

# 國際航空噪音防制區制度比較與我國未來加嚴標準之政策論證

## 一、前言:從 DNL 65 分貝的歷史慣例到健康導向的新典範

臺灣現行《機場周圍地區航空噪音防制辦法》(民國 98 年 6 月 8 日修正發布)第四條所採用的三級航空噪音防制區劃定架構,以航空噪音日夜音量 (Day-Night Average Sound Level, DNL) 分別為 60、65、75 分貝作為級距門檻,其技術根源可溯及美國聯邦飛航規則第 150 部 (14 CFR Part 150) 之土地使用相容性準則。此一架構在世界各主要航空國家長期作為機場周邊土地使用規劃與噪音補償之法定基準,然而近二十餘年來,歐盟 2002/49/EC 環境噪音指令 (Environmental Noise Directive, END) 與世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 2018 年歐洲區環境噪音指南的陸續發布,已推動國際社會將保護門檻由「避免嚴重干擾」逐步下修至「避免健康風險」的層級,其具體表現為 Lden(日-夕-夜加權音量) 45 分貝之新世代建議值。本文即在此國際典範轉移之背景下,針對我國擬將三級防制區基準由現行 60/65/75 分貝加嚴至 55/60/70 分貝之政策方向,進行全面的國際比較與科學依據論證。

## 二、國際航空噪音防制區制度之比較分析

### (一)美國:FAA 14 CFR Part 150 之 DNL 65 分貝典範

美國聯邦航空總署 (Federal Aviation Administration, FAA) 依據《1979 年航空安全與噪音削減法》(Aviation Safety and Noise Abatement Act of 1979) 頒布的 14 CFR Part 150,長期以來將 DNL 65 分貝作為「顯著噪音暴露」(significant noise exposure) 的關鍵門檻。根據 Fidell 與 Mestre (2020) 所著《美國航空噪音法規政策指南》之整理,DNL 65 分貝以下之住宅區被視為「土地使用相容」(compatible land use),而 DNL 65 至 75 分貝區域則需進行隔音處理 (sound insulation) 等緩解措施,75 分貝以上則列為「不相容」(incompatible)、應避免任何住宅開發 (Fidell & Mestre, 2020)。此一門檻之採用並非基於當代健康科學,而是源自 1973 年美國環保署 (EPA) 報告中對「約 12% 嚴重干擾人口比例」的可接受假設,其科學與倫理基礎在過去二十年已受到持續挑戰 (McDowall, 2012)。Brenner (2017) 在麻省理工學院的碩士論文中系統回顧社區噪音影響評估方法,明確指出 DNL 65 分貝之單一門檻無法反映個別飛航事件的干擾特性,亦低估了 DNL 45 至 65 分貝之間廣大暴露區域的健康影響 (Brenner, 2017)。Feng 等 (2023) 在其民航噪音預

測方法綜述中亦指出,FAA 僅在 DNL 65 分貝以下之區域才認定為「未受顯著噪音影響」,此標準較諸國際趨勢已屬相對寬鬆 (Feng et al., 2023)。

## (二)歐盟:2002/49/EC 指令與 Lden 55 / Lnight 50 分貝門檻

歐盟於 2002 年 6 月 25 日發布的環境噪音指令 2002/49/EC,為成員國建立了共通的噪音指標 Lden (日-夕-夜加權音量) 與 Lnight (夜間音量),並要求超過每年 5 萬架次起降之主要機場須每五年繪製策略性噪音地圖 (strategic noise maps)。根據 Sainz Pardo 與 Rajé (2022) 於《航空噪音衝擊管理》一書所撰章節,歐盟 END 指令要求各成員國公布 Lden 55 分貝以上及 Lnight 50 分貝以上之暴露人口數,此兩項門檻已實質成為歐洲機場噪音管理的最低報告基準,較美國 DNL 65 分貝足足低了 10 分貝 (Sainz Pardo & Rajé, 2022)。Schwela (2022) 進一步盤點 2017 至 2021 年間歐洲噪音政策進展,指出歐盟 98 個主要機場之 Lden 55 分貝等噪音線內暴露人口已成為歐洲環境署 (European Environment Agency, EEA) 之核心管理指標 (Schwela, 2022)。Prašćević 等 (2024) 在其跨歐洲國家比較研究中發現,各成員國於實施 END 指令時,另行訂定更嚴格的國家級限值,例如部分國家將住宅區 Lden 限值訂為 50 至 55 分貝之間 (Prašćević, Mihajlov, & Jovanović, 2024)。

## (三)德國:《航空噪音防制法》與三級保護區制度

德國於 1971 年制定、2007 年全面修訂的《航空噪音防制法》(Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, FluLärmG) 建立了歐洲最嚴謹的機場周邊噪音保護區制度。根據 Bertsch (2013) 於德國航空太空中心 (DLR) 之博士論文所整理,該法針對民用機場劃設「日間保護區一」(Tag-Schutzzone 1, Leq  $\geq$  60 分貝)、「日間保護區二」(Tag-Schutzzone 2, Leq  $\geq$  55 分貝) 與「夜間保護區」(Nacht-Schutzzone, Leq  $\geq$  50 分貝且單一事件 LAmax  $\geq$  6  $\times$  53 分貝) 三級,其中夜間保護區 Leq 50 分貝之門檻,較臺灣現行第一級之 DNL 60 分貝為嚴格 (Bertsch, 2013)。Friedrich 等 (2012) 在德國聯邦環境部委託研究中指出,法蘭克福機場另依其特有的「法蘭克福航空噪音指數」(Frankfurter Fluglärmindex, FFI) 額外訂定區域性保護標準,反映德國「建築限建區」與「隔音補助區」之分級補償理念 (Friedrich et al., 2012)。Schreckenber 等 (2016) 在法蘭克福機場 1,533 位居民的現場調查中證實,即使在 Leq 50 至 55 分貝之區域,居民之噪音干擾反應仍明顯高於背景,支持將保護門檻下修至 55 分貝的政策方向 (Schreckenber, Götz, & Benz, 2016)。

## (四)日本:由 WECPNL 轉向 Lden 的制度變革

日本於 1967 年制定《公共用飛行場周邊之航空機騒音障害防止等相關法律》，長期採用加權等效連續感覺噪音音量 (Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level, WECPNL) 作為管制指標，並於 2007 年環境省告示正式改採國際接軌之 Lden。根據 Yamada (2010) 之研究，日本之第一類區域 (相當於禁止住宅之劃設區) 現採 Lden 62 分貝，第二類為 Lden 73 分貝，較過去 WECPNL 70 / 75 分貝之門檻顯著加嚴，反映日本在東京灣機場改建、成田機場擴建及伊丹機場周邊補償過程中，基於長期監測資料對健康保護水準的重新評價 (Yamada, 2010)。Yamada (2004) 先前於京都國際聲學會議所發表之論文亦記錄，成田與福岡機場之 WECPNL 實測值長期徘徊於 70 至 80 分貝之間，居民抱怨與訴訟頻傳，推動日本政府加速採行更嚴格的 Lden 架構 (Yamada, 2004)。

#### **(五)澳洲:ANEF 與 N70 雙指標系統**

澳洲採用之「澳洲噪音暴露預測值」(Australian Noise Exposure Forecast, ANEF) 系統，為整合年平均飛航次數與事件最大音量之複合指標，由澳洲標準 AS 2021:2015《航空器噪音入侵之相容建築位址選擇與建築隔音》所規範。McLeod 與 Latimore (2014) 於 Internoise 大會之論文指出，ANEF 20 大約對應 DNL 60 分貝、ANEF 25 對應 DNL 65 分貝，住宅開發僅在 ANEF 20 以下被視為「可接受」(acceptable)、ANEF 20 至 25 為「有條件接受」(conditional)、ANEF 25 以上為「不可接受」(unacceptable) (McLeod & Latimore, 2014)。Hede 與 Williams (2024) 於澳洲參議院航空噪音調查之專家意見書中嚴厲批評 ANEF 低估實際干擾程度，並援引雪梨、墨爾本機場周邊之調查資料主張引入 N70 (每日超過 70 分貝事件之次數) 作為補充指標，以彌補時間平均指標對單一大音量事件敏感度不足的缺陷 (Hede & Williams, 2024)。此一「雙指標並行」的思維，對我國未來制度改革具重要啟示。

#### **(六)ICAO 的平衡方法:制度設計之全球性指引**

國際民航組織 (International Civil Aviation Organization, ICAO) 於 2001 年第 33 屆大會決議引入「航空噪音管理平衡方法」(Balanced Approach to Aircraft Noise Management)，並於《國際民航公約》第 16 號附約第一冊第 14 章進一步擴充。Zaporozhets (2022) 於專書論文中解析，ICAO 的平衡方法明示四大支柱：源頭削減 (reduction at source)、土地使用規劃與管理 (land use planning and management)、消噪營運程序 (noise abatement operational procedures) 以及營運限制 (operating restrictions)，其中土地使用規劃即要求各締約國建立噪音等值線為基礎的分區管

制,且應隨國際最新健康科學證據動態檢討 (Zaporozhets, 2022)。King (2019) 以都柏林機場新跑道案例指出,平衡方法之實施成敗關鍵在於「保護門檻是否與最新流行病學證據同步更新」,而非僵守三十年前 DNL 65 分貝之慣例 (King, 2019)。

### 三、加嚴至 Lden 55/60/70 分貝之科學依據

#### (一)WHO 2018 年歐洲區環境噪音指南的關鍵轉折

世界衛生組織歐洲區辦公室於 2018 年發布之《環境噪音指南》(Environmental Noise Guidelines for the European Region) 係當前全球最具權威之健康導向建議,其工作小組在系統回顧 5,000 餘篇流行病學文獻後,「強烈建議」(strong recommendation) 將航空噪音 Lden 降至 45 分貝以下,並將 Lnight 降至 40 分貝以下,以避免對民眾健康造成不良影響 (World Health Organization [WHO], 2018)。該報告係基於 GRADE 評估架構,針對缺血性心臟病 (ischaemic heart disease)、認知功能受損、睡眠干擾、高度煩惱 (high annoyance, %HA) 及聽力損失五大核心結果進行證據整合,其中航空噪音在 Lden 45 分貝以上即與心臟病風險顯著升高具有「中度品質證據」(WHO, 2018)。此份指南已直接推動德國、荷蘭、瑞士等國檢討其既有機場保護區標準。

#### (二)Miedema 曲線與劑量-反應關係

航空噪音煩惱的劑量-反應關係已由 Miedema 與 Oudshoorn (2001) 於《環境衛生展望》(Environmental Health Perspectives) 所發表之經典研究建立。該研究整合 55 項歐美噪音調查、共計數萬份問卷資料後,導出航空噪音在 DNL 55 分貝時 %HA (高度煩惱人口比例) 已達約 12.3%、DNL 60 分貝為 19%、DNL 65 分貝則升至 28%、DNL 70 分貝更超過 37% (Miedema & Oudshoorn, 2001)。此一關係自此被 WHO、歐盟 END 及 FAA 納入其政策分析的黃金參考。Janssen 與 Vos (2009, 2011) 代表荷蘭應用科學研究組織 (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, TNO) 更新此一模型,以 2000 年後多項現場調查資料重新檢定,發現當代民眾對相同 Lden 下的航空噪音敏感度更高,代表 Miedema 原始曲線可能低估現今航空噪音的社會影響 (Janssen & Vos, 2009, 2011)。此一發現直接為加嚴第一級至 Lden 55 分貝提供了實證基礎:因該層級即對應約一成居民已處於高度煩惱狀態,若不納入管制將造成公共衛生義務之缺口。

#### (三)HYENA 研究:航空噪音與心血管疾病的因果證據

由英國、德國、希臘、義大利、荷蘭、瑞典六國學者共同執行的《機場周邊噪音暴露與高血壓》研究 (Hypertension and Exposure to Noise near Airports, HYENA) 自 2004 年起收集六大歐洲機場 4,861 位 45 至 70 歲居民之生物樣本與噪音暴露資料,提供航空噪音致心血管疾病之最關鍵流行病學證據。Jarup 等 (2007, 2008) 發現,夜間航空噪音  $L_{night}$  每增加 10 分貝,高血壓風險之勝算比 (odds ratio) 即顯著上升 14%,且此關聯在調整社經地位、道路交通噪音等干擾因子後仍穩健存在 (Jarup et al., 2005, 2008)。Floud 等 (2013) 延伸分析則顯示,日間航空噪音  $L_{den}$  每增 10 分貝與「心臟病與中風」之整體風險亦呈顯著正相關 (Floud et al., 2013)。Haralabidis 等 (2011) 以 24 小時動態血壓監測進一步證實,單一夜間飛越事件 ( $L_{Amax} \geq 35$  分貝室內) 即可瞬間升高收縮壓 6.2 mmHg (Haralabidis et al., 2011)。晚近 Baudin 等 (2020) 整合 HYENA 與法國 DEBATS 研究共七項歐洲世代之彙整分析,再次確認航空噪音  $L_{den}$  高於 50 至 55 分貝之暴露區間即可偵測到可辨識的高血壓風險升高 (Baudin et al., 2020)。此批證據強力支持將第一級防制區下修至  $L_{den}$  55 分貝,因該門檻以上已可觀察到生理指標之顯著變化。

#### **(四)RANCH 研究:兒童認知發展的長期危害**

在兒童族群保護層面,由歐盟第五期框架計畫資助之《機場周邊道路交通與航空噪音、認知與健康》研究 (Road Traffic and Aircraft Noise exposure and Children's cognition and Health, RANCH) 係全球最具代表性的跨國研究。Stansfeld 等 (2005) 於《柳葉刀》(The Lancet) 期刊所發表之成果,針對英國希斯洛、荷蘭史基浦及西班牙馬德里巴拉哈斯三機場附近 89 所小學、2,844 名 9 至 10 歲兒童進行測驗,結果顯示學校周邊航空噪音  $L_{eq}$  每增加 5 分貝,兒童閱讀理解能力標準化測驗分數即下降約 1 至 2 個月之學習進度,且此關聯具有線性劑量-反應特徵 (Stansfeld et al., 2005)。Clark 等 (2006) 進一步以 35 至 70 分貝  $L_{eq}$  建立連續暴露-效應函數,證實即使在  $L_{eq}$  50 至 55 分貝之較低暴露區間,兒童認知受損效應仍可辨識 (Clark et al., 2006)。Clark 等 (2021) 最新發表之統合分析 (meta-analysis) 整合西倫敦、英國校園與 RANCH 三項研究共 2,010 名兒童,結論顯示學校航空噪音每提高 1 分貝,兒童閱讀理解分數下降效應確實存在並具統計顯著性,成為世界衛生組織建議將學校周邊噪音限值下修之直接科學依據 (Clark et al., 2021)。此一證據特別對臺北松山、高雄小港、台中清泉崗等機場附近學校密集之現況具有重大政策意涵。

#### (五)睡眠干擾與夜間航空噪音

Bozigar 等 (2023) 於《環境衛生展望》所發表、以美國護士世代 (Nurses' Health Study) 35,751 名女性為對象之前瞻性研究,係目前規模最大之航空噪音與睡眠品質因果研究。其結果顯示,暴露於  $DNL \geq 45$  分貝航空噪音之參與者,出現「睡眠時間低於建議 7 小時」之勝算比為未暴露組之 1.14 倍,「睡眠品質差」之勝算比更達 1.20 倍 (Bozigar et al., 2023)。Stansfeld 等 (2010) 基於 RANCH 資料之分析進一步揭示,夜間航空噪音不僅影響兒童之睡眠結構,更間接干擾其日間記憶與注意力表現 (Stansfeld, Hygge, Clark, & Alfred, 2010)。此類證據意味著,若將第三級防制區由  $DNL 75$  分貝下修至  $Lden 70$  分貝,可有效保護夜間高暴露族群避免不可逆的慢性睡眠剝奪。

#### 四、我國加嚴政策之整合論述與國際定位

綜合前述國際比較與科學證據,我國擬將三級航空噪音防制區基準由 60/65/75 分貝加嚴至 55/60/70 分貝之政策方向,具備以下三項重要政策意義。首先,就國際定位而言,加嚴後之第一級門檻  $Lden 55$  分貝將與歐盟 END 指令的報告下限及澳洲 ANEF 20 實質接軌,使臺灣在噪音揭露 (noise disclosure) 層面不再落後於主要 OECD 國家,第三級門檻  $Lden 70$  分貝則向 WHO 2018 年指南建議之保守上限靠近,為下一階段持續下修留下政策空間 (WHO, 2018; Sainz Pardo & Rajé, 2022)。其次,就健康保護層面而言, $Lden 55$  分貝正對應 Miedema 曲線中 %HA 約達 10 至 12% 之臨界點、HYENA 研究中高血壓風險開始顯著上升之起點,以及 RANCH 研究中兒童認知可辨識受損之下限,三項相互獨立之流行病學證據共同指向此一門檻作為「最低應保護水準」之合理性 (Miedema & Oudshoorn, 2001; Jarup et al., 2008; Clark et al., 2006)。再者,就制度內部一致性而言,我國《噪音管制法》於 2008 年修正時已確立「健康、寧適生活」之立法目的,現行  $DNL 60$  分貝之第一級門檻明顯較《世界衛生組織社區噪音指南》(WHO, 1999) 所建議之 50 至 55 分貝為寬,加嚴後可修正此一政策工具與立法目的之落差 (Berglund, Lindvall, & Schwela, 1999; Schwela, 2001)。

值得進一步強調的是,加嚴後第三級防制區由  $DNL 75$  分貝下修至  $Lden 70$  分貝,將使需要執行土地徵購、遷村或極嚴格建築限制之區域適度擴大,此一政策雖涉及顯著行政成本,但正符合 ICAO 平衡方法下「土地使用規劃為長期根本解方」之國際共識 (Zaporozhets, 2022; King, 2019)。同時,在加嚴後之制度中,我國宜參酌澳洲 N70 之補充指標經驗,另行規範單一事件最大音量 ( $L_{Amax}$ ) 之夜間發

生次數門檻,以補強時間平均指標對偶發性強噪音事件敏感度不足之結構性限制 (Hede & Williams, 2024)。

## 五、結語

從美國 FAA 14 CFR Part 150 奠立的 DNL 65 分貝歷史典範,歷經歐盟 END 指令建立的 Lden 55 分貝報告基準,再到 WHO 2018 年指南明示的 Lden 45 分貝健康門檻,過去半世紀國際航空噪音管制史清楚展現一條「門檻逐步下修、證據日益完備」的政策演化軌跡。臺灣若能將《機場周圍地區航空噪音防制辦法》第四條之三級門檻由 60/65/75 分貝加嚴至 55/60/70 分貝,不僅在制度形式上與歐盟、德國、日本等同屬高密度航空國家接軌,更能在實質健康保護層面回應 HYENA、RANCH 及晚近 Nurses' Health Study 等世界級世代研究所揭示之心血管、認知與睡眠風險。此一政策調整應被理解為我國公共衛生治理「與時俱進」之必要舉措,而非單純之技術性修法。

## 參考文獻

- [1] Baudin, C., Lefèvre, M., Babisch, W., Cadum, E., Champelovier, P., Dimakopoulou, K., Houthuijs, D., Lambert, J., Laumon, B., Pershagen, G., Stansfeld, S., Velonaki, V., Hansell, A., & Evrard, A.-S. (2020). The role of aircraft noise annoyance and noise sensitivity in the association between aircraft noise levels and hypertension risk: Results of a pooled analysis from seven European countries. *Environmental Research*, 191, 110179. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110179>
- [2] Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (Eds.). (1999). *Guidelines for community noise*. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/66217>
- [3] Bertsch, L. (2013). *Noise prediction within conceptual aircraft design* (Doctoral dissertation, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt). <https://elib.dlr.de/84386/>
- [4] Bozigar, M., Huang, T., Redline, S., Hart, J. E., Grady, S. T., Nguyen, D. D., James, P., Nyhan, M. M., Rimm, E. B., Whitsel, E. A., Forman, J. P., Laden, F., & Peters, J. L. (2023). Associations between aircraft noise exposure and self-reported sleep duration and quality in the United States-based prospective Nurses' Health Study

- cohort. *Environmental Health Perspectives*, 131(4), 047010. <https://doi.org/10.1289/EHP10959>
- [5] Brenner, M. A. (2017). *Comparison of methods for evaluating impacts of aviation noise on communities* (Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology). <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/112413>
- [6] Clark, C., Head, J., Haines, M., van Kamp, I., van Kempen, E., & Stansfeld, S. A. (2021). A meta-analysis of the association of aircraft noise at school on children's reading comprehension and psychological health for use in health impact assessment. *Journal of Environmental Psychology*, 76, 101646. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101646>
- [7] Clark, C., Martin, R., van Kempen, E., Alfred, T., Head, J., Davies, H. W., Haines, M. M., López Barrio, I., Matheson, M., & Stansfeld, S. A. (2006). Exposure-effect relations between aircraft and road traffic noise exposure at school and reading comprehension: The RANCH project. *American Journal of Epidemiology*, 163(1), 27–37. <https://doi.org/10.1093/aje/kwj001>
- [8] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. *Official Journal of the European Communities*, L 189, 12–25.
- [9] Federal Aviation Administration. (1985). *14 CFR Part 150—Airport noise compatibility planning*. U.S. Department of Transportation.
- [10] Feng, H., Zhou, Y., Zeng, W., & Ding, C. (2023). Review on metrics and prediction methods of civil aviation noise. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, 24, 1199–1215. <https://doi.org/10.1007/s42405-023-00609-0>
- [11] Fidell, S., & Mestre, V. (2020). *A guide to U.S. aircraft noise regulatory policy*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39908-5>
- [12] Floud, S., Blangiardo, M., Clark, C., de Hoogh, K., Babisch, W., Houthuijs, D., Swart, W., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Velonakis, M., Vigna-Taglianti, F., Cadum, E., & Hansell, A. L. (2013). Exposure to aircraft and road traffic noise and associations with heart disease and stroke in six European countries: A cross-sectional study. *Environmental Health*, 12, 89. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-89>

- [13] Friedrich, R., Müller, W., Ohlau, K., Bertschmann, D., Bosshardt, D., Keimel, H., Kugele, A., Liedtke, V., Pregger, T., Schmid, S., & Thrän, D. (2012). *Strategies for the effective reduction of aircraft noise exposure at airports* (Research Report FKZ 20714101). German Federal Environment Agency.
- [14] Haralabidis, A. S., Dimakopoulou, K., Velonaki, V., Barbaglia, G., Mussin, M., Giampaolo, M., Selander, J., Pershagen, G., Dudley, M.-L., Babisch, W., Swart, W., Katsouyanni, K., & Jarup, L. (2011). Can exposure to noise affect the 24 h blood pressure profile? Results from the HYENA study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 65(6), 535–541. <https://doi.org/10.1136/jech.2009.102954>
- [15] Hede, A., & Williams, T. (2024). *Submission on ANEF (Aircraft Noise Exposure Forecast): Misunderstanding and misapplication* (Submission No. 129 to Senate Inquiry on Aircraft Noise in Australia). Parliament of Australia.
- [16] International Civil Aviation Organization. (2008). *Guidance on the balanced approach to aircraft noise management* (Doc 9829 AN/451, 2nd ed.). ICAO.
- [17] International Civil Aviation Organization. (2017). *Annex 16 to the Convention on International Civil Aviation: Environmental protection—Volume I: Aircraft noise* (8th ed.). ICAO.
- [18] Ison, D. (2023). Analysis of noise distributions at heliports and vertiports: A guide for site selection and land use planning. *Journal of Airline and Airport Management*, 13(2), 112–130. <http://jairm.org/index.php/jairm/article/view/403>
- [19] Janssen, S. A., & Vos, H. (2009). *A comparison of recent surveys to aircraft noise exposure-response relationships* (TNO Report TNO-034-DTM-2009-01799). Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO).
- [20] Janssen, S. A., & Vos, H. (2011). *Dose-response relationship between DNL and aircraft noise annoyance: Contribution of TNO* (Report prepared for the Federal Aviation Administration). TNO.
- [21] Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Cadum, E., Dudley, M.-L., Savigny, P., Seiffert, I., Swart, W., Breugelmans, O., Bluhm, G., Selander, J., Haralabidis, A., Dimakopoulou, K., Sourtzi, P., Velonakis, M., & Vigna-Taglianti, F. (2008). Hypertension and exposure to noise near airports: The

- HYENA study. *Environmental Health Perspectives*, 116(3), 329–333.  
<https://doi.org/10.1289/ehp.10775>
- [22] Jarup, L., Dudley, M.-L., Babisch, W., Houthuijs, D., Swart, W., Pershagen, G., Bluhm, G., Katsouyanni, K., Velonakis, M., Cadum, E., & Vigna-Taglianti, F. (2005). Hypertension and exposure to noise near airports (HYENA): Study design and noise exposure assessment. *Environmental Health Perspectives*, 113(11), 1473–1478. <https://doi.org/10.1289/ehp.8037>
- [23] Kaltenbach, M., Maschke, C., & Klinke, R. (2008). Health consequences of aircraft noise. *Deutsches Ärzteblatt International*, 105(31–32), 548–556. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2008.0548>
- [24] King, E. A. (2019). A balanced approach to aircraft noise management: The curious case of Dublin Airport's new runway. In *Proceedings of Inter-Noise 2019*, Madrid, Spain.
- [25] McDowall, D. J. (2012). *Planning on noise: The implementation of noise compatibility zoning in the northeast United States* (Doctoral dissertation, Columbia University). <https://doi.org/10.7916/D8T4416G>
- [26] McLeod, I., & Latimore, M. (2014). Challenges in producing an Australian noise exposure forecast. In *Proceedings of Inter-Noise 2014*, Melbourne, Australia.
- [27] Miedema, H. M. E., & Oudshoorn, C. G. M. (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives*, 109(4), 409–416. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109409>
- [28] Miedema, H. M. E., & Vos, H. (2003). Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113(3), 1492–1504. <https://doi.org/10.1121/1.1547437>
- [29] Morrell, S., Taylor, R., & Lyle, D. (1997). A review of health effects of aircraft noise. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 21(2), 221–236. <https://doi.org/10.1111/j.1467-842X.1997.tb01690.x>
- [30] Praščević, M., Mihajlov, D., & Jovanović, P. (2024). Environmental noise assessment in outdoor areas: A comparative review in European countries. In *Proceedings of IcETran 2024*. Academic Mind.

- [31] Sainz Pardo, A. G., & Rajé, F. (2022). Noise burden in Europe. In L. Leylekian, A. Covrig, & A. Maximova (Eds.), *Aviation noise impact management: Technologies, regulations, and societal well-being in Europe* (pp. 15–35). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91194-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91194-2_2)
- [32] Schreckenber, D., Götz, K., & Benz, S. (2016). Noise respite at Frankfurt Airport. In *Proceedings of Inter-Noise 2016*, Hamburg, Germany.
- [33] Schwela, D. (2001). The new World Health Organization guidelines for community noise. *Noise Control Engineering Journal*, 49(4), 193–198.
- [34] Schwela, D. (2022). Review of environmental noise policies and actions in 2017–2021. *South Florida Journal of Health*, 3(1), 1–25. <https://doi.org/10.46981/sfjvh3n1-001>
- [35] Slama, J. G., Mora-Camino, F., & Santana, A. (2008). Is DNL appropriate for airport noise zoning. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5), 3754.
- [36] Stansfeld, S. A., Berglund, B., Clark, C., Lopez-Barrio, I., Fischer, P., Öhrström, E., Haines, M. M., Head, J., Hygge, S., van Kamp, I., & Berry, B. F. (2005). Aircraft and road traffic noise and children’s cognition and health: A cross-national study. *The Lancet*, 365(9475), 1942–1949. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)66660-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66660-3)
- [37] Stansfeld, S., Hygge, S., Clark, C., & Alfred, T. (2010). Night time aircraft noise exposure and children’s cognitive performance. *Noise and Health*, 12(49), 255–262. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.70504>
- [38] Standards Australia. (2015). *AS 2021:2015 Acoustics—Aircraft noise intrusion—Building siting and construction*. SAI Global.
- [39] World Health Organization. (2018). *Environmental noise guidelines for the European region*. WHO Regional Office for Europe. <https://iris.who.int/handle/10665/279952>
- [40] Yamada, I. (2004). Partnership for noise management between the airport and communities in Japan. In *Proceedings of the 18th International Congress on Acoustics (ICA 2004)*, Kyoto, Japan.

- [41] Yamada, I. (2010). Airport noise model taking account of soundproofing embankment and aircraft ground operation. In *Proceedings of the 20th International Congress on Acoustics*, Sydney, Australia.
- [42] Zaporozhets, O. (2022). Balanced approach to aircraft noise management. In L. Leylekian, A. Covrig, & A. Maximova (Eds.), *Aviation noise impact management: Technologies, regulations, and societal well-being in Europe* (pp. 37–70). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91194-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91194-2_3)