

Inschatting van de gezondheidssimpact door geluid ten gevolge van vliegverkeer in de buurt van de Belgische nationale luchthaven volgens de E-HIS methode

HANS HOOYBERGHS, KATLEEN DE BROUWERE, LEO DE NOCKER

April 2024 - *finale rapport*

Studie uitgevoerd door VITO in het kader van de PartnerOrganisatie MilieuGezondheidsZorg in opdracht van Departement Zorg

SAMENVATTING

De activiteiten van Brussels Airport (Belgische nationale luchthaven) veroorzaken geluidsoverlast bij omwonenden. In het milieueffectrapport (MER), opgesteld in het kader van de hervergunningsaanvraag, werd de impact voor 2 scenario's (scenario 2019 en toekomstscenario 2032) becijferd. In de MER is sprake van een verwachte daling (scenario 2032 t.o.v. 2019) van 207 000 ernstig gehinderden naar 187 000 ernstig gehinderden, en een verwachte daling van 98 000 naar 84 000 mensen die lijden aan ernstige slaapverstoring ten gevolge van geluid door vliegverkeer. In opdracht van BBL becijferde het Frans studie bureau Envisa dat deze geluidsoverlast (scenario 2019) gepaard gaat met 4 830 DALY's¹ voor ernstige hinder, 7 630 DALY's voor ernstige slaapverstoring en 6 800 DALY's voor cardiovasculaire ziektes. Dit impliceert volgens Envisa een maatschappelijke gezondheidskost van 1 miljard EUR/jaar voor ernstige slaapverstoring, 0,9 miljard EUR/jaar voor cardiovasculaire ziektes en 0,6 miljard EUR/jaar voor ernstige hinder.

In huidige studie zijn we een stap verder gegaan door de gezondheidssimpact door geluid ten gevolge van vliegverkeer in de omgeving van de nationale luchthaven op een fijnmazige ruimtelijke resolutie te berekenen (op gemeente en statistisch sectorniveau), en dit voor verschillende indicatoren (attributieve aantallen, DALY's en gezondheidseconomische kosten). Dit moet beleidmakers in staat stellen om maatregelen te nemen specifiek op wijken en regio's waar de hinder- en gezondheidsschade het grootst is. Hiervoor gebruiken we de Vlaamse E-HIS-methode. VITO heeft in 2020 de E-HIS-methode uitgewerkt voor luchtverontreiniging en geluidsdruk ten gevolge van wegverkeer. In de huidige studie werd de E-HIS-methode uitgebreid m.b.t. geluid ten gevolge van vliegverkeer. Wat betreft de geluidskaarten, baseren we ons in deze studie op geluidskaarten (tijdsgewogen jaargemiddelde impact voor 2019 en 2032) opgemaakt in het kader van de "MER hernieuwing Omgevingsvergunning Luchthaven Brussel Nationaal". Wat betreft gezondheidssimpactfuncties baseren we ons op het WHO-rapport 'Environmental Noise Guidelines for the European Region (WHO, 2018), en beschouwen we in eerste instantie gezondheidseffecten waarvoor WHO voldoende bewijskracht ziet ('primaire effecten', waarvan de bewijskracht matig of hoog is), en doen we bijkomend berekening voor secundaire effecten (bewijskracht zwak of zeer zwak). Voor geluid door vliegverkeer worden ernstige hinder, ernstige slaapverstoring en cognitieve effecten bij kinderen (vertraagde lees- en luisterbegrip) als primaire effecten beschouwd, terwijl ischemische hartziekten als secundaire effecten beschouwd worden. We houden enkel rekening met de relatieve risico's (RR) die significant verschillend zijn van één (bijvoorbeeld, voor hypertensie is er een impactfunctie van lage kwaliteit geselecteerd door WHO, maar de RR bedraagt 1,00 (95% BI: 0,77–1,30), en daarom wordt deze niet doorgerekend).

Voor het berekenen van de gezondheidseconomische kosten worden de attributieve aantallen ten gevolge van geluid door vliegverkeer doorgerekend in economische termen door deze aantallen te vermenigvuldigen met de gezondheidskosten per ziekte of effect. Deze methode is gebaseerd op de algemene WHO/OESO-methodiek, en de geluidsimpactspecifieke methodiek van het EPA Network en neemt 3 componenten in rekening, namelijk: 1) ziektekosten, 2) kosten voor productiviteitsverlies en 3) welvaartverlies door lijden of sterke hinder. Bij de toepassing worden methodes en kengetallen gehanteerd die het beste de effecten van vliegverkeer inschatten.

¹ Disability-Adjusted Life Years, die de som zijn van het aantal verloren levensjaren (Years of Life Lost; YLL) en het aantal verloren gezonde levensjaren (years of healthy life lost due to disability, of YLD) ten gevolge van milieudruk (bv. geluid), waarbij men voor dit laatste rekening houdt met 'disability weight', om de verloren gezonde levensjaren te wegen in functie van ernst van de beperking

Er werden in deze studie twee scenario's, namelijk 'scenario 2019' en 'toekomstscenario 2032', (scenario's opgesteld in het kader van milieueffectrapport voor de hervergunningsaanvraag), doorgerekend.

We becijferden dat er in 2019 in totaal (voor gans het geïmpacteerd gebied, cfr. zelfde gebiedsafbakening als in de MER-studie) 205 000 personen ernstige hinder ondervinden van het vliegtuiglawaai van de luchthaven, wat resulteert in 4 100 DALY's. Daarnaast wordt het aantal personen met slaapverstoringen geschat op 97 000 wat leidt tot 6 850 DALY's. Wat betreft cognitieve effecten, werd er een leerachterstand van 12 300 maanden geconstateerd wat leidde tot 74 DALY's. We berekenden 2 900 gevallen van ischemische hartziekten gerelateerd aan de geluidsoverlast van Brussel Nationaal Luchthaven. Dit resulteerde in een totaal van 1 170 DALY's.

Onze schattingen van aantallen ernstig gehinderden en ernstig slaapverstoorden zijn in overeenstemming met deze in het MER. De inschattingen van DALY zijn ook in overeenstemming met deze gemaakt door Envisa, met uitzondering van DALY's voor cardiovasculaire ziektes. Dit verschil is te verklaren door het gebruik van een andere impactfunctie voor hypertensie door Envisa (dit was gebaseerd op een Franse studie, waarin bij mannen een significant effect op hypertensie werd gevonden), terwijl in onze studie hypertensie buiten beschouwing werd genomen omdat we voorkeur gaven aan de impactfunctie voor hypertensie naar voor geschoven door WHO voor dit effect, dewelke een RR had die niet significant verschillend was van 1.

Wat betreft het scenario 2032, liggen onze berekeningen ook in dezelfde lijn als deze vermeld in het MER. Over het algemeen zijn de schattingen van de geluidsimpact door vliegverkeer in 2032 lager dan die in 2019. Ondanks een toename in passagiersaantallen en vrachttonnage, wordt deze daling in geluidsniveaus bereikt door de inzet van grotere en stillere vliegtuigen. Hierdoor is de verwachte impact op de gezondheid in 2032 ook lager dan in 2019. Specifiek neemt het aantal personen dat ernstige slaapverstoring ondervindt af met 12% en het aantal personen dat ernstige hinder ondervindt met 6%. De veranderingen in andere gezondheidsuitkomsten liggen tussen deze extremen, met een afname van 9% in het aantal maanden leerachterstand en een daling van 8% in het aantal gevallen van ischemische hartziekten. Het is echter belangrijk op te merken dat deze resultaten geen rekening houden met bevolkingsevoluties na 2023. Indien er een bevolkingstoename zal zijn tussen 2023 en 2032 in deze regio (wat de verwachting is), kan het aantal ernstig gehinderden, aantal ernstig slaapverstoring, aantal ischemische hartziekten en kinderen met leerachterstand hoger zijn dan de huidig berekende cijfers voor 2032. De impact van bevolkingstoename op de ziektelast zal afhankelijk zijn van de ruimtelijke spreiding van de bevolkingstoename (namelijk in functie van of de bevolkingsgroei al dan niet in hoog of minder geluidsbelaste gebieden zal plaatsvinden). De economische kosten veroorzaakt door ernstige hinder gerelateerd aan geluidsoverlast door de luchtvaart in 2019 bedragen volgens de E-HIS methode 180 miljoen EUR/jaar. De kosten gerelateerd aan slaapverstoring bedragen ongeveer 25 miljoen EUR/jaar. Voor cognitieve effecten werden de kosten geschat op 5,7 miljoen EUR/jaar. De geschatte kosten gerelateerd aan ischemische hartziekten zijn aanzienlijk hoger, namelijk 800 miljoen EUR/jaar, waarbij ook de economische impact van mogelijk overlijden is meegenomen. Merk op dat de kosten voor ischemische ziektes als meer onzeker dienen beschouwd te worden dan deze voor primaire effecten omwille van de lagere bewijslast.

Er is aanzienlijke verschil in berekeningen van gezondheidseconomische kosten tussen de Envisa-studie en onze studie. Dit heeft te maken met de verschillende methodes die gehanteerd werden voor economische waardering. Dit benadrukt de **grote onzekerheid die gepaard gaat met het bepalen van de economische impact**. Ondanks vergelijkbare inschattingen voor het aantal geïmpacteerd personen en DALY's in beide studies, leiden ze dus toch tot totaal verschillende economische waarderingen. Dit onderstreept het belang van voorzichtigheid bij het maken van inschattingen over

de economische impact van gezondheid en **we adviseren dan ook om bij beleidskeuzes eerder te vertrekken vanuit de gezondheidseffecten en -impact dan vanuit strikt economische evaluaties**. Een bijkomende piste zou zijn om een gevoeligheidsanalyse met inbegrip van verschillende economische waarderingsmethodes te laten uitvoeren.

Een sterkte van deze studie is dat deze inzicht geeft in de ruimtelijke spreiding van de impact van geluid door vliegverkeer op gezondheid en hinder. De gemeenten en statistische sectoren met de hoogste impact zijn, zowel op vlak van aantal gevallen, DALY's als economische impact, diegene waar de geluidskaarten een hoge overlast voorspellen, én waar de bevolkingsdichtheid hoog is (o.a. Brussel, Machelen, Steenokkerzeel en Zaventem). Voor een volledig overzicht van impact per gemeente en statistische sectoren verwijzen we naar de resultatensectie (zie 5.1.2).

Verder duiden we op de beperkingen van deze studie: de modelmatige benadering toegepast in dit rapport dient gezien te worden als een ruwe schatting of predictie van gezondheidsimpact op basis van beschikbare gegevens, modellen en aannames op basis van (veelal buitenlandse) literatuurgegevens. Het is dus eerder een theoretische benadering. Een verfijning of realistischer beeld van de gezondheidsimpact zou kunnen bekomen worden door gegevens specifiek voor de regio luchthaven te verzamelen (via metingen, bevragingen, gezondheidsonderzoek, onderzoek naar effect van milderende maatregelen,...). Er zijn goede voorbeelden van dergelijke studies in de buurt van luchthavens in onze buurlanden voorhanden (o.a. studies in omgeving van Schiphol, en in omgeving van verschillende Franse luchthavens). Dergelijk onderzoek is nog niet uitgevoerd in de regio van de Belgische nationale luchthaven.

Ondanks de beperkingen en onzekerheden geven deze theoretische inschattingen wel een beeld over de grootteorde van de gezondheidsimpact, en geven de resultaten van de ruimtelijke spreiding beleidsmakers inzicht in wijken en regio's waar de hinder- en gezondheidsschade het grootst is, waar maatregelen dus de grootste gezondheidswinst zouden kunnen genereren.

Tenslotte onderstrepen we dat doorrekeningen in dit rapport zijn beperkt tot de twee scenario's (scenario 2019 en toekomstscenario 2032) opgesteld in het kader van milieueffectrapport (MER) voor de hervergunningsaanvraag. De berekeningen en resultaten houden nog geen rekening met de voorwaarden die recent (29 maart 2024) zijn vastgelegd in de nieuwe omgevingsvergunning. In deze voorwaarden wordt tegen 2032 een daling met 30% opgelegd voor sterk gehinderden en aantal personen met sterke slaapverstoring. Dit is een sterkere daling dan het verschil tussen scenario's 2019 en 2032 uit het MER van de hervergunningsaanvraag. De manier waarop deze daling dient of kan gerealiseerd worden is nog niet helemaal concreet uitgewerkt. Deze reductie kan immers via verschillende maatregelen bekomen worden, onder meer door te vliegen met stillere vliegtuigen, door te vliegen op andere uren, door minder vluchten uit te voeren, of zelfs door andere vliegroutes te bepleiten. Daarnaast zijn de voorwaarden rond stille nachtvluchten uit de nieuwe vergunning ook niet opgenomen in het huidige scenario voor 2032.

Eens scenario's (vluchtbewegingen, type vluchten,...) hiervoor uitgewerkt zijn en doorgerekend worden naar geluidskaarten, kunnen deze nieuwe scenario's doorgerekend worden in deze E-HIS tool. De resultaten m.b.t. impact op gezondheid kunnen dan rechtstreeks gevisualiseerd worden in de E-HIS tool. Op die manier kan dan nagegaan worden of de scenario's tegemoet komen aan de 30% reductie van sterk gehinderden en aantal personen met sterke slaapverstoring, en kan de ruimtelijke spreiding van de impact bij verschillende scenario's inzichtelijk gemaakt worden.

INHOUDSTAFEL

HOOFDSTUK 1: INLEIDING	9
HOOFDSTUK 2: METHODE	11
2.1 INDICATOREN GELUID (BLOOTSTELLING)	11
2.2 METHODES BEREKENEN GEZONDHEIDSIMPACT	11
2.2.1 BEREKENING VAN ATTRIBUTIEVE AANTALLEN (PER GEZONDHEIDSEFFECT)	11
2.2.2 BEREKENEN VAN DALY'S	12
2.2.3 BEREKENINGEN VAN ECONOMISCHE KOSTEN	12
HOOFDSTUK 3: GEGEVENS	15
3.1 GELUIDSKAARTEN	15
3.2 GEZONDHEIDSIMPACTFUNCTIES	16
3.2.1 LDEN EN GEZONDHEID	17
3.2.2 LNIGHT EN GEZONDHEID	20
3.2.3 SAMENVATTING: GEBRUIKTE IMPACTFUNCTIES	20
3.3 ZIEKTEGEGEVENS	23
3.3.1 ISCHEMISCHE HARTZIEKTES	23
3.3.2 ANDERE EINDPUNTEN	23
3.4 DISABILITY WEIGHTFACTOREN	23
3.5 MONETAIRE GEGEVENS	24
3.5.1 KOSTEN VOLY'S	24
3.5.2 GEZONDHEIDSKOSTEN	24
3.6 BEVOLKINGSGEGEVENS	27
3.7 GEOGRAFISCHE INFORMATIE	28
HOOFDSTUK 4: BEREKENINGEN	30
4.1 BESCHOUWDE SCENARIO'S	30
4.2 BEREKENING VAN BLOOTSTELLING	30
4.3 BEREKENING VAN AANTAL ZIEKTES, ERNSTIG GEHINDERDEN, SLAAPVERSTOORDEN EN KINDEREN MET VERTRAAGDE LEES- EN LUISTERBEGRIIP	31
4.4 BEREKENING VAN VERLOREN GEZONDE LEVENSIJAREN (DALY'S)	32
4.5 BEREKENING VAN DE ECONOMISCHE KOSTEN	32
HOOFDSTUK 5: RESULTATEN	34
5.1 RESULTATEN	34
5.1.1 TOTALEN	34
5.1.2 RUIMTELIJKE SPREIDING	40

5.2 ANDERE SCENARIO'S	44
5.3 ONZEKERHEDEN EN AANBEVELINGEN VERDER ONDERZOEK	44

HOOFDSTUK 1: INLEIDING

Het geluid van vliegtuigen heeft een effect op de leefomgeving en kan hinder en gezondheidsschade veroorzaken. De mate waarin milieudruk, zoals geluid, hinder en gezondheidsschade veroorzaakt wordt berekend door het toepassen van gezondheidsimpactfuncties, die gebaseerd zijn op verschillende epidemiologische studies.

In opdracht van departement Zorg (toen: Agentschap Zorg en Gezondheid) heeft VITO in 2020 een methode en een tool (E-HIS) uitgewerkt om gezondheidsimpactfuncties toe te passen op Vlaamse gegevens m.b.t. luchtverontreiniging en geluidsdruk. Als resultaat wordt in deze tool morbiditeit, mortaliteit en daaraan gerelateerde economische kosten ten gevolge van langetermijnblootstelling aan lucht- en geluidspollutie op hoge ruimtelijke resolutie in Vlaanderen in kaart gebracht (Hooyberghs et al., 2020). Wat betreft geluid, omvat deze tool geluid door wegverkeer; echter voorlopig geen geluid door vliegverkeer.

In maart 2023 heeft het Frans bureau Envisa in opdracht van BBL een schatting gedaan van de economische gezondheidsimpact ten gevolge van vliegverkeergeluid in de regio van de nationale luchthaven (ENVisa, 2023). Deze studie van Envisa was gebaseerd op een methode die Envisa eerder had ontwikkeld en toegepast op de regio Île-de-France, en op basis van geluidskaarten in de regio van de nationale luchthaven berekend door Envisa. Het Envisarapport becijferde de impact voor de totaliteit van de regio in de buurt van de nationale luchthaven, zonder opsplitsing te maken in functie van verschillende zones (zoals statistische sectoren).

In de huidige studie wordt de Vlaamse E-HIS-methode en tool uitgebreid met het aspect geluid door vliegverkeer. De uitbreiding omvat drie aspecten: 1) uitbreiding van de gezondheidsimpactfuncties voor geluid ten gevolge van vliegverkeer, 2) uitbreiding van economische kosten voor deze nieuwe impactfuncties en 3) geografische uitbreiding (enkel voor het aspect geluid door vliegverkeer). Immers, de basisversie van de E-HIS is beperkt tot Vlaanderen. Gezien de impactsfeer van de luchthaven ook delen buiten Vlaanderen omvat (regio Brussel) wordt hiervoor ook de geografische afbakening van de E-HIS voor het aspect geluid door vliegverkeer uitgebreid tot delen van de regio Brussel. Wat betreft de geluidskaarten, baseren we ons in deze studie op geluidskaarten (jaargemiddelde impact voor 2019 en 2032) opgemaakt in het kader van de “MER hernieuwing Omgevingsvergunning Luchthaven Brussel Nationaal” (Antea Group, 2023). In deze studie worden ook het aantal personen met ernstige geluidshinder en het aantal personen met ernstige slaapverstoring per gemeente bepaald, maar er vindt geen doorvertaling naar gezondheidsimpact en economische kosten plaats.

De E-HIS-tool biedt verder de mogelijkheid om hinder en gezondheidsschade te bepalen op een meer fijnmazige ruimtelijke resolutie (namelijk op statistisch sectorniveau). Dit moet beleidmakers in staat stellen om maatregelen te nemen specifiek op wijken en regio's waar de hinder en gezondheidsschade het grootst is.

Dit rapport beschrijft de methode, aannames en data gebruikt om de gezondheidsimpact van vliegverkeer in de buurt van de Nationale luchthaven te berekenen. Specifieke aspecten van vliegverkeer komen uitgebreid aan bod. Andere generieke aspecten worden beknopt in dit rapport besproken. Voor een uitgebreidere toelichting van de algemene aspecten van de methode verwijzen we naar het rapport (Hooyberghs et al., 2020).

Op het einde van dit rapport (zie hoofdstuk 5) worden de resultaten beknopt weergegeven. Voor een volledige weergave van de resultaten verwijzen we naar geografische visualatie tool E-HIS op de website van het Department Zorg.

HOOFDSTUK 2: METHODE

2.1 INDICATOREN GELUID (BLOOTSTELLING)

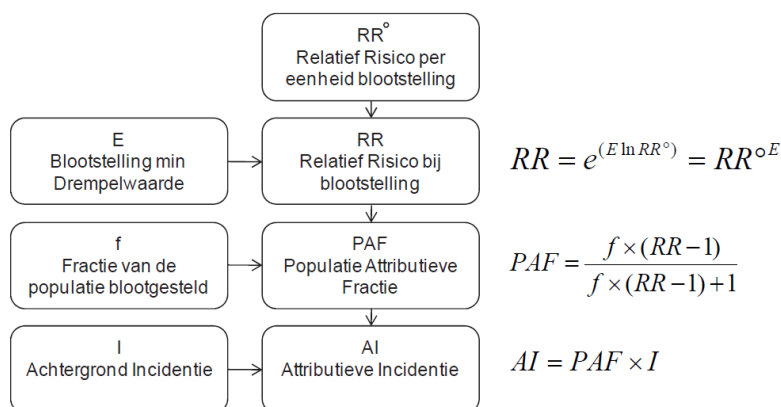
Een eerste stap is het vastleggen van de indicatoren die we gebruiken voor geluid. De indicator **Lden** (Lday-evening-night) wordt gebruikt om geluidshinder gedurende een volledig etmaal te bepalen. De Lden-waarde is het gewogen gemiddelde van de A-gewogen geluidsniveaus gedurende de dag (7-19 uur), avond (19-23 uur, verhoogd met 5 dB(A)) en de nacht (23-7 uur, verhoogd met 10 dB(A)) volgens de Europese Richtlijn 2002/49/EG (Europese Commissie, 2002). In Lden worden dus de geluidsniveaus tijdens de avond en de nacht verhoogd omdat geluidsoverlast 's avonds en 's nachts als hinderlijker wordt ervaren. De indicator **Lnight** is een maat voor nachtlawaai, zijnde relevant voor slaapverstoring. De Lnight-waarde is het A-gewogen geluidsniveau, gemiddeld over een 8-tijdsperiode tijdens de nacht, meestal tussen 23-7 uur. De A-weging geeft een A-gewogen geluidsniveau uitgedrukt in de eenheid dB(A). Het A-gewogen geluidsniveau vertrekt van het geluidsniveau (in dB) en voert een frequentie-afhankelijke correctie in die overeenkomt met de gevoeligheid van het menselijk oor voor geluid. Zo krijgt bv. de toon van 100 Hz een lager geluidsniveau in dB(A) dan de toon van 1000 Hz.

2.2 METHODES BEREKENEN GEZONDHEIDSImpACT

Om de gezondheidssimpact te kwantificeren, worden in een eerste stap de aantallen ziektes (of hinder) en sterftes ten gevolge van de milieubelasting berekend (zie 2.2.1). Deze worden respectievelijk attributieve incidentie (AI) en de attributieve mortaliteit (AM) genoemd, en in de tweede stap kunnen de economische gezondheidskosten berekend worden (2.2.3). Naast het uitdrukken van gezondheidssimpact in economische kosten, kan de gezondheidssimpact ook worden uitgedrukt als het aantal verloren gezonde levensjaren (Disability-Adjusted Life Years; DALY's) (zie 2.2.2).

2.2.1 Berekening van attributieve aantallen (per gezondheidseffect)

De attributieve incidentie (AI) en de attributieve mortaliteit (AM) worden doorgaans berekend op basis van impactfuncties in de vorm van het relatief risico per eenheid blootstelling (RR), de blootstelling (B), en de basisincidentie (I) en/of -mortaliteit (M) (zie Figuur 1).



Figuur 1: Berekening van de gezondheidssimpact op basis van het relatief risico (RR), gemaakt van achtergrondincidentie (of -prevalentie) (Hooyberghs et al., 2020)

Voor een aantal gezondheidseindpunten (ernstige hinder en slaapverstoring, zie verder) is een afwijkende vorm van impactfuncties van toepassing. Voor deze eindpunten maakt men geen gebruik van RR's maar van impactfuncties gebaseerd op (kwadratische) regressievergelijkingen. De vorm van

de uitkomst is wel vergelijkbaar, men berekent namelijk het aantal mensen die ernstige hinder of slaapverstoring ondervinden door vliegverkeer.

2.2.2 Berekenen van DALY's

Naast het berekenen van attributieve aantallen van mortaliteit, ziekte, of hinder per type effect (zie 2.2.1), wordt ook vaak het aantal DALY's (Disability-Adjusted Life Years) berekend, hetgeen de som is van het aantal verloren levensjaren (Years of Life Lost; YLL) en het aantal verloren gezonde levensjaren (years of healthy life lost due to disability, of YLD) ten gevolge van milieudruk (bv. geluid), waarbij men voor dit laatste rekening houdt met '**disability weight**', om de verloren gezonde levensjaren te wegen in functie van ernst van de beperking.

Onderstaande formules worden gebruikt:

$$DALY'_{\text{ziekte X (geluid door vliegverkeer)}} = YLL_{\text{ziekte X}} + YLD_{\text{ziekte X}}$$

Waarbij

$$YLL = \text{attributieve mortaliteit}_{\text{ziekte X}} * \text{aantal verloren levensjaren}_{\text{ziekte X}}$$

$$YLD = \# \text{ attributieve prevalentie}_{\text{ziekte X}} * DW_{\text{ziekte X}} * \text{Duur}_{\text{ziekte X}}$$

met $\text{Duur}_{\text{ziekte}}$: gemiddelde duur van de ziekte (in jaar)

DW's zijn scores die de ernst van de ziekte of verlies in levenskwaliteit uitdrukken, en variëren tussen 0 en 1, waarbij 0 gebruikt wordt voor 'geen beperking' en 1 voor 'maximale beperking'. De scores per type (bv. hinder, slaapverstoring, cognitieve impact) zijn gebaseerd op grote populatieonderzoeken waarbij aan mensen gevraagd werd om de impact per type te scoren voor een specifieke ziekte. WHO heeft voor een lange lijst van gezondheidseffecten en ziektes DW's afgeleid, en hiervan in 2019 een revisie uitgevoerd (WHO, 2020). Voor ernstige hinder, slaapverstoring en cognitieve effecten (zie verder) brengen we geen 'duur' van de ziekte in rekening; we berekenen de jaarlijkse impact. Voor andere effecten (ischemische hartziekten) brengen we wel de duur van de ziekte in rekening (zie verder).

De toegevoegde waarde ten opzichte van de methode beschreven in vorige paragraaf (2.2.1) is dat het DALY-concept een geïntegreerde indicator biedt voor mortaliteit, ziekte, ernstige hinder en slaapverstoring, hetgeen vergelijkbaarheid in gezondheidsimpact over verschillende gezondheidsuitkomsten toelaat.

Hoewel het berekenen van DALY's niet noodzakelijk is om de gezondheidseconomische berekeningen te doen in volgende stap (zie 2.2.3), worden DALY's berekend in deze studie, onder andere om vergelijkbaarheid met andere DALY-inschattingen voor mortaliteit, ziektelast en ernstige hinder en slaapverstoring door vliegverkeer mogelijk te maken.

Merk op dat in de basismethode van de E-HIS-studie (Hooyberghs et al., 2020) geen DALY-berekeningen aan bod komen; de DALY-uitbreiding in E-HIS wordt enkel gedaan voor geluid-luchtvaart Zaventem in kader van dit rapport.

2.2.3 Berekeningen van economische kosten

2.2.3.1 Algemeen: Een gedetailleerd berekening van de verschillende kostencomponenten

Er bestaan verschillende manieren om gezondheids(economische) impact ten gevolge van milieublootstelling uit te drukken en te berekenen.

In de methode gebruikt in de E-HIS-studie (Hooyberghs et al., 2020), en dus ook in deze studie, worden de attributieve aantallen (ziekte en overlijden) (bv. ten gevolge van geluid door vliegverkeer) doorgerekend in economische termen door deze aantallen te vermenigvuldigen met de **gezondheidskosten per ziekte of effect (gezondheidseffect-specifiek)**.

Deze methode is gebaseerd op algemene WHO/OESO-methodiek, en de geluidsimpactspecifieke methodiek van het EPA Network (Bögli, 2018b), en neemt 3 componenten in rekening, namelijk: 1) ziektekosten, 2) kosten voor productiviteitsverlies en 3) welvaartverlies door lijden of sterke hinder.

We geven immers voorkeur aan de gezondheidskosten-gebaseerde methode. Deze leidt tot meer onderbouwde resultaten in vergelijking met een methode waarbij één kengetal (economische kost) per DALY wordt gehanteerd.

Hiervoor dienen verschillende kostencomponenten in detail berekend te worden:

- Ziektekosten omvatten de kosten voor medische verzorging (ziekenhuisopnames, medicatie, hulpmiddelen). Dit wordt ook vaak als Cost of illness of directe gezondheidskost omschreven.
- Kosten van productiviteitsverliezen omvatten kosten voor werkgevers en werknemers omwille van afwezigheid op werk (bij ziekte), lagere werkzaamheidsgraad (bij chronische ziektes of vervroegd overlijden), presentisme (verlaagde productiviteit op het werk), verlies huishoudelijke arbeid of absentisme van mantelzorgers.
- Het derde onderdeel van kosten is het welvaartsverlies voor patiënt en omgeving omwille van verlies van levenskwaliteit (door pijn, lijden en/of hinder) en/of verloren levensjaren. De welvaartskosten voor lijden omvatten de kosten door vervroegde sterfte.

Bij het berekenen van zowel medische kosten, productiviteitsverlies en welvaartverlies door lijden of hinder speelt de duur van ziekte en het aantal verloren jaren door vervroegd overlijden ook een rol.

De drie aspecten zijn uiteraard telkens specifiek per type ziekte/effect (cijfers voor de relevante ziektes: zie verder in 3.5.2).

Merk op dat niet voor elke ziekte of type effect alle 3 de componenten relevant zijn, of kunnen becijferd worden. Bijvoorbeeld, voor “ernstige hinder” ten gevolge van geluid door vliegverkeer zijn er geen directe ziektekosten, en evenmin kosten door vervroegd overlijden (zie verder).

2.2.3.2 Hinder, slaapverstoring en cognitieve impacts

Voor de effecten via hinder, slaapverstoring en cognitieve impacts wordt dit kader heel specifiek ingevuld, waarbij ook specifieke methodes en studies gehanteerd worden die minder relevant zijn voor andere ziektebeelden, maar wel het meest relevant zijn om de effecten van vliegverkeer in te schatten (zie verder 3.5.2).

- Hinder: Er zijn verschillende methodes om de welvaartseffecten van ernstige hinder te monetariseren. De methode uit E-HIS voor monetaire impact t.g.v. ernstige hinder is gebaseerd op een waarderingsinschatting op basis van welvaartseffecten via woningprijzen (‘hedonische waardering’). Deze methode heeft het grote voordeel dat het de kost van hinder kan inschatten, rekening houdend met het geluidsniveau. Een nadeel is dat het mogelijks andere effecten meeneemt. Voor hinder door vliegverkeer is het echter belangrijk om kost in

functie van geluidsniveau te kunnen maken. Een andere methode is hinder direct doorvertalen naar DALY's en deze dan waarderen met kengetallen uit de literatuur, maar beide componenten uit deze benadering zijn zeer onzeker en laten niet toe de specifieke context van hinder door vlieglawaaï mee te nemen. (voor een gedetailleerde discussie zie CE Delft (2023).

- Slaapverstoring: enkel de kosten door productiviteitsverlies kunnen ingeschat worden, en de cijfers zijn gebaseerd op een literatuuroverzicht van Europese studies voor productiviteitsverlies door ernstige slaapverstoring
- Cognitieve impact: hiervoor kunnen enkel de kosten door productiviteitsverlies worden ingeschat, op basis van de literatuur op het effect van leerachterstand op levenslang inkomen.

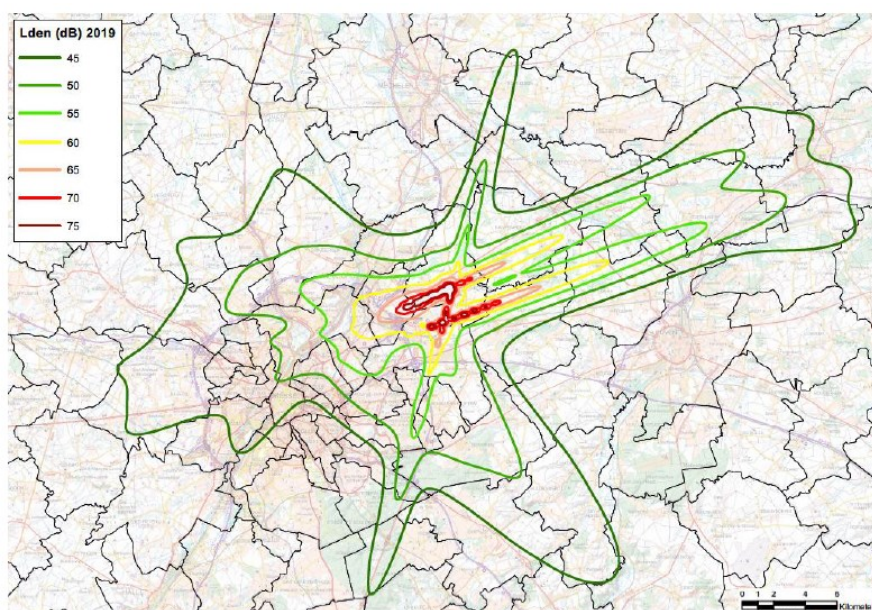
Vervolgens wordt de gezondheidseconomische berekening uitgevoerd door het aantal ernstig gehinderden of ernstig slaapverstoorden te vermenigvuldigd met de kost per gehinderde/ per slaapverstoorde.

HOOFDSTUK 3: GEGEVENS

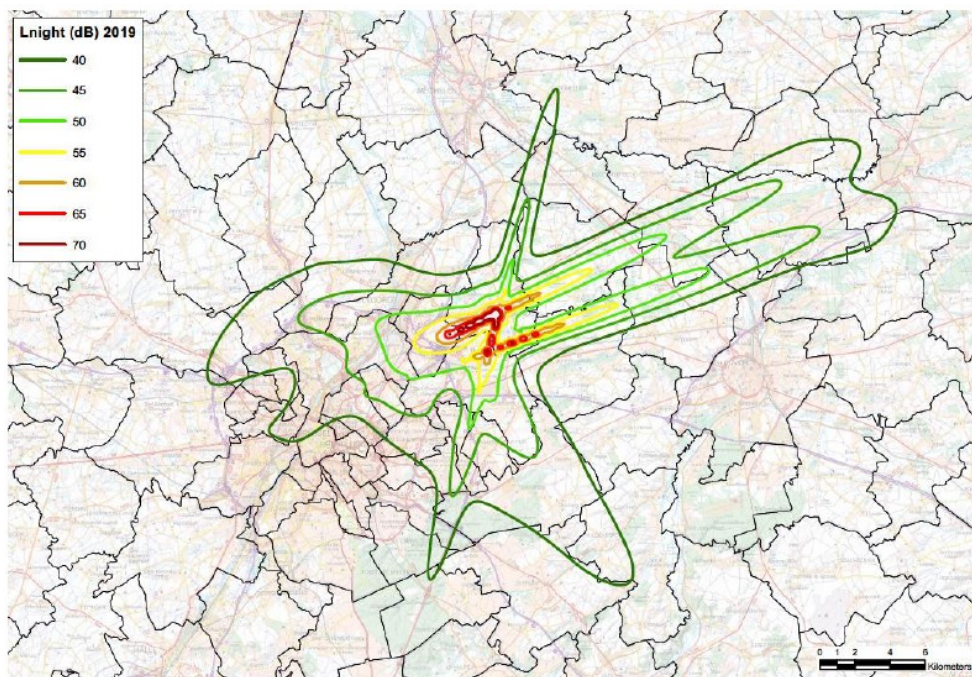
3.1 GELUIDSKAARTEN

In deze studie worden momenteel twee sets geluidskaarten opgenomen, beide ontwikkeld door To70 in het kader van de MER Hernieuwing Omgevingsvergunning voor Luchthaven Brussel Nationaal (Antea Group, 2023). De eerste reeks betreft de situatie van een recent representatief jaar (2019), gebaseerd op een gedetailleerde vluchtlIJst. De tweede reeks richt zich op een toekomstig jaar (2032), waarbij de vluchtlIJst van 2019 is aangepast volgens de verwachte evolutie in vloot, passagiersaantallen en tonnages. Een uitgebreide beschrijving van de gebruikte methodologie is te vinden in de bijbehorende rapportage (Antea Group, 2023).

Beide sets geluidskaarten omvatten twee indicatoren zoals voorgesteld in de Europese Richtlijn betreffende omgevingslawaai: L_{den} en L_{night} . L_{den} is een maat voor de geluidsbelasting en is een gewogen gemiddelde van de A-gewogen geluidsniveaus tijdens de dag, avond en nacht, waarbij de avond en nacht een straffactor krijgen van respectievelijk 5 en 10 dB. De kaarten uit de MER hebben een ondergrens van 45 dB. Enkel gezondheidseffecten boven deze drempel worden dus berekend. L_{night} representeert de gemiddelde geluidsbelasting gedurende de nacht, met een ondergrens van 40 dB. De kaarten voor 2019 worden gevisualiseerd in Figuur 2 en Figuur 3.



Figuur 2: L_{den} -niveaus voor 2019 zoals berekend in de MER Hernieuwing Omgevingsvergunning voor Luchthaven Brussel Nationaal. Figuur overgenomen uit het rapport van de MER (Antea Group, 2023)



Figuur 3: Lnight-niveaus voor 2019 zoals berekend in de MER Hernieuwing Omgevingsvergunning voor Luchthaven Brussel Nationaal. Figuur overgenomen uit het rapport van de MER.(Antea Group, 2023)

Er zijn ook andere reeksen geluidskaarten beschikbaar, zoals de jaargemiddelde kaarten voor 2019 door UGent en voor 2021 en 2022 door To70, opgemaakt in het kader van sectorale vergunningsvoorwaarden van VLAREM Titel II Hst 5.57 'Vliegvelden'. Deze worden echter niet meegenomen in deze studie vanwege de berekening vanaf lagere drempelwaarden in deze studie (55dB voor Lden en 45dB voor Lnight).

3.2 GEZONDHEIDSIMPACTFUNCTIES

In 2018 publiceerde de Wereldgezondheidsorganisatie het rapport 'Environmental Noise Guidelines for the European Region' (WHO, 2018). Op grond van een systematische review van de wetenschappelijke literatuur vatte de WHO de dosis-effectrelaties van geluid samen voor vroegtijdige sterfte en de diverse korte- en langetermijngezondheidseffecten, en dit voor verschillende types omgevingsgeluid (wegverkeer, treinverkeer, vliegverkeer, windturbines,...).

Vermits het WHO-rapport een zeer alomvattend en recent rapport is i.v.m. gezondheid-geluid voor vliegverkeer, zijn de berekeningen in E-HIS (Hooyberghs et al., 2020) wat betreft geluid gebaseerd op gezondheidssimpactfuncties beschreven door (WHO, 2018), en de ondersteunende wetenschappelijke review (Clark & Paunovic, 2018). Ook voor de uitbreiding geluid door geluid door vliegverkeer baseren we ons volledig op de gezondheidssimpactfuncties beschreven door WHO (2018). Nieuwe wetenschappelijke studies m.b.t. invloed van geluid door vliegverkeer en gezondheid gepubliceerd na 2018 werden niet in rekening gehouden voor deze studie.

Voor het beoordelen van de kwaliteit van de evidentie hanteert WHO zogenaamde 'GRADE'-criteria, en deelt de gezondheidssimpactfuncties in volgens bewijskracht (hoog, matig, laag, erg laag) op basis van de (meta)analyse. Deze informatie gebruiken we in deze studie om te selecteren voor welke effecten er berekeningen gebeuren in E-HIS.

3.2.1 Lden en gezondheid

Het overzicht van de belangrijkste gezondheidseffecten voor Lden vliegverkeer uit het WHO-rapport (2018) wordt weergegeven in Tabel 1. In onderstaande paragrafen wordt een korte toelichting gegeven van de onderliggende studies, alsook de effecten waarvoor niet voldoende bewijskracht is, zoals beschreven in WHO (2018).

Tabel 1: samenvatting van gezondheidseffecten door blootstelling aan vliegverkeer (Lden) (overgenomen uit WHO 2018, tabel 29)

Noise metric	Priority health outcome measure	Quantitative risk for adverse health	Lowest level of exposure across studies	Number of participants (studies) ^a	Quality of evidence
Cardiovascular disease					
L_{den}	Incidence of IHD	RR = 1.09 (95% CI: 1.04–1.15) per 10 dB increase	47 dB	9 619 082 ^a (2)	Very low (downgraded for risk of bias; upgraded for dose-response)
L_{den}	Incidence of hypertension	RR = 1.00 (95% CI: 0.77–1.30) per 10 dB increase	N/A	4712 (1)	Low (downgraded for risk of bias and because only one study available)
Annoyance					
L_{den}	%HA	OR = 4.78 (95% CI: 2.27–10.05) per 10 dB increase	33 dB	17 094 (12)	Moderate (downgraded for inconsistency)
Cognitive impairment					
L_{den}	Reading and oral comprehension	1–2-month delay per 5 dB increase	Around 55 dB	(4)	Moderate (downgraded for inconsistency)
Hearing impairment and tinnitus					
L_{den}	Permanent hearing impairment	–	–	–	–

Note: ^a Results are partly derived from population-based studies.

3.2.1.1 Cardiovasculaire systeem

Ischemische hartziekten (IHD)

WHO (2018) baseert zijn selectie voor de RR van 1,09 (zie Tabel 1) voor IHD op resultaten uit **twee ecologische studies** waarin de relatie tussen geluid door vliegverkeer en **incidentie (ziekenhuisopname) van IHD** werd onderzocht. Hierbij waren in totaal 9 619 082 deelnemers betrokken, waaronder 158 977 gevallen. De RR bedroeg 1,09 (95% BI: 1,04–1,15) per 10 dB Lden-toename, en het laagste blootstellingsbereik was ≤51 dB en <45 dB (gewogen gemiddelde: 47 dB). Het bewijsmateriaal werd van zeer lage kwaliteit beoordeeld door WHO.

Daarnaast beschrijft WHO (2018) twee cross-sectionele studies waarin de **prevalentie van IHD** in steden rond luchthavens in Europa werd onderzocht. Deze studies waren gebaseerd op 14 098 deelnemers, waaronder 340 cases. De RR bedroeg 1,07 (95% CB: 0,94– 1,23) per 10 dB stijging in Lden. WHO oordeelde de bewijskracht als laag.

Tenslotte zijn er één cohorte- en twee ecologische studies betreffende vliegverkeersgeluid en **mortaliteit ten gevolge van IHD**. De cohortestudie omvatte 4 580 311 deelnemers, waaronder 15 532 gevallen; de RR bedroeg 1,04 (95% BI: 0,98–1,11) per 10 dB Lden-toename. Het bewijsmateriaal werd van lage kwaliteit beoordeeld. De twee ecologische onderzoeken identificeerden in totaal 3 897 645 deelnemers waaronder 26 066 cases in Nederland en UK. De RR bedroeg 1,04 (95% BI: 0,97–1,12) per toename van 10 dB Lden ; De bewijskracht werd als zeer zwak beoordeeld.

Verder vermeldt WHO (2018) dat er voor de relatie tussen vliegtuiglawaai en IHD geen cohorttestudies of case-controlestudies gevonden werden.

Besluit: WHO (2018) baseert zijn impactfunctie tussen geluid door vliegverkeer en IHD op **incidentie (ziekenhuisopname) van IHD**, vermits voor deze studies de RR significant verschillend is van nul (RR van 1,09 met 95% BI: 1,04–1,15): evenwel is de bewijskracht heel laag. Voor andere indicatoren (prevalentie en mortaliteit) is de RR niet significant verschillend van nul.

Hypertensie

Er werd één cohortstudie gerapporteerd waarin de relatie tussen geluid door vliegverkeer en **incidentie van hypertensie** werd gevonden bij mensen die in Zweden wonen (studie geciteerd door (WHO, 2018)). Bij het onderzoek waren 4 712 deelnemers betrokken, waaronder 1 346 gevallen. De auteurs vonden een niet-statistisch significante effectgrootte van $RR = 1,00$ (95% BI: 0,77–1,30) per 10 dB Lden-toename. Dit bewijs was beoordeeld als matige kwaliteit. Daarnaast werden negen cross-sectionele studies i.v.m. geluid door vliegverkeer en de **prevalentie van hypertensie** bij 60 121 personen beoordeeld, waaronder 9 487 gevallen van hypertensie. De totale RR was 1,05 (95% BI: 0,95–1,17) per 10 dB Lden-toename, met inconsistentie tussen studies. Het bewijsmateriaal werd van lage kwaliteit beoordeeld.

Merk op dat de ENVISA-studie de impactfunctie voor hypertensie uit de Franse DEBAT-studie heeft gebruikt (Evrard et al., 2020). De DEBAT-studie toonde een significant verhoogd risico voor hypertensie t.g.v. geluid bij mannen (OR: 1,34; 95% BI 1,00 – 1,97 per 10dB(A) Light) en voor vrouwen toonde de DEBAT-studie geen statistisch significante verhoging aan. In de huidige studie verkiezen we om ons te houden aan de impactfuncties beschreven in WHO (2018); immers om te oordelen of de RR uit ENVISA al dan niet beter geschikt is als sleutelstudie dan de huidige selectie door WHO (2018), zouden we het rapport van de DEBAT-studie grondig moeten bestuderen, de GRADE-criteria moeten toepassen en een oordeel moeten vellen over de bewijskracht van de DEBAT-studie. Idealiter zou dan ook een systematische review uitgevoerd worden van alle recente studies m.b.t. geluid en hypertensie (update t.o.v. WHO guidelines uit 2018).

Beroertes

Twee ecologische studies m.b.t. **incidentie van beroertes** (ziekenhuisopname) uitgevoerd in steden in de buurt van luchthavens in UK en USA werden gerapporteerd in (WHO, 2018). Deze studies zijn gebaseerd op 9 619 082 deelnemers, waaronder 97 949 gevallen. Een RR van 1,05 (95% BI: 0,96–1,15) per 10 dB Lden toename in geluid werd gevonden. Het bewijsmateriaal werd van zeer lage kwaliteit beoordeeld.

Er werden 2 cross-sectionele onderzoeken gerapporteerd waarin de **prevalentie van een beroerte** bij 14 098 personen werd beoordeeld (waaronder 151 gevallen) (WHO, 2018).. De RR was 1,02 (95% BI: 0,80–1,28) per 10 dB Lden-toename. Het bewijsmateriaal werd van zeer lage kwaliteit beoordeeld.

De relatie tussen geluid van vliegverkeer en **sterfte als gevolg van een beroerte** werd onderzocht in een cohortonderzoek en twee ecologische studies (WHO, 2018). De cohortstudie identificeerde 4 580 311 deelnemers, waaronder 25 231 gevallen, die in Zwitserland woonden; de auteurs vonden een RR van 0,99 (95% BI: 0,94–1,04) per 10 dB Lden toename in geluid. Het gehele bewijsmateriaal werd beoordeeld als matige kwaliteit. De twee ecologische onderzoeken identificeerden in totaal 3 897 645 deelnemers, waaronder 12 086 gevallen, in Nederland en het Verenigd Koninkrijk. De RR

bedroeg 1,07 (95% BI: 0,98–1,17) per 10 dB Lden toename in geluid. Het bewijsmateriaal werd als zeer laag in kwaliteit beschouwd.

Bloeddruk bij kinderen

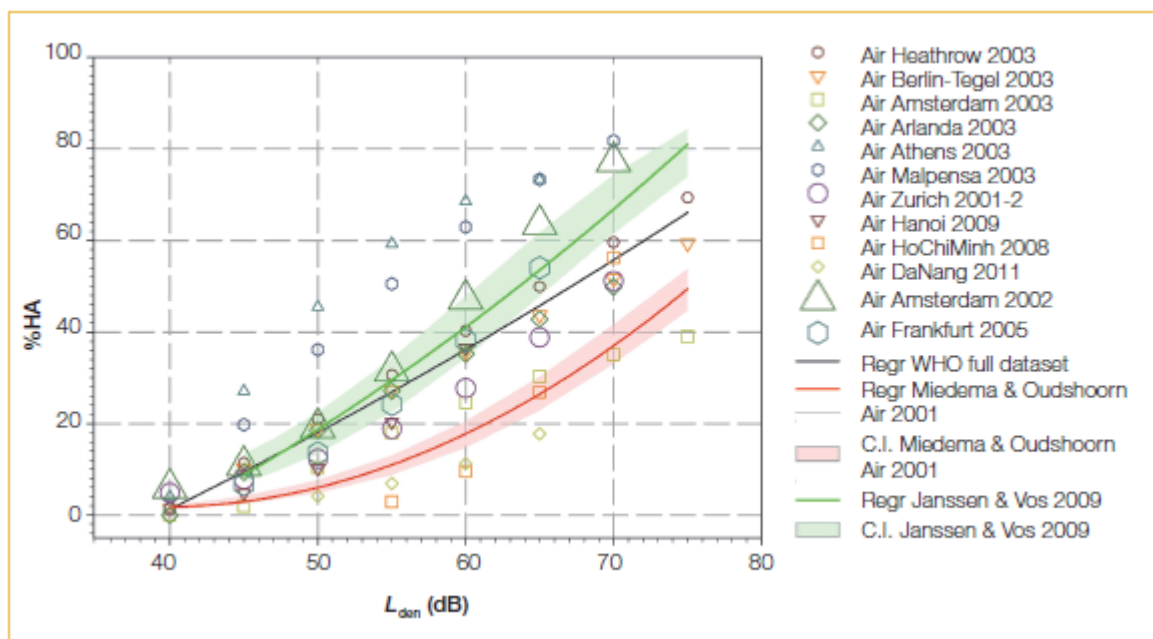
Met betrekking tot geluid van vliegverkeer en **bloeddruk** bij kinderen werden twee cross-sectionele studies gerapporteerd. Er zijn studies uitgevoerd in Australië, Nederland en het Verenigd Koninkrijk. De verandering in zowel de systolische als de diastolische bloeddruk werd gemeten. Er was sprake van ernstige inconsistentie in de resultaten. Het bewijsmateriaal werd van zeer lage kwaliteit beoordeeld (WHO, 2018).

3.2.1.2 Ernstige Hinder ('heavy annoyance' of 'HA')

Er is een grote hoeveelheid bewijsmateriaal waaruit blijkt dat er een verband bestaat tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder. In totaal werden 12 studies gevonden, en deze werden gebruikt om impactfuncties op te stellen voor relatie tussen Lden en %HA (WHO, 2018).

De studies zijn gebaseerd op gegevens van 17 094 deelnemers. De resultaten van de individuele studies zijn weergegeven in Figuur 4, naast een geaggregeerde impactfunctie (zie de zwarte lijn voor "Regr WHO volledige dataset")

Figuur 4: scatterplot en kwadratische regressie van de relatie tussen geluid van vliegverkeer en ernstige hinder (HA) (overgenomen uit WHO 2018, figuur 13)



De systematische review leverde volgende regressie-impactfunctie op (WHO, 2018):

$$\%HA = -50,9693 + 1,0168 \times L_{den} + 0,0072 \times L_{den}^2$$

Vermits de meerderheid van de studies cross-sectioneel waren, werd de bewijskracht als matig beoordeeld.

3.2.1.3 Cognitieve verstoring

Er is volgens de WHO bewijsmateriaal van matige kwaliteit beschikbaar voor een verband tussen geluid van vliegverkeer en **begrijpend lezen en luisteren bij kinderen**. Dit is gebaseerd op een review van 14 studies die de effecten van blootstelling aan geluid door vliegverkeer op begrijpend lezen en luisteren aan de hand van gestandaardiseerde testen bij kinderen (8-12 jaar) onderzocht hebben (Clark & Paunovic, 2018; WHO, 2018). De meeste van de studies (10 van de 14) toonden een statistisch significant verband aan, of toonden op zijn minst aan dat er een trend tussen hogere blootstelling aan geluid door vliegverkeer en slechter begrijpend lezen en luisteren.

Op basis van deze review werd volgende impactfunctie afgeleid: **1-2 maand vertraging in lees- en luisterbegrip per 5 dB toename**. Effecten treden op boven drempelwaarde van 55 dB (WHO, 2018).

Deze relatie wordt ondersteund door bewijsmateriaal over andere gezondheidsuitkomsten die verband houden met cognitie. Er was bewijs van matige kwaliteit beschikbaar voor een verband tussen geluid van vliegverkeer en kinderen met slechtere prestaties op gestandaardiseerde beoordelingstoetsen.

Er was ook bewijs van matige kwaliteit dat geluid van vliegverkeer in verband gebracht kan worden met een slechter langetermijngeheugen bij kinderen. Er was echter geen substantieel effect van geluid van vliegverkeer op aandacht bij kinderen, of op uitvoerende functie bij kinderen (werkgeheugen). Het bewijsmateriaal werd als zeer lage kwaliteit beschouwd (Clark & Paunovic, 2018).

3.2.2 Lnight en gezondheid

3.2.2.1 Ernstige slaapverstoring

Voor geluid van vliegverkeer en zelf-gerapporteerde **slaapverstoring** werden zes studies gerapporteerd die in totaal betrekking hadden op 6 371 deelnemers (gezonde volwassenen) (WHO, 2018). Het merendeel van de studies had een cross-sectionele opzet. De effecten werden in de studies gemeten door zelfrapportage, waarbij de nadruk lag op het stellen van vragen zoals ontwaken uit de slaap, het proces van in slaap vallen en/of slaapstoornissen, waarbij gevraagd werd naar de manier waarop lawaai de slaap beïnvloedt. De bewijskracht van geluid door vliegverkeer op slaapverstoring werd als matige kwaliteit beoordeeld. Het gerapporteerde bereik van geluidsblootstelling bedroeg 37,5–62,5 dB. Ruim 11% (95% BI: 4,72–17,81) van de bevolking kende ernstige slaapverstoring bij een Lnight-niveau boven 40 dB. Op basis van de systematische review werd volgend regressiemodel opgesteld:

$$\%HSD = 16,79 - 0,9293 \times L_{night} + 0,0198 \times L_{night}^2$$

Met HSD: ernstige slaapverstoring

Het model was uitsluitend gebaseerd op Lnight-niveaus buiten tussen 40 dB en 65 dB. De ondergrens van 40 dB werd vastgesteld vanwege onnauwkeurigheden bij het voorspellen van lagere geluidsniveaus.

3.2.3 Samenvatting: gebruikte impactfuncties

In overeenstemming met de E-HIS-methodologie worden blootstellings-effect-impactfuncties al dan niet meegenomen in de E-HIS-berekeningen. Op basis van de scoring van de kwaliteit van de GRADE-criteria, en of een impactfunctie al dan niet significant verschillend is van nul, worden voor opname in de E-HIS-berekeningen, pollutent-gezondheidsparen in 3 categorieën ingedeeld:

- Primair: indien bewijskracht matig of hoog
- Secundair: indien bewijskracht zwak of zeer zwak
- Niet weerhouden: Studies met een 95% ondergrens voor OR of RR van kleiner dan 1 worden als statistisch weinig significant beschouwd.

De weerhouden functies (primair en secundair) worden samengevat in Tabel 2. Studies beschreven in 3.2.1 en 3.2.2 die niet weerhouden zijn, zijn niet opgenomen in het overzicht in Tabel 2.

Merk hierbij op dat in RL 2020/367 (tot aanpassing van bijlage III "Bepalingsmethoden voor gezondheidseffecten" van richtlijn 2002/49/EG), voor vliegtuiggeluid enkel de dosis-effectrelatie voor ernstige hinder en slaapverstoring werd behouden als schadelijk effect. In deze studie gaan we dus breder. Immers, enkel bijkomende effecten (cognitie bij kinderen en ischemische hartziekten) werden immers als primair of secundair beschouwd en meegenomen in berekeningen in dit rapport.

Tabel 2: Overzicht van dosis-effectrelaties voor morbiditeitseffecten door langetermijnblootstelling aan geluid afkomstig van vliegverkeer.

Metriek	Gezondheidseffect	Populatie	Dosis-responsfunctie	95% ondergrens	95% bovengrens	Drempelwaarde	Weerhouden
Lden	Ischemisch hartziektes	Volwassenen	RR = 1,09 per 10 dB toename (incidentie-ziekenhuisopname)	1,04	1,15	47 dB Lden, cfr laagste blootstellingsniveau in sleutelstudie	Secundair (zeer lage kwaliteit)
Lden	Ernstige Hinder	Volwassenen	Impactfunctie: $\%HA = -50,9693 + 1,0168 \times Lden + 0,0072 \times Lden^2$	50% *HA	150% *HA	40 dB Lden, cfr. laagste blootstellingsniveau in sleutelstudies en (zie Figuur 4) [§]	Primair (matige bewijskracht)
Lden	Cognitieve effecten	Kinderen	1,5 maand vertraging in lees en luister begrip per 5 dB toename	1 maand vertraging in lees- en luister-begrip**	2 maand vertraging in lees- en luister-begrip**	55 dB Lden (cfr. tabel 26: relevant risico verhoging vanaf 55 dB Lden)	Primair (matige bewijskracht)
Lnight	Ernstige slaapverstoring	Volwassenen	Impactfunctie: $\%HSD = 16,79 - 0,9293 \times Lnight + 0,0198 \times Lnight^2$	50% *HSD	150% *HSD	40 dB Lnight***	Primair (matige bewijskracht)

*boven- en ondergrenzen bij benadering 50 en 150% gebruikt (zie methode E-HIS wegverkeersgeluid)

** In de WHO guidelines en onderliggende reviews worden geen 95% BI van de impactfunctie vermeld. Wel werd er een range vermeld (1-2 maand vertraging), die we als 95% BI interpreteren

*** waarschijnlijk is de werkelijke ondergrens lager, vermits 40 dB Lnight ruimschoots de 3% HSD als benchmark overschrijdt. Namelijk bij 40 dB Lnight is reeds 11% HSD; echter beneden 40 dB waren er geen betrouwbare akoestische metingen in de sleutelstudies, en daarom is een extrapolatie naar lagere niveaus (overeenkomstig 3 % HSD) moeilijk

§ hoewel de drempelwaarde voor deze dosis-responsfunctie op 40 dB Lden ligt, wordt in de berekeningen de impact tussen 40 en 45 dB Lden verwaarloosd, omwille van beschikbaarheid van gegevens (enkel vanaf 45 dB Lden).

3.3 ZIEKTEGEGEVENS

Naar analogie met de E-HIS-studie zijn de basisgegevens i.v.m. gezondheid of ziektes (bv. incidentie) gebaseerd op Vlaamse totale cijfers (geen gegevens op statistisch niveau beschikbaar).

3.3.1 Ischemische hartziekten

Voor de gezondheidseffecten waarvoor het risico op incidentie of prevalentie werd bepaald door ziekenhuisopname, zoals voor ischemische hartziekten, werden gegevens van de databank Minimale Ziekenhuisgegevens (MZG) gebruikt. (<https://www.health.belgium.be/nl/gezondheid/organisatie-van-degezondheidszorg/ziekenhuizen/registratiesystemen/mzg>).

Data van Vlaamse ziekenhuizen werden geselecteerd voor het jaar 2016 en 2021. De aandoeningen gecodeerd volgens de International Classification of Disease 10th edition of ICD-10, overeenkomstig met ischemische hartziekten werden gebruikt.

Merk op dat de MZG-databank het aantal ziekenhuisopnames bevatten en dus geen incidentiecijfers zijn. Conform de aanpak uit E-HIS werden de cijfers uit de MZG (prevalentiecijfers) gebruikt voor de berekeningen op basis van de RR (WHO, 2018).

Eindpunt	Ischemische hartziekte
RR	RR = 1,09 (1,04 – 1,15) per 10 dB Lden
RR referentie	(WHO, 2018)
Populatie	Volwassenen (> 19 jaar)
Codering	IDC-10: I20-I25
Prevalentie/incidentie	0,93
Databron	MZG

3.3.2 Andere eindpunten

Voor de andere eindpunten zijn, gezien de aard van de impactfuncties voor ernstige hinder, ernstige slaapverstoring en cognitie, geen gezondheidscijfers nodig om de berekeningen te kunnen uitvoeren.

3.4 DISABILITY WEIGHTFACTOREN

Voor de berekeningen van de DALY's ten gevolge van lawaai door vliegverkeergebruiken we disability weight (DW)factoren van (WHO, 2018) zoals vermeld in zie Tabel 3.

Tabel 3: disability weight (DW)-factoren voor beschouwde gezondheidseffecten

Gezondheidseffect	DW-factor	Bron
Ischemische hartziekten	0,405	WHO (2018)
Ernstige hinder	0,02	WHO (2018)
Ernstige slaapverstoring	0,07	WHO (2018)
Cognitieve impact (lees- en luistercognitie)	0,006	WHO (2018)

3.5 MONETAIRE GEGEVENS

3.5.1 Kosten VOLY's

In verschillende berekeningen (zie verder) gebruiken we economische waarde van een levensjaar, “Value of a Statistical Life Year” (VOLY). Door het aantal verloren levensjaren te vermenigvuldigen met de VOLY-waarde, bekom je de kost equivalent aan het vroegtijdig overlijden.

In deze studie gebruiken we de VOLY-waarde van 126 kEUR₂₀₁₃ uit (Rabl & Spadaro, 2016). Deze kost werd verder geactualiseerd naar EUR₂₀₁₉ door het toepassen van de Harmonised Index of Consumer Prices (HICP) van Eurostat. Dit geeft finaal een inschatting voor de monetaire waarde van een verloren levensjaar van 137 kEUR₂₀₁₉.

3.5.2 Gezondheidskosten

3.5.2.1 Ischemische ziektes

In onderstaande paragrafen geven we de gebruikte kerncijfers voor de 3 onderdelen van de gezondheidskosten weer. Voor meer details (bronnen en berekeningen) verwijzen we naar het rapport ‘externe kosten van verkeer’ (Buekers et al., 2014) en E-HIS-rapport (Hooyberghs et al., 2020).

3.5.2.1.1 Ziektekosten

Dit omvat de kosten voor medische verzorging (ziekenhuisopnames, medicatie, hulpmiddelen).

De gemiddelde kost (gewogen gemiddelde van de kosten voor vrouwen en mannen) voor ischemische ziektes bedraagt **10 168 euro₂₀₁₉ per geval** (Hooyberghs et al., 2020).

3.5.2.1.2 Productiviteitsverlies

Dit omvat kosten van productiviteitsverliezen voor werkgevers en werknemers omwille van afwezigheid op werk (bij ziekte), lagere werkzaamheidsgraad (bij chronische ziektes vervroegd overlijden), presenteïsme (verlaagde productiviteit op het werk), verlies huishoudelijke arbeid of absenteïsme van mantelzorgers

De kosten van absenteïsme omvatten productiviteitsverlies gedurende en na hospitalisatie en vervroegde pensionering. Na actualisatie komt dit neer op **29 281 euro₂₀₁₉ per geval** voor ischemische ziektes (Hooyberghs et al., 2020).

3.5.2.1.3 Lijden

Dit omvat welvaartsverlies voor patiënt en omgeving omwille van verlies van levenskwaliteit (door pijn en lijden) en/of verloren levensjaren.

De welvaartskosten voor lijden omvatten de kosten door vervroegde sterfte, tot 1 jaar na hospitalisatie. Vervroegde sterfte wordt gewaardeerd aan 72 000 euro₂₀₁₉ per verloren levensjaar.

Rekening houdend met de gedetailleerde inschatting van de duur van de ziekte en het aantal verloren levensjaren voor mannen en vrouwen, voor IHD, en de morbiditeit/mortaliteitsratio IHD (zie Buekers et al 2014), komt dit na actualisatie op een totaal welvaartsverlies van **252 477 euro₂₀₁₉ per geval** voor ischemische ziektes (Hooyberghs et al., 2020).

3.5.2.2 Ernstige Hinder

Voor het aspect 'ernstige hinder' is er geen duidelijk ziektebeeld, en kunnen we dus de 3 klassieke componenten om gezondheidskosten (ziektekosten, productiviteitsverlies en lijden) niet onderscheiden.

De methode uit E-HIS voor monetaire impact t.g.v. ernstige hinder is gebaseerd op een waarderingsinschatting op basis van welvaartseffecten via woningprijzen ('hedonische waardering').

Het gebruik van monetarisatie aan de hand van hedonische waardering is een algemeen aanvaarde manier om economische inschatting van geluidshinder te maken (Bögli, 2018a). Merk hierbij op dat deze indicator verder af staat van 'gezondheid' dan bovengenoemde indicatoren voor andere ziektebeelden zoals ischemische aandoeningen.

De kosten voor geluidshinder in het E-HIS-rapport (2020) zijn gebaseerd op hedonische studies van woningprijzen in Vlaanderen functie van geluidshinder door wegverkeer. Er is evidentie dat de kost voor vliegverkeer (per stijging in dB) hoger is (Bögli, 2018a). Er is sprake van een waardedaling van 6,5 tot 30% voor woningen in de directe buurt van de nationale luchthaven in vergelijking met een gelijkaardig huis elders (ERA- KU Leuven Vastgoedindex 2016). We gebruiken een factor 2 voor ratio impact van geluid van vliegverkeer t.o.v. impact van geluid van wegverkeer. Dit getal hebben we afgeleid uit op basis van tabellen in het Nederlands handboek Milieuprijzen (CE Delft, 2023) en een Franse studie (Quinet, 2013). In deze studies liggen kosten (hinder+ gezondheid) ten gevolge geluid door vliegverkeer ongeveer factor 1,5 tot 2 hoger dan de kosten ten gevolge van geluid door wegverkeer. De cijfers uit deze Franse studie zijn op hun beurt gebaseerd op cijfers van het Europees Milieu Agentschap (EEA), het onderzoeksproject HEATCO (2006) en CE Delft (2008). De cijfers in Nederlands handboek Milieuprijzen zijn gebaseerd op de 'willingness to pay'-methode, hetgeen een andere aanpak is dan de hedonische methode. Kortom, de factor 2 is een ruwe benadering om de grotere impact van geluid ten gevolge van vliegverkeer t.o.v. wegverkeer te kwantificeren.

Tabel 4: Welvaartsverlies op basis van hedonische methode (zie (Hooyberghs et al., 2020)), met bijrschatting voor sterker effect (factor 2) voor geluid door vliegverkeer ten opzicht geluid door wegverkeer

geluidsniveau	Welvaartsverlies (in euro per jaar per bewoner per dB extra)		
	gemiddeld	laag	hoog
55-70 dB	72	52	94
70 dB	176	156	198

3.5.2.3 Ernstige slaapverstoring

Net zoals voor ernstige hinder is het voor slaapverstoring ook niet mogelijk, en niet helemaal relevant, om alle drie klassieke componenten voor gezondheidskosten te becijferen. Kosten voor productiviteitsverlies kunnen wel berekend worden.

De kosten voor ernstige slaapverstoring zijn afgeleid uit de studie van (DEFRA, 2014; Máca, 2008). Deze laatste studie heeft op basis van een literatuuroverzicht van Europese studies **productiviteitsverlies** door ernstige slaapverstoring ingeschat, in verloren dagen voor verschillende geluidsniveaus en in % van het BNP/inwoner. We hebben deze % toegepast op BNP/inwoner voor België, en via eenvoudige extrapolatie kosten per geluidsniveau berekend.

Tabel 5: Overzicht van kerngetallen gebruikt in de inschatting van de economische impact voor sterke slaapverstoring gerelateerd aan blootstelling aan geluid ((Hooyberghs et al., 2020).

Slaapverstoring	Per persoon per jaar (euro)		
Geluidsniveau (Lnicht)	Centraal	Laag	Hoog
50-55	122,74	90,55	189,11
55-60	257,99	192,11	395,22
60-65	483,78	361,21	745,42
65-70	732,07	547,30	1133,61
70-75	953,33	714,37	1483,75
75-80	1202,10	903,44	1877,89
80	1332,10	1007,4	2088,89

3.5.2.4 Cognitieve impact

De gevolgen van leerachterstand zijn goed onderzocht in de internationale literatuur, en kregen recent nog extra aandacht als gevolg van de leerachterstand door corona (OECD, 2020). Studies tonen dat leerachterstand leidt tot lagere productiviteit en inkomen, minder gezondheid, kortere beroepsloopbaan en lagere levenskwaliteit (OECD). Deze effecten versterken elkaar. Zonder corrigerende maatregelen (bijv. extra scholing), wordt een permanent verlies van inkomen en productiviteit verwacht. Voor de leerlingen zelf uit zich dat in een lager inkomen over de hele actieve loopbaan, een lagere economische output voor de maatschappij als geheel. Deze studies kijken naar leerachterstand, ongeacht de oorzaak daarvan. We nemen aan dat de leerachterstand t.g.v. vliegtuiglawaai (met name vertraagd **lees- en luisterbegrip bij kinderen**) dezelfde effecten heeft als leerachterstand in het algemeen.

Deze achterstand is het gemiddelde voor de hele groep van leerlingen, en treft zowel de sterke als zwakke leerlingen.

Op basis van de schattingen uit de literatuur in onderstaande tabel schatten we de impact van één jaar leerachterstand op het gemiddeld inkomen over de hele beroepsloopbaan in op 4,3 %, met een bandbreedte van (2,1 % tot 7,7%). Dit gemiddelde is iets hoger dan het % dat gebruikt wordt voor het inschatten van effecten leerachterstand door corona in (Azevedo et al., 2021) (omgerekend 3,6%).

Tabel 6: Overzicht schattingen inkomstenverlies ten gevolge van één jaar leerachterstand

Impact % verlies inkomen	Bron	Opmerkingen
2,1 %	Fuchs-Schündeln et al.(2020)	Gemiddeld verlies van inkomens over hele beroepsloopbaan, US data, partieel-evenwichtslevenscyclusmodel
2,9 % - 3,4 %	Viana Costa (2021)	Verlies productiviteit en output
7,7 %	OECD (2020)	Permanent individueel inkomensverlies

We passen deze % toe op het gemiddelde inkomen voor Vlaanderen (3 886 euro/maand, verrekend over 12 maand). Bij de gemiddelde schatting geeft dit een jaarlijks effect van 2 005 euro/jaar en per leerling en duurt dit effect 45 jaar.

De totale impact bij een beroepsloopbaan van 45 jaar en 3 % discontovoet is 49,9 kEUR (24 – 89 kEUR).

De orde van grootte van deze middenschatting komt goed overeen met de inschatting van het effect van corona op levenslang inkomen uit Azevedo, 2021 (omgerekend 41,4 kEUR).

Tabel 7: schattingen economische kosten ten gevolge van leerachterstand bij kinderen

Schatting	Indicator	Lage	Midden	Hoge
% effect op inkomen voor één jaarjaar leerachterstand	%	2,1%	4,3%	7,7%
Effect jaarlijks inkomen voor één jaar leerachterstand (1)	Euro/jaar	979	2 005	3 591
Effect op levenslang inkomen voor één jaar leerachterstand (2)	Euro	24 353	49 866	89 295
Effect op levenslang inkomen voor één maand leerachterstand	Euro	2 029	4 156	7 441
Effect op levenslang inkomen voor één maand leerachterstand (jaarlijkse kosten) (3)	Euro/jaar	225	462	826

(1) effect op jaarlijks inkomen, in euro/jaar

(2) effect op levenslang inkomen, bij beroepsloopbaan van 45 jaar en 3 % discontovoet

(3) We nemen aan dat de vertraging in leer- en leesachterstand t.g.v. geluid door vliegverkeer niet cumuleert over tijd. De leervertraging gemeten in de geluidsstudies zijn immers momentopnames (bij kinderen 8-12 jaar), maar we kunnen ervan uitgaan dat leerachterstand bij kinderen gemeten bij een bepaalde leeftijd het gevolg is van geluidsblootstelling gedurende de voorgaande jaren. Om de jaarlijkse kosten te berekenen, delen we daarom de effecten op levenslang inkomen door het aantal schooljaren van de kinderen (9 jaar vermits we voor populatie data kinderen 5-14 jaar gebruiken).

3.6 BEVOLKINGSGEGEVENS

De bevolkingsgegevens voor Vlaanderen in deze studie zijn gebaseerd op dezelfde data als in de E-HIS-studie (Hooyberghs et al., 2020). Het aantal inwoners per leeftijdscategorie voor een statistische sector wordt overgenomen uit het rijksregister (beschikbaar via Provincies in Cijfers). Om het aantal inwoners per leeftijdscategorie per adrespunt in te schatten, worden deze aantallen verder uniform gespreid over alle adrespunten in een statistische sector, door gebruik te maken van het CRAB-adrespunten bestand.

Bijkomend hebben we in deze studie ook bevolkingsgegevens uit regio Brussel nodig. Voor Brussel ontbreekt echter publieke data over de bevolkingsopbouw in functie van leeftijd per statistische sector, want enkel informatie over de bevolkingsopbouw per gemeente is publiek ontsloten. Als alternatief wordt voor elke statistische sector het aantal inwoners per leeftijdscategorie berekend op basis van het totaal aantal inwoners in de statistische sector volgens het rijksregister, en de gemeentelijke ratio van inwoners in de leeftijdscategorie op het totaal aantal inwoners. Beide datasets

worden overgenomen van StatBel. Deze aantallen worden vervolgens uniform gespreid over alle adrespunten in de statistische sector, en dit op basis van de adrespunten uit de Urbis-adressenlijst.

Voor de impactberekening voor de geluidskaarten voor 2019 wordt in de huidige studie gebruik gemaakt van de bevolkingscijfers voor 2019. Voor toekomstjaren maakt E-HIS gebruik van de bevolkingsdata van het meest recente jaar. De impactberekening voor 2032 maakt dus gebruik van de bevolkingsdata voor 2023, aangezien dit de meest recent beschikbare data zijn op het moment van de studie.

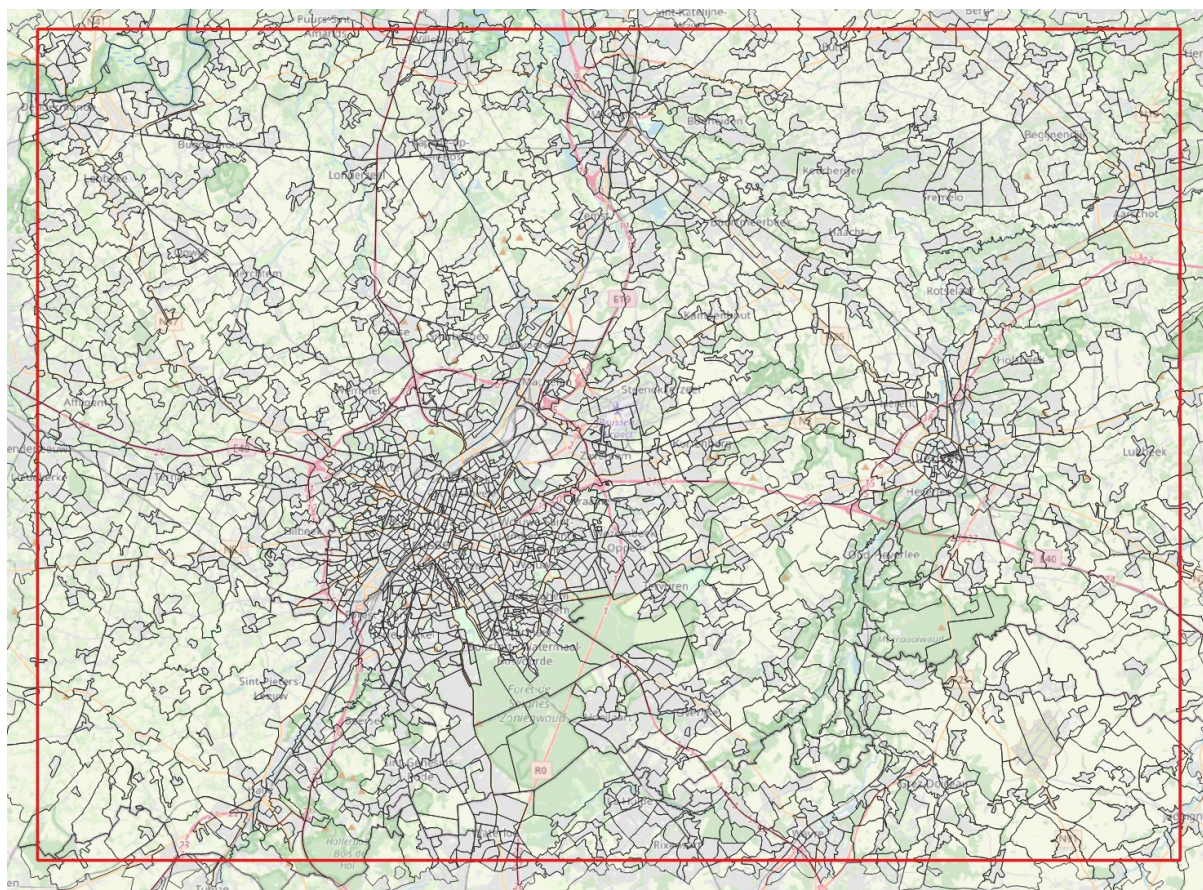
Deze bevolkingsgegevens worden op twee locaties in de berekeningen gebruikt. Ten eerste zijn ze essentieel voor het bepalen van de gezondheidsimpact. Ten tweede dienen ze om de prevalentie van ischemische hartziekten per statistische sector in te schatten. Hiertoe wordt de Vlaamse prevalentie (uitgedrukt in een percentage) gecombineerd met de bevolkingsgegevens van de specifieke statistische sector. Deze procedure wordt zowel toegepast voor de statistische sectoren in Vlaanderen, als deze in Brussel. We nemen dus impliciet aan dat de prevalentie van ischemische hartziekten gelijk is in Vlaanderen en Brussel.

3.7 GEOGRAFISCHE INFORMATIE

In dit project worden resultaten per statistische sector berekend. De statistische sector is de kleinste officiële administratieve eenheid in België. In deze studie wordt gebruik gemaakt van de statistische sectoren zoals ze gedefinieerd zijn op 1 januari 2020.

Het domein van de studie bevat een rechthoekig gebied dat de geluids- en luchtkwaliteitskaarten uit de MER Hernieuwing Omgevingsvergunning voor Luchthaven Brussel Nationaal omvat. Dit gebied wordt weergegeven in Figuur 5. Enkel gebieden binnen Vlaanderen en Brussel worden meegenomen, aangezien de geluidscontouren niet overlappen met de Waalse sectoren.

In dit domein liggen 2 505 statistische sectoren (1 781 in Vlaanderen en 724 in het Brussels gewest). In een aantal van deze statistische sectoren zal wel geen gezondheidsimpact worden waargenomen, aangezien de geluidsniveaus er onder de minimumdrempels liggen.



Figuur 5: Uiterste grens van de huidige modellering (rode rechthoek), en de statistische sectoren binnen dit gebied (dunne zwarte lijnen).

HOOFDSTUK 4: BEREKENINGEN

4.1 BESCHOUWDE SCENARIO'S

Scenario-aspecten	Scenario's
Jaartal	2019 2032
Bevolkingsgroepen	Basisscenario bevolking: • Impactfunctie IHD: volwassenen • Impactfuncties ernstige hinder en slaapverstoring: volwassenen • Impactfuncties cognitieve impact: kinderen Bijkomende scenario bevolking: • Impactfuncties ernstige hinder en slaapverstoring:: kinderen <i>Uitleg: in het basisscenario worden de berekeningen voor ernstige hinder en slaapverstoring enkel berekend voor volwassenen, omdat de impactfunctie op deze bevolkingsgroep gebaseerd is, en we in een basisscenario niet extrapoleren naar andere bevolkingsgroepen (cfr. Aanpak E-HIS, (Hooyberghs et al., 2020). Echter, het is waarschijnlijk dat ook kinderen ernstige hinder en ernstige slaapverstoring door geluid van vliegverkeer kunnen ondervinden. Voor deze groepen is een bijkomend scenario de impactfuncties van volwassenen gebruikt. Merk op dat de berekeningen voor kinderen a.h.v. deze impactfuncties een benadering zijn, gezien ze niet specifiek voor kinderen zijn opgesteld.</i>

4.2 BEREKENING VAN BLOOTSTELLING

In een eerste stap wordt de geluidsblootstelling (L_{den} en L_{night}) per statistische sector berekend, door de geluidskaarten te combineren met de bevolkingsdata. Hoewel deze stap vrij triviaal kan lijken, komen er toch een aantal moeilijkheden bij kijken.

Het volstaat ten eerste niet om te kijken naar de gemiddelde L_{den} en L_{night} per statistische sector op basis van het gemiddelde van alle gridcellen van de geluidskaarten in de statistische sector, omdat er dan afwijkingen kunnen ontstaan in sectoren waar de concentratie sterk varieert binnen de statistische sector.

Om dit probleem te omzeilen wordt er typisch gewerkt met de bevolkingsgewogen blootstelling. Hierbij wordt in eerste instantie voor elk adrespunt een L_{den} en L_{night} bepaald. Vervolgens worden enkel de adrespunten weerhouden waarvan de geluidsbelasting boven de drempelwaardes van de blootstelling-effectrelaties liggen (zie Tabel 2). Op deze selectie wordt daarna het gemiddelde van al deze waardes berekend wordt, rekening houdende met het aantal inwoners in alle weerhouden adrespunten. De blootstelling wordt dus berekend op basis van volgende formule:

$$B = \frac{1}{N} \sum_i N_i C_i$$

Waarbij B de bevolkingsgewogen blootstelling aanduidt en N de bevolking in de sector die op adrespunten woont boven de drempelwaardes. De som loopt over alle adrespunten in de sector die boven de drempels van D-R curves liggen, en N_i en C_i zijn respectievelijk het aantal inwoners en de geluidsbelasting op een adrespunt.

Het aantal inwoners per adrespunt bevat echter privacygevoelige data en kan daarom niet gebruikt worden in dit project. Als oplossing werd daarom het totaal aantal inwoners van de statistische sector uniform gespreid over alle adrespunten in de sector. Bemerkt dat deze methodologie impliciet aanneemt dat alle adreslocaties in een statistische sector evenveel inwoners hebben.

4.3 BEREKENING VAN AANTAL ZIEKTES, ERNSTIG GEHINDERDEN, SLAAPVERSTOORDEN EN KINDEREN MET VERTRAAGDE LEES- EN LUISTERBEGRIJ

4.3.1.1 Attributieve aantallen (ischemische ziektes)

In een tweede stap wordt het attributief aantal gevallen voor de incidentie/prevalentie van de relevante gezondheidseindpunten per statistische sector berekend op basis van de blootstelling per statistische sector, de dosis-responsrelaties en de basis-incidentie/prevalentie per statistische sector (zie hoofdstuk 2.2). Op deze manier wordt de attributieve aantal gevallen (AI) voor de incidentie (AI) per statistische sector berekend. De berekening wordt uitgevoerd voor de puntschatting van het relatieve risico, alsook voor de onder- en bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval voor het relatieve risico. Op deze manier kan niet enkel het 'puntschatting-resultaat' voor het attributieve aantal gevallen, maar ook een boven- en ondergrens (95% betrouwbaarheidsinterval) voor het attributieve aantal gevallen gerapporteerd worden.

Deze berekening maakt verder gebruik van de basisincidentie of -mortaliteit per statistische sector. Aangezien deze onbekend is, spreiden we de Vlaamse totale incidentie over de statistische sectoren op basis van de populatie van de relevante leeftijdscategorie. De methode van attributieve aantallen is voor geluid vliegverkeer enkel van toepassing voor de dosis-effectfuncties voor ischemische ziektes.

4.3.1.2 Aantal ernstig gehinderden en slaapverstoorden

De berekening voor ernstige hinder ten gevolge van dag- en nachtgeluid voor vliegverkeer maakt gebruik van een methode op basis van volgende hinderfuncties (uit Tabel 2):

$$\%HA = -50,9693 + 1,0168 \times L_{den} + 0,0072 \times L_{den}^2$$

$$\%HSD = 16,79 - 0,9293 \times L_{night} + 0,0198 \times L_{night}^2$$

Welke respectievelijk het aantal personen met sterke hinder (%HA) en sterke slaapverstoring (%HSD) per statistische sector berekenen als functie van de gewogen geluidsniveaus (L_{den}) en nachtelijke geluidsniveaus (L_{night}) per statistische sector.

Deze functies linken de geluidsniveaus direct aan het percentage van personen die ernstige hinder ondervinden. Deze resultaten worden vervolgens gecombineerd met de **totale volwassen bevolking** per statistische sector om het aantal getroffen personen te bepalen (**basisscenario HA en HSD; volwassenen**).

Er wordt gekozen om in het basisscenario te rekenen met totale volwassen bevolking per statistische sector, vermits dit de doelgroep is van de blootstelling-effectrelaties. Blootstelling-effectrelaties voor ernstige hinder en slaapverstoring voor kinderen zijn niet gekend; echter is het waarschijnlijk dat deze groepen ook ernstige hinder en slaapverstoring ondervinden. Mogelijks is de sterke hinder of slaapverstoring sterker of minder sterk bij kinderen dan voor volwassenen. Om toch een indicatie te krijgen, wordt in een bijkomend scenario de impactfunctie voor hinder en slaapverstoring toegepast op de totale bevolking (**bijkomend scenario HA en HSD kinderen + volwassenen**). Deze resultaten moeten echter als indicatief geïnterpreteerd worden.

Vooraleer de functies worden toegepast, wordt er eerst een ondergrens toegepast waaronder geen ernstige hinder plaatsvindt. Deze ondergrens bedraagt 40 dB (L_{night}) voor ernstige slaapverstoring en 45 dB(A) voor ernstige hinder ten gevolge van gewogen geluid door vliegverkeer. Merk hierbij op dat deze ondergrenzen lager zijn dan de ondergrens voor impactfuncties geluid van wegverkeer in E-HIS wegverkeer. Deze lagere grenzen zijn te verantwoorden op basis van grenzen in WHO-rapport geluid (WHO, 2018).

De berekening wordt uitgevoerd voor de puntschatting van %HA en %HSD, alsook voor de onder- en bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval voor %HA en %HSD (zie Tabel 2).

4.3.1.3 Vertraagd lees- en luisterbegrip (cognitieve impact)

Het aantal kinderen met vertraagd lees- en luisterbegrip (cognitieve impact), wordt berekend in een statistische sector op basis van de grootte van de leeftijdsgroep 5-14 jaar (categorie uit de populatie dataset); deze sluit het dichtst aan bij de populatie van de impactfunctie (8 tot 12-jarigen), met inachtnaam van een drempelwaarde waaronder geen impact plaatsvindt. Deze ondergrens bedraagt 55 dB (L_{den}) voor cognitieve impact ten gevolge van geluid door vliegverkeer. In statistische sectoren waarbij populatiegewogen L_{den} lager ligt dan 55 dB berekenen we dus geen impact op cognitie bij kinderen.

Het aantal maanden lees- en luisterbegrip wordt per statistische sector berekend, op basis van het aantal kinderen en de dosis-responscurve (1,5 maand vertraging per 5 dB stijging).

De berekening wordt uitgevoerd voor de puntschatting van impact, als ook voor de onder- en bovengrens (ondergrens en bovengrens: respectievelijk 1 en 2 maand vertraging op lees- en luisterbegrip per 5 dB (L_{den})).

4.4 BEREKENING VAN VERLOREN GEZONDE LEVENSJAREN (DALY'S)

Zie 2.2.2

In deze paragraaf lichten we het aggregatieniveau van de berekeningen (op statistischesectorniveau) toe:

Voor ischemische ziektes, ernstige hinder en slaapverstoring wordt het aantal (attributieve) gevallen per statistische sector vermenigvuldigd met de DW-factor. Zodoende bekomen we berekende DALY's per statistische sector, per effect (ischemische hartziekte, slaapverstoring, hinder en lees- en luisterbegrip), en bijkomend ook gesommeerd voor de verschillende effecten.

4.5 BEREKENING VAN DE ECONOMISCHE KOSTEN

Zie ook 2.2.3

Een aantal cijfers zijn vereenvoudigd in de berekeningen, o.a. er werd met één getal voor kosten, namelijk 258 EUR per slaapverstoorde gewerkt (cijfer voor 55-60 dB), onafhankelijk van het geluidsniveau (cfr. Methode in E-HIS).

In deze paragraaf lichten we het aggregatieniveau van de berekeningen (op statistischesectorniveau) toe:

Voor ischemische ziektes, ernstige hinder, ernstige slaapverstoring en cognitieve impact op kinderen wordt het aantal (attributieve) gevallen per statistische sector vermenigvuldigd met de kost per geval (som ziektekost, productiviteitsverlies en lijden). Zodoende bekomen we een totale kost per statistische sector.

HOOFDSTUK 5: RESULTATEN

5.1 RESULTATEN

In deze sectie worden beknopt de belangrijkste resultaten besproken, met vooral een focus op de totale impact en de impact per gemeente. De volledige resultaten zijn opgenomen in de EHIS-tool. In deze tool worden ook de resultaten per statistische sector in detail gerapporteerd en geografisch gevisualiseerd, daar waar deze hier maar kort worden aangehaald.

5.1.1 Totalen

5.1.1.1 Gezondheidsimpact

Tabel 8 biedt een overzicht van de impact van geluidsoverlast veroorzaakt door vluchtbewegingen op Brussel Nationaal Luchthaven op de gezondheidsuitkomsten die in deze studie zijn onderzocht. De resultaten worden gepresenteerd voor zowel de situatie in 2019 (gebaseerd op gedetailleerde vluchtgegevens) als voor de verwachte situatie in 2032 (gebaseerd op schattingen verstrekt door Brussels Airport Company in het kader van de Milieueffectrapportage). Dezelfde resultaten worden grafisch weergegeven in Figuur 6, inclusief de onzekerheidsmarges. Een conversie naar Disability-Adjusted Life Years (DALY's) wordt verder gepresenteerd in Tabel 9.

Gebaseerd op de aannames van dit project, concluderen we dat er in 2019 2 900 gevallen (met een 95% betrouwbaarheidsinterval van 1 500 tot 4 200) van ischemische hartziekten gerelateerd aan de geluidsoverlast van Brussel Nationaal Luchthaven waren. Dit resulteerde in een totaal van 1 170 DALY's (met een interval van 590 tot 1 680). Wat betreft cognitieve effecten, werd er een leerachterstand van 12 300 maanden geconstateerd (met een interval van 6 200 tot 18 500), wat leidde tot 74 DALY's (met een interval van 37 tot 111). In totaal ondervinden 205.000 personen (met een interval van 103 000 tot 308 000) sterke hinder van het vliegtuiglawaai van de luchthaven, wat resulteert in 4.100 DALY's (met een interval van 2 050 tot 6 150). Ongeveer 25% van deze DALY's zijn gerelateerd aan de blootstelling van jongeren (0-19 jaar), terwijl de resterende 75% betrekking heeft op volwassenen (20 jaar en ouder). Daarnaast wordt het aantal personen met ernstige slaapverstoring geschat op 97 000 (met een interval van 25 000 tot 145 000), wat leidt tot 6.850 DALY's (met een interval van 3 400 tot 9 400). Opnieuw is ongeveer 25% van de getroffen personen jonger dan 20 jaar. Merk op dat zowel voor ernstige slaapverstoring als voor sterke hinder de cijfers voor kinderen en jongeren < 20 jaar met de nodige omzichtigheid dienen geïnterpreteerd worden omdat de gebruikte blootstelling-effectrelaties niet op deze leeftijdsgroep gebaseerd is, en dus de toepassing onzeker is.

Het is belangrijk op te merken dat deze gezondheidseffecten niet simpelweg bij elkaar opgeteld kunnen worden vanwege de overlap tussen de effecten.

Over het algemeen zijn de schattingen van de geluidsimpact voor de luchthaven in 2032 lager dan die in 2019. Ondanks een toename in passagiersaantallen en vrachttonnage, wordt deze daling in geluidsniveaus bereikt door de inzet van grotere en stillere vliegtuigen (cfr. aanname in MER). Hierdoor is de verwachte impact op de gezondheid in 2032 ook lager dan in 2019. Specifiek neemt het aantal personen dat slaapstoornissen ondervindt af met 12% en het aantal personen dat ernstige hinder ondervindt met 6%. De veranderingen in andere gezondheidsuitkomsten liggen tussen deze extremen, met een afname van 9% in het aantal maanden leerachterstand en een daling van 8% in het aantal gevallen van ischemische hartziekten. Het is echter belangrijk op te merken dat deze

resultaten geen rekening houden met bevolkingsevoluties na 2023, en een bevolkingstoename deze effecten dus nog kan verminderen.

De tabellen presenteren ook de uitkomsten van twee alternatieve berekeningen van de gezondheidssimpact. Een eerste alternatieve berekening, uitgevoerd door Antea in het kader van de Milieueffectrapportage (MER) voor de hernieuwing van de omgevingsvergunning voor Luchthaven Brussel Nationaal, richtte zich uitsluitend op het bepalen van het aantal ernstig gehinderden en het aantal personen met ernstige slaapverstoring, zonder deze om te zetten naar DALY's. Deze berekening gebruikt grotendeels dezelfde datasets als die in dit onderzoek, met uitzondering van twee kleine aanpassingen. Ten eerste maakt de studie gebruik van bevolkingsgegevens voor 2022, in tegenstelling tot de gegevens voor 2023 die in deze studie gebruikt worden. Ten tweede is er een licht afwijkende koppeling tussen de bevolkingsdata en de geluidskaarten opgemerkt, waarbij een iets andere interpolatiemethode tussen de 1 dB contouren is toegepast. Beide aanpassingen hebben echter een zeer beperkte invloed op de resultaten. Uit de bevindingen in Tabel 8 blijkt dat de resultaten voor 2032 met minder dan 3% verschillen, en voor 2019 is dit verschil nog kleiner. Daarom liggen de verschillen tussen beide methoden ruim binnen de onzekerheidsmarge die wordt aangegeven door de 95% betrouwbaarheidsintervallen.

Daarnaast vergelijken we de resultaten ook met die van een studie uitgevoerd door Envisa in opdracht van de Bond Beter Leefmilieu (BBL). Deze studie bepaalde het aantal ernstig gehinderden, het aantal personen met ernstige slaapverstoring, en het aantal gevallen van ischemische hartziekten, waarbij voor al deze eindpunten een vertaling naar DALY's werd gemaakt. De methodologie van de Envisa-studie wijkt in grotere mate af van de methodologie gebruikt in onze studie, aangezien er belangrijke verschillen zijn in de gebruikte geluidsmodellering en in de resolutie van de gebruikte bevolkingsdata. Voor meer details hierover verwijzen we naar het rapport dat hierover werd toegevoegd in de annexen van het MER. Ondanks deze methodologische verschillen, zijn de resultaten van de Envisa-studie grotendeels in overeenstemming met de bevindingen van onze huidige studie. De gezondheidssimpact wordt iets hoger ingeschat voor het aantal ernstig gehinderden en personen met ernstige slaapverstoring (respectievelijk ongeveer 7% en 11% hoger, zowel in aantal personen als DALY's), maar aanzienlijk lager voor het aantal gevallen van ischemische hartziekten (45% lager, opnieuw met eenzelfde ratio voor aantal personen als DALY's). In alle gevallen vallen de schattingen van de Envisa-studie echter goed binnen de 95% betrouwbaarheidsintervallen die in onze studie zijn vastgesteld.

5.1.1.1 Economische impact

Tabel 10 toont de berekende economische impact. Het is belangrijk om te benadrukken dat er een aanzienlijke onzekerheid bestaat omtrent deze economische kosten. Deze onzekerheid is tweeledig: enerzijds is er de onzekerheid over het aantal gevallen, en anderzijds bestaat er grote onzekerheid over de vertaling van het aantal gevallen naar een economische kostenpost. Daarom dienen deze resultaten beschouwd te worden als een indicatie van de orde van grootte van de economische kosten, eerder dan als een precies resultaat. Verder is het van belang op te merken dat de schattingsmethode sterk verschilt tussen de verschillende gezondheidseindpunten (zie de sectie over methodologie) en dat er mogelijk sprake is van dubbeltelling tussen de effecten. Hierdoor is het niet eenvoudig om de effecten onderling te vergelijken. Tenslotte worden alle kosten geïndexeerd naar 2019 weergegeven, en er wordt geen rekening gehouden met stijgende kosten bij de bepaling van de economische impact voor het 2032 scenario.

Volgens de methodologie beschreven in dit rapport, wordt afgeleid dat de economische kosten veroorzaakt door ernstige hinder gerelateerd aan geluidsoverlast door de luchtvaart in 2019

neerkomen op 180 miljoen EUR. De kosten gerelateerd aan ernstige slaapverstoring bedragen ongeveer 25 miljoen EUR en die voor cognitieve effecten op 5,7 miljoen EUR. De geschatte kosten gerelateerd aan ischemische hartziekten zijn aanzienlijk hoger, namelijk 800 miljoen EUR, waarbij ook de economische impact van mogelijk overlijden is meegenomen. Hoewel de berekende economische kosten voor ischemische hartziekten hoger zijn dan voor ernstige hinder en ernstige slaapverstoring, dienen deze cijfers met grotere onzekerheid geïnterpreteerd worden gezien de zwakkere bewijslast voor deze effecten (ischemische hartziekten werden beschouwd als secundaire effecten).

De tabel vergelijkt verder ook de kosten met die berekend in de ENVISA-studie, waarbij opgemerkt moet worden dat in de ENVISA-studie een totaal andere methodologie gebruikt is, waarbij de economische impact bepaald werd door het aantal DALY's te vermenigvuldigen met een kost per DALY. Bij deze vertaalslag van DALY's naar kosten is echter voorzichtigheid geboden: bij het berekenen van DALY's wordt een weging gedaan op basis van ernst (Disability Weights, DW-factoren), die vaak niet representatief is voor de weging van kosten. Ernst en kosten van aandoeningen zijn twee verschillende aspecten, er zijn bijvoorbeeld ernstige ziektes met relatief lage gezondheidskosten en minder ernstige ziektes met hoge kosten. Het omrekenen van het aantal DALY's naar kosten door gebruik te maken van één enkel cijfer voor de kost van een DALY is daarom niet eenvoudig, en bij het doorvertalen van DALY's naar kosten wordt aanbevolen om onderscheid te maken tussen kosten voor DALY-mortaliteit en kosten voor DALY-morbiditeit/hinder.

De tabel toont aan dat voor sterke hinder en ischemische hartziekten de kosten berekend in deze studie en in de ENVISA-studie van dezelfde grootteorde zijn (100 miljoenen euro's), waarbij de schatting voor sterke hinder uit dit rapport lager is, maar de schatting voor ischemische hartziekten hoger. Gezien de grote onzekerheid op de economische waardering, en het feit dat de resultaten eerder als een indicatie van de grootteorde moeten worden geïnterpreteerd, zijn deze resultaten vrij gelijkaardig. Voor slaapverstoring is er echter een verschil van meerdere grootteordes; waar in deze studie een kost van 25 miljoen euro wordt geschat, is dit in de ENVISA-studie ongeveer 1 miljard euro. Dit verschil kan deels verklaard worden doordat in de huidige studie voornamelijk naar het productiviteitsverlies ten gevolge van slaapverstoring gekeken wordt, gezien andere gezondheidskosten moeilijk te kwantificeren zijn.

Het aanzienlijke verschil in berekeningen voor verschillende gezondheidseffecten, met sommige kosten hoger in onze berekening en andere aanzienlijk lager, benadrukt de grote onzekerheid die gepaard gaat met het bepalen van de economische impact. Ondanks vergelijkbare inschattingen voor het aantal geïmpacteerden en DALY's in beide studies, leiden ze toch tot totaal verschillende economische waarderingen. Dit heeft te maken met uiteenlopende methodes die kunnen gehanteerd worden voor economische waardering (de verschillende methodes hebben voor- en nadelen). Dit onderstreept het belang van voorzichtigheid bij het maken van inschattingen over de economische impact van gezondheid en we adviseren dan ook om bij beleidskeuzes eerder te vertrekken vanuit de directe gezondheidseffecten en -impact dan vanuit strikt economische evaluaties. Een bijkomende piste zou zijn om een gevoeligheidsanalyse met inbegrip van verschillende economische waarderingsmethodes te laten uitvoeren.

Aantallen		2032		2019		
		VITO (bevolking 2023)	MER (bevolking 2022)	VITO (bevolking 2019)	MER (bevolking 2022)	Envisa
Ernstige hinder (aantal personen)	20+	143 000	x	152 000	x	x
	20-	49 000	x	53 000	x	x
	Totaal	192 000	187 000	205 000	207 000	220 000
Ernstige slaapverstoring (aantal personen)	20+	64 000	x	72 000	x	x
	20-	22 000	x	25 000	x	x
	Totaal	86 000	84 000	97 000	98 000	109 000
Ischemische hartziekten (aantal personen)	20+	2 650	x	2 900	x	2 000
Cognitieve effecten (maanden leerachterstand)	Jongeren	11 150	x	12 300	x	x

Tabel 8: Impact van de geluidsoverlast veroorzaakt door de luchthaven Brussel Nationaal. De tabel vergelijkt de impact berekend in deze studie (VITO) met de impact geciteerd in de MER-rapportage (MER) en de impact berekend in de Envisa-studie. Resultaten worden gegeven voor 2019 (op basis van de daadwerkelijke vluchtlIJst) en 2032 (op basis van de projectie uit de MER).

DALY's		2032	2019	
		VITO (bevolking 2023)	VITO (bevolking 2019)	Envisa (2019)
Ernstige hinder	20+	2 850	3 040	x
	20-	980	1 060	x
	Totaal	3 830	4 100	4 830
Ernstige slaapverstoring	20+	4 500	5 070	x
	20-	1 550	1 780	x
	Totaal	6 050	6 850	7 630
Ischemische hartziekten (IHD)	20+	1 070	1 170	850 ⁽²⁾
Cognitieve effecten		67	74	x

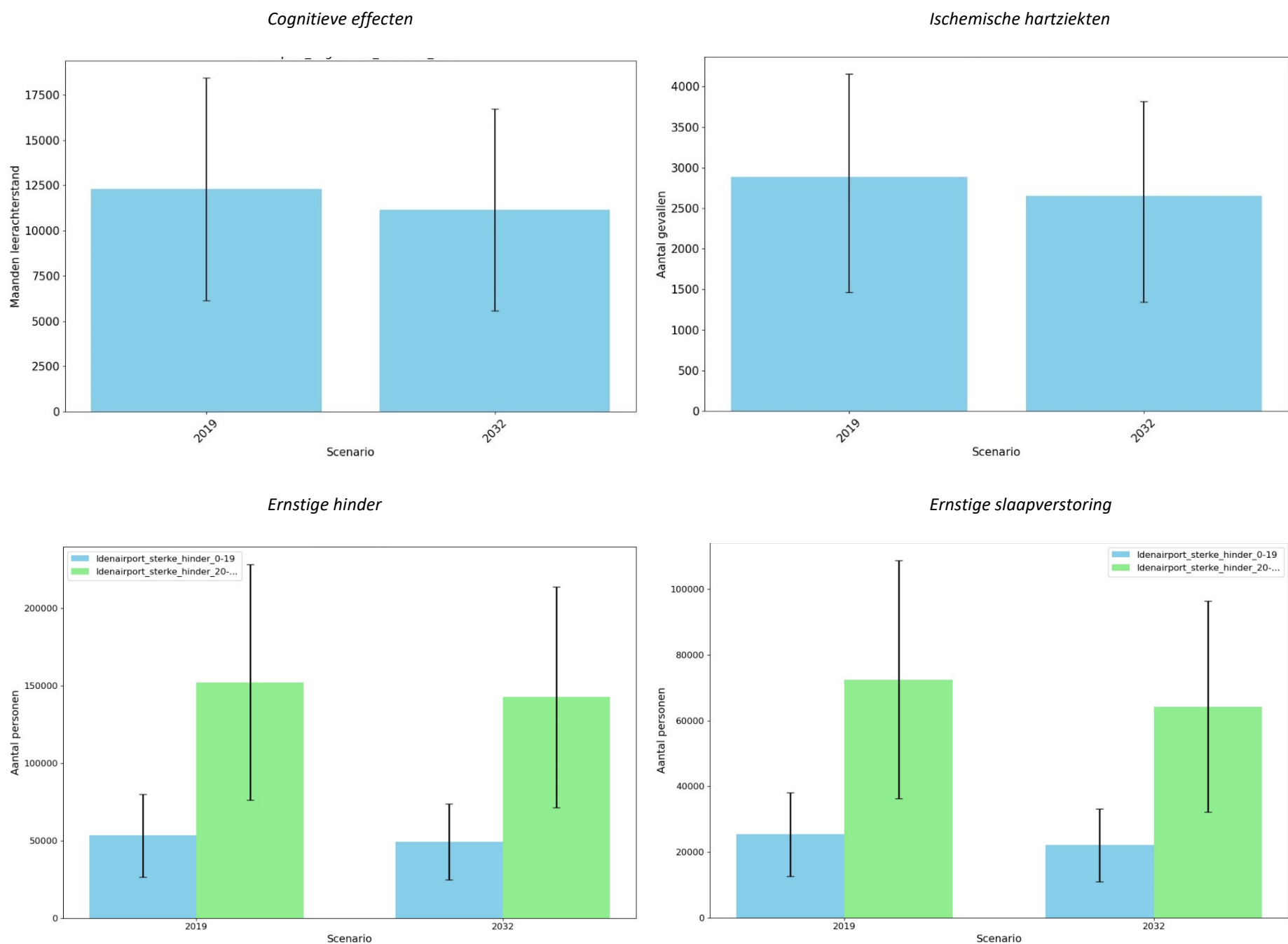
Tabel 9: DALY's ten gevolge van de geluidsoverlast veroorzaakt door de luchthaven Brussel Nationaal. De tabel vergelijkt de impact berekend in deze studie (VITO) met de impact berekend in de Envisa-studie. Resultaten worden gegeven voor 2019 (op basis van de daadwerkelijke vluchtlIJst) en 2032 (op basis van de projectie uit de MER).

Economische impact (M EUR ₂₀₁₉)		2032	2019	
		VITO (bevolking 2023)	VITO (bevolking 2019)	Envisa (2019)
Ernstige hinder	Totaal	168	180	580
Ernstige slaapverstoring	Totaal	22	25	1 007
Ischemische hartziekten	20+	770	840	113 ⁽³⁾
Cognitieve effecten		5,2	5,7	x

Tabel 10: Economische impact ten gevolge van de geluidsoverlast veroorzaakt door de luchthaven Brussel Nationaal. De tabel vergelijkt de impact berekend in deze studie (VITO) met de impact berekend in de Envisa-studie. Resultaten worden gegeven voor 2019 (op basis van de daadwerkelijke vluchtlIJst) en 2032 (op basis van de projectie uit de MER). Alle kosten worden gegeven als miljoen EUR₂₀₁₉.

² In de Envisa-studie wordt een totaal getal van 6 800 DALY's gegeven voor cardiovasculaire ziektes (dit is de som van IHD en hypertensie). Op basis van DW voor IHD (0,405) en aantal attributieve gevallen IHD (2000) schatten we 850 DALY's voor IHD becijferd in de Envisa-studie.

³ Berekening gelijkaardig aan deze voor DALY's (zie voetnoot hierboven).



Figuur 6: Impact van de geluidsoverlast veroorzaakt door de luchthaven Brussel Nationaal. De figuren tonen de resultaten met 95% betrouwbaarheidsinterval voor cognitieve effecten (linksboven), ischemische hartziekten (rechtsboven), ernstige hinder (linksonder) en ernstige slaapverstoring (rechtsonder). Voor de laatste twee eindpunten wordt een opsplitsing tussen jongeren (0-19) en andere leeftijdscategorieën (+20) gemaakt.

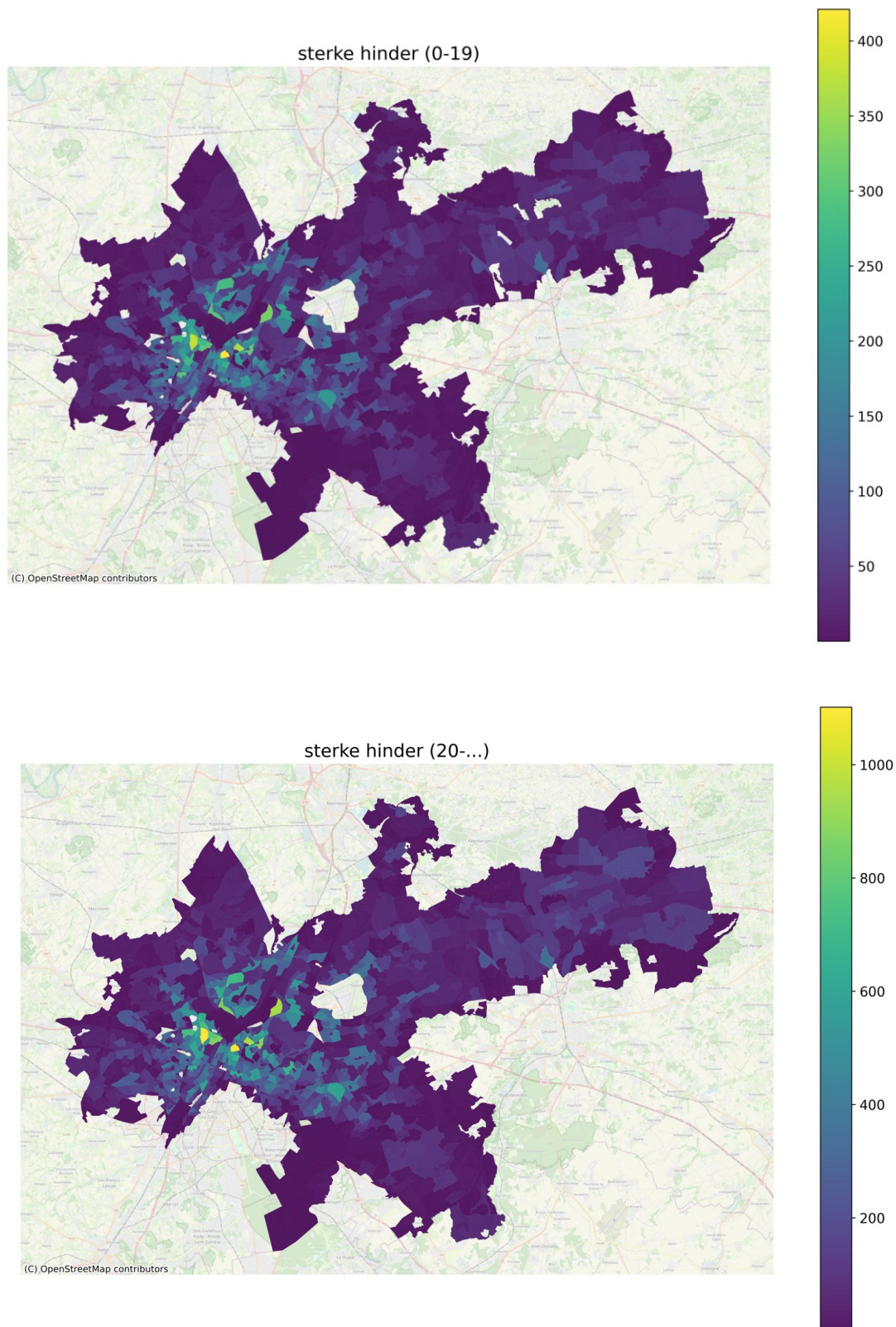
5.1.2 Ruimtelijke spreiding

In deze sectie focussen we op de ruimtelijke spreiding van de gezondheidssimpact van de geluidsoverlast van de luchthaven Brussel Nationaal. We beperken ons tot een bespreking van het aantal personen / gevallen voor 2019, aangezien de DALY's en economische impact hetzelfde ruimtelijk patroon volgen, en de resultaten voor 2032 zeer gelijkaardig zijn. Detailresultaten voor deze parameters zijn echter wel opgenomen in de E-HIS-visualisatietool.

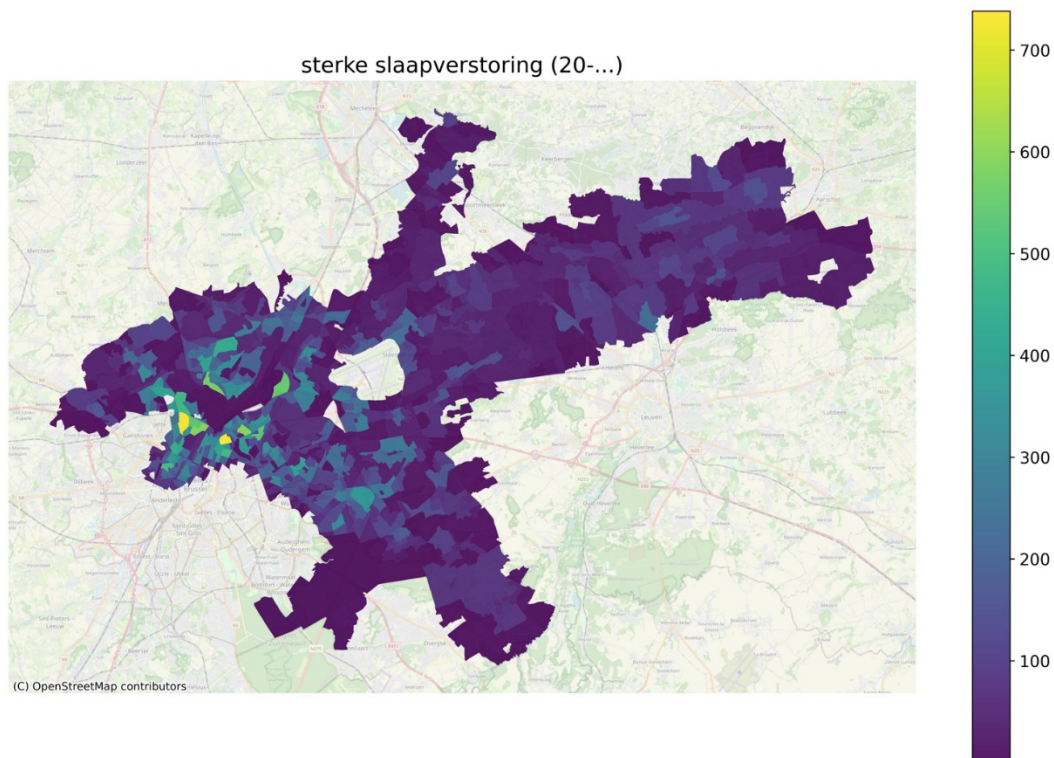
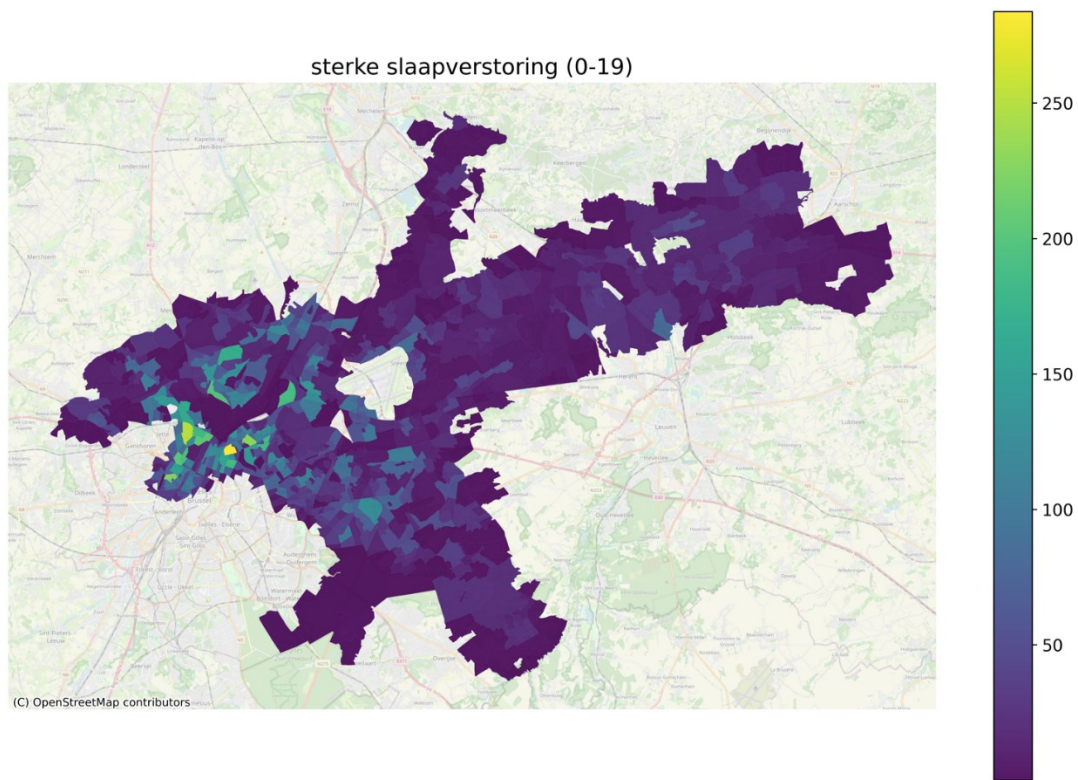
Tabel 11 geeft de impact per gemeente weer, daar waar Figuur 8 voor een aantal geselecteerde eindpunten de resultaten per statistische sector weergeeft. De tabel en de figuur tonen duidelijk aan dat de ruimtelijke spreiding van de impact wordt bepaald door een combinatie van twee factoren. Enerzijds wordt de impact beïnvloed door de geluidsoverlast binnen de statistische sector of gemeente (waardoor duidelijk de vluchtroutes zichtbaar zijn op de kaarten), en anderzijds speelt ook het aantal inwoners een rol. De gemeenten en sectoren met de hoogste impact zijn dus diegene waar de geluidskaarten een hoge overlast voorspellen, én waar de bevolkingsdichtheid hoog is. Er is verder weinig verschil in de ruimtelijke spreiding van de impact op jongeren en volwassenen. Echter, het is belangrijk op te merken dat voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest een ruwere methode is gebruikt om de bevolking over de statistische sectoren te verdelen. Mogelijke verschillen in de leeftijds piramide tussen de verschillende sectoren binnen dezelfde gemeente zijn niet in detail meegenomen. Dit komt omdat er van uit wordt gegaan dat de leeftijds piramide identiek is in alle statistische sectoren van een gemeente.

	cognitieve effecten (5-14j)	ischemische hartziekten (≥20j)	sterke hinder (0-19j)	sterke hinder (≥20j)	sterke hinder (Alle Leeftijden)	sterke slaapverstoring (0-19j)	sterke slaapverstoring (≥20j)	sterke slaapverstoring (Alle Leeftijden)
Aarschot	0	17	160	678	838	47	193	240
Anderlecht	0	186	2 674	6 691	9 365	24	60	84
Asse	0	31	501	1 392	1 893	316	874	1 190
Beersel	0	0	0	0	0	0	0	0
Begijnendijk	0	12	133	513	646	56	233	289
Bertem	0	1	9	25	34	1	4	5
Bierbeek	0	0	0	0	0	0	0	0
Bonheiden	0	7	54	255	309	25	125	150
Boortmeerbeek	0	11	129	463	592	85	311	396
Boutersem	0	0	0	0	0	0	0	0
Brussel	1 710	414	7 321	21 104	28 425	4 099	11 816	15 915
Buggenhout	0	0	0	0	0	0	0	0
Dilbeek	0	78	859	2 838	3 697	1	3	4
Drogenbos	0	0	0	0	0	0	0	0
Elsene	0	0	0	0	0	0	0	0
Etterbeek	0	19	147	605	752	0	0	0
Evere	771	115	2 843	8 158	11 001	1 679	4 819	6 498
Ganshoren	0	59	883	2 528	3 411	0	0	0
Grimbergen	2	91	1 707	5 407	7 114	936	2 925	3 861
Haacht	64	22	405	1 323	1 728	242	788	1 030
Halle	0	0	0	0	0	0	0	0
Heist-op-den-Berg	0	0	0	0	0	0	0	0
Herent	174	18	332	1 006	1 338	156	466	622
Herselt	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoegaarden	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoeilaart	0	1	7	22	29	1	2	3
Holsbeek	0	7	84	288	372	9	32	41
Huldenberg	0	19	234	745	979	86	285	371
Jette	0	126	2 150	5 997	8 147	837	2 333	3 170
Kampenhout	391	32	605	2 071	2 676	364	1 244	1 608
Kapelle-op-den-Bos	0	1	5	15	20	0	0	0
Keerbergen	0	0	0	0	0	0	0	0
Koekelberg	0	50	901	2 195	3 096	368	897	1 265
Kortenberg	622	41	748	2 515	3 263	379	1 274	1 653
Kraainem	162	36	891	2 571	3 462	542	1 564	2 106
Leuven	49	20	349	1 032	1 381	172	500	672
Linkebeek	0	0	0	0	0	0	0	0
Londerzeel	0	0	0	0	0	0	0	0
Lubbeek	0	0	0	0	0	0	0	0
Machelen	3 923	46	1 632	4 105	5 737	974	2 450	3 424
Mechelen	0	2	20	67	87	13	44	57
Meise	0	26	316	1 066	1 382	34	114	148
Merchtem	0	6	61	227	288	0	0	0
Oud-Heverlee	0	0	0	0	0	0	0	0
Oudergem	0	4	34	111	145	0	0	0
Overijse	0	15	191	582	773	34	114	148
Putte	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotselaar	17	46	816	2 842	3 658	540	1 884	2 424
Schaarbeek	0	314	6 801	17 693	24 494	3 607	9 384	12 991
Sint-Agatha-Berchem	0	56	781	2 034	2 815	0	0	0
Sint-Genesius-Rode	0	0	0	0	0	0	0	0
Sint-Gillis	0	24	208	801	1 009	0	0	0
Sint-Jans-Molenbeek	0	213	4 434	9 700	14 134	2 151	4 705	6 856
Sint-Joost-ten-Node	0	63	852	2 429	3 281	131	373	504
Sint-Lambrechts-Woluwe	3	155	2 472	8 942	11 414	1 187	4 293	5 480
Sint-Pieters-Leeuw	0	0	0	0	0	0	0	0
Sint-Pieters-Woluwe	14	92	1 574	5 162	6 736	682	2 234	2 916
Steenokkerzeel	1 679	34	899	2 942	3 841	553	1 808	2 361
Tervuren	0	56	1 059	2 999	4 058	754	2 131	2 885
Tielt-Winge	0	0	1	4	5	0	0	0
Tienen	0	0	0	0	0	0	0	0
Tremelo	0	19	194	763	957	95	356	451
Ukkel	0	0	0	0	0	0	0	0
Vilvoorde	220	105	2 401	6 231	8 632	1 479	3 827	5 306
Vorst	0	20	214	644	858	0	0	0
Watermaal-Bosvoorde	0	0	0	0	0	0	0	0
Wemmel	0	43	754	2 316	3 070	520	1 594	2 114
Wezembeek-Oppem	173	37	863	2 525	3 388	553	1 620	2 173
Willebroek	0	0	0	0	0	0	0	0
Zaventem	2 329	96	2 501	7 351	9 852	1 620	4 767	6 387
Zemst	0	2	24	88	112	7	28	35

Tabel 11: Voorspelde Impact van de geluidsoverlast veroorzaakt door de luchthaven Brussel Nationaal voor alle gemeentes in het studiegebied. De tabel geeft resultaten voor 2019. Alle Brussels en Vlaamse gemeentes die een overlap hebben met het bestudeerde domein worden opgenomen, ook als er geen impact wordt waargenomen in deze gemeentes.



Figuur 7: Ruimtelijke spreiding van de impact van geluidsoverlast veroorzaakt door de luchthaven Brussel Nationaal. De figuur toont het aantal ernstig gehinderden voor elke statistische sector in het domein in 2019. De bovenste figuur focust op jongeren (0-19 jaar), de onderste figuur toont de resultaten voor de andere leeftijden (≥ 20 j).



Figuur 8: Ruimtelijke spreiding van de impact van geluidsoverlast veroorzaakt door de luchthaven Brussel Nationaal. De figuur toont het aantal personen die ernstige slaapverstoring ondervinden voor elke statistische sector in het domein in 2019. De bovenste figuur focust op jongeren (0-19 jaar), de onderste figuur toont de resultaten voor de andere leeftijden (≥ 20 j).

5.2 ANDERE SCENARIO'S

Resultaten in dit rapport (zie 5.1) zijn beperkt tot de twee scenario's (scenario 2019 en toekomstscenario 2032) opgesteld in het kader van milieueffectrapport (MER) voor de hervergunningsaanvraag. De berekeningen en resultaten houden nog geen rekening met de voorwaarden die recent (29 maart 2024) zijn vastgelegd in de nieuwe omgevingsvergunning. In deze voorwaarden wordt tegen 2032 een daling met 30% opgelegd voor sterk gehinderden en aantal personen met sterke slaapverstoring. Dit is een sterkere daling dan het verschil tussen scenario's 2019 en 2032 uit het MER van de hervergunningsaanvraag. De manier waarop deze daling dient of kan gerealiseerd worden is nog niet helemaal concreet uitgewerkt. Deze reductie kan immers via verschillende maatregelen bekomen worden, onder meer door te vliegen met stillere vliegtuigen, door te vliegen op andere uren, door minder vluchten uit te voeren, of zelfs door andere vliegroutes te bepleiten. Daarnaast zijn de voorwaarden rond stille nachtvluchten uit de nieuwe vergunning ook niet opgenomen in het huidige scenario voor 2032.

Eens scenario's (vluchtbewegingen, type vluchten,..) hiervoor uitgewerkt zijn en doorgerekend worden naar geluidskaarten, kunnen deze nieuwe scenario's doorgerekend worden in deze E-HIS tool. De resultaten m.b.t. impact op gezondheid kunnen dan rechtstreeks gevisualiseerd worden in de E-HIS tool. Op die manier kan dan nagegaan worden of de scenario's tegemoet komen aan de 30% reductie van sterk gehinderden en aantal personen met sterke slaapverstoring, en kan de ruimtelijke spreiding van de impact bij verschillende scenario's inzichtelijk gemaakt worden.

5.3 ONZEKERHEDEN EN AANBEVELINGEN VERDER ONDERZOEK

Bovenstaande berekeningen dienen met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden, zowel op vlak van blootstelling als gezondheidsimpact, namelijk

- De geluidskaarten (Lden en Lnight) zijn gebaseerd op modellen, die naar best vermogen een realistische schatting geven van de geluidsbelasting in de buitenomgeving. Bij het doorrekenen van de blootstelling naar gezondheidsimpact (en verder naar economische kosten) wordt geen rekening gehouden met milderende maatregelen zoals akoestische isolatie van woningen. De huidige modellen laten dit niet toe. Deze werkwijze kan bijgevolg tot een onderschatting of overschatting van de gezondheidsimpact in de buurt van de nationale luchthaven leiden. Het kan gaan om respectievelijk een onder- of overschatting indien de woningen uit de sleutelstudies (uit andere landen) onderliggend aan de impactfuncties in meerdere of minder mate akoestisch geïsoleerd zijn dan in de buurt van de nationale luchthaven.
- De toegepaste impactfuncties gebruiken uitgemiddelde indicatoren (Lden en Lnight) als maat voor geluidsbelasting. Het effect van kortstondige geluidspieken (typisch voor vliegverkeer) op de gezondheid is nog niet voldoende onderzocht om te komen tot robuuste impactfuncties. Evenwel is het mogelijk dat kortstondige geluidspieken een ander effect hebben op gezondheid dan we voorspellen op basis van Lden- en Lnight-indicatoren. Verder onderzoek hierrond is aanbevolen.
- De impactfuncties voor ischemische ziektes hebben een lagere bewijskracht dan voor ernstige hinder, ernstige slaapverstoring en cognitieve effecten bij kinderen; bijgevolg dienen de

indicatoren voor deze ischemische ziektes ook met een grotere onzekerheid beschouwd te worden.

- Sommige impactfuncties (zoals slaapverstoring en hinder) zijn gebaseerd op studies bij volwassenen. Het is onzeker in welke mate deze kunnen gebruikt worden op andere bevolkingsgroepen (kinderen). De impactberekeningen voor deze doelgroepen dienen dus met deze nodige onzekerheid geïnterpreteerd te worden.
- De beschikbare impactfuncties laten geen differentiatie toe in functie van gevoelige groepen. Op kwalitatieve basis weten we dat bepaalde risicofactoren (hoge bloeddruk, cholesterol...) voor ziektes gerelateerd aan geluid verhoogd zijn bij kwetsbare groepen. De huidige impactberekeningen houden hier geen rekening mee.
- Het aanzienlijke verschil in berekeningen voor verschillende gezondheidseffecten tussen deze studie en de Envisa-studie, met sommige kosten hoger in onze berekening en andere aanzienlijk lager, benadrukt de grote onzekerheid die gepaard gaat met het bepalen van de economische impact. Ondanks vergelijkbare inschattingen voor het aantal geïmpacteerden en DALY's in beide studies, leiden ze toch tot totaal verschillende economische waarderungen. Dit heeft te maken met uiteenlopende methodes die kunnen gehanteerd worden voor economische waardering (de verschillende methodes hebben voor- en nadelen). Dit onderstreept het belang van voorzichtigheid bij het maken van inschattingen over de economische impact van gezondheid en we adviseren dan ook om bij beleidskeuzes eerder te vertrekken vanuit de directe gezondheidseffecten en -impact dan vanuit strikt economische evaluaties. Een bijkomende piste zou zijn om een gevoeligheidsanalyse met inbegrip van verschillende economische waarderingsmethodes te laten uitvoeren
- De modelmatige benadering toegepast in dit rapport dient gezien te worden als een ruwe schatting of predictie van gezondheidsimpact op basis van beperkte gegevens, modellen en aannames op basis van (veelal buitenlandse) literatuurgegevens. Het is dus eerder een theoretische benadering. Desondanks de beperkingen en onzekerheden geven deze theoretische inschattingen wel een beeld over de grootteorde van de gezondheidsimpact. Een verfijning of realistischer beeld van de gezondheidsimpact zou kunnen bekomen worden door gegevens specifiek voor de regio luchthaven te verzamelen (via metingen en bevragingen). Dit zou kunnen gaan om bv. enquêtes en metingen m.b.t. hinder en slaapverstoring, onderzoek van gezondheidsregisters in de regio, en onderzoek m.b.t. economische waarderungen voor ernstige hinder en ernstige slaapverstoring specifiek voor deze regio.
- In de huidige studie is de impact van de geluidsoverlast veroorzaakt door de luchthaven Brussel Nationaal uitgevoerd op redelijk fijne spatiale resolutie (op niveau van gemeentes en statistische sectoren). Ook hier dienen de schattingen van ziektelast en hinder per gemeente niet als absoluut geïnterpreteerd te worden (gezien de aannames modelbenadering); maar berekeningen geven wel een goed beeld van de ruimtelijke spreiding. Gebieden met een hoge impact zijn meestal het gevolg van een combinatie van hoge geluidsdruk en hoge bevolkingsdichtheid.

BIBLIOGRAFIE

- Antea Group. (2023). *MER Hernieuwing Omgevingsvergunning Luchthaven Brussel Nationaal. odocumentatie online beschikbaar op <https://merregister.omgeving.vlaanderen.be/dossier/PR3448>".*
- Azevedo, J. P., Hasan, A., Goldemberg, D., Geven, K., & Iqbal, S. A. (2021). Simulating the Potential Impacts of COVID-19 School Closures on Schooling and Learning Outcomes: A Set of Global Estimates. *World Bank Research Observer*, 36(1). <https://doi.org/10.1093/wbro/lkab003>
- Bögli. (2018a). *Interest Group on Traffic Noise Abatement European Network of the Heads of Environment Protection Agencies (EPA Network) Decision and cost/benefit methods for noise abatement measures in Europe*. www.mplusp.eu
- Bögli, H. (2018b). *Decision and cost/benefit methods for noise abatement measures in Europe. Interest Group on Traffic Noise Abatement European Network of the Heads of Environment Protection Agencies (EPA Network)*. www.mplusp.eu
- Buekers, J. , Int Panis, L. , Nawrot, T. , Pieters, N. , & Legiest, B. (2014). *De maatschappelijke kostenanalyse van de meest relevante gezondheidseffecten die in verband staan met verkeersgerelateerde luchtvervuiling als onderbouwing voor milieu- en gezondheidsbeleidsacties*.
- CE Delft. (2023). *Handboek Milieuprijzen 2023. Methodische onderbouwing van kengetallen gebruikt voor waardering van emissies en milieu-impact. Versie 1.0*. www.ce.nl
- Clarck, C., & Paunovic, K. (2018). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cognition. *International Journal of Environmental Research and Public Health* , 15(285).
- Clark, C., & Paunovic, K. (2018). WHO environmental noise guidelines for the european region: A systematic review on environmental noise and cognition. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 15, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020285>
- DEFRA. (2014). *Environmental Noise: Valuing impacts on: sleep disturbance, annoyance, hypertension, productivity and quiet, A report informed by: the Interdepartmental Group on Costs and Benefits Noise Subject Group*.
- ENVISA. (2023). *Health-Economic Impact of the aircraft noise from Brussels Airport*.
- Europese Commissie. (2002). RICHTLIJN 2002/49/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 25 juni 2002 inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen*.
- Evrard, A.-S., Lefèvre, M., Baudin, C., Nassur, A.-M., Bouaoun, L., Carlier, M.-C., Champelovier, P., Giorgis-Allemand, L., Kourieh, A., Lambert, J., Léger, D., & Laumon, B. (2020). *Bruit des avions et santé des riverains d'aéroport L'étude nationale Debats Résultats à l'inclusion Auteurs : Octobre 2020*. Université Gustave Eiffel. <https://doi.org/10.25578/M3JK-R022>

- Fuchs-Schündeln, N., Krueger, D., Ludwig, A., & Popova, I. (2020). *NBER WORKING PAPER SERIES THE LONG-TERM DISTRIBUTIONAL AND WELFARE EFFECTS OF COVID-19 SCHOOL CLOSURES The Long-Term Distributional and Welfare Effects of Covid-19 School Closures*.
<http://www.nber.org/papers/w27773>
- Hooyberghs, H., Van De Vel, K., Deutsch, F., De Nocker, L., Beckx, C., & Van Holderbeke, M. (2020). *Overzichtsrapport "Luchtkwaliteit-en geluid-gerelateerde morbiditeit in Vlaanderen" (E-HIS)*.
- Máca, V. , M. J. , Š. M. (2008). *Literature review of theoretical issues and empirical estimation of health end-point unit values: noise case study. HEMTSA Project deliverable D4.1.1*.
- OECD. (2020). *The economic impacts of learning losses. OECD Education working paper No 225*.
<https://doi.org/10.1787/21908d74-en>
- Quinet, E. (2013). *Evaluation socioéconomique des investissements publics. Rapport du Commissariat général à la stratégie e à la prospective. Republique Française. www.strategie.gouv.fr*
- Rabl, A., & Spadaro, J. V. (2016). Damage Costs of Air Pollution and Policy Implications. *Comprehensive Analytical Chemistry*, 73, 881–915.
<https://doi.org/10.1016/BS.COAC.2016.01.011>
- Viana Costa, D. , M. E. & W. Y. (2021). *COVID-19 Learning Loss: Long-run Macroeconomic Effects"*, *Update. University of Pennsylvania. Post blog*.
- WHO. (2018). *Environmental noise guidelines for European Region. Publication of the WHO Regional Office for Europe*. WHO Regional Office for Europe.