

**Onderbouwing effect maatregel van vaste stroomaansluiting op  
luchtkwaliteit Schiphol**

**KEMA rapport van 16 april 2009,  
kenmerk 50964127-TOS/ECC 09-4287**

**“Effect elektrificatie Vliegtuig opstelplaatsen op de  
jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> voor de autonome  
situatie 2010”**

Notitie aan : H. van Grootel AAS  
van : E. Kokmeijer KEMA  
kopie : H. Erbrink KEMA  
Betreft : effect elektrificatie VOP's op de jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> voor de autonome situatie 2010

## 1 INLEIDING

In het LVB staat dat Schiphol per 1 januari 2010 minimaal 60% van de afhandelingsplaatsen geëlektrificeerd heeft ter vermindering van het gebruik van de APU's en GPU's. Deze maatregel is door KEMA in de korte termijn studie in 2008 doorgerekend (NLR/KEMA, 2008). Met deze maatregel zou de extra immissie door toename van de emissies ten gevolge van de toename van het aantal vliegtuigbewegingen van 437.000 naar 480.000 kunnen worden gecompenseerd.

De vraag is of het mogelijk is om deze compensatie ook te realiseren door een meer optimale invulling van het elektrificeren van de vliegtuigopstelplaatsen (VOP's) waarbij geoptimaliseerd wordt naar het effect van elektrificatie van de verschillende VOP's op de luchtkwaliteit (dus vooral grote opstelplaatsen in de buurt van de A4, waar de meeste overschrijdingspunten liggen).

## 2 DOELSTELLING

Het doel van het onderzoek is het evalueren en optimaliseren van de elektrificatie van een deel van de opstelplaatsen naar het effect op het overschrijdingsgebied van NO<sub>2</sub> concentraties in 2010 (bij 480.000 vtb).

Het onderzoek moet daarbij antwoord geven op de volgende vragen:

- wat is de mate van overschrijding van de NO<sub>2</sub> normen in 2010 in de nul-situatie (437.000 vtb en 0% elektrificatie), het referentiealternatief (480.000 vtb en 60% elektrificatie) en de situatie 480.000 vtb plus optimalisering van de elektrificatie
- voor welke opstelplaatsen is het effect van elektrificatie op de mate van overschrijding het grootst

- op welke wijze kan de elektrificatie van opstelplaatsen worden geoptimaliseerd zodanig dat eenzelfde effect (of beter) wordt bereikt als met 60% elektrificatie van alle opstelplaatsen
- kan met elektrificatie van de opstelplaatsen het effect van de toename van het aantal vliegtuigbewegingen op de mate van overschrijding worden gecompenseerd.

De laatste vraag is in de korte termijn studie positief beantwoord. Echter de korte termijn studie is niet meer actueel: als gevolg van de gewijzigde regelgeving én een update van de GCN waarden is het overschrijdingsgebied zoals berekend voor het referentiealternatief in de ROP studie (KEMA, 2009) beduidend kleiner dan in de korte termijn studie (NLR/KEMA, 2008). Verbeteringen die door elektrificatie optreden in een gebied dat nu bij toepassing van het toepasbaarheidsbeginsel valt in een gebied waar niet getoetst hoeft te worden zijn nu niet meer relevant. Het betreft daarbij gebieden waar geen mensen kunnen komen en dus geen blootstelling plaatsvindt. Het is daarom nodig om opnieuw vast te stellen of door elektrificatie van de opstelplaatsen de extra emissie door de toename van het aantal vliegtuigbewegingen gecompenseerd kan worden.

### 3 AANPAK

Om antwoord te kunnen geven op de in hoofdstuk 2 genoemde vragen is de volgende procedure doorlopen.

- Uitgegaan is van de berekeningsresultaten van de recente ROP studie (uitgevoerd in het kader van de bestemmingsplanprocedure) voor het jaar 2010. Deze studie is uitgevoerd op basis van 480.000 vtb, 60% elektrificatie, de meest recente verkeersgegevens die ook voor het NSL worden gebruikt en conform de Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit 2007.
- De totale jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> op een punt is opgebouwd uit bijdragen van: GCN, wegverkeer, platformverkeer, vliegverkeer (start, landen taxiën), APU's/GPU's. De bijdragen van de APU's/GPU's zijn per opstelplaats geregistreerd.
- De bijdragen van de GCN achtergrondwaarden (vrijgegeven in maart 2008) worden in de resultaten vervangen door de bijdragen op basis van de in maart 2009 vrijgegeven achtergrondwaarden. In beide gevallen is de achtergrond gecorrigeerd voor het luchtvaartverkeer alsmede de dubbeltelling snelwegen.
- Op basis van de detailgegevens wordt voor drie situaties de mate van overschrijding berekend. Dit wordt gedaan door over alle toetspunten waarop de concentratie wordt overschreden (dat wil zeggen hoger is dan 40,5) de mate van overschrijding (dus de jaargemiddelde concentratie – 40,5) te sommeren.
- De drie beschouwde scenario's betreffen:

- de nul-situatie (437.000 vtb en 0% elektrificatie)
- referentiealternatief (480.000 vtb en 60% elektrificatie<sup>1</sup>)
- 480.000 vtb en optimalisering van de elektrificatie naar het effect op de luchtkwaliteit.
- Om het derde scenario te kunnen berekenen is het nodig om de volgende twee uiterste scenario's vast te stellen:
  - 480.000 vtb en 0% elektrificatie
  - 480.000 vtb en 100% elektrificatie<sup>1</sup>
- De verschillende scenario's worden als volgt bepaald:
  - berekenen van de geüpdate NO<sub>2</sub> concentratie voor de drie situaties op basis van de bekende deelbijdragen uit de ROP studie (KEMA, 2009) en de recente GCN achtergrondwaarden
  - selectie van de toetspunten met een overschrijding uit de serie rekenpunten. De rekenpunten op afstand minder dan 10 m tot de dichtstbijzijnde wegrand worden verwijderd en er wordt getoetst aan het toepasbaarheidsbeginsel. Hierna is voor alle scenario's een serie overschrijdingspunten bekend (voor de ROP studie is deze procedure al gevolgd voor het referentiealternatief maar in verband met de nieuwe GCN waarde moet deze procedure opnieuw worden uitgevoerd)
  - voor de situatie 480.000 vtb en 0% elektrificatie wordt vervolgens nagegaan wat het effect van de verschillende opstelplaatsen is op de luchtkwaliteit in de overschrijdingspunten. Hierdoor kan de elektrificatie geoptimaliseerd worden
  - sommatie van de mate van overschrijding in de drie genoemde situaties.

#### 4 **BEREKENINGSWIJZE JAARGEMIDDELTE CONCENTRATIE NO<sub>2</sub>**

In dit hoofdstuk is in detail aangegeven op welke wijze de jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> ( $C_{(NO_2)}$ ) voor de verschillende scenario's is berekend. Het uitgangspunt voor alle berekeningen is het resultaat zoals berekend in de ROP studie (KEMA, 2009) voor het referentie alternatief 2010, 480.000 vtb en 60% elektrificatie. Alle scenario berekeningen hebben betrekking op het jaar 2010.

---

<sup>1</sup> De emissie als gevolg van de APU/GPU's kan bij volledige elektrificatie met maximaal 90% worden gereduceerd. De resterende 10% is het gevolg van het starten van de motoren en kan met elektrificatie niet worden vermeden. Dit betekent dat 60% elektrificatie leidt tot een reductie van de emissie van de APU/GPU's met 50% en 100% elektrificatie leidt tot een emissiereductie van 90%.

### **Referentiealternatief (480.000 vtb en 60% elektrificatie)**

Dit referentiealternatief is al doorgerekend ten behoeve van de studie in het kader van de bestemmingsplanprocedure (ROP studie). Alleen de gebruikte GCN achtergrondwaarden vrijgegeven in maart 2008 zijn vervangen door de meer actuele achtergrondwaarden welke zijn vrijgegeven in maart 2009:

$$C_{(NO_2)} (\text{ref.alternatief}) = C_{(NO_2)} (\text{ROP studie, 2010 autonoom}) - GCN(2008) + GCN(2009)$$

### **480.000 vtb en 0% elektrificatie**

De jaargemiddelde concentratie op elk punt wordt afgeleid van de concentratie uit het referentiealternatief. Als gevolg van het starten van de motoren zal ook bij 100% elektrificatie nog 10% emissie resteren, zodat de emissie bij 60% elektrificatie 50% bedraagt. Dit betekent dat de bijdrage van de APU's en GPU's wordt verdubbeld ten opzichte van het referentiescenario. Voor de berekening van het scenario 480.000 vtb/0% elektrificatie wordt dus nogmaals de APU/GPU bijdrage uit het referentiealternatief toegevoegd:

$$C_{(NO_2)} (480.000/0\% \text{ el.}) = C_{(NO_2)} (\text{ref.alternatief}) + \text{APU/GPU}(\text{ref. alternatief})$$

### **Nul-situatie (437.000 vtb en 0% elektrificatie)**

Voor dit scenario is eerst de totale bijdrage ten gevolge van het vliegtuigverkeer in het scenario 480.000 vtb/0% elektrificatie vastgesteld. Deze bijdrage is de som van de bijdrage van het vliegverkeer, de taxiënde vliegtuigen, het platformverkeer en de APU/GPU's. Deze bijdrage is vervolgens naar rato van het aantal vtb's verlaagd voor de berekening van de nul-situatie.

$$C_{(NO_2)} (\text{vliegtuigverkeer}) = C_{(NO_2)} (\text{vliegverkeer}) + \text{APU/GPU}(480.000/0\% \text{ el.}) + \text{taxi} + \text{platform}$$

$$C_{(NO_2)} (437.000/0\% \text{ el.}) = C_{(NO_2)} (480.000/0\% \text{ el.}) - (437/480) * C_{(NO_2)} (\text{vliegtuigverkeer})$$

### **480.000 vtb en 100% elektrificatie**

In het referentiealternatief is de APU/GPU bijdrage gereduceerd naar 50% van de emissie ten opzichte van geen elektrificatie. Dit betekent dat voor het scenario 480.000 vtb/100% elektrificatie de bijdrage APU/GPU uit het referentiealternatief moet worden gereduceerd tot 1/5 (na volledige elektrificatie resteert immers nog 10% van de emissie):

$$C_{(NO_2)} (480.000/100\% \text{ el.}) = C_{(NO_2)} (\text{ref.alternatief}) - 0,8 * APU/GPU(\text{ref. alternatief})$$

#### **480.000 vtb en optimalisering van de elektrificatie naar het effect op de luchtkwaliteit**

Voor de bepaling van de concentratie in dit scenario is eerst over alle overschrijdingspunten uit het scenario 480.000 vtb/0% elektrificatie de APU/GPU bijdrage per VOP gesommeerd. Op basis van deze sommatie zijn de VOP's gesorteerd. Vervolgens kan uitgaande van het scenario 480.000 vtb/0% elektrificatie de APU/GPU bijdrage van specifieke VOP's worden gereduceerd tot de minimale 10%. Dit proces is iteratief uitgevoerd waarbij de VOP's op basis van de sortering zijn geëlektrificeerd: eerst de grootste daarna ook de één-na-grootste et cetera totdat de mate van overschrijding is teruggebracht tot het niveau van de nulsituatie. Elektrificatie van een specifieke VOP wordt berekend door het aftrekken van 1,8 maal de APU/GPU bijdrage uit het referentiealternatief (1,8 maal de APU/GPU bijdrage uit het referentiealternatief is immers 90% van de totale APU/GPU emissie in de situatie zonder elektrificatie):

$$C_{(NO_2)} (480.000/opt) = C_{(NO_2)} (480.000/0\% \text{ el.}) - 1,8 * APU/GPU(\text{deel VOP's/ref. alternatief})$$

## **5 RESULTATEN**

### **5.1 Resultaten van de verschillende scenario's**

Na het uitvoeren van de in hoofdstuk 4 beschreven berekeningen zijn de overschrijdingspunten geselecteerd. Het aantal overschrijdingspunten is als gevolg van de lagere GCN waarden beduidend lager dan in de studie in het kader van de bestemmingsplanprocedure. Zoals te verwachten is, is het aantal overschrijdingspunten in het scenario 480.000 vtb/0% elektrificatie het grootst (31 punten; zie ook tabel 1). In de andere scenario's is het aantal overschrijdingspunten lager en zijn er ook geen nieuwe overschrijdingspunten anders dan deze 31. De analyse naar optimalisatie van de elektrificatie is aan deze 31 punten uitgevoerd.

Een belangrijke parameter in deze optimalisatie is de mate van overschrijding. Deze is gedefinieerd als de sommatie van de overschrijding (= jaargemiddelde concentratie -  $40,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) over alle punten. Op basis van het aantal overschrijdingspunten en de mate van overschrijding kan het effect van elektrificatie worden geëvalueerd.

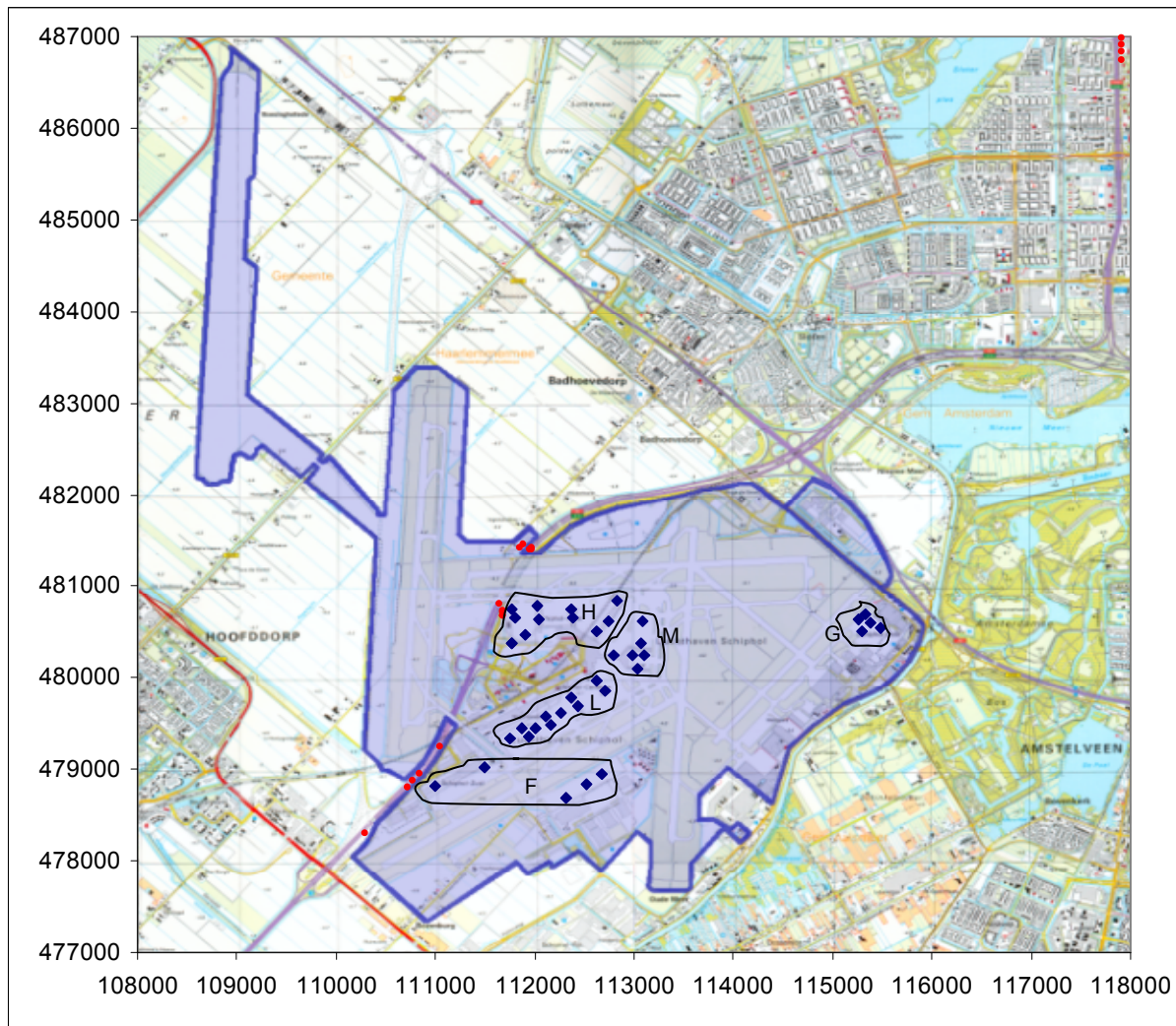
Tabel 1 Overzicht van de waarden van de jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> (2010) over de 31 overschrijdingspunten uit het scenario 480.000 vtb/0%. Gegeven is de minimale, gemiddelde en maximale waarde alsmede het aantal overschrijdingspunten en de mate van overschrijding. Waarden die lager zijn dan de waarden in de 0-situatie zijn groen weergegeven

	eenheid	0-situatie 437.000 vtb	ref.alternatief 60% elek.	480.000 vtb 0% elek.	480.000 vtb 100% elek
minimum	µg/m <sup>3</sup>	40,0	40,0	40,5	38,1
gemiddelde	µg/m <sup>3</sup>	41,6	41,5	42,0	41,1
maximum	µg/m <sup>3</sup>	46,9	47,0	47,6	46,4
mate van overschrijding	µg/m <sup>3</sup>	36,4	34,0	47,5	28,5
overschrijdingspunten	n	24	23	31	19

Uit de resultaten van tabel 1 blijkt dat 60% elektrificatie in het referentie alternatief (evenals in de korte termijn studie) afdoende is om de extra immissie door toename van de emissies ten gevolge van de toename van het aantal vliegtuigbewegingen te compenseren. Het aantal overschrijdingspunten neemt ten opzichte van de 0-situatie met één af tot 23 en de mate van overschrijding neemt af van 36,4 µg/m<sup>3</sup> naar 34,0 µg/m<sup>3</sup>. Zonder elektrificatie neemt het aantal overschrijdingspunten als gevolg van de extra vliegtuigbewegingen toe van 24 naar 31 en de mate van overschrijding van 36,4 µg/m<sup>3</sup> naar 47,5 µg/m<sup>3</sup>. Uit de resultaten van het scenario met 100% elektrificatie is te zien wat het maximaal te behalen effect is van volledige elektrificatie: een verdere afname van het aantal overschrijdingspunten naar 19 en afname van de mate van overschrijding naar 28,5 µg/m<sup>3</sup>.

## 5.2 Optimalisatie van de elektrificatie

De ligging van de 31 overschrijdingspunten alsmede de VOP's zijn weergegeven in figuur 1. De overschrijdingspunten liggen langs de A10 en A4. Bij de A4 liggen de overschrijdingspunten bij de tunnelmonden en tussen de A4 en Rijkerstreek (in deze strook ligt een fietspad).



Figuur 1 Overzicht van de overschrijdingspunten (scenario 480.000 vtb/0% elektrificatie) en de ligging van de VOP's (gegroepeerd per taxigroep)

Het effect van de elektrificatie van een VOP op de overschrijdingspunten is afhankelijk van zowel de omvang van de VOP alsmede de afstand tussen de VOP en de overschrijdingspunten. Aangezien de hoogste overschrijdingen worden berekend ter plaatse van de tunnelmonden is het te verwachten dat de VOP's in groep H in deze zin het belangrijkste zullen zijn.

Op basis van de totale bijdrage van de APU/GPU's per VOP over de 31 beschouwde punten is een sortering gemaakt van de VOP's naar effect op de mate van overschrijding. Hierbij is de APU/GPU bijdrage uit het scenario van 480.000 vtb/0% elektrificatie gesommeerd. Uit



deze sommatie volgt een gemiddelde volgorde in taxigroepen (in volgorde van afnemend effect): H, M, L, F en G.

De 5 VOP's van taxigroep F zijn onder te verdelen in een tweetal VOP's vlakbij de A4 en 3 VOP's die verder weg liggen (zie ook figuur 1). De eerste twee (met bijdragen van 0,9 en 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) liggen in de rangschikking duidelijk hoger dan de overige drie (gemiddelde bijdrage van 0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Bij taxigroep H is er een driedeling: de drie meest oostelijke VOP's hebben de laagste bijdrage (circa 0,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), daarna volgen de twee VOP's in het midden met een bijdrage van circa 0,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en daarna de zes meest westelijke VOP's met de hoogste bijdrage variërend van 1,5 tot 6,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De bijdragen van de VOP's uit taxigroep M is 0,6 tot 0,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en dus vergelijkbaar met de drie laagste VOP's uit groep H. De bijdragen van VOP's uit taxigroep G is verwaarloosbaar: 0,01  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ook de bijdragen van de VOP's uit taxigroep L is laag en varieert van 0,24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  tot 0,35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In tabel 2 zijn de resultaten van de optimalisatie weergegeven. Voor de optimalisatie zijn zeven situaties doorgerekend. Situatie 1 betreft het elektrificeren van de drie hoogste VOP's uit groep H. Het effect hiervan op de mate van overschrijding is groot: deze neemt af van 47,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  naar 37,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Met deze maatregel ligt de mate van overschrijding nog wel boven die van de 0-situatie. Na het elektrificeren van de 5 hoogste VOP's uit groep H (situatie 2) ligt de mate van overschrijding tussen die van de 0-situatie en het referentiealternatief in, het aantal punten waarop een overschrijding wordt berekend ligt nog wel hoger dan in de 0-situatie. Om het aantal overschrijdingspunten terug te brengen naar het niveau van de 0-situatie is het nodig om de 8 hoogste VOP's uit groep H en 3 uit groep M te elektrificeren (situatie 5). De mate van overschrijding ligt dan ruim lager dan in de 0-situatie (31,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ten opzichte van 36,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Pas na het elektrificeren van alle VOP's uit groep H en 3 uit groep M wordt het aantal overschrijdingspunten teruggebracht tot het aantal in het referentiealternatief (23 punten).

Tabel 2 Resultaten optimalisatie elektrificatie specifieke VOP's. Voor 7 situaties is het effect van elektrificatie doorgerekend. Waarden die gelijk of lager zijn dan de 0-situatie zijn groen weergegeven, waarden die tevens lager zijn dan het referentiealternatief zijn blauw weergegeven

	eenheid	0	1	2	3	4	5	6	7
minimum	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	40,0	39,7	39,1	38,8	38,6	38,7	38,6	38,5
gemiddelde	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	41,6	41,6	41,5	41,4	41,4	41,4	41,4	41,3
maximum	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	46,9	47,2	47,1	46,9	46,8	46,8	46,8	46,7
mate van overschrijding	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	36,4	37,1	35,3	33,2	32,1	32,2	31,8	30,7
overschrijdingspunten	n	24	28	27	27	26	26	24	23

0 0-situatie 437.000 vtb en 0% elektrificatie

1 elektrificatie van de 3 meest westelijke VOP's uit groep H (de VOP's met de hoogste bijdragen)

2 elektrificatie van de 5 VOP's uit groep H met de hoogste bijdragen

3 elektrificatie van de 8 VOP's uit groep H met de hoogste bijdragen

4 elektrificatie van alle VOP's uit groep H

5 elektrificatie van de 8 hoogste VOP's uit groep H plus de 2 hoogste uit groep M

6 elektrificatie van de 8 hoogste VOP's uit groep H plus 3 uit groep M

7 elektrificatie van alle VOP's uit groep H plus 3 uit groep M

Op basis van de optimalisatie kan geconcludeerd worden dat selectieve elektrificatie van de VOP's een groter effect heeft op de luchtkwaliteit dan een gemiddelde elektrificatie van 60%. Na elektrificatie van de 5 grootste VOP's uit taxigroep H ( $5/38 = 13\%$  elektrificatie) is de mate van overschrijding al teruggebracht tot onder het niveau van de 0-situatie. Na elektrificatie van de 8 hoogste VOP's uit groep H plus 3 uit groep M ( $29\%$  elektrificatie) is ook het aantal overschrijdingspunten gelijk aan de 0-situatie. In deze situatie treedt er dus een verbetering van luchtkwaliteit op, bij een gelijkblijvend aantal overschrijdingspunten.

## 6 CONCLUSIES

Op basis van de verschillende bronbijdragen zoals bepaald in de studie in het kader van de bestemmingsplanprocedure (KEMA, 2008) en de nieuwe GCN waarden is de jaargemiddelde concentratie  $\text{NO}_2$  bepaald voor het jaar 2010 voor de 0-situatie het referentiealternatief alsmede verschillende scenario's voor de elektrificatie bij 480.000 vtb.

Op basis van de berekeningen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- als gevolg van de nieuwe GCN-waarden van maart 2009 neemt het overschrijdingsgebied verder af ten opzichte van de korte termijn studie
- elektrificatie van 60% van alle VOP's is nog steeds een ruim afdoende maatregel om de extra immissie door toename van de emissies ten gevolge van de toename van het aantal vliegtuigbewegingen te compenseren
- de bijdrage van de afzonderlijke VOP's aan de luchtkwaliteit en met name de mate van overschrijding varieert sterk. In het algemeen neemt het effect per taxigroep af in de volgorde: H, M, L, F en G
- selectieve elektrificatie van de VOP's heeft daardoor een groter effect op de luchtkwaliteit dan een gemiddelde elektrificatie van 60%:
  - elektrificatie van de 5 grootste VOP's uit taxigroep H brengt de mate van overschrijding al terug tot onder het niveau van de 0-situatie
  - elektrificatie van de 8 hoogste VOP's uit groep H plus 3 uit groep M brengt het aantal overschrijdingspunten terug tot het niveau van de 0-situatie
  - deze variant (elektrificatie van de 8 hoogste VOP's uit groep H plus 3 uit groep M) geeft dan al een verbetering van de luchtkwaliteit te zien ten opzichte van het nulalternatief. Ook is in die situatie de mate van overschrijding lager dan in het referentiealternatief.

## **REFERENTIES**

NLR/KEMA, 2008 (A. Hoolhorst, J.J. Erbrink, E. Kokmeijer, R.D.A. Scholten). Luchtkwaliteit rond luchthaven Schiphol. Verfijningsberekeningen voor MER korte termijn 'Verder werken aan de toekomst van Schiphol en de regio' Rapport NLR-CR-2008-241.

KEMA, 2008 (E. Kokmeijer, J.J. Erbrink). Luchtkwaliteitsonderzoek Schiphol en omstreken in het kader van ruimtelijke ontwikkelingsplannen. Rapport KEMA 50863767-TOS/ECC 09-5234.