestellen - een trend die zich de laatste jaren al doorzet in de markt - ervoor dat de toegenomen verkeersintensiteit de groei van de blootstelling neutraliseert.

Een daling van de blootstelling is op lange termijn echter alleen zichtbaar met het maatregelenpakket van het VISI-scenario, met onder andere een doorgedreven vlootvernieuwing.

Aan het beleid wordt aanbevolen om de opmaak, goedkeuring en uitvoering van geluidsactieplannen (conform de Europese Richtlijn Omgevingslawaai) geen dode letter te laten zijn en deze actieplannen verder te laten gaan dan de wegen, de spoorwegen en de agglomeraties die deel uitmaken van de Europese richtlijn. Dat kan door voldoende maatregelen te treffen met gunstige effecten voor het volledige grondgebied. Ruimtelijk structuurbeleid en richtlijnen voor het inrichten van wegen en de keuze van wegdekken mogen hier zeker niet in ontbreken.

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

Botteldooren D., Dekoninck L.,Van Renterghem T., Geentjens G., Lauriks W. & Bossuyt M. (2009) Lawaai. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

REFERENTIES

Botteldooren D., Dekoninck L. & Gillis D. (2008) Zwarte punten voor geluidshinder door straatverkeer in Vlaanderen. Steunpunt Mobiliteit & Openbare Werken - Spoor Verkeersveiligheid.

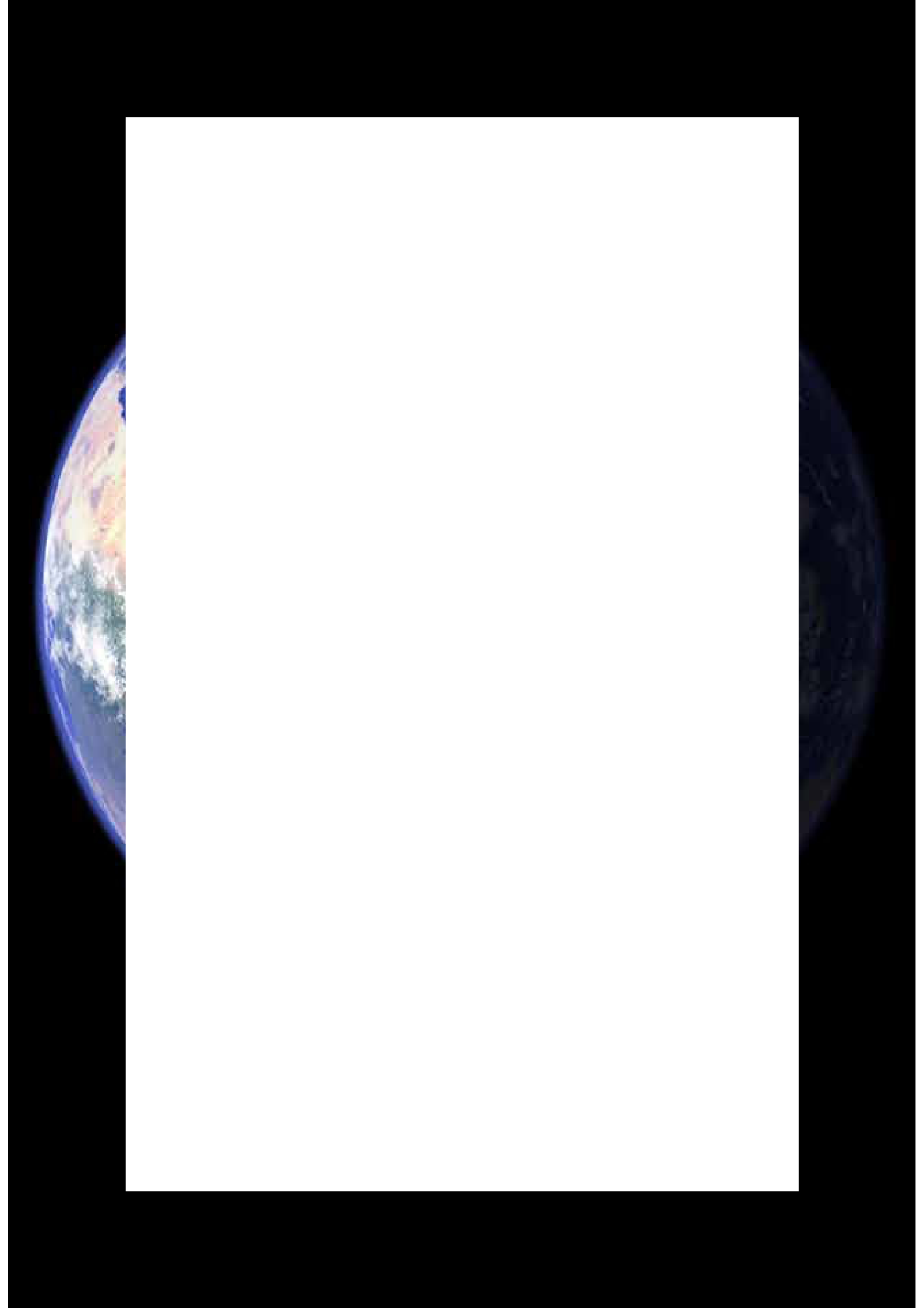
SLO (2008) Schriftelijke enquête ter bepaling van het percentage gehinderden door geur, geluid en licht in Vlaanderen. SLO2 – meting, Vlaamse overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie.

LECTOREN

Willy Bontinck, NMBS-Holding
Rudi Geens, Jeroen Lavrijsen Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid, Departement LNE
Luc Goubert, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Erik Grietens, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw
Lut Muyshondt, Provinciaal Centrum voor Milieuonderzoek Oost-Vlaanderen
Elisabeth Peeters, Belgocontrol
Guy Putzeys, dBA-Plan
Tom Van Bogaert, Afdeling Monitoring en Studie, Departement LV







14 Vlaanderen in transitie?

Erik Paredis, Centrum voor Duurzame Ontwikkeling, UGent
Erika Vander Putten, Fre Maes, MIRA-team, VMM
Jan Larosse, Afdeling Ondernemen en Innoveren, Departement Economie, Wetenschap en Innovatie
Peter Van Humbeeck, Studiedienst, SERV
Jeroen Lavrijsen, EVA VZW
Steven Van Passel, Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen, UHasselt
Walter De Jonge, Centrum voor Duurzame Ontwikkeling, UGent

HOOFDLIJNEN

- De impact en snelheid van de klimaatverandering, de eindige fossiele brandstofvoorraden en de onstabiele energieprijzen plaatsen de maatschappij voor grote uitdagingen. Een duurzame koolstofarme economie waar het gebruik van fossiele brandstoffen en de uitstoot van broeikasgassen minimaal zijn, is noodzakelijk en biedt tegelijk ook interessante investeringsperspectieven.

- Een duurzame koolstofarme economie kan niet gerealiseerd worden met alleen product- en procesoptimalisatie. Er zijn structurele veranderingen nodig in de systemen die maatschappelijke functies invullen, zoals het energie-, materiaal-, mobiliteits-, voedsel- en woonsysteem. Zulke veranderingen vragen veel tijd. De transitie naar een duurzame koolstofarme economie moet dus nu ingezet worden.

- Om de transitie naar een duurzame koolstofarme economie in gang te zetten, is het nodig om te denken in systeemperspectief, om de handelingen en beslissingen van individuele actoren te sturen met een gedragen langetermijnvisie, en om innovaties die aansluiten bij de langetermijnvisie te ontwikkelen en op te schalen.

- Hiervoor zijn traditionele beleidsinstrumenten noodzakelijk maar onvoldoende. Er is aanvullend beleid nodig dat gericht is op structurele veranderingen op lange termijn (25 tot 50 jaar) en dat als strategische oriëntatie dient voor het 'reguliere' beleid (gericht op korte en middellange termijn). Zo'n transitieaanpak kan de doorbraken en de groene economie waar het Vlaamse Regeerakkoord, het Pact 2020 en Vlaanderen in Actie op inzetten, mee helpen realiseren.

- Transitieprocessen vragen netwerken waarin vooruitdenkende spelers uit de overheid, het bedrijfsleven, het maatschappelijke middenveld en de wetenschap betrokken zijn. Van de overheid wordt leiderschap verwacht, onder andere door doelgericht en op grotere schaal dan vandaag beleidsintegratie te stimuleren, experimenteerruimtes te creëren en te investeren in netwerken. En dat vraagt een transitie in de cultuur en werkwijze van de overheid zelf.

Inleiding

De vorige hoofdstukken van deze Milieuverkenning 2030 beschrijven in hoeverre Vlaanderen bij verschillende scenario's de beoogde milieukwaliteit bereikt. Het meest verregaand hierin is het visionaire scenario. Dit scenario stelt ambitieuze doelstellingen voorop: tegen 2030 moet de uitstoot van broeikasgassen met 50 % verminderen ten opzichte van 1990, tegen 2050 zelfs met 60 tot 80 %. Dat betekent dat Vlaanderen moet evolueren naar een koolstofarme economie, een economie waar het gebruik van fossiele brandstoffen en de uitstoot van broeikasgassen (in hoofdzaak CO_2) minimaal zijn. Die evolutie naar een koolstofarme economie maakt deel uit van een ruimere transitie naar een duurzame samenleving. Daarbij wordt een hoge levenskwaliteit nagestreefd zonder de ecologische draagkracht te overschrijden en met respect voor nationale en internationale rechtvaardigheid.

Dit doet de vraag rijzen hoe de transitie naar een duurzame koolstofarme economie kan worden in gang gezet en welke rol de overheid en andere actoren daarin kunnen spelen. Het eerste deel van dit hoofdstuk legt uit waarom de transitie naar een duurzame koolstofarme economie nodig is en nu moet worden ingezet. Historische transities en de processen die daarin speelden, leveren kennis op over de omstandigheden waarbij transities optreden. Dit komt aan bod in het tweede deel van dit hoofdstuk, waarna het analysekader wordt toegepast op het energiesysteem. Het energiesysteem is een van de cruciale systemen voor de omschakeling naar een koolstofarme economie. De volgende delen omvatten een aantal handvaten voor beleidsmakers en andere actoren die werk willen maken van de transitie naar een duurzame koolstofarme economie.

14.1 Dringend gevraagd: transities

De grondstofvoorraden en de regeneratiecapaciteit van de aarde zijn beperkt. Indicatoren zoals de ecologische voetafdruk tonen aan dat de ecologische draagkracht van de aarde op dit moment ruim overschreden wordt (WWF, 2008). Bovendien zal de wereldbevolking volgens de recentste ramingen van de Verenigde Naties tussen nu en 2050 met meer dan 30 % toenemen. Wanneer de 'westerse' productie- en consumptiepatronen wereldwijd overgenomen worden, zal dit resul-

teren in een enorme bijkomende druk op mens en milieu. Er is dus een structurele koerswijziging nodig, in de eerste plaats in de geïndustrialiseerde landen.

Een belangrijk voorbeeld van de overschrijding van de ecologische draagkracht is de klimaatverandering. Op basis van de scenario's van het Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC), het internationale panel van klimaat- en overheidsexperts, oordeelden de EU-leiders in 1996 dat de gemiddelde globale temperatuurstijging ten opzichte van het pre-industriële niveau beperkt moet blijven tot 2 °C om de gevaarlijkste en onomkeerbare effecten van klimaatverandering te vermijden. Om onder deze 2°C-grens te blijven, moeten de geïndustrialiseerde landen hun uitstoot van broeikasgassen tegen 2050 met 80 tot 95 % verminderen ten opzichte van 1990, aldus het meest recente IPCC-rapport. Bovendien zijn de fossiele brandstofvoorraden eindig. De koolstofarme economie die het visionaire scenario in deze Milieuverkenning 2030 vooropstelt, is dus op termijn een noodzaak.

De drastische emissiereductie die nodig is voor een koolstofarme samenleving kan niet gerealiseerd worden door enkel in te zetten op innovatieve producten en productieprocessen. Er zijn structurele veranderingen nodig in de socio-technische systemen die maatschappelijke behoeften invullen zoals warmte, licht, wonen, zich verplaatsen, zich voeden. Een socio-technisch systeem is een complex, samenhangend geheel van onder andere kennis, technologie, instituties, structuren, fysische infrastructuren, praktijken en gewoonten, formele en informele regels, en actoren aan zowel de aanbod- als gebruikzijde.

Zo vereist het visionaire scenario voor huishoudens en handel & diensten een grondige verandering van het woonsysteem (zie Hoofdstuk 3 Huishoudens en handel & diensten). Het gaat daarbij niet alleen om de inzet van nieuwe technologieën (bijvoorbeeld sterk uitgebouwde inzet van hernieuwbare energiebronnen), maar ook om hertekende ruimtelijke en organisatorische structuren (bijvoorbeeld gedecentraliseerde energievoorziening op wijkniveau), om nieuwe praktijken en gewoonten (bijvoorbeeld milieubewust investerings- en woongedrag), actoren die anders functioneren (zo vereist het bouwen van extreem lage energiewoningen bijvoorbeeld aanpassingen in de bouwsector), nieuwe en bestaande instituties die nieuwe regels en denkkaders hanteren (bijvoorbeeld extreem lage energiewoning wordt de norm), enzovoort.

Dergelijke diepgaande, structurele veranderingsprocessen in socio-technische systemen worden omschreven als transities (Rotmans *et al.*, 2001). Transities hebben altijd al plaatsgevonden. Denk maar aan de industriële revolutie in de tweede helft van de 19e eeuw. Een recenter voorbeeld is de ICT-revolutie die de laatste vier decennia totaal nieuwe technologieën, praktijken, instituties en structuren voor communicatie en informatieverwerking heeft meegebracht. De opbouw van de sociale zekerheid is een voorbeeld van een grotendeels niet-technologische transitie, waarbij een nieuw systeem is opgezet om een minimumbescherming te bieden aan werknemers en de levensstandaard te verhogen.

Transities kenmerken zich door samenlopende veranderingen op economisch, sociaal, cultureel, technologisch en institutioneel vlak. Het zijn dus complexe processen waarbij veel actoren betrokken zijn, en die structuren en praktijken veranderen die diep verankerd zijn in de maatschappij (Loorbach, 2007). Zulke processen vragen uiteraard tijd: transities spelen zich meestal af over een termijn van meerdere generaties. Om tegen 2050 een koolstofarme economie te realiseren, moet de transitie dus nu ingezet worden.

Zo'n transitie biedt ook uitgesproken kansen. Zo kan een koolstofarme economie een oplossing bieden voor de onstabiele brandstofprijzen die onder meer een gevolg zijn van de afhankelijkheid van een beperkt aantal exporterende regio's. En in economisch harde tijden blijkt het verhaal van de koolstofarme economie en, in ruimere zin, de groene economie, voor heel wat regeringen ook aantrekkelijke investeringsperspectieven te bieden. Onder meer de Britse regering, de Europese Commissie, de regering Obama en het United Nations Environment Programme (UNEP) zijn gestart met studies en initiatieven.

De grote maatschappelijke partners in Vlaanderen erkennen de noodzaak van transities naar duurzame systemen. Vlaanderen staat voor grote maatschappelijke uitdagingen zoals de financiële en economische crisis, het energievraagstuk, de klimaatverandering en de mobiliteitsproblemen. De Vlaamse Regering, de sociale partners en het georganiseerde middenveld sloten daarom in januari 2009 een toekomstpact voor Vlaanderen. Dit zogenaamde Pact 2020 weerspiegelt hun gezamenlijke langetermijnvisie en -strategie en formuleert doelstellingen en acties voor 2020. Het Pact 2020 expliciteert onder meer het voornemen om grote stappen te zetten in de transitie naar een duurzaam energiesysteem, een duurzaam materialenbeheer en een duurzame mobiliteit. Al deze systemen zijn cruciaal voor de omschakeling naar een duurzame koolstofarme economie. Ook het Vlaamse Regeerakkoord 2009-2014 bevat aanknopingspunten voor transities. De doorbraken, de vernieuwing van het DNA van de Vlaamse economie, de groene economie en de grote projecten voor maatschappelijke vernieuwing waarop de Vlaamse Regering inzet, kunnen inspiratie en strategische oriëntatie vinden in de transitieaanpak. De Vlaamse Regering bevestigt ook dat ze de lopende Vlaamse transitieprocessen in duurzaam wonen en bouwen (DuWoBo) en duurzaam materialenbeheer (Plan C) wil voortzetten. Het komt er nu op aan deze intenties ook in daden om te zetten.

14.2 Wanneer treden transities op?

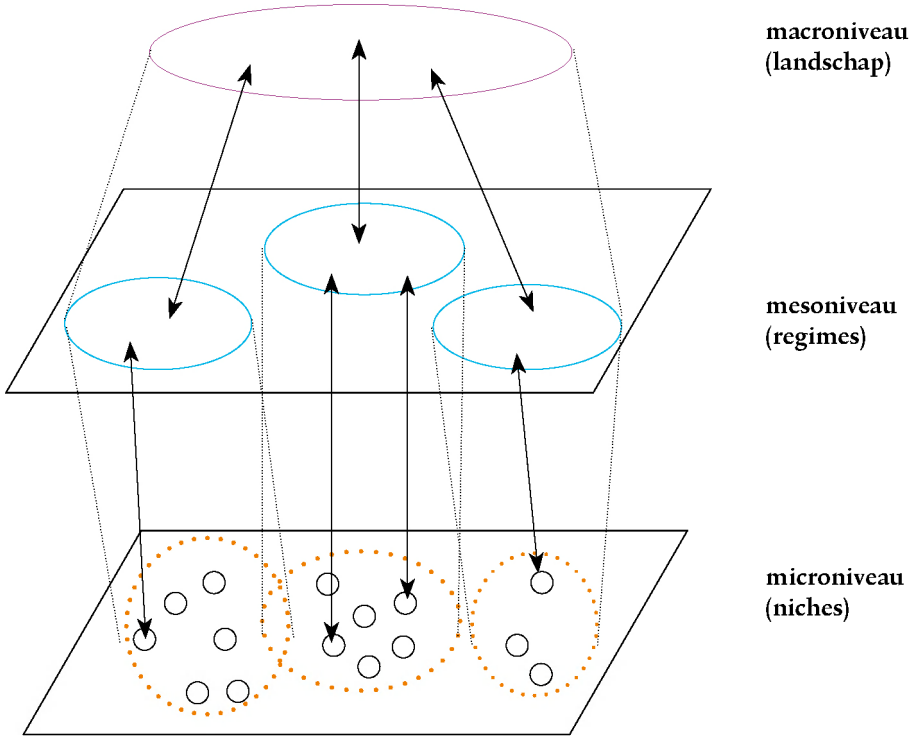
Het onderzoek naar transities probeert te begrijpen hoe transities zich afspelen, en wil zo strategisch inzicht geven om transities naar duurzaamheid versneld in te zetten. Uit een goed begrip van (historische) transities en de mechanismen die daarin spelen, zijn immers belangrijke lessen te trekken voor de transitie waar onze maatschappij momenteel voor staat, namelijk die naar een duurzamere samenleving.

Het multilevelperspectief

Voor de beschrijving en de analyse van transities gebruiken transitieonderzoekers het multilevelperspectief (MLP) (Geels, 2005). Volgens dit perspectief treden transities op wanneer ontwikkelingen op verschillende schaalniveaus elkaar versterken. Die niveaus worden vaak aangeduid als het regime, de niches en het landschap, en ze kunnen als volgt omschreven worden (FIGUUR 14.1):

- Het regime is de 'gangbare' manier om maatschappelijke behoeften in te vullen, de mensen, technologieën, instellingen en structuren die daarvoor zorgen, en de regels en denkkaders die daarbij gehanteerd worden. Of nog: de dominante structuur, cultuur en praktijken. Het regime voor personenvervoer wordt bijvoorbeeld sterk bepaald door de auto en alles wat nodig is om die te doen rijden: de industriële structuur (bijvoorbeeld autoproducenten), het onderhoud- en distributienetwerk (bijvoorbeeld autoverkopers, garages), het logistiek bevoorradingssysteem (bijvoobeeld benzinestations, petroleumbedrijven), het artefact zelf (de auto met al zijn onderdelen), de wegeninfrastructuur en het verkeerssysteem, de regelgeving (bijvoor-

FIG. 14.1 *Het multilevelperspectief uit de transitietheorie*



Transities in socio-technische systemen zijn te begrijpen vanuit de wisselwerking tussen verschillende niveaus. Transities spelen zich af tegen de achtergrond van een traag evoluerend landschap, dat evoluties op andere niveaus sterk beïnvloedt. Regimes bestaan uit redelijk stabiele netwerken en markten, vertrouwde technologieën, instituties en infrastructuren, regels die activiteiten structureren. Niches zijn het minst stabiel, maar kunnen rekenen op vernieuwers en ondernemers die bereid zijn risico's te nemen.
Bron: Geels (2005), Kemp & van den Bosch (2006)

beeld verkeersregels, verzekeringsbeleid), de voorkeuren en competenties van de bestuurder, de symbolische en culturele betekenis van de auto (bijvoorbeeld vrijheid, individualiteit), de probleempercepties (bijvoorbeeld op het vlak van veiligheid en verkeersproblemen), de oplossingsrichtingen en denkkaders die gehanteerd worden (bijvoorbeeld om files op te lossen). Een netwerk van actoren en sociale groepen (van ingenieurs over verkopers tot autobestuurders en belangengroepen) doet dag na dag het regime draaien en reproduceert het voortdurend.

- In de niches zitten de radicale innovaties, nieuwe manieren om maatschappelijke behoeften in te vullen, praktijken die sterk afwijken van de gangbare manier van doen. Het kan gaan om technologische vernieuwingen (bijvoorbeeld elektrische wagens op zonne-energie), maar ook om socio-culturele innovaties (bijvoorbeeld autodelen) of combinaties daarvan (bijvoorbeeld thuiswerken). Ze kunnen uitgaan van ondernemers, maar ook van consumenten en sociale bewegingen. De praktijken en technologieën in niches zijn aanvankelijk weinig stabiel en performant, maar worden gedragen door kleine, toegewijde netwerken. Het bestaan van een niche zegt op zich niets over zijn wenselijkheid of duurzaamheid.
- Het landschap heeft betrekking op grote maatschappelijke ontwikkelingen op het gebied van politiek, cultuur en wereldbeelden (bijvoorbeeld globalisering en individualisering), op natuurlijke kenmerken die moeilijk te beïnvloeden zijn en meestal traag veranderen (bijvoorbeeld klimaat, biodiversiteit, natuurlijke rijkdommen) en op onverwachte gebeurtenissen (bijvoorbeeld Tsjernobyl). Ze vormen de brede omgeving waarin de regime- en nichespelers moeten handelen, maar waarop die spelers geen rechtstreekse invloed hebben.

Regime is meestal stabiel

Doorgaans is een regime stabiel. De verschillende elementen die deel uitmaken van het regime zijn aan elkaar vastgeklonken en van elkaar afhankelijk. Het voorbeeld van het regime voor personenvervoer illustreert dat duidelijk. Stabiliteit wordt bijvoorbeeld gecreëerd doordat de mensen en organisaties in het regime met elkaar verbonden zijn. Ze hebben gevestigde belangen, verplichtingen en engagementen, onderlinge afspraken die niet zomaar verbroken kunnen worden. Een andere belangrijke stabiliserende factor zijn de materiële componenten van het regime. De auto zelf, de productielijnen, de wegeninfrastructuur, garages ... zijn niet zomaar drastisch te wijzigen. Ze vertegenwoordigen vaak grote investeringen, en hun componenten en subsystemen zijn dikwijls technisch complementair aan elkaar. Allerlei gebruikers, zowel bedrijven als consumenten, hebben er hun gedrag op afgesteld en hebben ze leren kennen en gebruiken.

De onderlinge verbindingen in het regime leiden tot wat in de transitietheorie co-evolutie genoemd wordt: als één onderdeel van het regime wijzigt, zullen andere onderdelen mee wijzigen. De combinatie van stabiliteit en co-evolutie verklaart waarom socio-technische regimes meestal niet radicaal wijzigen, maar stap voor

stap. Autobedrijven brengen nieuwe technologieën en wagens op de markt om hun marktpositie te verbeteren, wat leidt tot tegenacties van andere bedrijven om hun marktaandeel niet te verliezen. Op zijn beurt heeft dat effect op bijvoorbeeld het aankoopgedrag van consumenten. Of de overheid kan overwegen om voor bepaalde verbeteringen regulerend op te treden. In het 'spel' dat tussen de actoren ontstaat, kunnen het systeem en de regels gaandeweg wijzigen. Maar door de onderlinge afhankelijkheid en verbondenheid zal dat zelden bruusk gebeuren. Op het moment dat heel wat maatschappelijke systemen geconfronteerd worden met duurzaamheidsvraagstukken, kan de stabiliteit in regimes doorbraken belemmeren.

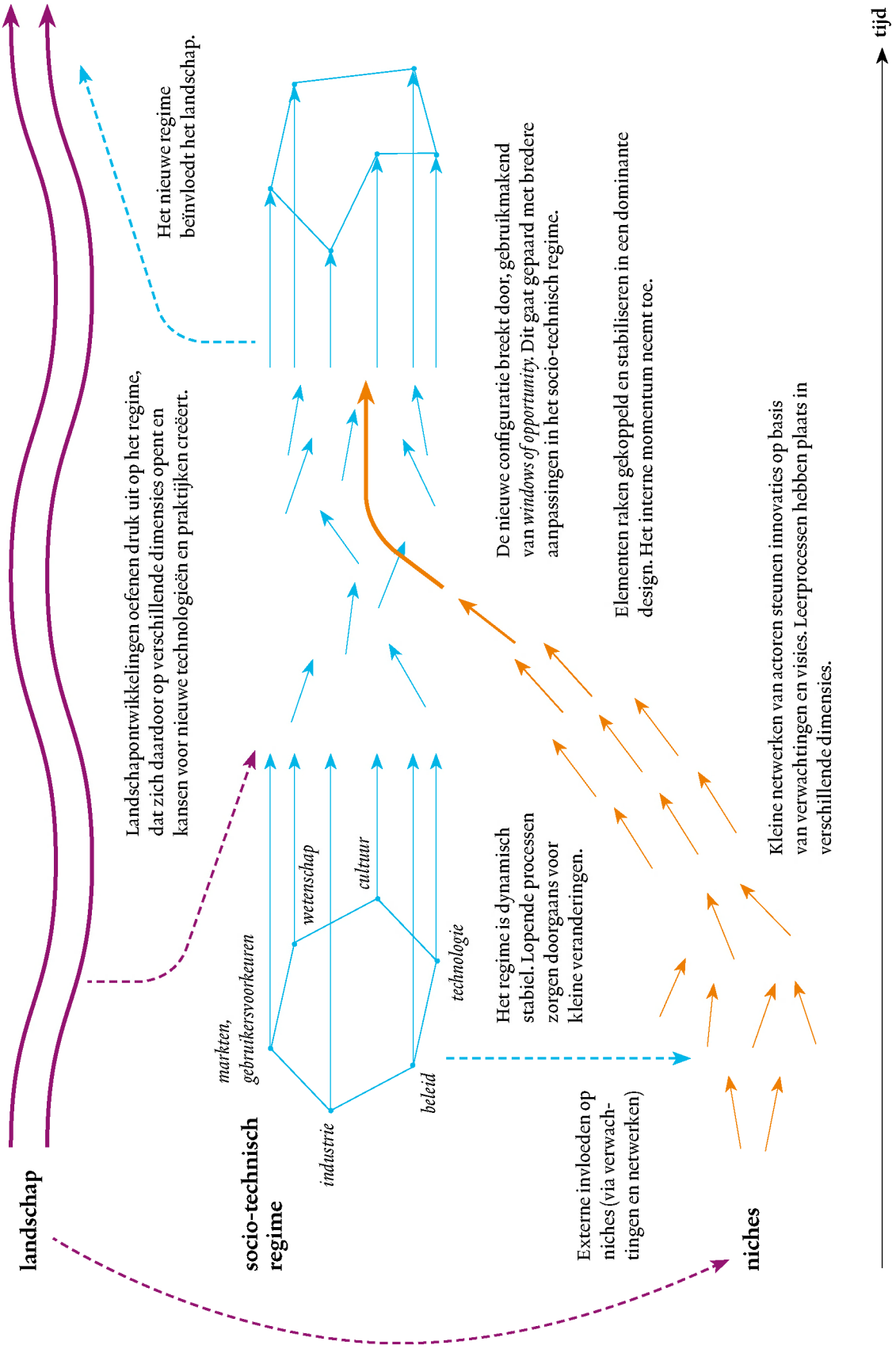
Voorwaarden voor transitie: mature niches kunnen doorbreken wanneer regime onder druk staat

Toch blijkt uit historisch onderzoek dat er ook perioden zijn waarin de stabiliteit van het regime steeds sterker verstoord raakt en er radicalere veranderingen optreden. Technologieën en praktijken die zich in niches bevinden en sterk afwijken van het regime, krijgen dan de kans om door te breken. Ze gaan de competitie aan met het bestaande regime en kunnen dat uiteindelijk verdringen of grondig wijzigen.

Het is echter niet omdat er een radicaal afwijkende niche bestaat, dat deze zomaar doorbreekt. Een centraal inzicht van het multilevelperspectief is dat de wisselwerking tussen de niveaus van fundamenteel belang is (FIGUUR 14.2). Er moet voldoende druk zijn op het regime opdat er zich mogelijkheden openen om het regime te veranderen: zogenaamde *windows of opportunity* waarin vernieuwing kan ontstaan. Die druk kan het gevolg zijn van ontwikkelingen op landschapniveau of van groeiende tegenstrijdigheden in het regime zelf. Wanneer er *windows of opportunity* ontstaan, maken niches die al een zekere maturiteit hebben meer kans om door te breken. We zetten deze drie factoren kort op een rijtje:

- Door veranderingen in het landschap komt het regime onder druk te staan. Belangrijke landschapontwikkelingen op dit moment zijn onder andere de klimaatverandering, de economische crisis en de bevolkingsdruk. Het kan ook gaan om incidenten zoals de nucleaire ramp van Tsjernobyl. Zulke factoren zetten regimes en de gangbare manier van denken en handelen onder druk. Klimaatverandering dwingt ons bijvoorbeeld om na te denken over onze gangbare manier van energievoorziening of verplaatsing.
- Door groeiende interne tegenstrijdigheden komt het regime verder onder druk te staan. De logica van het regime doet het op zijn eigen grenzen botsen. Bij het mobiliteitsregime is de fileproblematiek een sprekend voorbeeld. Het fileprobleem ontstaat door een combinatie van externe oorzaken (bijvoorbeeld ruimtelijke ordening) en interne logica's die gericht zijn op steeds sneller, verder en meer. Andere problemen die het mobiliteitsregime zelf creëert, zijn de tol aan doden en gewonden, de uitstoot van schadelijke stoffen, geluidhinder en ruimtebeslag. Onze gangbare manier van verplaatsen komt zo onder druk te staan door interne processen.

FIG. 14.2 *Een dynamische versie van het multilevelperspectief*



Onder druk van landschapontwikkelingen en interne regimeproblemen kan de samenhang in het regime verstoord raken. Op dat moment maken niches kans om door te breken en het regime ingrijpend te wijzigen. Nieuwe technologieën en praktijken raken ingeburgerd, nieuwe actoren maken de dienst uit.
Bron: op basis van Geels & Schot (2007), Kemp & van den Bosch (2006)

- Door druk van het landschap en/of door interne regimetegenstellingen kunnen zich dan *windows of opportunity* openen, vensters in ruimte en tijd waarin afwijkende niches de kans hebben om door te breken. Die doorbrekende niches kunnen het regime veranderen, met de daarin betrokken actoren, de heersende cultuur, de praktijken, de instituties ... In het geval van het mobiliteitsregime zijn er verschillende soorten niches die op de problemen van het regime en de landschapdruk proberen te reageren: technologieën als hybride en elektrische wagens, vervanging van autogebruik door openbaar vervoer, fietsen of te voet gaan, maar ook formules als satellietkantoren, thuiswerken en autodelen. Niches moeten wel een bepaalde maturiteit hebben om door te breken: de technologie of praktijk moet voldoende ontwikkeld en uitgetest zijn, er moet een netwerk achter zitten dat een zekere invloed heeft, en mensen moeten overtuigd raken dat de nichepraktijken effectief een antwoord bieden op de problemen waarmee het regime worstelt. Vaak zullen meerdere niches naast elkaar bestaan, die alle proberen te profiteren van de instabiliteit van het regime. Welke niche of welke combinatie van niches uiteindelijk de bovenhand krijgt, valt bij het begin van een transitie onmogelijk te voorspellen.

  Grote maatschappelijke transities zijn dus het gevolg van de wisselwerking tussen landschap, regime en niches. Ze voltrekken zich normaal gezien over lange termijn, ruwweg 25 tot 50 jaar, en er zijn veel actoren bij betrokken. Het gaat om een breed perspectief op verandering en innovatie: technologie, instituties, regels, beleid, socio-culturele betekenissen, netwerken van actoren en praktijken van consumenten maken er deel van uit. Dit soort inzichten geeft ook aan waarop het beleid en andere actoren die duurzaamheidstransities willen stimuleren, zich strategisch kunnen oriënteren:

- denken op lange termijn;
- koppelingen trachten te leggen tussen groeiende contradicties in regimes, druk uit het landschap en naar maturiteit groeiende niches;
- beloftevolle niches ondersteunen, maar voldoende opties openhouden;
- verbindingen leggen tussen de beleidsdomeinen die relevant zijn voor een transitie;
- vormen van reflexieve sturing ontwikkelen waarbij leerprocessen centraal staan, inclusief de bijsturingen die daaruit volgen en de institutionele organisatie die daarmee moet kunnen omgaan.

  Op deze en andere beleidsimplicaties komen we in deel 4, 5 en 6 van dit hoofdstuk nog terug.

14.3 Energiesysteem op weg naar transitie?

Een van de systemen die van cruciaal belang zijn voor de omschakeling naar een koolstofarme economie, is het energiesysteem. Wanneer we het energiesysteem vanuit het multilevelperspectief bekijken, blijkt duidelijk dat zowel het regime, het landschap als de niches volop in beweging zijn.

Energieregime staat onder druk

Het huidige energieregime steunt voor verwarming en transport vooral op aardolie en aardgas, terwijl de grotendeels gecentraliseerde elektriciteitsproductie in belangrijke mate steunt op kernenergie, aardgas en steenkool. De structurele kenmerken van het regime zorgen ervoor dat het onder druk komt van landschapfactoren en van problemen die het zelf mee veroorzaakt.

Zo is de Europese Unie (EU) voor haar fossiele brandstoffen sterk afhankelijk van import. De grootste fossiele brandstofvoorraden zijn bovendien geconcentreerd in een beperkt aantal, vaak politiek instabiele regio's. De EU heeft dus weinig controle over de bevoorrading en de prijzen, en dit maakt de economie kwetsbaar. Dat dit probleem reëel is, bewijzen de talrijke geopolitieke conflicten en de onstabiele, soms onrustwekkend hoge prijzen van de afgelopen jaren. Tegelijk zien we de enorme economische groei van landen als China en India, die ook hun deel van de fossiele taart opeisen. Sommigen vrezen dat reeds op middellange termijn een situatie kan ontstaan waarbij de wereldvraag het aanbod van conventionele olie en gas overstijgt. Vooral in verband met aardolie zijn er bovendien steeds meer aanwijzingen van 'piekolie': de vaststelling dat de productie wereldwijd aan haar maximum zit en de volgende jaren enkel nog kan dalen (De Almeida & Silva, 2009).

De dominantie van fossiele brandstoffen in het huidige energieregime is een van de hoofdoorzaken van de klimaatverandering. Broeikasgasemissies ontstaan niet alleen bij de verbranding zelf, maar ook bij het transport van fossiele brandstoffen vanuit de exporterende regio's. De productie van elektriciteit uit kerncentrales kan wat betreft de uitstoot van broeikasgassen dan wel beter scoren dan fossiele brandstoffen, er is nog steeds geen goede oplossing voor de groeiende hoeveelheden radioactief afval. Ook veiligheidsaspecten vormen een belangrijke belemmering voor een verdere ontwikkeling van kernenergie. Bovendien zijn de uraniumvoorraden eindig. Verder kampt de centrale, grootschalige elektriciteitsproductie met warmte- en transportverliezen.

De aandacht voor deze problemen neemt toe, en beleidsmakers nemen initiatieven om die problemen aan te pakken. Hierdoor wordt het regime onder druk gezet om te veranderen, ontstaan er *windows of opportunity* waarin afwijkende niches de kans hebben om door te breken. Door de toenemende vrees voor klimaatverandering legde de EU de zogenaamde 20-20-20-doelstelling vast. Die moet leiden tot een lagere broeikasgasuitstoot, een groter aandeel hernieuwbare energie en een betere energie-efficiëntie. Ook in het Pact 2020 engageren de Vlaamse Regering, de sociale partners en het georganiseerde middenveld zich om het energieaanbod verder te diversifiëren, de productiecapaciteit structureel te verhogen met het oog op maximale bevoorradingszekerheid, het aandeel hernieuwbare energie te laten groeien, en te zorgen voor competitieve prijzen. Verder zullen onder andere decentrale elektriciteitsproductie, slimme elektriciteitsmeters en intelligente elektriciteitsnetten gestimuleerd worden.

Steeds meer landen trachten regimeproblemen zoals bevoorradingsonzekerheid, onstabiele prijzen en klimaatverandering ook bewust te benutten als opportuniteiten voor economische ontwikkeling. De economische crisis biedt extra kansen om economieën op een duurzame basis te herstructureren. Zoals hierboven al aangehaald, erkent ook de Vlaamse Regering in haar Regeerakkoord 2009-2014 de opportuniteiten van de omschakeling naar een groene economie.

Niches staan klaar

Tegelijkertijd is er een hele reeks niches gegroeid die in meer of mindere mate afwijken van de praktijken in het energieregime, en die meestal een antwoord geven op problemen in dat regime. De diversiteit aan niches is groot. Ze zijn zowel te vinden aan de aanbod- als aan de vraagzijde, en kunnen betrekking hebben op hernieuwbare energie of op meer conventionele technologie. Sommige alternatieven hebben al een deel van de markt veroverd, bijvoorbeeld windturbines en spaarlampen. Andere niches staan klaar om op grote schaal te worden toegepast, zitten in een precommerciële fase, of zijn nog volop in ontwikkeling: fotovoltaïsche cellen, microwarmtekrachtkoppeling, passiefhuistechnologie en nulenergiewoningen, slimme energienetwerken, groene chemie ... Daarnaast zijn er niches met diensten of productdienstcombinaties zoals energieaudits, relighting of prefinanciering door energiedienstenbedrijven. Over de duurzaamheid van bepaalde niches, onder meer bijstook van biomassa, nieuwe nucleaire opties en koolstofopslag, wordt momenteel fel gediscussieerd. Sommigen argumenteren dat deze technologieën het huidige regime in stand houden en de vereiste transitie naar een echt duurzaam energiesysteem afremmen. Anderen zien deze technologieën als een overgangsfase of zelfs als een onderdeel van een nieuw regime.

Een niche omvat overigens meer dan een nieuwe technologie of dienst. Een niche is in essentie een netwerk van actoren die een nieuwe technologie of praktijk ontwikkelen, en rond die innovatie kennis opbouwen, bedrijfsmodellen ontwikkelen, experimenteren, lobbyen, enzovoort. Een nieuwe niche betekent ook nieuwe spelers en het ontstaan van nieuwe verhoudingen. Bij decentralisatie van de elektriciteitsproductie bijvoorbeeld worden afnemers ook leveranciers van stroom op het net. Er ontstaan ook nieuwe samenwerkingsverbanden (bijvoorbeeld voor collectieve energiesystemen op wijkniveau), en nieuwe connecties tussen niches. Zo wordt de warmte van servers in het datacenter van de Vlaamse Milieumaatschappij gerecupereerd voor stadsverwarming.

Maar zal maatschappij maximaal vruchten plukken van transitie?

De patronen die in het verleden een rol speelden in transities, zijn ook nu terug te vinden in het energiesysteem: sterke landschapdruk, ernstige regimeproblemen, een waaier aan groeiende niches. Daardoor ontstaan heel wat kansen om een transitie in het energiesysteem op gang te brengen. Om tegen 2050 de drastische emissiereductie te realiseren die nodig is om de gevaarlijkste effecten van de klimaatverandering te vermijden, komt het erop aan die kansen nu te grijpen. Net als elke transitie vraagt de transitie van het energiesysteem immers diepgaande, structurele veranderingen in de hele maatschappij: in de infrastructuur en technologie aan aanbod- en vraagzijde, de ruimtelijke ordening, de regelgeving, de instituties, maar ook in de manier van denken en handelen bij bedrijven en consumenten, de wijze van aansturen bij de overheid, enzovoort. En de meeste van die structurele veranderingen zijn nog niet of nog maar net ingezet.

Bovendien mag de energietransitie niet gelijk welke richting uitgaan. Het is de bedoeling te evolueren naar een *duurzaam* energiesysteem, zoals ook in het Pact 2020 erkend wordt door de maatschappelijke partners. Dit betekent een energiesysteem dat bijdraagt aan een hoge levenskwaliteit, maar wel binnen de ecologische grenzen en met respect voor een rechtvaardige verdeling wereldwijd. Dat laat nog meerdere invullingen open, maar niet eender welke. Ook daarover moet het maatschappelijke debat nog grotendeels beginnen. Hoewel duurzaamheid stilaan een ingeburgerd begrip is, staat het in het energievraagstuk nog altijd lager op de agenda dan deelbekommernissen als concurrentiekracht, prijzen en bevoorradingszekerheid.

14.4 Transities beïnvloeden: een overzicht van de ingrediënten

Waarom is een transitieaanpak nodig?

Bovenstaande beschouwingen doen de vraag rijzen welke aanpak er dan nodig is om transities in gang te zetten of te versnellen én richting duurzaamheid te oriënteren, en welke rol de overheid en andere actoren daarin kunnen spelen.

Het debat hierover is nog jong. Democratische samenlevingen vertonen meestal een mix van drie soorten beleidsaanpak:

- een klassieke top-downsturing door de overheid (bijvoorbeeld via regelgeving);
- een marktgerichte aanpak die voornamelijk via prijsinstrumenten werkt (bijvoorbeeld subsidies en belastingen);
- een vorm van *governance* die inzet op brede, transparante netwerken van publieke en private partners, waarin via samen denken, doen en leren aan het beleid gebouwd wordt. De overheid kan die netwerken initiëren, maar het initiatief kan ook van

anderen komen. De overheid heeft er ook niet noodzakelijk de leiding over. Ze is een partner, naast de andere actoren, maar wel een die richting geeft, voorwaarden creëert, verbindingen legt en mogelijkheden schept. Zowel inhoudelijk als op procesmatig vlak wordt dus van de overheid leiderschap verwacht.

In het wetenschappelijke debat over duurzaamheidstransities gaat de voorkeur uit naar de laatste benadering: een vorm van *governance*. Een transitie is immers een langetermijnproces dat zich op verschillende niveaus en tussen veel actoren en domeinen afspeelt, en dat ingrijpt op structuren en praktijken die sterk verankerd zijn in de maatschappij. De radicale 'systeeminnovaties' die hiervoor nodig zijn kan de overheid niet enkel via regelgeving of prijsinstrumenten van de grond krijgen.

Niet dat regelgeving of prijsinstrumenten voortaan overbodig worden, integendeel. Het komt erop aan te zoeken naar hoe verschillende benaderingen elkaar aanvullen. Zo zijn prijsinstrumenten, die onder andere als doel hebben de milieukosten in de prijzen te internaliseren, zeker belangrijk om de transitie naar een duurzame koolstofarme economie te initiëren en te versnellen. Dat blijkt bijvoorbeeld uit het visionaire scenario voor de energieproductie. In dat scenario laten groenestroomcertificaten, gegarandeerde minimumprijzen en hoge CO_2-prijzen in het Europees emissiehandelsysteem toe om de broeikasgasuitstoot bij stroomproductie in Vlaanderen met twee derden terug te dringen (zie Hoofdstuk 7 Energieproductie).

Het internaliseren van milieukosten in de prijzen is echter geen eenvoudige zaak, zeker wanneer het beleid internationaal onvoldoende gecoördineerd is. Bovendien is er meer nodig dan prijsinstrumenten. Groene fiscaliteit of het creëren van nieuwe markten voor milieueffecten zoals emissierechten kan een antwoord bieden op één vorm van 'marktfalen': de externe milieukosten van het productie- en consumptiegedrag die niet in de marktprijs worden meegerekend. Maar bij transities speelt nog een andere vorm van marktfalen een rol, namelijk de fundamentele onzekerheid over de toekomstige markten. Door die onzekerheid is het niet mogelijk om de terugverdienmogelijkheid van bepaalde investeringen te berekenen, ook al zijn de milieukosten volledig zichtbaar in de huidige prijzen. Dat komt omdat andere toekomstige kosten en baten niet voldoende gekend zijn wanneer er nog teveel scenario's openliggen. De marktwerking kan pas hersteld worden en het ondernemersrisico voor investeringen in radicale innovaties tot op zekere hoogte opnieuw beheersbaar als er een gedeelde toekomstverwachting ontstaat. Een gedeelde toekomstverwachting beïnvloedt trouwens niet alleen de investeringsbeslissingen van bedrijven, maar ook de beslissingen, praktijken en gewoontes van consumenten, onderzoekers, enzovoort. Een gedragen langetermijnvisie, die door de overheid ondersteund wordt met een stabiel beleidskader, is een krachtig instrument om zo'n gedeelde toekomstverwachting te creëren.

Het effect van prijsinstrumenten is op korte termijn ook beperkt door het feit dat regimes stabiel zijn. Die stabiliteit maakt dat het economische handelen van individuele actoren spontaan gericht is op het verder in stand houden en optima-

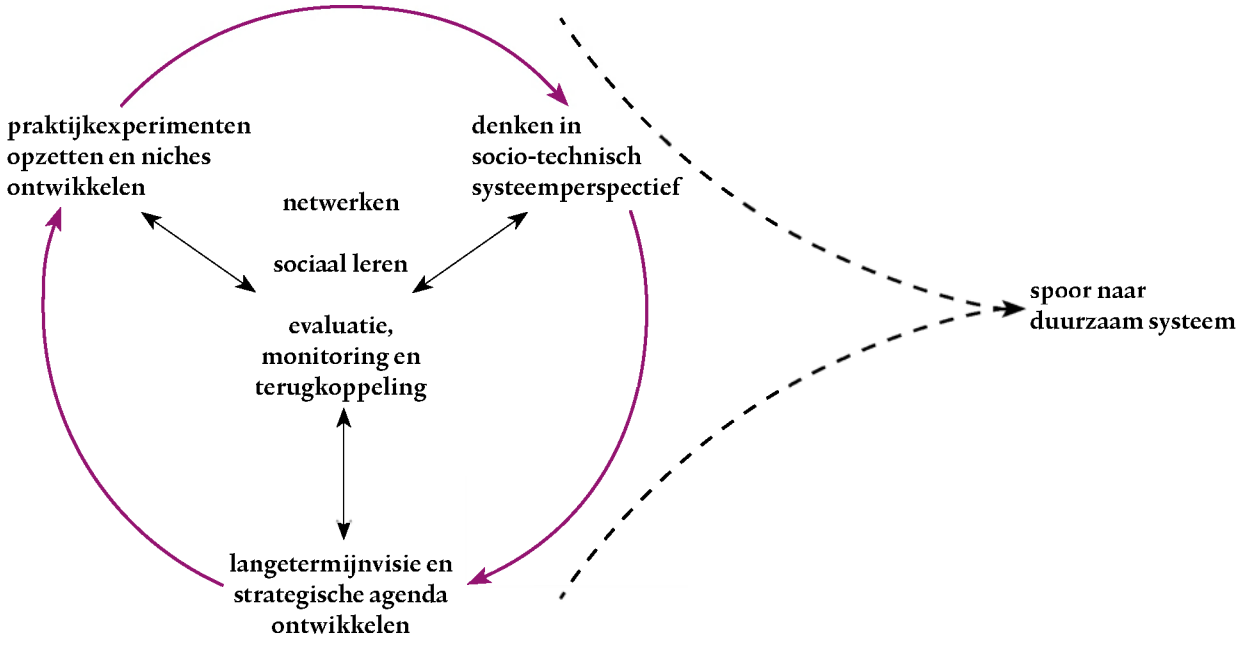
liseren van de bestaande systemen. Radicale innovaties die sterk afwijken van het regime krijgen dan weinig kans. Prijsinstrumenten kunnen er bijvoorbeeld wel voor zorgen dat de vraag naar elektrische wagens ten opzichte van diesel- en benzinewagens toeneemt. Maar er moeten ook laadpunten zijn, investeringen om de capaciteit van de elektriciteitsnetten uit te breiden, standaardisering van stekkers en batterijen, enzovoort. Om dit 'systeemfalen' te corrigeren en de ontwikkeling en doorbraak van radicale innovaties te versnellen, is het nodig om actoren samen te brengen, een visie uit te tekenen, gezamenlijke experimenten op te zetten, enzovoort.

Ingrediënten van een transitieaanpak

Om de ontwikkeling en doorbraak van radicale systeeminnovaties van de grond te krijgen, zijn traditionele beleidsinstrumenten dus noodzakelijk maar onvoldoende. Zoals hierboven beschreven is het ook essentieel om de handelingen en (investerings)-beslissingen van individuele actoren te sturen met een gedragen langetermijnvisie, om actoren samen te brengen, samen experimenten op te zetten, enzovoort. Daarvoor is er een aanvullende, specifieke beleidsaanpak nodig, waarin een (pro)actieve overheid samenwerkt met andere actoren. We omschrijven die aanpak hier als transitiegovernance: een combinatie van methoden om transities trachten te versnellen en in een duurzame richting te sturen. Twee belangrijke bemerkingen daarbij:

- Een welomschreven, universeel toepasbaar recept voor transitiegovernance bestaat niet. De wetenschappelijke literatuur over het onderwerp schuift wel een aantal bruikbare 'ingrediënten' naar voor (zie ook FIGUUR 14.3). In wat volgt, komt een aantal van deze elementen aan bod, met vermelding van waarom ze nodig zijn en welke rol de overheid en andere actoren kunnen spelen.

FIG. 14.3 *Kenmerken van transitiegovernance*



- Het zou volledig in tegenspraak zijn met de hierboven beschreven complexiteit en onzekerheid in transities om transitiegovernance voor te stellen als een onfeilbaar recept. Het wordt een proces van zoeken, proberen, leren, lukken en soms mislukken, van kleine en grote stappen. Maar altijd met een strategisch langetermijndoel voor ogen, zoals de transitie naar een duurzame koolstofarme economie.

Denken in socio-technisch systeemperspectief

Om transitieprocessen te kunnen beïnvloeden moet er vanuit systeemperspectief naar de werkelijkheid gekeken worden. De systemen die verantwoordelijk zijn voor het invullen van maatschappelijke behoeften – zoals het energiesysteem, het materialensysteem, het mobiliteitssysteem, het voedselsysteem, het woon- en bouwsysteem en het zorgsysteem – kampen bijna allemaal met hardnekkige problemen: complex, moeilijk op te lossen, maatschappelijk en institutioneel diep verankerd en een bron van veel duurzaamheidsproblemen. Eerder in de tekst zijn voorbeelden gegeven uit het mobiliteits- en energiesysteem. Zulke problemen zijn niet op te lossen met alleen maar nieuwe producten en technologieën. Ze vragen een benadering op socio-technisch systeemniveau, waardoor de verschillende samenhangende onderdelen van het systeem in beeld komen.

Dat zo'n benadering op socio-technisch systeemniveau nodig is, kan geïllustreerd worden aan de hand van het visionaire scenario voor transport (zie Hoofdstuk 6 Transport). Dit scenario grijpt voornamelijk in op het systeem 'vervoermiddel', onder andere door een verhoogde invoer van elektrische wagens, plug-in hybrides en wagens op waterstof, het verhogen van het aantal personenkilometers met de fiets en met het openbaar vervoer, en het vervangen van een deel van de vrachtwagenkilometers door vervoer met spoor en binnenvaart. Op de vraag naar transport, namelijk het aantal voertuigkilometers, wordt veel minder ingegrepen. Er wordt verondersteld dat het aantal vrachtwagenkilometers vermindert door een betere economische en ruimtelijke organisatie, hogere laadfactoren en grotere vrachtwagens, maar we kunnen niet echt spreken van een grondige ommezwaai van het mobiliteitssysteem. Ondanks de verregaande technologische maatregelen wordt de indicatieve doelstelling van het visionaire scenario in de transportsector – een reductie van de broeikasgasemissies met 50 % in 2030 ten opzichte van 1990 – niet gehaald. Om meer winst te boeken, moet het aantal voertuigkilometers nog verder naar beneden. Het systeem moet met andere woorden uitgebreid worden van de technologie 'vervoermiddel' naar de functie 'mobiliteit', zodat er ruimte komt voor een combinatie van uiteenlopende innovaties: technologisch, socio-cultureel, institutioneel ... Een langetermijnperspectief op systeeminnovatie kan de blik dan verruimen naar bijvoorbeeld een verregaande ruimtelijke herinrichting, naar nieuwe mobiliteitsconcepten, maar bijvoorbeeld ook naar regionalisering van productie en consumptie, naar transportsystemen die werken met lagere snelheden en kortere afstanden, of naar nieuwe vervoersmodi (bijvoorbeeld buizentransport).

Meer algemeen leert het systeemperspectief dat de overgang naar een duurzame koolstofarme economie bijna onvermijdelijk gepaard zal gaan met een andere kijk op wat een welvarende maatschappij is. Heel wat verschillende levensstijlen blijven mogelijk, maar burgers zullen nieuwe dagelijkse routines ontwikkelen en andere opvattingen over wat een goed leven is, bedrijven zullen op zoek gaan naar nieuwe bedrijfsmodellen, andere instituties zullen mee vorm geven aan de maatschappij. Naast de grote rol die er voor de traditionele innovatieactoren (bedrijven, kennisinstellingen, overheden) is in een transitie, ontstaat ook duidelijk een rol voor bijvoorbeeld de sociale economie, organisaties in de socio-culturele sector, het verenigingsleven en burgerinitiatieven. De Vlaamse transitieprocessen rond duurzaam wonen en bouwen (DuWoBo) en duurzaam materialenbeheer (Plan C) geven hier alvast het goede voorbeeld door ook initiatieven te ontwikkelen rond onder andere nieuwe woonvormen en levende woonkernen (DuWoBo) en rond productdienstcombinaties en verantwoordelijke consumenten (Plan C).

Het systeemperspectief maakt ook de nood aan beleidsintegratie duidelijk. De innovaties die nodig zijn voor duurzame systemen of een koolstofarme economie overschrijden immers het traditionele werkveld van de individuele beleidsdomeinen. Verschillende beleidsdomeinen (milieu en energie, mobiliteit, economie, wetenschap en innovatie, enzovoort) zullen dus hun krachten moeten bundelen.

Ook het innovatiebeleid zal zich moeten aanpassen. Traditionele innovatiestudies benaderen de problematiek van bijvoorbeeld een koolstofarme economie bijna uitsluitend vanuit de nieuwe technologieën die in onder andere het energie- of mobiliteitssysteem noodzakelijk zijn. In de transitiecontext lijkt een herdefiniëring van innovatietheorie en innovatiebeleid nodig op minstens drie terreinen:

- van innovatie hoofdzakelijk in functie van economische groei naar innovatie gericht op het oplossen van veel ruimere maatschappelijke vragen;
- van innovatie die hoofdzakelijk denkt in termen van technologie naar integratie tussen technologische, institutionele en socio-culturele innovaties;
- van proces- en productinnovatie naar systeeminnovatie.

Langetermijnvisie en strategische agenda ontwikkelen

De transitieliteratuur besteedt over het algemeen veel aandacht aan de formulering van langetermijnvisies. Dit zijn beelden van waar het systeem uiteindelijk naartoe zou moeten evolueren. Zo'n langetermijnvisie wordt niet geformuleerd onder de vorm van eenduidig vastgelegde doelstellingen, maar eerder als een brede oriëntatie die ruimte laat voor verschillende sporen. Het formuleren van toekomstbeelden heeft verschillende doelstellingen:

- een strategische oriëntatie bieden waarop maatschappelijke actoren en beleid zich kunnen richten;
- een leerproces genereren waardoor het zicht op het heden en de toekomstmogelijkheden verandert.

Strategisch gezien heeft een langetermijnvisie het doel om te 'werven', de toekomstverwachtingen en het handelen van maatschappelijke spelers te beïnvloeden, bijvoorbeeld bij beslissingen over langlevende investeringen. Een breed gedragen visie zorgt immers voor een zekere congruentie in het handelen van uiteenlopende individuen en partijen. Ze maakt het mogelijk om kortetermijnoplossingen te formuleren in functie van het toekomstbeeld.

De overheid speelt een belangrijke rol in het succes van een visie. Uit onderzoek blijkt dat een betrouwbare overheid die langetermijnbeleidsdoelen stelt en daar consequent naar handelt, een grote invloed heeft op acties van maatschappelijke actoren en zeker op investeringsbeslissingen van bedrijven, onder andere in duurzame energietechnologie. Als de overheid twijfelt en niet weet welke richting ze uit wil, zijn ondernemers minder geneigd risico's te nemen en blijven innovaties steken. De overheid moet wel in staat zijn om zo'n oriënterende visie te hanteren en op basis daarvan een (min of meer) samenhangende strategische agenda te ontwikkelen. Dit is geen evidentie. De overheid moet in feite zelf ook een soort transitie doorlopen: naar een lerende organisatie, die flexibel reageert op nieuwe ontwikkelingen in de samenleving, met ambtenaren die over beleidsdomeinen heen werken en niet in een keurslijf zitten dat initiatief ontmoedigt. Het management heeft hierin een belangrijke rol.

Om wervende kracht te genereren, moet tijdens het ontwikkelen van een langetermijnvisie ook een leerproces optreden. Tijdens het proces van visievorming denkt men in systeemperspectief na over de problemen waar het bestaande regime mee kampt, en over de verschillende soorten innovaties die mogelijk een antwoord bieden op die regimeproblemen en het systeem in een duurzame richting kunnen laten evolueren. Op die manier kunnen bestaande denkpatronen doorbroken worden. Vastgeroeste ideeën zullen misschien wijzigen, nieuwe inzichten en nieuwe handelingsmogelijkheden kunnen opduiken, voorbij wat de gevestigde actoren als de normale gang van zaken beschouwen. Die leereffecten kunnen bijvoorbeeld het klassieke denkpatroon doorbreken dat energiebevoorrading enkel verzekerd kan worden door te investeren in productiecapaciteit. Ze kunnen leiden tot het inzicht dat energiebevoorrading ook gegarandeerd kan worden door de energievraag drastisch te verminderen. Dit inzicht kan op zijn beurt een nieuwe waaier aan innovatiemogelijkheden openen.

Het is van belang die leereffecten niet te idealistisch te zien. Nieuwe denkwijzen vragen tijd, en het is niet vanzelfsprekend het eigen belang zo te (her)-formuleren dat het gaandeweg in een gemeenschappelijke belang past. En soms blijven belangen gewoon tegengesteld. Niet elk proces van visievorming leidt dus tot nieuwe inzichten, en niet elke visie is even wervend. Het is laveren tussen enerzijds tot de verbeelding sprekende beelden, innovatief en creatief (maar zonder dat ze utopisch en onhaalbaar lijken) en anderzijds zeer concrete beelden die als te sturend worden ervaren en enkel op het lijf van een beperkte groep actoren geschreven zijn.

Om de kans op succes te verhogen, is het aan te raden om interactief en participatief vorm te geven aan visies, en dat om minstens twee redenen. Ten eerste zijn nieuwe inzichten voornamelijk het gevolg van confrontaties tussen ideeën en van kennismaking met een diversiteit aan opties. Het is dus van belang om een voldoende diverse groep te betrekken bij de visievorming. De transitieliteratuur pleit ervoor om vooral nichespelers en vooruitdenkende regimespelers te betrekken bij de formulering van toekomstbeelden; alleen zo kunnen bestaande ideeën over een systeem wijzigen. Gevestigde regimespelers zullen vanuit hun positie en belangen immers weinig geneigd zijn het systeem waar ze deel van uit maken fundamenteel in vraag te stellen. Ten tweede is een interactieve aanpak noodzakelijk opdat betrokken actoren zich met de visie kunnen identificeren. Visies kunnen een veranderingspotentieel openen, maar dat moet ook nog in de praktijk gerealiseerd worden. Daarvoor is identificatie noodzakelijk.

Praktijkexperimenten opzetten en niches ontwikkelen

Transitiegovernance beperkt zich niet tot visies uittekenen, participatieve processen opzetten en leerprocessen initiëren. Het richt zich ook uitdrukkelijk op praktijkexperimenten waarin innovaties die mogelijk passen in een duurzamer systeem op kleine schaal uitgetest worden. Uit zulke experimenten kan op verschillende vlakken geleerd worden: over de kennisontwikkeling en -uitwisseling die nodig is tussen bedrijven, de duurzaamheidsaspecten van de vernieuwing, de mate waarin ze voldoet aan gebruikerwensen, de maatschappelijke acceptatie, de condities voor toepassing, enzovoort.

Experimenten hebben een strategische finaliteit: een duurzaam systeem (bijvoorbeeld een duurzaam energie- of mobiliteitssysteem) dichterbij brengen. Experimenten opzetten, daar vervolgens niches rond ontwikkelen en die niches trachten te koppelen aan regimeproblemen, is immers een belangrijke strategie voor wie transities een stap vooruit wil helpen. Een portfoliobenadering waarin meerdere wegen naast elkaar uitgeprobeerd worden, is daarbij aan te raden om vroegtijdige *lock-in* in één traject te vermijden.

Het opzetten van experimenten en het ontwikkelen van niches is zeker niet het exclusieve domein van de overheid. Toch kunnen zowel centrale als lokale overheden, in alle beleidsdomeinen, een belangrijke rol spelen door afgeschermde experimenteerruimtes te creëren. Een voorbeeld hiervan zijn de onderwijsproeftuinen, waar scholen binnen een afgebakende tijdsduur en op beperkte schaal vernieuwingen uitproberen, los van bepaalde regels. Experimenteerruimte creëren kan onder andere via (een combinatie van) subsidiesystemen (bijvoorbeeld voor hernieuwbare energie), regelgeving en praktijkexperimenten (bijvoorbeeld elektrische auto's voor gemeentediensten). Door afgeschermde experimenteerruimtes te creëren kan de overheid twee vliegen in één klap slaan. De doorbraak van niches wordt gestimuleerd door innovaties uit te testen en een markt te creëren én er wordt bijgedragen aan de oplossing van prangende maatschappelijke problemen. Innova-

tie wordt op die manier méér dan de motor van de economie, het wordt de motor van duurzame ontwikkeling. Een voorbeeld hiervan is de Vlaamse inhaaloperatie voor de scholenbouw. Terwijl alle nieuwe scholen aan een strenge energienorm moeten voldoen, investeert de overheid ook in de bouw van 24 passiefscholen. Zo worden een experimenteerruimte en een markt gecreëerd voor het toepassen van de passiefhuisstandaard in grote publieke gebouwen, de energiefactuur van de scholen wordt fors gereduceerd, en er wordt een bijdrage geleverd aan de reductie van de broeikasgasemissies.

Maar zoals gezegd is de overheid maar één actor, zij het wel een belangrijke. Passiefbouw is bijvoorbeeld niet uitgevonden door de overheid. Vooruitstrevende bedrijven, kenniscentra en wetenschappelijke instellingen, consumentenorganisaties, NGO's en het verenigingsleven hebben een minstens even belangrijke

Hoe EVA werkt aan vleesmatiging

Volgens de Food and Agricultural Organization (FAO), de landbouworganisatie van de Verenigde Naties, is de veeteelt wereldwijd verantwoordelijk voor 18 % van de totale broeikasgasuitstoot. Een matiging van de vleesconsumptie zou dus een sleutelelement moeten zijn in de transitie naar een duurzame koolstofarme economie. In transitietermen betekent dit dat de innovatie 'minder vlees eten' moet doorbreken in het bestaande voedingsregime. In een duurzaam scenario vormen plantaardige producten, en niet dierlijke, de grondslag van onze dagelijkse voedingsgewoontes.
De organisatie EVA vzw (Ethisch Vegetarisch Alternatief) probeert het brede publiek te overtuigen van de voordelen van minder vlees eten. Om deze innovatie ingang te doen vinden, wordt onder meer ingezet op al-doende-leren: gebruikers leren de voordelen van de innovatie kennen door ze zelf in de praktijk uit te proberen. EVA organiseert bijvoorbeeld kooklessen en kookworkshops voor particulieren en voor chefs van restaurants en grootkeukens. Dit maakt ook duidelijk dat al-doende-leren niet beperkt hoeft te blijven tot technologische demonstratieprojecten.
Toch kan een innovatie pas ten volle doorbreken wanneer ze deel wordt van de gewoonten en de routines van bedrijven en consumenten. Met de campagne 'Donderdag Veggiedag' probeert EVA daarom vegetarisch eten in te schuiven in onze voedingsgewoonten. De sterkte van deze campagne berust op twee aspecten. Enerzijds wordt door te mikken op een kleine gedragverandering (één dag per week) voorkomen dat de consument te snel afhaakt. Anderzijds blijft het concept, door het naar voren schuiven van een welbepaalde dag als dé vegetarische dag, beter hangen in de hoofden van de mensen. Op termijn kunnen mensen zo 'uit gewoonte' de donderdag beginnen te associëren met vegetarisch eten.
Ook de overheid kan uiteraard een grote rol spelen in de doorbraak van 'minder vlees eten', in de eerste plaats door zelf het goede voorbeeld te geven.
Dit kan bijvoorbeeld door in alle overheidsrestaurants (openbare instellingen, ziekenhuizen …) vegetarische maaltijden te voorzien, aansluitend bij lopende initiatieven zoals interne milieuzorg of groen aankoopbeleid. In mei 2009 gaf de stad Gent alvast het goede voorbeeld door donderdag officieel uit te roepen tot veggiedag. De hoofdmaaltijd in de restaurants van de stad (personeelrestaurant, kantines van stedelijke scholen) is nu op donderdag vegetarisch. Tegelijk moet de overheid vermijden om tegenstrijdige berichten te geven, bijvoorbeeld in het onderwijs of in boodschappen van algemeen nut die vleesproducten aanprijzen.

rol wanneer ze willen inspelen op transitie-ideeën. Dat komt ook de diversiteit aan niches ten goede. In het algemeen heeft de transitieliteratuur veel aandacht voor technologische niches, en dat is zeker interessant vanuit bedrijfperspectief. Bedrijven kunnen echter ook niches voor diensten of productdienstcombinaties ontwikkelen, net zoals de sociale economie of de socio-culturele sector. En ook vanuit het verenigingsleven kunnen duurzame niet-technologische niches groeien die het regime uitdagen (zoals voedselteams, autodelen of Local Exchange and Trading System (LETS)-groepen; zie ook de kadertekst *Hoe EVA werkt aan vleesmatiging* voor een voorbeeld van niet-technologische innovatie).

Er is op het vlak van het bewust ontwikkelen en tot maturiteit laten groeien van niches nog veel werk te doen. Uit onderzoek blijkt dat niches in feite gezien moeten worden als innovatiesystemen die een aantal functies moeten vervullen om de innovatie tot ontwikkeling te brengen (TABEL 14.1) (Hekkert *et al.*, 2007). De functies moeten elk apart goed vervuld worden maar als ze elkaar versterken maakt de technologie of dienst meer kans om door te breken. Die functiebenadering werd tot nu toe vooral toegepast op technologische innovaties, maar is zeker ook bruikbaar voor het ontwikkelen van niet-technologische niches.

Het invullen van de functies is opnieuw een gedeelde verantwoordelijkheid van ondernemers, andere actoren en de overheid. De overheid kan op verschillende vlakken een rol kan spelen. Zo heeft ze een belangrijke functie bij F4 'richting geven aan het zoekproces'. Twijfelt de overheid en verandert ze regelmatig haar doelstellingen, dan komt de innovatie moeilijk van de grond of zakt ze weer in elkaar. Creëert de overheid echter een duidelijk en stabiel kader met de nodige financiële mechanismen, dan kan de innovatie zich veel gemakkelijker ontwikkelen. Dit kwam ook al aan bod bij de bespreking van het belang van langetermijnvisies en -doelstellingen. De tweede cruciale functie, F5 'marktcreatie', is noodzakelijk om voorbij de ontwikkelingsfase te geraken. Ook hier kan de overheid tussenkomen, bijvoorbeeld door het introduceren van systemen zoals terugleververgoedingen aan het elektriciteitsnet, of vormen van innovatief aanbesteden waar de overheid zelf vragende partij is. De overheid kan ook 'additioneel beleid' voeren wanneer bepaalde systeemfuncties niet of nauwelijks vervuld worden. Dat inzicht ontwikkelen vraagt wel een systeemperspectief op innovaties in plaats van het lineaire innovatiemodel dat nu nog vaak de boventoon voert. Het lineaire innovatiemodel gaat ervan uit dat innovatie begint bij het overwinnen van technische barrières, waarna de diffusie van de nieuwe technologie op de markt moet worden geregeld.

TAB. 14.1 *Functies van technologische innovatiesystemen*

Systeemfuncties	Betekenis
F1 Experimenteren door ondernemers	Zonder ondernemers geen innovatie. Hun rol is om het potentieel van kennisontwikkeling, netwerken en markten tot businessopportuniteiten om te buigen.
F2 Kennisontwikkeling	Onderzoek en kennisontwikkeling zitten in het hart van innovatie. Dat kan betrekking hebben op hoe de technologie of dienst werkt, maar ook op gebruikerswensen, maatschappelijke aanvaarding, de rol van regelgeving enzovoort. Al-doende-leren is hiervan een belangrijk onderdeel.
F3 Kennisdiffusie in netwerken	Een niche is in essentie een netwerk dat probeert zijn innovatie te promoten. Als uit opgedane ervaringen niet geleerd kan worden en kennis dus bij één partij blijft hangen, belemmert dat de ontwikkeling van de niche.
F4 Richting geven aan het zoekproces	Of bedrijven en andere vernieuwers willen investeren, hangt samen met toekomstverwachtingen. Beleidsdoelen, toekomstvisies, standaarden ... kunnen die verwachtingen sterk beïnvloeden.
F5 Creëren van markten	Een nieuwe technologie of dienst moet concurreren met de heersende praktijken. Tijdelijke afscherming van competitie of creatie van een vraag zijn hier mogelijkheden (via quota, marktregels, belastingvrijstellingen ...).
F6 Mobiliseren van middelen	Voldoende menselijke en financiële middelen zijn noodzakelijk om een innovatie voorbij de experimentele fase te tillen.
F7 Creëren van legitimiteit/weerstand tegen verandering tegengaan	De actoren in de niche moeten steun vinden voor hun innovatie. Daarbij moeten ze vaak strategieën vinden om op te boksen tegen gevestigde belangen.

Bron: op basis van Hekkert *et al.* (2007)

De innovatiesysteembenadering toont aan dat netwerken cruciaal zijn om vernieuwende experimenten op te zetten en niches uit te bouwen. Een innovatie kan niet doorbreken zonder een breed, transparant netwerk van actoren die geloven in de innovatie en een bijdrage willen leveren om de nodige kennisontwikkeling en -uitwisseling te realiseren, om legitimiteit op te bouwen voor het veranderingsproces, om voldoende draagkracht te realiseren om innovaties voort te zetten, enzovoort. De deelnemers in zo'n netwerk variëren van onderzoekers, bedrijven, investeerders en overheid tot maatschappelijke organisaties en burgers.

De overheid kan opvolgen hoe aan de verschillende functies invulling gegeven wordt en waar extra ondersteuning nodig is. Ze moet dus gericht investeren in netwerken. 'Investeren' betekent niet altijd nieuwe netwerken creëren. Er bestaan al heel wat innovatienetwerken, gaande van netwerken die vooral gericht zijn op de ontwikkeling van technologische niches tot netwerken die zich expliciet richten op transities naar duurzame systemen zoals DuWoBo en Plan C (zie kadertekst *Het innovatienetwerk Cleantechplatform.be*). De overheid kan in functie van de langetermijnvisie bestaande netwerken bijsturen en op elkaar afstemmen, en nieuwe netwerken opzetten waar nodig.

Het innovatienetwerk Cleantechplatform.be

Cleantech is een verzamelnaam van producten, diensten en processen op basis van technologieën die het gebruik van natuurlijke hulpbronnen optimaliseren en de milieu-impact minimaliseren. Belangrijk hierbij is het uitzicht op economische toegevoegde waarde in combinatie met milieuwinst.
Op 27 maart 2009 lanceerden de Universiteit Hasselt en de Investeringsmaatschappij voor Limburg het Cleantechplatform.be. Het doel van dit netwerk is de Cleantech activiteiten in Limburg en Vlaanderen verder uit te bouwen door de samenwerking tussen bedrijven, investeerders, overheden, consumenten en kenniscentra te versterken.
In do-tanks worden inhoudelijke experts (onderzoekers en overheid), investeerders en bedrijven samengebracht rond specifieke thema's. Elke do-tank gaat op zoek naar zinvolle Cleantech technologieën, kennis en projecten. Via een denktank en netwerkactiviteiten trachten alle relevante en gedragen actoren (provincie Limburg, bedrijven, kennisinstellingen, investeerders) de bestaande en nieuwe netwerken van de verschillende do-tanks in te bedden in bredere maatschappelijke netwerken.
In de praktijk blijkt de afstemming van bestaande netwerken en initiatieven soms belangrijker dan het oprichten van nieuwe netwerken. Het afstemmen van bestaande netwerken (kennisinstellingen, Provinciale Ontwikkelingsmaatschappij, Steunpunt Duurzaam Bouwen Limburg, investeerders, Centrum Duurzaam Bouwen) is bijvoorbeeld de voornaamste taak van de do-tank rond energie en (ge)bouwen. Het Steunpunt Duurzaam Bouwen Limburg begeleidt en stimuleert immers al vele duurzame bouwprojecten. Binnen het Cleantechplatform.be bleek dat het Steunpunt Duurzaam Bouwen Limburg nog een betere link zocht met kennisinstellingen (nieuwe (bouw)technologie) en investeerders. Linken met overheid, sector en middenveld waren er al.

Sociaal leren op de agenda

Leren speelt een belangrijke rol in het proces van transitiegovernance, zowel tijdens de visievorming als tijdens het opzetten van praktijkexperimenten en het ontwikkelen van niches. De leerprocessen op zich zijn belangrijk om nieuwe inzichten te verwerven. De leerervaringen kunnen op hun beurt worden gebruikt om de langetermijnvisie, de praktijkexperimenten en de nicheontwikkeling bij te sturen. Zoals hierboven aangegeven is het niet mogelijk om het doel van het transitieproces – een duurzamer systeem – exact te definiëren en precies aan te geven welke weg afgelegd moet worden. Visievorming kan wel een brede oriëntatie geven, maar complexiteit en onzekerheid zijn eigen aan een transitie. Gaandeweg leren over het doel en de weg er naartoe, is voor alle betrokkenen een noodzaak.

Leren kan verschillende vormen aannemen. Eerste orde leren is het opdoen van nieuwe kennis en de overdracht van die kennis. Zo leveren de verschillende scenario's in deze Milieuverkenning 2030 informatie op over mogelijke ontwikkelingen van sectoren en milieuthema's in Vlaanderen. Die nieuwe kennis kan het beleid en andere actoren informeren over bijvoorbeeld de effectiviteit van bepaalde maatregelen en technologieën, en zo hun handelen sturen. Dit soort kennis is ook cruciaal voor de ontwikkeling van niches (functies F2 en F3 in Tabel 14.1)

In transitiedenken wordt echter evenveel belang gehecht aan een andere soort kennis en leren, namelijk tweede orde leren. Bij dit soort leren zoekt men niet alleen naar oplossingen voor een probleem, maar probeert men ook de probleemstelling zelf te herformuleren door gangbare denkkaders en impliciete aannamen in vraag te stellen. De vraag is dan niet meer alleen 'Doen we de dingen goed of kunnen we ze beter doen', maar ook 'Doen we nog de goede dingen'. Om bijvoorbeeld een (toekomstig) probleem van verkeersoverlast op te lossen, gaat men dan niet alleen nadenken over hoe de (toekomstige) verkeersstromen in goede banen geleid kunnen worden, maar ook over de vraag of die verkeersstromen wel nodig zijn. Tweede orde leren kan onder andere gestimuleerd worden door te denken op lange termijn, in termen van socio-technische systemen en het multilevelperspectief, en door de wisselwerking tussen inzichten en praktijk (al-doende-leren en al-lerende-doen), bijvoorbeeld in praktijkexperimenten.

Tweede orde leren speelt zich af doorheen een proces van sociaal leren: in discussie met elkaar reflecteren mensen op hun uitgangspunten, waarden en praktijken om nieuwe oplossingen te vinden voor problemen. Daardoor verandert hun referentiekader, problemen worden geherdefinieerd en nieuwe handelingsperspectieven geopend. Dit sluit uiteraard naadloos aan bij wat hierboven betoogd werd over het belang van langetermijndenken. En opnieuw: sociaal leren moet niet te idealistisch gezien worden. Zelfs al veranderen inzichten, de daden volgen niet altijd. Maar op nieuwe inzichten kan wel verder gebouwd worden.

14.5 De bekendste bereidingswijze: transitiemanagement

Ingrediënten definiëren is één ding, maar vanuit beleidsperspectief luidt de volgende vraag dan hoe die ingezet kunnen worden, waar, en door wie. Moet het beleid zich nu volop gaan bezig houden met visies vormen, experimenteren en leren, netwerken en participatieve processen opzetten?

Zoals gezegd blijven traditionele juridische, financiële, economische en sociale beleidsinstrumenten noodzakelijk. Transitiedenken en transitiegovernance zijn eigenlijk een nieuwe generatie van beleidsconcepten die gedragen en uitvoerbare oplossingen zoeken voor nieuw opduikende en complexere problemen, zoals klimaatverandering. Vorige generaties van beleidsconcepten en -instrumenten blijven nodig, maar ze worden wel aangevuld en in een ander kader geplaatst.

Met haar Nationaal Milieubeleidsplan 4 zette Nederland in 2001 als eerste in op transitiegovernance. Er werden processen opgezet rond energie, mobiliteit, landbouw, en biodiversiteit en natuurlijke rijkdommen. Ondertussen lopen er ook processen in de zorg- en gezondheidsector. Verschillende ministeries en vele maatschappelijke actoren zijn bij de processen betrokken. Ook in Vlaanderen lopen twee transitiegovernanceprocessen: DuWoBo, dat zich richt op duurzaam wonen en bouwen, en Plan C, dat zich richt op duurzaam materialenbeheer. Al deze processen

hebben gelijkaardige kenmerken:

- ze zijn opgezet als een aanvullende beleidslijn bij het reguliere beleid;
- ze zijn gericht op de lange termijn en op structurele verandering van socio-technische systemen;
- ze hebben duurzaamheid als strategisch doel;
- er wordt samengewerkt met vooruitdenkende niche- en regimeactoren;
- er worden praktijkexperimenten opgezet om de langetermijnvisie te concretiseren en niches uit te bouwen.

Bovendien werd dikwijls, maar niet uitsluitend, een specifiek model toegepast, het zogenaamde transitiemanagementmodel. Dat model probeert de verschillende ingrediënten van transitiegovernance in één methodologisch pakket te combineren. Ook de twee Vlaamse transitieprocessen passen deze methode toe.

Het transitiemanagementmodel is in Nederland ontwikkeld en is een uitgewerkte methodologie om voor een bepaald maatschappelijk systeem een duurzaamheidstransitie in gang te zetten en te versnellen (Loorbach, 2007). Het model maakt gebruik van een aantal typische instrumenten zoals een transitiearena, duurzaamheidsvisies en transitiebeelden, transitiepaden en transitie-experimenten. Het centrale instrument is de transitiearena, een plaats waar een beperkte groep van vooruitdenkende regimespelers en niche-actoren elkaar ontmoeten. De transitiearena heeft als doel tot een gezamenlijk begrip en probleemdefinitie te komen van het systeem dat aangepakt moet worden, en een duurzaamheidsvisie te ontwikkelen voor dat systeem. In een tweede fase wordt de arena uitgebreid met nieuwe deelnemers die onder andere meewerken aan het identificeren van relevante thema's en subsystemen, en het uitwerken van mogelijke transitiepaden om de visies te bereiken. De transitieagenda brengt al het werk samen en is in feite een gezamenlijk actie- en innovatieplan om duurzaamheid in een bepaald systeem te stimuleren. Het blijft echter niet bij een agenda: in een volgende fase worden transitie-experimenten opgezet om te leren en om na te gaan of de voorgestelde transitiepaden ook werkelijk bijdragen aan de gewenste verandering.

Het eerste transitieproces in Vlaanderen dat de aanpak van het transitiemanagementmodel volgde – DuWoBo – werd in 2004 geïnitieerd door de Vlaamse milieuadministratie. De Nederlandse onderzoekers die het model ontwikkelden, waren rechtstreeks betrokken bij dit proces. Het tweede transitiemanagementproces, Plan C, werd in 2006 opgestart door de Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM). Beide processen zijn erin geslaagd een volwaardige transitieagenda op papier te zetten. Zowel DuWoBo als Plan C werkte een toekomstvisie uit met verschillende transitiepaden. Beide zijn momenteel in het stadium van het opzetten van en leren uit experimenten (zie kadertekst *Plan C en DuWoBo: enkele projecten*). De twee processen zijn relatief goed gekend in het milieudomein en bereiken enkele honderden personen. Het oudste proces, DuWoBo, slaagt er in om een zekere invloed uit te oefenen op de agendasetting in de Vlaamse bouw- en woonsector. Ook de eerste experimenten van Plan C kunnen op een ruime belangstelling rekenen. Behalve deze

tastbare resultaten hebben beide processen ook andere effecten:

- ze stimuleren langetermijndenkprocessen over duurzame ontwikkeling in hun domein;
- ze leggen een bredere kennisbasis over systeeminnovaties en transities;
- ze zorgen voor netwerking tussen organisaties en individuen die elkaar voorheen nauwelijks kenden, en genereren zo synergie en draagvlak;
- ze introduceren nieuwe participatieprocessen in beleidsvorming.

Het typische van het transitiemanagementmodel is dat het aanvankelijk in de schaduw van het reguliere beleid opereert. Op die manier is het mogelijk om onbe-

Plan C en DuWoBo: enkele projecten

Ecobouwpools: kennis verspreiden via netwerken

De transitieagenda van DuWoBo, het Vlaamse transitieproces rond duurzaam wonen en bouwen, is opgebouwd rond vier streefbeelden. Het streefbeeld 'Sluit de kring' is gericht op het sluiten van materiaal- en energiekringlopen. Een van de projecten die aansluit bij dit streefbeeld is het ecobouwpools-project van het Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen en Wonen (VIBE vzw) en partners.
De bio-ecologische sector heeft meer dan 25 jaar ervaring met energie- en waterbesparend bouwen met zo weinig mogelijk chemische en/of schadelijke materialen en stoffen in en rond het gebouw. Het is echter nog steeds een nichemarkt. De bedoeling van de ecobouwpools is om via netwerking de markt rond bio-ecologisch bouwen en verbouwen te verbreden. Traditionele aannemers en architecten worden samengebracht met bio-ecologische architecten en aannemers, en leren via vorming (theorie en praktijk), demonstraties, voorbeeldprojecten en ervaringsuitwisseling werken met bio-ecologische materialen en technieken. Op die manier geeft men invulling aan de functie 'Kennisdiffusie in netwerken' van het innovatiesysteem 'bio-ecologisch bouwen' (Tabel 14.1).

Chemical leasing: van producten naar diensten

Plan C, het Vlaamse transitieproces rond duurzaam materialenbeheer, is gestart met een project rond *chemical leasing*. *Chemical leasing* is een bedrijfsmodel waarbij de bedrijfswinst niet komt uit de omzet van producten, maar uit het verlenen van een chemische dienst. De klant betaalt niet voor een hoeveelheid chemisch product, maar voor de prestaties van het product, bijvoorbeeld schoongemaakte onderdelen, geverfde oppervlakte, gegalvaniseerde stukken … De verantwoordelijkheid voor het product blijft bij de producent en dienstverlener. Hierdoor is die laatste gemotiveerd om het proces te optimaliseren en het gebruik van stofvolumes te beperken. Zo worden er minder chemicaliën gebruikt, ze worden beter aangewend en overschotten of restafval worden teruggenomen door de leasefirma die de recyclage voor haar rekening neemt zodat de materialencyclus gesloten kan worden.
In de eerste fase van het project onderzoeken experts het potentieel van *chemical leasing* in Vlaanderen. In een volgende fase zal een aantal proefprojecten gestart worden. De bedoeling van deze proefprojecten is om te leren over de toepassing en acceptatie van *chemical leasing* in Vlaanderen. De potentieelanalyse en proefprojecten zijn de eerste stappen in een langetermijninnovatietraject.

vangen over langetermijnontwikkelingen na te denken en creatieve wegen te bewandelen. Zowel DuWoBo als Plan C zijn dan ook opgezet als experiment in innovatief milieubeleid. Nu de processen op gang zijn, moet het beleid echter zorgen voor de randvoorwaarden voor hun functionering. En daar hapert een en ander, bijvoorbeeld in de voorziening van werkingsmiddelen, de ondersteuning van de managementstructuur, de ondersteuning van experimenten, de flankering door een regelgevend kader en de doorstroming van ontwikkelde inzichten naar het reguliere beleid. De Nederlandse energietransitie leert dan weer dat nieuwe factoren beginnen te spelen wanneer transitiemanagementprocessen vanuit de schaduw meer naar het centrum van het beleid bewegen. Zo blijken traditionele belangenconflicten en machtrelaties dan een grotere rol te gaan spelen, onder andere doordat gevestigde regimespelers het proces naar zich toe proberen te trekken (Kemp *et al.*, 2007).

Kortom, de Vlaamse transitiemanagementprocessen hebben tot nu toe een mooi parcours doorlopen. Vooral op het vlak van langetermijnvisievorming en het dynamiseren van nieuwe netwerken zijn resultaten geboekt. Maar verdere investeringen in beide processen zijn nodig om het opzetten van experimenten en het ontwikkelen van niches kansen te geven en om koppelingen te maken met het reguliere beleid.

14.6 Conclusies voor het beleid

Om transities naar duurzame systemen en een duurzame koolstofarme economie in gang te zetten en te versnellen zijn traditionele beleidsinstrumenten, in het bijzonder prijsinstrumenten, noodzakelijk maar onvoldoende. Om de radicale systeeminnovaties die nodig zijn voor transities van de grond te krijgen, is het essentieel om:

- te denken in systeemperspectief zodat men zicht krijgt op een brede waaier aan technologische, institutionele en socio-culturele innovaties.
- richting te geven aan de handelingen en (investerings)beslissingen van individuele actoren door een brede, gedragen langetermijnvisie te formuleren voor sociotechnische systemen. Die langetermijnvisie moet ondersteund worden met een stabiel beleidskader.
- te experimenteren met innovaties die aansluiten bij de langetermijnvisie, en rond die innovaties niches te ontwikkelen en op te schalen.

Dit vereist een specifieke beleidsaanpak, een vorm van *governance* waarin de overheid en de andere maatschappelijke actoren in interactie aan het beleid werken. Kenmerkend is dat het gaat om een aanvullende beleidslijn die gericht is op structurele verandering op lange termijn (25 tot 50 jaar) en die als inspiratie en strategische oriëntatie moet dienen voor het 'reguliere' beleid dat gericht is op korte en middellange termijn.

Het Vlaamse Regeerakkoord 2009-2014, Vlaanderen in Actie (ViA, het toekomstproject van de Vlaamse Regering), en het Pact 2020 bevatten meerdere aanknopingspunten om zo'n langetermijnbeleidsspoor op te zetten: het DNA van de Vlaamse

economie veranderen, doorbraken realiseren, grote projecten voor maatschappelijke vernieuwing opzetten, een groene economie op de sporen krijgen. Het analysekader en de beleidsaanpak van de transitiebenadering kunnen mee invulling geven aan dit soort ideeën. We trachten hier een overzicht te geven van aanknopingspunten en werkmethoden om in Vlaanderen de transitie naar een duurzame koolstofarme economie in een hogere versnelling te krijgen.

Ontwikkel transitiegovernance als langetermijnbeleidsspoor

Een transitie is een langetermijnproces dat ver voorbij de tijdshorizon van een regering reikt, en zelfs ver voorbij de afspraken van het Pact 2020. Wanneer beleidsmakers overtuigd zijn van de noodzaak en het potentieel van een transitie naar een duurzame koolstofarme samenleving is het noodzakelijk om een nieuw soort beleidsspoor te openen dat op een termijn van 25 tot 50 jaar durft te kijken. Het klassieke economische overleg, met enkel de traditionele maatschappelijke spelers, werkt op sectoraal niveau en streeft naar consensus op korte termijn. Dit overlegmodel is gericht op optimalisatie van de bestaande socio-technische systemen. Een overlegmodel dat daarentegen vertrekt vanuit transitiedenken en daarbij meer beleidsdomeinen en vooruitstrevende regime- en nichespelers betrekt, werkt op systeemniveau en streeft naar een brede maar gedragen visie op lange termijn. Dit creëert ruimte voor radicale systeeminnovaties.

Uit de ervaringen van de transitieprocessen DuWoBo en Plan C blijkt dat functioneren in de schaduw van het reguliere beleid de kans geeft om onbevangen over langetermijnontwikkelingen na te denken en creatieve wegen te bewandelen. Het is belangrijk dat de overheid een stabiel kader creëert om zulke processen te ondersteunen en de langetermijnvisie naar de praktijk te vertalen.

Het langetermijnspoor kan in verschillende lopende beleidsprocessen ingeschoven worden, denk maar aan ViA (bijvoorbeeld doorbraak Groen stedengewest) of het Pact 2020 (transitie van het energie-, mobiliteits- en materialensysteem). Ook de grote projecten voor maatschappelijke vernieuwing uit het Vlaamse Regeerakkoord zijn mogelijke instrumenten voor een transitie, op voorwaarde dat duidelijke criteria van systeeminnovatie worden toegepast. Andere lopende processen zijn onder andere het nieuwe Milieubeleidsplan, het op stapel staande Mobiliteitsplan en de Vlaamse Strategie Duurzame Ontwikkeling. Recente ontwikkelingen zijn het vernieuwende sectoroverleg in het economische beleid en de opmaak van een duurzaam werkgelegenheids- en investeringsplan in uitvoering van het Vlaamse Regeerakkoord, waarin ook langetermijnagenda's voor economische transformatie aan bod zullen komen. Een systematische screening van de verschillende beleidsdomeinen kan ongetwijfeld nog meer aanknopingspunten opleveren.

Creëer experimenteerruimtes

Het mag uiteraard niet bij visies en agenda's blijven. De betrokken actoren, ook de betrokken beleidsdomeinen, moeten zich engageren om praktijkexperimenten op te zetten en niches te ontwikkelen. Die zijn uitermate belangrijk om de geformuleerde visies in de praktijk uit te proberen en te leren wat wel en niet werkt. De overheid kan daarvoor afgeschermde experimenteerruimtes creëren, bijvoorbeeld via projecten die binnen een afgebakende tijdsduur en op beperkte schaal innovaties uitproberen, los van bepaalde regels.

Experimenten moeten natuurlijk ook opgeschaald worden en er moeten niches rond ontwikkeld worden. De functiebenadering van innovatiesystemen geeft aan welke processen daarbij gestimuleerd moeten worden (TABEL 14.1). Het invullen van die functies is een gedeelde verantwoordelijkheid van onderzoekers, bedrijven, investeerders, overheid, maatschappelijke organisaties, enzovoort. De overheid heeft een belangrijke rol bij het uitzetten van een langetermijnvisie en het ondersteunen van die visie met een duidelijk en stabiel beleidskader met consistente en volgehouden prioriteiten (functie 'richting geven aan het zoekproces'). Ze heeft ook een rol in marktcreatie en in het voeren van bijkomend beleid wanneer bepaalde functies niet of nauwelijks vervuld worden.

Investeer in netwerken en de functies die ze moeten vervullen

Om de verschillende innovatiesysteemfuncties in te vullen, zijn brede, transparante netwerken cruciaal. De overheid moet opvolgen hoe aan de verschillende functies invulling gegeven wordt, en waar extra ondersteuning nodig is. Ze moet dus gericht investeren in netwerken. Het is echter niet altijd nodig om nieuwe netwerken te creëren. De overheid kan in functie van de langetermijnvisie op een duurzame koolstofarme economie bestaande netwerken bijsturen en op elkaar afstemmen, en nieuwe netwerken opzetten waar nodig.

Het is belangrijk om voldoende nichespelers en vooruitdenkende regimespelers te betrekken in die netwerken. Gevestigde regimespelers zullen vanuit hun positie en belangen immers weinig geneigd zijn het systeem waar ze deel van uit maken fundamenteel in vraag te stellen.

Stimuleer beleidsintegratie

Het multilevelperspectief maakt de nood aan beleidsintegratie duidelijk. Bij de energietransitie in Nederland zijn bijvoorbeeld zes ministeries betrokken. Het ministerie van economische zaken, waaronder energie ressorteert, is er de gangmaker. Wil Vlaanderen betekenisvolle stappen vooruit zetten naar een duurzame koolstofarme economie, dan is een geïntegreerde aanpak met een sterke trekker onontbeerlijk.

Beleidsdomeinen kunnen bijvoorbeeld elkaars doelstellingen integreren of strategisch overkoepelende doelstellingen kunnen in meerdere domeinen ingewerkt worden. In het geval van de transitie naar een koolstofarme economie moet dan bijvoorbeeld de doelstelling om tegen 2050 de uitstoot van broeikasgassen ten opzichte van 1990 te verminderen met 60 tot 80 % (visionaire scenario Milieuverkenning 2030) of met 80 tot 95 % (reductie die volgens IPCC nodig is om onder de 2°C-drempel te blijven) als een centrale aanname meegenomen worden in domeinen zoals milieu en energie, mobiliteit, economie, wetenschap en innovatie. Concreet moet zich dat manifesteren in de keuzen die gemaakt worden: in de projecten die opgezet worden, in het technologiebeleid dat gevolgd wordt, in het onderzoek dat gestimuleerd wordt, de educatieprogramma's die uitgewerkt worden, de netwerken die ondersteund worden, enzovoort. Zonder voldoende coördinatie en samenwerking tussen de verschillende departementen lijkt dit onbegonnen werk. Op termijn heeft beleidsintegratie dus allicht ook invloed op de cultuur en de organisatie van de overheid.

Werk aan een lerende overheid

Een transitieaanpak vergt nieuwe competenties bij de overheid. Ze zal moeten evolueren naar een lerende organisatie, die flexibel kan reageren op nieuwe ontwikkelingen in de samenleving, die langetermijnvisies kan integreren en vertalen naar kortetermijnacties, die kan omgaan met de onzekerheden eigen aan transities, die interactief vorm kan geven aan transitiebeleid. Dat vraagt onder andere ambtenaren die over beleidsdomeinen heen werken en niet in een keurslijf zitten dat initiatief ontmoedigt. Het management heeft hierin een belangrijke rol.

Een transitieaanpak vraagt ook op verschillende vlakken opbouw van kennis en capaciteit. Het transitiekader is nog vrijwel onbekend in Vlaanderen, dus uiteraard ook de manier om ermee aan de slag te gaan. Daarin zal geïnvesteerd moeten worden, net als in capaciteit om lessen te trekken uit de praktijk. Er moet geïnvesteerd worden in zowel het leren over de inhoud (welke richting willen we uit, welke experimenten hebben we daarvoor nodig, wat leveren die op ...) als het leren over het proces (hoe komen we op een goede manier tot toekomstbeelden, hoe betrekken we vooruitdenkende actoren, hoe kunnen experimenten opgeschaald worden, hoe leggen we verbindingen tussen langetermijnvisies en kortetermijnacties, hoe maken we keuzen ...).

Nogmaals: een transitie staat of valt niet met een overheid alleen. Maar om transities bewust te versnellen en in de richting van duurzaamheid te sturen, is de rol van de overheid wel cruciaal. Als de maatschappij het erover eens is dat transities noodzakelijk zijn, mag van de overheid verwacht worden dat ze de kennis en capaciteit mobiliseert om inhoudelijk en procesmatig leiderschap te tonen.

MEER WETEN?

Wie meer wil weten, kan terecht in het wetenschappelijk rapport waarop dit hoofdstuk gebaseerd is:

De Jonge W., Paredis E., Vander Putten E. & Lavrijsen J. (2009) Vlaanderen en de transitie naar een koolstofarme economie. Wetenschappelijk rapport, MIRA 2009, VMM, www.milieurapport.be.

REFERENTIES

De Almeida P. & Silva P.D. (2009) The peak of oil production. Timings and market recognition, Energy Policy 37, 1267-1276.
Geels F.W. (2005) Technological Transition and System Innovations. A Co-Evolutionary and Socio-Technical Analysis, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
Geels F.W. & Schot J. (2007) Typology of sociotechnical transition pathways, Research Policy 36, 399-417.
Hekkert M., Suurs R., Negro S., Kuhlmann S. & Smits R. (2007) Functions of innovation systems: a new approach for analysing technological change, Technological Forecasting & Social Change 74, 413-432.
Kemp R. & van den Bosch S. (2006) Transitie-experimenten. Praktijkexperimenten met de potentie om bij te dragen aan transities, Kenniscentrum Systeeminnovaties en Transities, Delft/Rotterdam.
Kemp R., Rotmans J. & Loorbach D. (2007) Assessing the Dutch Energy Transition Policy: How Does it Deal with Dilemmas of Managing Transitions, Journal of Environmental Planning and Policy 9:3, 315-331.
Loorbach D. (2007) Transition Management, new mode of governance for sustainable development, International Books, Utrecht.
Rotmans J., Kemp R. & van Asselt M. (2001) More evolution than revolution: transition management in public policy, Foresight 3 (1), 15-31.
WWF (2008) Living Planet Report 2008, World Wide Fund For Nature, Gland, Zwitserland.

LECTOREN

Dominique Aerts, INBO
Tom Bauler, IGEAT-CEDD, ULB
Sarah Bogaert, ARCADIS Belgium nv
Mathijs Buts, Task Force Duurzame Ontwikkeling, Federaal Planbureau
Katrien Cooman, Afdeling Milieu-integratie en -subsidiëringen, Departement LNE
Bert De Wel, Studiedienst, ACV
Kristof Debrabandere, Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen vzw
Patricia Grobben, Afdeling Lucht, Hinder, Risicobeheer, Milieu & Gezondheid, Departement LNE
Maarten Hens, NARA, INBO
Chris Jacobson, argus vzw
Peter Tom Jones, Departement Metaalkunde en Toegepaste Materiaalkunde, K.U.Leuven
Hans Keune, Departement Sociologie, ua
Frank Nevens, VITO
Paul Schreurs, IWT
Berthold Simons, Centrum Duurzaam Bouwen
Walter Tempst, OVAM
Karel Van Acker, Leuven Materials Research Centre, K.U.Leuven
Dirk Van Gijseghem, **Anne Vuylsteke**, Afdeling Monitoring en Studie, Departement LV
Jeroen Van Laer, DG Leefmilieu, Europese Commissie
Adelheid Vanhille, VMM
Axel Verachtert, Afdeling Milieu-, Natuur- en Energiebeleid, Departement LNE
Patrick Wilmots, Afdeling Beleidsvoorbereiding en -evaluatie, Departement LNE



AFKORTINGEN

AB: asfaltbeton
ACW: Koepel van de christelijke werknemersorganisaties
ATF: Afdeling Akoestiek en Thermische Fysica (K.U.Leuven)
BBE: bruto binnenlands energiegebruik
BBP: bruto binnenlands product
BBT: best beschikbare techniek
BEG: bruto elektriciteitsgebruik
BKG: broeikasgas
CCS: carbon capturing and storage
CEDD: Centre d'Etudes du Développement Durable
CIW: Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid
CNG: compressed natural gas
CODA: Centrum voor Onderzoek in Diergeneeskunde en Agrochemie
DAR: Diensten voor het Algemeen Regeringsbeleid
END: Environmental Noise Directive
EnVOC: Environmental Organic Chemistry and Technology Research Group (UGent)
EPB: energieprestatie en binnenklimaat
EPC: energieprestatie-certificatie
EPR: eenmalige perceelsregistratie
ETS: Europees emissiehandelsysteem
EU: Europese Unie
EUR: Europa-scenario
EVA: Ethisch Vegetarisch Alternatief
EWI: Departement Economie, Wetenschap en Innovatie
FAO: Food and Agricultural Organization
FEBEG: Federatie van de Belgische Elektriciteits- en Gasbedrijven
FEBIAC: Belgische Automobiel- en Tweewielerfederatie
FPB: Federaal Planbureau van België
GSC: groenestroomcertificaat
HFK: waterstoffluorkoolwaterstof
HIVA: Hoger Instituut voor de Arbeid
HRF: Hoge Raad voor Financiën
IAB: Internationaal Arbeidsbureau
IBA: individuele behandelingsinstallatie voor afvalwater
IEA: International Energy Agency
IGEAT: Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire
IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis
ILVO: Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
INBO: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
INM: integrated noise model
INR: Instituut voor Nationale Rekeningen
INTEC: Vakgroep Informatietechnologie (UGent)
IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change
IPPC: Integrated Pollution Prevention and Control
IWT: Vlaams Instituut voor de aanmoediging van Innovatie door Wetenschap en Technologie in Vlaanderen
KjN: Kjeldahl-stikstof
KMI: Koninklijk Meteorologisch Instituut van België
KRLW: Europese Kaderrichtlijn Water
K.U.Leuven: Katholieke Universiteit Leuven
LNE: Departement Leefmilieu, Natuur en Energie
LPG: liquefied petroleum gas
LTD: langetermijndoelstelling
LV: Departement Landbouw en Visserij
MAP: Mestactieplan

MBO: milieubeleidsovereenkomst
MINA: Milieubeleidsplan
MIRA: Milieurapport
MKM: milieukostenmodel
MMIF: multimetrische macro-invertebratenindex Vlaanderen
MND: milieu- en natuurdoelen
MOW: Departement Mobiliteit en Openbare Werken
NARA: Natuurrapport
NEM (=NEC): Nationale Emissiemaxima
NMBS: Nationale Maatschappij der Belgische Spoorwegen
NMVOS: niet-methaan vluchtige organische stoffen
OPS: operationeel prioritaire stoffen - model
OVAM: Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
PAN: peroxyacetylnitraat
PEGASE: plannification et gestion de l'assainissement des eaux
pkm: personenkilometers
PM: particulate matter
POM: Provinciale Ontwikkelingsmaatschappij
PPO: puur plantaardige olie
PV: fotovoltaïsch
QC: quota count
REF: referentiescenario
RSV: Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen
RUP: ruimtelijk uitvoeringsplan
RWZI: rioolwaterzuiveringsinstallatie
SERV: Sociaal-Economische Raad van Vlaanderen
STEG: stoom- en gasturbine of gasturbine met gecombineerde cyclus
STEM: Studiecentrum Technologie, Energie en Milieu (UA)
TAW: Tweede Algemene Waterpassing
TEW: Faculteit Toegepaste economische wetenschappen
TOFP: troposferic ozone forming potential
tonkm: tonkilometers
TSI: technical specification of interoperability
UA: Universiteit Antwerpen
UGent: Universiteit Gent
ULB: Université Libre de Bruxelles
UNECE: United Nations Economic Commission for Europe
UNEP: United Nations Environment Programme
VEA: Vlaams Energieagentschap
VELT: Vereniging voor Ecologisch Leven en Tuinieren
VHA: Vlaamse Hydrografische Atlas
ViA: Vlaanderen in Actie
VISI: visionair scenario
VITO: Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
vkm: voertuigkilometers
VLAREM: Vlaams reglement milieuvergunningen
VLM: Vlaamse Landmaatschappij
VMM: Vlaamse Milieumaatschappij
VMW: Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening
VN: Verenigde Naties
VOKA: Vlaams Economisch Verbond
VREG: Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Electriciteits- en Gasmarkt
VSD-model: very simply dynamic model
VUB: Vrije Universiteit Brussel
WGO: Wereldgezondheidsorganisatie
WKK: waterkrachtkoppeling
WLD: work loss day
Zeq: zuurequivalent

SCHEIKUNDIGE SYMBOLEN

BZV: biochemisch zuurstofverbruik
CH_4: methaan
CO: koolstofmonoxide
CO_2: koolstofdioxide
CZV: chemisch zuurstofverbruik
HFK: waterstoffluorkoolwaterstof
N: stikstof
NH_3: ammoniak
NH_4^+: ammonium
NH_x: gereduceerde stikstofverbindigen (NH_3 en NH_4^+)
NO: stikstofmonoxide
N_2O: lachgas of distikstofoxide
NO_2: stikstofdioxide
NO_3: nitraat
NO_x: stikstofoxide, zowel stikstofmonoxide als stikstofdioxide
NO_y: verzamelterm voor geoxideerde stikstofverbindingen (NO, NO_2, NO_3^-, HNO_3 ...)
Nt: stikstof totaal
N_2: stikstofgas
O_2: zuurstof
O_3: ozon
P: fosfor
PAK: polycyclische aromatische koolwaterstof
PFK: perfluorkoolwaterstof
Pt: fosfor totaal
SF_6: zwavelhexafluoride
SO_2: zwaveldioxide
SO_x: verzamelterm voor zwaveloxiden

EENHEDEN

CO_2-eq: CO_2-equivalent
DALY: disability adjusted life year
dB: decibel
dB(A): A-gewogen decibel
g: gram
ha: hectare
J: Joule
m: meter
Mton: megaton = 10^6 ton
PJ: petajoule
ppm: parts per million
toe: ton olie-equivalent
ton: 1 000 kg
Wh: Watt-uur
Zeq: zuurequivalent

BEGRIPPEN

A

Aerosol: gas met daarin fijne vaste stofdeeltjes en/of vloeistofdruppels.

Al:Bc-verhouding: verhouding van de concentratie aluminium tot de concentratie van de kationen kalium, natrium, calcium en magnesium in de bodem.

AOT40ppb-bossen: overschot boven 80 µg/m³ van alle uurwaarden van de ozonconcentraties tussen 8u en 20u (Midden-Europese tijd) opgeteld tijdens de maanden mei tot en met september.

AOT40ppb-vegetatie: overschot boven 80 µg/m³ van alle uurwaarden van de ozonconcentraties tussen 8 en 20 uur (Midden-Europese tijd) opgeteld tijdens de maanden mei, juni en juli.

AOT60ppb-max8u: overschot boven 120 µg/m³ van de hoogste 8-uursgemiddelde ozonconcentratie per dag, opgeteld over alle dagen van een kalenderjaar.

Arrondissement: administratieve indeling in een provincie die meerdere gemeenten omvat.

A-weging: aanpassing door weging van een gemeten geluid aan de frequentieafhankelijke gevoeligheid van het menselijke oor.

B

Basenverzadiging: aandeel van de uitwisselbare kationen in de totale kationenuitwisselingscapaciteit van een bodem.

Batterij-elektrisch voertuig: voertuig met een elektrische aandrijflijn die zijn energie volledig uit een herlaadbare batterij haalt.

Belasting van het oppervlaktewater: vuilvracht die uiteindelijk in het oppervlaktewater terechtkomt, direct of indirect via niet op een RWZI aangesloten riolering, na (gedeeltelijke) zuivering. Dit wordt gespecificeerd naar variabele en/of naar doelgroep.

Bevolking op arbeidsleeftijd: bevolking van 15 tot 64 jaar.

Biobrandstof: vloeibare of gasvormige brandstof voor vervoer die geproduceerd is uit biomassa.

Biochemisch zuurstofverbruik: hoeveelheid zuurstof per liter verontreinigd water die micro-organismen nodig hebben om de afbreekbare organische stoffen af te breken (biochemische reactie). Standaard wordt de bepaling uitgevoerd bij 20 °C gedurende 5 dagen.

Biologische waarderingskaart: inventarisatie en evaluatie van het biologisch milieu. De inventarisatie gebeurt aan de hand van een vooraf gedefinieerde lijst van kateringseenheden, die staan voor vegetatietypen, grondgebruik en kleine landschapselementen. De evaluatie is een *best professional judgement* gebaseerd op zeldzaamheid, vervangbaarheid, kwetsbaarheid en biologische kwaliteiten van de biotopen.

Biomassa: biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen van de landbouw van biologische oorsprong (met inbegrip van plantaardige en dierlijke stoffen), de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, alsook de biologisch afbreekbare fractie van industrieel en huishoudelijk afval.

Bio-WKK: warmtekrachtkoppeling (WKK) met gebruik van biomassa in plaats van fossiele brandstoffen.

Brent-olie: oorspronkelijke ruwe aardolie gewonnen in het Brent-olieveld in de Noordzee. Vandaag is Brent-olie de maatstaf (*benchmark*) voor het bepalen van de prijs van soortgelijke olie. Zo wordt de olieproductie in Europa, Afrika en het Midden-Oosten geprijsd op basis van de prijs van Brent-olie.

Bresvorming: doorbraak van een dijk of een natuurlijke duinengordel.

Bronchodilator: medicijn dat een verwijding van de bronchiën (de vertakkingen van de luchtpijp) bewerkstelligt en gebruikt wordt bij de behandeling van onder andere astma.

Bruto binnenlands energiegebruik (BBE): totaal primair energiegebruik van een land of regio verminderd met de export van energie en de brandstof van de internationale scheepvaart- en luchtvaartbunkers. Het is ook de som van het energiegebruik door alle eindgebruikers enerzijds en de energieverliezen (onder andere door transformatie) en het eigen energiegebruik door de energiesector anderzijds.

Bruto binnenlands product (BBP): indicator om de economische welvaart van een regio of land aan te duiden. Het is de som van de bruto toegevoegde waarde (tegen basisprijzen) die wordt geproduceerd in die regio of dat land gedurende één jaar, vermeerderd met productgebonden belastingen minus productgebonden subsidies.

Bruto eindgebruik van energie: som van de energiegrondstoffen geleverd voor energiedoeleinden aan alle sectoren buiten de energiesector (elektriciteit en raffinaderijen). Dit is inclusief het verbruik van elektriciteit en warmte door de energiesector zelf en de netverliezen bij de productie en distributie van elektriciteit en warmte. Niet inbegrepen is het niet-energetische eindgebruik van de industrie.

Bruto vloeroppervlakte (bvo): som van de aan de buitenzijde gemeten vloeroppervlakte van alle vloerniveaus van het beschermd volume van een gebouw. Het beschermd volume is het te klimatiseren volume van een gebouw, bepaald op basis van de buitenafmetingen.

Buitengebied: gebied waarin de open ruimte overweegt, maar waarin ook elementen van bebouwing en infrastructuur begrepen zijn, die functioneel samenhangen met de open ruimte.

C

Chemical leasing: businessmodel waarbij de bedrijfswinst niet komt uit de omzet van producten, maar uit het verlenen van een 'chemische dienst'. De klant betaalt niet voor een hoeveelheid chemisch product, maar voor de prestaties van het product, bijvoorbeeld schoongemaakte onderdelen, geverfde oppervlakte, gegalvaniseerde stukken, enzovoort. De verantwoordelijkheid voor het product blijft bij de producent en dienstverlener. Hierdoor is die laatste gemotiveerd om het proces te optimaliseren en het gebruik van stofvolumes te beperken.

Chemisch zuurstofverbruik: hoeveelheid zuurstof die per liter verontreinigd water nodig is om de organische stoffen volledig af te breken (via oxidatie, een chemische reactie).

Clean development mechanism: samenwerkingsverband tussen een industrieland (donorland) en een land in ontwikkeling (gastland; zonder eigen Kyoto-doelstelling). Het

donorland investeert daarbij in projecten voor emissievermindering in het gastland, in ruil voor emissie-kredieten. Deze kredieten mag het donorland dan optellen bij zijn eigen emissiequotum.

Cleantech: verzamelnaam van producten, diensten en processen op basis van technologieën die het gebruik van natuurlijke hulpbronnen optimaliseren en de milieu-impact minimaliseren. Belangrijk hierbij is het uitzicht op economische toegevoegde waarde in combinatie met milieuwinst.

CO_2-equivalent: meeteenheid gebruikt om het opwarmend vermogen (*global warming potential*) van broeikasgassen weer te geven. CO_2 staat voor koolstofdioxide en is het referentiegas, waartegenover andere broeikasgassen gemeten worden. Bijvoorbeeld omdat bij eenzelfde massa gas het opwarmend vermogen van CH_4 21 keer hoger is dan dat van CO_2, stemt 1 ton CH_4 overeen met 21 ton CO_2-equivalenten.

Constante prijzen: waarderingsmethode die een economische grootheid uitdrukt ten opzichte van prijzen van een bepaald basisjaar en zo een aanduiding vormt voor een volumemeting. In constante prijzen is het effect van inflatie en prijsschommelingen weggewerkt.

D

Decibel (dB): eenheid van de logaritmische schaal die gebruikt wordt voor het weergeven van de sterkte van een geluid, het geluidsniveau.

DeNOx, DeSOx: nabehandelingstechnieken, reinigingssystemen die gebruik maken van katalysatoren om respectievelijk NO_x en SO_2 in rook- en uitlaatgassen om te zetten in minder schadelijke stoffen.

Depositie: hoeveelheid van een stof of een groep van stoffen die uit de atmosfeer neerkomen in een gebied, uitgedrukt als een hoeveelheid per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid (bijvoorbeeld 10 kg SO_2/ha.j).

Derogatie: in het kader van het mestbeleid betekent derogatie een uitzonderingsregeling op de algemene bemestingsnorm van 170 kg N/ha uit dierlijke mest. De derogatie staat een bemesting toe hoger dan 170 kg N/ha.

Diffuse bron: niet-gelokaliseerde bron van verontreiniging meestal sterk, homogeen ruimtelijk verspreid.

Discontovoet/verdisconteren: verdisconteren komt er op neer dat de opportuniteitskost van financiële middelen in rekening wordt gebracht. De discontovoet geeft weer wat deze middelen hadden kunnen opbrengen in de best beschikbare alternatieve aanwending, in plaats van ze te besteden voor het milieubeleid. Voor de Milieuverkenning 2030 is gerekend met een (maatschappelijke) discontovoet van 4 %.

E

Eco-efficiëntie: vergelijking van de milieudruk die een sector/regio teweegbrengt (emissies, brongebruik) met een activiteitenindicator van deze sector/regio (productie, volume, bruto toegevoegde waarde ...). Een winst in eco-efficiëntie leidt slechts tot winst voor het milieu wanneer ook de druk in absolute cijfers daalt.

Eenmalige perceelsregistratie: registratie van alle landbouwpercelen waarvoor de landbouwer een inkomenssubsidie aanvraagt.

Emissie: uitstoot of lozing van stoffen, golven of andere verschijnselen door bronnen, meestal uitgedrukt als een hoeveelheid per tijdseenheid.

Emissiehandelsysteem (ETS-systeem): systeem waarbinnen een marktprijs wordt gevormd voor de uitstoot van 1 ton CO_2 of 1 ton broeikasgassen.

Emissierecht: overdraagbaar recht om een emissie (bijvoorbeeld 1 ton CO_2-equivalent) uit te stoten.

Energie-intensiteit: hoeveelheid energie gebruikt per fysische of economische eenheid van activiteit. Op het niveau van een land of regio wordt het bruto binnenlands product (BBP) tegen constante prijzen als eenheid van activiteit gehanteerd.

Ernstige hinder: mate van hinder die door de gemiddelde bevraagde uitgedrukt wordt als een score hoger dan 72 % op een continue hinderpaal. Of, bij het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek (SLO), door het aanduiden van het label 'ernstige hinder' of 'extreme hinder'.

Epidemiologie: wetenschap die de verdeling van ziekte en ziektedeterminanten binnen een populatie in tijd en ruimte bestudeert.

Euro x: term die ontstaan is begin de jaren 90 om aan te geven om welke milieugerelateerde voertuiggeneratie het gaat. Een Euro 4 voertuig is recenter dan een Euro 1 voertuig en voldoet aan strengere Europese emissielimieten.

Evapotranspiratie: gezamenlijke waterafgifte door bodem, vegetatie en hun samenstellende delen aan de atmosfeer. Dit is alle neerslag die niet via de waterloop wordt afgevoerd, maar in de atmosfeer komt door rechtstreekse verdamping of opname door planten en dieren gevolgd door verdamping.

Externaliteit: neveneffect van maatschappelijke activiteiten die ongevraagd invloed uitoefent op andere personen, gewassen, gebouwen, materialen, milieu, ecosystemen ... Externaliteiten kunnen negatief (bijvoorbeeld de meeste emissies) of positief (bijvoorbeeld landschapsvoorziening door de landbouw) zijn.

Externe gezondheidskost: schadekost aan de gezondheid die verbonden is aan negatieve externaliteiten.

Externe kost: schadekost verbonden aan negatieve neveneffecten van maatschappelijke activiteiten. Deze wordt meestal niet (volledig) via het prijsmechanisme in rekening gebracht en bijgevolg afgewenteld op de maatschappij, andere landen of toekomstige generaties.

F

F-gassen: verzamelnaam voor de fluorhoudende broeikasgassen in de Kyotokorf, HFK's, PFK's en SF_6.

Fytobenthos: plantaardige organismen, gehecht op vast substraat (bodem, planten).

Fytoplankton: microscopisch kleine plantaardige organismen die in het water zweven.

G

Geluidsdrukniveau: niveau van de geluidsdruk uitgedrukt in decibel (dB). De geluidsdruk is de kleine overdruk in de lucht veroorzaakt door het voorbijkomen van een geluidsgolf en wordt onder andere waargenomen door het menselijke oor.

Graaddagen: eenheid gebruikt om de verwarmingsbehoefte in een jaar te bepalen. Elke gemiddelde etmaaltemperatuur wordt vergeleken met een constant etmaalgemiddelde van 15 °C, dat wil zeggen elke graad die de gemiddelde etmaaltemperatuur beneden de 15 °C ligt, wordt een graaddag genoemd. Alle etmalen van het jaar opgeteld, leveren het aantal graaddagen per jaar op. Hoe meer graaddagen een jaar heeft, hoe kouder het geweest is en hoe meer brandstof voor verwarming nodig geweest zal zijn. Een gemiddeld/normaal jaar telt 2 087,6 graaddagen.

Groene stroom: elektriciteit opgewekt door gebruik te maken van hernieuwbare energiebronnen.

Groene warmte: warmte die wordt opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen: enerzijds grootschalige toepassingen van (meestal) biomassa, en anderzijds relatief kleinschalige toepassingen van (thermische) zonne-energie, houtketels en houtkachels, koudewarmteopslag en warmtepompen.

H

Handel & diensten: onder de sector handel & diensten vallen de volgende deelsectoren: handel, hotels en restaurants, kantoren en administratie, onderwijs, gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening, gemeenschapsvoorzieningen en sociaal-culturele en persoonlijke diensten (inclusief RWZI's en afvalverwerking). Ook vrije beroepen of zelfstandigen behoren tot handel & diensten. Energiegebruik voor gebouwen in de industrie (bijvoorbeeld bedrijfshallen) wordt tot de sector industrie gerekend.

Huishouden: alleenstaande, dan wel twee of meer personen die een duurzame gemeenschappelijke huishouding voeren of willen voeren. De afbakening van de huishoudens is in de Milieuverkenning 2030 beperkt tot het energiegebruik van en in de woning, met andere woorden tot het wonen zelf.

Hybride wagen: wagen die gebruikmaakt van minstens twee energiebronnen of aandrijvingen, bijvoorbeeld een verbrandingsmotor en een elektrische motor.

I

Industriële restwarmte: warmteproductie van een installatie die binnen het industrieel bedrijf niet nuttig kan aangewend worden.

Instandhoudingsdoelstelling: doel voor het beschermen van de natuur. Het zijn opgaven voor de overheid om de natuur te behouden en te verbeteren. Europa wil dat Vlaanderen deze instandhoudingsdoelstellingen voor de Habitatrichtlijngebieden opmaakt vóór 2010.

K

Kjeldahl-stikstof: som van de ammoniakale stikstof en de organische stikstof (afkomstig van levend of dood materiaal).

Klimaat: gemiddelde weer over een lange periode. Statistische beschrijving (in termen van gemiddelden en variabiliteit) van een aantal relevante weerparameters zoals temperatuur, neerslag en wind over een langere periode (bijvoorbeeld 30 jaar).

Koolstofintensiteit: hoeveelheid CO_2 uitgestoten ten gevolge van energiegebruik en de andere energiegerelateerde CO_2-emissies (procesemissies in de chemie en emissies ten gevolge van het niet-energetische verbruik van brandstoffen in andere sectoren) per eenheid van bruto binnenlands product tegen constante prijzen.

Kritische last: maximaal toelaatbare depositie per eenheid van oppervlakte voor een bepaald ecosysteem zonder dat er – volgens de huidige kennis – op lange termijn schadelijke effecten optreden.

L

L_{A50}: mediaanwaarde van de ogenblikkelijke geluidsniveaus over een bepaalde tijd.

L_{Aeq}: A-gewogen equivalent geluidsdrukniveau, energetisch gemiddeld niveau dat rekening houdt met de frequentieafhankelijkheid van de gevoeligheid van het menselijke oor.

L_{den}: L_{Aeq} gepenaliseerd met 10 dB voor de nachturen en 5 dB voor de avonduren, komt tegemoet aan de behoefte aan rust tijdens de avond en de nacht.

Levende kern: vorm van ruimtelijke ordening waarbij op wijkniveau per inwoner een bepaalde oppervlakte voorzien wordt voor groen, wonen, ontspanning, winkelen en werken. Het beheer van stromen en netwerken zoals water, energie, transport, natuur, hernieuwbare bronnen, grondstoffen en materialen steunt op de driestappenstrategie: 1. preventief en zuinig milieu- en ruimtegebruik, 2. maximaal gebruik en productie van lokaal hernieuwbare bronnen, en 3. maximaal voorkomen van hinder en afwenteling van lasten. Er is de mogelijkheid tot doorgedreven innovatie, zoals alternatieve woonvormen (bijvoorbeeld kangoeroewonen). Energieproductie wordt georganiseerd op wijkniveau in plaats van op het niveau van individuele woningen. Levende kernen kunnen onder andere gerealiseerd worden door het aanpakken van stadskankers of door inbreiding.

M

Macrofyt: hogere plant.

Macro-invertebraten: met het blote oog waarneembare ongewervelde waterorganismen (bijvoorbeeld slakken, bloedzuigers, larven van kevers, vliegen, muggen of libellen ...).

MAP3: mestbeleid van kracht sinds 1 januari 2007.

Micro-WKK: kleinschalige vorm van warmtekrachtkoppeling (met vermogens tussen 3 en 10 kWe); de warmte dient vooral voor het verwarmen van een woning.

Modale verschuiving: verschuiving van de ene vervoerswijze naar de andere.

N

Nachtslot: vertrek- of landingsrecht voor vliegtuigen op een luchthaven tijdens de nachtperiode.

NEM-richtlijn: Europese Richtlijn Nationale Emissiemaxima (2001, 2001/81/EG) met als doel de luchtemissies van verzurende, vermestende en ozonvormende stoffen te beperken. Die richtlijn legt aan de EU-15 lidstaten maximale emissieplafonds op voor de vier gasvormige polluenten SO_2, NO_x, NMVOS, en NH_3. Die zijn strenger dan de emissiemaxima van het Götenborg-protocol.

NET60ppb-max8u: aantal dagen per kalenderjaar waarop de hoogste 8-uursgemiddelde ozonconcentratie van die dag groter is dan 120 µg/m³.

O

Ontkoppeling: treedt op wanneer de groeisnelheid van een drukindicator lager is dan de groeisnelheid van een activiteitsindicator of een economische indicator (uitgedrukt in constante prijzen). De ontkoppeling is absoluut als de groei van de drukindicator nul of negatief is. De ontkoppeling is relatief als de groei van de drukindicator positief is, maar minder groot dan die van de activiteits- of economische indicator.

Ontgroening: dalende aandeel van jongeren (tot 18 jaar) in de bevolking.

Open ruimte: geaggregeerde landgebruikscategorieën landbouw, natuur, multifunctioneel bos, recreatie, water en overige open ruimte in het RuimteModel.

Overstort: constructie op een riool of afvalwatercollector waardoor een deel van het debiet geëvacueerd kan worden naar oppervlaktewater wanneer de riool of de collector onder druk dreigt te komen staan (volledige vulling).

Overstromingsrisico: gemiddelde jaarlijks te verwachten schade ten gevolge van overstromingen in een bepaald gebied. Dit risico wordt berekend als het product van de theoretische schade bij een bepaalde diepte van overstroming

en de kans dat deze overstroming zich voordoet. Het risico wordt uitgedrukt in euro/(m².jaar).

Ozonprecursor: voorloperstof, stof waaruit ozon ontstaat door inwerking van zonlicht. Stikstofoxiden en niet-methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) zijn de belangrijkste ozonprecursoren.

P

Personenkilometers: totaal aantal kilometers binnen een zekere tijd afgelegd door alle personen die zich met een bepaalde categorie van vervoersmiddelen verplaatsen.

pH: zuurtegraad, gemeten aan de hoeveelheid waterstofionen. De negatieve logaritme van de hoeveelheid waterstofionen varieert tussen 0 en 14. Tussen elke eenheid ligt een 10-voudig verschil, hoe hoger de pH, hoe groter het aantal waterstofionen. pH 7 is neutraal, pH <7 is zuur en pH >7 is basisch.

Plug-in hybride wagen: hybride voertuig met batterij, die kan herladen worden via een stekker met elektriciteit van het elektriciteitsnet.

PM2,5: fractie van de stofdeeltjes met aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 µm.

PM10: fractie van de stofdeeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 10 µm.

Polycyclisch aromatische koolwaterstof (PAK): verzamelnaam van enkele honderden organische stoffen die verschillende benzeenringen als basisstructuur hebben. De meest bekende en tegelijk ook de meest toxische uit de reeks is benzo(a) pyreen.

Potentieel BBP: BBP bij 'normale' bezetting van de productiecapaciteit, te beschouwen als een evenwichtsniveau waarbij er over- noch onderbezetting van de productiefactoren is.

Primaire energie: totale energie-inhoud van de ingekochte brandstoffen, plus de hoeveelheid brandstof die nodig is voor het opwekken van ingekochte, secundaire energiedragers zoals elektriciteit en warmte (stoom en andere).

Procentpunt: maatstaf gebruikt om een absoluut verschil aan te geven tussen waarden die in procenten worden uitgedrukt. Bijvoorbeeld: wanneer een jaarlijkse groei stijgt van 2 % tot 3 % is dit relatief uit te drukken als een stijging van 50 %, of absoluut als een stijging van 1 procentpunt.

R

Relatief risico: incidentie van de ziekte in de blootgestelde groep gedeeld door de incidentie van de ziekte in de niet-blootgestelde groep.

Relighting: omschakeling naar een verlichtingssysteem met lager energiegebruik door technologische verbeteringen aan de componenten, door het regelen van de verlichting of door het optimaal benutten van passieve verlichting.

Retrofitting: aanpassing van bestaande voertuigen (bijvoorbeeld goederenwagons) aan geluidsarmere technologie.

Rolgeluid: geluid dat ontstaat door het rollen van een wiel over een wegdek.

Ruigte: kruidachtige vegetatie waarin bij gebrek aan beheer een sterke strooiselophoping optreedt, waardoor minder forse kruiden (eenjarigen, kleine soorten, rozetplanten ...) het veld ruimen voor forsere, meestal hoogcompetitieve kruiden.

Ruimteboekhouding: kwantitatieve taakstelling van de belangrijkste ruimtelijke functies na afweging van ruimtelijke behoeften van maatschappelijke activiteiten in het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen.

Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen: beleidsdocument, gepubliceerd in 1997, dat het kader aangeeft voor de gewenste ruimtelijke structuur in Vlaanderen. Het geeft een langetermijnvisie op de ruimtelijke ontwikkeling en is erop gericht samenhang te brengen in de voorbereiding, de vaststelling en de uitvoering van beslissingen die de ruimtelijke ordening aanbelangen. Het RSV heeft als tijdshorizon 2007 en omvat een aantal bindende bepalingen die van belang zijn voor onder andere het natuurbehoud.

S

Sectoroverschrijdende aanname: veronderstelling die in Milieuverkenning 2030 voor alle scenario's en alle MIRA-sectoren dezelfde is.

Smart grid: energienetwerk dat centrale energieopwekking probleemloos combineert met aan de ene kant gedistribueerde en hernieuwbare energieproductie, en aan de andere kant verschuifbare energievragen en -opslagmogelijkheden. Het is een stroomnet dat goed in staat is om de variabele pieken en dalen in de productie –eigen aan bijvoorbeeld wind- en zonne-energie – op te vangen door middel van bijvoorbeeld management aan de vraagzijde, om op die manier vraag en aanbod op elkaar af te stemmen.

Socio-technisch systeem: complex, samenhangend geheel van elementen (onder andere kennis, technologie, instituties, structuren, fysische infrastructuren, praktijken en gewoontes, formele en informele regels en actoren aan zowel de aanbod- als gebruikzijde) die gezamenlijk een maatschappelijke functie of behoefte invullen.

Stedelijk gebied: gebied waar intense ruimtelijke, culturele en socio-economische samenhang en verweving bestaat tussen verschillende menselijke activiteiten (wonen, diensten, werken...), waar dichte bebouwing overheerst en waar het wenselijk is ontwikkelingen te stimuleren en te concentreren. Stedelijk gebied is een beleidsmatig begrip uit het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen.

Stirlingmotor: motor waarbij men een constante hoeveelheid werkgas afwisselend expandeert bij verhitting en comprimeert bij afkoeling. Het werkgas is meestal lucht, vandaar dat men ook spreekt van 'heteluchtmotor'.

Streeflast: maximum toelaatbare depositieniveau waarbij een vooropgestelde bodemchemische status gerespecteerd wordt in het ecosysteem vanaf een bepaald doeljaar.

Structurele werkloosheidsgraad: werkloosheidsgraad die op lange termijn als onsamendrukbaar wordt beschouwd.

Structuurkenmerk: fysische eigenschap van de oppervlaktewateren: meandering, verval, aard van het sediment, afwisseling van diepten en ondiepten (*pool-riffle* patroon), aard van oeverzones, oeverstructuur ...

Systeeminnovatie: combinatie van technologische, structurele en culturele veranderingen die ertoe leiden dat maatschappelijke functies of behoeften op een geheel nieuwe wijze kunnen worden vervuld.

T

Temperatuursinversie: situatie waarbij de temperatuur niet afneemt met de hoogte, maar in de bovenste luchtlagen hoger is dan in de onderste luchtlagen. Hierdoor kunnen de verontreinigende stoffen zich niet in de hogere luchtlagen verspreiden, maar stapelen ze zich op in de lagere luchtlagen.

Tertiarisering: toename van het belang van diensten in de economie ten opzichte van agrarische en industriële activiteiten.

Toename van verkeersintensiteit in dB: relatieve toename van verkeersintensiteit, $Q_$, tussen jaar x en jaar y uitgedrukt in $dB = {}^{10}\log(Qy/Qx)$.

Tonkilometers: aantal afgelegde kilometers per vervoerde ton met een bepaalde categorie van vervoermiddelen, vermenigvuldigd met het aantal ton vervoerde goederen.

Toxicologie: studie van de schadelijke effecten van stoffen op levende organismen met als doel de risico's van blootsteling aan deze stoffen voor mens, dier en milieu te schatten en ongewenste effecten te beperken.

Transitie: diepgaande, structurele veranderingen in sociotechnische systemen.

Trias Energetica: door de Technische Universiteit Delft ontwikkelde strategie voor het bereiken van een zo duurzaam mogelijke energievoorziening, waarbij men in een eerste stap zoveel mogelijk bezuinigt op energiegebruik, in een tweede stap voor het niet te vermijden energiegebruik zoveel mogelijk duurzame energiebronnen (zon, wind, omgevingswarmte, biomassa) aanwendt, en in een laatste stap voor het eventueel resterend energiegebruik eindige energiebronnen (zoals aardgas) zo efficiënt mogelijk gebruikt.

Tweede Algemene Waterpassing of TAW: referentieniveau voor zeeniveaumetingen aan de Belgische kust, vastgesteld in 1947 door het Nationaal Geografisch Instituut als vertikaal referentievlak voor heel België.

V

Vergrijzing: stijgend aandeel van ouderen in de bevolking, waarbij onder 'ouderen' meestal de leeftijdsgroep van 65-plussers begrepen wordt.

Verloren gezonde levensjaren (DALY's): aantal gezonde levensjaren die een populatie verliest door ziekte. Het is de optelsom van de jaren verloren door sterfte aan de betreffende ziekte (verloren levensjaar) en de jaren geleefd met de ziekte, rekening houdend met de ernst ervan (ziektejaarequivalenten).

Versnippering: verdeling van ruimtelijke gehelen in kleinere of minder samenhangende stukken.

Versteende ruimte: geaggregeerde landgebruikscategorieën wonen & handel, bedrijventerreinen, havens en infrastructuur in het RuimteModel.

Verzurende emissie: som van de emissie van zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak naar de lucht. Het verzurende effect hangt af van de neutralisatie door basen en de buffering in bodem en water.

Vlaamse Ruit: gebied dat zich uitstrekt tussen de steden Antwerpen, Gent, Brussel en Leuven.

Voertuigkilometers: totaal aantal kilometers afgelegd door een bepaalde categorie van vervoermiddelen binnen een zeker tijdsspanne.

Vruchtbaarheidsgraad: verhouding tussen levende geboorten en de vrouwelijke bevolking van 15 tot 49 jaar.

W

Warm tapwater: sanitair warm water/ warm leidingwater.

Warmtekrachtkoppeling (WKK): gelijktijdige omzetting van een energiestroom in kracht (mechanische energie) en warmte (thermische energie) met nuttige bestemming. Afhankelijk van het proces en de bestemming wordt de warmte op verschillende temperatuurniveaus geleverd. De kracht drijft doorgaans een generator voor elektriciteit aan of soms rechtstreeks een machine (pomp, compressor ...).

Waterlichaam: onderscheiden oppervlaktewater, zoals een meer, een wachtbekken, een spaarbekken, een stroom, een rivier, een kanaal, een overgangswater of een deel van een stroom, rivier, kanaal of overgangswater (kan ook voor grondwater gebruikt worden).

Watersysteem: geografisch afgebakend, samenhangend en functioneel geheel van oppervlaktewater, waterbodems, grondwater, oevers en technische infrastructuur met inbegrip van de daarin voorkomende levensgemeenschappen en alle bijhorende fysische, chemische en biologische kenmerken en processen.

Werkgelegenheid: aantal werkzame personen (loontrekkenden en zelfstandigen). In de context van de Nationale rekeningen (IAB-definitie) worden tot de werkgelegenheid gerekend: alle personen die gedurende de referentieperiode minstens één uur effectief gewerkt hebben of gedurende de referentieperiode tijdelijk niet op het werk aanwezig waren (bijvoorbeeld omwille van ziekte) maar wel een formele band met hun baan behouden.

Werkgelegenheid (binnenlandse): werkgelegenheid op het grondgebied (in tegenstelling tot nationale werkgelegenheid, dat de tewerkstelling van de ingezetenen van een land meet).

Werkgelegenheid (naar werkplaats): in de statistieken met betrekking tot de werkgelegenheid naar werkplaats wordt de betrokken persoon toegewezen aan de locatie van zijn hoofdactiviteit.

Werkgelegenheidsgraad: verhouding tussen de (nationale) werkgelegenheid en de bevolking op arbeidsleeftijd.

Woonuitbreidingsgebied: indeling voorzien in de ruimtelijke planning die in principe bedoeld is als reserveruimte voor woningbouw. Als er geen ruimte meer voorhanden is in het 'gewone' woongebied, kunnen ze verkaveld worden.

Z

Zoneringsplan: kaart waarop voor elke woongelegenheid aangegeven is of de afvalwaterzuivering openbaar dan wel individueel moet gebeuren.

Zuurequivalent (Zeq): eenheid om de verzuringsgraad van verontreinigende stoffen te meten. Deze eenheid staat toe om de verschillende verzurende stoffen met elkaar te vergelijken. Eén zuurequivalent komt overeen met 32 gram zwaveldioxide, 46 gram stikstofdioxide of 17 gram ammoniak.

Zware metalen: acht elementen die door de Derde Noordzeeconferentie als prioritair worden beschouwd: As, Cd , Cr , Cu , Hg , Pb , Ni en Zn. Als sporenelementen zijn veel van deze elementen noodzakelijk voor het ondersteunen van het biologische leven. Bij hogere niveaus worden ze daarentegen toxisch, kunnen ze accumuleren in biologische systemen en vertegenwoordigen ze een significant gezondheidsrisico.

COLOFON

Milieurapport Vlaanderen
MILIEUVERKENNING 2030

384 blz., 24,5 cm
D/2009/6871/038
ISBN 978-908040200-3
NUR 973/943

© 2009, Vlaamse Milieumaatschappij, Aalst
Mits bronvermelding wordt overname van teksten aangemoedigd.
Wijze van citeren: Van Steertegem M. (eindred.) (2009) Milieuverkenning 2030. Milieurapport Vlaanderen, VMM, Aalst.

VERDELER:
Agora I Uitgeverscentrum
OPMAAKVOORBEREIDING:
Sofie Janssens en Marina Stevens, MIRA-team, VMM
VORMGEVING EN OMSLAGONTWERP:
Van Looveren & Princen
OPMAAK:
Van Looveren & Princen & Zichtpunt
GEZET UIT:
Apex & Lexicon
DRUKWERK:
Vanden Broele | Grafische Groep
FOTOGRAFIE
Vilda Photo, NASA
TAALNAZICHT:
Pantarein | Publishing
VERANTWOORDELIJKE UITGEVER:
Philippe D'Hondt, VMM

Gedrukt op 100 % post-consumer gerecycleerd papier

De Milieuverkenning 2030 en de achterliggende wetenschappelijke rapporten zijn beschikbaar op www.milieurapport.be. Een webtoepassing met nog meer resultaten is beschikbaar op www.milieuverkenning.be.