

Onzekerheid in depositie ten gevolge van onzekerheid in meteorologische omstandigheden

Gerard Cats, Geetacs
www.geetacs.nl

29 februari 2024

Samenvatting

De meteorologische omstandigheden die OPS gebruikt bij de berekening van depositie zijn gevarieerd binnen realistische, in Nederland voorkomende, situaties. Die variatie geeft een realistische indicatie van de onzekerheid die meteorologie introduceert bij de berekening van depositie. De onzekerheid in berekende totale depositie van NH_3 en NO_x blijkt op alle afstanden van de bron kleiner dan 20% en nauwelijks of niet afhankelijk van de afstand. Op de kleine toename van die onzekerheid kan zeker niet een afkap op 25 km gemotiveerd worden.

Onzekerheid in depositie ten gevolge van onzekerheid in meteorologische omstandigheden

1. Inleiding

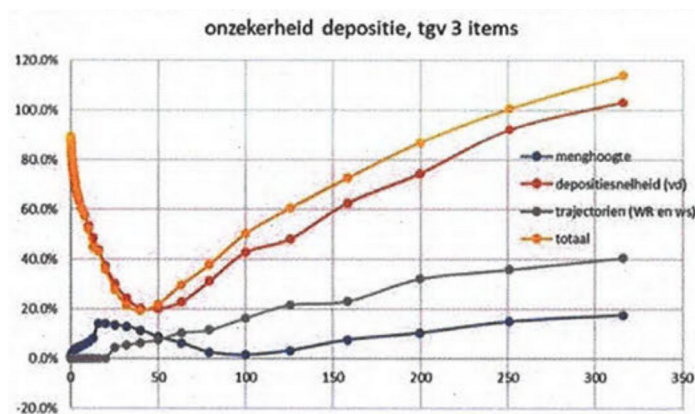
In een recente studie heeft Geetacs (2024)¹ (hierna: GTO) aangetoond dat variatie in terreinomstandigheden een onzekerheid in berekende depositie veroorzaakt die binnen circa 30% blijft voor NH₃ en binnen 20% voor NO_x; en dat die onzekerheid snel afneemt met de afstand tot de bron, tot circa 10% op afstanden boven 100 km. Die afname is anders dan eerdere bevindingen van TNO (2022)². Geetacs heeft de oorzaken van die verschillen in bevindingen verklaard en daarmee uitgelegd waarom TNO tot foutieve conclusies kon komen. Een belangrijke reden is dat TNO de terreinomstandigheden niet op realistische wijze heeft gevarieerd.

TNO heeft naast de onzekerheid ten gevolge van onbekendheid met terreinomstandigheden ook geprobeerd te analyseren welke onzekerheden variatie van meteorologische omstandigheden, te weten menglaaghoogte en wind (snelheid en richting) teweegbrengt. Die onzekerheden zijn volgens TNO veel kleiner. De auteurs schrijven:

De onzekerheidsanalyse laat wel zien dat de onzekerheid in de depositiesnelheid het meeste bijdraagt aan de totale onzekerheid in de berekende depositie.

In de nu voorliggende notitie wordt kort ingegaan op de vraag in hoeverre TNO de meteorologische omstandigheden realistisch heeft gevarieerd. Daartoe is gebruik gemaakt van bestanden met meteorologische gegevens die het RIVM levert bij OPS.

Het gaat om 41 jaarlijkse bestanden, van de jaren 1981 tot en met 2021. Deze bestanden zullen waarschijnlijk wel een goede afspiegeling geven van de variaties die in meteorologie optreden. Binnen die 41 jaar heeft zelfs klimaatverandering gemiddelde weersverandering veroorzaakt. Door gebruik te maken van deze bestanden worden niet alleen menglaaghoogte en wind realistisch gevarieerd, maar ook de andere meteorologische parameters die een rol spelen bij depositie, zoals neerslag, temperatuur en bewolking.



Figuur 1: Variantie coëfficiënt van de berekende depositie op verschillende afstanden van de bron bij variatie van de verschillende parameters: depositie snelheid, windrichting en menghoogte (hoogte van de menglaag). Dit is Figuur 9 uit het document genoemd in voetnoot 1.

¹Geetacs, 2024: *Onzekerheid in depositie ten gevolge van onzekerheid in terreineigenschappen*. Rapport d.d. 8 februari 2024. Beschikbaar als <https://geetacs.nl/Reports/20240208,z0+lu.pdf>

²TNO, 2022: *Afbakening in de modellering van depositiebijdragen van individuele projectbijdragen (Fase 2) Versie 3*, TNO Notitie M10342, gedateerd 26 april 2022.

Deze notitie is in essentie hetzelfde als GTO, uiteraard nu niet met variatie over terreineigenschappen, maar met variatie over de 41 meteo-bestanden. Voor uitleg over de methode, de gebruikte raaien van rekenpunten, de getoonde Figuren, enzovoort, wordt dan ook verwezen naar GTO. Ook hier wordt in Figuur 1 Figuur 9 uit het TNO document gereproduceerd. Die Figuur laat zien dat de variaties in meteorologie die TNO heeft toegepast tot op grote afstand minder dan circa 40% onzekerheid in depositie veroorzaken.

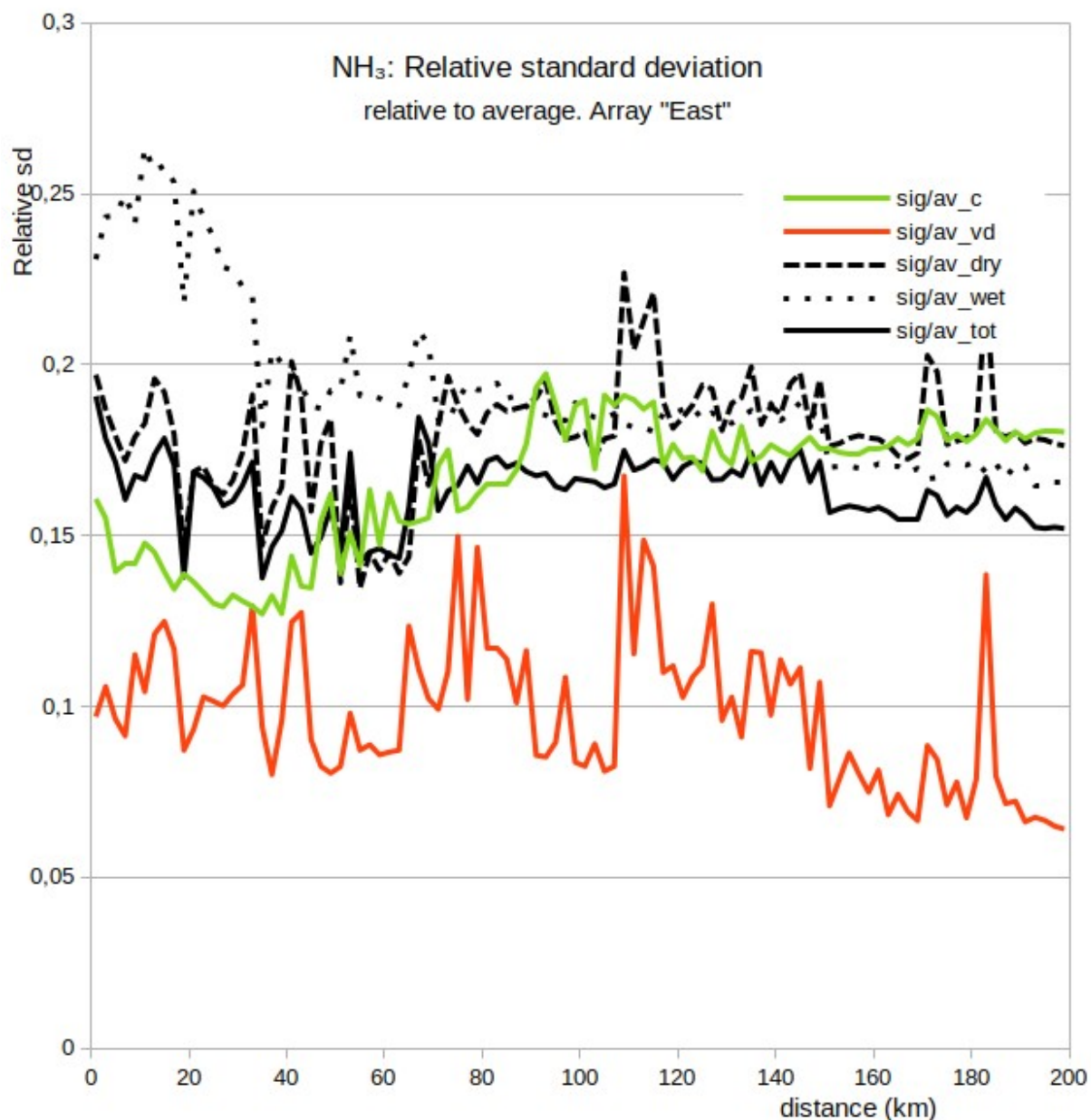
In deze notitie worden in sectie 2 de resultaten beschreven. Discussie en conclusie staan in sectie 3.

2. Resultaten

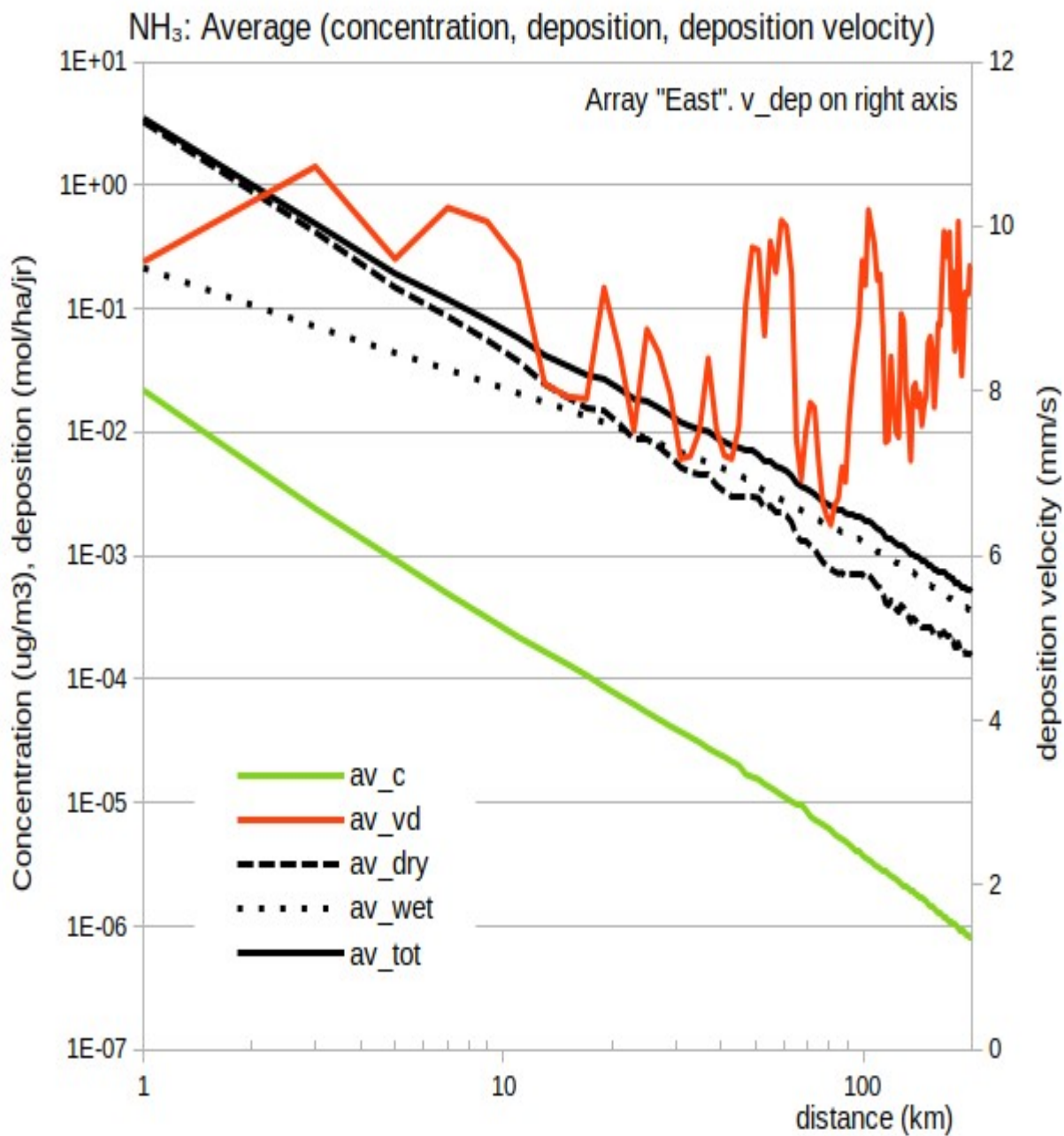
Opmerking vooraf: evenals in GTO worden in deze sectie de genormeerde standaarddeviatie en de gemiddelden (nu over 41 runs) getoond. De gemiddelden over 41 runs wijken nauwelijks af van de gemiddelden over 1326 runs die in GTO zijn gepresenteerd. Daarom worden de conclusies die in GTO uit het verloop van de gemiddelden zijn getrokken hier niet herhaald. Een uitzondering vormt de depositiesnelheid. Depositiesnelheid wordt vooral bepaald door de terreinomstandigheden ter plaatse van het rekenpunt. In GTO werd gevarieerd over terreinomstandigheden, waardoor uitschieters in depositiesnelheid werden uitgemiddeld. In de huidige studie echter zijn de lokale terreinomstandigheden over alle 41 runs hetzelfde. Variaties in terreinomstandigheden worden dan ook direct teruggezien in sterke variaties in gemiddelde depositiesnelheid langs de raai van rekenpunten. Hoewel de gemiddelde depositiesnelheid dus sterk varieert met de locatie en daarmee met de afstand tot de bron, worden die fluctuaties niet teruggezien in de genormeerde standaarddeviatie.

2.1 De raai “Oost”

Figuur 2 toont de genormeerde standaarddeviatie voor de berekening aan ammoniak, langs de Oost-raai. Voor concentratie en totale depositie ligt die ver onder 0,2 (hetgeen correspondeert met een onzekerheidsfactor van 1,2). Er is geen verband met de afstand tot de bron.

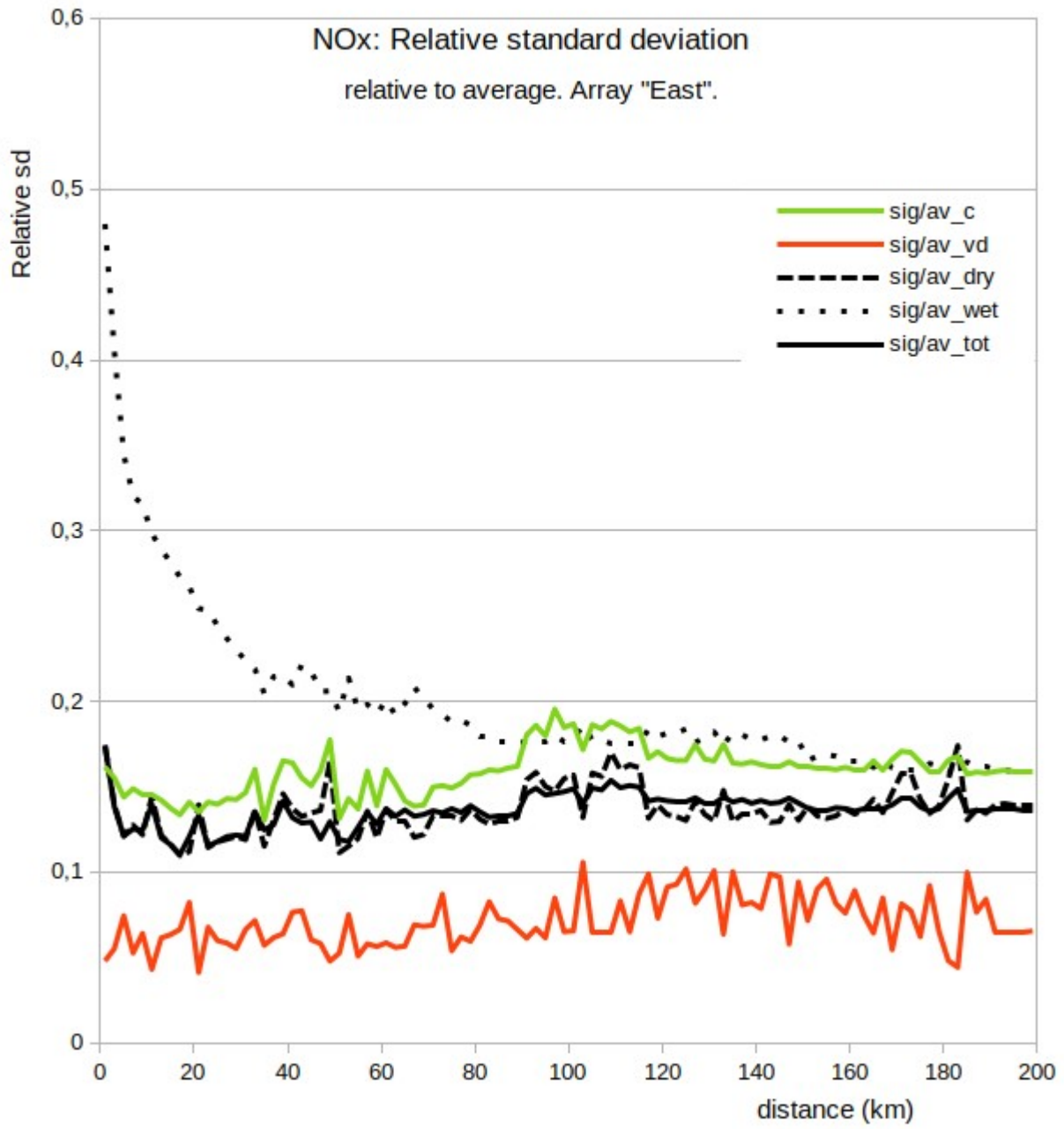


Figuur 2: Standaarddeviatie, genormeerd met gemiddelde, over de 41 runs, als functie van de afstand tot de bron voor concentratie ("_c"), depositiesnelheid ("_vd"), droge, natte en totale depositie ("_dry", "_wet" resp. "_tot"); voor ammoniak, langs de Oost-raai, als functie van de afstand tot de bron.

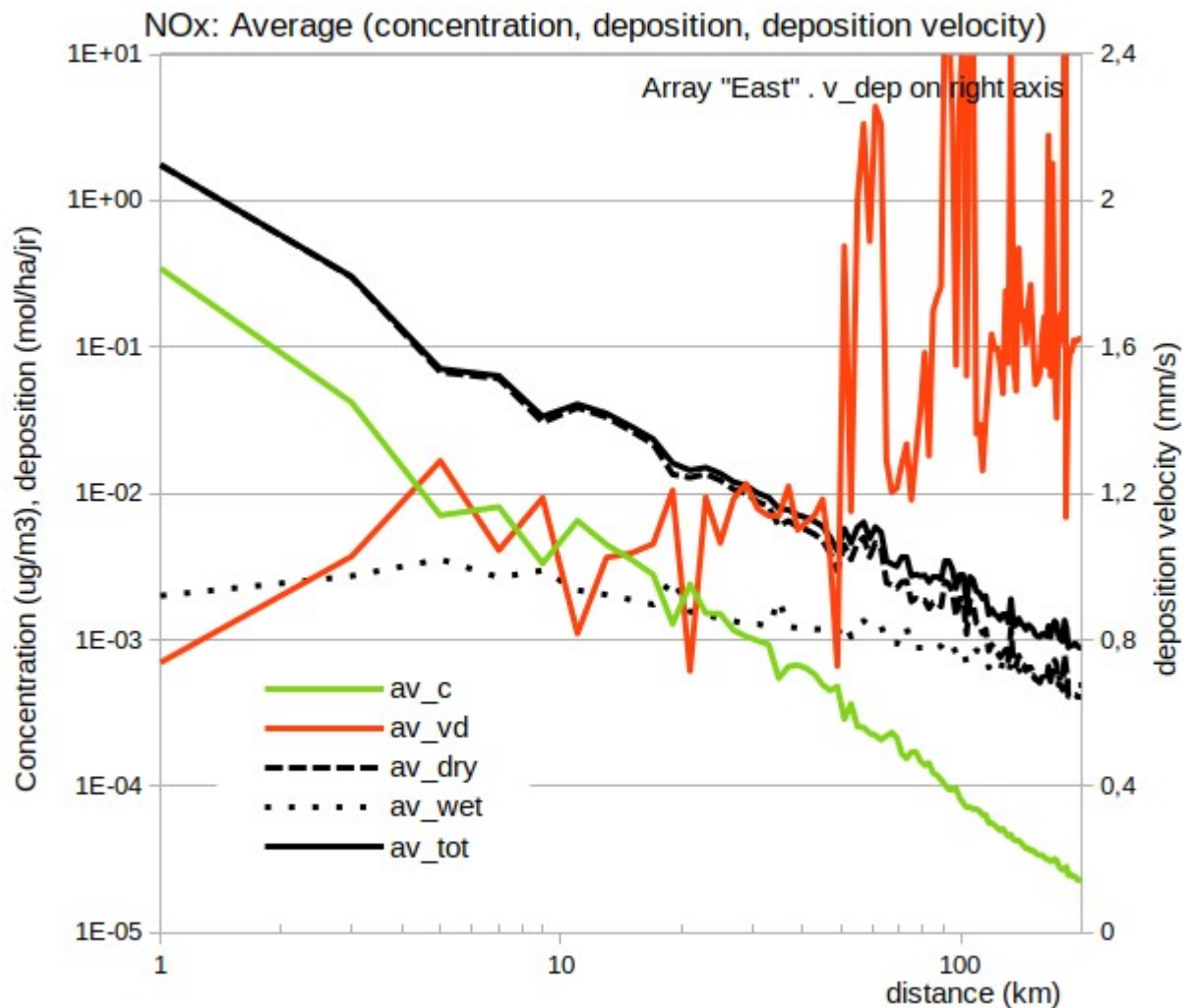


Figuur 3: Gemiddelden over de 41 runs voor ammoniak langs de Oost-raai, als functie van de afstand tot de bron; depositiesnelheid is uitgezet op de lineaire y-as (rechts). Alle andere zijn uitgezet op de (logaritmische) linker y-as. Ook de afstandsas is logaritmisch. Notatie als in Figuur 2.

In Figuur 4 staan de genormeerde standaarddeviaties langs de Oost-raai voor stikstofoxiden. Afgezien van een korte piek in de natte depositie (veroorzaakt door de zeer lage waarde van de natte depositie) is het beeld vergelijkbaar met dat voor ammoniak, hoewel de nauwkeurigheid in het algemeen nog beter is dan bij ammoniak (de onnauwkeurigheid is in het algemeen kleiner dan 15%). Wederom is er geen verband met de afstand tot de bron.



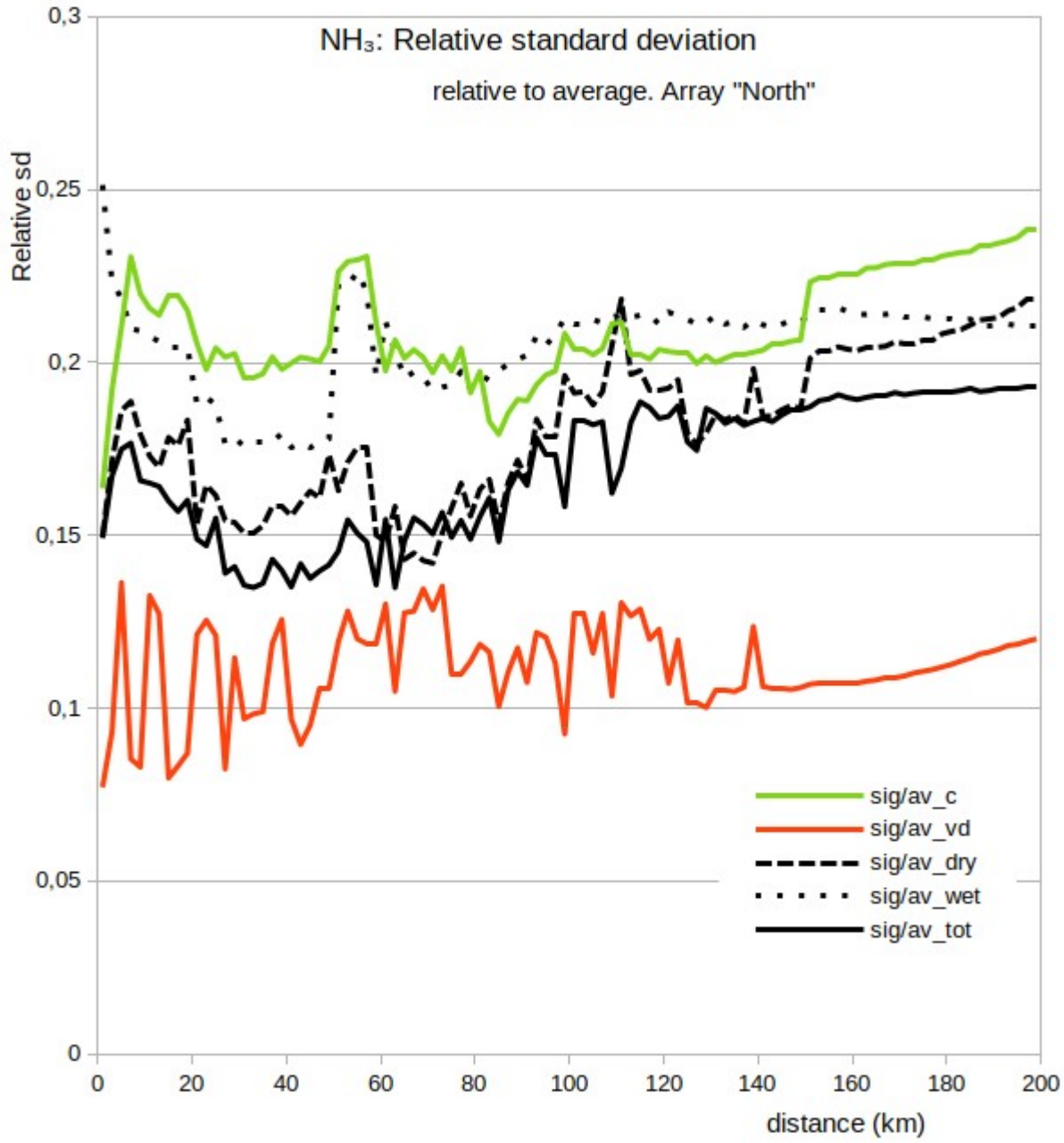
Figuur 4: Als Figuur 2, maar voor stikstofoxiden.



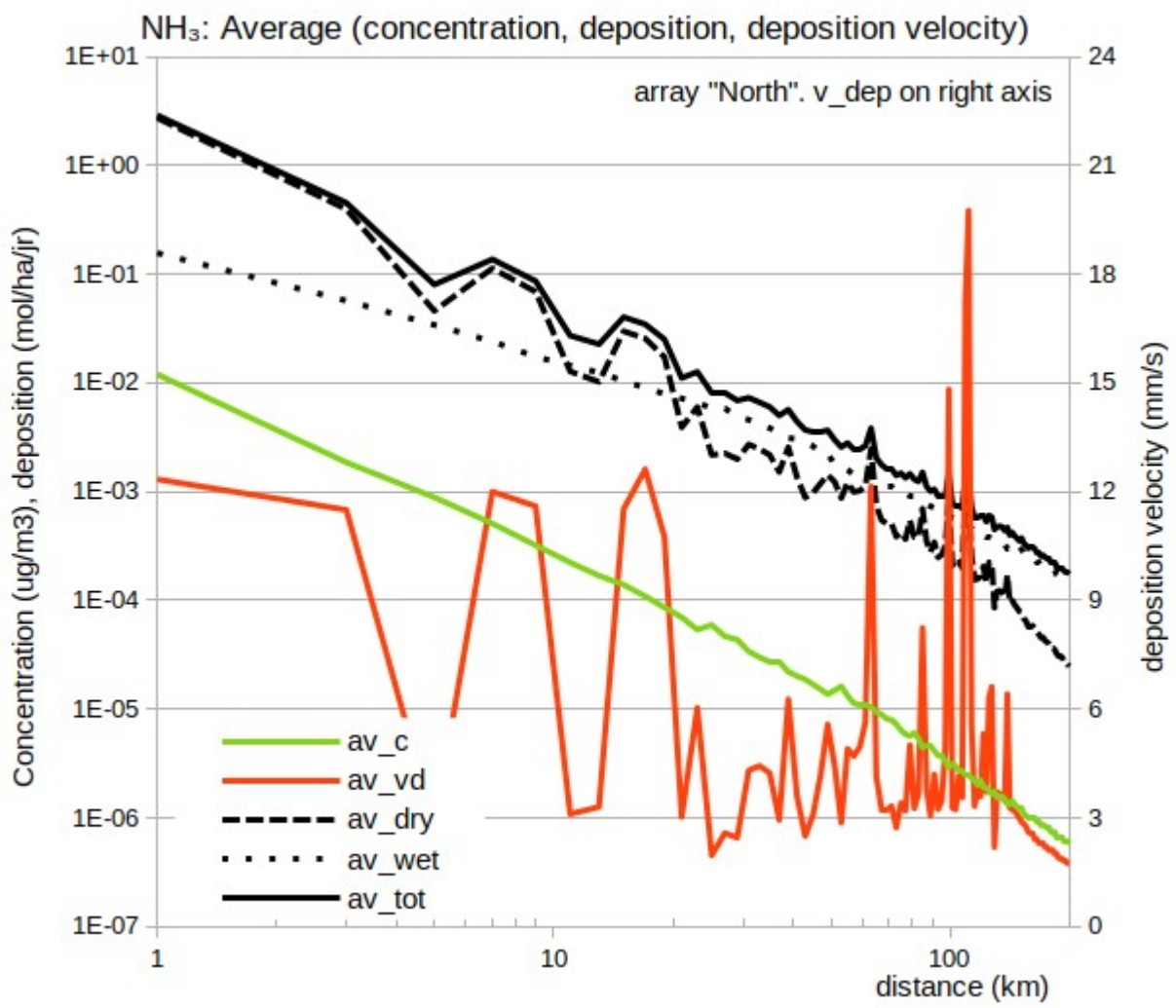
Figuur 5: Als Figuur 3, voor stikstofoxiden. De sterke fluctuaties in gemiddelde depositionsnelheid worden verklaard in de tekst.

2.2 De raai "Noord"

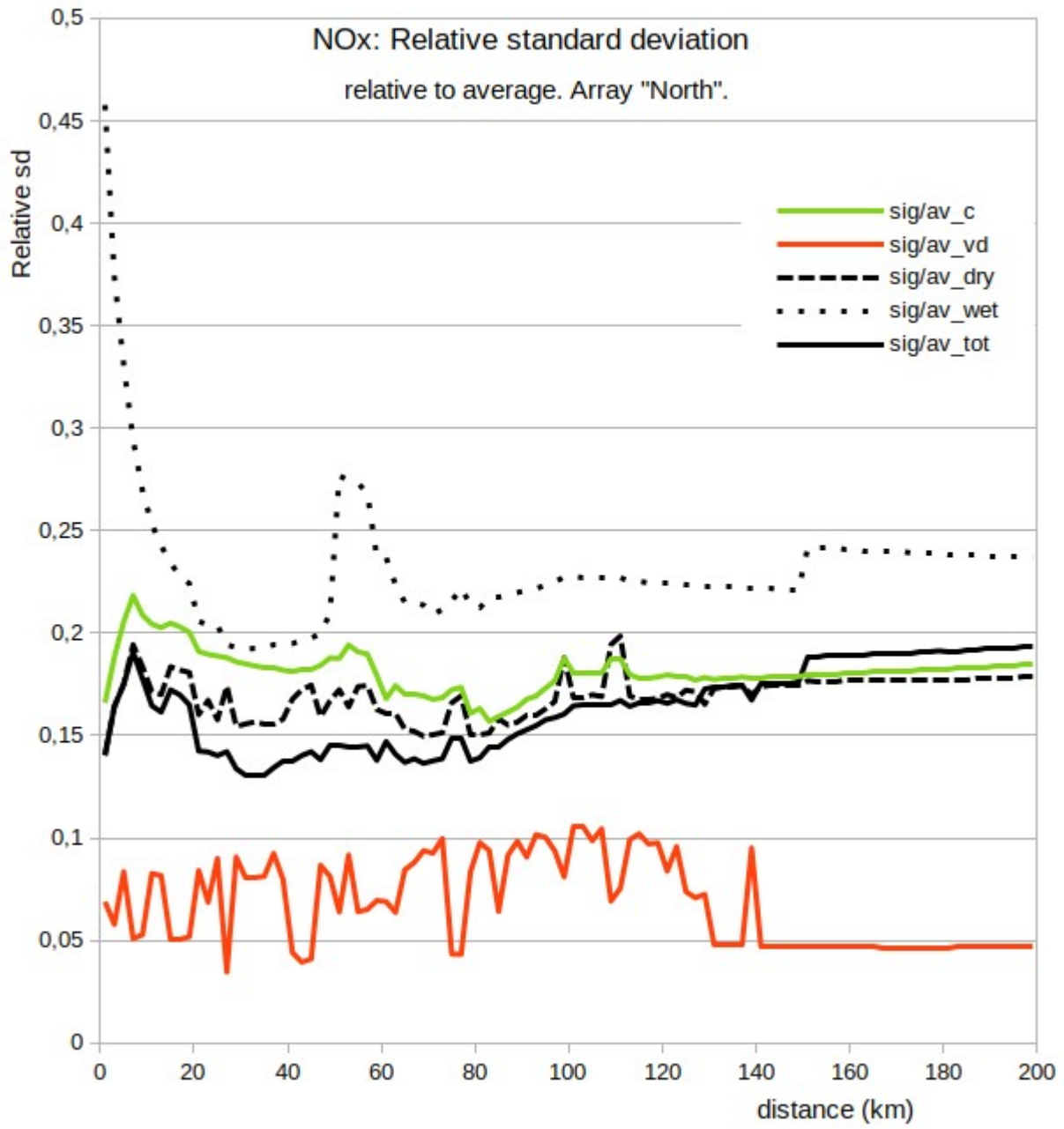
Figuur 6 (NH_3) en Figuur 8 (NO_x) tonen dat de onzekerheid in totale depositie dicht bij de bron rond 0,15 ligt, en vanaf circa 80 km oploopt tot 19%.



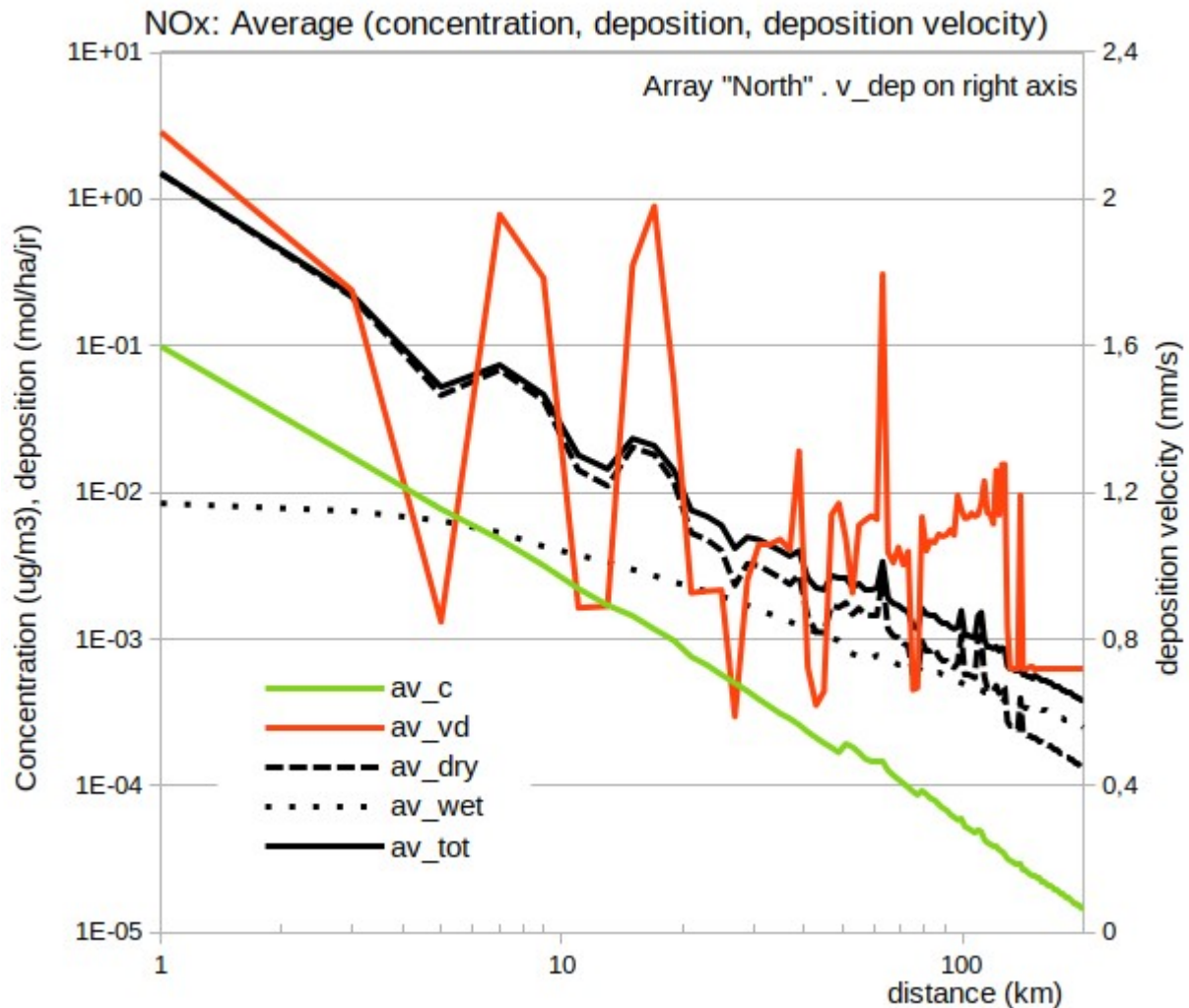
Figuur 6: Als Figuur 2, maar voor de Noord-raai.



Figuur 7: Als Figuur 3, maar voor de Noord-raai.



Figuur 8: Als Figuur 4, voor de Noord-raai.



Figuur 9: Als Figuur 5, voor de Noord-raai.

3. Discussie en conclusie

Om de invloed van onzekerheid in meteorologische omstandigheden op de met OPS berekende concentratie en depositie te schatten zijn die omstandigheden op realistische wijze gevarieerd. Dit is gedaan voor twee configuraties van bron en rekenpunten. De bron was een lage puntbron. Eén configuratie was een typische situatie over land (genaamd "Oost-raai"), de andere gaf informatie over de effecten van grote wateroppervlakken (IJsselmeer, Waddenzee en Noordzee). Deze heet "Noord-raai", naar de oriëntatie van de raai van rekenpunten. De meteorologische omstandigheden werden gevarieerd door de jaarlijkse meteorologische gegevens over 1981 tot en met 2021 aan OPS aan te bieden.

Die variatie in meteorologische omstandigheden veroorzaakt een variatie in totale depositie die op alle afstanden van de bron kleiner is dan 20%; dichterbij dan 80 km bij de bron rond 15%. Deze bevindingen kunnen dan ook zeker niet een afkap van de berekeningen op 25 km motiveren.

Bij deze constatering is steeds verondersteld dat de met OPS berekende invloed van meteorologische onzekerheid een goede maat is voor de onzekerheid in de rekenresultaten. Of met OPS zelf de onzekerheid in resultaten van hetzelfde OPS geschat kan worden is echter een open vraag. TNO heeft in het 2022³ rapport dit wel verondersteld bij de gevoeligheidsanalyse van hun model ("Stacks"). Merk op dat deze vraag minder open is bij variatie van terreinomstandigheden. De goede overeenkomst van OPS berekeningen met de metingen is immers wel een goede indicatie dat de terreinomstandigheden lokaal goed worden gerepresenteerd, maar minder een aanwijzing dat de meteorologische variaties goed verwerkt zijn. Het effect van meteorologische variaties is veel minder lokaal te valideren dan dat van variatie van terreinomstandigheden.

TNO rapporteert dat in hun gevoeligheidsanalyse de onzekerheid wel licht toeneemt met de afstand, tot circa 40% op 300 km. Dit duidt erop dat zij de variatie in meteorologische effecten niet helemaal realistisch hebben gemodelleerd, en zo de afstandsafhankelijkheid hebben overschat. Overigens is ook een onzekerheid van 40% nog steeds zeer acceptabel; de grens voor acceptatie bij dit soort modellen is immers een factor 2. De conclusie van TNO dat op afstanden groter dan circa 25 km de onzekerheid boven een factor 2 stijgt is dan ook helemaal gebaseerd op hun variatie van depositiesnelheid – welke benadering in GTO is weerlegd.

Opgemerkt wordt nog dat deze bevindingen gelden voor een lage puntbron. Hoewel de berekeningen tot op grote afstand nauwkeurig zijn, zijn de berekende waarden op grote afstand wel klein. Dat geldt echter niet voor hoge bronnen en ook niet voor lijnbronnen zoals verkeersnetwerken. Daarvan blijft de depositie tot op grote afstand hoog.

³ Zie document genoemd in voetnoot 2.