

TNO-rapport**TNO 2021 R12007****Depositiebijdrage van buitenlandse industriële bronnen aan de depositie in Natura 2000 gebieden in de provincie Zuid-Holland****Circular, Economy & Environment**Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56

Datum 3 November 2021

Auteur(s)

Aantal pagina's 25 (incl. bijlagen)

Aantal bijlagen 1

Opdrachtgever Provincie Zuid-Holland,

Projectnaam PZH Stikstofstudie

Projectnummer 060.46147

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2021 TNO

Samenvatting

Inzicht in de bijdragen van buitenlandse bronnen is relevant bij de beleidsontwikkeling ter reductie van de stikstofdepositie in de Zuid-Hollandse Natura 2000 gebieden.

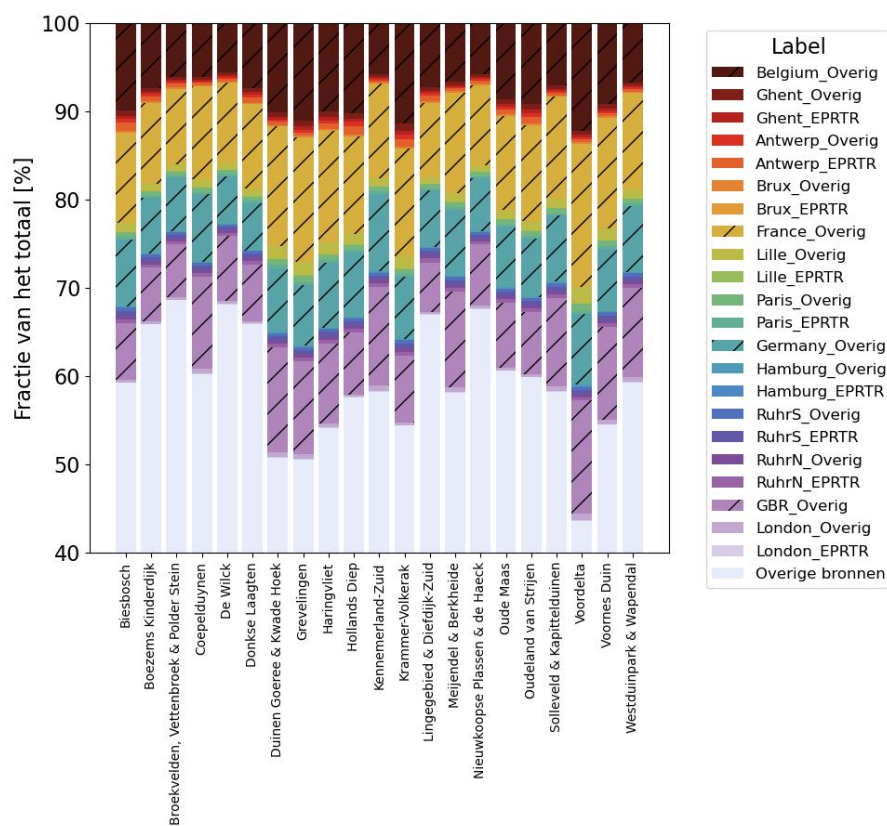
In deze studie is met behulp van het LOTOS-EUROS model onderzocht wat de bijdrage is van grote buitenlandse industriële brongebieden aan de stikstofdepositie op Natura 2000 gebieden binnen de provincie Zuid-Holland. Binnen het LOTOS-EUROS model kunnen door middel van een labeling module de individuele bijdrages van gedefinieerde grote industriegebieden in het buitenland op de depositie in Zuid-Holland worden berekend.

In een eerder onderzoek zijn een aantal relevante industriegebieden in de omliggende landen gedefinieerd en deze zijn in deze studie uitgebreid tot 9 industrieclusters. De grote individuele puntbronnen binnen deze regio's uit de Europese emissieregistratie (EPRTR) zijn apart gelabeld van de overige emissies om de bijdrages van de grootste emitters in de regio's te kunnen bepalen. Daarnaast zijn ook de overige emissies in Frankrijk, Duitsland, België en Groot-Brittannië apart gelabeld. De Nederlandse bronnen zijn samen met de zeevaart en de verder afgelegen buitenlandse bronnen ondergebracht in een apart label ("overige bronnen") en in de berekeningen meegenomen.

Figuur S1 en Tabel S1 geven een samenvatting van de berekende resultaten.

Omdat de studie zich met name richtte op de detaillering van de buitenlandse bijdragen begint in de Figuur S1 de schaal bij 40 %. De bijdrage van Nederlandse bronnen (gelabeld als "Overige bronnen") aan de depositie is dus voor alle gebieden meer dan 40%.

De resultaten laten zien dat de bijdrage van de EPRTR bronnen in de gelabelde buitenlandse industriegebieden beperkt is (minder dan 1% van de totale depositie). De bijdrage van de overige bronnen binnen deze industrie gebieden (zowel industrie als landbouw) is beperkt, tot een enkele procenten van de totale depositie. De gecombineerde sectoren binnen de individuele buurlanden dragen zoals verwacht meer bij (5-10% afhankelijk van het beschouwde land).



Figuur S1 Procentuele bijdrage van de emissies uit geselecteerde buitenlandse bronnen aan de gemodelleerde totale depositie per Natura 2000, met de onderverdeling naar afkomst (EPRTR vs overige bronnen). Let op dat de y-as begint op 40%.

Tabel S1 Absolute bijdrage van verschillende bron- en industriegebieden aan de stikstofdepositie, gemiddeld over alle Natura 2000 gebieden binnen Zuid-Holland.

Gebied	NO _y Bijdrage EPRTR [kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹]	NO _y Bijdrage Overige bronnen [kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹]	NH _x Bijdrage alle bronnen [kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹]	N Totaal [kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹]
Brussel	0.0	0.02	0.01	0.04
Antwerpen	0.04	0.02	0.08	0.14
Kanaalzone	0.03	0.02	0.08	0.13
Parijs	0.01	0.03	0.12	0.15
Lille	0.0	0.04	0.16	0.20
Ruhr Noord	0.05	0.02	0.07	0.13
Ruhr Zuid	0.06	0.03	0.06	0.15
Hamburg	0.0	0.0	0.02	0.03
Londen	0.01	0.04	0.04	0.08
Subtotaal (voornoemde brongebieden)	0.2	0.2	0.6	1.1
België overig		0.24	1.23	1.47
Frankrijk overig		0.34	1.63	1.97
Duitsland overig		0.17	1.08	1.26
Groot Brittannië overig		0.44	1.09	1.53
Nederland, zeevaart en overig buitenland		3.40	7.49	10.88
Totaal		5.01	13.16	18.18

De depositie in de Natura 2000 gebieden in de provincie Zuid-Holland bedraagt gemiddeld ongeveer 5 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ ten gevolge van NO_y en ongeveer 13 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ ten gevolge van NH_x. Het aandeel in de depositie ten gevolge van NH_x is consistent veel hoger dan de bijdrage van de NO_y bronnen.

Op basis van de bovenstaande resultaten kan worden geconcludeerd dat de individuele buitenlandse industriegebieden (en meer specifiek de grote individuele bedrijfsemissies) slechts een beperkte bijdrage aan de stikstofdepositie in Zuid-Holland leveren. Maatregelen om de stikstofemissie te verlagen in deze industriële regio's kunnen derhalve slechts in beperkte mate bijdragen in de reductie van de stikstofdepositie in Zuid-Holland. Reductiemaatregelen in andere sectoren in het buitenland (met name voor NH₃) zullen veel meer kunnen bijdragen.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	6
2	Achtergrond en doel.....	7
2.1	Stikstofdepositie.....	7
2.2	Doel.....	8
3	Aanpak.....	9
3.1	Gebiedskeuze	9
3.2	Natura-2000 gebieden	10
3.3	LOTOS-EUROS.....	10
4	Resultaten	14
5	Discussie en Conclusies	20
6	Referenties	21
7	Annex.....	22
7.1	Definitie gebieden	22
7.2	Overige depositie figuren.....	23
8	Ondertekening	25

1 Inleiding

Nederland staat voor een uitdaging om nieuw beleid te ontwikkelen om versneld de emissies van stikstofoxiden en ammoniak terug te dringen om schadelijke stikstofdepositie op natuurgebieden tegen te gaan. In de Provincie Zuid-Holland liggen een aantal belangrijke Natura-2000 gebieden zoals de Nieuwkoopse plassen, Meyendel en Voornes Duin.

Belangrijke bronnen voor de stikstofdepositie in de Provincie Zuid-Holland zijn zowel de binnenlandse emissies van stikstofoxiden ($\text{NO}_x = \text{NO}_2 + \text{NO}$) uit transport en industriële activiteiten en de ammoniak (NH_3) emissies van landbouwactiviteiten als de emissies van deze stoffen in de omliggende landen.

Bij het uitwerken van een stikstofaanpak, kwam bij de Provincie Zuid-Holland de vraag naar voren wat hierbij een evenwichtige aanpak is. Hierbij spelen een aantal vragen een rol: welke reductie is nodig om de overbelasting van stikstof op de natuur volledig op te heffen? Welke reductiedoelen zouden voor specifieke sectoren in Zuid-Holland gevraagd kunnen worden en in hoeverre zijn deze doelen realistisch?

De Provincie Zuid-Holland heeft TNO, als onafhankelijke expertisehouder en kennisorganisatie voor twee specifieke onderzoeksvragen advies gevraagd:

- Onderzoeksvraag 1:
Is het mogelijk de relatieve prestatie van de industrie in de Rotterdamse Haven en het Industrieel bedrijventerrein, in termen van NO_x -uitstoot af te schatten met behulp van satellietdata, in verhouding tot andere grootschalige haven en/of industriële complexen in West-Europa?
- Onderzoeksvraag 2:
Wat is de bijdrage van grote buitenlandse industriële bronnen aan de depositie op Natura 2000 gebieden binnen de provincie Zuid-Holland?

In dit rapport wordt de tweede onderzoeksvraag behandeld. De eerste onderzoeksvraag is behandeld in het rapport TNO 2021 R10545.

2 Achtergrond en doel

2.1 Stikstofdepositie

Stikstof is een element dat veelvuldig voorkomt. De lucht die wij inademen bestaat bijvoorbeeld voor het overgrote deel uit stikstof in zijn pure, niet-reactieve en schadeloze vorm (N_2). Een klein deel van de stikstof op aarde en in onze lucht is beschikbaar in de vorm van reactief stikstof. Dit zijn chemische verbindingen die stikstof bevatten, welke onmisbaar zijn als voedingsstof voor de natuur. In overmaat kan deze reactieve stikstof een schadelijke werking hebben. De belangrijkste reactieve stikstofverbindingen die de mens via emissies in de atmosfeer brengt zijn ammoniak (NH_3) en stikstofoxiden (NO_x) (de som van stikstofmonoxide (NO) en stikstofdioxide (NO_2)). Deze emissies veroorzaken een verslechtering van de luchtkwaliteit voordat ze elders neerslaan.

Wanneer een stof vanuit de lucht neerslaat spreken we van depositie. Stikstofdepositie, ook wel vermestende depositie genoemd, betreft de hoeveelheid stikstofhoudende verbindingen die door directe opname in de vegetatie en de bodem (droge depositie) of door neerslag (natte depositie) uit de atmosfeer verwijderd wordt. Niet alle NH_3 , en maar een fractie van de NO_x , slaat neer in de omgeving waar deze worden uitgestoten. Een aanzienlijk deel reageert in de lucht tot stikstofhoudende fijnstofdeeltjes die door de wind honderden kilometers getransporteerd kunnen worden voordat ze elders in het land of in het buitenland neerslaan.

Stikstofdepositie kan een groot probleem zijn voor natuurbeheer wanneer deze een te hoge bodemverzuring en vermesting tot gevolg heeft. In natuurlijke vegetaties en ecosystemen veroorzaakt een overaanbod aan nutriënten (vermesting) een ongewenste verandering in de vegetatie. Stikstofminnende soorten kunnen sneller profiteren van dit extra aanbod waardoor slechts enkele soorten alle plaats innemen, ten koste van andere, dikwijls zeldzamere, soorten. Een voorbeeld is de vergrassing van heidegebieden op de Veluwe. Te veel stikstof heeft dus een negatief effect op de biodiversiteit. In Nederland wordt de kritische depositiewaarde voor stikstof op 72% van de landnatuur overschreden. De kritische depositiewaarde is de grens waarboven het risico bestaat dat de kwaliteit van het habitat significant wordt aangetast door de verzurende en/of vermestende invloed van atmosferische stikstofdepositie. Bijna de helft van de natuurgebieden met een overschrijding krijgt jaarlijks meer dan 10 kg stikstof per hectare (kg N/ha) natuur meer dan de kritische waarde, wat vaak een overschrijding met een factor 2-3 betekent.

Om de depositie van stikstof te verminderen is het noodzakelijk om de stikstofuitstoot te verminderen. Een eerste voorwaarde hierbij is om vast te stellen hoeveel de uitstoot van de verschillende sectoren is en te begrijpen hoeveel deze bijdragen aan de depositie op relevante natuurgebieden zoals de Nieuwkoopse plassen, Meyendel en Voornes Duin.

In deze studie verkennen we het aandeel van geselecteerde industriële brongebieden in de omliggende landen aan de stikstofdepositie in de Zuid-Hollandse Nature 2000 gebieden.

2.2 Doel

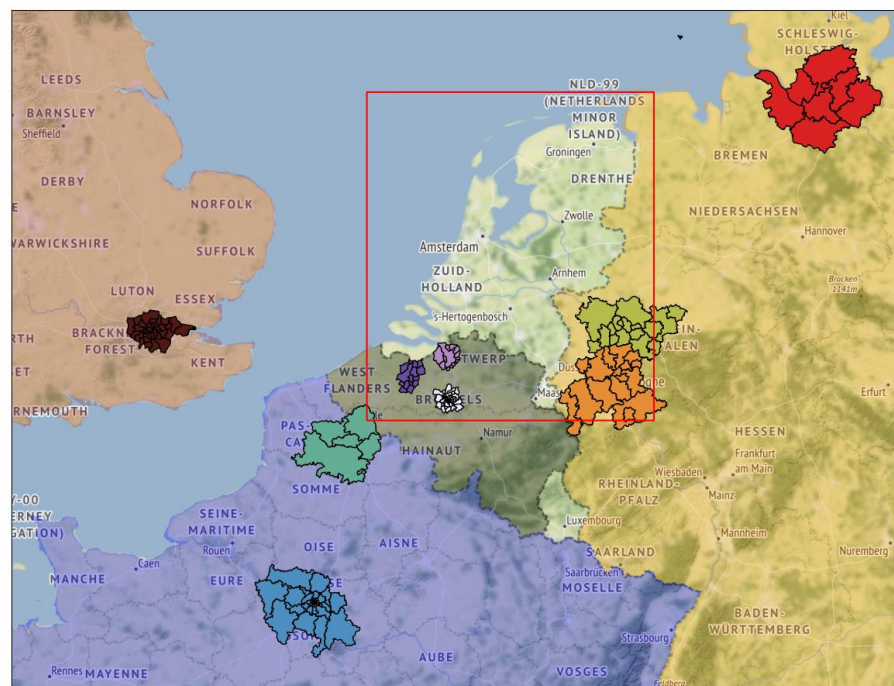
Het doel van deze studie is te bepalen wat de bijdrage van met name de grote buitenlandse industriële bronnen is aan de depositie op Natura 2000 gebieden in 2019 binnen de provincie Zuid-Holland met behulp van het LOTOS-EUROS model.

Gegevens met betrekking tot de bijdragen van buitenlandse bronnen zijn relevant bij de beleidsontwikkeling ten behoeve van de reductie van de stikstofdepositie in de Zuid-Hollandse Natura 2000 gebieden.

3 Aanpak

3.1 Gebiedskeuze

Om de doelvraag te kunnen beantwoorden zijn vooraf de bekende emissieregio's binnen het domein van Noordwest Europa besproken en daarbinnen een selectie gemaakt. Vooral de omliggende grote steden en industriegebieden zijn geselecteerd en een overzicht is gegeven in Figuur 1. Allereerst is er gekeken naar de gebieden die gebruikt zijn voor de beantwoording van de eerste onderzoeksvraag (gerapporteerd in TNO 2021 R10545). Hierbij lag de focus op de grootste (individueel bekende) industriële emitters binnen Noordwest Europa. Net als in de eerste studie zijn de volgende brongebieden onderzocht in deze studie, namelijk de regio Antwerpen, Gent, Hamburg en het Ruhrgebied. Het Ruhrgebied is daarnaast opgesplitst in het Noordelijk en Zuidelijke deel voor een betere speciering van herkomst van de emissies. In aanvulling op deze gebieden is ook de regio Parijs als de industrie rondom Lille meegenomen om de bijdrage van de grote industrie vanuit die regio's te bepalen. Daarnaast is het gebied rondom London meegenomen omdat uit eerdere studies bleek dat Groot-Brittannië een significante bijdrage levert aan de depositie binnen de provincie Zuid-Holland. Zoals te zien in Figuur 1 zijn de bronnen per regio geselecteerd aan de hand van de gemeente/municipality/kreise/county grenzen. Voor een exact overzicht welke gemeentes zijn meegenomen per gebied zie sectie 7.1.



Figuur 1 Overzicht van de gekozen gebieden.

Voor alle regio's geldt dat er onderscheid gemaakt wordt tussen de industriële puntbronnen (zoals gerapporteerd in de EPRTTR rapportages aan de EU, voor het jaar 2015) en overige bronnen binnen de regio.

Voor verdere vergelijking worden alle overige bronnen binnen Frankrijk, België, Duitsland en Groot-Brittannië ook meegenomen.

3.2 Natura-2000 gebieden

Om de impact op de verschillende Natura 2000 gebieden te bepalen zijn de originele kaarten van de European Environment Agency als basis genomen (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/natura-10>). Uit de complete set zijn allereerst de natuurgebieden binnen Nederland geselecteerd en vervolgens de gebieden die geheel of gedeeltelijk binnen de provincie Zuid-Holland liggen. Natuurgebieden die ook gedeeltelijk buiten de provincie liggen zijn ook geselecteerd, ongeacht van het oppervlakte percentage binnen de provincie Zuid-Holland. Figuur 2 geeft een overzicht van de Natuurgebieden binnen Nederland (blauw) met een speciale markering voor de Natuurgebieden die binnen deze studie worden meegenomen (rood).



Figuur 2 Natura 2000 gebieden, met in het rood gekleurd de Zuid-Hollandse natuurgebieden (inclusief gebieden gedeeld met andere provincies).

3.3 LOTOS-EUROS

TNO als lead ontwikkelaar heeft een lange historie in de ontwikkeling en toepassing van het chemisch transport model LOTOS-EUROS (Manders et al., 2017).

LOTOS-EUROS wordt regelmatig toegepast als tool voor studies naar reactief stikstof componenten en maakt deel uit van het regionale ensemble binnen de Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS). Het model maakt het mogelijk om op basis van gedetailleerde regionale emissies gegevens, de concentraties en depositie van stikstofverbindingen te berekenen op een resolutie tot $2 \times 2 \text{ km}^2$. Een bijzondere functie in het model (labeling module) maakt het mogelijk de individuele bijdragen van verschillende bronsectoren of brongebieden aan de concentratie en depositie van stikstofverbindingen te volgen in de berekening.

Het model wordt gebruikt voor zowel wetenschappelijke toepassingen als voor policy support studies, voor zowel regionale als nationale overheden, en wordt regelmatig toegepast voor verschillende regio's op meerdere continenten. Het model wordt regelmatig meegenomen in modelvergelijkingen en validatiestudies en laat in vergelijking met beide uitstekende resultaten zien.

3.3.1 *Definities budgetten*

Binnen het LOTOS-EUROS model worden de meest relevante stikstofverbindingen gemodelleerd. Om tot een consistent resultaat te komen definiëren we hier een aantal standaard termen voor de depositie budgetten.

Allereerst NO_x , welke een combinatie is van NO_2 en NO . Emissies worden typisch gegeven als NO_x totaal. NO_y is de verzamelterm voor alle geoxideerde stikstof componenten, en binnen dit project is het een combinatie van de volgende moleculen; NO , NO_2 , NO_3 (aerosol en radicaal), HNO_3 , N_2O_5 , HNO_2 en PAN. NH_x is een verzamelterm voor alle gereduceerde stikstof componenten, en binnen dit project vallen daar NH_3 en NH_4 onder. Met totale N depositie wordt binnen dit onderzoek de combinatie van NO_y en NH_x bedoeld.

3.3.2 *Labeling module*

Om inzicht te geven in de individuele bijdragen van verschillende bronsectoren of brongebieden aan de depositie van stikstof(verbindingen) is de labeling module binnen LOTOS-EUROS gebruikt (Kranenburg *et al.*, 2013).

Elk van de industriële brongebieden beschreven in sectie 3.1 krijgen 2 labels toegewezen om onderscheid te maken tussen de industriële puntbronnen en overige emissies in het betreffende gebied. Daarnaast zijn aan de overige emissies binnen Frankrijk, Duitsland, België en Groot-Brittannië individuele labels toegewezen. De emissies van alle Overige bronnen binnen het domein (dus de emissies uit Nederland, zeevaart en overige Europese landen) worden onder het laatste label Overige bronnen ondergebracht. Daarnaast zijn ook de natuurlijke bronnen en bijdrages van buiten Europa van een label voorzien.

3.3.3 *Emissie inventarisaties*

In deze studie is gebruik gemaakt van emissiekaarten die zijn samengesteld uit de emissies voor Nederland, Duitsland en Europa. In de Europese kaart zijn de Nederlandse emissiekaarten voor 2015 van de Emissieregistratie gebruikt. Voor Duitsland zijn emissieverdelingen voor het jaar 2015 van het Umweltbundesamt (UBA) gebruikt. Deze worden door het UBA ruimtelijk verdeeld met het GRETA-systeem (Schneider *et al.*, 2016).

Hierdoor gebruiken we voor Nederland en Duitsland de best bekende gegevens over de emissieverdeling. De Europese emissiekaart, die de emissie in de overige landen omvat, is betrokken vanuit CAMS v4.1 (Kuenen *et al.*, 2014).

Voor al deze emissie-inventarisaties geldt dat de emissies van grote puntbronnen expliciet zijn opgenomen op de exacte locatie van de bron (volgens de E-PRTR). Naast deze exact gelokaliseerde bronnen zijn in de emissiekaarten registraties van de landen de overige emissies (in de verschillende sectoren) verdeeld via proxy-kaarten. Dat laatste is ook de standaard voor de verdeling van diffuse emissies vanuit sectoren als verkeer en landbouw. Voor verkeer wordt bijvoorbeeld gewerkt met de verkeersintensiteiten op het hoofdwegenet aangevuld met een deel urbaan verkeer verdeeld a.d.h.v. populatie kaart.

Tabel 1 geeft een overzicht van de stikstofemissies voor elk van de gelabelde gebieden. Zowel de emissies van de puntbronnen als totale emissies zijn gegeven. Daarnaast wordt ter vergelijking ook het totaal van de NH₃ emissies genoemd. Voor de overige emissies binnen Frankrijk, Duitsland, België en Groot-Brittannië zijn alleen de emissie totalen gegeven.

Tabel 1 Emissie totalen per gebied voor NO₂ & NH₃. Alle emissies zijn gebaseerd op de ER2018+GRETA+CAMS4.1 databases. Emissies Puntbronnen omvatten alle bronnen gemarkeerd als puntbron in de emissie database, Emissies Totaal omvat alle bronnen die binnen de regio vallen. Het verschil geeft het totaal van de niet puntbronnen.

Gebied	Emissies industriële NO _x Puntbronnen [kt jaar ⁻¹]	Emissies NO _x Totaal [kt jaar ⁻¹]	Emissies NH ₃ Totaal [kt jaar ⁻¹]
Brussel	1.6	11.6	0.6
Antwerpen	11.1	17.4	1.9
Kanaalzone	7.9	14.8	2.2
Parijs	8.2	51.6	17.9
Industrie grens (Lille)	1.4	19.8	11.7
Ruhr Noord	62.0	93.4	10.2
Ruhr Zuid	87.7	123.9	8.5
Hamburg	12.9	36.6	20.6
Londen	6.9	40.7	3.3
Subtotaal (voornoemde brongebieden)	199.7	409.8	76.9
België overig		143.6	63.6
Frankrijk overig		786.4	577.1
Duitsland overig		893.4	651.2
Groot Brittannië overig		847.2	272.3

3.3.3.1 *Temporele emissie variatie*

Stikstofemissies variëren sterk binnen de ruimte en tijd. Binnen de emissie inventarisaties wordt de ruimtelijke verdeling gegeven. Voor de tijdsvariatie op hoge temporele resolutie is er dus verdere meer gedetailleerde informatie nodig. Binnen LOTOS-EUROS worden verschillende tijdsprofielen toegepast welke variëren afhankelijk van de emissiesector. Er wordt bijvoorbeeld verschil gemaakt tussen de tijdsvariatie van emissies door verkeer en die van emissies van energiecentrales, industrie en huishoudens. Voor meer gedetailleerde informatie over de verdeling in de tijd verwijzen we naar de meest recente (generieke) model publicatie (Manders *et al.*, 2017). Voor iedere emissiesector wordt een standaardprofiel gebruikt gebaseerd op een emissie-intensiteit per maand, dag van de week en uur van de dag. In deze studie is tevens een meteorologisch afhankelijke factor toegevoegd voor landbouw, wegverkeer en huishoudelijke verwarming. Hierdoor kunnen emissie-intensiteiten op dag basis beter worden gemodelleerd.

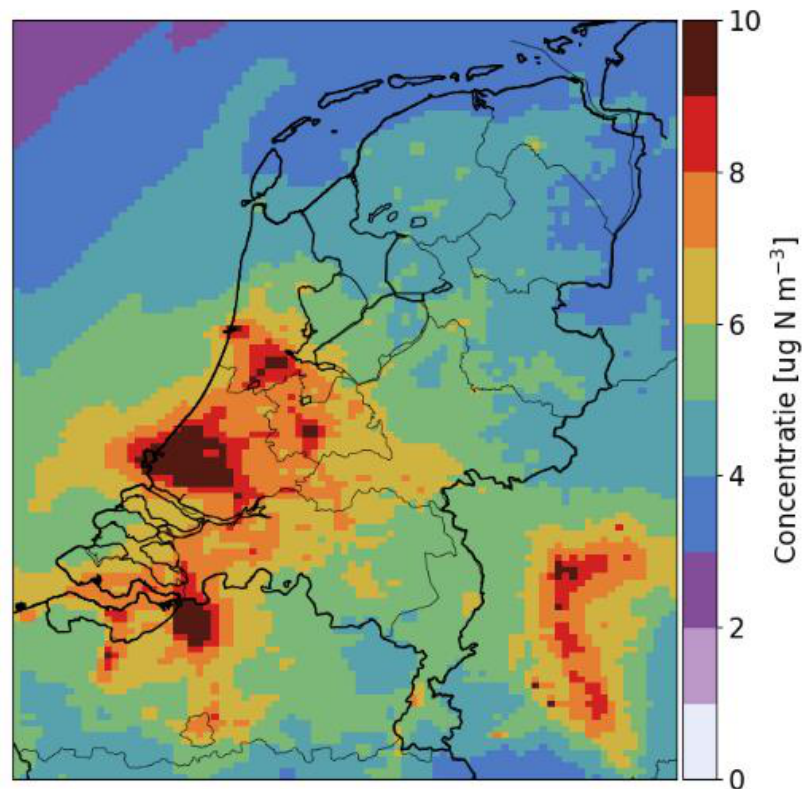
3.3.4 *Domeinen*

Om tot de hoge resolutie ($2 \times 2 \text{ km}^2$) simulaties binnen het Nederlandse domein te komen zijn er grovere modelsimulaties nodig om de randcondities te bepalen van het domein. Het initiële domein omvangt een groot deel van Europa opgespannen tussen 15° West, 35° Oost, 35° Noord en 70° Noord en heeft een spatiele resolutie van 0.4×0.2 graden (Lengtegraad, Breedtegraad, $\sim 25 \times 20 \text{ km}^2$). Het tweede domein wordt gedraaid op een hogere resolutie van 0.1×0.05 graden ($\sim 6 \times 5 \text{ km}^2$) tussen 2° Oost, 16° Oost, 47° Noord en 56° Noord. Deze laatste run wordt dan als randvoorwaarde gebruikt voor de hoogste resolutie run op een resolutie van 0.05×0.025 graden (overeenkomstig met $\sim 2 \times 2 \text{ km}^2$), tussen 3.15° Oost, 7.5° Oost, 50.65° Noord en 53.7° Noord. Elk van de simulaties werd uitgevoerd met de meteorologie en randvoorwaarden van jaar 2019.

4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de uitgevoerde depositieberekeningen weergegeven. Figuur 3 en 4 geven een overzicht van de berekende NO_2 concentraties en totale N depositie over het Nederlandse domein op een $2 \times 2 \text{ km}^2$ schaal.

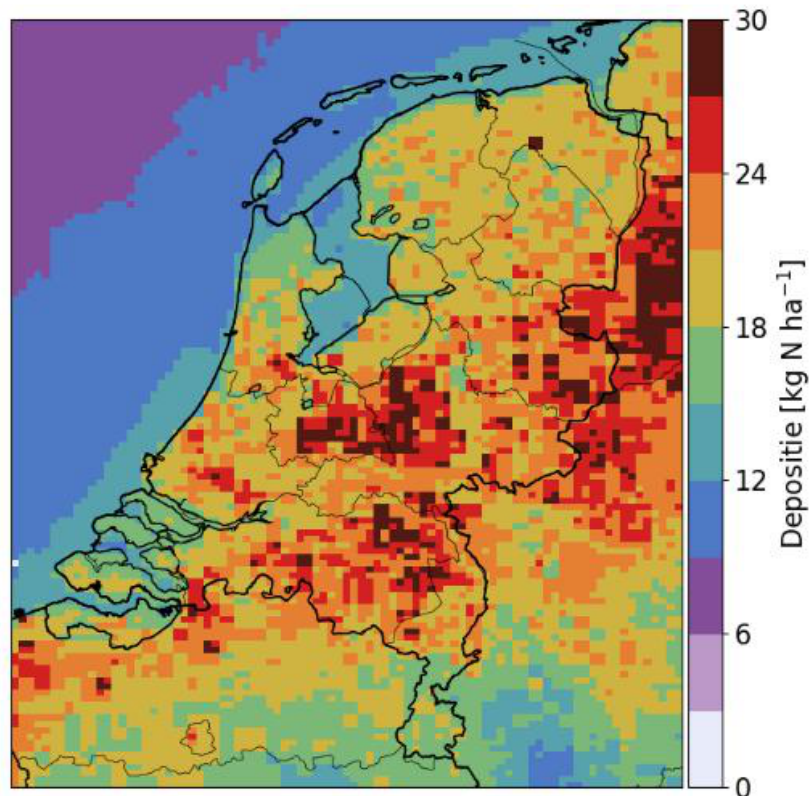
De concentratieplot in Figuur 3 laat de typische jaargemiddelde NO_2 concentratie hotspots zien rondom de grote steden en de industrie.



Figuur 3 Jaargemiddelde NO_2 concentratie over Nederland in 2019. Let op: de eenheid is in $\mu\text{g N m}^{-3}$, voor de concentratie in $\mu\text{g NO}_2 \text{ m}^{-3}$ moeten de waarden met $46/14=3,3$ vermenigvuldigd worden.

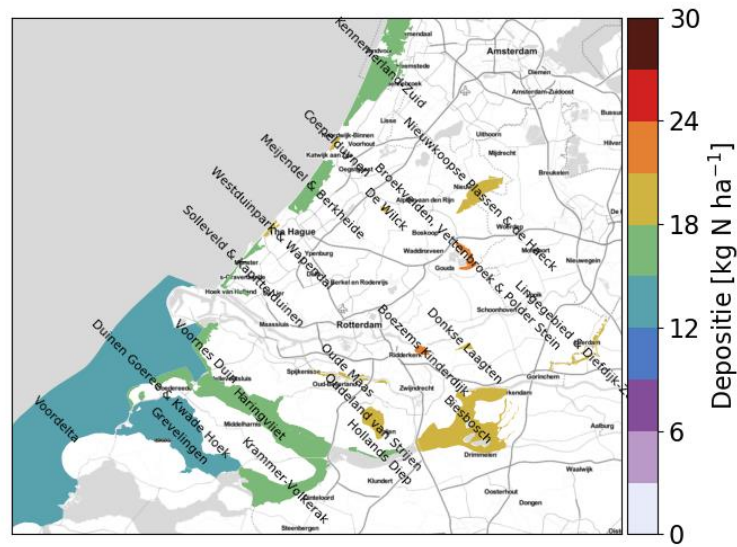
Figuur 4 geeft een overzicht van de berekende totale N depositie over het Nederlandse domein op een $2 \times 2 \text{ km}^2$ schaal.

De totale N depositie, geeft een meer gemiddelde verspreiding weer met vooral verhoogde depositiewaardes, zoals verwacht, verspreid rondom de gebieden met landbouw activiteiten en/of grote steden en industrie. Ook de bovengemiddelde depositie op de grote bosgebieden is herkenbaar.



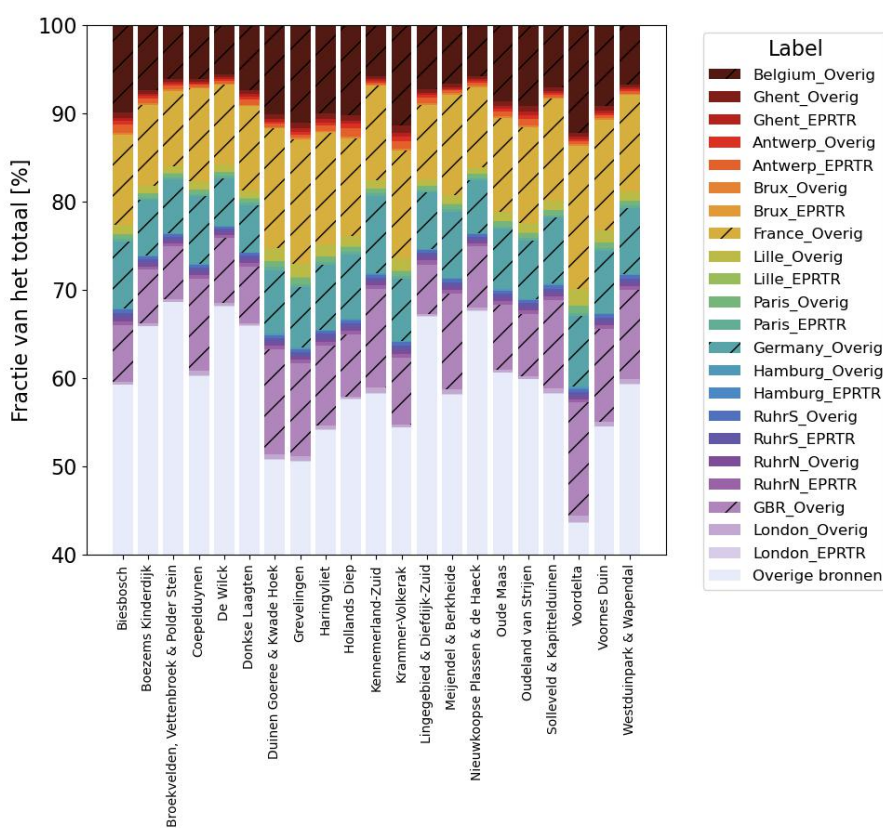
Figuur 4 Jaargemiddelde totale N depositie [kg N ha^{-1}] over Nederland in 2019.

Figuur 5 geeft een overzicht van de geaggregeerde depositietotalen voor elk van de Natura 2000 gebieden. De hoogste totalen worden berekend voor de gebieden die meer in het binnenland liggen, wat naar verwachting komt door de positie ten opzichte van de locatie van de emissies en de lagere concentraties boven zee en langs de kustlijn. De hoogste gemiddelde waarden worden gevonden in het oosten van de provincie (mede ten gevolge van de overheersende (zuidwestelijke windrichting) met voor de meeste gebieden een totaal van rond de 20 kg N ha^{-1} jaar¹. De laagste depositie totalen komen voor rondom de duingebieden met waardes tussen de $13\text{-}18 \text{ N ha}^{-1}$ jaar¹.



Figuur 5 Totale N depositie in 2019 [kg N ha^{-1}] geaggregeerd naar de Natura 2000 gebieden in Zuid-Holland.

Met behulp van de labeling module kunnen deze totalen vervolgens gespecificeerd worden naar afkomst. Figuur 6, Tabel 2, en Figuur 7 geven achtereenvolgens de afkomst van de depositie als fractie voor elk van de labels (Figuur 6), de totale depositie ten gevolge van elk van de labels gesplitst naar NO_y en NH_x totalen (Tabel 2), en de geaggregeerde totalen van de depositie van NH_x en NO_y voor Frankrijk, Duitsland, België en Groot-Brittannië (Figuur 7).



Figuur 6 Depositie per Natura 2000 gebied als fractie ten opzichte van de berekende totale depositie (zie Figuur 7), met de onderverdeling gelabelled naar afkomst (EPRTTR vs overige bronnen). Let op dat de y-as begint op 40%.

Figuur 8 en Figuur 9 in annex 7.2 geven vervolgens de absolute depositie totalen als functie van label en land van afkomst weer. Zowel uit Figuur 6 als Tabel 2 wordt duidelijk dat in bijna alle natuurgebieden minstens 50% van de depositie afkomstig is van bronnen buiten Frankrijk, Duitsland, België, en Groot-Brittannië (Label: “Overige bronnen”). Onder dit label vallen de Nederlandse bronnen, de internationale scheepvaart, de bronnen binnen de overige Europese landen en de landen daarbuiten, en de natuurlijke bronnen.

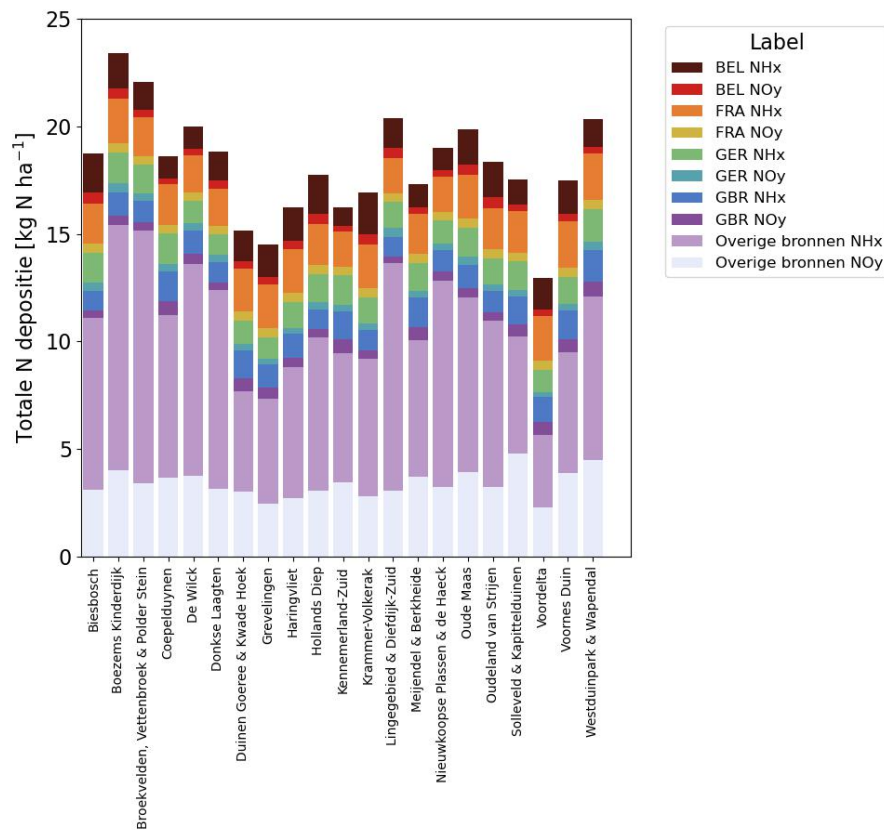
In combinatie met de resultaten gerapporteerd in een eerder rapport (<https://publications.tno.nl/publication/34636764/szUPic/TNO-2020-Nitrogen.pdf>) kan geconcludeerd worden dat in de meeste gevallen de Nederlandse binnenlandse bronnen de dominante bijdrage leveren ten opzichte van de andere bronnen. Ook wordt duidelijk dat de bijdrage van de grootste industriële puntbronnen in de buitenlandse gelabelde industriegebieden beperkt is.

Tabel 2 geeft de splitsing naar bijdrages van NH_x (grotendeels uit landbouwactiviteiten) en NO_y (o.a. industrie, verkeer) aan de depositie gemiddeld over de Natura 2000 gebieden.

Er is een verdeling van gemiddeld $\sim 5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ aan NO_y en $\sim 13 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ aan NH_x . Dit is vergelijkbaar met resultaten voor andere jaren zoals eerder berekende totalen (TNO-2020) met relatief een iets hogere bijdrage van NO_y , wat te verklaren is door de grotere hoeveelheid industrie en dichtheid van de bevolking. De fractie van de overige bronnen is verder ook hoger voor de NO_y bijdrage ten opzichte van de NH_x bijdrage.

Tabel 2 Gemiddelde bijdrage van verschillende bronnen en industriegebieden op de stikstof depositie op Natura 2000 gebieden binnen Zuid-Holland.

Gebied	NO_y Bijdrage EPTR [kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹]	NO_y Bijdrage Andere [kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹]	NH_x Bijdrage Andere [kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹]	N Totaal [kg N ha ⁻¹ jr ⁻¹]
Brussel	0.0	0.02	0.01	0.04
Antwerpen	0.04	0.02	0.08	0.14
Kanaalzone	0.03	0.02	0.08	0.13
Parijs	0.01	0.03	0.12	0.15
Lille	0.0	0.04	0.16	0.20
Ruhr Noord	0.05	0.02	0.07	0.13
Ruhr Zuid	0.06	0.03	0.06	0.15
Hamburg	0.0	0.0	0.02	0.03
Londen	0.01	0.04	0.04	0.08
Subtotaal (voornoemde brongebieden)	0.2	0.22	0.64	1.1
België overig	0.24		1.23	1.47
Frankrijk overig	0.34		1.63	1.97
Duitsland overig	0.17		1.08	1.26
Groot Brittannië overig	0.44		1.09	1.53
Overige bronnen	3.40		7.49	10.88
Totaal	5.01		13.16	18.18



Figuur 7 Berekende depositie [kg N ha⁻¹] voor elk van de Natura 2000 gebieden binnen de Provincie Zuid-Holland, met de onderverdeling gelabelled naar geoxideerd (NO_y) vs gereduceerd stikstof (NH_x) (Indeling de verschillende landen).

In Figuur 7 zijn de geaggregeerde totalen in NO_y en NH_x depositie afkomstig vanuit de omliggende buurlanden en de overige bronnen (Label: Anders) weergegeven. Direct zichtbaar is het consistent grote aandeel van NH_x ten opzichte van de NO_y bronnen. Daarnaast is te zien dat in de meeste gevallen de NH_x depositie afkomstig van de Overige bronnen (Label: Anders) de grootste bijdrage levert met voor de meeste Natura 2000 gebieden een bijdrage van rond de 50%. Bronnen uit achtereenvolgens Frankrijk, België, Duitsland en Groot-Brittannië leveren allemaal een bijdrage in de orde van maximaal 5-10%.

5 Discussie en Conclusies

In deze studie is onderzocht wat de bijdrage is van met name grote buitenlandse industriële brongebieden aan de depositie op de Natura 2000 gebieden binnen de provincie Zuid-Holland. Hiervoor is in deze studie het LOTOS-EUROS model gebruikt om met behulp van de labeling module in het model de individuele bijdragen van een aantal grote buitenlandse industriegebieden te berekenen.

De resultaten laten zien dat de totale depositie in de natuurgebieden in Zuid-Holland varieert van circa 15 tot circa 25 kg N ha⁻¹ jr⁻¹ voor gebieden aan de kust verder tot gebieden dieper het binnenland in. De bijdrage van de individuele industriële bronnen (EPRTTR) in de gelabelde buitenlandse industriegebieden is beperkt met bijdrages van minder dan 1% van de totale depositie. De bijdrage van de overige bronnen binnen de buitenlandse gebieden (zowel industrie als landbouw) is iets groter tot een enkele procenten. De overige bronnen binnen de individuele buurlanden dragen gecombineerd meer bij, met elk van de landen een bijdrage tussen ongeveer 5-10%. De combinatie van binnenlandse bronnen en de overige buitenlandse (Label: Overig) zijn in veel gevallen dominant. Alleen voor de natuurgebieden die het dichtste bij de kust (Duinen) of op zee liggen (Voordelta) beginnen de buitenlandse bronnen dominant te worden. De totale depositie is gemiddeld verdeeld over ~5 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ aan NO_y en ~13 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ aan NH_x. Het aandeel in de depositie door NH_x is consistent hoger dan de bijdrage van de NO_y bronnen.

Hieruit wordt geconcludeerd dat de buitenlandse industriegebieden slechts een beperkte bijdrage aan de stikstofdepositie op Natura 2000 gebieden in Zuid-Holland leveren. Maatregelen om de stikstofemissie te verlagen in deze industriële regio's kunnen derhalve slechts in beperkte mate bijdragen in de reductie van de stikstofdepositie in Zuid-Holland. Reductiemaatregelen in andere sectoren in het buitenland (met name voor NH₃) zullen veel meer kunnen bijdragen.

Over het algemeen sluiten de resultaten goed aan op resultaten uit de eerdere studie (TNO-2020). De verschillen zijn over het algemeen te verklaren door het verschil in de meegenomen Natura 2000 gebieden en het verschil in meteorologie. Het verschil in de meteorologie is de bepalende factor voor de depositie en niet de kleine verschillen in de emissies tussen de verschillende jaren.

6 Referenties

Kranenburg, R. *et al.* (2013) 'Source apportionment using LOTOS-EUROS: module description and evaluation', *Geoscientific Model Development*, 6(3), pp. 721–733. doi: 10.5194/gmd-6-721-2013.

Kuenen, J. J. P. *et al.* (2014) 'TNO-MACC_II emission inventory; a multi-year (2003-2009) consistent high-resolution European emission inventory for air quality modelling', *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14(20), pp. 10963–10976. doi: 10.5194/acp-14-10963-2014.

Manders, A. M. M. *et al.* (2017) 'Curriculum Vitae of the LOTOS-EUROS (v2.0) chemistry transport model', *Geoscientific Model Development Discussions*, pp. 1–53. doi: 10.5194/gmd-2017-88.

Schneider, C. *et al.* (2016) 'ArcGIS basierte Lösung zur detaillierten, deutschlandweiten Verteilung (Gridding) nationaler Emissionsjahreswerte auf Basis des Inventars zur Emissionsberichterstattung. Technical report [in German]. Dessau-Roßlau. Technical report [in German]. Dessau-Roßlau'.

TNO-2020, Schaap et al., (2020) 'NITROGEN DEPOSITION IN THE NETHERLANDS', <https://publications.tno.nl/publication/34636764/szUPic/TNO-2020-Nitrogen.pdf>

7 Annex

7.1 Definitie gebieden

Voor de definitie van de gebieden (voorbeeld in Figuur 1) zijn de volgende gemeentes/regio's/districten/kreis meegenomen;

Brussel:

Anderlecht, Brussel, Elsene, Etterbeek, Evere, Ganshoren, Jette, Koekelberg, Oudergem, Schaarbeek, Sint-Agatha-Berchem, Sint-Gillis, Sint-Jans-Molenbeek, Sint-Joost-ten-Node, Sint-Lambrechts-Woluwe, Sint-Pieters-Woluwe, Ukkel, Vorst, Watermaal-Bosvoorde, Asse, Dilbeek, Sint-Pieters-Leeuw, Drogenbos, Beersel, Linkebeek, Sint-Genesius-Rode, Hoeilaart, Overijse, Tervuren, Kraainem, Wezembeek-Oppem, Zaventem, Machelen, Steenokkerzeel, Vilvoorde, Grimbergen, Wemmel

Antwerpen:

Aartselaar, Antwerpen, Borsbeek, Brasschaat, Edegem, Hemiksem, Kapellen, Mortsel, Schoten, Stabroek, Wijnegem, Wommelgem, Zwijndrecht, Beveren, Kruikebeke

Gent Kanaal zone:

Laarne, Wetteren, Zelzate, De Pinte, Destelbergen, Evergem, Gavere, Gent, Lochristi, Melle, Merelbeke, Moerbeke, Oosterzele, Wachtebeke, Lokeren

Parijs:

Évry, Palaiseau, Antony, Boulogne-Billancourt, Nanterre, Paris, 11e arrondissement, Paris, 12e arrondissement, Paris, 12e arrondissement, Paris, 13e arrondissement, Paris, 14e arrondissement, Paris, 15e arrondissement, Paris, 16e arrondissement, Paris, 17e arrondissement, Paris, 18e arrondissement, Paris, 19e arrondissement, Paris, 1er arrondissement, Paris, 20e arrondissement, Paris, 2e arrondissement, Paris, 3e arrondissement, Paris, 4e arrondissement, Paris, 5e arrondissement, Paris, 6e arrondissement, Paris, 7e arrondissement, Paris, 8e arrondissement, Paris, 9e arrondissement, Melun, Torcy, Bobigny, Le Raincy, Saint-Denis, Argenteuil, Pontoise, Sarcelles, Créteil, L'Ha -les-Roses, Nogent-sur-Marne, Mantes-la-Jolie, Rambouillet, Saint-Germain-en-Laye, Versailles

Industrie regio Lille:

Douai, Lille, Arras, Béthune, Lens

Noordelijk Ruhr gebied:

Dortmund Städte, Hamm Städte, Bochum Städte, Herne Städte, Hagen Städte, Duisburg Städte, Oberhausen Städte, Wesel, Mülheim Städte, Essen Städte, Unna, Ennepe-Ruhr, Krefeld Städte, Recklinghausen, Gelsenkirchen Städte, Bottrop Städte

Zuidelijk Ruhr gebied:

Cologne Städte, Bonn Städte, Leverkusen Städte, Düren, Rhein-Erft-Kreis, Rhein-Sieg, Rheinisch-Bergischer Kreis, Remscheid Städte, Mettmann, Aachen,

Mönchengladbach Städte, Rhein-Kreis Neuss, Solingen Städte, Düsseldorf Städte, Wuppertal Städte

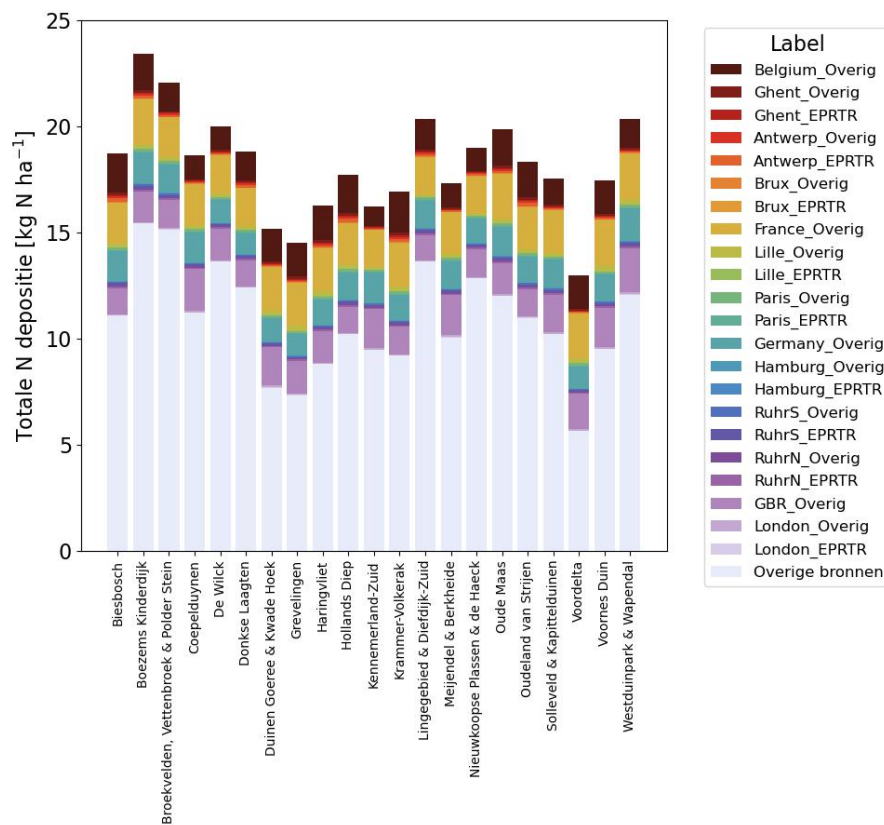
Hamburg:

Hamburg Städte, Pinneberg, Stade, Harburg, Lauenburg, Stormarn, Segeberg

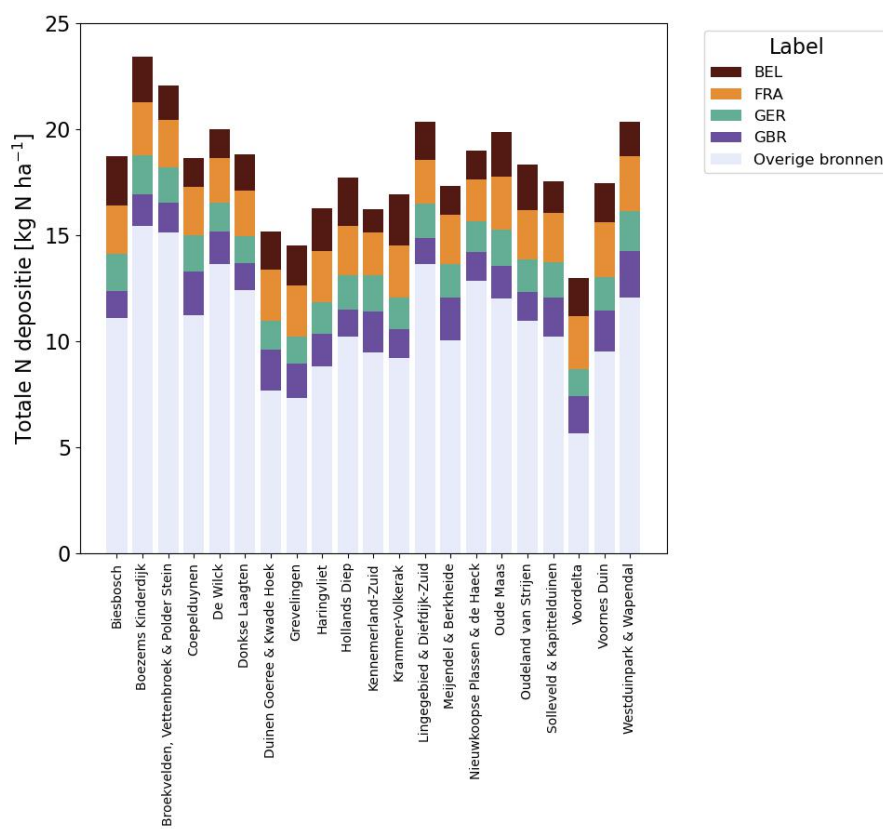
London:

Barking and Dagenham, Bexley, Brent, Bromley, Camden, Croydon, Ealing, Enfield, Greenwich, Hackney, Hammersmith and Fulham, Haringey, Harrow, Havering, Hillingdon, Hounslow, Islington, Kensington and Chelsea, Kingston upon Thames, Lambeth, Lewisham, London, Merton, Newham, Redbridge, Richmond upon Thames, Southwark, Sutton, Thurrock, Tower Hamlets, Waltham Forest, Wandsworth, Westminster

7.2 Overige depositie figuren



Figuur 8 Depositie [kg N ha⁻¹ jr⁻¹] voor elk van de Natura 2000 gebieden binnen de Provincie Zuid-Holland, met de onderverdeling gelabelled naar afkomst (EPRT vs andere bronnen).



Figuur 9 Depositie [kg N ha⁻¹ jr⁻¹] voor elk van de Natura 2000 gebieden binnen de Provincie Zuid-Holland, met de onderverdeling gelabelled naar afkomst.

8 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:

Provincie Zuid-Holland
Postbus 90602
2509 LP Den Haag
T 070 - 441 66 11
www.zuid-holland.nl

Naam en functies van medewerkers:

Datum waarop of tijdsbestek waarin het onderzoek heeft plaatsgehad:
Maart 2021- Juli 2021

Naam en paraaf tweede lezer

Ondertekening:

Project Manager

Autorisatie vrijgave:

Deputy Research Manager