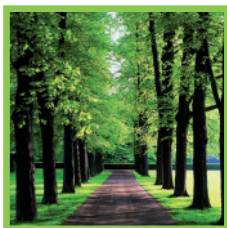
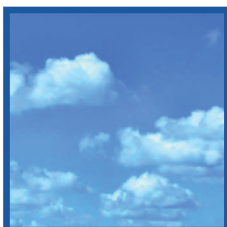


# Verklarende factoren voor evoluties in luchtkwaliteit



Studie uitgevoerd in opdracht van  
MIRA, Milieurapport Vlaanderen

**Onderzoeksrapport**

MIRA/2010/07, december 2010



# *Eindrapport*

## **Verklarende factoren voor evoluties in luchtkwaliteit**

Felix Deutsch, Jean Vankerkom, Nele Veldeman, Wim Peelaerts,  
Unit Ruimtelijke Milieuaspecten, VITO

Frans Fierens, Charlotte Vanpoucke, Elke Trimpeneers, IRCEL, VMM

Line Vancraeynest, Myriam Bossuyt, MIRA, VMM

**Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA,  
Milieurapport Vlaanderen**

MIRA/2010/07

December 2010

2010/RMA/R/234



Dit rapport verschijnt in de reeks MIRA Ondersteunend Onderzoek van de Vlaamse Milieumaatschappij. Deze reeks bevat resultaten van onderzoek gericht op de wetenschappelijke onderbouwing van het Milieurapport Vlaanderen.

Dit rapport is ook beschikbaar via [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).

Contactadres:

Vlaamse Milieumaatschappij  
Milieurapportering (MIRA)  
Van Benedenlaan 34  
2800 Mechelen  
tel. 015 45 14 61  
[mira@vmm.be](mailto:mira@vmm.be)

Wijze van citeren:

Deutsch F., Vankerkom J., Veldeman N., Peelaerts W., Fierens F., Vanpoucke C., Trimpeneers E., Vancraeynest L., Bossuyt M. (2010) Verklarende factoren voor evoluties in luchtkwaliteit, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2010/07, VITO.



## Inhoudstafel

<b>Inhoudstafel</b> .....	<b>4</b>
<b>Inhoudstafel figuren</b> .....	<b>6</b>
<b>Inhoudstafel tabellen</b> .....	<b>8</b>
<b>Samenvatting</b> .....	<b>9</b>
<b>Summary</b> .....	<b>12</b>
<b>Inleiding</b> .....	<b>15</b>
<i>Algemene beschrijving van deze studie</i> .....	15
<i>Analyse van de bijdragen van de emissies van de verschillende Vlaamse sectoren aan de luchtkwaliteit in Vlaanderen</i> .....	15
<i>Import en export van luchtverontreiniging</i> .....	16
<i>Analyse van de nodige emissiedalingen om te zorgen voor een daling van de jaargemiddelde ozonconcentraties</i> .....	16
<b>1 Methode: Beschrijving van het model en aannames</b> .....	<b>17</b>
1.1 <i>Analyse van de bijdrage van de emissies van de verschillende Vlaamse sectoren aan de luchtkwaliteit in Vlaanderen</i> .....	17
1.2 <i>Analyse van de bijdrage tot de luchtkwaliteit in Vlaanderen, veroorzaakt door de import van luchtverontreinigende polluenten afkomstig van buiten Vlaanderen en export van luchtverontreinigende stoffen vanuit Vlaanderen</i> .....	18
1.3 <i>Analyse van de nodige emissiedalingen om te zorgen voor een duurzame daling van de ozonconcentraties zodat de fotochemische luchtverontreiniging substantieel vermindert</i> .....	18
<b>2 Resultaten en bespreking</b> .....	<b>19</b>
2.1 <i>Bijdragen van de Vlaamse sectoren</i> .....	19
2.1.1 <i>Zwevend stof</i> .....	19
2.1.1.1 <i>REF-scenario 2007</i> .....	19
2.1.1.2 <i>REF-scenario 2020</i> .....	21
2.1.1.3 <i>EUR-scenario 2020</i> .....	22
2.1.1.4 <i>VISI-scenario 2020</i> .....	23
2.1.1.5 <i>Vergelijking van de verschillende scenario's</i> .....	24
2.1.1.6 <i>Bijdragen van de Vlaamse NH<sub>3</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies aan de PM<sub>10</sub>- en PM<sub>2,5</sub>-concentraties</i> .....	25
2.1.2 <i>Ozon</i> .....	29
2.1.2.1 <i>REF-scenario 2007</i> .....	30
2.1.2.2 <i>REF-scenario 2020</i> .....	31
2.1.2.3 <i>EUR-scenario 2020</i> .....	32
2.1.2.4 <i>VISI-scenario 2020</i> .....	33
2.1.2.5 <i>Vergelijking van de verschillende scenario's</i> .....	33
2.2 <i>Invloed van niet-Vlaamse bronnen op de luchtkwaliteit in Vlaanderen - Import van luchtpolluenten</i> .....	34
2.2.1 <i>Zwevend stof</i> .....	34
2.2.1.1 <i>REF-scenario 2007</i> .....	35
2.2.1.2 <i>REF-scenario 2020</i> .....	36

2.2.1.3 EUR-scenario 2020 .....	38
2.2.1.4 VISI-scenario 2020 .....	38
2.2.1.5 Vergelijking van de verschillende scenario's .....	39
2.2.2 Ozon .....	41
2.2.2.1 REF-scenario 2007 .....	41
2.2.2.2 REF-scenario 2020 .....	42
2.2.2.3 EUR-scenario 2020 .....	43
2.2.2.4 VISI-scenario 2020 .....	44
2.2.2.5 Vergelijking van de scenario's .....	45
2.3 Export van luchtverontreiniging .....	46
2.3.1 zwevend stof .....	46
2.3.1.1 REF-scenario 2007 .....	46
2.3.1.2 REF-scenario 2020 .....	46
2.3.1.3 EUR-scenario 2020 .....	47
2.3.1.4 VISI-scenario 2020 .....	47
2.3.2 Ozon .....	48
2.3.2.1 REF-scenario 2007 .....	48
2.3.2.2 REF-scenario 2020 .....	49
2.3.2.3 EUR-scenario 2020 .....	50
2.3.2.4 VISI-scenario 2020 .....	50
2.4 Analyse van de nodige emissiedalingen om te zorgen voor een duurzame daling van de jaargemiddelde ozonconcentraties .....	51
2.4.1 Reductie van NOx- en NMVOS-emissies in Europa .....	51
2.4.2 Reductie van (alleen) NMVOS-emissies in Europa .....	54
2.5 Beleidsaanbevelingen en conclusies .....	55
<b>Referenties .....</b>	<b>56</b>
<b>ADDENDUM 1: Geografische spreiding van de sectorbijdragen van de Vlaamse emissies in Vlaanderen .....</b>	<b>57</b>
1) REF-scenario 2007 .....	57
2) REF-scenario 2020 .....	63
3) EUR-scenario 2020 .....	69
4) VISI-scenario 2020 .....	75

## Inhoudstafel figuren

<i>Figuur 1: Bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het REF-scenario 2007</i>	20
<i>Figuur 2: Bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het REF-scenario 2020</i>	22
<i>Figuur 3: Bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het EUR-scenario 2020</i>	23
<i>Figuur 4: Bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het VISI-scenario 2020</i>	24
<i>Figuur 5: Vergelijking van de bijdragen van de sectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) voor de 4 verschillende emissieprognoses</i>	25
<i>Figuur 6: Invloed van de Vlaamse NH<sub>3</sub>-emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) voor emissies REF2007</i>	26
<i>Figuur 7: Invloed van de Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) voor emissies REF2007</i>	27
<i>Figuur 8: Invloed van de Vlaamse NH<sub>3</sub>-emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) voor emissies EUR2020</i>	28
<i>Figuur 9: Invloed van de Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) voor emissies EUR2020</i>	29
<i>Figuur 10: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het REF-scenario 2007 bij een emissiereductie van 20%</i>	30
<i>Figuur 11: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de AOT60 voor het REF-scenario 2007 bij een emissiereductie van 20%</i>	31
<i>Figuur 12: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het REF-scenario 2020 bij een emissiereductie van 20%</i>	32
<i>Figuur 13: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het EUR-scenario 2020 bij een emissiereductie van 20%</i>	33
<i>Figuur 14: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het VISI-scenario 2020 bij een emissiereductie van 20%</i>	33
<i>Figuur 15: Vergelijking van de sectorbijdragen van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor de 4 scenario's voor een emissiereductie van 20%</i>	34
<i>Figuur 16: Bijdragen van de Vlaamse emissies, Europese emissies, ozon randvoorwaarden en andere bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor REF2007</i>	36
<i>Figuur 17: Bijdragen van de Vlaamse emissies, Europese emissies, ozon randvoorwaarden en andere bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor REF2020</i>	37
<i>Figuur 18: Bijdragen van de Vlaamse emissies, Europese emissies, ozon randvoorwaarden en andere bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor EUR2020</i>	38
<i>Figuur 19: Bijdragen van de Vlaamse emissies, Europese emissies, ozon randvoorwaarden en andere bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor VISI2020</i>	39
<i>Figuur 20: Vergelijking van de verschillende bijdragen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor de 4 emissieprognoses</i>	41
<i>Figuur 21: Invloed van de niet-Vlaamse antropogene emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Europa voor REF2007</i>	42
<i>Figuur 22: Invloed van de niet-Vlaamse antropogene emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Europa voor REF2020</i>	43
<i>Figuur 23: Invloed van de niet-Vlaamse antropogene emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Europa voor EUR2020</i>	44
<i>Figuur 24: Invloed van de niet-Vlaamse antropogene emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Europa voor VISI2020</i>	45
<i>Figuur 25: Invloed van Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in Europa voor REF2007</i>	46
<i>Figuur 26: Invloed van Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in Europa voor REF2020</i>	47
<i>Figuur 27: Invloed van Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in Europa voor EUR2020</i>	47
<i>Figuur 28: Invloed van Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5 concentraties (rechts) in Europa voor VISI2020</i>	48



<i>Figuur 29: Invloed van Vlaamse emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen en de buurlanden voor het REF2007-scenario</i> .....	49
<i>Figuur 30: Invloed van Vlaamse emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen en de buurlanden voor het REF2020-scenario</i> .....	50
<i>Figuur 31: Invloed van Vlaamse emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen en de buurlanden voor het EUR2020-scenario</i> .....	50
<i>Figuur 32: Invloed van Vlaamse emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen en de buurlanden voor het VISI2020-scenario</i> .....	51
<i>Figuur 33: Jaargemiddelde ozonconcentratie gemiddeld over Vlaanderen voor het EUR2020-scenario en een reeks van verdergaande NOx- en NMVOS-emissiereducties</i> .....	52
<i>Figuur 34: Relatief verschil in jaargemiddelde ozonconcentraties tussen het EUR-scenario 2020 en het EUR-scenario 2020 met een reeks bijkomende NOx- en NMVOS-emissiereducties (-25 %, -40 %, -45 %, -50 %, -75 %, -90 %)</i> .....	53
<i>Figuur 35: Relatief verschil in jaargemiddelde ozonconcentraties tussen het EUR-scenario 2020 en het EUR-scenario 2020 met een reeks bijkomende NMVOS-emissiereducties (-25% boven links, -50% boven rechts en -75% beneden)</i> .....	55

## Inhoudstafel tabellen

<i>Tabel 1: Vergelijking van de emissies van de sectoren Landbouw en Transport (Vlaanderen, REF-scenario 2007)</i> .....	20
<i>Tabel 2: Relatief verschil in jaargemiddelde ozonconcentratie gemiddeld over Vlaanderen en minimale en maximale waarde t.o.v. EUR2020 [%]</i> .....	52

## Samenvatting

Er werd een methodologie op punt gesteld om de Vlaamse sectorbijdragen en de buitenlandse bijdragen aan de PM10-, PM2,5- en ozonconcentraties in Vlaanderen in kaart te brengen. Hiervoor werden Vlaamse emissiescenario's van MIRA (REF2007, REF2020, EUR2020 en VISI2020) en bijhorende Europese emissiescenario's van IIASA (NEC2007\_baseline\_current\_legislation, NEC6\_C&E Package\_OPTV5 en NEC6\_C&E Package\_MRRV5) gebruikt. Inhoud en aanmaak van deze emissiescenario's werd beschreven in de Milieuverkenning 2030 (REF- en EUR-scenario) en in de MIRA-studie "Doorrekening Visionair Scenario" (VISI-scenario).

In het kader van deze studie werd nagegaan welke emissies en atmosfeerscheikundige processen een belangrijke rol spelen in de verklaring van de zwevend stof en ozonconcentraties in Vlaanderen voor de huidige situatie (basisjaar 2007) en voor drie verschillende emissieprognoses voor het jaar 2020:

1. voor een emissiescenario volgens de huidige Europese wetgeving (REF2020);
2. voor een emissiescenario met een aantal bijkomende Europese emissiereductiemaatregelen (EUR2020);
3. voor een emissiescenario met verdergaande emissiereducties (VISI2020).

In de drie scenario's voor het jaar 2020 dalen in het algemeen de emissies en de concentraties (zie de Milieuverkenning 2030 en de MIRA O&O-studie "Doorrekening Visionair scenario"). De veranderingen van de emissies zijn sector- en plaatsgebonden wat een invloed heeft op de relatieve sectorbijdragen voor Vlaanderen.

De berekeningen voor zwevend stof (PM10 en PM2,5) tonen aan dat m.b.t. de bijdrage van de Vlaamse sectoren de landbouwsector de grootste bijdrage levert, zowel voor PM10 (54 %) als voor PM2,5 (49 %). Ongeveer de helft van het zwevend stof dat afkomstig is van Vlaamse emissies is dus afkomstig van de landbouwsector. Dit komt enerzijds door de emissies van primair stof (vooral PMcoarse) en anderzijds door de hoge ammoniakemissies van de landbouw die voor een groot deel van het in Vlaanderen gevormd secundair fijn stof verantwoordelijk zijn. Van de andere sectoren in Vlaanderen dragen het Transport (PM10: 16 %, PM2,5: 17 %), de Industrie (PM10: 16 %, PM2,5: 17 %) en de Huishoudens (PM10: 10 %, PM2,5: 12 %) evenzo in belangrijke mate bij aan de concentraties zwevend stof. De sectoren Energie en Handel&Diensten hebben bijdragen van minder dan 5 %. In de emissiescenario's gaande van REF2007 over REF2020 en EUR2020 tot VISI2020 daalt achtereenvolgens de bijdrage van de landbouwsector voor PM10 van 54 % naar 49 % en voor PM2,5 van 49 % naar 43 %. De bijdragen van de transportsector blijven nagenoeg onveranderd; deze van de sector Industrie nemen significant toe, namelijk voor PM10 van 16 % naar 21 % en voor PM2,5 van 17 % naar 24 %. Dit laatste komt vooral door de verwachte toename van de emissies van deze sector. De bijdragen van de huishoudsector zullen licht dalen, namelijk voor PM10 van 10 % naar 8 % en voor PM2,5 van 12 % naar 10 %. De bijdragen van de sectoren Energie en Handel&Diensten blijven ook in de toekomst laag.

Opmerkelijk hierbij zijn de belangrijke daling van de bijdragen voor de landbouwsector en het feit dat de bijdragen van de transportsector niet dalen, ondanks de significante reductie van de NO<sub>x</sub> emissies van het wegverkeer. De berekeningen tonen aan dat in het basisjaar 2007 slechts een verwaarloosbaar deel van de Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies omgezet wordt naar nitraataerosol in Vlaanderen. De Vlaamse NO<sub>x</sub> emissies zullen in meer windafwaartse gebieden van Vlaanderen aanleiding geven tot secundair fijn stof. Dit in tegenstelling tot NH<sub>3</sub>, dat in Vlaanderen voor een belangrijk deel omgezet wordt naar ammoniumaerosol. De reden hiervoor is te vinden in het hoge NO<sub>x</sub>-overschot in Vlaanderen. Door de sterke emissiereducties van het wegverkeer zal dit NO<sub>x</sub>-overschot in de toekomst kleiner worden waardoor een groter deel van de NO<sub>x</sub>-emissies secundair zwevend stof zal vormen en het belang van de ammoniakemissies iets kleiner zal worden. Ammoniak blijft echter ook in de toekomst de belangrijkste component voor de vorming van secundair stof in Vlaanderen. Hieruit volgt dat NO<sub>x</sub>-emissiereducties in mindere mate reducties van de zwevend stof concentraties in Vlaanderen tot gevolg hebben dan NH<sub>3</sub>-emissiereducties. Hierbij mag echter niet uit het oog verloren worden dat de NO<sub>x</sub> emissies van het verkeer de belangrijkste oorzaak zijn voor de hoge NO<sub>2</sub> concentraties in verkeersdrukke omgevingen. Een verdere NO<sub>x</sub> emissiereductie is dus belangrijk om de Europese NO<sub>2</sub> grenswaarden in Vlaanderen te halen.

Het grootste deel van de PM10- en PM2,5-concentraties in Vlaanderen is echter niet afkomstig van Vlaamse bronnen. Deze dragen (gemiddeld) maar met 23 % bij aan de PM10-concentraties en met 25 % aan de PM2,5-concentraties. Ongeveer de helft van ons zwevend stof is afkomstig van niet-Vlaamse antropogene emissies, dus emissies in Brussel, Wallonië, in het Europese buitenland en emissies afkomstig van de internationale scheepvaart. Deze zijn in het basisjaar 2007 voor 45 % van de PM10-concentraties en 53 % van de PM2,5-concentraties verantwoordelijk. Vooral de secundaire fijn stof componenten ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat zijn door het transport van luchtverontreiniging uit het buitenland voor het overgrote deel afkomstig van emissies uit de Europese buurlanden. De Vlaamse primaire fijn stof emissies daarentegen dragen vooral bij aan de concentraties fijn stof binnen Vlaanderen zelf.

Het resterende deel van de PM10- en PM2,5-concentraties in Vlaanderen wordt veroorzaakt door pollutanten die Vlaanderen bereiken vanuit gebieden gelegen buiten Europa en door natuurlijke bijdragen van zwevend stof. Zwevend stof wordt ook over lange afstand getransporteerd. Zo komt er bijvoorbeeld via de Atlantische Oceaan fijn stof naar Europa. Veel belangrijker bleek echter de invloed van de Noord-Hemisferische ozonachtergrondconcentratie. Ozon speelt immers een rol in verschillende oxidatieprocessen en draagt op deze manier bij tot de vorming van secundair fijn stof. De natuurlijke bijdragen, vooral zeezout, zijn hoofdzakelijk voor PM10 van belang.

In vergelijking met de situatie voor het basisjaar 2007 zal in de emissiescenario's REF2007, REF2020, EUR2020, VISI2020 de relatieve bijdrage van de Vlaamse emissies achtereenvolgens toenemen voor PM10 van 23 % naar 25 % en voor PM2,5 van 25 % naar 29 %. De belangrijkste redenen hiervoor zijn dat ten eerste de emissies van primair fijn stof minder zullen dalen dan de emissies van de voorlopverbindingen waardoor de samenstelling van het fijn stof zal veranderen met een hogere bijdrage van de primaire componenten tot gevolg. De primaire fijn stof emissies dragen immers in veel hogere mate bij aan de concentraties zwevend stof dan de emissies van de voorlopverbindingen. De uitstoot van 1 ton primair fijn stof draagt immers bijna volledig bij aan de fijn stof concentraties, terwijl de uitstoot van eenzelfde hoeveelheid NO<sub>x</sub> of SO<sub>2</sub> slechts gedeeltelijk wordt omgezet tot secundair fijn stof. Dit neemt echter niet weg dat fijn stof voor een zeer groot aandeel uit secundair fijn stof bestaat. Ten tweede wordt door de emissiereducties in Vlaanderen het overschot aan voorlopverbindingen gereduceerd waardoor een groter deel nog binnen Vlaanderen zal omgezet worden naar secundair fijn stof.

De niet-Vlaamse bijdragen zullen daarentegen dalen, en dit voor PM10 van 45 % naar 35 % en voor PM2,5 van 53 % naar 47 % voor respectievelijk het REF2007 en het VISI2020-scenario. Dit kan twee mogelijke redenen hebben. Een eerste reden zou kunnen zijn dat de emissiereducties in het buitenland groter zijn dan in Vlaanderen. Een tweede mogelijke reden is dat er bij algemeen dalende emissies (in heel Europa) een kleiner deel van de emissies van de voorlopverbindingen van zwevend stof deel uitmaakt van het langeafstandstransport en een groter deel dichtbij de bronnen secundair stof vormt. Welke reden hier de meest dominante is, is niet duidelijk. Het resultaat is sowieso dat de Vlaamse bijdrage aan de PM10 concentraties in de toekomst zal toenemen.

De bijdragen van de emissies buiten Europa en van de natuurlijke componenten zullen in de toekomst voor PM10 toenemen en voor PM2,5 gelijk blijven. Hierbij zal telkens de bijdrage door ozon significant dalen omwille van de sterkere reducties in de voorlopverbindingen van zwevend stof dan van de primaire fijn stof emissies zelf. De bijdrage (voor PM10) van de natuurlijke bronnen zal daarentegen (relatief gezien) toenemen, gelet op de dalingen van de antropogene emissies.

De export van luchtvervuiling vanuit Vlaanderen naar het buitenland zal in de toekomst vermoedelijk licht toenemen.

Naast zwevend stof werden dezelfde berekeningen uitgevoerd voor ozon. Om de bijdragen van de Vlaamse sectoren in kaart te brengen werden de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie en de AOT60 als indicatoren bestudeerd. Om een correcte inschatting te maken van de AOT60 is een kalibratie van de BeIEUROS resultaten noodzakelijk. Dit kon in het kader van deze studie niet uitgevoerd worden. Deze indicator werd dus alleen voor het REF2007-scenario bestudeerd. Voor de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie zien we dat (zoals ook voor de jaargemiddelde ozonconcentraties) alle Vlaamse sectoren "negatieve sectorbijdragen" hebben, d.w.z. dat de Vlaamse emissies zorgen voor een afname van de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie. Dit op het eerste zicht nogal eigenaardige gegeven heeft alles te maken met het typische karakter van de

fotochemische ozonvorming. Alle sectoren zorgen voor NO<sub>x</sub> emissies. NO<sub>x</sub> bestaat uit zowel NO als NO<sub>2</sub>. NO breekt in onze regio in veel hogere mate ozon af dan het bijdraagt aan de ozonvorming (door de omzetting ervan naar NO<sub>2</sub>). De ozonvorming in onze streken is NMVOS-gelimiteerd of met andere woorden, een NMVOS reductie zal zorgen voor een daling van de ozonconcentraties, terwijl NO<sub>x</sub> reducties het tegenovergestelde effect hebben. De belangrijkste sectorbijdrage voor het basisjaar 2007 wordt teruggevonden voor de transportsector (-2,2 %) gevolgd door de landbouwsector (-0,5 %). In de toekomst zal de impact van de transportsector significant afnemen door de sterke reducties van de NO<sub>x</sub>-emissies. Voor VISI2020 heeft Transport nog een bijdrage van -0,6 %, dus de transportemissies zullen in de toekomst veel minder ozon afbreken dan in het basisjaar 2007. Naast de daling van de NO<sub>x</sub> emissies speelt hierbij ook de toename van de directe NO<sub>2</sub> emissies (dit is een verschuiving van NO naar meer NO<sub>2</sub>) in de uitlaatemissies van het wegverkeer een belangrijke rol. Het effect van de emissies van de huishoudens en landbouw neemt af terwijl het effect van de industriële emissies in de toekomst zal toenemen. Dit laatste door de verwachte toename van de NO<sub>x</sub>-emissies in de Industrie.

Niet-Vlaamse emissies hebben ook een belangrijke invloed op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen. De berekeningen tonen aan dat in de scenario's REF2007 en REF2020 de buitenlandse emissies het effect hebben om de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen te doen dalen. In het EUR2020 en VISI2020 lijkt dit niet meer het geval en zorgen de niet-Vlaamse emissies voor een toename van de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat door de toenemende (NO<sub>x</sub>-) emissiereducties meer en meer gebieden in Europa de overstap kunnen maken van het NMVOS-gelimiteerde ozonvormingsgebied naar het NO<sub>x</sub>-gelimiteerde ozonvormingsgebied. In het emissiescenario VISI2020 stijgen de jaargemiddelde ozonconcentraties alleen nog in Zuid-Nederland, in het Ruhrgebied, in de Maasvallei, waarschijnlijk in Vlaanderen (maar dit werd niet apart onderzocht), in de regio Milaan en in een aantal grote steden zoals Parijs en Londen, bij een reductie van de antropogene emissies.

Vlaanderen exporteert ook NO<sub>x</sub> en andere ozon-voorlopverbindingen naar de rest van Europa waardoor de jaargemiddelde ozonconcentraties in de buurregio's dalen. Het belangrijkste effect hierbij is hoogstwaarschijnlijk dat door de Vlaamse emissies ozon in Vlaanderen afgebroken wordt en bijgevolg minder ozon naar de buurlanden getransporteerd wordt dan wanneer er geen (NO<sub>x</sub>-) emissies zouden zijn in Vlaanderen. De daling van de ozonconcentraties in de buurregio's komt dus in eerste instantie door het afbreken van ozon in Vlaanderen en niet door het transport van NO naar de buurregio's. Dit effect lijkt naar de toekomst toe te verminderen, waarschijnlijk omdat het NO<sub>x</sub>-overschot in Vlaanderen zal verminderen door de Vlaamse emissiereducties en minder ozon zal afgebroken worden in Vlaanderen.

Tenslotte werd in het kader van deze studie onderzocht of in de toekomst een daling van de jaargemiddelde ozonconcentraties mogelijk is door emissiereducties op Europese schaal. Dit zou betekenen dat we in Vlaanderen en in heel Europa de emissies (vooral NO<sub>x</sub>-emissies) zo sterk moeten reduceren tot we in het ozon-isopletdiagramma de "ozone hill" oversteken en in het NO<sub>x</sub>-gelimiteerde ozonvormingsgebied terechtkomen. Bijkomende NO<sub>x</sub>-emissiereducties zorgen dan voor een daling in plaats van een stijging (zoals nu het geval is) van de jaargemiddelde ozonconcentratie. De resultaten tonen aan dat we in het geval van een Europese NO<sub>x</sub>- en NMVOS-emissiereductie van ongeveer 30 % bovenop het EUR2020-scenario in Vlaanderen de top van de "ozone hill" zouden bereiken. Bijkomende emissiedalingen zouden dan tot een daling van de jaargemiddelde ozonconcentratie zorgen. Dit is geen onrealistisch doel. Een emissiereductie van deze grootte ligt zeker niet buiten bereik. Het dient echter opgemerkt te worden dat een daling van de jaargemiddelde ozonconcentratie enkel gemiddeld over Vlaanderen kan gerealiseerd worden. De landelijke gebieden vertonen namelijk wel een daling van de ozonconcentraties terwijl de ozonconcentraties in de stedelijke gebieden verder zouden toenemen. Dit lijkt zelfs nog het geval te zijn bij veel verdergaande emissiereducties, zoals bv. 75 % NO<sub>x</sub>- en NMVOS-emissiereductie bovenop het EUR2020-scenario. Gezien de meeste mensen in Vlaanderen in stedelijke gebieden wonen zou deze daling van de (ruimtelijke) gemiddelde ozonconcentraties weinig impact hebben op de blootstelling van de Vlaamse bevolking. Alleen nog verdere NO<sub>x</sub> reducties (>90%) zullen vermoedelijk de jaargemiddelde ozonconcentraties ook in stedelijke gebieden doen dalen.

## Summary

A method was formulated to map the Flemish sector contributions and foreign contributions to PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and ozone concentrations in Flanders. Flemish emissions scenarios from MIRA (REF2007, REF2020, EUR2020 and VISI2020) and the corresponding European emissions scenarios from IASA (NEC2007\_baseline\_current\_legislation, NEC6\_C&E Package\_OPTV5 and NEC6\_C&E Package\_MRRV5) were used for this. The content and production of these emissions scenarios were described in the Environment Outlook 2030 Flanders (REF and EUR scenarios) and in the MIRA study "Particulate matter and photochemical air pollution. Visionary Scenario of the Environment outlook 2030 Flanders".

In the context of this study, which emissions and atmospheric chemical processes play an important role in explaining the particulate matter and ozone concentrations in Flanders for the current situation (base year 2007) and for the three emissions prognoses for 2020 were analysed:

1. for an emissions scenario according to current European legislation (REF2020);
2. for an emissions scenario with a number of additional European emissions reduction measures (EUR2020);
3. for an emissions scenario with further reaching emissions reductions (VISI2020).

In general the emissions and the concentrations decrease in the three scenarios for 2020 (see the Environment Outlook 2030 Flanders and the MIRA O&O study "Particulate matter and photochemical air pollution. Visionary Scenario of the Environment outlook 2030 Flanders"). The changes to emissions are related to sector and place, which has an impact on the relative sector contributions for Flanders.

The calculations for particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) show that the agriculture sector makes the largest contribution with regard to the contribution of the Flemish sectors, both for PM<sub>10</sub> (54%) and for PM<sub>2.5</sub> (49%). Approximately half of the particulate matter generated by Flemish emissions therefore originates from the agriculture sector. This is due on the one hand to emissions of primary particulate matter (especially PM coarse) and due to high ammonia emissions by agriculture on the other hand, which are responsible for a large proportion of the secondary particulate matter formed in Flanders. Of the other sectors in Flanders the following sectors also contribute significantly to the concentration of particulate matter: Transport (PM<sub>10</sub>: 16%, PM<sub>2.5</sub>: 17%) Industry (PM<sub>10</sub>: 16%, PM<sub>2.5</sub>: 17%) and Households (PM<sub>10</sub>: 10%, PM<sub>2.5</sub>: 12%). The Energy and Trade & Services sectors contributed less than 5%. In the emissions scenarios from REF2007 to REF2020 and EUR2020 to VISI2020 the contribution of the agriculture sector for PM<sub>10</sub> decreases consecutively from 54% to 49% and for PM<sub>2.5</sub> from 49% to 43%. The contributions of the transport sector remain almost unchanged; those of the Industry sector increase significantly, specifically for PM<sub>10</sub> from 16% to 21% and for PM<sub>2.5</sub> from 17% to 24%. The latter is primarily due to the anticipated increase in emissions by this sector. The contributions by the household sector will decrease slightly, namely for PM<sub>10</sub> from 10% to 8% and for PM<sub>2.5</sub> from 12% to 10%. The contributions by the Energy and Trade & Services sectors will also remain low in the future.

Remarkable here is the major decrease in the contributions by the agriculture sector and the fact that the contributions by the transport sector do not decrease despite the significant reduction of NO<sub>x</sub> emissions by road traffic. The calculations show that only a negligible part of the Flemish NO<sub>x</sub> emissions were converted to nitrate aerosol in Flanders in the 2007 base year. The Flemish NO<sub>x</sub> emissions will result in secondary particulate matter in the more downwind regions of Flanders. This is unlike NH<sub>3</sub>, which in Flanders to a large extent will be converted into ammonium aerosol. The reason for this may be found in the high NO<sub>x</sub> surplus in Flanders. Due to the major reductions in emissions by road traffic this NO<sub>x</sub> surplus will become smaller in the future whereby a larger proportion of the NO<sub>x</sub> emissions will form secondary particulate matter and the importance of ammonia emissions will become slightly less. However, ammonia will also remain the main component for the formation of secondary matter in Flanders in the future. Consequently reductions in NO<sub>x</sub> emissions will to a lesser extent result to reductions in particulate matter concentrations in Flanders compared to reductions in NH<sub>3</sub> emissions. However it must not be forgotten that the NO<sub>x</sub> emissions of traffic are the main cause of high NO<sub>2</sub> concentrations in environments with a high volume of traffic. A further reduction in NO<sub>x</sub> emissions is therefore important to achieve the European NO<sub>2</sub> limits in Flanders.

The largest proportion of the PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations in Flanders are not of Flemish origin however. (On average) these only contribute 23% to the PM<sub>10</sub> concentrations and 25% to PM<sub>2.5</sub> concentrations. Approximately half of our particulate matter comes from non-Flemish anthropogenic emissions, i.e. emissions in Brussels, Wallonia, in the rest of Europe and emissions originating from international shipping. In the 2007 base year these are responsible for 45% of PM<sub>10</sub> concentrations and 53% of PM<sub>2.5</sub> concentrations. The secondary particulate matter components ammonium nitrate and ammonium sulphate predominately originate from emissions by the European neighbouring countries as a result of the transportation of air pollution from abroad. However the Flemish primary particulate matter emissions mainly contribute to the concentrations of particulate matter within Flanders itself.

The remaining proportion of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations in Flanders are caused by pollutants that reach Flanders from areas situated outside Europe and by natural contributions of particulate matter. Particulate matter is also transported across long distances. For instance particulate matter reaches Europe via the Atlantic Ocean. However the influence of the background ozone concentration of the Northern Hemisphere proved even more important. Ozone plays a role in various oxidation processes and thereby contributes to the formation of secondary particulate matter. The natural contributions, particularly sea salt, are mainly significant for PM<sub>10</sub>.

In comparison to the situation for the 2007 base year the relative contribution of Flemish emissions for PM<sub>10</sub> will increase consecutively in the emissions scenarios REF2007, REF2020, EUR2020, VISI2020 from 23% to 25% and for PM<sub>2.5</sub> from 25% to 29%. The main reasons for this are firstly that the emissions of primary particulate matter will decrease less than the emissions of precursor compounds whereby the composition of the particulate matter will change, resulting in a higher contribution of primary components. Primary particulate matter emissions contribute to a much greater extent to the concentrations of particulate matter than emissions from precursor compounds. The emission of 1 tonne of primary particulate matter contributes almost entirely to particulate matter concentrations, whereas the emission of the same amount of NO<sub>x</sub> or SO<sub>2</sub> is only partially converted to secondary particulate matter. However this does not detract from the fact that particulate matter consists to a large extent of secondary particulate matter. Secondly the surplus of precursor compounds is reduced through the emission reductions in Flanders whereby a larger proportion will be converted within Flanders into secondary particulate matter.

Non-Flemish contributions will decrease however from 45% to 35% for PM<sub>10</sub> and from 53% to 47% for PM<sub>2.5</sub> for the REF2007 and the VISI2020 scenarios respectively. This may have two possible causes. The first cause could be that the reductions in emissions abroad may be larger than in Flanders. A second possible cause is that in the event of generally decreasing emissions (throughout Europe) a smaller proportion of the emissions of precursor compounds of particulate matter make up the long distance transport and a larger proportion forms secondary matter closer to the sources. Which cause will predominate most is unclear. In any case the result will be that the Flemish contribution to PM<sub>10</sub> concentrations will increase in the future.

The contributions of the emissions outside Europe and of the natural components will increase in the future for PM<sub>10</sub> and remain the same for PM<sub>2.5</sub>. The contribution by ozone will decrease significantly each time due to the stronger reductions in precursor compounds of particulate matter than the emissions of primary particulate matter themselves. The contribution (for PM<sub>10</sub>) of the natural sources will increase however (on a relative basis), considering the decreases of anthropogenic emissions.

The export abroad of air pollution from Flanders is likely to increase slightly in the future.

In addition to particulate matter the same calculations were carried out for ozone. To map the contributions by the Flemish sectors the average maximum 8-hour ozone concentration and the AOT60 were studied as indicators. A calibration of BeIEURO results is necessary to make a correct estimate of AOT60. This could not be carried out in the context of this study. This indicator was therefore only studied for the REF2007 scenario. For the average maximum 8-hour ozone concentration we see that (as is also the case for the annual average ozone concentrations) all Flemish sectors have "negative sector contributions", i.e. that the Flemish emissions ensure a decrease of the average maximum 8-hour ozone concentration. This rather odd fact at first sight relates entirely to the typical character of the photochemical formation of ozone. All sectors produce NO<sub>x</sub> emissions. NO<sub>x</sub> consists of both NO and NO<sub>2</sub>. NO breaks down ozone in our region to a much

greater extent than its contribution to the formation of ozone (through its conversion to  $\text{NO}_2$ ). Ozone formation in our regions is NMVOC-limited or, in other words, an NMVOC reduction will produce a decrease in ozone concentrations, whereas  $\text{NO}_x$  reductions have the opposite effect. The most important sector contribution for the 2007 base year is found for the transport sector (-2.2 %) followed by the agriculture sector (-0.5%). In future the impact of the transport sector will decrease significantly due to the strong reductions of  $\text{NO}_x$  emissions. Transport has a contribution of -0.6% in VISI2020, so the emissions by transport will break down much less ozone in the future than in the 2007 base year. In addition to the decrease in  $\text{NO}_x$  emissions the increase of direct  $\text{NO}_2$  emissions also plays an important role (this is shift from  $\text{NO}$  to more  $\text{NO}_2$ ) in exhaust emissions of road traffic. The effect from household and agricultural emissions will decrease whereas the effect from industrial emissions will increase in the future. The latter is due to the anticipated increase in  $\text{NO}_x$  emissions in Industry.

Non-Flemish emissions also have a major impact on the average annual ozone concentrations in Flanders. The calculations indicate that foreign emissions have the effect in the REF2007 and the REF2020 scenarios of decreasing the average annual ozone concentrations in Flanders. This no longer appears to be the case in EUR2020 and VISI2020 and non-Flemish emissions ensure an increase in the average annual ozone concentrations in Flanders. This is probably due to the fact that due to increased ( $\text{NO}_x$ ) emissions reductions more and more regions in Europe may switch from a NMVOC-limited ozone formation region to an  $\text{NO}_x$ -limited ozone formation region. In the VISI2020 emissions scenario the average annual ozone concentrations only still rise in South Netherlands, in the Ruhr region, in the Meuse valley, probably in Flanders (but this was not studied separately), in the Milan region and in a number of major cities such as Paris and London, with a reduction of anthropogenous emissions.

Flanders also exports  $\text{NO}_x$  and other ozone precursor compounds to the rest of Europe whereby the average annual ozone concentrations decrease in the neighbouring regions. The main effect here is most likely that ozone in Flanders will be broken down through Flemish emissions and consequently less ozone will be transported to neighbouring countries than if there were no ( $\text{NO}_x$ ) emissions in Flanders. In the first instance, the decrease in ozone concentrations in the neighbouring regions is consequently due to the break down of ozone in Flanders and not due to the transportation of  $\text{NO}$  to the neighbouring regions. This effect seems to decrease towards the future, probably because the  $\text{NO}_x$  surplus in Flanders will decrease due to the Flemish reductions of emissions and less ozone will be broken down in Flanders.

Finally whether a decrease in the average annual ozone concentrations is possible through reductions of emissions at a European level was researched in the context of this study. This would mean that we would have to reduce the emissions (especially  $\text{NO}_x$  emissions) so greatly in Flanders and in the whole of Europe until we cross in the ozone isopleths diagram the "ozone hill" and reach the  $\text{NO}_x$ -limited ozone formation area. Additional reductions of  $\text{NO}_x$  emissions would then realise a decrease instead of an increase (as is currently the case) of the average annual ozone concentration. The results indicate that in the case of a European  $\text{NO}_x$  and NMVOC reduction in emissions of approximately 30% in addition to the EUR2020 scenario the top of the "ozone hill" would be reached in Flanders. Additional decreases in emissions would then result in a decrease in the average annual ozone concentration. This is not an unrealistic target. A reduction in emissions of this magnitude is definitely not out of reach. However it should be noted that a decrease in the average annual ozone concentration may only be realised on average across Flanders. Specifically rural areas do show a decrease in ozone concentrations whereas the ozone concentrations in the urban areas will continue to rise. This even still seems to be the case in many far-reaching emission reductions, such as 75%  $\text{NO}_x$  and NMVOC emissions reductions on top of the EUR2020 scenario. Considering that the majority of people in Flanders live in urban areas this decrease of the (spatial) average ozone concentrations would have little impact on the exposure of the Flemish population. Only further  $\text{NO}_x$  reductions (> 90%) will presumably allow the average annual ozone concentrations to decrease in urban areas as well.



## **Inleiding**

### **Algemene beschrijving van deze studie**

Vaak bestaat er geen lineair verband tussen de emissies van een bepaalde pollutant naar de lucht toe en de concentratie van deze pollutant in de lucht. Oorzaken hiervoor zijn o.a. het grensoverschrijdende karakter van luchtvervuiling en, in het geval van secundaire pollutanten zoals ozon (O<sub>3</sub>) en stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), chemische omzettingen in de atmosfeer. Ook zwevend stof (PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>) bestaat voor ongeveer de helft van de massa uit secundaire componenten zoals ammoniumnitraten en -sulfaten. Het luchtkwaliteitsmodel BelEUROS is speciaal ontwikkeld om met deze niet-lineaire processen in de atmosfeer rekening te houden. Met het model kan de impact van de evoluties in de emissies van luchtverontreinigende pollutanten zoals ammoniak (NH<sub>3</sub>), zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxides (NO<sub>x</sub>), niet-methaan vluchtige koolwaterstoffen (NMVOS), PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub> op de luchtkwaliteit berekend worden.

In deze studie werd verder onderzoek verricht naar de relaties tussen emissies en de luchtkwaliteit in Vlaanderen. Om de vergelijkbaarheid met de bestaande MIRA-producten te garanderen, werden de berekeningen afgestemd met de berekeningen die uitgevoerd werden in het kader van de Milieuverkenning 2030 in de thema's Verzuring, Zwevend stof en Fotochemische Luchtverontreiniging.

### **Analyse van de bijdragen van de emissies van de verschillende Vlaamse sectoren aan de luchtkwaliteit in Vlaanderen**

In het eerste deel van deze studie werd een analyse uitgevoerd om de bijdragen van de verschillende sectoren in Vlaanderen aan de PM<sub>10</sub>-, PM<sub>2,5</sub>- en ozonconcentraties in kaart te brengen. Voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> is zo'n oefening zeer zinvol gezien het hoge percentage secundaire componenten in zwevend stof. De analyse werd uitgevoerd op basis van de 6 MIRA-hoofdsectoren. De oefening werd uitgevoerd m.b.v. het BelEUROS-model waarbij een referentieberekening (met de emissies van alle sectoren) vergeleken werd met de PM<sub>10</sub>- en PM<sub>2,5</sub>-concentraties uit berekeningen waarbij telkens de emissies van een bepaalde sector gereduceerd werden. Uit vergelijkbare oefeningen gepubliceerd in de literatuur blijkt dat het beter is om modelberekeningen uit te voeren met een lichte reductie van de emissies van een sector met bv. 15 à 25 % en de resultaten hiervan te extrapoleren dan de emissies in het model helemaal op nul te zetten omdat dit een te grote verstoring van de scheikundige evenwichten zou kunnen betekenen en het model op een onvoorspelbare manier zou kunnen reageren op deze (onrealistische) emissiereducties. In deze studie werd voor een emissiereductie van telkens 20 % gekozen.

Om de nodige emissiebestanden met gereduceerde emissies aan te maken voor de BelEUROS berekeningen moest vertrokken worden van "upload-tabellen", omdat met E-MAP geen reducties op het niveau van de MIRA-hoofdsectoren kan uitgevoerd worden, maar alleen op het niveau van de (huidige 27) OPS-sectoren. Tijdens de startvergadering van deze studie werd overeengekomen om de berekening van de sectorbijdragen uit te voeren voor de 6 MIRA-hoofdsectoren en voor de scenario's 2007 REF, 2020 REF, 2020 EUR en 2020 VISI, telkens voor ozon en voor PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>.

De sectorbijdragen werden altijd voor een volledig jaar berekend. Enerzijds omdat de emissies van sommige sectoren (zoals huishoudens en landbouw) sterk afhankelijk zijn van het seizoen. Anderzijds omdat ook de scheikundige omzettingen in de atmosfeer, die aanleiding geven tot de vorming van secundaire componenten, afhangen van een aantal meteorologische parameters (bijvoorbeeld temperatuur, zonlicht ) en dus van het seizoen.

Voor ozon is een dergelijke analyse van de sectorbijdragen minder evident dan voor zwevend stof, omdat, zoals gezien in de berekeningen voor de Milieuverkenning 2030, in de meeste gevallen emissiereducties aanleiding geven tot hogere (jaargemiddelde) ozonconcentraties. De analyse van de sectorbijdragen werd om deze reden voor ozon uitgevoerd voor de bijdragen van de verschillende sectoren aan de ozonpieken. Voor de ozonpieken bestaat er immers eerder de kans dat deze bij een emissiedaling ook afnemen.

## **Import en export van luchtverontreiniging**

Analoog aan de berekeningen beschreven onder het vorige punt werden er vergelijkbare berekeningen uitgevoerd om de bijdrage van buitenlandse emissies aan de PM10- en PM2,5-concentraties en aan de ozonpieken in te schatten. BelEUROS-berekeningen met gereduceerde emissies in het buitenland werden hiervoor vergeleken met een berekening met alle Europese emissies zonder enige reductie. Deze oefening werd uitgevoerd voor de volgende scenario's: 2007 REF, 2020 REF, 2020 EUR en 2020 VISI. De invloed van de randvoorwaarden werd in aparte berekeningen bestudeerd.

Analoog werden voor dezelfde scenario's berekeningen uitgevoerd met een reductie van alle Vlaamse sectoren om de invloed van deze emissies op het buitenland te kwantificeren. Vlaanderen exporteert immers ook luchtvervuiling naar het buitenland.

## **Analyse van de nodige emissiedalingen om te zorgen voor een daling van de jaargemiddelde ozonconcentraties**

De berekeningen uitgevoerd in het kader van de Milieuverkenning 2030, thema Fotochemische Luchtverontreiniging, hebben aangetoond dat de in het Referentie- maar ook in het EUR-scenario voorgestelde emissiereducties weliswaar tot een daling van de ozonpieken leiden maar tegelijkertijd ook tot een verhoging van de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen. Dit heeft met de karakteristieke eigenschappen van de ozonchemie te maken. De voorgestelde reducties van de NO<sub>x</sub>-emissies hebben een veel sterkere invloed op de ozonafbraak dan op de ozonvorming omwille van het NMVOS-gelimiteerde ozonregime dat in Noordwest-Europa bestaat.

Verdergaande NO<sub>x</sub>-emissiereducties in Vlaanderen (en in de buurlanden) bovenop het EUR-scenario zouden ons vanaf een bepaald punt van het NMVOS-gelimiteerde naar het NO<sub>x</sub>-gelimiteerde ozonvormingsgebied moeten brengen (zie hiervoor het achtergronddocument Fotochemische Luchtverontreiniging). Eens dit gebied bereikt, zal een verdere verlaging van de NO<sub>x</sub>-emissies niet alleen de ozonpieken maar ook de jaargemiddelde ozonconcentraties doen dalen. In dit gedeelte van de studie werd a.h.v. BelEUROS-berekeningen bepaald hoeveel (NO<sub>x</sub>)-emissiereducties nodig zijn om een daling niet alleen van de ozonpieken maar ook van de jaargemiddelde ozonconcentraties te bereiken.

## 1 Methode: Beschrijving van het model en aannames

### 1.1 Analyse van de bijdrage van de emissies van de verschillende Vlaamse sectoren aan de luchtkwaliteit in Vlaanderen

Alle berekeningen werden met het BelEUROS model uitgevoerd op een resolutie van 15x15 km<sup>2</sup> binnen het gridverfijningsgebied. Er werd geen “downscaling en kalibratie” van de resultaten uitgevoerd aan de hand van het RIO-corine model (zoals in het kader van de Milieuverkenning 2030).

Om de bijdragen van de verschillende sectoren in Vlaanderen aan de concentraties PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> en O<sub>3</sub> in te schatten werden per scenario (REF2007, REF2020, EUR2020 en VISI2020) telkens een berekening met alle (Vlaamse) emissies en een berekening met gereduceerde emissies van één bepaalde sector uitgevoerd. Als reductiepercentage werd 20% gekozen, omdat de hoeveelheid gereduceerde emissies langs de ene kant voldoende groot is om een significant concentratieverschil in BelEUROS te zien en langs de andere kant niet te groot is om de chemische evenwichten te sterk te verstoren. Voor PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> werd vervolgens een lineaire interpolatie uitgevoerd om het effect van 100 % emissiereductie (dus de volledige bijdrage van de sector in kwestie) te berekenen. Hiervoor werden alle waargenomen verschillen tussen de berekening met alle emissies en de berekening met gereduceerde emissies met een factor vijf vermenigvuldigd.

Voor de brontoewijzing-studie van LNE werden bijkomend, gebruikmakend van de BelEUROS resultaten, ook de sectorbijdragen voor NO<sub>2</sub> voor het REF2007 scenario berekend.

De nodige emissiebestanden werden aangemaakt met behulp van E-map. Omdat de berekeningen dienden uitgevoerd te worden gebruikmakend van de Vlaamse emissies per pollutant en per sector zoals opgesteld in de sectorstudies voor de Milieuverkenning 2030, moest er met “upload-tabellen” gewerkt worden. Deze uploadtabellen werden aangemaakt door IRCEL en bevatten de vertaling van de emissies per pollutant van “MIRA-hoofdsectoren” naar (de oude 27) “OPS-sectoren”. Dit is noodzakelijk omdat de uploadtool van E-map voor Vlaanderen werkt met OPS-sectoren.

Er was afgesproken om binnen dit project de doorrekening van de sectorbijdragen uit te voeren op niveau van de 6 MIRA-hoofdsectoren. Er werden dus upload-tabellen aangemaakt met gereduceerde emissies per MIRA-hoofdsector, vertaald naar emissiereducties per OPS-sector als input voor E-map.

Deze upload-tabellen werden gebruikt in E-map om, in combinatie met de niet-Vlaamse emissies, emissies voor BelEUROS aan te maken. Hierbij werden voor de niet-Vlaamse emissies dezelfde emissies gebruikt als deze gebruikt voor de Milieuverkenning 2030 (REF- en EUR-scenario) alsook voor de studie “Doorrekening van het Visionair scenario” (VISI-scenario). Voor het REF-scenario zijn dit emissies van het IASA scenario “NEC2007baseline\_current\_legislation”, een scenario dat IASA op vraag van VITO en VMM aangemaakt heeft (zie de Wetenschappelijke rapporten voor de thema’s “Zwevend stof”, “Fotochemische Luchtverontreiniging” en “Verzuring” van de Milieuverkenning 2030). Voor het EUR-scenario werden niet-Vlaamse emissies van het IASA-scenario “NEC6\_C&E\_Package\_OPTV5” gebruikt en voor het VISI-scenario niet-Vlaamse emissies van het IASA-scenario “NEC6\_C&E\_Package\_MRRV5”.

Alle aangemaakte emissiebestanden werden doorgerekend met het BelEUROS model met de versies voor fijn stof (light-versie) en voor ozon. Exact dezelfde modelversies werden gebruikt zoals i.k.v. de Milieuverkenning 2030. Zoals bij de Milieuverkenning 2030 werd ook in deze studie rekening gehouden met de voorspelde toename van de Noord-Hemisferische ozonachtergrondconcentratie en met de veranderingen in de NO<sub>x</sub>-split van de emissies van het wegverkeer, in functie van het gebruikte scenario en zichtjaar.

Vervolgens werden uit de uurlijkse concentratievelden die BelEUROS levert, de jaargemiddelde concentraties PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> berekend. Voor ozon werd in eerste instantie het glijdend maximale 8-uursgemiddelde berekend. Hieruit werd in een volgende stap de jaargemiddelde max 8-uur ozonconcentratie en de AOT60 berekend.

Om de bijdrage per sector te bepalen werd vervolgens het relatieve verschil in PM<sub>10</sub>- en PM<sub>2,5</sub>-concentratie berekend tussen de berekening met alle emissies en een berekening met (naar 100%

geëxtrapoleerde) gereduceerde sectoremissies. Met behulp van deze resultaten werden verschilkaarten voor Vlaanderen gemaakt voor de concentraties PM10, PM2,5 en van de maximale 8-uurgemiddelde ozonconcentratie of alternatief van de AOT60.

Voor de berekening van de buitenlandse (= niet-Vlaamse) bijdragen werd een vergelijkbare werkwijze toegepast. Hierbij werden terug de upload-tabellen met de Vlaamse emissies voor de verschillende MIRA-scenario's gebruikt. Tegelijkertijd was het nodig om in E-map de emissies voor het buitenland met 20 % te reduceren. Het is echter technisch onmogelijk om tegelijkertijd Vlaamse emissies up te loaden en (buitenlandse) emissies via een "custom scenario" te schalen. Om dit probleem op te lossen werd de reductie van de niet-Vlaamse emissies (tijdelijk!) in de databank zelf uitgevoerd.

## **1.2 Analyse van de bijdrage tot de luchtkwaliteit in Vlaanderen, veroorzaakt door de import van luchtverontreinigende polluenten afkomstig van buiten Vlaanderen en export van luchtverontreinigende stoffen vanuit Vlaanderen**

Ook voor dit deel van de studie werden alle berekeningen met het BelEUROS-model uitgevoerd op het 15x15 km grid. Er werd geen "downscaling" toegepast.

De nodige emissiescenario's voor BelEUROS werden in E-map aangemaakt met 20 % gereduceerde niet-Vlaamse emissies. Alle polluenten en alle SNAP-sectoren van de niet-Vlaamse emissies werden hierbij in rekening genomen. De aangemaakte sets van emissiebestanden werden vervolgens doorgerekend met de fijn stof versie van BelEUROS en met de ozonversie van BelEUROS. Jaargemiddelde concentraties PM10 en PM2,5 werden vervolgens berekend en verschilkaarten gemaakt tussen de basisberekening met de emissies van alle landen en een berekening met gereduceerde niet-Vlaamse emissies.

Voor de berekening van het export van luchtverontreinigende stoffen vanuit Vlaanderen naar Europa werden emissiebestanden aangemaakt met een reductie van de Vlaamse emissies met 20 % (van alle sectoren tegelijkertijd). Deze werden doorgerekend, geëxtrapoleerd naar 100 % emissiereductie en vergeleken met de resultaten voor de basisberekeningen met alle Vlaamse en Europese emissies.

## **1.3 Analyse van de nodige emissiedalingen om te zorgen voor een duurzame daling van de ozonconcentraties zodat de fotochemische luchtverontreiniging substantieel vermindert**

Ook dit deel van de voorliggende studie werd uitgevoerd op het 15x15 km grid van BelEUROS. Vertrekkende van emissies voor het EUR-scenario voor het zichtjaar 2020 (EUR2020) werden bijkomende emissiereducties in Vlaanderen en in de rest van Europa gedefinieerd. Boven op de (ten opzichte van de huidige emissies al gereduceerde) emissies EUR2020 werden bijkomende emissiereducties voor NO<sub>x</sub> en NMVOS voor heel Europa aangemaakt via E-map. Het is belangrijk om op te merken dat hiervoor GEEN upload van Vlaamse emissies uitgevoerd werd, omwille van de in hoofdstuk 1.1 vermelde reden: Het is technisch onmogelijk om tegelijkertijd Vlaamse emissies up te loaden en (buitenlandse) emissies via een "custom scenario" te schalen. Het vertrekpunt (EUR2020) is dus een scenario waarbij ook voor Vlaanderen de emissieprognose van IIASA gebruikt werd en is dus niet identiek met het EUR2020-scenario doorgerekend in de Milieuverkenning 2030.

Vervolgens werden deze emissies met het BelEUROS-model voor fotochemische polluenten doorgerekend en werden de relatieve verschillen voor de jaargemiddelde ozonconcentraties berekend. In het geval de jaargemiddelde ozonconcentraties voor een bepaald scenario nog steeds toenamen werd een scenario met strengere NO<sub>x</sub>- en NMVOS-emissiereducties aangemaakt. Door toenemend strengere emissiereducties toe te passen en vervolgens de ozonconcentraties te berekenen werd op een iteratieve manier het punt benaderd waarna een bijkomende NO<sub>x</sub>- en NMVOS-emissiereductie geen verdere toename van de jaargemiddelde ozonconcentraties meer betekent maar wel een daling.

## 2 Resultaten en bespreking

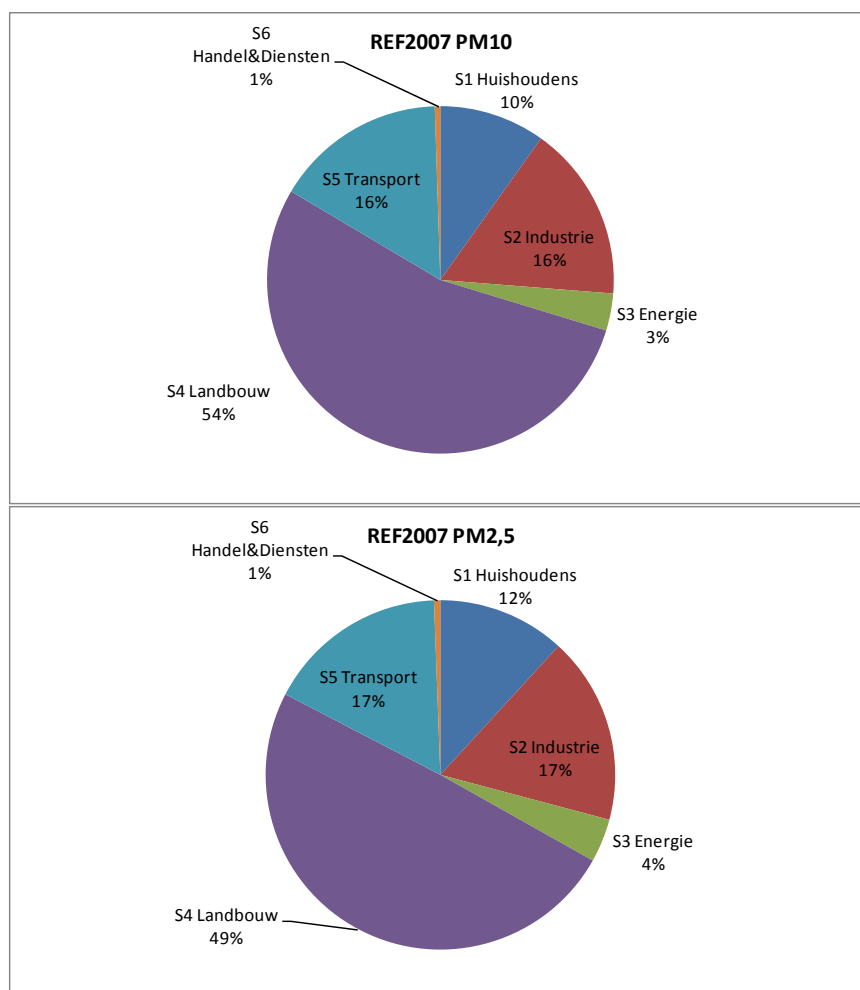
### 2.1 Bijdragen van de Vlaamse sectoren

In dit hoofdstuk worden de bijdragen van de Vlaamse emissies, onderverdeeld in de 6 MIRA-hoofdsectoren, aan de concentraties zwevend stof en ozon in Vlaanderen besproken. Deze berekeningen tonen aan hoe groot de Vlaamse bijdragen aan de concentraties van deze twee polluenten gemiddeld zijn in Vlaanderen. Ze geven ook aan welke sectoren de belangrijkste bijdragen leveren.

#### 2.1.1 Zwevend stof

##### 2.1.1.1 REF-scenario 2007

De bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren (Huishoudens, Industrie, Energie, Landbouw, Transport en Handel & Diensten) aan de PM10- en PM2,5-concentraties in Vlaanderen werden in dit deel van de studie onderzocht. Per sector werd de berekende bijdrage voor een emissiereductie van 20 % lineair geëxtrapoleerd om aan de totale sectorbijdrage te komen. Figuur 1 toont de over Vlaanderen ruimtelijk gemiddelde jaargemiddelde bijdragen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) voor het REF-scenario 2007. De som van de Vlaamse bijdragen werd hierbij steeds genormeerd op 100%.



*Figuur 1: Bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het REF-scenario 2007*

In deze berekeningen wordt met alle pollutanten rekening gehouden, zowel met de primaire emissies van zwevend stof alsook met de emissies van o.a. NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> en SO<sub>x</sub> die aanleiding geven tot de vorming van secundair fijn stof.

Uit de berekeningen blijkt dat de sectoren landbouw, industrie en transport de grootste bijdragen leveren aan zowel de PM10- als aan de PM2,5-concentraties. De emissies van de sector landbouw zijn voor ongeveer de helft verantwoordelijk voor het door Vlaamse emissies gevormde PM10 en PM2,5 in Vlaanderen. De reden hiervoor is dat door de sector landbouw zowel primair fijn stof, met name primair PMcoarse (= PM10-2,5), alsook bijna al het Vlaamse ammoniak geëmitteerd wordt. Primaire fijn stof emissies geven rechtstreeks aanleiding tot een verhoging van de concentraties zwevend stof in de lucht – hier zijn immers geen chemische omzettingen in de atmosfeer meer nodig. De emissies die aanleiding geven tot het secundair fijn stof dat vooral bestaat uit ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat, moeten eerst in de atmosfeer chemische omzettingen ondergaan vóór er fijn stof gevormd wordt. Hierbij hangt het dan van verschillende factoren af of een bepaalde emissie al dan niet aanleiding geeft tot de vorming van secundair fijn stof. In de literatuur (Erisman en Schaap, 2004; Pinder et al., 2007) is echter al meerdere keren beschreven dat een NH<sub>3</sub>-emissiereductie een significante verlaging van de concentraties secundair fijn stof kan teweegbrengen. De hoge bijdrage berekend voor de landbouwsector heeft dus hoogstwaarschijnlijk ook met de hoge ammoniakemissies van deze sector te maken (zie hiervoor ook hoofdstuk 2.1.1.6).

Als we de bijdragen van de sectoren landbouw en transport aan de PM2,5-concentraties in Vlaanderen (49 % vs. 17 %) vergelijken, zien we een zeer groot verschil. De emissies van beide sectoren worden getoond in Tabel 1 (PMcoarse en NMVOS worden niet getoond omdat deze niet bijdragen aan de PM2,5-concentraties).

*Tabel 1: Vergelijking van de emissies van de sectoren Landbouw en Transport (Vlaanderen, REF-scenario 2007)*

Sector/Polluent	Primair PM2,5 [kton]	NO <sub>x</sub> [kton]	NH <sub>3</sub> [kton]	SO <sub>2</sub> [kton]
Landbouw	2,9	18,0	37,6	5,9
Transport	3,4	79,1	0,8	1,6

Bron: MIRA, 2010

Bovenstaande tabel verduidelijkt dat de sector Transport meer primair PM2,5 en veel meer NO<sub>x</sub> uitstoot dan de sector Landbouw. Deze twee pollutanten kunnen dus niet de reden zijn voor de hoge sectorbijdrage van de Landbouw. De Landbouw daarentegen stoot veel meer NH<sub>3</sub> en ook meer SO<sub>2</sub> uit dan de sector Transport, waarvan vooral de NH<sub>3</sub>-emissies hoogstwaarschijnlijk de eigenlijke “boosdoeners” zijn. Tegelijkertijd maakt de tabel ook duidelijk dat de hoge NO<sub>x</sub>-emissies uitgestoten door de sector Transport in vergelijking enkel een beperkt effect hebben op de vorming van secundair fijn stof, wat zich vertaalt naar een relatief lage bijdrage voor deze sector.

In Addendum 1 van dit rapport bevindt zich voor elke sector een kaartje die de ruimtelijke verdeling van de berekende sectorbijdrage aan de PM10- en PM2,5-concentratie in Vlaanderen toont. In de boven getoonde taartdiagramma's is enkel de ruimtelijk over Vlaanderen gemiddelde bijdrage vermeld, maar deze is in de meeste gevallen heterogeen verdeeld over Vlaanderen. Zo vinden we voor de sector huishoudens duidelijk de grote steden (Antwerpen, Gent) terug met hogere bijdragen, voor de sector industrie worden de hoogste bijdragen teruggevonden in de Antwerpse Haven en in de Gentse Kanaalzone. De kaart voor de sector Energie wordt gedomineerd door de emissies van enkele puntbronnen, bijvoorbeeld in de Antwerpse Haven en in Mol. Voor de sector landbouw vinden we overal in Vlaanderen redelijk hoge bijdragen aan de PM10- en PM2,5-concentraties terug, de hoogste bijdragen worden echter berekend voor de provincies West- en Oost-Vlaanderen, waar ook de hoogste ammoniakemissies gesitueerd zijn. Voor de sector transport zien we de hoogste bijdragen aan de PM10- en PM2,5-concentraties rond de grote steden (Antwerpen, Gent en de rand rond

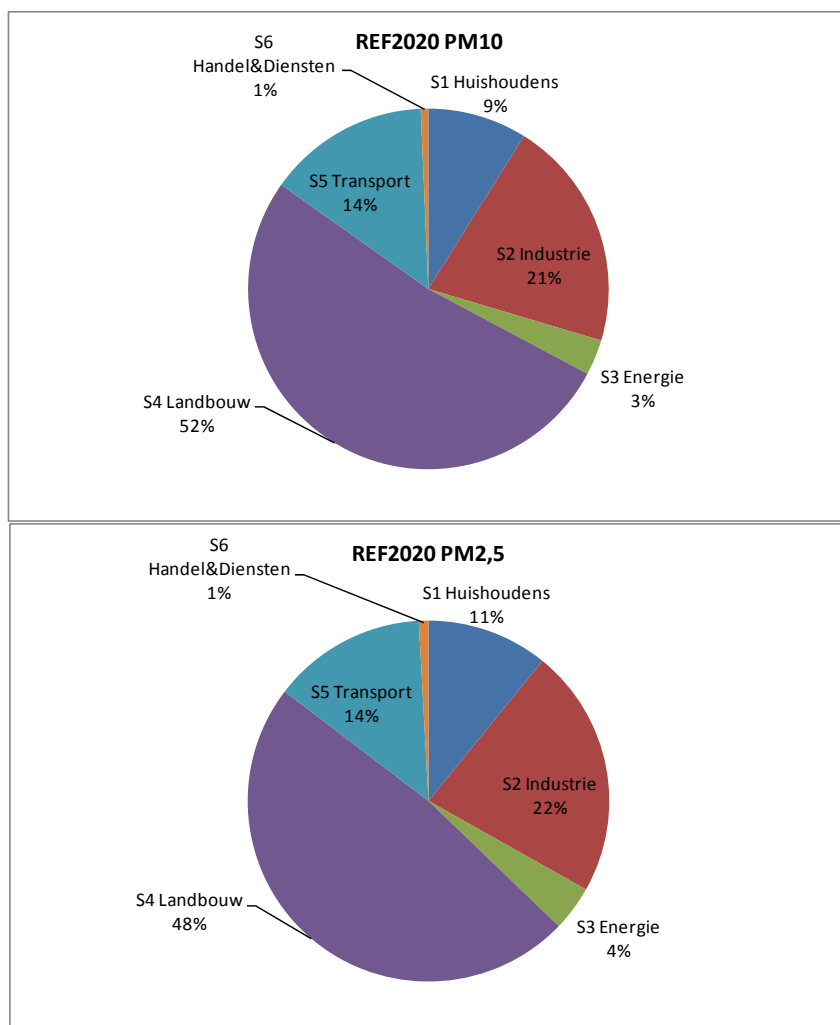
Brussel) alsook in de BelEUROS-gridcellen van het hele gebied tussen Antwerpen en Brussel. Voor de sector Handel & Diensten worden enkel zeer lage bijdragen berekend.

Bij het bepalen van de sectorbijdragen en de extrapolatie van een emissiereductie van 20 % naar het effect van een emissiereductie van 100 % kunnen niet-lineaire effecten optreden. Of deze optreden en hoe groot deze zijn is echter moeilijk na te gaan. De volgende test werd gedaan met het BelEUROS-model om in te schatten of het resultaat van een bepaalde sectorbijdrage afhankelijk is van het percentage gereduceerde emissies. Hiervoor werd een aparte berekening uitgevoerd waarbij ineens 20 % van de emissies van alle 6 Vlaamse sectoren gereduceerd werd. Het resultaat van de berekening werd vergeleken met de som van de sectorbijdragen verkregen via de 6 aparte berekeningen met een emissiereductie in telkens maar één sector. Dezelfde oefening werd ook gedaan met de emissies voor REF2020, EUR2020 en VISI2020. Als resultaat van deze vergelijkingen werd verkregen dat beide resultaten voor alle scenario's en zowel voor PM10 alsook voor PM2,5 zeer goed met elkaar overeenkomen. Het verschil van beide getallen is altijd kleiner dan 2,5 %. Hieruit kan worden besloten dat er bij de berekening van de bijdragen van de Vlaamse emissies geen significante niet-lineaire effecten optreden.

#### *2.1.1.2 REF-scenario 2020*

Figuur 2 toont de ruimtelijk over Vlaanderen gemiddelde jaargemiddelde bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) voor het REF-scenario 2020.

Landbouw blijft (zoals in het REF-scenario 2007) de sector met veruit de grootste bijdrage aan de Vlaamse PM10- en PM2,5-concentraties, gevolgd door de sectoren Industrie en Transport. Opvallend ten opzichte van het REF-scenario 2007 is vooral de significante toename van de bijdragen van de Industrie, van 16 % en 17 % voor PM10 en PM2,5 voor REF2007 naar 21 % en 22 % voor REF2020. De bijdragen van alle andere sectoren daarentegen dalen licht in de periode 2007 tot 2020 voor het REF-scenario. De reden hiervoor is in de gebruikte emissieprognoses te vinden: de primaire PM2,5- en PMcoarse-emissies van de sector industrie nemen toe in de periode 2007 tem. 2020 voor het REF-scenario.

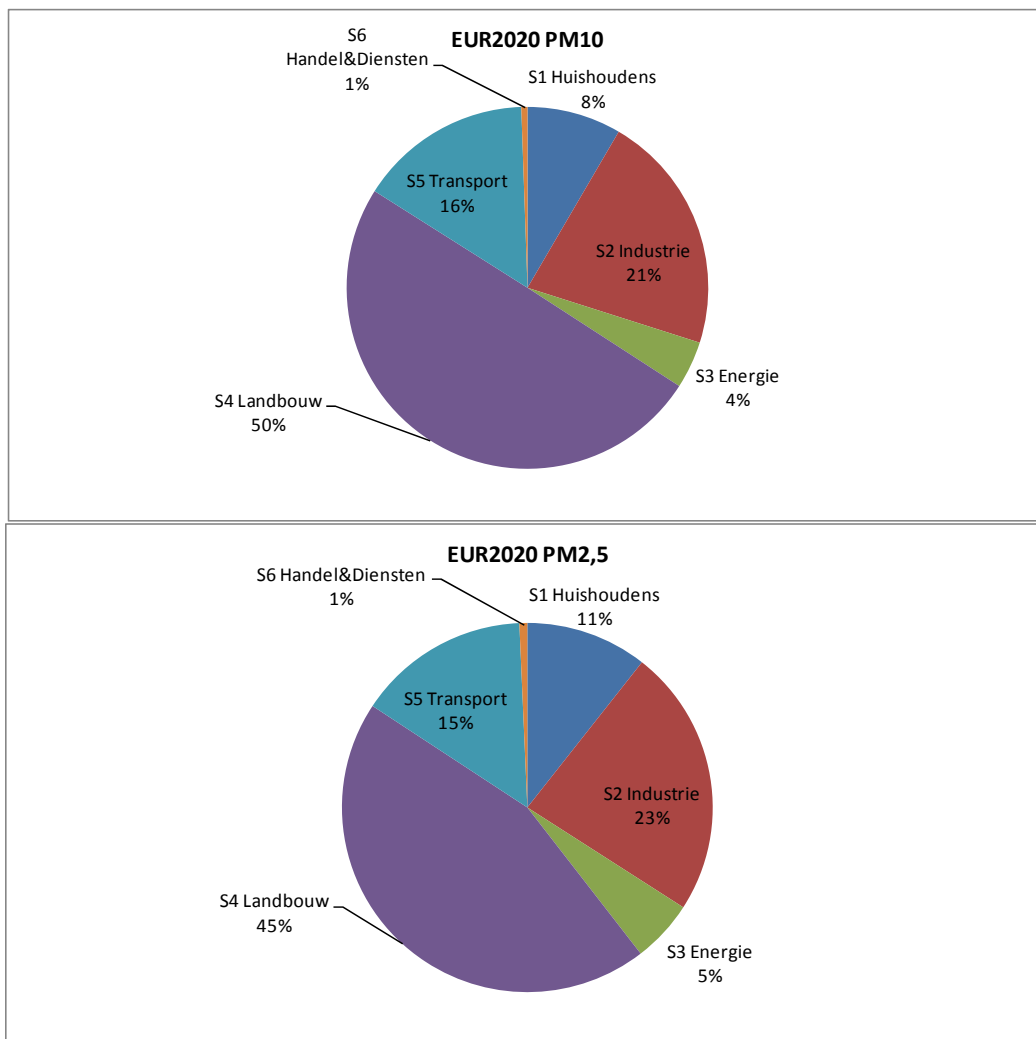


*Figuur 2: Bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het REF-scenario 2020*

### 2.1.1.3 EUR-scenario 2020

Figuur 3 toont de ruimtelijk over Vlaanderen gemiddelde jaargemiddelde bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) voor het EUR-scenario 2020. Ten opzichte van de resultaten voor het REF-scenario 2020 zien we voor het EUR-scenario 2020 een verdere (lichte) toename van de bijdragen van de sectoren Transport en Industrie en een verderzetten van de daling van de bijdragen van de sectoren Landbouw en Huishoudens. De daling van de bijdrage van de landbouw aan de PM2,5-concentraties is met 3 % zelfs redelijk groot.



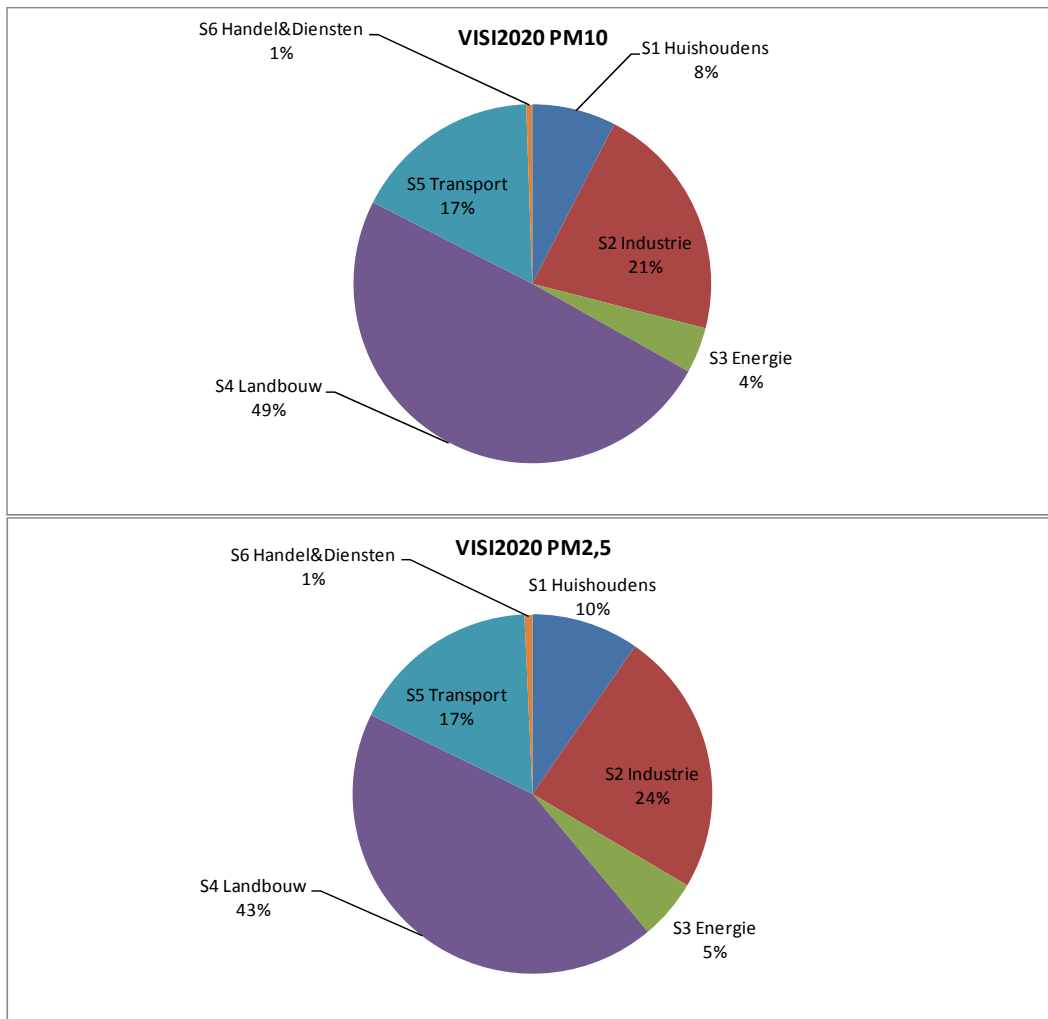


*Figuur 3: Bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het EUR-scenario 2020*

#### 2.1.1.4 VISI-scenario 2020

Figuur 4 toont de over Vlaanderen gemiddelde jaargemiddelde bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) voor het VISI-scenario 2020. De belangrijkste verschillen tussen de resultaten voor het VISI-scenario 2020 ten opzichte van deze voor het EUR-scenario 2020 zijn de daling van de bijdragen van de landbouw- en huishoudenssectoren en een verdere toename van de bijdrage van de sector Transport.

Het moet opgemerkt worden dat bij de berekening van de sectorbijdragen voor het VISI-scenario foutief geen NMVOS-emissies van de sector Transport in rekening genomen werden. In de MIRA-studie "Doorrekening van het visionair scenario" werd echter aangetoond dat de NMVOS-emissies van de sector Transport geen significante invloed hebben op de concentraties zwevend stof in Vlaanderen. Hieruit kan besloten worden dat ook de sectorbijdragen berekend voor het VISI-scenario correct zijn.



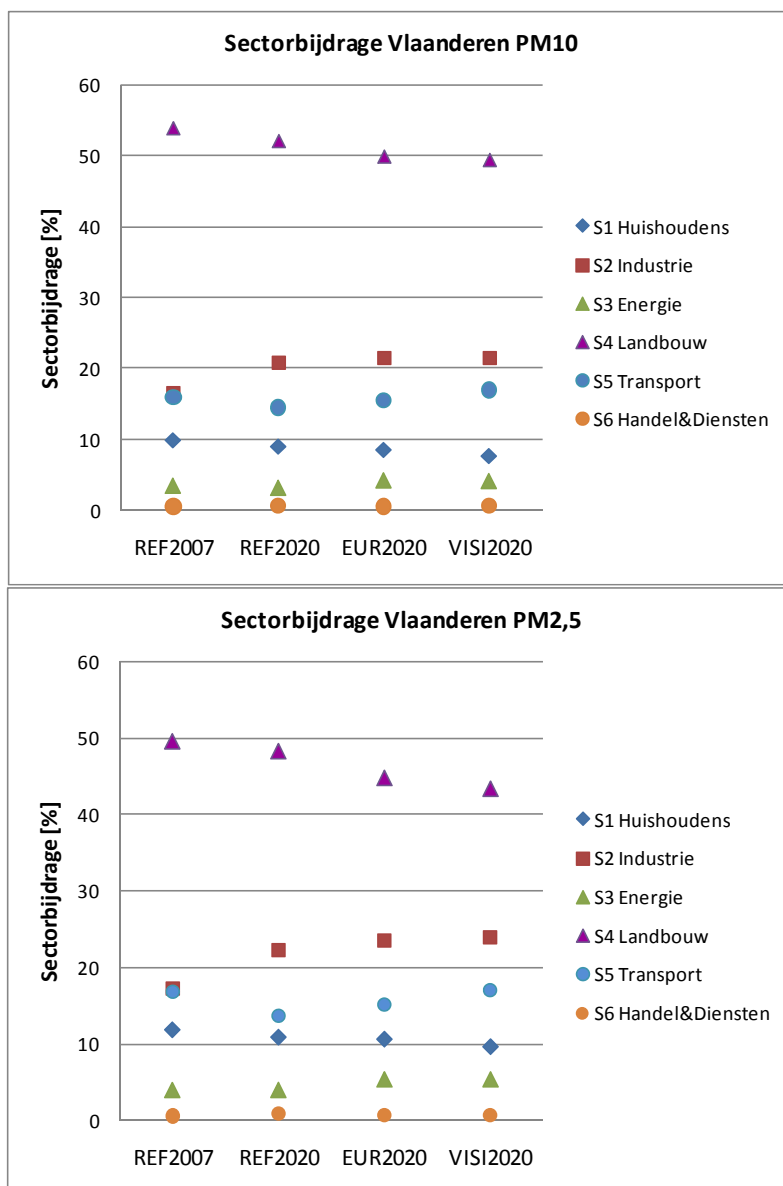
*Figuur 4: Bijdragen van de emissies van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het VISI-scenario 2020*

#### 2.1.1.5 Vergelijking van de verschillende scenario's

Figuur 5 toont een vergelijking van de bijdragen van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het basisjaar 2007 (REF2007) en voor de drie berekende emissiescenario's (REF, EUR en VISI) voor het zichtjaar 2020.

In volgorde van afnemende emissies beschreven door REF2007, REF2020, EUR2020 en VISI2020 hebben we, zeker met betrekking tot het Vlaamse emissietotaal per pollutant in absolute cijfers, met dalende emissies te maken. Als we echter de sectoren apart bekijken, zien we dat de evolutie in emissies (uiteraard) niet dezelfde is voor alle 6 sectoren.

De belangrijkste trends in sectorbijdragen die we in deze reeks van emissieprognoses kunnen terugvinden zijn vooral de significante toename van de bijdrage van de sector Industrie (en in mindere mate ook van de bijdrage van de sector Energie) en de daling van de bijdragen van de sectoren Landbouw en Huishoudens. De berekende bijdragen voor de sector Transport vertonen geen eenduidige trend; de bijdrage ligt voor het REF2020-scenario lager, maar voor EUR2020 en VISI2020 terug hoger. Dit betekent dat de serieuze daling in NO<sub>x</sub>-emissies van de sector Transport van 79,1 kton (REF2007) naar 28,2 kton (VISI2020) zich nauwelijks vertaalt naar een lagere sectorbijdrage van Transport aan de fijnstof-concentraties, alhoewel geen andere sector in dezelfde mate NO<sub>x</sub>-emissies zal reduceren. Het percentage NO<sub>2</sub> in de NO<sub>x</sub>-emissies dat bij EUR2020 en VISI2020 hoger (en dus ongunstiger) ligt dan bij REF2020, speelt hierbij mogelijk een rol.



Figuur 5: Vergelijking van de bijdragen van de sectoren aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) voor de 4 verschillende emissieprognoses

#### 2.1.1.6 Bijdragen van de Vlaamse NH<sub>3</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies aan de PM10- en PM2,5-concentraties

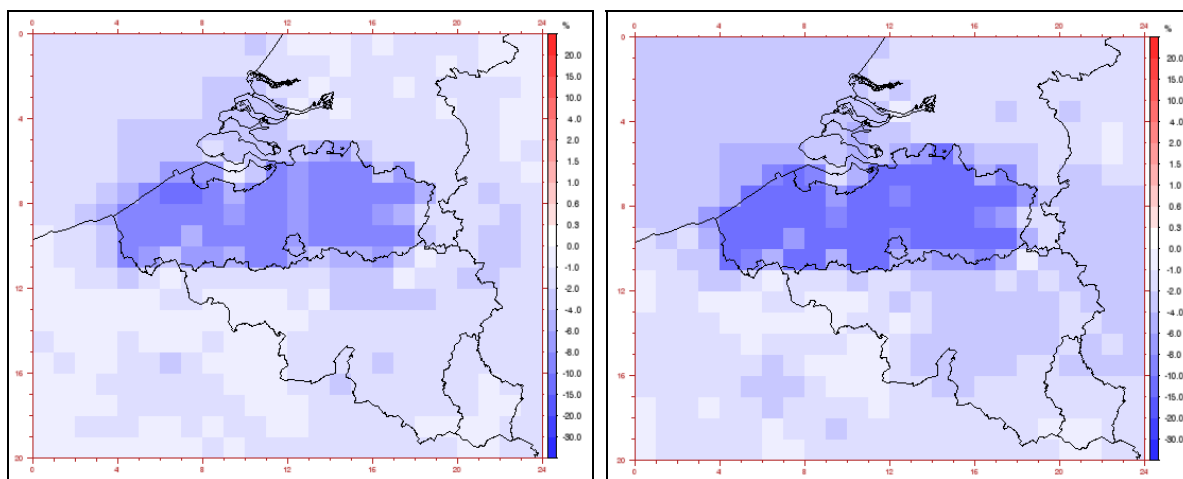
De aanleiding voor het uitvoeren van deze oefening was de wens om de bijdragen van de Vlaamse NH<sub>3</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies aan de vorming van secundair fijn stof verder te onderzoeken (en dus het verder onderbouwen van de stelling gemaakt in hoofdstuk 2.1.1.1 dat de NH<sub>3</sub>-emissies afkomstig van de landbouwsector de oorzaak zijn voor de hoge bijdragen berekend voor deze sector). Tegelijkertijd hebben de hoge NO<sub>x</sub>-emissies afkomstig van de transportsector in vergelijking een veel kleiner effect op de vorming van secundair fijn stof.

Deze oefening werd uitgevoerd met emissies van twee scenario's, namelijk REF2007 en EUR2020. Het bepalen van de bijdragen van de NH<sub>3</sub>- en NO<sub>x</sub>-emissies gebeurde analoog aan de berekeningen van de sectorbijdragen. Voor alle sectoren samen werden de NH<sub>3</sub>-emissies (of NO<sub>x</sub>-emissies) met 20% gereduceerd en vervolgens lineair tot 100% geëxtrapoleerd om tot de totale bijdrage te komen.

## REF2007

### Invloed van NH<sub>3</sub>

Figuur 6 toont het relatieve verschil in jaargemiddelde PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) tussen een situatie met alle emissies en een situatie zonder Vlaamse NH<sub>3</sub>-emissies. Gemiddeld over Vlaanderen leveren de totale Vlaamse NH<sub>3</sub>-emissies (extrapolatie naar 100 %) van het REF2007-scenario een bijdrage van 7,77 % aan de PM10-concentraties en van 10,35 % aan de PM2,5-concentraties.

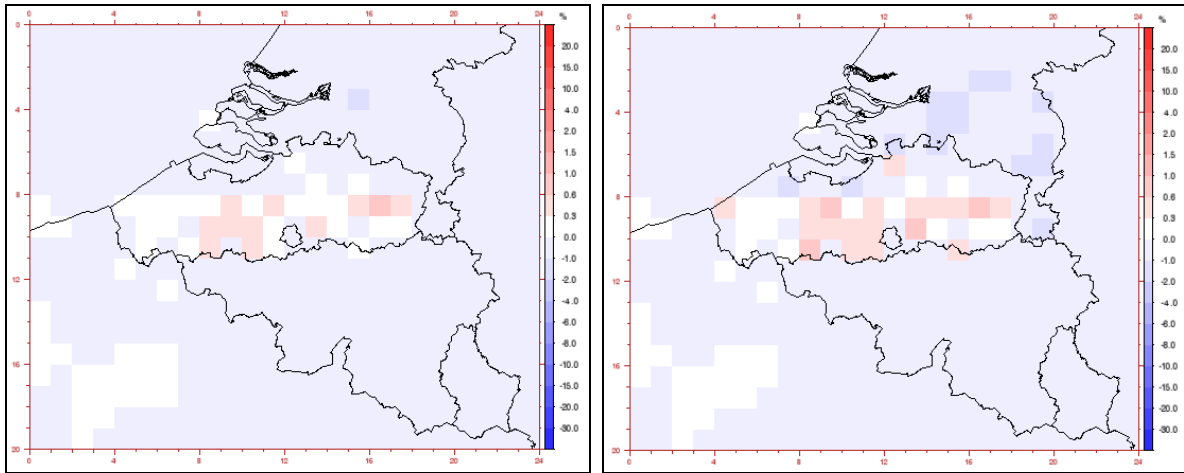


Figuur 6: Invloed van de Vlaamse NH<sub>3</sub>-emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) voor emissies REF2007

### Invloed van NO<sub>x</sub>

Figuur 7 toont de relatieve verschilkaarten voor PM10 (links) en voor PM2,5 (rechts). Gemiddeld over Vlaanderen leveren de totale Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies (extrapolatie naar 100 %) van het REF2007-scenario een bijdrage van 0,012 % (!) aan de PM10-concentraties en van 0,048 % (!) aan de PM2,5-concentraties.

De Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies dragen dus heel weinig bij aan de PM10- en PM2,5-concentraties in Vlaanderen. De reden hiervoor ligt waarschijnlijk in het hoge overschot aan NO<sub>x</sub> in de lucht in Vlaanderen, waardoor enkel een zeer klein gedeelte van het NO<sub>x</sub> geoxideerd wordt naar nitraataerosol. Bij de vorming van secundair fijn stof is dus duidelijk ammoniak de component die de hoeveelheid gevormd secundair stof bepaalt.



*Figuur 7: Invloed van de Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies op de PM<sub>10</sub>- (links) en PM<sub>2,5</sub>-concentraties (rechts) voor emissies REF2007*

Op de kaartjes boven is te zien dat de concentratie zwevend stof in sommige gridcellen zelfs licht toeneemt bij een emissiereductie van NO<sub>x</sub>. De reden hiervoor is waarschijnlijk dat bij een NO<sub>x</sub>-emissiereductie een deel van het nitraat (moleculaire massa 62 g/mol) in de aerosoldeeltjes vervangen wordt door het zwaardere sulfaat (moleculaire massa 92 g/mol).

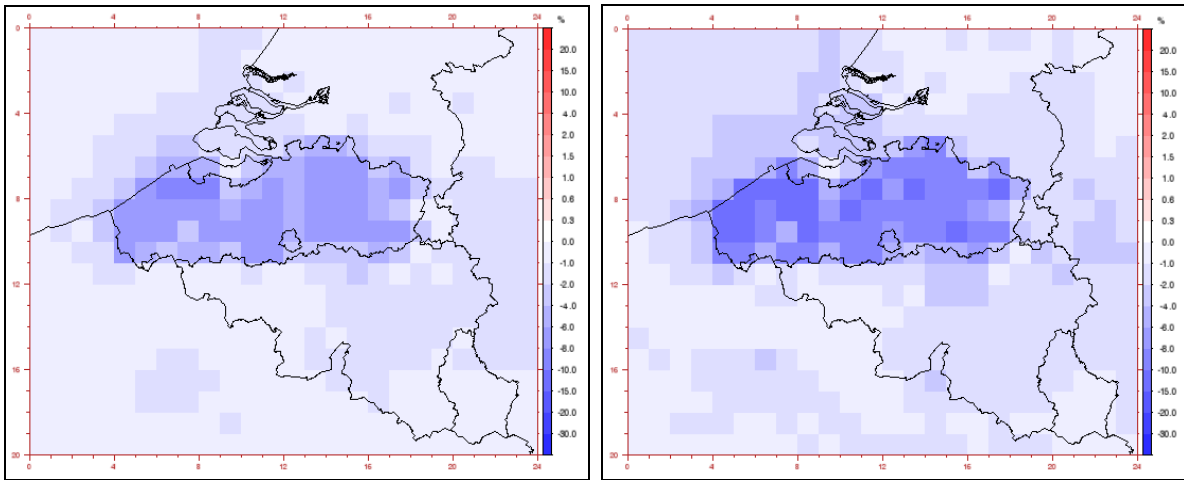
Naast het boven vermelde NO<sub>x</sub>-overschot speelt bij de vorming van het nitraataerosol ook een rol dat het geëmitteerde mengsel van NO en NO<sub>2</sub> dient geoxideerd te worden (onder vorming van salpeterzuur HNO<sub>3</sub>) vóór dat nitraataerosol kan ontstaan. Dit oxidatieproces neemt echter tijd (grootteorde minuten tot uren), waardoor een groot deel van de componenten ondertussen naar het buitenland kan getransporteerd worden. De eigenlijke vorming van ammoniumnitraat, dus de reactie van ammoniak (NH<sub>3</sub>) en salpeterzuur is daarentegen een zeer snelle omzetting (grootteorde seconden). In tegenstelling tot NO<sub>x</sub> moet het geëmitteerde ammoniak niet meer geoxideerd worden maar kan rechtstreeks aerosol vormen.

Samengevat kunnen we dus stellen dat de Vlaamse ammoniakemissies in belangrijke mate zwevend stof vormen in Vlaanderen terwijl de Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies veel minder bijdragen tot de vorming van secundair stof in Vlaanderen. De Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies zullen veel eerder secundair fijn stof vormen in de buurlanden, vooral in Nederland en Duitsland, de windafwaarts gelegen gebieden. Hierbij moeten we opmerken dat Vlaamse NO<sub>x</sub> emissies wel een belangrijke impact hebben op de Vlaamse NO<sub>2</sub> concentraties. Het is dus belangrijk om ook op Vlaams niveau blijvend maatregelen te nemen die zorgen voor minder NO<sub>x</sub> emissies.

## **EUR2020**

### Invloed van NH<sub>3</sub>

Voor deze berekening werd terug de emissiereductie van NH<sub>3</sub> in Vlaanderen van 20 % geëxtrapoleerd naar 100 %. De totale Vlaamse NH<sub>3</sub>-emissies voor EUR2020 bedragen 30,6 kton. Figuur 8 toont de relatieve verschilkaarten voor PM<sub>10</sub> (links) en voor PM<sub>2,5</sub> (rechts). Gemiddeld over Vlaanderen leveren de totale Vlaamse NH<sub>3</sub>-emissies een bijdrage van 5,90 % op de PM<sub>10</sub>-concentraties en van 8,48 % op de PM<sub>2,5</sub>-concentraties.



Figuur 8: Invloed van de Vlaamse  $\text{NH}_3$ -emissies op de  $\text{PM}_{10}$ - (links) en  $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties (rechts) voor emissies EUR2020

De bijdrage van  $\text{NH}_3$  aan de vorming van secundair zwevend stof in Vlaanderen ligt dus voor het EUR-scenario 2020 lager dan deze berekend voor het REF-scenario 2007. Dit kan verklaard worden door een verschuiving van de emissies (en bijgevolg de concentraties) van de verschillende pollutanten in de lucht. De concentraties  $\text{NO}_x$  zullen sterker dalen dan de concentraties  $\text{NH}_3$  waardoor het hoge overschot aan  $\text{NO}_x$  in 2007 geleidelijk zal afnemen tegen 2020. Het relatieve belang van ammoniak neemt hierdoor af en dat van  $\text{NO}_x$  neemt toe.

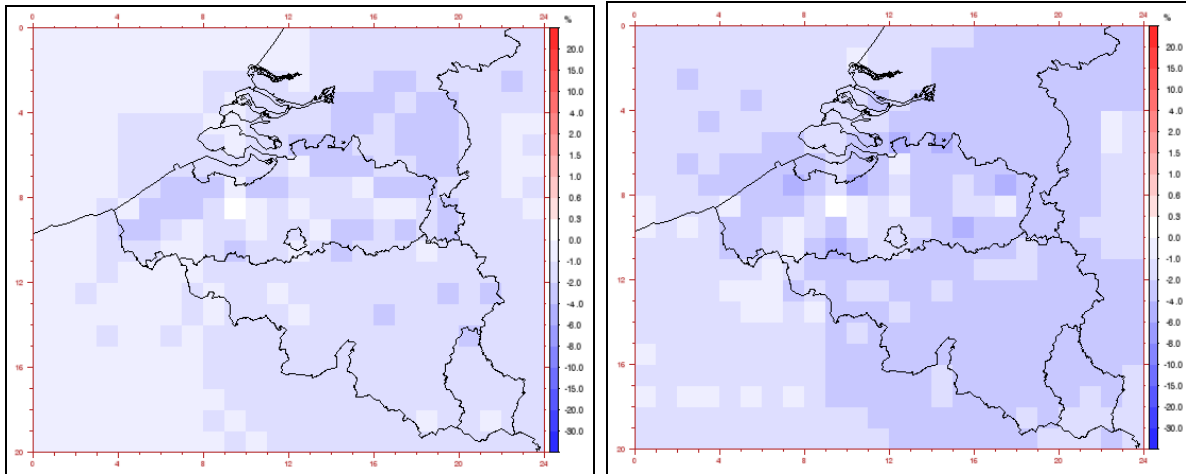
#### Invloed van $\text{NO}_x$

Voor deze berekening werd terug de emissiereductie van  $\text{NO}_x$  in Vlaanderen van 20 % geëxtrapoleerd naar 100 %. De totale Vlaamse  $\text{NO}_x$ -emissies voor EUR2020 bedragen 115,9 kton. Figuur 9 toont de relatieve verschilkaarten voor  $\text{PM}_{10}$  (links) en voor  $\text{PM}_{2,5}$  (rechts). Gemiddeld over Vlaanderen vinden we voor de totale Vlaamse  $\text{NO}_x$ -emissies een bijdrage van 1,58 % op de  $\text{PM}_{10}$ -concentraties en van 2,47 % op de  $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties.

Dit wil dus zeggen dat het effect van de 30,6 kton  $\text{NH}_3$ -emissies op de  $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties in Vlaanderen ongeveer 3,5 keer zo groot is als het effect van de 115,9 kton  $\text{NO}_x$ -emissies. Omgerekend naar het effect per kton emissie ontstaat dus uit één kton  $\text{NH}_3$  ongeveer 13 keer zoveel  $\text{PM}_{2,5}$  als uit één kton  $\text{NO}_x$ .  $\text{NH}_3$ -emissiereducties in Vlaanderen zijn dus een veel efficiënter maatregel om de  $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties in Vlaanderen te doen verlagen dan  $\text{NO}_x$ -emissiereducties. Voor het REF2007-scenario is deze verhouding zelfs nog veel drastischer. Als we de emissies van REF2007 als een maatstaf nemen voor de huidige situatie, dan zien we dat de invloed van  $\text{NO}_x$ -emissiereducties op de concentraties secundair zwevend stof momenteel nog kleiner is dan in de toekomst. Dit neemt natuurlijk niet weg dat  $\text{NO}_x$ -emissiereducties wel een positief effect hebben op bijvoorbeeld de  $\text{NO}_2$ -concentraties en op verzurende deposities.

Vergelijken we de invloed van de Vlaamse  $\text{NO}_x$ -emissies op de concentraties  $\text{PM}_{10}$  en  $\text{PM}_{2,5}$  voor REF2007 en EUR2020, dan zien we een veel grotere bijdrage voor EUR2020 dan voor REF2007. Dit kan verklaard worden met de sterke daling van de Vlaamse  $\text{NO}_x$ -emissies waardoor het  $\text{NO}_x$ -overschot vermindert en in de toekomst een (veel) groter percentage  $\text{NO}_x$  zal omgezet worden naar nitraat.

Dit resultaat komt goed overeen met de berekeningen uitgevoerd i.k.v. de MIRA-studie "Actualisering van de externe milieuschadetekosten (algemeen voor Vlaanderen) met betrekking tot luchtverontreiniging en klimaatverandering". Ook in deze studie werd als resultaat bekomen dat de Externe kosten van  $\text{NO}_x$ -emissies in Vlaanderen momenteel (REF2007) laag zijn maar in de toekomst sterk zullen toenemen.



Figuur 9: Invloed van de Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies op de PM<sub>10</sub>- (links) en PM<sub>2,5</sub>-concentraties (rechts) voor emissies EUR2020

### 2.1.2 Ozon

Zoals in de inleiding al vermeld is het voor de pollutant ozon veel minder evident om Vlaamse sectorbijdragen en een totale Vlaamse bijdrage aan de ozonconcentraties te berekenen. NO<sub>x</sub>-emissies in onze regio leiden, omwille van de afbraak van ozon door NO, tot lagere jaargemiddelde ozonconcentraties. Als we de jaargemiddelde ozonconcentraties bekijken zouden de emissies van alle sectoren in Vlaanderen een gunstig effect hebben op de ozonconcentraties, d.w.z. een negatieve sectorbijdrage. Voor de ozon-piekconcentraties is dit misschien niet altijd het geval.

Als indicatoren voor hoge ozonconcentraties (“ozonpieken”) worden de gemiddelde maximale 8-uurs concentratie en de AOT60 gebruikt. De gemiddelde maximale 8-uurs concentratie is een indicator waarvoor het hoogste 8-uursgemiddelde per dag berekend wordt en hiervan het jaargemiddelde genomen wordt. De AOT60 is een “jaaroverlastindicator” en sommeert over een jaar de dagelijkse verschillen van het hoogste 8-uursgemiddelde per dag met de drempelwaarde van 120 µg/m<sup>3</sup> (AOT60<sub>ppb-max8u</sub>).

De AOT60 is dus een indicator voor de “echte” ozonpieken (in de zomer), terwijl de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie tijdens de wintermaanden ook gewone “achtergrondconcentraties” mee in rekening brengt en daarom geen indicator voor ozonpieken is.

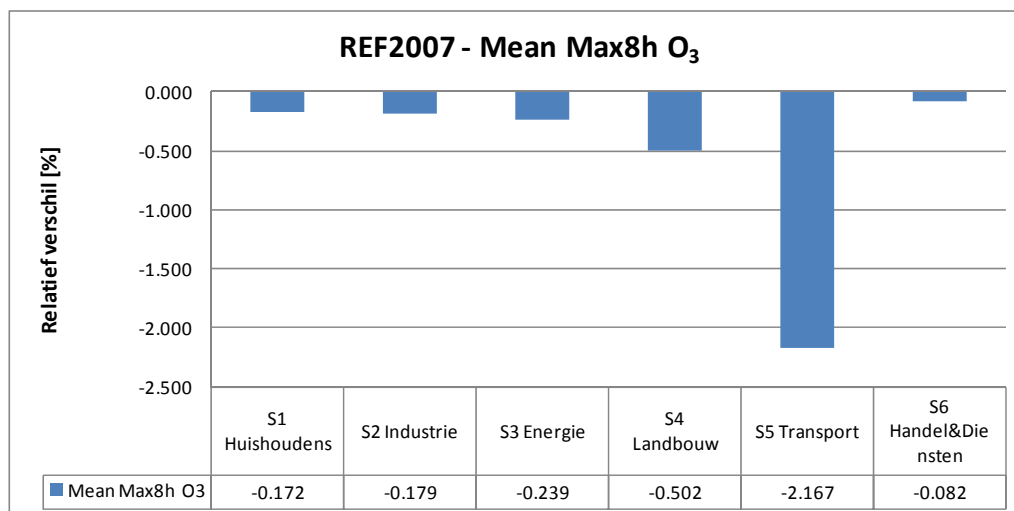
De AOT60 is een overschrijdingsindicator en is daardoor aan veel grotere fouten onderworpen dan de jaargemiddelde ozonconcentratie. In principe is voor deze overschrijdingsindicator een kalibratie van het BelEUROS-model noodzakelijk, maar dit kon in het kader van deze studie omwille van tijdsgebrek niet uitgevoerd worden. De berekening van een correcte AOT60 vereist dus in veel hogere mate een kalibratie dan voor de berekening van de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie. Om deze reden werd afgesproken om in deze studie de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie te bestuderen en bijvoorbeeld sectorbijdragen af te leiden uit de respons van deze indicator op emissieveranderingen in het model. Voor het REF2007-scenario werd bijkomend toch de AOT60 (niet gekalibreerd/gedownscaled) berekend. Deze resultaten dienen dus met voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd.

### 2.1.2.1 REF-scenario 2007

Figuur 10 toont de bijdragen van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het REF-scenario 2007 bij een emissiereductie van 20%. Het relatieve verschil in de figuur werd berekend volgens de formule:

$$\text{Relatief verschil} = (\text{Mean Max } 8u_{\text{met alle emissies}} - \text{Mean Max } 8u_{\text{emissiereductie}}) / \text{Mean Max } 8u_{\text{met alle emissies}}$$

Bijvoorbeeld werd in de berekening met 20% gereduceerde transportemissies een 2,167 % hogere gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie teruggevonden dan in de berekening met alle emissies.



Figuur 10: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het REF-scenario 2007 bij een emissiereductie van 20%

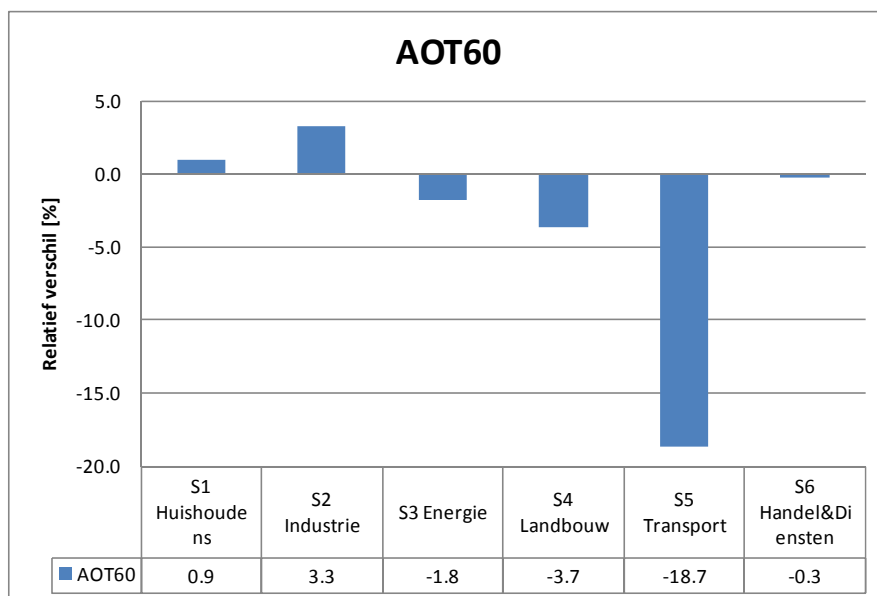
Een extrapolatie naar de bijdrage van 100 % emissiereductie kan voor ozon niet uitgevoerd worden omdat niet-lineair gedrag kenmerkend is voor de ozonchemie. Er bestaat dus een grote kans dat de extrapolatie naar 100 % emissiereductie geen correct resultaat oplevert. Zoals te zien, worden voor de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie negatieve bijdragen voor alle sectoren berekend. Opvallend is de grote negatieve bijdrage voor de sector Transport, die verklaard kan worden met de hoge NOx-emissies van deze sector. De NOx-emissies van de Transport-sector hebben dus de "positieve" eigenschap om de ozonconcentraties, en in zekere zin zelfs de ozon-piekconcentraties, te doen dalen.

Voor het REF2007-scenario werden bijkomend de bijdragen van de verschillende sectoren aan de AOT60 berekend. Figuur 11 toont de bijdragen van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de AOT60 voor het REF-scenario 2007 bij een emissiereductie van 20%.

Het relatieve verschil in AOT60 werd berekend volgens de formule:

$$\text{Relatief verschil} = (\text{AOT60}_{\text{met alle emissies}} - \text{AOT60}_{\text{emissiereductie}}) / \text{AOT60}_{\text{met alle emissies}}$$



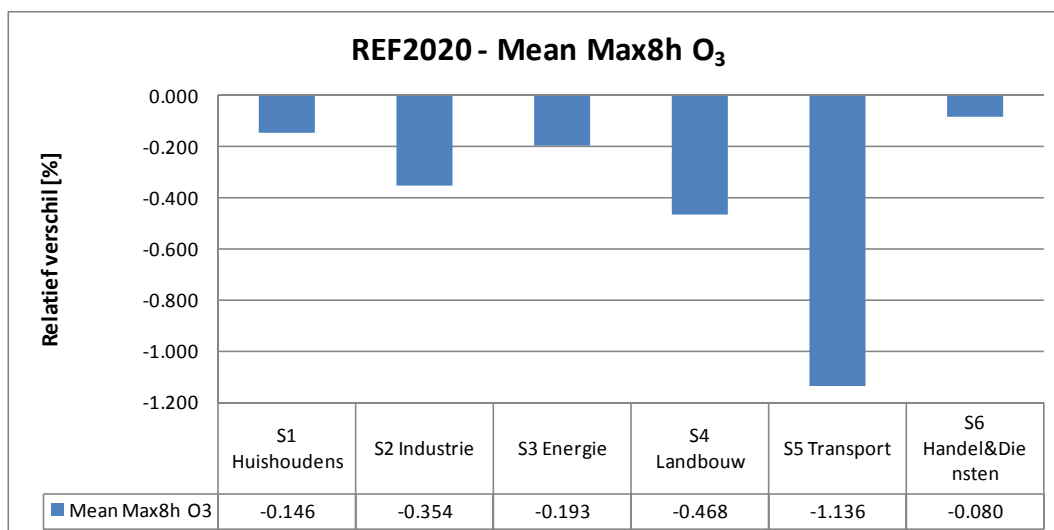


*Figuur 11: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de AOT60 voor het REF-scenario 2007 bij een emissiereductie van 20%*

Ook m.b.t. de AOT60 heeft de sector Transport de veruit meest negatieve bijdrage in Vlaanderen. De NO<sub>x</sub>-emissies van deze sector verlagen dus ook in zekere zin de AOT60. In tegenstelling tot de gemiddelde max 8u indicator hebben de sectoren Industrie en Huishoudens wel een ongunstig effect op de AOT60 in Vlaanderen; ze zorgen voor verhoging van de AOT60 en dus voor een toename van de ozon-piekconcentraties. (Of het hier daadwerkelijk om een verhoging van de AOT60 gaat blijft zonder kalibratie echter onzeker.) Dit resultaat kan geïnterpreteerd worden in functie van de NMVOS-emissies van de betreffende sector. Sectoren zoals Transport en Landbouw stoten vooral NO<sub>x</sub> en zeer weinig NMVOS uit. De sectoren Industrie en Huishoudens daarentegen stoten in verhouding meer NMVOS uit dan NO<sub>x</sub>. Als we rekening houden met het feit dat NO<sub>x</sub>-emissies vooral ozon afbreken, maar NMVOS verantwoordelijk is voor de vorming van ozon in onze regio (zie ook hoofdstuk 2.4), kunnen de verkregen resultaten als plausibel beschouwd worden.

#### 2.1.2.2 REF-scenario 2020

Figuur 12 toont de bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het REF-scenario 2020 bij een emissiereductie van 20 %. De bijdrage van de sector Transport “stijgt” van -2,1 % voor REF2007 naar -1,1 % voor REF2020. De belangrijkste redenen hiervoor zijn zowel de verandering in het percentage NO<sub>2</sub> in de NO<sub>x</sub>-emissies van het wegverkeer (dit percentage stijgt significant tegen 2020 door de toename van dieselveertuigen met oxidatiekatalysator) alsook de daling van de totale NO<sub>x</sub>-emissies van het wegverkeer. Hierdoor neemt de afbraak van ozon door verkeersemmissies af en vermindert de “positieve” invloed van de verkeersemmissies op ozonconcentraties. De bijdrage van de sector Industrie daarentegen wordt in het REF2020-scenario nog sterker negatief dan in het REF2007-scenario. Dit kan verklaard worden door de toename van de NO<sub>x</sub>-emissies door de industrie. De bijdragen van de andere sectoren veranderen maar weinig.

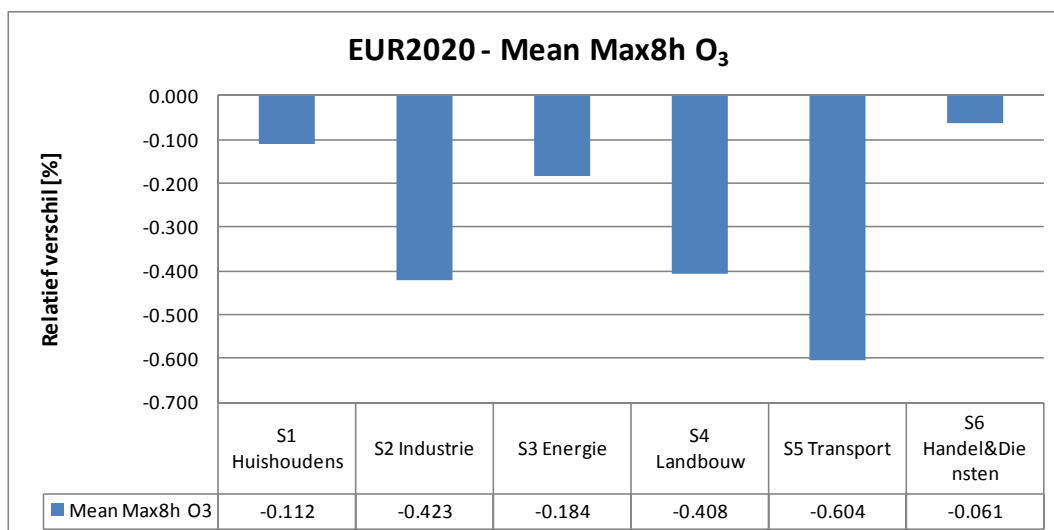


*Figuur 12: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het REF-scenario 2020 bij een emissiereductie van 20%*

### 2.1.2.3 EUR-scenario 2020

Figuur 13 toont de bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het EUR-scenario 2020 bij een emissiereductie van 20%. Deze emissiereducties zorgen bij alle sectoren voor een toename van de gemiddelde maximale 8-uursconcentratie en we krijgen dus opnieuw negatieve sectorbijdragen. Ten opzichte van het REF-scenario 2020 zien we wel een significant kleinere negatieve sectorbijdrage voor de sector Transport (- 0,6 % t.o.v. – 1,1 %). De (NO<sub>x</sub>-) emissies van deze sector zullen dus in het EUR-scenario 2020 in mindere mate voor een daling van de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie zorgen dan in het REF-scenario 2020. Hierbij spelen zowel de verdere toename van NO<sub>2</sub> in de NO<sub>x</sub>-emissies een belangrijke rol alsook de (verdere) daling van de totale NO<sub>x</sub>-emissies van het wegverkeer t.o.v. de totale NO<sub>x</sub>-emissies. Het relatieve aandeel van de NO<sub>x</sub>-verkeeremissies aan de totale Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies daalt dus en hierdoor wordt de sectorbijdrage van transport minder negatief voor EUR2020 dan voor REF2020.

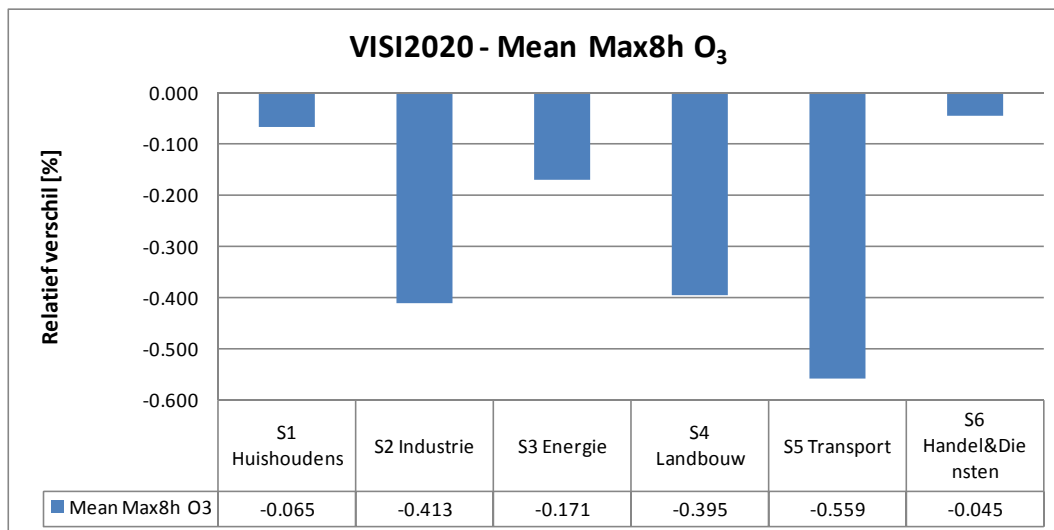
De negatieve bijdrage van de sector Industrie daarentegen vergroot. Alhoewel de NO<sub>x</sub>-emissies van de industrie in EUR2020 ongeveer gelijk zijn aan deze van REF2020 (en groter dan deze van REF2007) neemt de impact van de industriële emissies op de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie toe, omdat de relatieve bijdrage van de industriële NO<sub>x</sub>-emissies t.o.v. de totale Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies continu toeneemt, vooral omwille van de daling van de NO<sub>x</sub>-emissies van het wegverkeer in Vlaanderen.



*Figuur 13: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het EUR-scenario 2020 bij een emissiereductie van 20%*

#### 2.1.2.4 VISI-scenario 2020

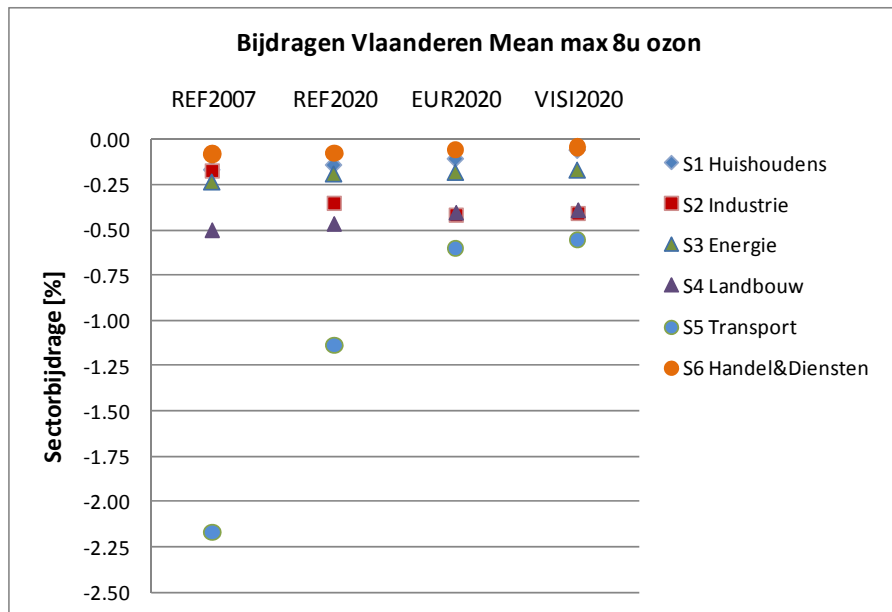
Figuur 14 toont de bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het VISI-scenario 2020 bij een emissiereductie van 20%. In het algemeen zijn enkel kleine veranderingen in de sectorbijdragen zichtbaar ten opzichte van het EUR-scenario 2020. Alleen voor de sector Huishoudens is een grotere verandering zichtbaar, namelijk van – 0,1 % naar – 0,07 %.



*Figuur 14: Bijdrage van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor het VISI-scenario 2020 bij een emissiereductie van 20%*

#### 2.1.2.5 Vergelijking van de verschillende scenario's

Figuur 15 toont de vergelijking van de sectorbijdragen aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor de 4 emissiescenario's.



Figuur 15: Vergelijking van de sectorbijdragen van de 6 MIRA-hoofdsectoren aan de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie voor de 4 scenario's voor een emissiereductie van 20%

Zoals eerder besproken is de opvallendste verandering de bijdrage van de sector Transport. Door de sterk dalende NO<sub>x</sub>-emissies van het wegverkeer en het sterk toenemende percentage NO<sub>2</sub> in NO<sub>x</sub> zal in de toekomst veel minder ozonafbraak plaatsvinden. Dus, het "positieve" effect van het wegverkeer om ozon af te breken zal in de toekomst kleiner en kleiner worden.

Algemeen gesproken moeten we hier echter opletten: Het resultaat van de berekening van de sectorbijdragen zal hoogstwaarschijnlijk afhankelijk zijn van de beschouwde indicator. Dit is op zich ook niet verwonderlijk gezien de in tegengestelde richtingen lopende ontwikkeling van de (dalende) ozonpieken en de (stijgende) jaargemiddelde ozonconcentraties. Beschouwt een bepaalde indicator eerder de ozonpieken, dan geeft dit een ander resultaat dan voor een indicator die eerder het jaargemiddelde weergeeft. Voor de meeste indicatoren is het eigenlijk een mengeling waarbij zowel de ozonpieken alsook de jaargemiddelden voor een stuk in rekening gebracht worden. Bv. de SOMO35 en de gemiddelde maximale 8-uurs ozonconcentratie zijn noch typisch voor de pieken noch typisch voor de achtergrond.

## 2.2 Invloed van niet-Vlaamse bronnen op de luchtkwaliteit in Vlaanderen - Import van luchtpolluenten

### 2.2.1 Zwevend stof

Het zwevend stof (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) in Vlaanderen is afkomstig van vier groepen van bronnen:

- de Vlaamse (antropogene) emissies;
- de niet-Vlaamse antropogene (dus de "Europese") emissies;
- de bijdragen van (Europese) niet-antropogene (natuurlijke) bronnen zoals zeezout en isopreen (afkomstig van planten);
- de bijdragen van (antropogene en niet-antropogene) bronnen die buiten Europa liggen.

De eerste twee groepen zijn in BelEUROS opgenomen als de Vlaamse (via de "MIRA-emissies") en de buitenlandse (via de IASA-scenario's) emissies. De derde groep, de natuurlijke bronnen, zijn in BelEUROS omwille van de grote onzekerheden in de modellering tot nu toe enkel gedeeltelijk opgenomen, namelijk enkel de emissies van zeezout en van isopreen. Zeezout draagt rechtstreeks bij aan de concentraties zwevend stof, isopreen draagt er onrechtstreeks aan bij via zijn invloed op de ozonvorming. De bronnen die buiten Europa gelegen zijn tenslotte, worden in BelEUROS

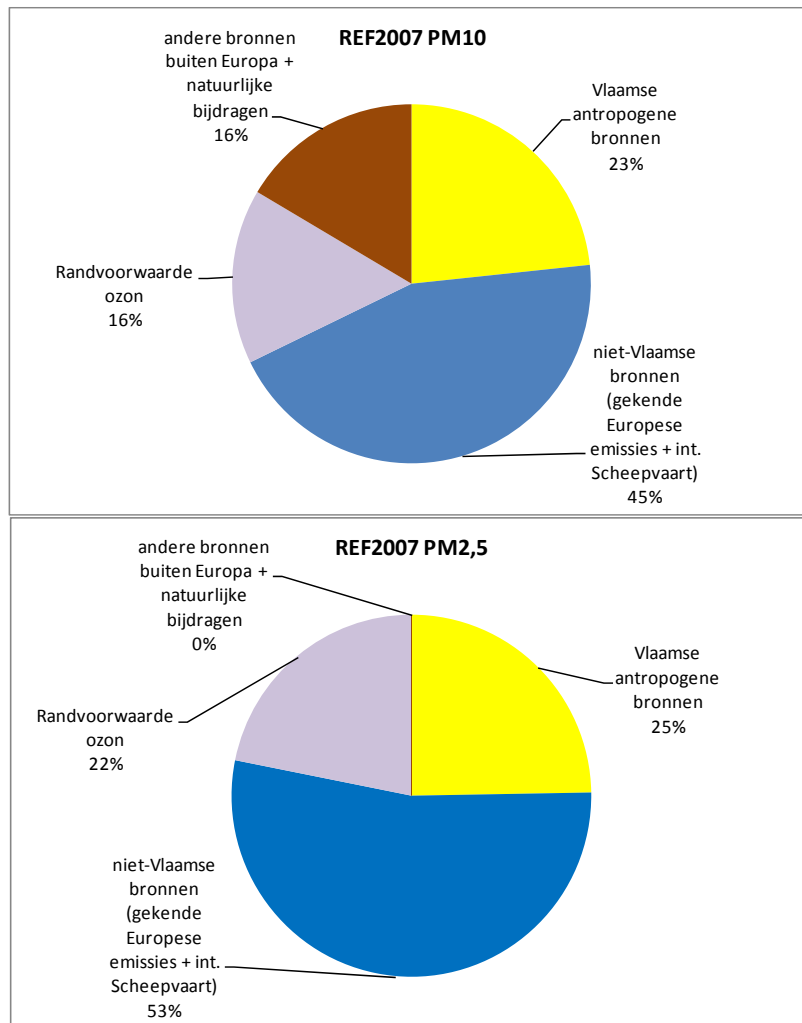
meegenomen via de randvoorwaarden. De luchtmassa's die het modeldomein binnenstromen worden aan de 4 randen van het domein "beladen" met bepaalde concentraties aan pollutanten volgens klimatologische gegevens. Deze waarden zijn afhankelijk van de geografische locatie en gedeeltelijk ook van de maand van het jaar. De belangrijkste pollutant die Europa "van buiten" in hoge concentraties bereikt is ozon. Zoals vroeger onderzoek (en metingen bv. aan de Westkust van Ierland, Derwent et al., 2007) al aangetoond heeft is het overgrote deel van ozon in Noordwest Europa afkomstig van het langeafstandstransport van ozon boven de Atlantische Oceaan.

#### 2.2.1.1 REF-scenario 2007

Zoals te zien in de volgende figuren is de som van de bijdragen van de 6 Vlaamse MIRA-sectoren (wat overeenkomt met de totale bijdrage van de Vlaamse emissies) en van de niet-Vlaamse antropogene bronnen altijd kleiner dan 100 %. Dit komt zoals boven uitgelegd door langs de ene kant bijdragen van buiten het BelEUROS-domein en door de natuurlijke bijdragen aan het zwevend stof. Vooral voor PM10 zijn de natuurlijke bijdragen van belang, onder meer onder de vorm van zeezout. Ozon (dat bijna volledig via langeafstandstransport van buiten het BelEUROS-domein naar onze regio getransporteerd wordt) speelt ook een belangrijke rol bij de oxidatie van de fijn stof precursoren naar secundair fijn stof.

Langs de andere kant zijn er ook niet-lineaire effecten die bij de extrapolatie van de bijdragen van een emissiereductie van 20 % naar de bijdragen van een emissiereductie van 100 % kunnen optreden. Deze zijn echter zeer moeilijk in te schatten en zijn ook niet te vermijden, maar ze kunnen er wel voor zorgen dat de inschatting van een bepaalde bijdrage niet volledig correct is. De kans op dergelijke fouten is groter bij de bepaling van de buitenlandse bijdrage dan bij de bepaling van de Vlaamse bijdrage, omdat voor de bepaling van de buitenlandse bijdrage in veel sterkere omvang emissies moeten gereduceerd worden, wat de kans vergroot om met "niet-lineaire effecten" geconfronteerd te worden. De hier toegepaste methode om een emissiereductie van 20 % door te rekenen en de resultaten vervolgens lineair te extrapoleren minimaliseert echter de mogelijke fouten.

Figuur 16 toont de bijdrage van de vier verschillende groepen van bronnen aan de over Vlaanderen ruimtelijk gemiddelde jaargemiddelde PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) voor het REF2007-scenario. Voor PM10 en PM2,5 respectievelijk, zorgen de Vlaamse bronnen voor bijdragen van 23 en 25 %, de niet-Vlaamse antropogene bronnen voor 45 en 53 %, de ozonrandvoorwaarden voor 16 en 22 % en de andere bronnen voor 16 en 0 %. Voor een gedetailleerde bespreking van de 4 groepen van bronnen wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk (REF-scenario 2020).



Figuur 16: Bijdragen van de Vlaamse emissies, Europese emissies, ozon randvoorwaarden en andere bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor REF2007

### 2.2.1.2 REF-scenario 2020

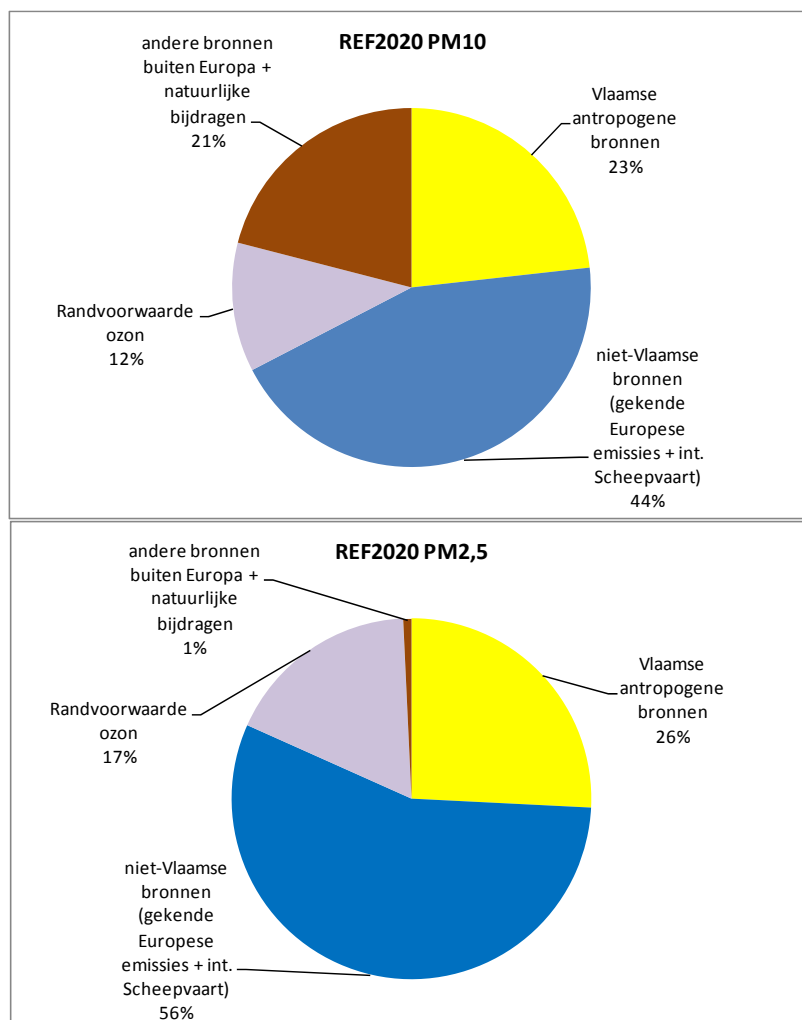
Figuur 17 toont de bijdragen van de boven besproken vier verschillende groepen van bronnen aan de over Vlaanderen ruimtelijk gemiddelde jaargemiddelde PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) voor het REF2020-scenario. Zoals te zien dragen de antropogene Vlaamse emissies (dus alle sectoren samen) voor 23 % en 26 % bij aan de PM10- en PM2,5-concentraties, respectievelijk. (In hoofdstuk 2.1 werden deze bijdragen altijd genormaliseerd op 100 %).

Voor de bijdrage van de antropogene niet-Vlaamse emissies (emissies van Brussel, Wallonië, het Europese buitenland en van de internationale scheepvaart) worden waarden berekend van 44 % voor PM10 en 56 % voor PM2,5. De significant hogere waarde voor de bijdrage aan PM2,5 in vergelijking met de bijdrage aan PM10 is vooral te wijten aan de hogere bijdrage van secundaire componenten in PM2,5. De vorming van deze componenten neemt tijd waardoor het mogelijk is dat de emissies van één land pas zwevend stof vormen in een ander land na het transport van de luchtmassa's. Ook door EMEP werden vergelijkbaar hoge bijdragen van de Europese emissies aan de Belgische PM2,5-concentraties berekend (blame matrix). De bijdragen van de buitenlandse Europese emissies zijn voor het REF2020-scenario t.o.v. het REF2007-scenario nauwelijks veranderd.

De derde bijdrage kwantificeert de invloed van de randvoorwaarden van ozon op de PM10- en PM2,5-concentraties in Vlaanderen. Hiervoor worden waarden van 12 % (voor PM10) en van 17 % (voor PM2,5) gevonden. Deze bijdragen zijn verrassend hoog, gezien ozon enkel een indirect effect heeft

op de concentraties zwevend stof via zijn invloed op de chemische reacties in de atmosfeer waarbij de nitraten en sulfaten gevormd worden. Deze invloed blijkt echter zeer belangrijk te zijn. Voor deze berekeningen werd de randvoorwaarde voor ozon in de grondlaag, de menglaag en de reservoirlaag (maar NIET in de toplaag van de atmosfeer) gereduceerd met 20 % en het resultaat werd lineair geëxtrapoleerd naar een bijdrage van 100 %. Mogelijk levert echter deze laatste stap, nl. de extrapolatie naar 100 % een onzeker resultaat op gezien niet-lineaire effecten vaak voorkomen in de ozonchemie.

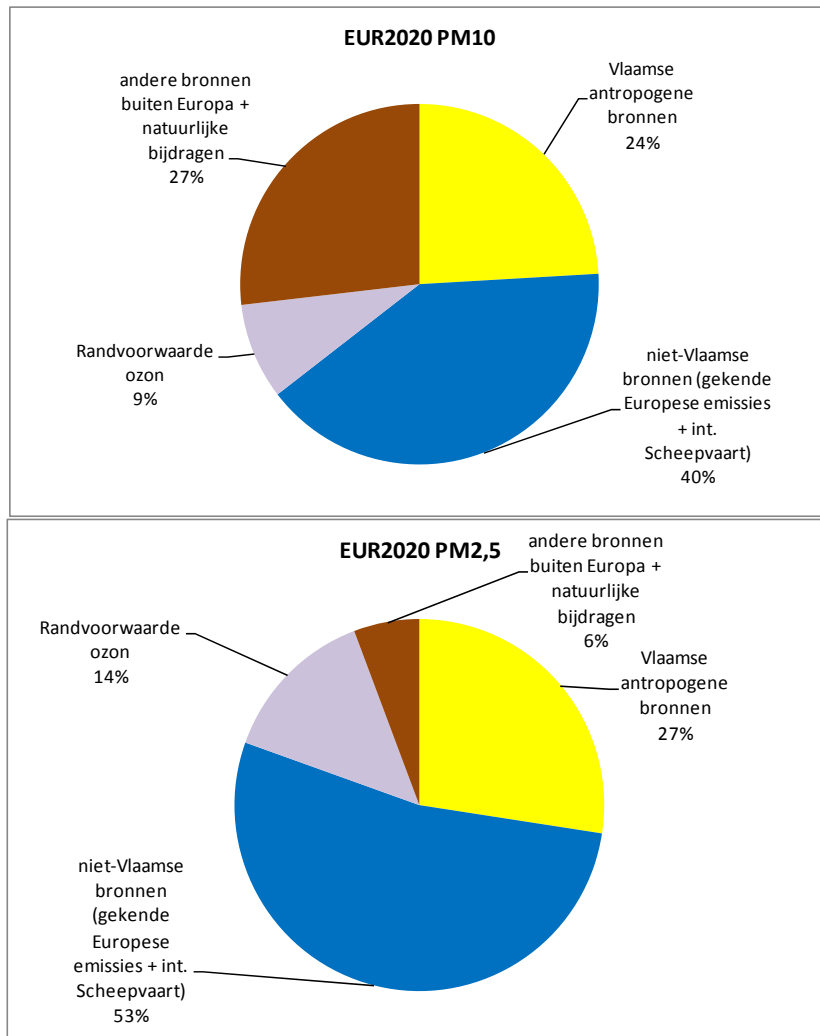
Tenslotte is er nog een vierde groep “bronnen” die bijdraagt aan de concentraties zwevend stof in Vlaanderen. Deze geeft de invloed van alle bronnen weer die noch in de groepen 1, 2 of 3 vervat zijn. Dit zijn de bijdragen van andere bronnen die buiten het BelEUROS-domein gelegen zijn (bijvoorbeeld PM10 en NOx dat via de Atlantische Oceaan of vanuit Azië naar Europa getransporteerd wordt) alsook de invloed van alle natuurlijke bronnen binnen en buiten het BelEUROS-domein, zoals zeezout. De bijdrage werd berekend uit het verschil van de som van de drie andere groepen van bronnen en 100 % (omdat er geen andere bronnen denkbaar zijn die aan de concentraties zwevend stof in Vlaanderen kunnen bijdragen). Voor deze groep van bronnen komen we op een bijdrage van 21 % aan de PM10-concentraties en van 1 % aan de PM2,5-concentraties. Dit grote verschil is waarschijnlijk te verklaren door het feit dat er in het model quasi uitsluitend natuurlijke bronnen van PMcoarse vervat zitten, met name het zeezout. Quasi de volledige emissies van zeezout situeren zich in de grootteklasse PM10-2,5 en dragen dus niet bij aan de PM2,5-concentraties.



Figuur 17: Bijdragen van de Vlaamse emissies, Europese emissies, ozon randvoorwaarden en andere bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor REF2020

### 2.2.1.3 EUR-scenario 2020

Figuur 18 toont de bijdragen van de 4 groepen van bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het EUR-scenario 2020. De berekende Vlaamse bijdragen blijven ook voor het EUR-scenario 2020 quasi onveranderd t.o.v. het basisjaar 2007 en het REF-scenario 2020. De bijdrage van de Europese emissies daalt licht t.o.v. het REF-scenario 2020.

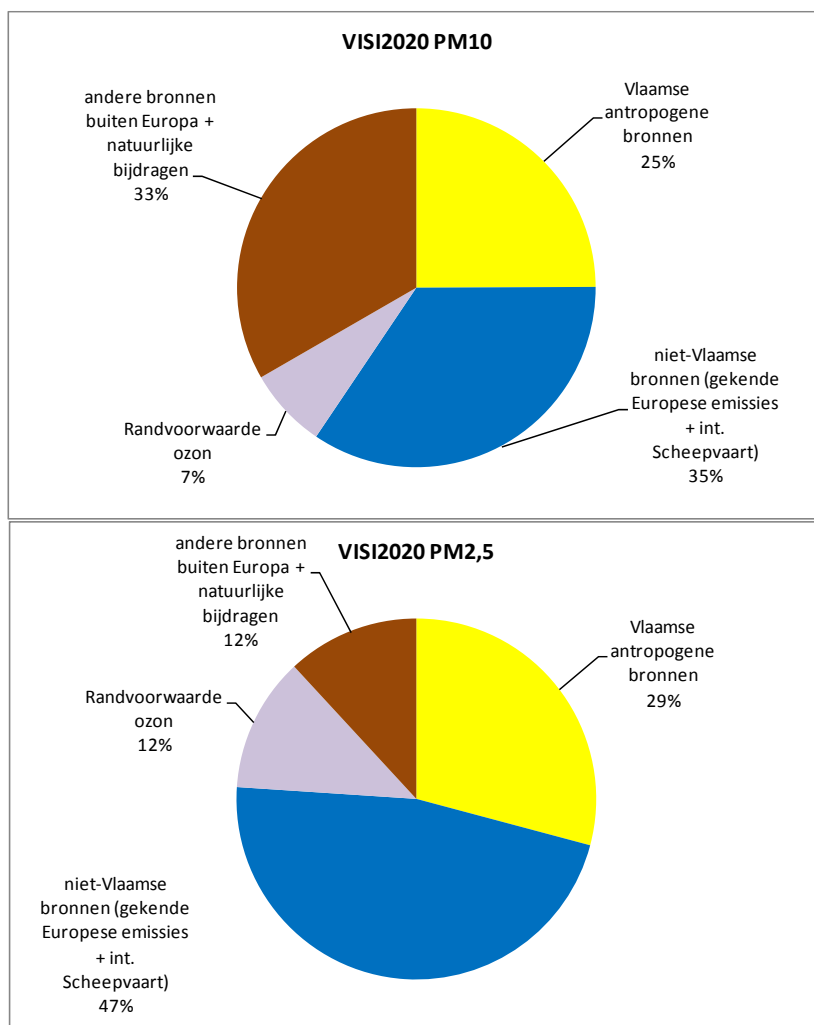


Figuur 18: Bijdragen van de Vlaamse emissies, Europese emissies, ozon randvoorwaarden en andere bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor EUR2020

### 2.2.1.4 VISI-scenario 2020

Figuur 19 tenslotte toont de bijdragen van de vier groepen van bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor het VISI-scenario 2020. De bijdrage van de Vlaamse emissies neemt hier t.o.v. het EUR-scenario 2020 licht toe. De bijdrage van de Europese emissies daarentegen daalt duidelijk.





Figuur 19: Bijdragen van de Vlaamse emissies, Europese emissies, ozon randvoorwaarden en andere bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor VISI2020

### 2.2.1.5 Vergelijking van de verschillende scenario's

Figuur 20 toont een vergelijking van de bijdragen van de vier groepen van bronnen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor de 4 berekende emissieprognoses (REF2007, REF2020, EUR2020 en VISI2020).

Er kan vastgesteld worden dat in de volgorde van deze 4 prognoses (dus in volgorde van dalende emissies) de relatieve bijdrage van de antropogene Vlaamse emissies licht (voor PM10) tot significant (voor PM2,5) toeneemt, deze van de antropogene niet-Vlaamse emissies significant daalt, deze van de ozon randvoorwaarden daalt en tenslotte de relatieve bijdrage van de andere bronnen significant toeneemt. Deze laatste bevinding is op zich logisch, omdat bij dalende antropogene emissies in Vlaanderen en in Europa en (in absolute cijfers) constante natuurlijke emissies en bijdragen van buiten Europa het relatieve aandeel van deze groep aan de concentraties zwevend stof in Vlaanderen uiteraard toeneemt. De bijdragen van de natuurlijke bronnen en van de bronnen buiten Europa (behalve ozon!) worden in het model als constant verondersteld, omdat er geen betrouwbare informatie beschikbaar is over de evolutie van de emissies en/of concentraties.

De dalende bijdrage van de niet-Vlaamse antropogene emissies in Vlaanderen kan verschillende redenen hebben. Ten eerste worden de emissies in het Europese buitenland mogelijk in sterkere mate gereduceerd dan in Vlaanderen, waardoor onvermijdelijk de Vlaamse bijdrage zal toenemen en de Europese bijdrage zal dalen. Een tweede, belangrijke reden zou echter kunnen zijn dat er bij

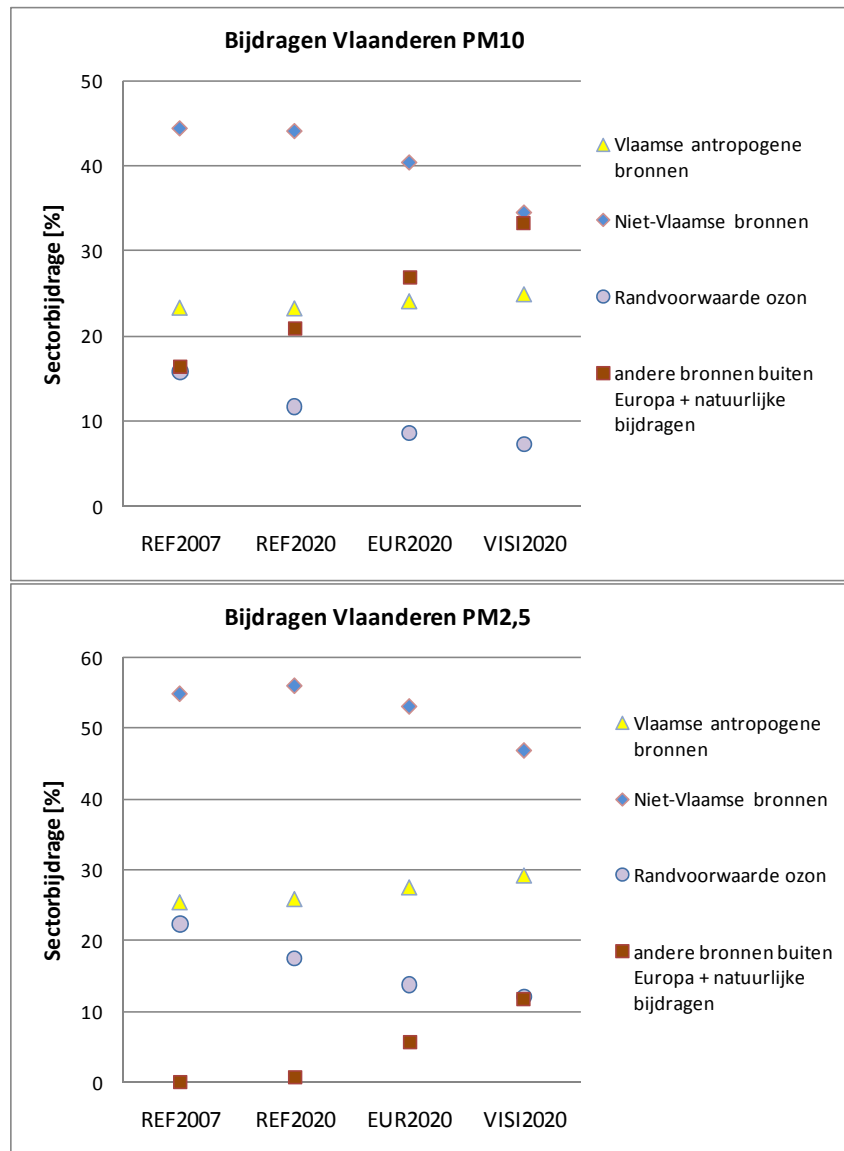
algemeen dalende emissies een kleiner deel van de emissies (van NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> en SO<sub>x</sub>) deel uitmaakt van het langeafstandstransport en een groter deel dichtbij de bronnen secundair zwevend stof vormt.

Uit luchtkwaliteitsmetingen (op een aantal EMEP-meetstations) van bijvoorbeeld SO<sub>2</sub> en sulfaat bleek dat gedurende de laatste decennia de concentraties SO<sub>2</sub> fel gedaald zijn terwijl de concentraties sulfaat in zwevend stof nauwelijks gedaald zijn. Dit wil zeggen dat een alsmaar groter deel van het SO<sub>2</sub> naar sulfaat geoxideerd wordt, omdat niet de concentratie SO<sub>2</sub> de snelheidsbepalende factor is maar wel de concentratie oxidanten in de atmosfeer die bepaalt hoeveel SO<sub>2</sub> omgezet wordt naar sulfaat. Hieruit volgt dat er in de toekomst (bij dalende emissies) een groter percentage SO<sub>2</sub> zal geoxideerd worden naar sulfaat en bijgevolg een kleiner deel (de "overschot") zal deelnemen aan het langeafstandstransport van SO<sub>2</sub>. Dit zal dan rechtstreeks een vermindering van de effecten van deze SO<sub>2</sub>-emissies in het buitenland betekenen. Op deze manier zouden buitenlandse emissies een kleiner invloed hebben op de Vlaamse PM10- en PM2,5-concentraties, ook in het geval van een gelijklopende ontwikkeling van de Vlaamse en buitenlandse SO<sub>2</sub>-emissies.

Een derde plausibele reden voor de toename van de Vlaamse bijdrage en de daling van de buitenlandse bijdrage (zelfs bij gelijklopende ontwikkeling van de Vlaamse en buitenlandse emissies) is dat er m.b.t. de ontwikkeling van de Vlaamse emissies sterkere reducties voor de voorlopers van secundair fijn stof (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) verwacht worden dan voor de emissies van primair stof. Deze laatste dragen echter in zeer sterke mate bij aan de concentraties zwevend stof in Vlaanderen en verhogen dus de Vlaamse bijdrage aan de concentraties zwevend stof.

De dalende bijdrage van de ozon-randvoorwaarden kan ook verklaard worden door de veranderingen in de chemische samenstelling van het zwevend stof. De emissies van NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> zullen in Europa sterker dalen dan de primaire emissies van zwevend stof, waardoor er in de toekomst een groter percentage primaire componenten in het zwevend stof zullen aanwezig zijn. Ozon speelt echter alleen een rol bij de vorming van de nitraten en sulfaten, dus zijn bijdrage aan de totale concentraties zwevend stof zal verminderen.

Voor wat betreft de secundaire fractie van het zwevend stof kunnen we stellen dat van de Vlaamse NO<sub>x</sub>- en SO<sub>2</sub>-emissies slechts een zeer klein deel nog in Vlaanderen zelf omgezet wordt naar nitraat en sulfaat. Het nitraat en sulfaat aanwezig in Vlaanderen is vooral afkomstig van buitenlandse emissies. Het primair fijn stof in Vlaanderen is daarentegen grotendeels afkomstig van Vlaamse bronnen. Van de primaire buitenlandse stofemissies wordt dan ook maar een klein deel naar Vlaanderen getransporteerd.



Figuur 20: Vergelijking van de verschillende bijdragen aan de PM10- (boven) en PM2,5-concentraties (beneden) in Vlaanderen voor de 4 emissieprognoses

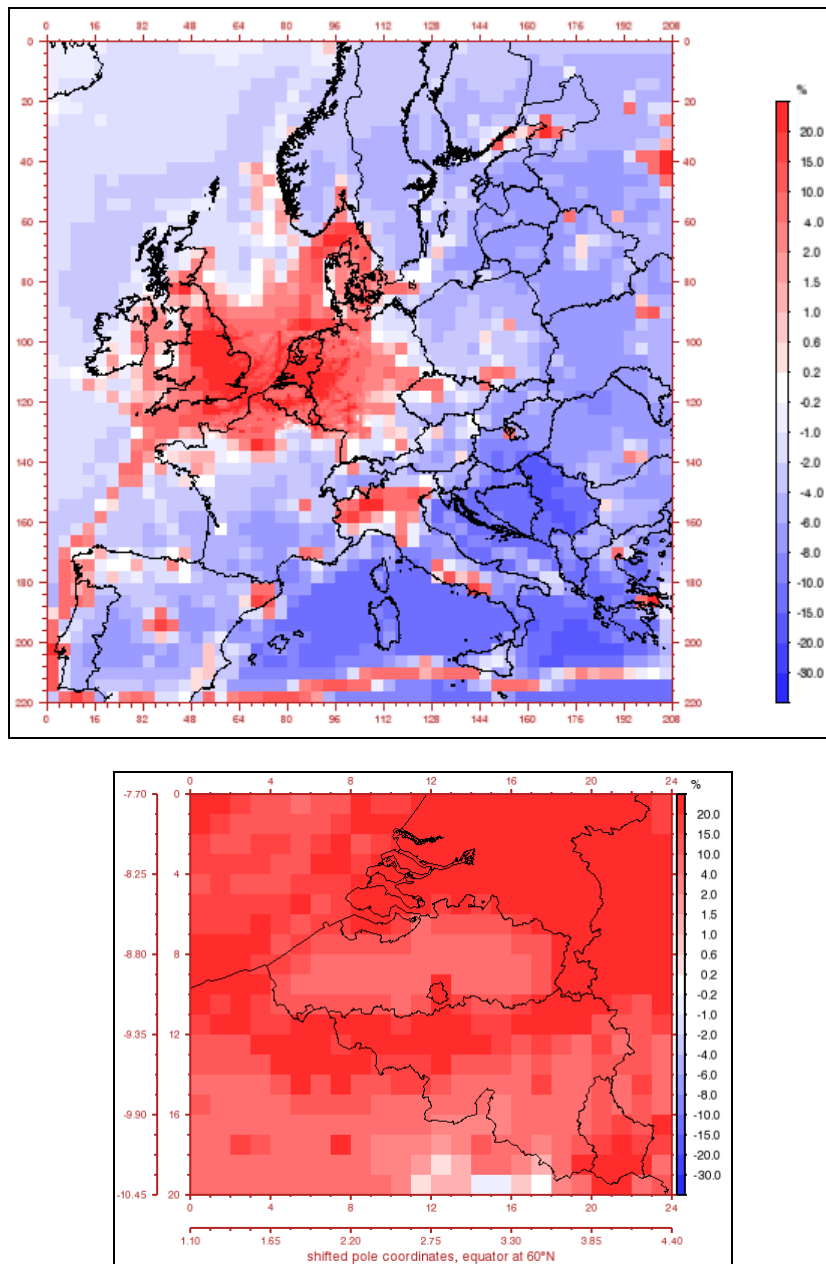
### 2.2.2 Ozon

In dit hoofdstuk wordt de invloed van buitenlandse, dus niet-Vlaamse antropogene, emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen onderzocht. De Vlaamse emissies bleven telkens ongewijzigd in deze berekeningen.

#### 2.2.2.1 REF-scenario 2007

Figuur 21 toont het relatieve verschil in jaargemiddelde ozonconcentratie tussen het basisjaar 2007 (REF2007, met alle emissies) en een situatie zonder buitenlandse emissies. Zowel de kaart voor het volledige Europese domein (boven) alsook de kaart voor België (beneden) wordt getoond. Hiervoor werden de resultaten van de berekening met een emissiereductie van 20 % in het buitenland vergeleken met de resultaten voor de berekening met alle emissies en de verschillen werden vermenigvuldigd met een factor 5 om aan de bijdrage voor 100 % te komen. Zoals te zien, zou zonder buitenlandse emissies, de jaargemiddelde ozonconcentratie in Vlaanderen en in de buurregio's (Nederland, Noord-Frankrijk, het Zuidwesten van het VK en West-Duitsland) stijgen. Hetzelfde zou zich ook voordoen in andere gebieden met hoge NO<sub>x</sub>-emissies in Europa, dit zijn vooral de Po-vallei

in Noord-Italië en de grote steden (o.a. Parijs, Londen, Barcelona, Madrid, Rome en Athene). Ook langs de belangrijkste scheepvaartroutes zorgen de (NOx)-emissies voor lagere jaargemiddelde ozonconcentraties. In de andere gebieden in Europa zorgen de antropogene emissies daarentegen voor een toename van de jaargemiddelde ozonconcentraties.

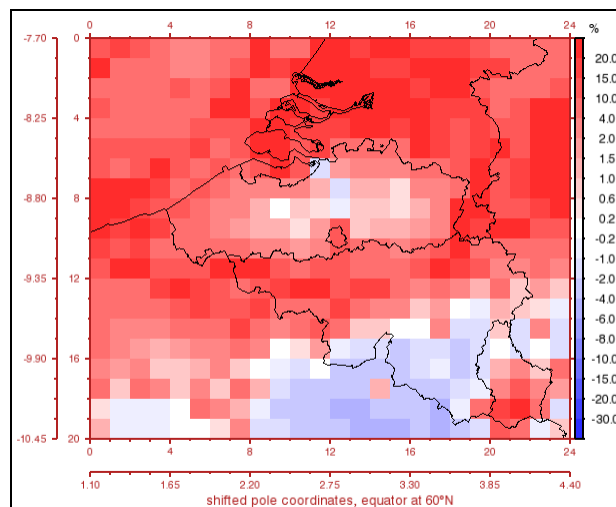
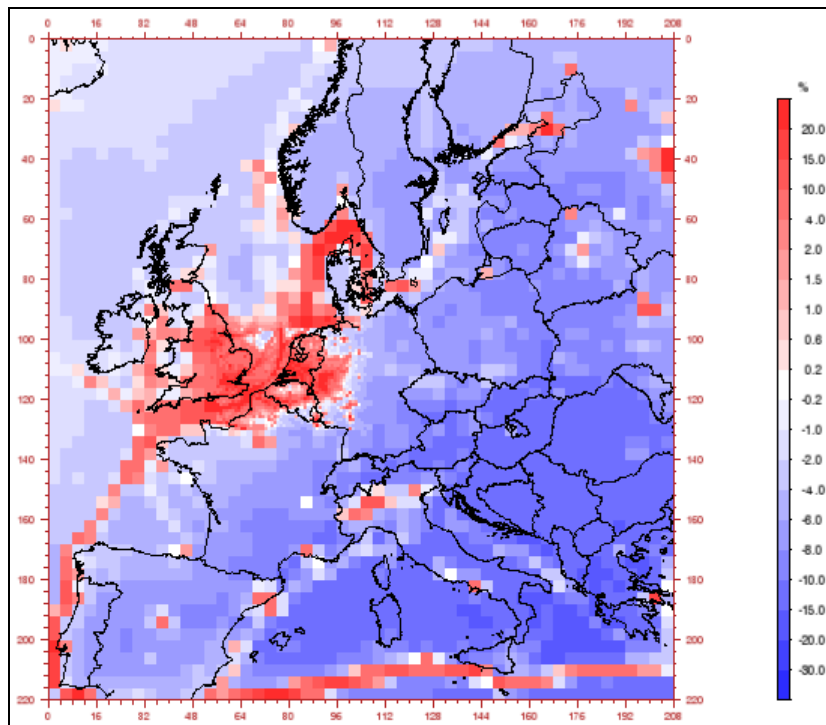


*Figuur 21: Invloed van de niet-Vlaamse antropogene emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Europa voor REF2007*

#### 2.2.2.2 REF-scenario 2020

Figuur 22 toont het relatieve verschil in jaargemiddelde ozonconcentratie tussen de situatie REF2020 met alle emissies en een situatie zonder buitenlandse emissies. In vergelijking met de oefening voor REF2007 is het gebied met een toename van de ozonconcentraties bij wegnemen van de emissies kleiner geworden. Zelfs in Vlaanderen zijn er enkele punten (vooral stad Antwerpen, haven Antwerpen en stad Gent) waar, zonder de buitenlandse emissies, de jaargemiddelde ozonconcentraties zouden dalen. Maar toch zorgen in dit scenario de buitenlandse emissies nog steeds op vele plaatsen in

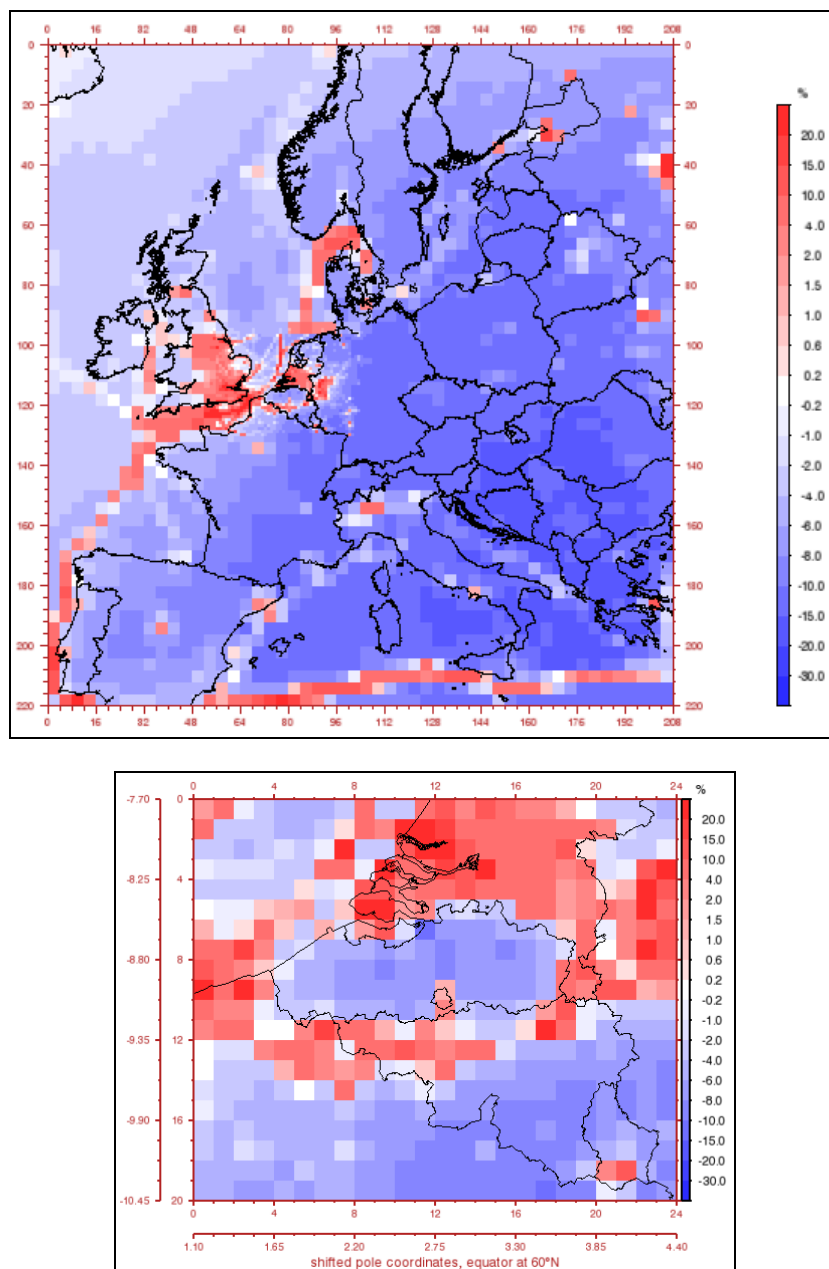
Vlaanderen voor een daling van de ozonconcentraties, dwz. dat het wegnemen van deze emissies een toename van de jaargemiddelde ozonconcentraties zou veroorzaken.



*Figuur 22: Invloed van de niet-Vlaamse antropogene emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Europa voor REF2020*

### 2.2.2.3 EUR-scenario 2020

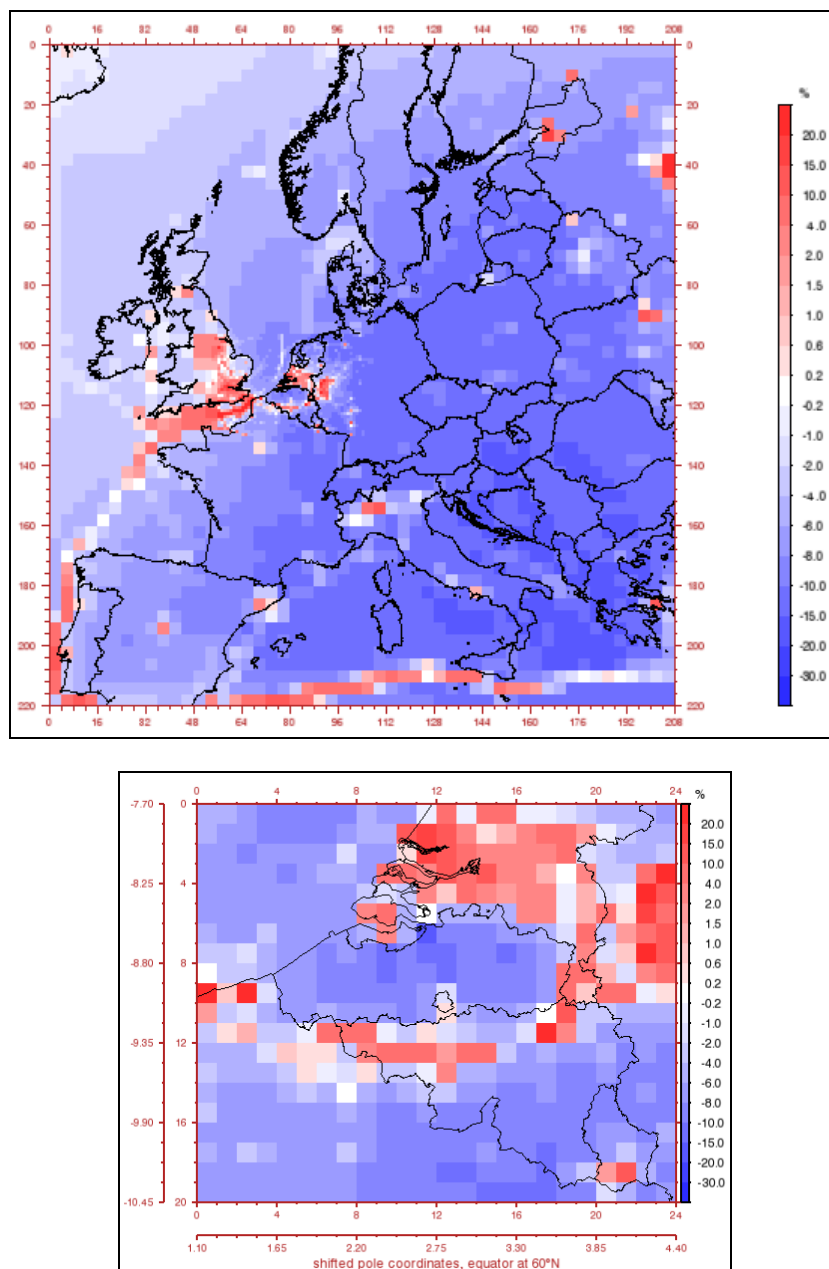
Figuur 23 toont het relatieve verschil in jaargemiddelde ozonconcentratie tussen de situatie EUR2020 met alle emissies en een situatie zonder buitenlandse emissies. T.o.v. de situatie voor REF2020 zien we dat voor het emissiescenario EUR2020 de jaargemiddelde ozonconcentraties bijna overal in Vlaanderen zouden dalen zonder buitenlandse emissies.



*Figuur 23: Invloed van de niet-Vlaamse antropogene emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Europa voor EUR2020*

#### 2.2.2.4 VISI-scenario 2020

Figuur 24 toont het relatieve verschil in jaargemiddelde ozonconcentratie tussen de situatie VISI2020 met alle emissies en een situatie zonder buitenlandse emissies. T.o.v. het EUR2020-scenario zijn er enkel kleine veranderingen waar te nemen. De jaargemiddelde ozonconcentraties op de meeste locaties in Vlaanderen zouden dalen zonder buitenlandse emissies.



*Figuur 24: Invloed van de niet-Vlaamse antropogene emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Europa voor VISI2020*

#### 2.2.2.5 Vergelijking van de scenario's

Door de resultaten van deze vier berekeningen te vergelijken, zien we dat de invloed van de niet-Vlaamse antropogene emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in de toekomst zal veranderen. Voor het basisjaar hebben de (NO<sub>x</sub>-)emissies in grote delen van West-Europa als effect een daling van de jaargemiddelde ozonconcentraties. Dit effect wordt naargelang de emissies in Europa dalen minder belangrijk. Voor het VISI-scenario 2020 is dit effect enkel nog op een beperkt aantal plaatsen waar te nemen, zoals in het Ruhrgebied, Zuid-Nederland en de Maasvallei. Waarschijnlijk zal Vlaanderen ook bij deze regio's horen maar de Vlaamse emissies werden in deze berekeningen NIET gereduceerd.

M.b.t. de import van luchtpolluenten naar Vlaanderen en het effect op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen kan gezegd worden dat voor REF2007 en REF2020 de buitenlandse

emissies voor een daling van de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen zorgen terwijl voor EUR2020 en VISI2020 de buitenlandse emissies voor een toename van de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen zorgen. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat met toenemende emissiereducties meer en meer gebieden in Europa de overstap zullen maken van het NMVOS-gelimiteerde ozonvormingsgebied naar het NOx-gelimiteerde ozonvormingsgebied.

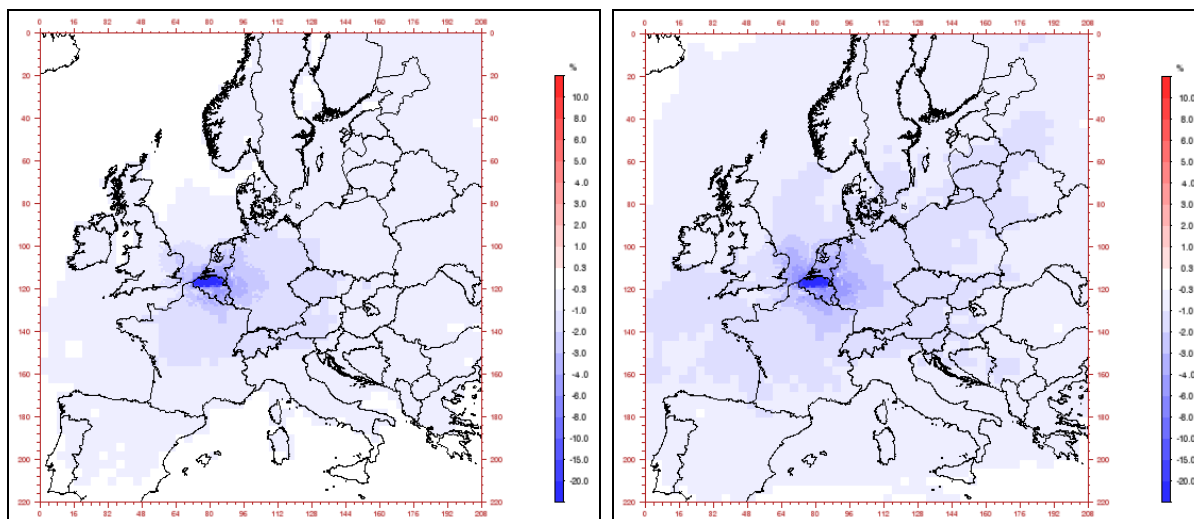
## 2.3 Export van luchtverontreiniging

### 2.3.1 Zwevend stof

#### 2.3.1.1 REF-scenario 2007

In analogie met de effecten van buitenlandse emissies op de luchtkwaliteit in Vlaanderen hebben de Vlaamse emissies ook effecten in het buitenland. Vlaanderen exporteert dus ook luchtvervuiling naar het buitenland.

Figuur 25 toont de invloed van de Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in Europa voor de emissies voor het basisjaar (REF2007). De kaarten geven een antwoord op de vraag “met hoeveel procent zouden de PM10- en PM2,5-concentraties dalen in Europa indien er geen Vlaamse emissies zouden zijn?”. Als basis voor de berekening is de situatie genomen zoals ze is (met Vlaamse emissies) en deze wordt vergeleken met een hypothetische situatie zonder Vlaamse emissies. Waarbij de hypothetische situatie opnieuw werd berekend door de Vlaamse emissies met 20% te reduceren en daarna te extrapoleren tot 100%.



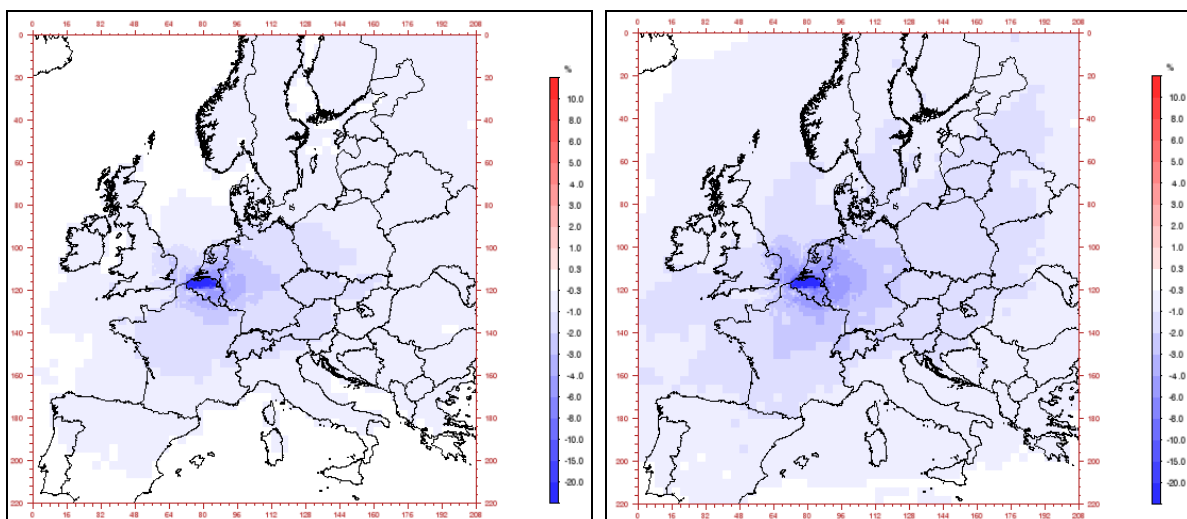
*Figuur 25: Invloed van Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in Europa voor REF2007*

De figuur toont aan dat Vlaamse emissies overal in Europa bijdragen aan de PM10- en PM2,5-concentraties. De bijdragen aan de PM2,5-concentraties zijn doorgaans groter dan deze aan de PM10-concentraties. Dit komt vooral door het hogere percentage secundaire componenten in PM2,5 en het langeafstandstransport van zijn voorlopverbindingen. Op de kaarten zijn bijdragen vanaf 0,3 % met een (licht)blauwe kleur getoond. Bijdragen kleiner dan 0,3 % worden als niet-significant beschouwd. De hoogste bijdragen vinden we uiteraard in Vlaanderen zelf en in de buurtregio's, maar we vinden bijvoorbeeld nog bijdragen tot 2 % terug in de Baltische staten.

#### 2.3.1.2 REF-scenario 2020

Figuur 26 toont de impact die veroorzaakt wordt door Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in het Europese buitenland voor de emissieprognose REF2020. T.o.v. het basisjaar 2007 (REF2007) reikt de Vlaamse invloed zelfs nog iets verder.

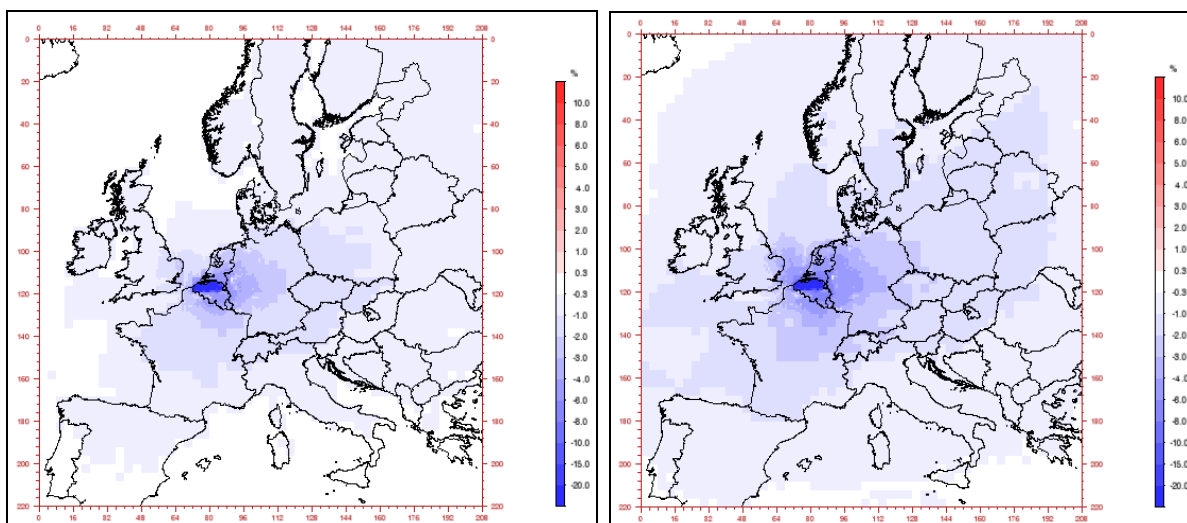




Figuur 26: Invloed van Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in Europa voor REF2020

### 2.3.1.3 EUR-scenario 2020

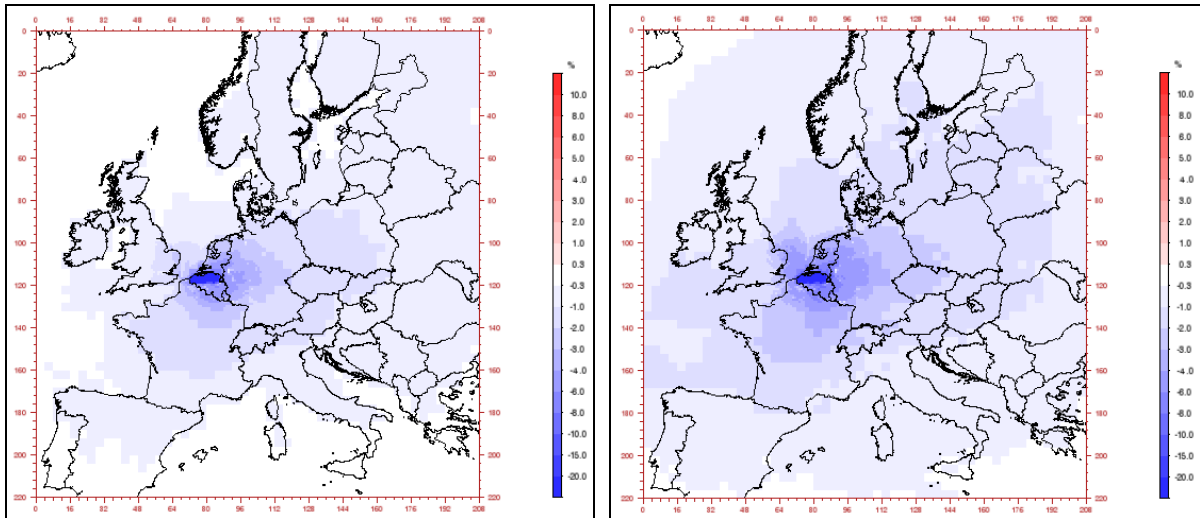
Figuur 27 toont de impact die veroorzaakt wordt door Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in het Europese buitenland voor de emissieprognose EUR2020. T.o.v. het REF-scenario 2020 kan geen significante verandering m.b.t. de invloed van Vlaamse emissies vastgesteld worden.



Figuur 27: Invloed van Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in Europa voor EUR2020

### 2.3.1.4 VISI-scenario 2020

Figuur 28 toont de impact die veroorzaakt wordt door Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5-concentraties (rechts) in het Europese buitenland voor de emissieprognose VISI2020. Voor het VISI-scenario 2020 kan t.o.v. het EUR-scenario 2020 een heel lichte toename van de invloed van de Vlaamse emissies vastgesteld worden.



Figuur 28: Invloed van Vlaamse emissies op de PM10- (links) en PM2,5 concentraties (rechts) in Europa voor VISI2020

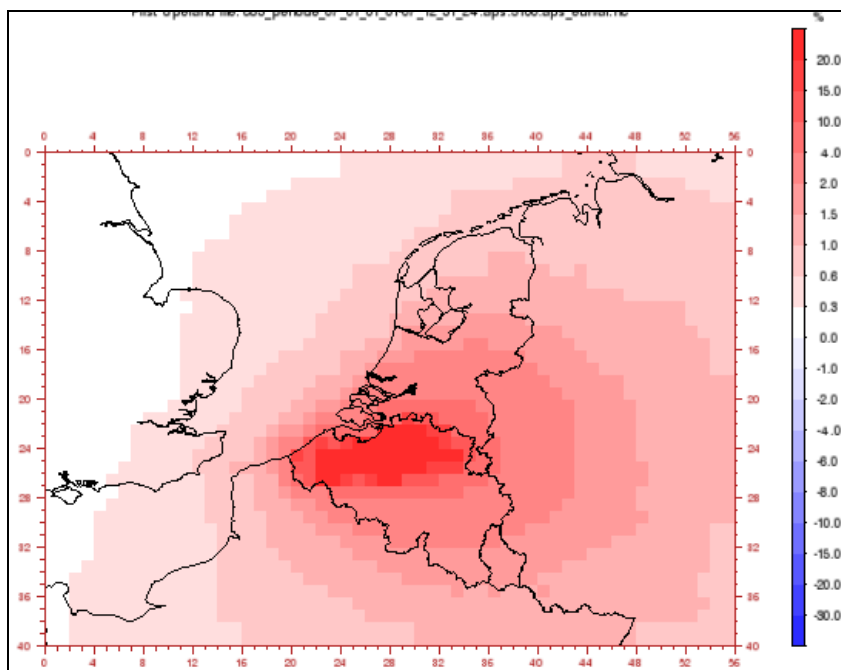
### 2.3.2 Ozon

Naast zwevend stof en de voorloperverbindingen van secundair zwevend stof exporteert Vlaanderen ook ozon en ozon-voorloperverbindingen naar het buitenland.

#### 2.3.2.1 REF-scenario 2007

Figuur 29 toont het relatieve verschil in jaargemiddelde ozonconcentratie tussen de situatie zoals ze is (met Vlaamse emissies) en een situatie zonder Vlaamse emissies (emissiereductie van 20 % geëxtrapoleerd naar 100 %) voor het basisjaar 2007. De figuur toont aan dat de jaargemiddelde ozonconcentraties vooral in Vlaanderen maar ook in de buurlanden hoger zouden liggen zonder Vlaamse emissies. Vooral in delen van Nederland en Duitsland zouden de ozonconcentraties hoger zijn zonder Vlaamse emissies. Anders gezegd zorgen de Vlaamse emissies voor een daling van de ozonconcentraties in deze gebieden. Omdat we hier de jaargemiddelde ozonconcentratie bekijken en het wegnemen van de Vlaamse emissies een relatief kleine verlaging van de emissies in Europa betekent is het afbrekende effect van NOx op ozon het dominerende proces. Door het weglaten van de Vlaamse emissies komen we niet van het NMVOS-gelimiteerde ozonvormingsgebied naar het NOx-gelimiteerde ozonvormingsgebied. Hiervoor zijn veel grotere emissiereducties in Europa nodig.

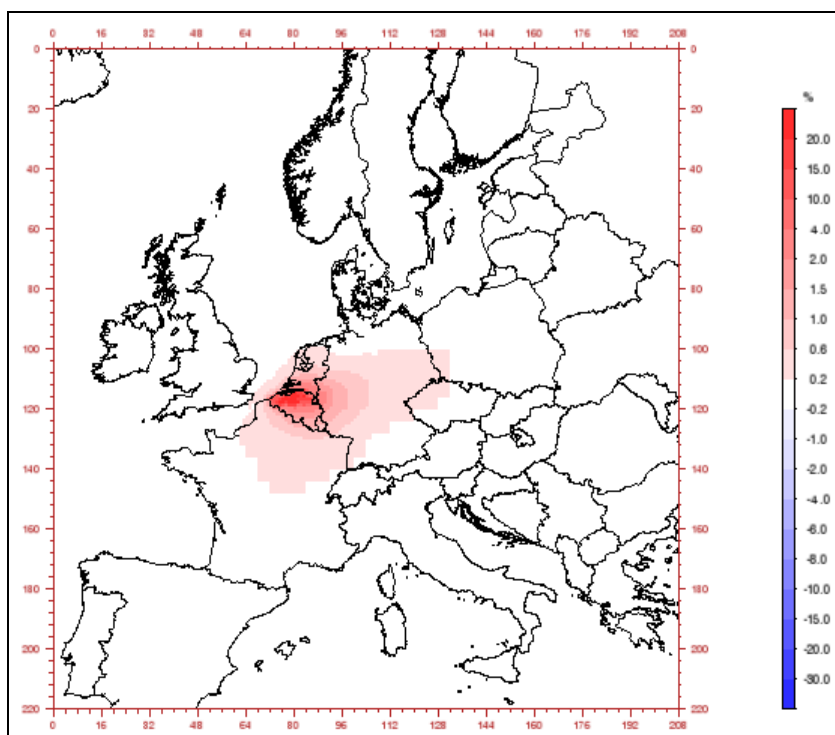
Het dominerende proces in Vlaanderen is dus het transport van NOx en de afbraak van ozon en niet de vorming en transport van ozon zelf.



*Figuur 29: Invloed van Vlaamse emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen en de buurlanden voor het REF2007-scenario*

### 2.3.2.2 REF-scenario 2020

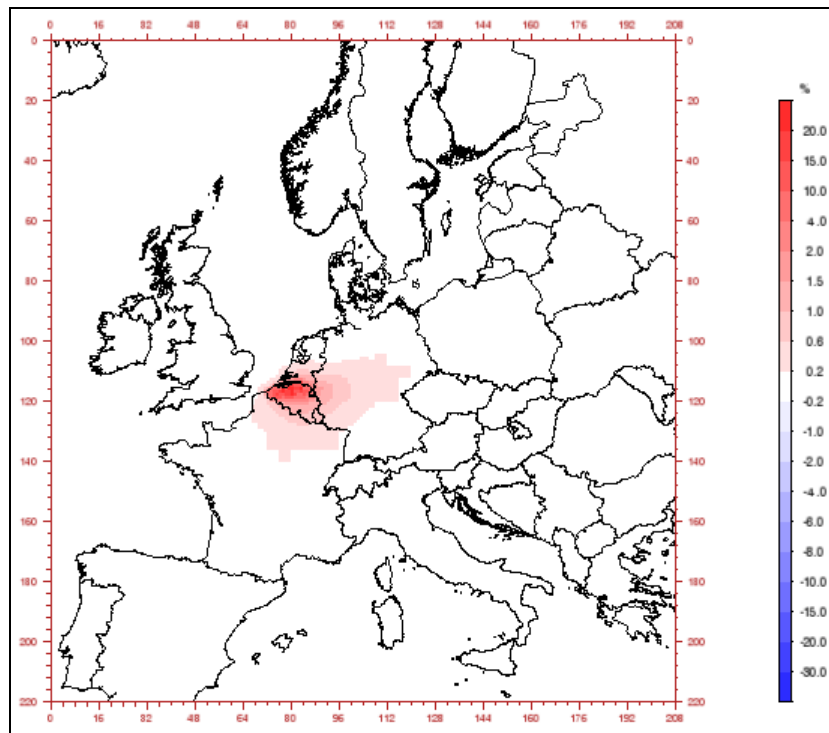
Figuur 30 toont het relatieve ozonconcentratieverschil tussen het REF-scenario 2020 en een hypothetisch scenario zonder Vlaamse emissies. T.o.v. het REF-scenario 2007 is het gebied met significante invloeden van de Vlaamse emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties iets kleiner geworden.



*Figuur 30: Invloed van Vlaamse emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen en de buurlanden voor het REF2020-scenario*

### 2.3.2.3 EUR-scenario 2020

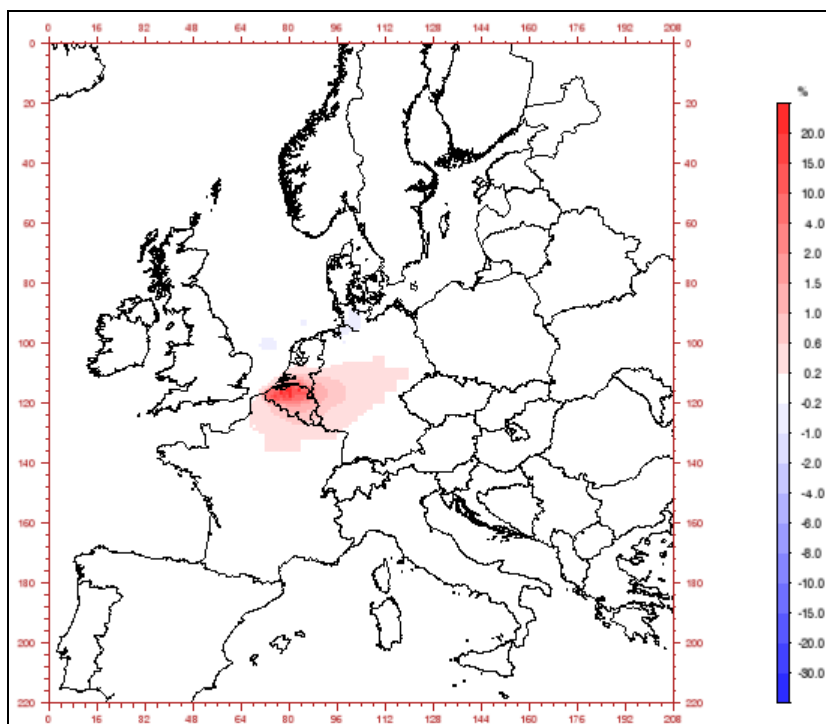
Figuur 31 toont het relatieve ozonconcentratieverschil tussen het EUR-scenario 2020 en een hypothetisch scenario zonder Vlaamse emissies. De “export” van Vlaamse luchtpollutie naar het Europese buitenland neemt verder (licht) af. De reden hiervoor is waarschijnlijk te zoeken in het lagere absolute emissieverschil tussen de situatie met en zonder Vlaamse emissies voor EUR2020 dan voor REF2020. De emissies zullen weliswaar ook in het buitenland dalen op ongeveer dezelfde manier als in Vlaanderen. Tegenover het lagere absolute emissieverschil in Vlaanderen zouden dus ook lagere Europese emissies staan zodat de verhouding ongeveer gelijk zou moeten blijven. De daling van de Vlaamse bijdrage aan de jaargemiddelde ozonconcentraties in het buitenland is echter vooral verbonden aan het “overschot” NO<sub>x</sub> dat niet in Vlaanderen gebruikt wordt om ozon af te breken maar dat Vlaanderen exporteert, en dit is afhankelijk van de totale Vlaamse NO<sub>x</sub>-emissies.



*Figuur 31: Invloed van Vlaamse emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen en de buurlanden voor het EUR2020-scenario*

### 2.3.2.4 VISI-scenario 2020

Figuur 32 toont het relatieve verschil in jaargemiddelde ozonconcentraties tussen het Visionaire scenario (met Vlaamse emissies) en een scenario zonder Vlaamse emissies. Als resultaat wordt praktisch dezelfde ruimtelijke verdeling verkregen als voor het EUR-scenario 2020.



Figuur 32: Invloed van Vlaamse emissies op de jaargemiddelde ozonconcentraties in Vlaanderen en de buurlanden voor het VISI2020-scenario

## 2.4 Analyse van de nodige emissiedalingen om te zorgen voor een duurzame daling van de jaargemiddelde ozonconcentraties

### 2.4.1 Reductie van NO<sub>x</sub>- en NMVOS-emissies in Europa

In dit deel van de studie werden er berekeningen uitgevoerd om na te gaan of het toch niet mogelijk is om via emissiedalingen in Europa te komen tot een daling van niet alleen de ozonpieken, maar ook van de jaargemiddelde ozonconcentraties. In het kader van de Milieuverkenning 2030 (REF- en EUR-scenario) was het duidelijk geworden dat de voorspelde Europese emissiereducties wel degelijk zorgen voor een (verdere) afname van de ozon-piekconcentraties maar dat tegelijkertijd de jaargemiddelde ozonconcentraties (verder) blijven toenemen. Dit laatste komt vooral door het dominerende effect van NO-emissies op de ozonconcentraties door de snelle afbraak van ozon door NO. Het "ozon-isopleendiagramma" (de zogenaamde "ozonheuvel") zegt echter dat er vanaf een bepaalde NO<sub>x</sub>-emissiereductie een bijkomende NO<sub>x</sub>-emissiereductie geen toename meer van de ozonconcentratie tot gevolg heeft maar wel een daling. Dit zou het geval zijn wanneer we vanuit het NMVOS-gevoelige ozonvormingsgebied naar het NO<sub>x</sub>-gevoelige ozonvormingsgebied komen, dus over de kamlijn van de "ozonheuvel" heen zouden geraken. Voor meer informatie zie het MIRA-achtergronddocument Thema Fotochemische luchtverontreiniging.

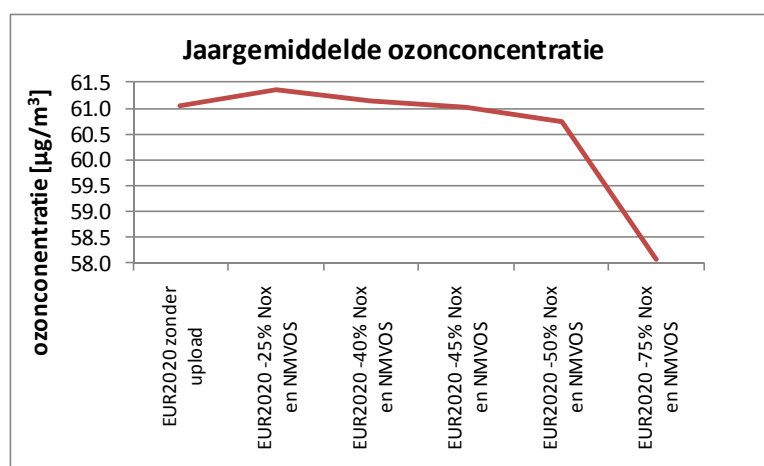
De vraag die in dit hoofdstuk van de studie zal onderzocht worden is of er daadwerkelijk zo'n omslagpunt bestaat en bij welke emissiereducties dat ongeveer zou bereikt worden.

Als startpunt voor de oefening uitgevoerd in het kader van deze studie werden de emissies van het EUR-scenario voor het jaar 2020 gebruikt. Dit is een realistisch vertrekpunt waarin de emissies in Vlaanderen nog steeds zorgen voor een NMVOS-gevoelig ozonvormingsgebied. Vervolgens werden er een reeks emissiereducties van NO<sub>x</sub> en NMVOS bovenop het EUR-scenario 2020 toegepast en doorgerekend naar ozonconcentraties. De doorgerekende emissiereducties bedroegen 25 %, 40 %, 45 %, 50 %, 75 % en 90 %.

Een emissiereductie van alleen NMVOS (bij ongewijzigde NO<sub>x</sub>-emissies) zou altijd tot lagere ozonconcentraties leiden, maar dit is geen realistisch emissiescenario. De vraag die zich echter stelt is

hoe groot de NO<sub>x</sub>- en NMVOS-emissiereducties samen zouden moeten zijn om tot lagere ozonconcentraties te komen.

In wat volgt worden de relatieve verschilkaarten getoond voor de jaargemiddelde ozonconcentraties tussen de situatie EUR2020 en het scenario met bijkomende emissiereducties. Figuur 33 en Tabel 2 vatten de verkregen resultaten samen. Figuur 33 toont de jaargemiddelde ozonconcentraties gemiddeld over Vlaanderen. Voor een emissiereductie van 25 % krijgen we nog een toename van de jaargemiddelde ozonconcentratie, maar voor een emissiereductie van 40 % zien we terug een daling van de ozonconcentratie. Het “omslagpunt” van stijgende naar dalende jaargemiddelde ozonconcentratie ligt dus tussen de emissiereducties van 25 % en 40 % bovenop de emissies voor het EUR-scenario 2020. Bij een emissiereductie groter dan 25 % breken we nog altijd veel ozon af, maar de bijkomende emissiereductie leidt ertoe dat we wel iets minder ozon vormen dan voordien. Vanaf een emissiereductie van 50 % bovenop het EUR2020-scenario liggen de jaargemiddelde ozonconcentraties (terug) beneden het niveau van de concentraties voor het EUR-scenario 2020.



Figuur 33: Jaargemiddelde ozonconcentratie gemiddeld over Vlaanderen voor het EUR2020-scenario en een reeks van verdergaande NO<sub>x</sub>- en NMVOS-emissiereducties

Het totale effect van de ozonafbraak door Vlaamse emissies kan worden ingeschat a.h.v. de resultaten over de export van luchtvervuiling: met Vlaamse emissies is de jaargemiddelde ozonconcentratie voor REF2007 gemiddeld over Vlaanderen 47,4 µg/m<sup>3</sup>. Zonder Vlaamse emissies zou dit daarentegen 58,3 µg/m<sup>3</sup> zijn.

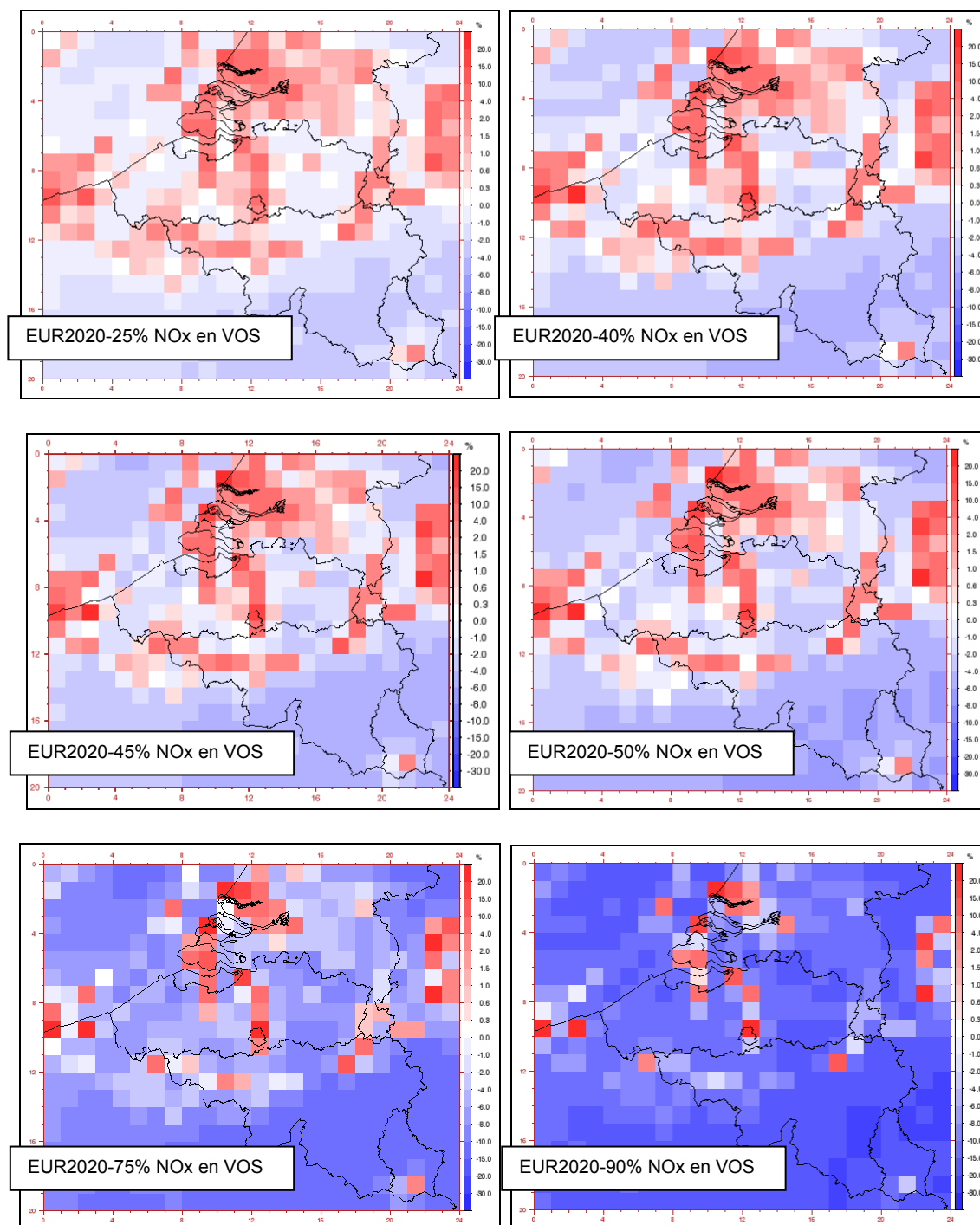
M.b.t. de over Vlaanderen gemiddelde ozonconcentraties is een duurzame daling van de jaargemiddelde ozonconcentraties dus zeker niet volledig buiten bereik. Een emissiereductie van ongeveer 30 % boven op de emissies van het EUR-scenario 2020 is geen onrealistisch doel.

Als we kijken naar de verschillen in jaargemiddelde ozonconcentraties per BeIEUROS-gridcel (15x15km) voor het EUR2020-scenario met en zonder bijkomende emissiereducties, zien we dat de situatie toch iets complexer is. Tabel 2 toont naast de verschillen in jaargemiddelde ozonconcentraties gemiddeld over Vlaanderen ook het minimale en het maximale verschil voor alle Vlaamse gridcellen.

Tabel 2: Relatief verschil in jaargemiddelde ozonconcentratie gemiddeld over Vlaanderen en minimale en maximale waarde t.o.v. EUR2020 [%]

Scenario	Verschil in jaargemiddelde ozonconcentratie t.o.v. EUR2020 [%]	
	Gemiddelde over Vlaanderen	Minimale/maximale waarden
EUR2020 – 25% NO <sub>x</sub> en NMVOS	+0,6	
EUR2020 – 40% NO <sub>x</sub> en NMVOS	+0,33	-2,18 – +15,2
EUR2020 – 45% NO <sub>x</sub> en NMVOS	+0,12	-2,72 - +17,3
EUR2020 – 50% NO <sub>x</sub> en NMVOS	-0,28	-3,47 - +19,0
EUR2020 – 75% NO <sub>x</sub> en NMVOS	-4,54	-9,45 - +27,0
EUR2020 – 90% NO <sub>x</sub> en NMVOS	-11,2	

Figuur 34 toont de bijhorende kaartjes met de relatieve verschillen in jaargemiddelde ozonconcentraties tussen het EUR-scenario 2020 en het respectievelijke emissiescenario.



Figuur 34: Relatief verschil in jaargemiddelde ozonconcentraties tussen het EUR-scenario 2020 en het EUR-scenario 2020 met een reeks bijkomende NOx- en NMVOS-emissiereducties (-25 %, -40 %, -45 %, -50 %, -75 %, -90 %)

Figuur 34 en Tabel 2 maken duidelijk dat de ozonconcentratieverschillen ruimtelijk zeer heterogeen verdeeld zijn over Vlaanderen. De daling van de jaargemiddelde ozonconcentraties zal vooral in de landelijke gebieden gebeuren. In de steden daarentegen zullen ze echter (verder) toenemen. Wanneer we de gridcellen in Vlaanderen bekijken dan zien we een grote spreiding van de resultaten: bijvoorbeeld voor een emissiereductie van 50 % bovenop het EUR-scenario 2020 zien we voor de

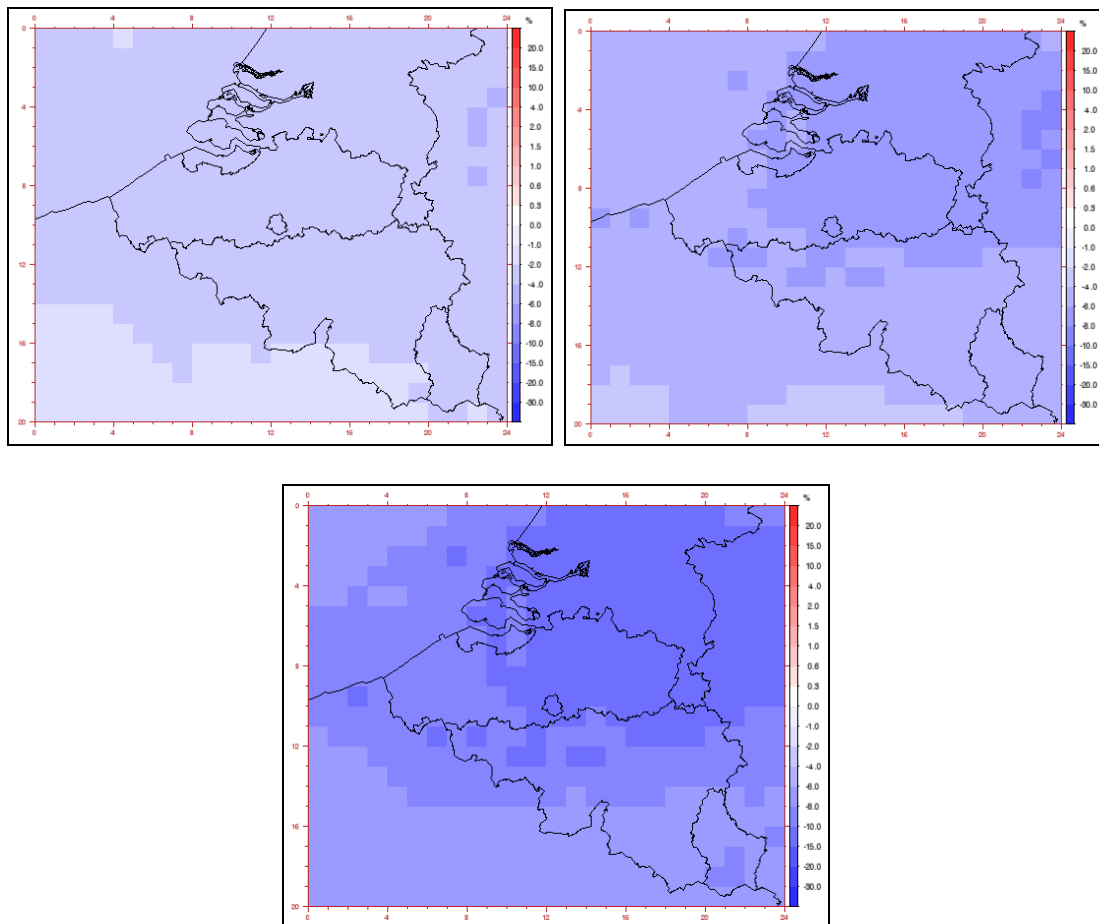


landelijke gebieden een ozonafname tot -3,47 % terwijl we in de steden een toename zien tot +19,0 %. (Maar gemiddeld over Vlaanderen geeft dit een lichte afname van de jaargemiddelde ozonconcentratie.) Zelfs bij verdergaande emissiereducties van 75 % en zelfs 90 % NO<sub>x</sub>- en NMVOS-reductie krijgen we in de steden (Antwerpen, Gent, Brussel) nog steeds een toename van de jaargemiddelde ozonconcentratie volgens deze resultaten. Gezien de steden voor de blootstelling van de bevolking belangrijker zijn dan de landelijke gebieden is dit resultaat echter enigszins verontrustend te noemen.

De reden voor deze heterogene verdeling van de verschillen in ozonconcentraties ligt vooral in de grote verschillen in NO<sub>x</sub>-emissies tussen de steden en de landelijke gebieden. De NO<sub>x</sub>-emissiereductie nodig om het "omslagpunt" te bereiken is verschillend naargelang de locatie en in de steden is het misschien zelfs onmogelijk om het omslagpunt überhaupt te bereiken.

#### 2.4.2 Reductie van (alleen) NMVOS-emissies in Europa

Bij een emissiereductie van alleen NMVOS-emissies in Europa bovenop het EUR-scenario 2020 komen we (zoals het ozon-isoplethendiagramma ook voorspelt) altijd tot lagere jaargemiddelde ozonconcentraties, en dit ook overal in Vlaanderen. We veranderen hierbij immers niets aan de ozonafbraak door NO maar wel aan de ozonvorming via NMVOS, zodat een reductie van alleen NMVOS-emissies altijd leidt tot lagere ozonconcentraties.





*Figuur 35: Relatief verschil in jaargemiddelde ozonconcentraties tussen het EUR-scenario 2020 en het EUR-scenario 2020 met een reeks bijkomende NMVOS-emissiereducties (-25% boven links, -50% boven rechts en -75% beneden)*

De bereikte reducties in jaargemiddelde ozonconcentraties bedragen gemiddeld over Vlaanderen: -2,90 % bij een reductie van 25 % NMVOS, -6,32 % bij een reductie van 50 % NMVOS en -10,30 % bij een reductie van 75 % NMVOS.

## **2.5 Beleidsaanbevelingen en conclusies**

Door de geplande Europese emissiereducties van zwevend stof en van de voorloperverbindingen van zwevend stof en ozon zal de luchtkwaliteit in Vlaanderen verbeteren en zullen de Europese grenswaarden op termijn worden gehaald. Gezien het grensoverschrijdende karakter van zowel de zwevend stof- en de ozonproblematiek zijn emissiereducties in heel Europa uiterst belangrijk.

Daarnaast heeft deze studie het grote belang van (bijkomende) emissiereducties in Vlaanderen aangetoond. De huidige situatie wordt gekenmerkt door hoge emissies van zowel primair fijn stof als van de voorloperverbindingen van fijn stof. De emissies van de voorloperverbindingen, vooral van NO<sub>x</sub>, zullen de komende jaren significant dalen. Hierdoor daalt het hoge overschot aan NO<sub>x</sub> wat op termijn zal aanleiding geven tot een verbetering van de luchtkwaliteit. Naarmate de NO<sub>x</sub>-emissies (en bijgevolg ook de NO<sub>x</sub>-concentraties) dalen zal het belang van NO<sub>x</sub> in de vorming van nitraataerosol toenemen. Dit maakt het nog belangrijker om NO<sub>x</sub> verder te reduceren. Tegelijkertijd zullen de jaargemiddelde ozonconcentraties voorlopig nog verder toenemen. Alleen door verdere substantiële NO<sub>x</sub>-emissiereducties zal Vlaanderen overgaan van een NMVOS- naar een NO<sub>x</sub>-gelimiteerde ozonvormingsgebied. Pas vanaf dan zullen de jaargemiddelde ozonconcentraties dalen.

De twee belangrijkste maatregelen die zullen zorgen voor een daling van de zwevend stof concentraties in Vlaanderen zijn ten eerste bijkomende emissiereducties van primair fijn stof en ten tweede ammoniak-emissiereducties in de landbouw. De primaire fijn stof emissies in Vlaanderen zorgen in de rechtstreekse omgeving van de emissiebronnen voor verhoogde concentraties PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>. Hun bijdrage aan de fijnstof-problematiek op Vlaamse schaal mag ook niet onderschat worden. Deze emissies moeten immers niet omgezet worden in de atmosfeer om fijne stofdeeltjes te vormen maar dragen rechtstreeks bij aan de fijnstof-concentraties. De emissies van de voorloperverbindingen van fijn stof (met name NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>) daarentegen moeten in de atmosfeer omgezet (geoxideerd) worden vóór er aerosoldeeltjes uit kunnen ontstaan. Deze omzettingen hebben echter tijd nodig zodat een groot deel van deze emissies pas in het buitenland fijn stof vormt. Anderzijds zijn de emissies van deze componenten in het buitenland verantwoordelijk voor een groot deel van het secundair fijn stof in Vlaanderen. In Vlaanderen hebben we over het algemeen een "overschot" aan NO<sub>x</sub> zodat de Vlaamse ammoniakemissies voor een belangrijk deel binnen Vlaanderen omgezet worden in zwevend stof (ammoniumnitraat). Bijkomende reducties van de Vlaamse ammoniakemissies in de landbouwsector zullen dus een belangrijke bijdrage leveren aan de verlaging van de concentraties fijn stof in Vlaanderen.

Deze studie heeft ook aangetoond dat de baten van Vlaamse emissiereducties in de toekomst alsmaar groter zullen worden. De Europese emissiereducties zorgen er namelijk voor een afbouw van "overschotten" van luchtpolluenten die momenteel aan de oorzaak liggen van de grote impact van de grensoverschrijdende luchtverontreiniging op de luchtkwaliteit in Vlaanderen. Naargelang de emissies in heel Europa dalen zal tegelijkertijd deze grensoverschrijdende luchtverontreiniging dalen en zullen de emissies overal in Europa in hogere mate effecten dichterbij de bronnen zelf hebben. Hierdoor zal voor vele landen in Europa het (relatieve) aandeel van de eigen emissies aan de concentraties zwevend stof toenemen. Dit zal ook voor Vlaanderen het geval zijn. Dit betekent dus dat de luchtkwaliteit in Vlaanderen in de toekomst minder zal beïnvloed worden door niet-Vlaamse antropogene emissies, maar meer door de Vlaamse emissies zelf. Vlaamse emissiereducties zullen in vergelijking met buitenlandse emissiereducties in de toekomst dus een belangrijkere impact hebben op de luchtkwaliteit in Vlaanderen.

## Referenties

Derwent RG, Simmonds PG, Manning AJ, Spain TG (2007) Trends over a 20-year period from 1987 to 2007 in surface ozone at the atmospheric research station, Mace Head, Ireland, *Atmospheric Environment* **41**, 9091-9098.

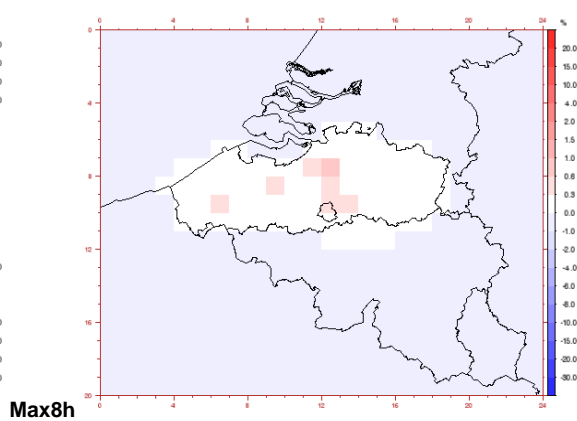
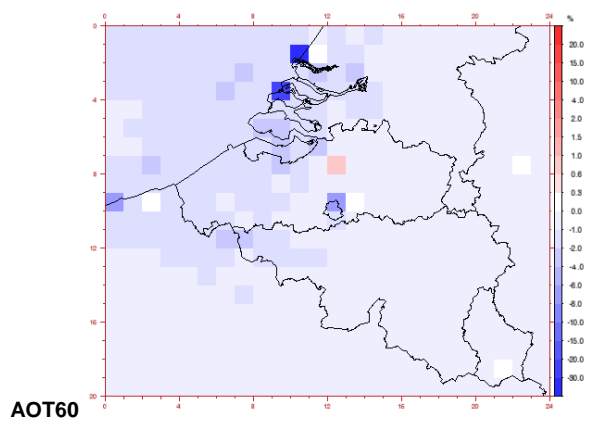
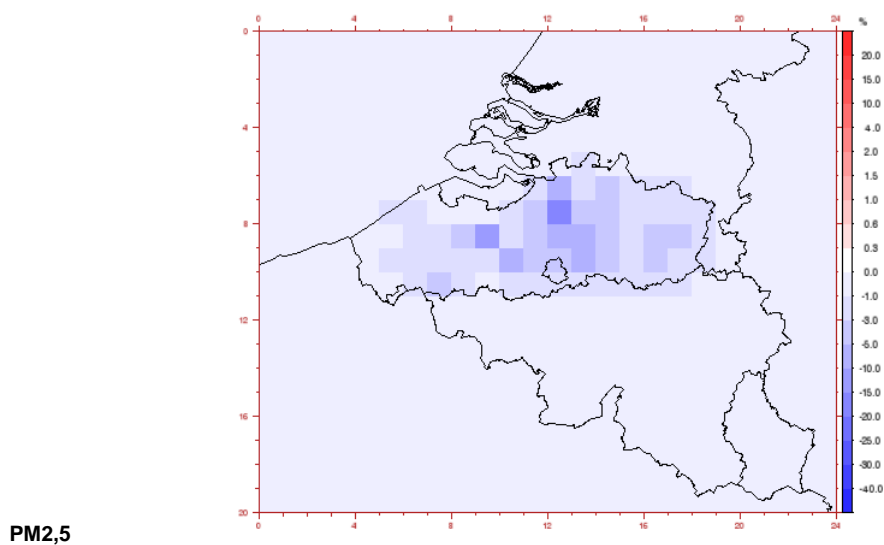
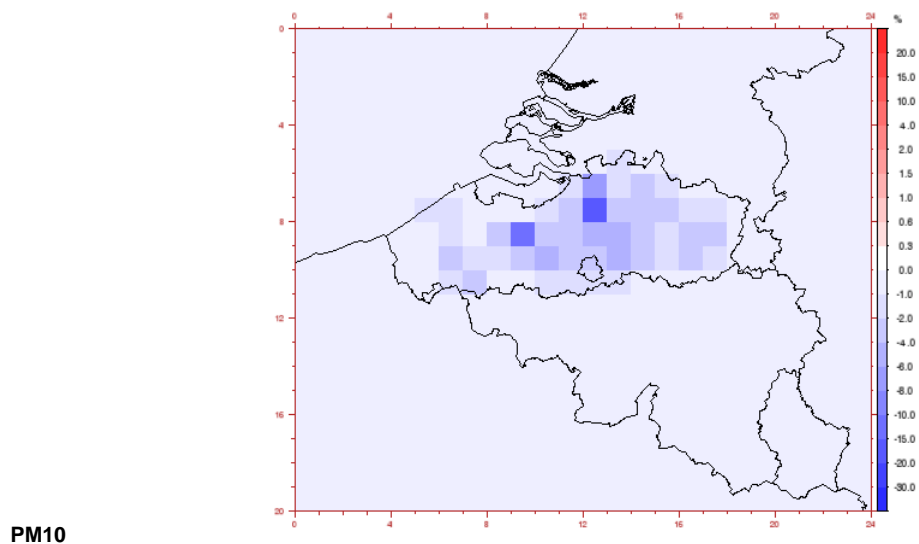
Erismann JW, Schaap M (2004) The need for ammonia abatement with respect to secondary PM reductions in Europe, *Environmental Pollution* **129**, 159-163.

Pinder RW, Adams PJ, Pandis SN (2007) Ammonia emission controls as a cost-effective strategy for reducing atmospheric particulate matter in the eastern United States, *Environmental Science and Technology* **41**, 380-386.

# ADDENDUM 1: Geografische spreiding van de sectorbijdragen van de Vlaamse emissies in Vlaanderen

## 1) REF-scenario 2007

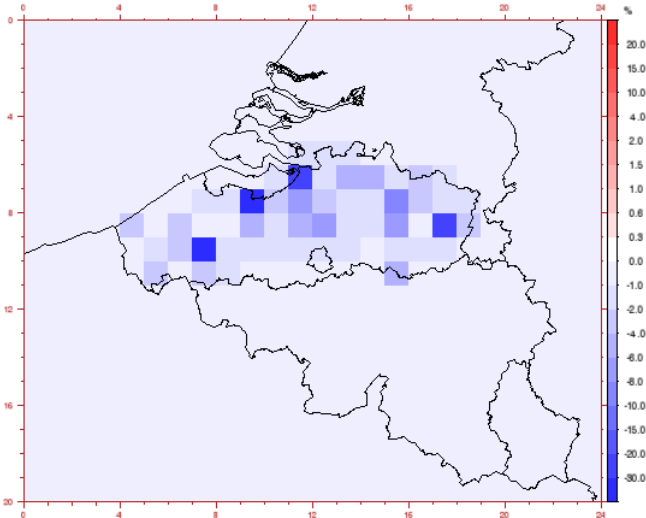
### Sector 1 Huishoudens



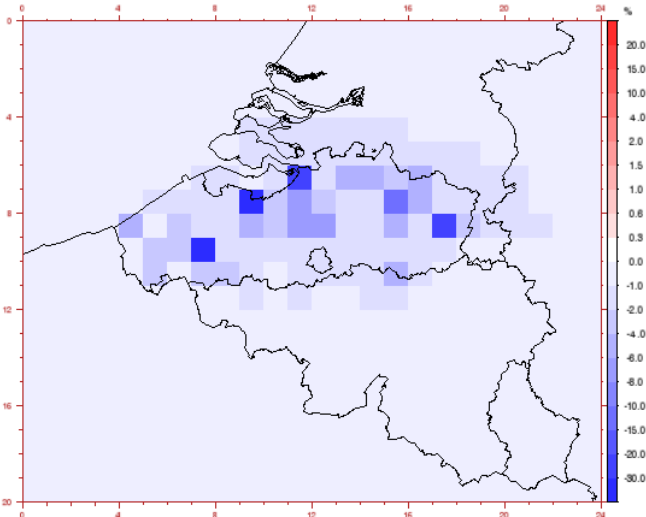
REF 2007

Sector 2 Industrie

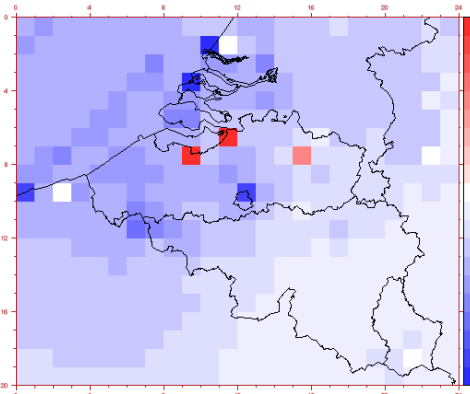
PM10



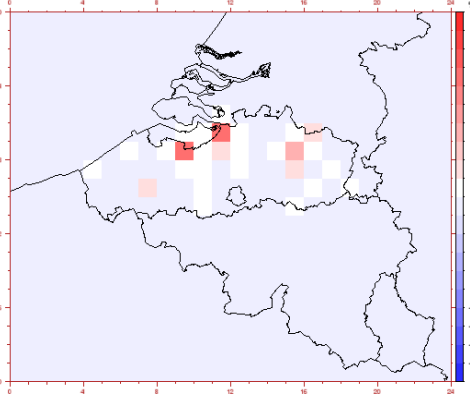
PM2,5



AOT60



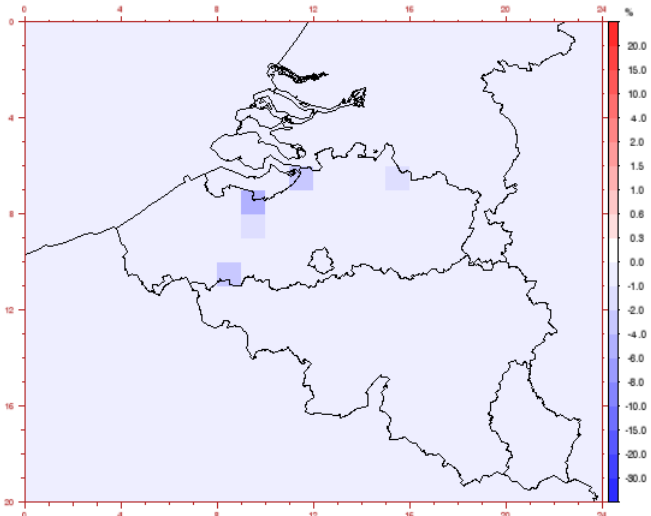
Max8h



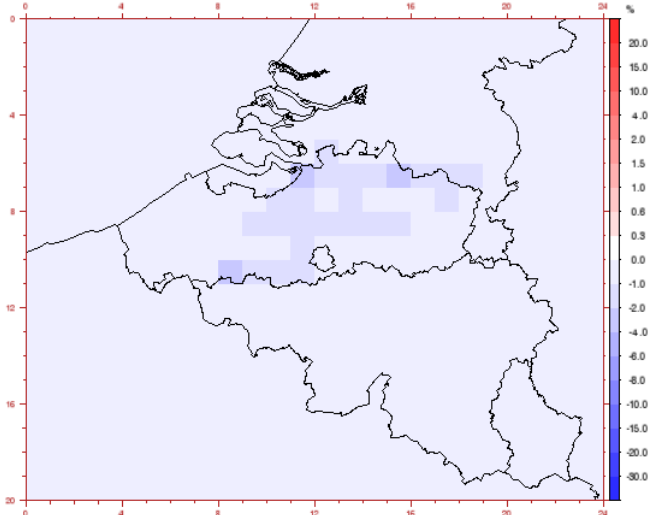
REF 2007

Sector 3 Energie

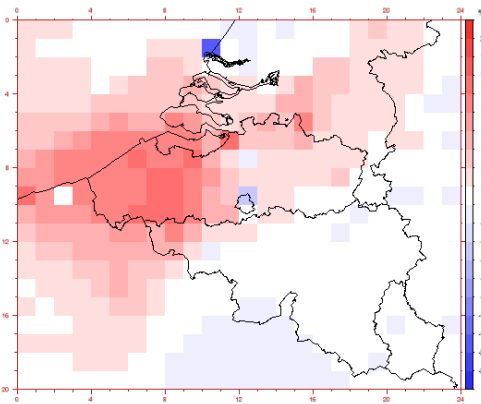
PM10



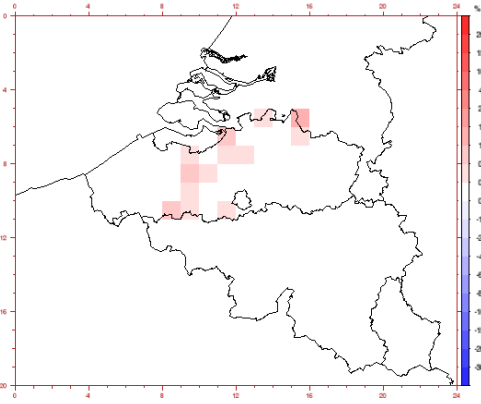
PM2,5



AOT60



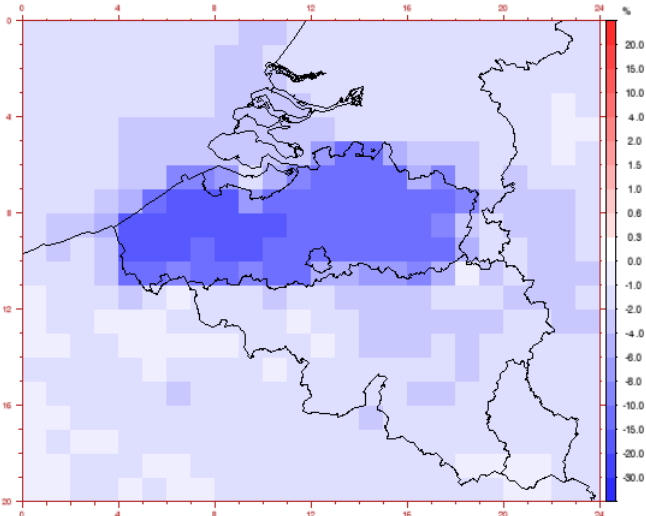
Max8h



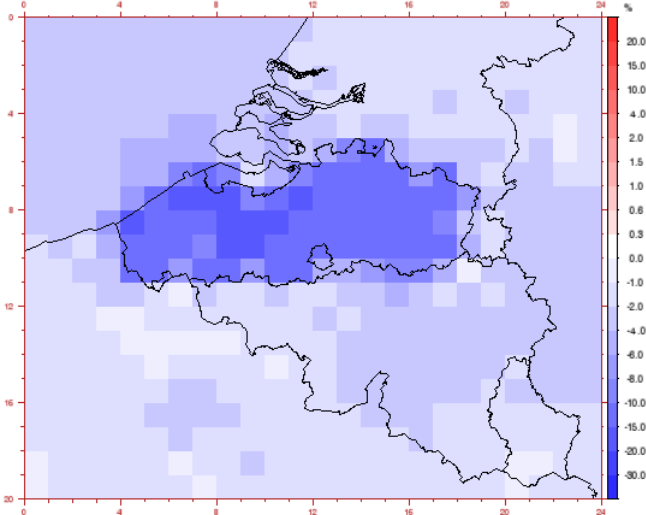
REF 2007

Sector 4 Landbouw

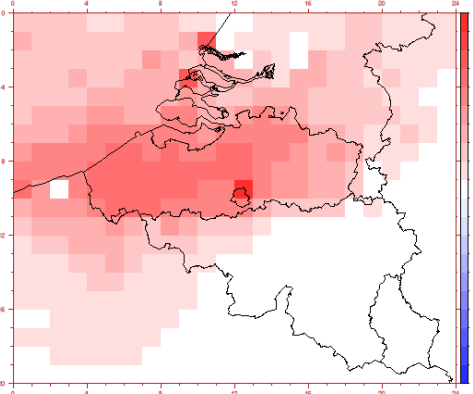
PM10



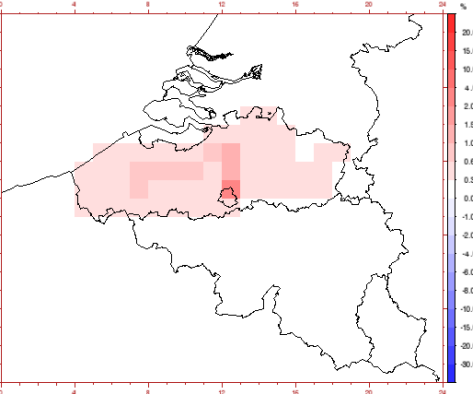
PM2,5



AOT60

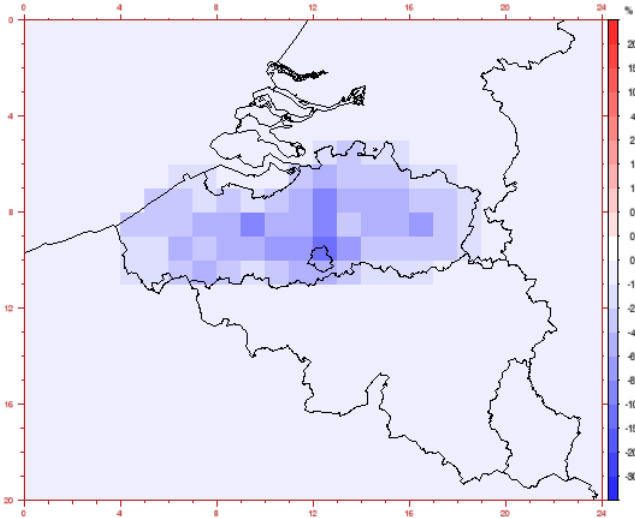


Max8h

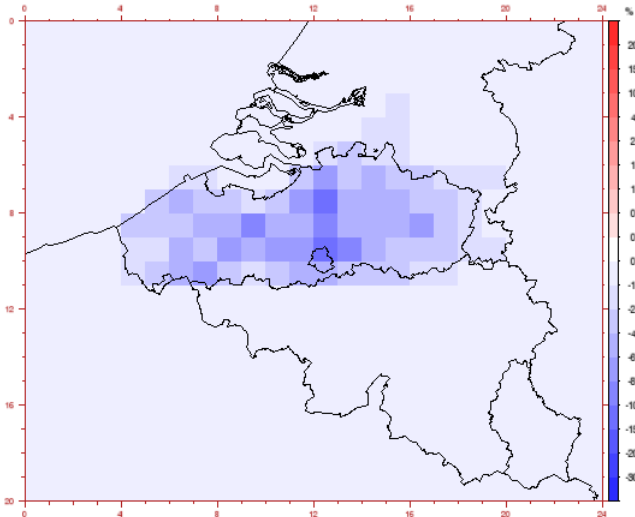


REF 2007

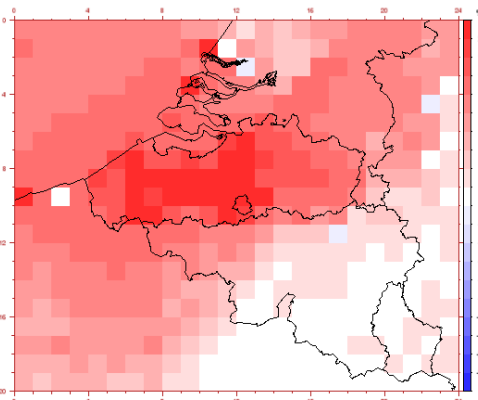
Sector 5 Transport



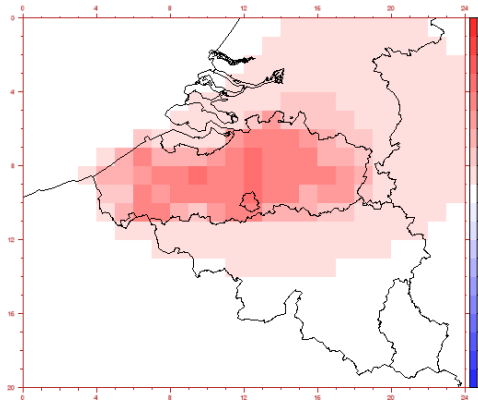
PM10



PM2,5



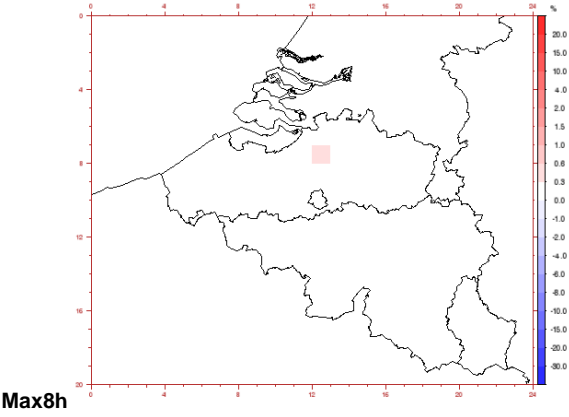
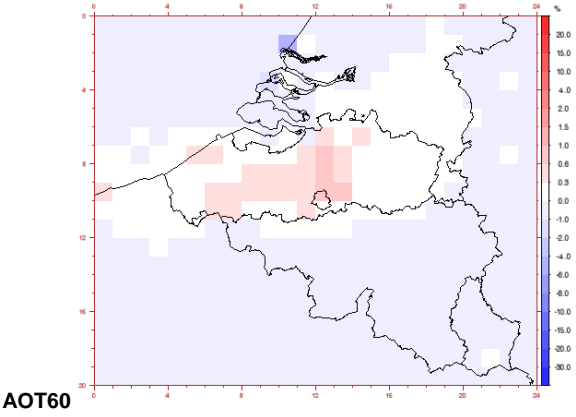
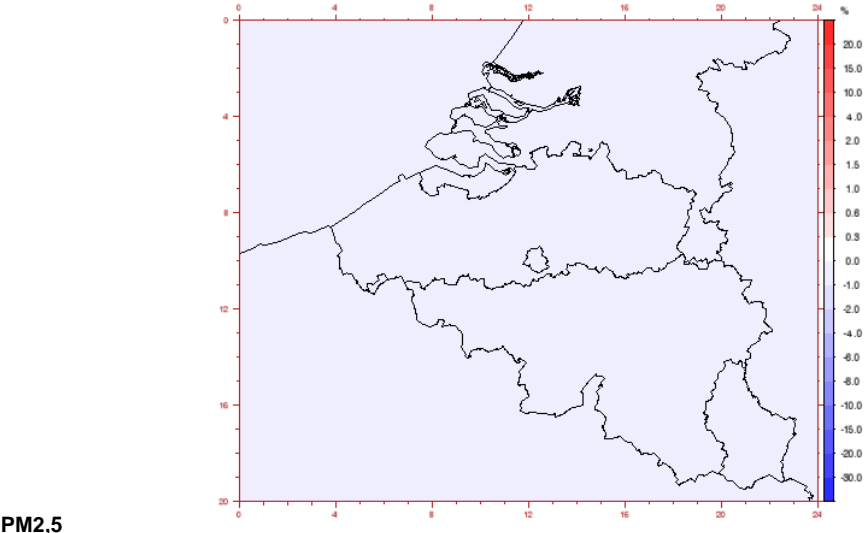
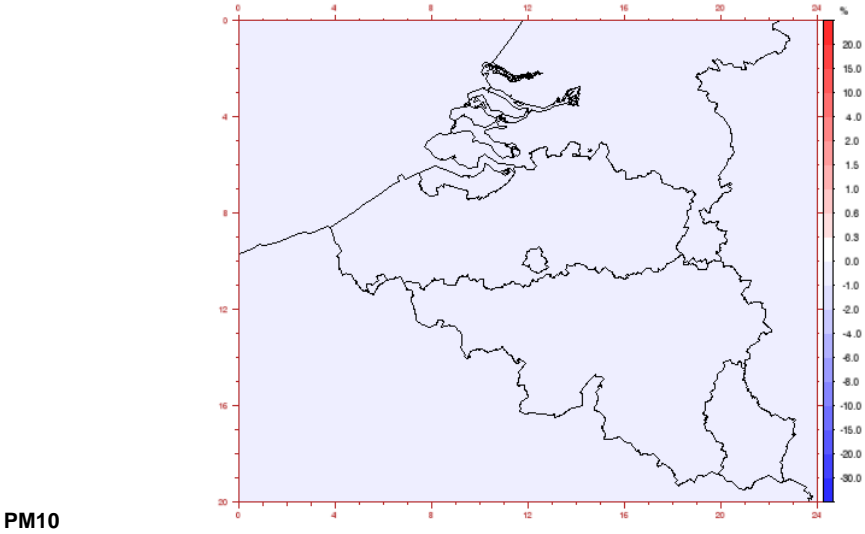
AOT60



Max8h

REF 2007

Sector 6 Handel & Diensten

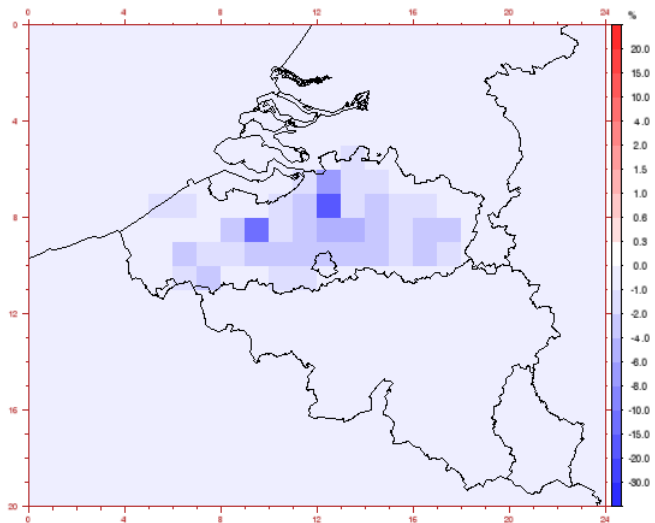




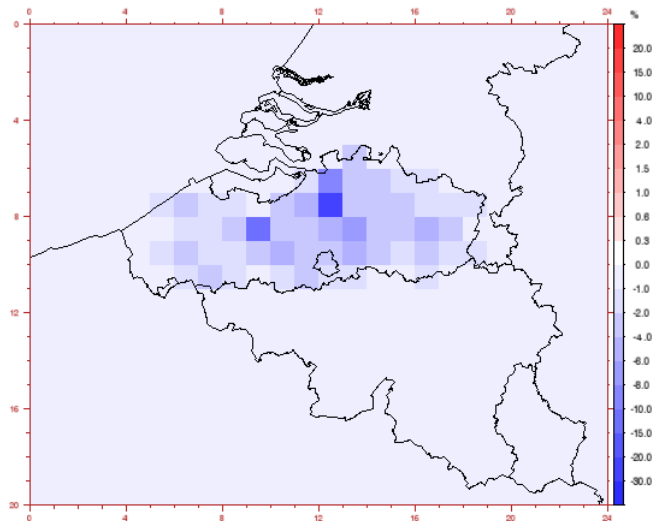
## 2) REF-scenario 2020

### Sector 1 Huishoudens

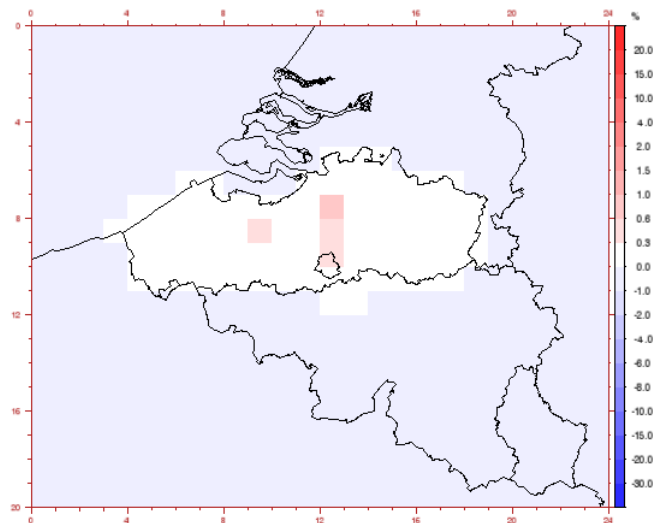
PM10



PM2,5



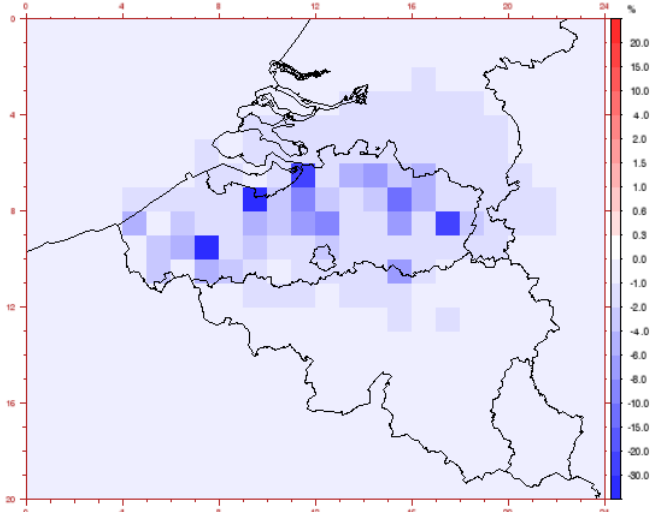
Max8h



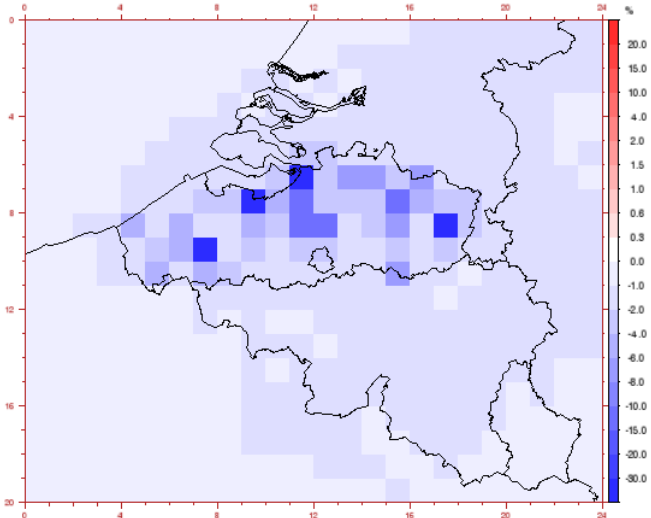
REF 2020

Sector 2 Industrie

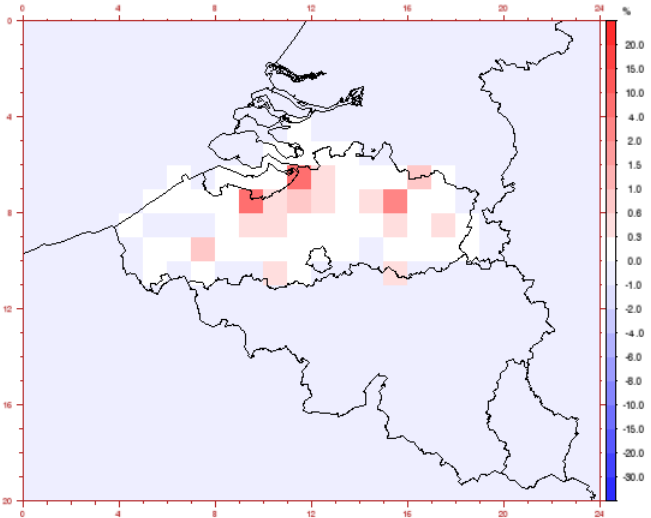
PM10



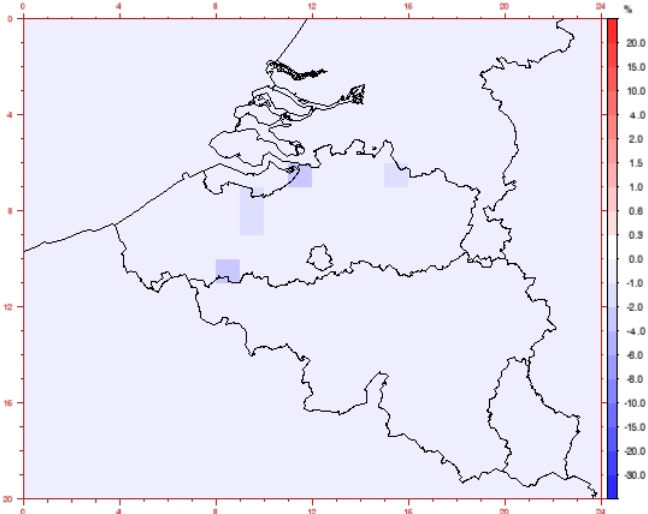
PM2,5



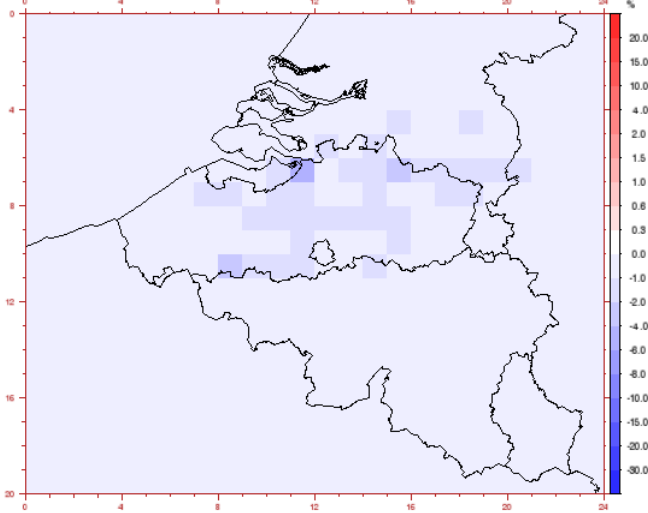
Max8h



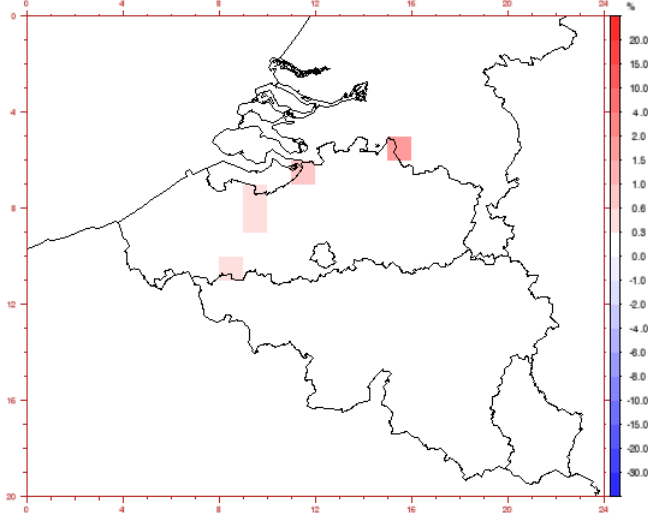
PM10



PM2,5



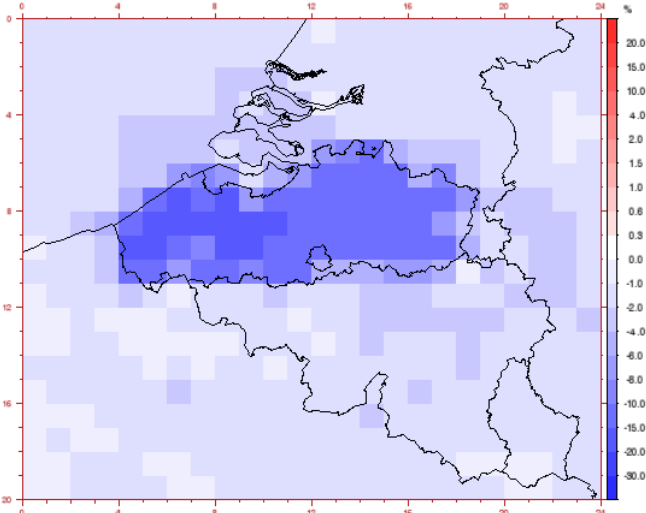
Max8h



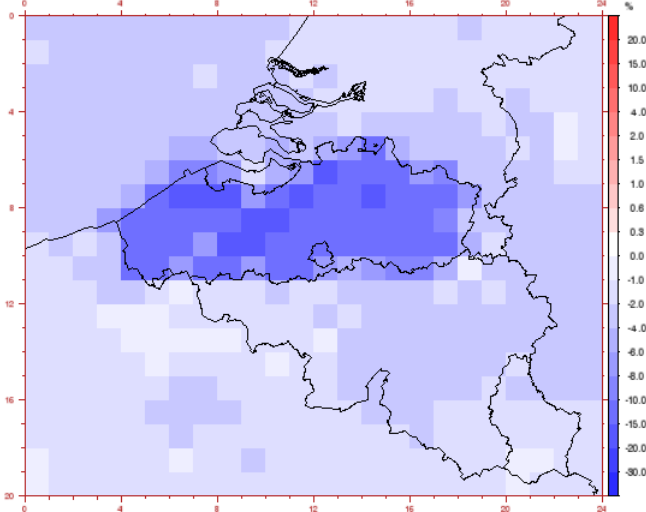
REF 2020

Sector 4 Landbouw

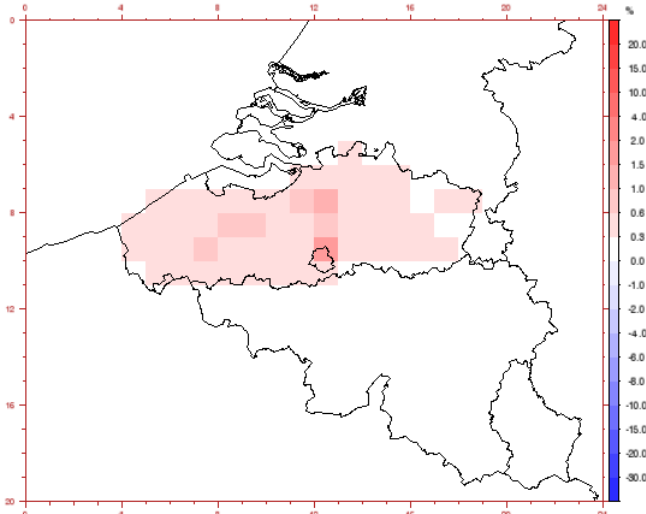
PM10



PM2,5



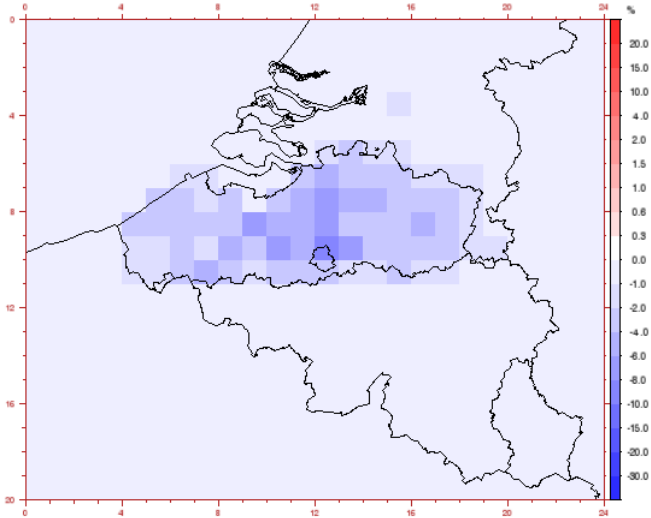
Max8h



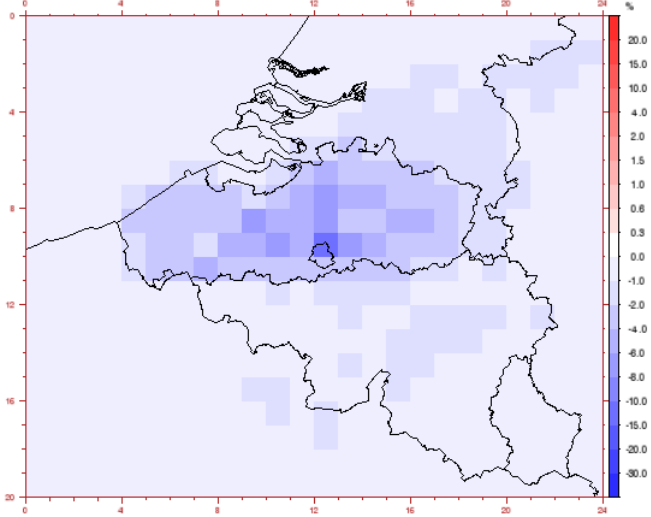
REF 2020

Sector 5 Transport

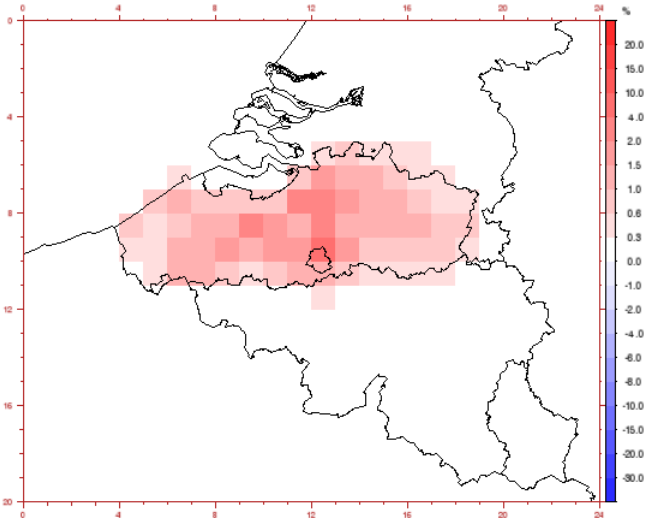
PM10



PM2,5



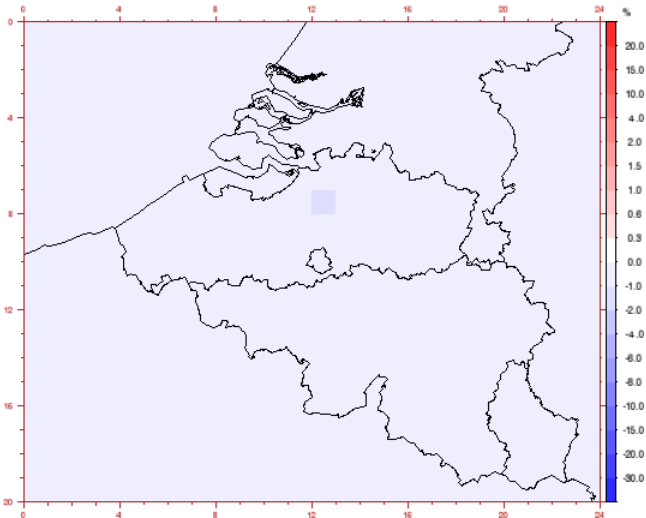
Max8h



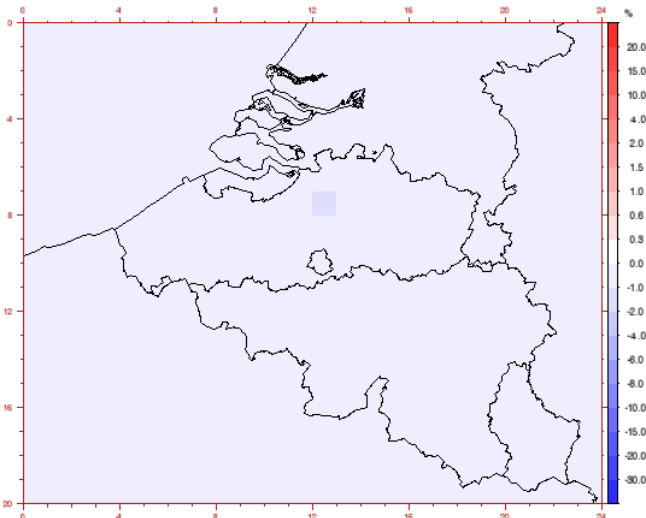
REF 2020

Sector 6 Handel & Diensten

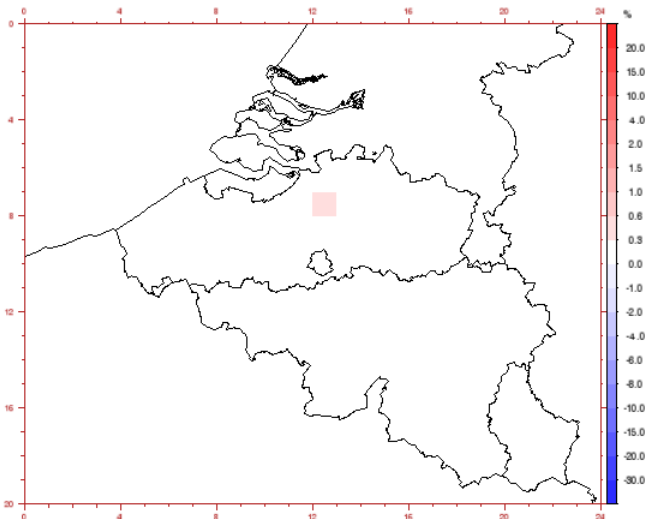
PM10



PM2,5



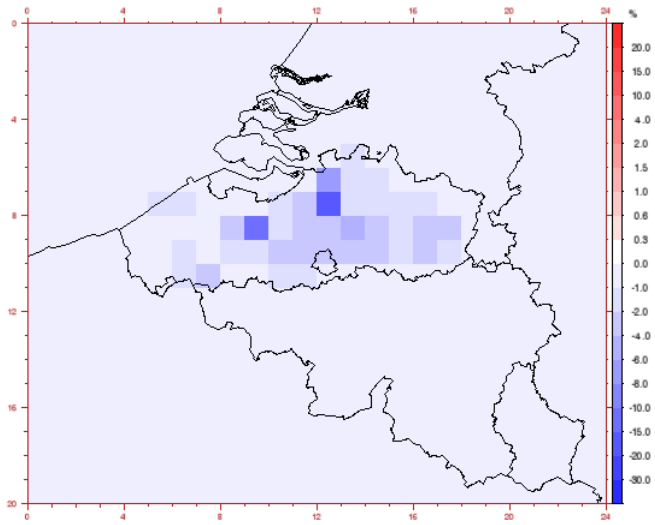
Max8h



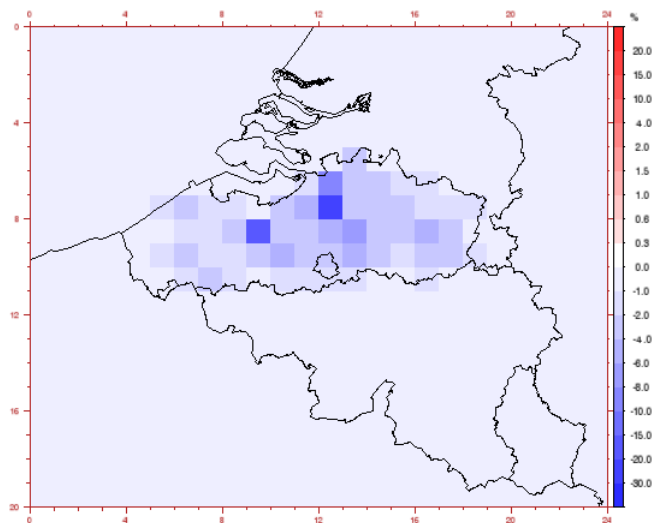
### 3) EUR-scenario 2020

#### Sector 1 Huishoudens

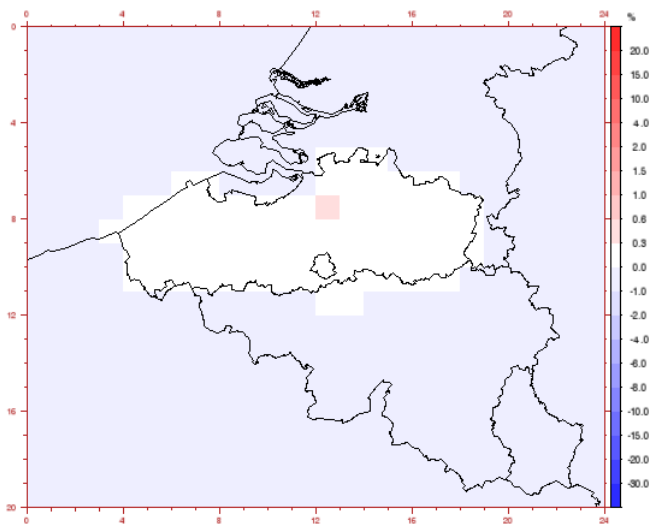
PM10



PM2,5



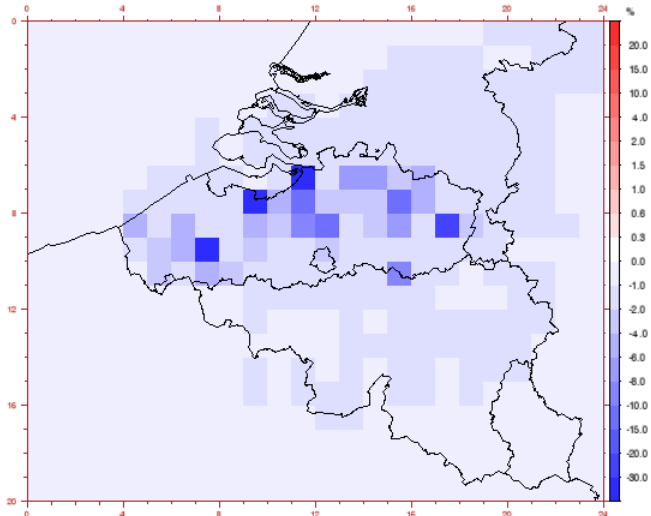
Max8h



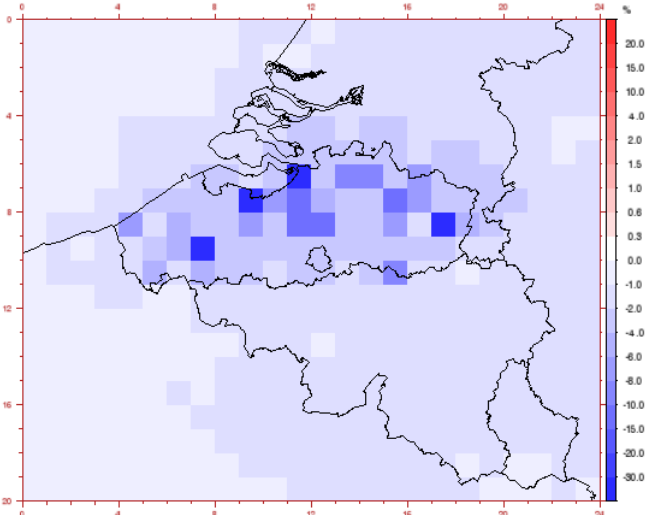
EUR 2020

Sector 2 Industrie

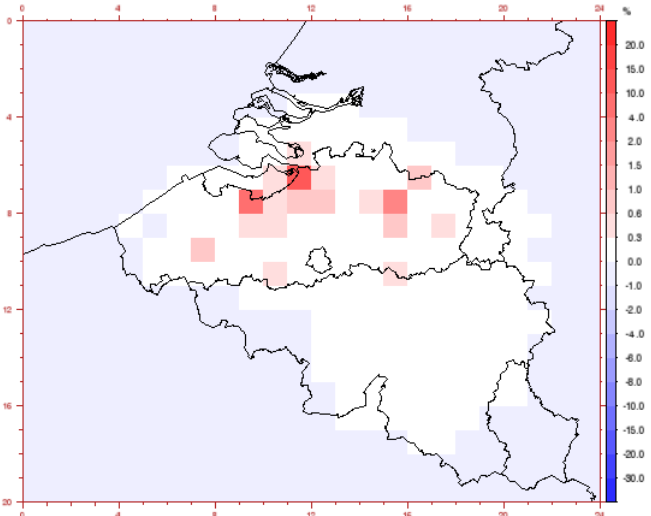
PM10



PM2,5



Max8h

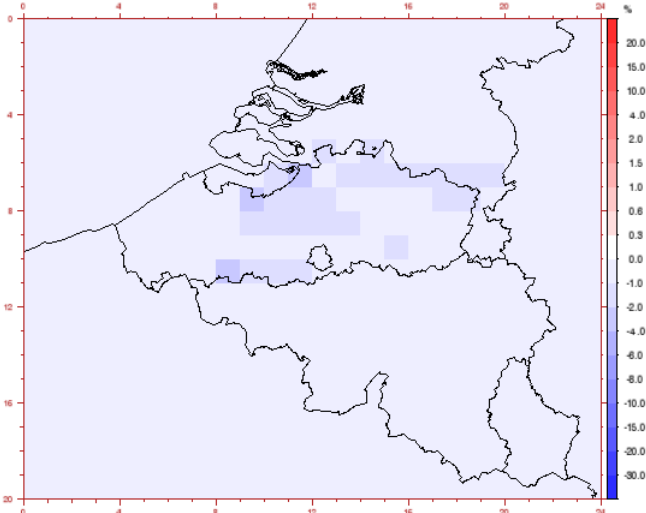




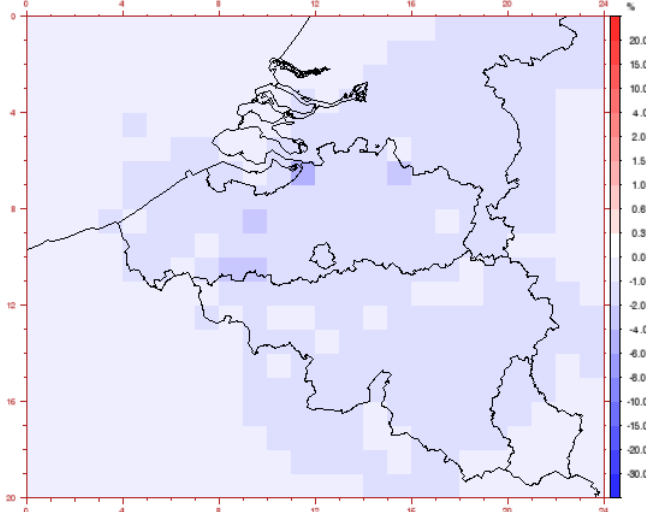
EUR 2020

Sector 3 Energie

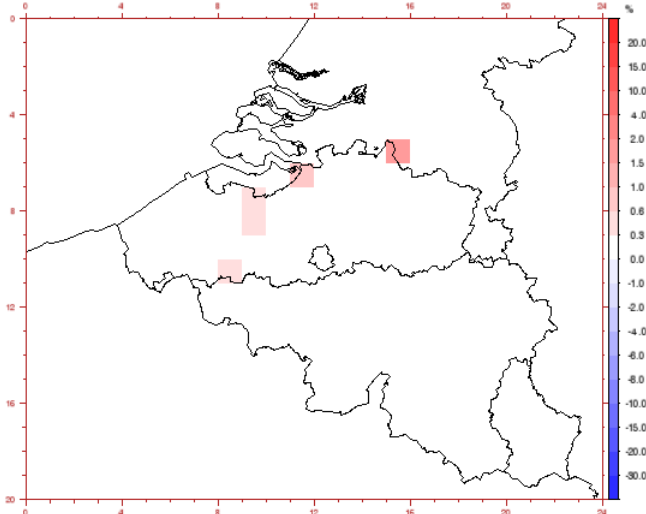
PM10



PM2,5



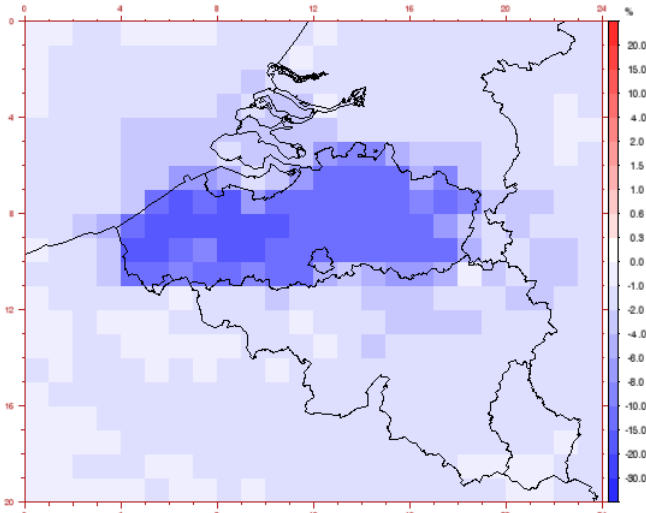
Max8h



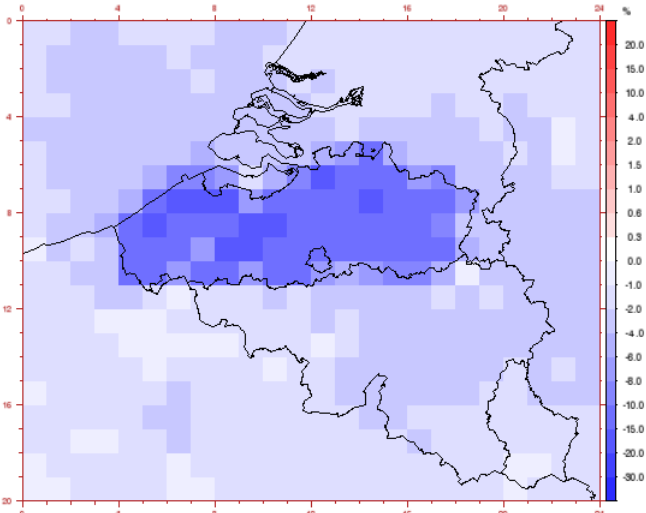
EUR 2020

Sector 4 Landbouw

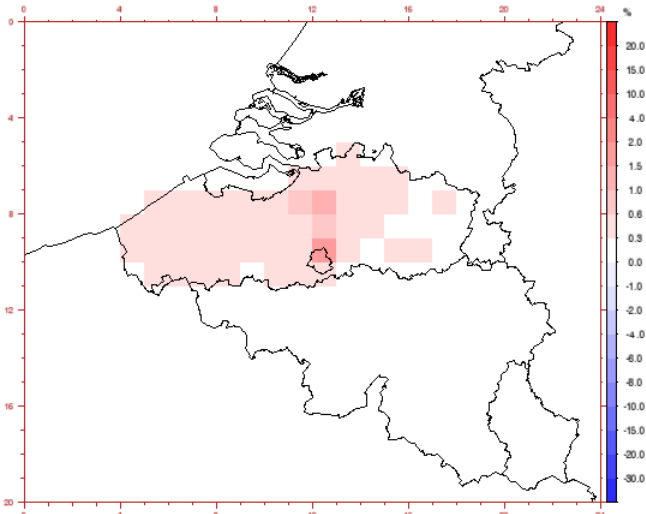
PM10



PM2,5



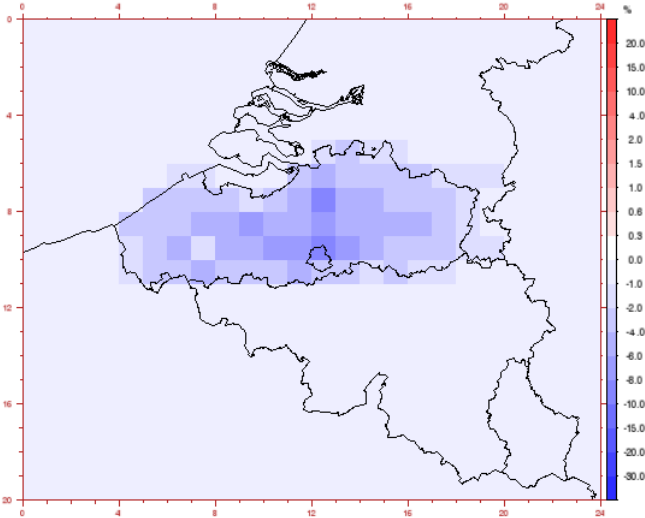
Max8h



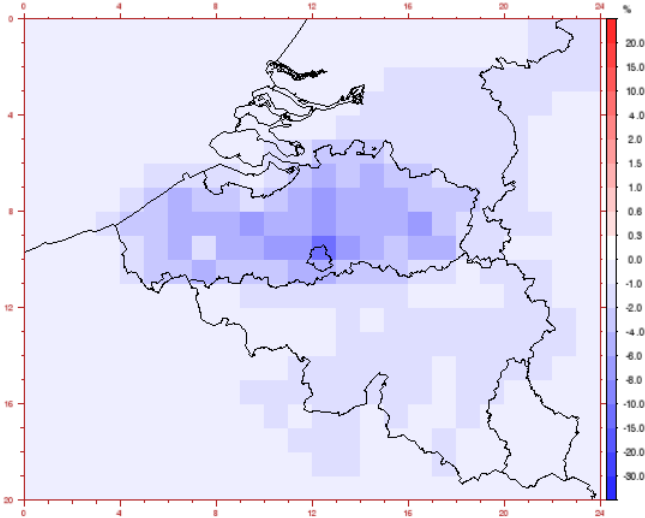
EUR 2020

Sector 5 Transport

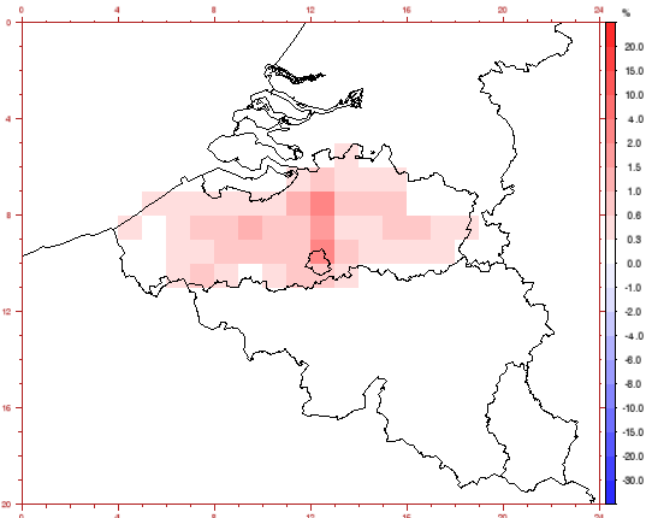
PM10



PM2,5



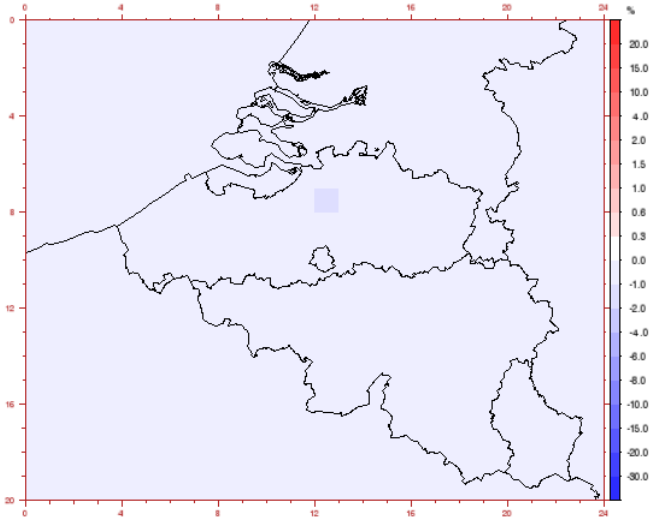
Max8h



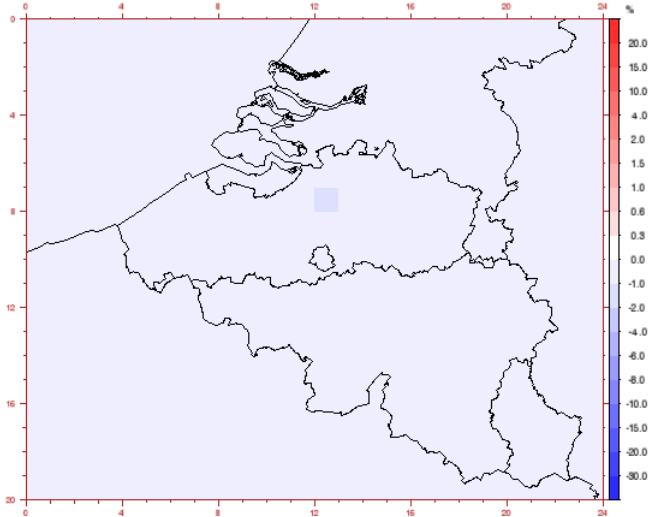
EUR 2020

Sector 6 Handel & Diensten

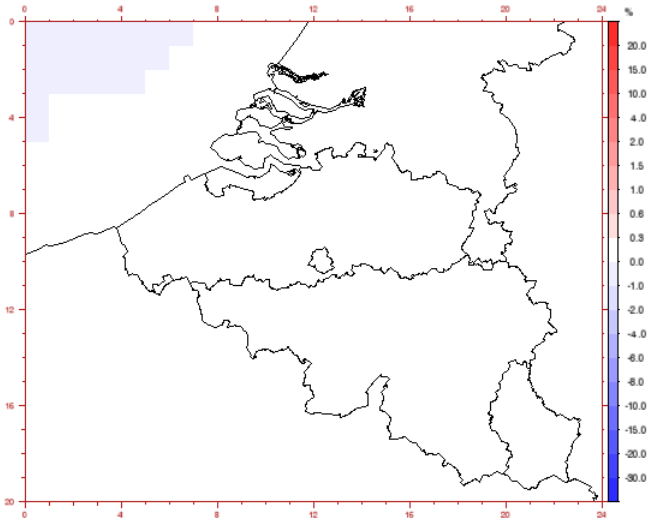
PM10



PM2,5



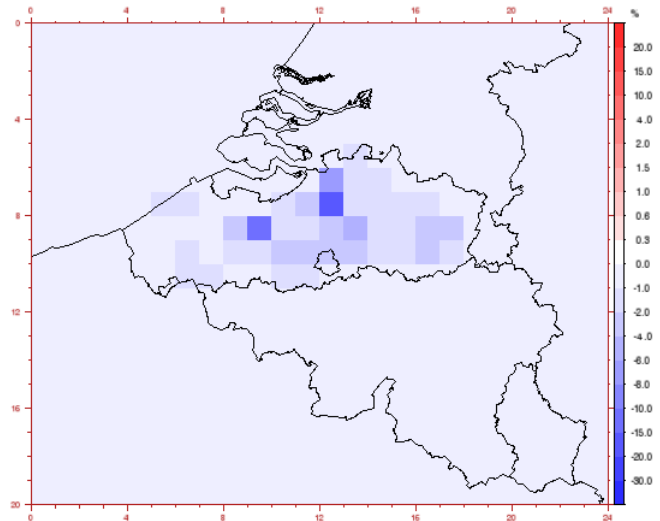
Max8h



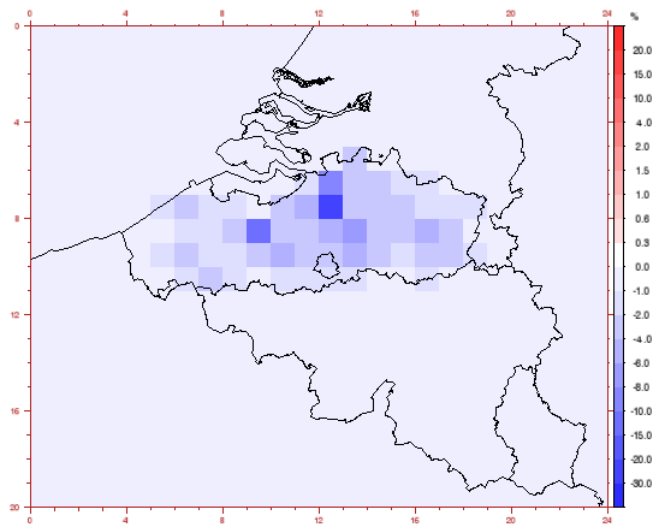
#### 4) VISI-scenario 2020

##### Sector 1 Huishoudens

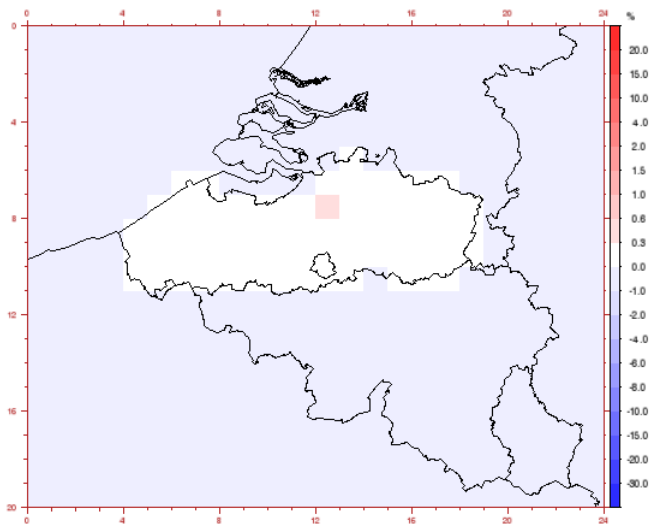
PM10



PM2,5



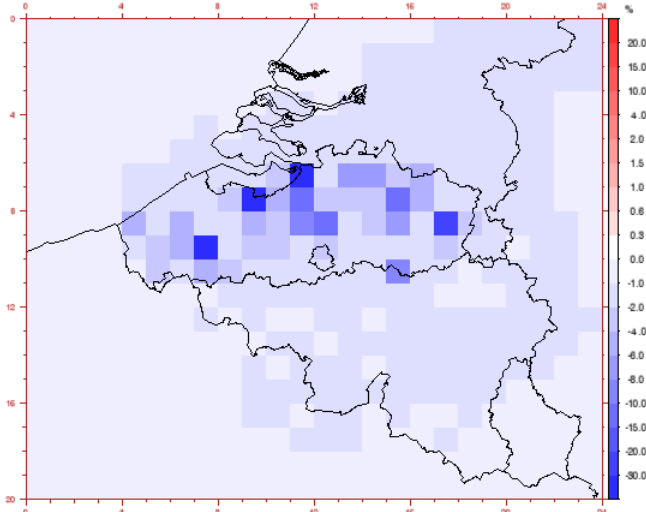
Max8h



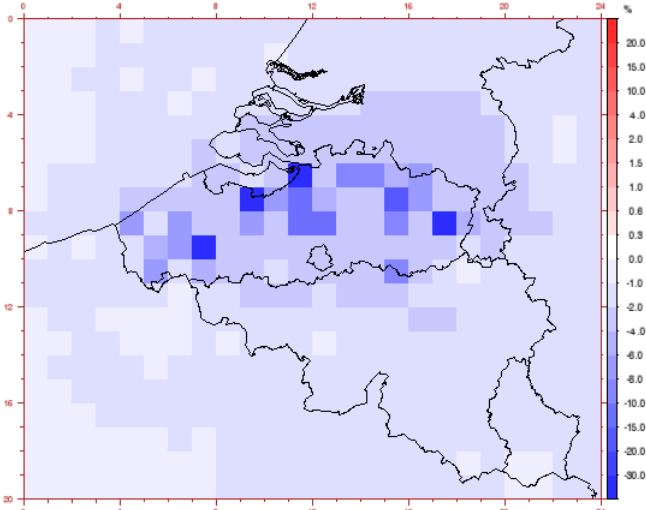
**VISI 2020**

**Sector 2 Industrie**

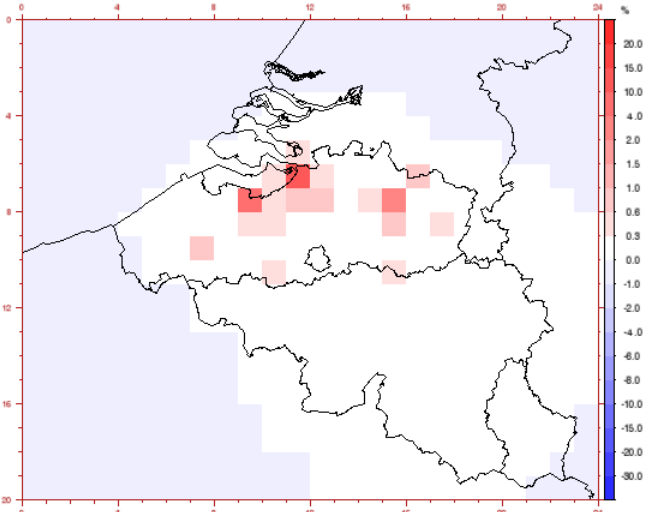
**PM10**



**PM2,5**



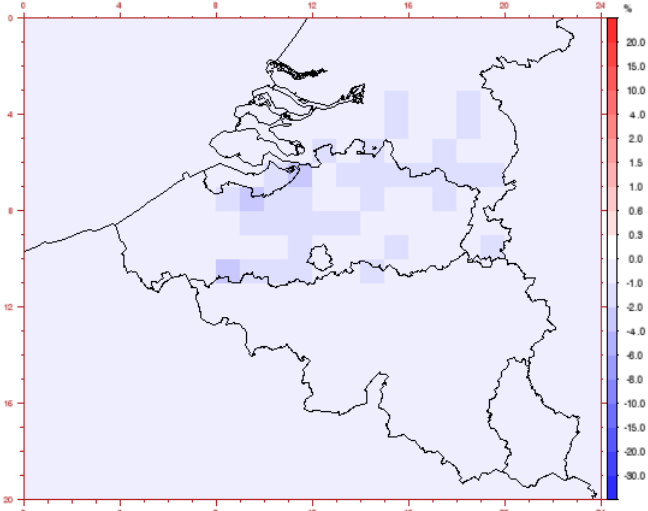
**Max8h**



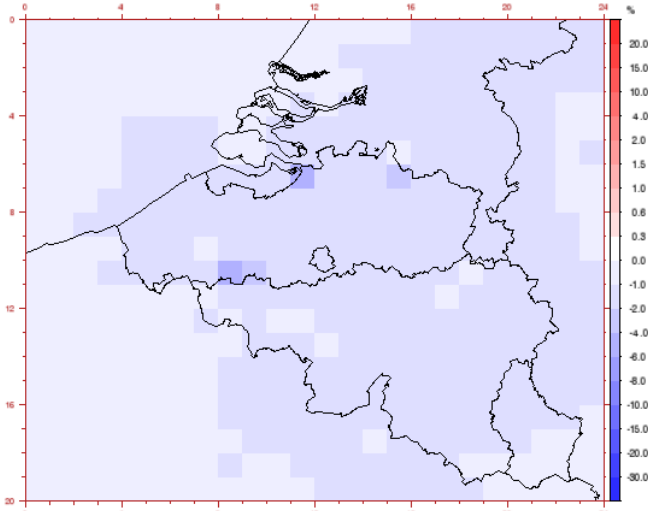
VISI 2020

Sector 3 Energie

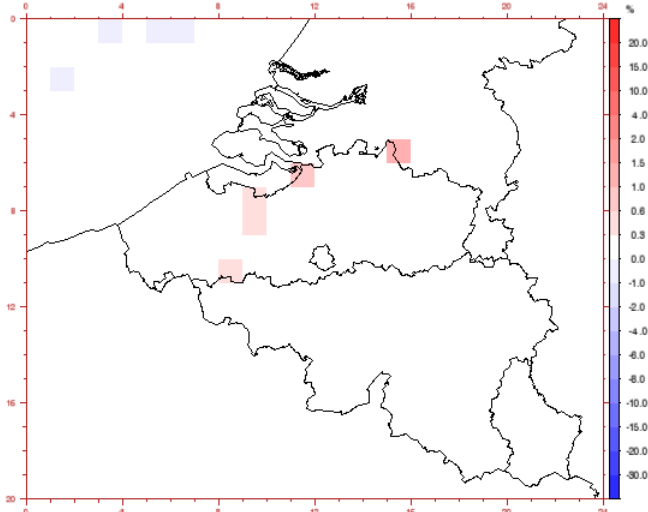
PM10



PM2,5



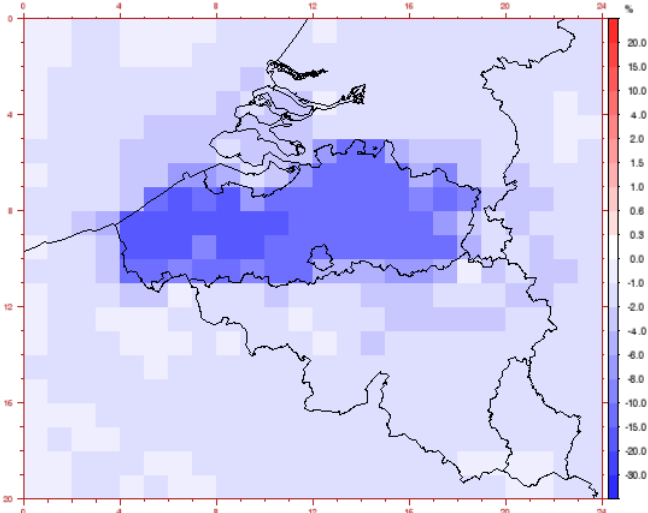
Max8h



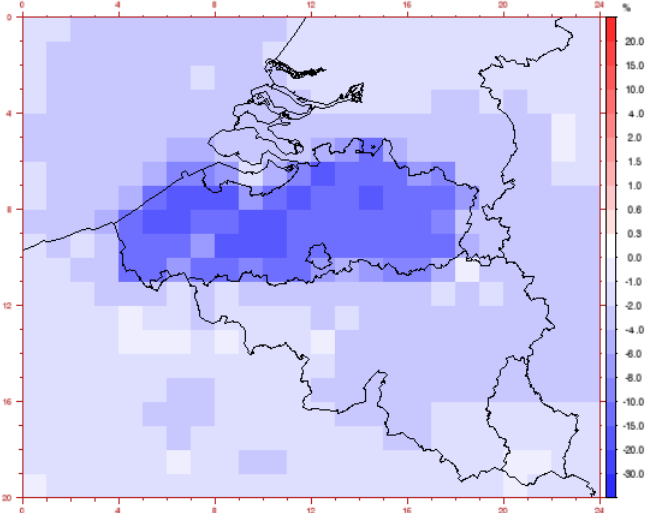
VISI 2020

Sector 4 Landbouw

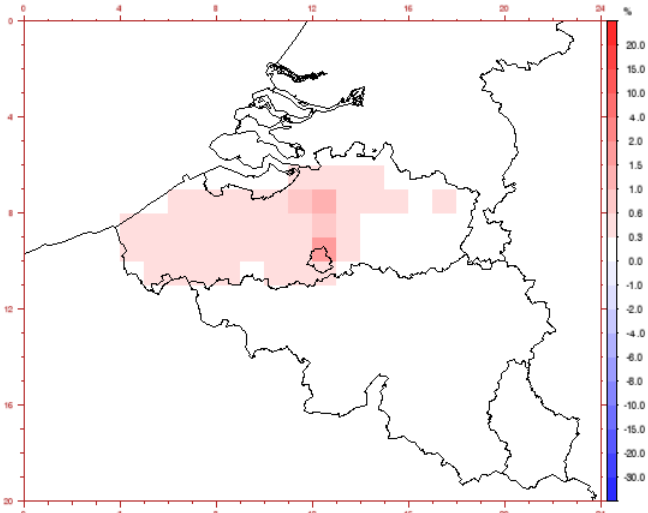
PM10



PM2,5



Max8h

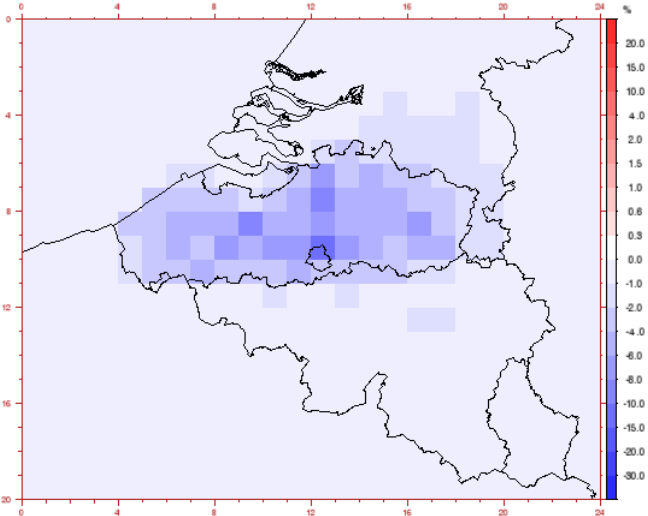




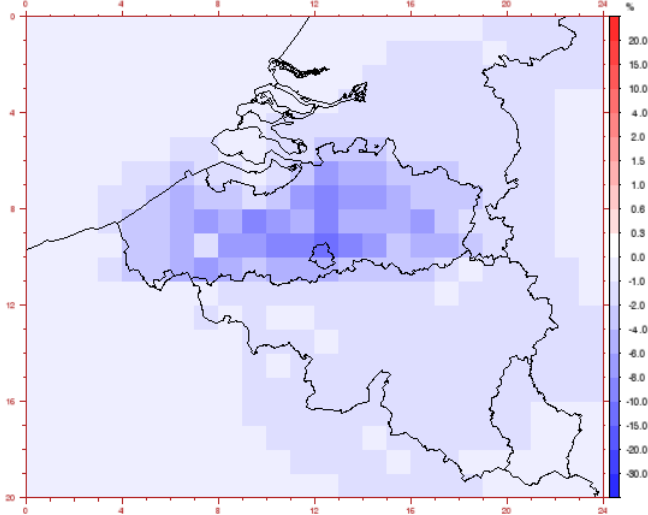
VISI 2020

Sector 5 Transport

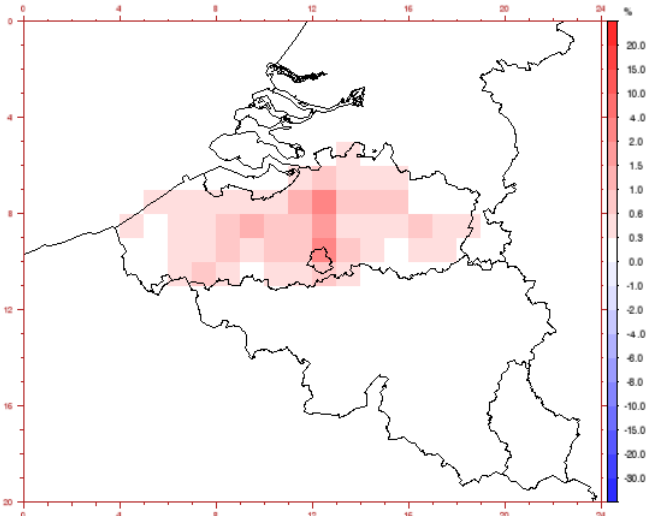
PM10



PM2,5



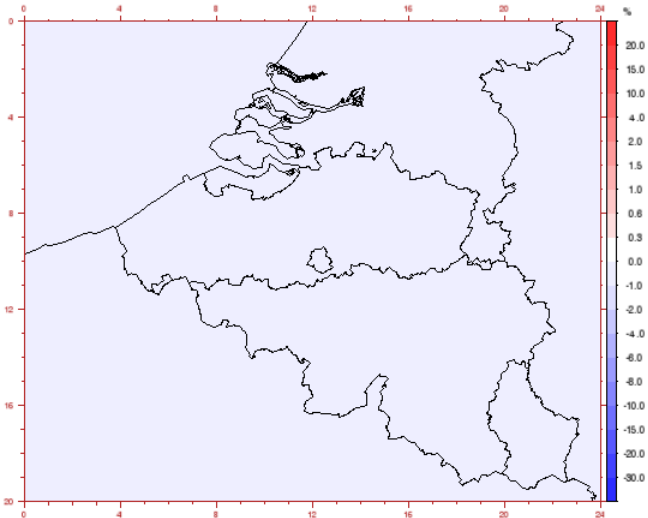
Max8h



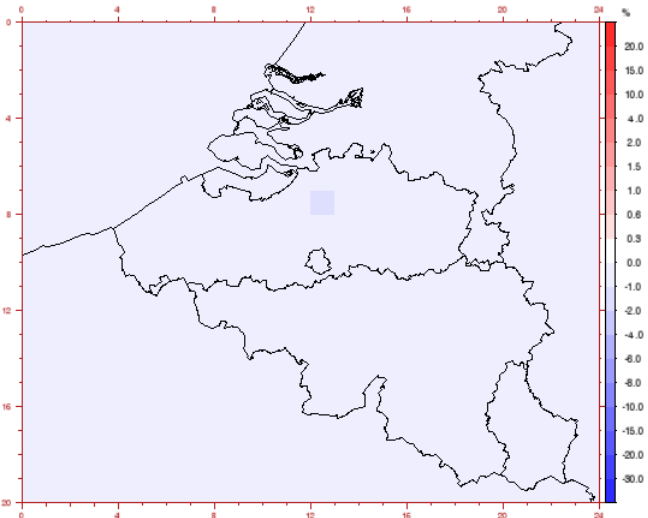
VISI 2020

Sector 6 Handel & Diensten

PM10



PM2,5



Max8h

