adecs airinfra

Adres:
WTC The Hague
Toren C | 8e etage
Prinses Beatrixlaan 542
2595 BM | Den Haag

+31 (0)85 00 711 00
info@airinfra.eu
www.airinfra.eu

Den Haag, 11 mei 2018
Onderwerp :Beschrijving modellering
Kenmerk :-
Versie :1.0
Opgesteld door :ir. W.B. Haverdings

1 Berekeningsmodellering

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van hoe de berekeningen van emissie, depositie en concentratie zijn uitgevoerd.

1.1 Emissie indicatoren

Er zijn momenteel drie soorten berekeningen voor de luchtkwaliteit in gebruik, met resultaten waaraan verschillende normen kunnen worden gesteld. De berekeningsresultaten behoren bij de volgende indicatoren:

- De totale emissiehoeveelheden per periode op een luchthaven (tot een hoogte van 3.000 voet):
  - Conform de ICAO Exhaust Emission Databank standaardberekening;
  - Conform de RMI Schiphol (aangepaste ICAO-methode en database).
- De gemiddelde (emissie)concentraties voor een periode in het gebied rond de luchthaven.
- De deposities gedurende een periode in het gebied rond de luchthaven.

1.1.1 Totale emissies

Voor de totale emissieberekening wordt gebruik gemaakt van de methode die origineel is toegepast voor de ICAO Exhaust Emission Databank en uitvoerig beschreven in ICAO Annex 16 volume II "*Aircraft engine emissions* ". In deze documenten wordt een standaard start- en landingcyclus gedefinieerd ofwel een LTO-cyclus (Landing-Take-off-cycle). Deze LTO-cyclus bestaat uit vier vluchtdelen of modes waarvoor separaat emissie- en brandstofgebruikgegevens worden gemeten en vastgelegd. De LTO-berekening beperkt zich conform de ICAO LTO-definitie tot de emissies in de atmosfeer tot de menglaaghoogte, een voor de LTO-definitie aangenomen gemiddelde hoogte van 3000 voet. Daarmee geven de LTO-totalen een indicatie van de emissies ten gevolge van luchtvaart in de onderste laag van de atmosfeer, de menglaag genaamd. Er vindt maar weinig uitwisseling plaats tussen deze menglaag waarin wij leven en de daarboven gelegen vrije atmosfeer.

De vluchtdelen of modes waarvoor meetgegevens worden vastgelegd betreffen:

- Approach
- Take-off
- Climb-out
- Taxi/Idle

De emissie en brandstofgebruikgegevens moeten bij de (her)certificatie van een nieuwe vliegtuigmotor (of variant ervan) worden gemeten en gepubliceerd. De gemeten emissiegegevens moeten aan normen voldoen die in de afgelopen jaren steeds strenger zijn geworden.

Voor iedere mode zijn typische tijden vastgesteld. Initieel zijn deze door de ICAO vastgesteld, en waren dit standaardtijden bedoeld voor vliegtuigbewegingen met toestellen met turbofanmotoren. Met de aanvulling van de database voor andere motortypen zijn aparte typische tijden vastgesteld voor andere groepen motoren en daarmee voor groepen vliegtuigtypen. Deze typische tijden worden nu per motortype gedefinieerd middels de TIM-code van de motor. Bij gebruik van de typische tijden voor de verschillende LTO-modes behorende bij een bepaalde TIM-code wordt geen rekening gehouden met de feitelijke vluchtuitvoering maar gebruik gemaakt van de standaardtijden van een standaard LTO-cyclus zoals vastgelegd in een database.

De ICAO- en RMI-emissiedatabase bevatten emissiegegevens voor respectievelijk

- de resultaten van onvolledige verbranding: koolwaterstoffen (C_xH_y of VOS), koolmonoxide (CO) en PM_{10} (fijn stof);
- de producten van volledige verbranding, kooldioxide en water (CO_2 en H_2O), dit zijn vaste emissiehoeveelheden per kg brandstof,
- en het bijproduct van de verbranding, de stikstofoxiden (NO_x).

Het bijproduct ontstaat in de hete motor door reactie van de stikstof in de lucht met de zuurstof uit de lucht. De emissiegegevens zijn gedefinieerd als emissie-indexen, ze geven de hoeveelheid emissies van een bepaalde stof per kilogram verbruikte brandstof in g/kg.

Totale emissieberekening methode i.

Voor iedere motor is voor iedere mode bij certificatie vastgesteld wat het brandstofgebruik is (in kg/s), en wat de emissie-index van de afvalgasemissies is (in g/kg). Tevens zijn de typische modetijden bekend via de TIM-code (in s). Daarnaast is bekend hoeveel motoren een bepaald type toestel heeft. Door vermenigvuldiging van het aantal motoren, het brandstofgebruik en de emissie index van een bepaalde stof kan voor ieder toestel de bijdrage van 1 LTO-cycle aan de totale emissie van die stof voor een luchthaven worden berekend (# * kg/s * g/kg * s = kg).

Totale emissieberekening methode ii.

Aanvullend hierop wordt soms de time in mode (in s) voor de taxi-mode niet constant genomen maar berekend uit de taxiafstand (m) en typische taxisnelheden (m/s), dit omdat voor een aantal stoffen de taxifase het meest vervuilend is en omdat de tijd voor deze mode sterk kan afwijken van de standaardtijd.

Correcties en aanvullingen

Voor beide methoden kunnen de taxi-emissies gecorrigeerd worden voor het taxiën met een beperkt aantal motoren gedurende een deel van de taxitijd. Daarnaast kunnen de berekeningen worden aangevuld voor het gebruik van de Auxiliary Power Unit (APU), de Ground Power Unit (GPU) en/of Walstroom.

De Auxiliary Power Unit is onderdeel van het vliegtuig, het is een stroomgenerator bedoeld voor de momenten waarop de motoren van het vliegtuig zijn uitgeschakeld. Deze generator kan op het platform worden gebruikt als er behoefte is aan stroom (airconditioning, verlichting, starten hoofdmotoren).
De Ground Power Unit is een alternatieve generator die door de luchthaven beschikbaar wordt gesteld in plaats van de APU. Deze apparaten geven de luchthaven de mogelijkheid om de geluidsbelasting en de emissies op het platform te reduceren. Als alternatief voor de GPU wordt soms Walstroom aangeboden.

Toegepaste methode
Adecs Airinfra gebruikt standaard methode ii met de genoemde correcties indien deze van toepassing zijn.

1.1.2 Emissieconcentraties en deposities

Voor de berekening van de concentraties en deposities op posities rond de luchthaven zijn de posities van de emissiebronnen noodzakelijk. Daartoe wordt de vluchtuitvoering rond de luchthaven gesimuleerd. De uitstoot wordt gemodelleerd door op vaste afstanden langs de 3D-vliegbaan tijdelijke bronnen te plaatsen die vergelijkbare hoeveelheden emitteren als de zich langs de vliegbanen verplaatsende vliegtuigen. Daarbij wordt rekening gehouden met de hoogtes en snelheden van de toestellen tijdens de vluchtuitvoering. Voor het toegepaste vliegvermogen in de verschillende vluchtfases (modes) wordt bij de berekeningen gebruik gemaakt van de in de emissiedatabase gedefinieerde standaardvermogens voor de modes taxi, approach, take-off en climb-out (zie paragraaf 1.2).

De hoeveelheden uitgestoten emissies per beschouwde periode worden vervolgens op twee manieren verder verwerkt:
1) Door de verspreiding van de emissies in de tijd te berekenen worden de gemiddelde concentraties bepaald gedurende een bepaalde periode, waaruit de gemiddelde te verwachten emissieconcentratie in een jaar wordt berekend. Deze berekening wordt uitgevoerd met hulp van gegevens die door het RIVM worden aangeleverd via het model preSRM. De berekening wordt verder uitgevoerd in de Adecs Airinfra implementatie van het NNM.

2) Door de uurgemiddelde hoeveelheid emissies in het rekeninstrument AERIUS te verwerken worden de deposities van met name stikstofoxiden in de omliggende landschappen bepaald. Sinds 1 juli 2015 is in het kader van de PAS (Programma Aanpak Stikstof) aangegeven dat voor vergunningaanvragen en verlening gebruik moet worden gemaakt van het rekeninstrument AERIUS voor de verspreidingsberekeningen. AERIUS berekent voor alle bronnen, met uitzondering van het wegverkeer, de verspreiding van de emissies en de depositiebijdrage met het Operationele Prioritaire Stoffen model (OPS).

1.2 Het modelleren van de vliegbaan

1.2.1 Posities en snelheden, bronnen van informatie

- Vliegroute

Aan- en uitvliegroutes zijn per luchthaven gedefinieerd en beschikbaar. De verdeling van het vliegverkeer over de routes hangt af van baangebruik en routeverdeling. Deze verdelingen zijn, identiek aan de routes die worden toegepast in de geluidsberekeningen, ze zijn derhalve veelal beschikbaar en beschreven.

- Appendices

Deze bevatten, per geluidsklasse, informatie over de te volgen start- en landingsprocedures. De Appendices bevatten informatie over hoogte- en snelheidsprofielen langs de te vliegen route. De benodigde procedure is per gemodelleerde vliegtuigbeweging beschikbaar uit de berekeningen van de geluidsbelasting.

- Taxiroute

Voor het modelleren van de taxiroutes is een aparte module ontwikkeld die, gelet op (onder meer) de infrastructuur en rijrichting, de kortst mogelijke weg berekent via de beschikbare taxiroutes, van opstelplaats naar baankop en vice versa. Deze route geeft een benadering van de werkelijk gevolgde taxitrajecten.

- Taxisnelheden

Per TIM-code (deze codeert het soort vliegtuig) wordt aan de hand van specifieke informatie (doorgaans beschikbaar gesteld door de exploitant) een gemiddelde taxisnelheid gedefinieerd. Het toestel verplaatst zich met deze snelheid langs de taxiroute.

- GPU, APU, Walstroom

Afhankelijk van de luchthaven zal er gebruik gemaakt worden van APU (Auxiliary Power Unit), GPU (Ground Power Unit) en/of Walstroom tijdens het verblijf van het toestel op het platform van de luchthaven. De mate waarin gebruik gemaakt wordt van deze voorzieningen en de toegepaste generatortypen worden doorgaans door de exploitant van de luchthaven gespecificeerd.

1.2.2 Van vliegbaan naar emissiepunten

1.2.2.1 Vliegbaan, route en procedure

Een belangrijk onderdeel van het door Adecs Airinfra ontwikkelde model wordt gevormd door het omzetten van de vliegbaan (x,y,z,t) naar een reeks van discrete emissie- of bronpunten. Daartoe wordt de vlucht gesimuleerd aan de hand van de verplaatsing over de grond (route of grondpad, x,y), het hoogteverloop en het snelheidsverloop (samen het vliegprofiel, afkomstig uit de Appendices berekening geluidsbelasting luchtvaart). De positionering van de bronnen kan worden ingesteld door middel van een vooraf te definiëren afstand langs de vliegbaan. Deze afstand is vrij te kiezen en afhankelijk van het gewenste detailniveau. Standaard wordt hier een afstand van 50 meter voor gebruikt. De bronnen worden conform de ICAO LTO-definitie gemodelleerd tot een hoogte van 3.000 voet (menglaag van de atmosfeer, zie ook 1.1.1).

Uit de afstand tussen de verschillende emissiepunten (m) en de snelheid tussen de punten (m/s) wordt de emissietijd (in s) in het emissiepunt bepaald.

1.2.2.2 Vliegmode

Naast de positie van de bron wordt ook de mode vastgesteld waarin het toestel zich bevindt. De mode geeft een indicatie van het vermogen dat door de motor wordt opgewekt om het betreffende vluchtdeel uit te kunnen voeren. De mode aannames zijn de volgende: Take-off-mode tot 1000 voet hoogte, Climb-out-mode bij vertrek boven de 1000 voet, Approach-mode gedurende de aankomst en uitrol op de landingsbaan, Taxi-mode gedurende de rol over de taxibanen.

1.2.2.3 Bronemissie per vlucht

Met hulp van de RMI-database volgen uit de mode, afhankelijk van het gemodelleerde type/motorcombinatie, het aantal motoren, het brandstofverbruik (kg/s) en de emissiefactoren (g/kg) van de motor in de bronpositie. Vermenigvuldiging geeft de emissiehoeveelheid per emissiestof per seconde (g/s) in de bronpositie.

Met de emissietijd (in s) en de emissiehoeveelheid per seconde (g/s) wordt de totale emissie per vlucht in de bron (het emissiepunt) bepaald (in g).

1.2.2.4 Gemiddelde emissiehoeveelheden per periode

Door sommatie over het totale aantal vluchten in een bepaalde periode (bijvoorbeeld een maand) langs dezelfde route en vliegprocedure en door deling door de periodetijd (in s) is de gemiddelde emissie per seconde in een periode in een specifiek bronpunt te bepalen.

Voor de gemiddelde concentratieberekeningen zijn de gemiddelde emissies per seconde voor maandperiodes noodzakelijk.
Voor de depositieberekeningen wordt gebruik gemaakt van de gemiddelde emissie per seconde voor een jaarperiode (gemiddelde van 12 maandperiodes).

1.2.3 Invoer voor AERIUS

Met de locatie van de emissie, de tijdsduur van de emissie per emissiepunt en de uitstoot in grammen per seconde, is de emissie in de emissiepunten bekend. Met deze resultaten worden de emissiebronposities en de emissies van een gemiddeld uur (totale emissies in een jaar gedeeld door aantal uren in een jaar) berekend voor de depositieberekening in AERIUS.