

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI:

LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE
PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

ZLECENIODAWCA:

Zakład Techniczno-Budowlany POLBAU Spółka z o.o
ul. Grunwaldzka 25, 45-054 Opole

13.01.2021

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

1. Wprowadzenie

Przedmiotem opracowania jest analiza akustyczna inwestycji – budowa budynku Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej – zlokalizowanej przy al. Jana Pawła II 37 w Krakowie na działce nr 21/276. Celem niniejszego opracowania jest:

- określenie wytycznych projektowych dotyczących spełnienia wymagań ochrony przeciwdźwiękowej pomieszczeń w projektowanym budynku zgodnie z PN-B-02151-3:2015-10 (izolacyjność akustyczna przegród budowlanych od dźwięków powietrznych i uderzeniowych) oraz PN-B-02151-02:1987 (dopuszczalne poziomy dźwięku w pomieszczeniach).
- wykonanie analizy oddziaływania akustycznego inwestycji na otoczenie w kontekście spełnienia dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku wraz z określeniem wytycznych dotyczących zabezpieczeń akustycznych urządzeń emitujących hałas do środowiska;

Opracowanie przedstawia się zgodnie z umową nr 8/PK/LAŚ/2020 z dnia 30 listopada 2020 r. zawartą pomiędzy Zakładem Techniczno-Budowlanym POLBAU Spółka z o.o z siedzibą w Opolu, a Szeląg Agata Pracownią Akustyczną.

2. Podstawa opracowania

Opracowanie przygotowano na podstawie analizy dokumentacji projektowej inwestycji udostępnionej przez Zleceniodawcę:

- [A1] projekt zagospodarowania terenu pod inwestycję,
- [A2] rzuty i przekroje projektowanego budynku,
- [A3] karty katalogowe i rysunki z lokalizacją urządzeń wyposażenia technicznego umieszczonych na dachu budynku,
- [A4] dane dotyczące hałasu emitowanego przez wentylatory zlokalizowane w tunelach aerodynamicznych;

oraz w oparciu o obliczenia i wytyczne zgodne z obowiązującymi normami i aktami prawnymi:

- [B1] PN-B-02151-3:2015-10, „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 3: Wymagania dotyczące izolacyjności akustycznej przegród w budynkach i elementów budowlanych.”,
- [B2] PN-B-02151-4:2015-06, „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 4: Wymagania dotyczące warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy w pomieszczeniach oraz wytyczne prowadzenia badań.”,
- [B3] PN-B-02151-02:1987, „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Część 2: Wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku w pomieszczeniach.”

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

- [B4] PN-ISO 9613-2:2002, „Akustyka - Tłumienie dźwięku podczas propagacji w przestrzeni otwartej. Ogólna metoda obliczenia.”,
- [B5] French national computation method “NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPCSTB)”, referred to in Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6.
- [B6] PN-EN ISO 12354-1:2017-10, „Akustyka budowlana -- Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów -- Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami”
- [B7] PN-EN ISO 12354-2:2017-10, „Akustyka budowlana -- Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów -- Część 2: Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami”
- [B8] PN-EN ISO 717-1:2013-08, "Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków powietrznych"
- [B9] PN-EN ISO 717-2:2013-08, "Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych"
- [B10] Poradnik ITB nr 406/2005 pt. „Metody obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w budynku według PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002”

3. Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych

3.1. Izolacyjność akustyczna od dźwięków powietrznych

Przegrody wewnętrzne, tj. ściany oraz stropy, muszą charakteryzować się wskaźnikiem izolacyjności akustycznej R'_{A1} lub R_{A1R} nie mniejszym niż to zostało określone w normie PN-B-02151-3:2015-10 [B1]. W tabeli 1 zestawiono wszystkie projektowane przegrody, dla których stawia się wymagania akustyczne dotyczące izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych. Dla każdej przegrody przedstawiono wymagane normowo wartości minimalnej izolacyjności akustycznej (tablica 5 punkty VI i VIII [B1] – pomieszczenia biurowe traktowano jako pokoje pracowników naukowych). Następnie, przyjęto odpowiednie parametry materiałowo-konstrukcyjne każdej przegrody zgodnie z zaleceniami projektowymi i w oparciu o wytyczne [B6, B8, B10] obliczono projektowe wartości izolacyjności akustycznej wskaźnika R'_{A1} lub R_{A1R} analizowanych przegród i elementów budowlanych. W przypadku, jeśli jakaś z przegród nie spełniała wymagań normowych, zaproponowano rozwiązanie zgodne z wytycznymi normowymi. Dla przegród, które nie zostały wprost określone w wytycznych projektowych konkretnym rozwiązaniem systemowym, wskazano przykładowe systemy spełniające wymagania normowe.

Tabela 1. Minimalna izolacyjność akustyczna od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych, dla których stawia się wymagania normowe [B1], wraz z propozycją rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych przegród spełniających powyższe wymagania

Wartość wskaźnika R'_{A1} lub R_{A1R} (dB)		Rozwiązanie materiałowo-konstrukcyjne przegrody
Według obliczeń	Według normy [B1]	
ŚCIANY		
<p>Ściany murowane wykonać zgodnie z wytycznymi producenta bloczków. Ewentualne szczeliny podstropowe wypełnić szczelną warstwą elastyczną: np. wełną mineralną o gęstości min. 60 kg/m³ lub elastyczną pianką niskorozprężną o zwiększonej gęstości, zabezpieczoną masą ogniochronną lub taśmą uszczelniającą. Tynk na ścianie z bruzdą dylatacyjną, przy otynkowanym suficie, wypełnioną elastyczną masą akrylową. Stosować spoiny pionowe we wszystkich ścianach murowanych. Ściany gipsowo-kartonowe wykonać zgodnie z wytycznymi producenta danego systemu przy wykorzystaniu wszystkich systemowych elementów montażowych. Unikać puszek elektrycznych w ścianach pomiędzy pomieszczeniami chronionymi akustycznie, maksymalnie dwie w odległości minimum 30 cm od siebie.</p>		
POMIESZCZENIE BIUROWE – POMIESZCZENIE BIUROWE (0.01, 0.02, 0.03 ¹ , 0.11, 0.12, 0.15 ¹)		
$R'_{A1} = 48$ (ściana SW3) $R'_{A1} = 49$ (ściana GK3)	$R'_{A1} \geq 48$	<ul style="list-style-type: none">Pomiędzy pomieszczeniami 0.01 i 0.02: przegroda z bloczków silikatowych grubości 18 cm (SW3). Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, wyznaczono minimalną izolacyjność akustyczną ściany na poziomie $R_{A1} = 52$ dB. Założenie to spełniają przykładowo systemy: Silikat A 18 ($R_{A1} = 54$ dB), H+H Silikat A18 ($R_{A1} = 56$ dB).Pomiędzy pomieszczeniami 0.11 i 0.12 oraz 0.03 i 0.15: przegroda gipsowo-kartonowa Rigips 3.40.06 – podwójne poszycie płytą g-k RIGIPS PRO 12,5 mm z wypełnieniem wełną mineralną ISOVER Aku-Płyta gr. 100 mm (GK3). Zgodnie z opinią ITB NA-572/P/2006 izolacyjność akustyczna R_{A1} systemu Rigips 3.40.06 wynosi 55 dB. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 49$ dB. Proponowana przegroda spełnia więc wymagania normowe.

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

		<p>Uwaga: W przegrodzie pomiędzy pomieszczeniami 0.03 i 0.15 znajduje się okno. Aby spełnić wymagania normy dotyczące izolacyjności akustycznej przegrody, okno powinno charakteryzować się taką samą izolacyjnością akustyczną co część gipsowo-kartonowa ściany, albo należy odpowiednio zwiększyć izolacyjność akustyczną części przegrody bez okna, aby wypadkowa izolacyjność przegrody R'_{A1} wynosiła min. 48 dB.</p>
POMIESZCZENIE BIUROWE (0.01, 1.01) – SANITARIATY		
$R'_{A1} = 52$	$R'_{A1} \geq 50$	<p>Przegroda gipsowo-kartonowa Rigips 3.40.06 – podwójne poszycie płytą g-k RIGIPS PRO 12,5 mm z wypełnieniem wełną mineralną ISOVER Aku-Płyta gr. 100 mm (GK2). Zgodnie z opinią ITB NA-572/P/2006 izolacyjność akustyczna R_{A1} systemu Rigips 3.40.06 wynosi 55 dB. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 49$ dB. Proponowana przegroda nie spełnia więc wymagań normowych. Aby zapewnić wymaganą izolacyjność akustyczną przegrody proponuje się wymianę w systemie ściany 3.40.06 w poszyciu po jednej z płyt g-k RIGIPS PRO na RIGIPS PRO AKU. Wówczas projektowana izolacyjność akustyczna przegrody wyniesie $R'_{A1} = 52$ dB.</p> <p>Uwaga: Nie należy prowadzić instalacji sanitarnych w ścianach pomiędzy pomieszczeniem biurowym a sanitariatami.</p>
POMIESZCZENIE BIUROWE (0.01, 0.02, 0.03¹, 0.11, 0.12, 0.15¹, 1.01, 1.07) – KOMUNIKACJA		
$R'_{A1} = 49$ (ściana GK3) $R'_{A1} = 48$ (ściana S2) $R'_{A1} = 56$ (ściana żelb.) $R'_{A1} = 48$ (ściana SW3)	$R'_{A1} \geq 48$ (ściana) $R_{A1R} \geq 35$ (drzwi)	<ul style="list-style-type: none"> W pomieszczeniach 0.01, 0.03, 0.11, 0.12, 1.01 oraz 1.07 przegroda gipsowo-kartonowa Rigips 3.40.06 – podwójne poszycie płytą g-k RIGIPS PRO 12,5 mm z wypełnieniem wełną mineralną ISOVER Aku-Płyta gr. 100 mm (GK3). <p>Zgodnie z opinią ITB NA-572/P/2006 izolacyjność akustyczna R_{A1} systemu Rigips 3.40.06 wynosi 55 dB. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 49$ dB. Proponowana przegroda spełnia więc wymagania normowe.</p>

$R_{A1R} = 35$ (drzwi)		<ul style="list-style-type: none"> W pomieszczeniu 0.15 przegroda szklana (S2). Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, wyznaczono minimalną izolacyjność akustyczną ściany na poziomie $R_{A1} = 54$ dB. Założenie to spełnia przykładowo ścianka szklana firmy Tripolis – model „endoGrid” z szybą VSG 66.2 Si / VSG 66.2 Si ($R_{A1} = 54$ dB). W pomieszczeniu 0.15 przegroda żelbetowa 24 cm. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 56$ dB. Proponowana przegroda spełnia więc wymagania normowe. W pomieszczeniu 0.02 przegroda z bloczków silikatowych grubości 18 cm (SW3) z dodatkową okładziną. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, wyznaczono minimalną izolacyjność akustyczną ściany na poziomie $R_{A1} = 52$ dB. Założenie to spełniają przykładowo systemy: Silikat A 18 ($R_{A1} = 54$ dB), H+H Silikat A18 ($R_{A1} = 56$ dB). <p>Drzwi w analizowanych przegrodach muszą charakteryzować się izolacyjnością akustyczną $R_{A1} \geq 37$ dB.</p>
POMIESZCZENIE BIUROWE (0.11, 1.07) – SZYB WINDY		
$R'_{A1} = 56$	$R'_{A1} \geq 55$	<p>Przegroda żelbetowa grubości 24 cm. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 56$ dB. Proponowana przegroda spełnia więc wymagania normowe.</p> <p>Uwaga: Szyb windy powinien być dylatowany od konstrukcji budynku. Jeżeli nie ma możliwości zapewnienia wskazanej dylatacji konieczne jest stosowanie skutecznej wibroizolacji układów jezdnych windy w celu redukcji przenoszenia dźwięków materiałowych na konstrukcję budynku, a w konsekwencji spełnienie wymagań dotyczących dopuszczalnych poziomów w pomieszczeniach chronionych akustycznie – zgodnie z PN-B-02151-02:1987 [B3].</p>

POMIESZCZENIE BIUROWE (1.01) – POMIESZCZENIE SOCJALNE (1.02)		
$R'_{A1} = 49$	$R'_{A1} \geq 48$	Przegroda gipsowo-kartonowa Rigips 3.40.06 – podwójne poszycie płytą g-k RIGIPS PRO 12,5 mm z wypełnieniem wełną mineralną ISOVER Aku-Płyta gr. 100 mm (GK3). Zgodnie z opinią ITB NA-572/P/2006 izolacyjność akustyczna R_{A1} systemu Rigips 3.40.06 wynosi 55 dB. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 49$ dB. Proponowana przegroda spełnia więc wymagania normowe.
GABINET DYREKTORA (1.11) – POMIESZCZENIE BIUROWE (1.07; SEKRETARIAT)		
$R'_{A1} = 52$	$R'_{A1} \geq 50$	Przegroda gipsowo-kartonowa Rigips 3.40.06 – podwójne poszycie płytą g-k RIGIPS PRO 12,5 mm z wypełnieniem wełną mineralną ISOVER Aku-Płyta gr. 100 mm (GK3). Zgodnie z opinią ITB NA-572/P/2006 izolacyjność akustyczna R_{A1} systemu Rigips 3.40.06 wynosi 55 dB. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 49$ dB. Proponowana przegroda nie spełnia więc wymagań normowych. Aby zapewnić wymaganą izolacyjność akustyczną przegrody proponuje się wymianę w systemie ściany 3.40.06 w poszyciu po jednej z płyt g-k RIGIPS PRO na RIGIPS PRO AKU. Wówczas projektowana izolacyjność akustyczna przegrody wyniesie $R'_{A1} = 52$ dB.
GABINET DYREKTORA (1.11) – KOMUNIKACJA		
$R'_{A1} = 52$ (ściana) $R_{A1R} = 40$ (drzwi)	$R'_{A1} \geq 50$ (ściana) $R_{A1R} \geq 40$ (drzwi)	Przegroda gipsowo-kartonowa Rigips 3.40.06 – podwójne poszycie płytą g-k RIGIPS PRO 12,5 mm z wypełnieniem wełną mineralną ISOVER Aku-Płyta gr. 100 mm (GK3). Zgodnie z opinią ITB NA-572/P/2006 izolacyjność akustyczna R_{A1} systemu Rigips 3.40.06 wynosi 55 dB. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 49$ dB. Proponowana przegroda nie spełnia więc wymagań normowych. Aby zapewnić wymaganą izolacyjność akustyczną przegrody proponuje się wymianę w systemie ściany

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

		<p>3.40.06 w poszyciu po jednej z płyt g-k RIGIPS PRO na RIGIPS PRO AKU. Wówczas projektowana izolacyjność akustyczna przegrody wyniesie $R'_{A1} = 52$ dB.</p> <p>Drzwi w analizowanej przegrodzie muszą charakteryzować się izolacyjnością akustyczną $R_{A1} \geq 42$ dB.</p>
SALA KONFERENCYJNA (0.04¹) – POMIESZCZENIE BIUROWE (0.03¹, 0.15¹)		
$R'_{A1} = 49$	$R'_{A1} \geq 48$	<p>Przegroda gipsowo-kartonowa Rigips 3.40.06 – podwójne poszycie płytą g-k RIGIPS PRO 12,5 mm z wypełnieniem wełną mineralną ISOVER Aku-Płyta gr. 100 mm (GK3). Zgodnie z opinią ITB NA-572/P/2006 izolacyjność akustyczna R_{A1} systemu Rigips 3.40.06 wynosi 55 dB. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 49$ dB. Proponowana przegroda spełnia więc wymagania normowe.</p>
SALA KONFERENCYJNA (0.04¹), POMIESZCZENIE BIUROWE (0.15) – POM. TECHNICZNE (0.05)		
$R'_{A1} = 55$	$R'_{A1} \geq 55$	<p>Przegroda gipsowo-kartonowa Rigips 3.40.06 – podwójne poszycie płytą g-k RIGIPS PRO 12,5 mm z wypełnieniem wełną mineralną ISOVER Aku-Płyta gr. 100 mm (GK4). Zgodnie z opinią ITB NA-572/P/2006 izolacyjność akustyczna R_{A1} systemu Rigips 3.40.06 wynosi 55 dB. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 49$ dB. Proponowana przegroda nie spełnia więc wymagań normowych. Dodatkowo w przegrodzie pomiędzy pomieszczeniem biurowym (sala wielofunkcyjna – 0.15) a pomieszczeniem technicznym (0.05) znajdują się drzwi, które znacznie obniżą izolacyjność akustyczną przegrody.</p> <p>Zaleca się zmianę funkcji pomieszczenia 0.15, tak aby nie było przeznaczone na pomieszczenie do pracy. Wówczas dla przegrody pomiędzy pomieszczeniem 0.15 a pomieszczeniem technicznym 0.05 nie będą stawiane wymagania akustyczne. W przeciwnym razie konieczne będzie dobranie systemu ściany i drzwi zapewniających wypadkową izolacyjność akustyczną przegrody na poziomie $R'_{A1} \geq 55$ dB.</p>

		W przypadku przegrody pomiędzy salą konferencyjną (0.04) a pomieszczeniem technicznym (0.05) również wymagana izolacyjność akustyczna ściany wynosi $R'_{A1} \geq 55$ dB. Ze względu na wysokie wartości przenoszenia bocznego lekkich ścian g-k charakteryzujących się wysoką izolacyjnością akustyczną, izolacyjność akustyczna systemu R_{A1} musi wynosić min. 67 dB. Alternatywą do powyższego rozwiązania są ścianki murowane lub żelbetowe, dla których przenoszenie boczne jest mniejsze.
SALA KONFERENCYJNA (0.04¹) – KOMUNIKACJA		
$R'_{A1} = 56$ $R_{A1R} = 35$	$R'_{A1} \geq 48$ (ściana) $R_{A1R} \geq 35$ (drzwi)	Przegroda żelbetowa grubości 24 cm. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną ściany $R'_{A1} = 56$ dB. Proponowana przegroda spełnia więc wymagania normowe. Drzwi w analizowanej przegrodzie muszą charakteryzować się izolacyjnością akustyczną $R_{A1} \geq 37$ dB.
STROPY		
POMIESZCZENIE BIUROWE – POMIESZCZENIE BIUROWE (0.01, 0.11, 0.12, 1.01, 1.07, 1.11)		
$R'_{A1} = 51$	$R'_{A1} \geq 50$	Strop żelbetowy gr. 20 cm, płyty styropianowe EPS 100 gr. 4 cm, wylewka betonowa gr. 5 cm, wykładzina PCV akustyczna. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną stropu $R'_{A1} = 51$ dB. Proponowana przegroda spełnia więc wymagania normowe.
POMIESZCZENIE BIUROWE (0.02) – POMIESZCZENIE SOCJALNE (1.02)		
$R'_{A1} = 51$	$R'_{A1} \geq 50$	Strop żelbetowy gr. 20 cm, płyty styropianowe EPS 100 gr. 4 cm, wylewka betonowa gr. 5 cm, wykładzina PCV akustyczna. Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną stropu $R'_{A1} = 51$ dB. Proponowana przegroda spełnia więc wymagania normowe.

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

POMIESZCZENIE BIUROWE (0.11, 0.12) – POMIESZCZENIE TECHNICZNE (-1.15, -1.11)		
$R'_{A1} = 57$	$R'_{A1} \geq 55$	<p>Strop żelbetowy gr. 20 cm, płyty styropianowe EPS 100 gr. 4 cm, wylewka betonowa gr. 5 cm, wykładzina PCV akustyczna.</p> <p>Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną stropu $R'_{A1} = 51$ dB. Proponowana przegroda nie spełnia więc wymagań normowych. Aby zapewnić wymaganą izolacyjność akustyczną stropu pomiędzy pomieszczeniami biurowymi a pomieszczeniami technicznymi proponuje się wymianę warstwy styropianu na wełnę mineralną charakteryzującą się sztywnością dynamiczną nie większą niż 20 MN/m³. Proponowana konstrukcja stropu spełnia również wymagania normy PN-B-02151-02:1987 [B3] określającej dopuszczalne poziomy dźwięku w pomieszczeniach biurowych, przy założeniu, że w pomieszczeniach technicznych poziom dźwięku A nie będzie wyższy niż 85 dB.</p>
POMIESZCZENIE BIUROWE (0.01, 0.02, 0.11) – MODELARNIA (-1.06, -1.07)		
$R'_{A1} = 57$	$R'_{A1} \geq 55$	<p>Strop żelbetowy gr. 20 cm, płyty styropianowe EPS 100 gr. 4 cm, wylewka betonowa gr. 5 cm, wykładzina PCV akustyczna.</p> <p>Po uwzględnieniu przenoszenia bocznego oraz poprawek projektowych, obliczono izolacyjność akustyczną stropu $R'_{A1} = 51$ dB. Proponowana przegroda nie spełnia więc wymagań normowych. Aby zapewnić wymaganą izolacyjność akustyczną stropu pomiędzy pomieszczeniami biurowymi a modelarniami proponuje się wymianę warstwy styropianu na wełnę mineralną charakteryzującą się sztywnością dynamiczną nie większą niż 20 MN/m³. Proponowana konstrukcja stropu spełnia również wymagania normy PN-B-02151-02:1987 [B3] określającej dopuszczalne poziomy dźwięku w pomieszczeniach biurowych, przy założeniu, że w modelarniach poziom dźwięku A nie będzie wyższy niż 85 dB (poziom zgodny z wymaganiami BHP w miejscu pracy).</p>

¹ W obliczeniach przyjęto, że sala konferencyjna (0.04), sala komputerowa (0.03) oraz sala wielofunkcyjna (0.15) będą użytkowane tylko wówczas, gdy nie będą prowadzone pomiary w tunelu aerodynamicznym TA1.

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

Istotny wpływ na izolacyjność akustyczną przegród budowlanych od dźwięków powietrznych mają również pośrednie drogi transmisji hałasu, w tym hałas przenikający przez kanały wentylacyjne. W projektowanym budynku zastosowano system wentylacji mechanicznej. Na głównych przewodach wywiewnych, w bezpośrednim sąsiedztwie wentylatorów, należy zastosować tłumiki zapobiegające nadmiernej emisji hałasu od instalacji. Mają one na celu zapewnienie spełnienia wymagań normowych [B3] dotyczących dopuszczalnych poziomów dźwięku od wyposażenia technicznego budynku (Zaleca się weryfikację pomiarową przyjętych zabezpieczeń akustycznych po realizacji inwestycji.). Łączenia odcinków kanałów blaszanych i podwieszenie ich pod stropem oraz przepusty przez przegrody należy izolować przekładkami sprężystymi. Pionowe kanały wentylacyjne w pomieszczeniach biurowych zostały obudowane lekkimi ściankami (GK8) w systemie Rigips 3.40.05: 2x płyta Rigips PRO gr. 12,5 mm, wełna ISOVER Aku-Płyta 75 mm. Aby zapobiec przenikaniu dźwięku z pomieszczenia modelarni (-1.06) do pomieszczeń biurowych znajdujących się na wyższych kondygnacjach konieczne jest wykonanie obudowy kanałów wentylacyjnych również w pomieszczeniu modelarni. Można zastosować ten sam system lekkiej ścianki co w pomieszczeniach biurowych, tj. Rigips 3.40.05.

3.2. Izolacyjność akustyczna od dźwięków uderzeniowych

Zgodnie z PN-B-02151-3:2015-10 [B1] należy zapewnić ochronę projektowanych pomieszczeń biurowych i sali konferencyjnej przed dźwiękami uderzeniowymi przenikającymi z sąsiednich pomieszczeń biurowych, technicznych i modelarni oraz stref komunikacji ogólnej. Wymagania te dotyczą wskaźnika poziomu uderzeniowego $L'_{n,w}$, który nie może przekraczać wartości określonych w normie. W tabeli 2 zestawiono wszystkie projektowane stropy, dla których stawia się wymagania akustyczne dotyczące izolacyjności akustycznej od dźwięków uderzeniowych. Dla każdego stropu przedstawiono wymagane normowo wartości minimalnej izolacyjności akustycznej (tablica 6 punkty VI i VIII [B1] – pomieszczenia biurowe traktowano jako pokoje pracowników naukowych). Następnie, przyjęto odpowiednie parametry materiałowo-konstrukcyjne każdego stropu zgodnie z zaleceniami projektowymi i w oparciu o wytyczne [B7, B9, B10] obliczono projektowe wartości izolacyjności akustycznej wskaźnika $L'_{n,w}$ tych stropów. W przypadku, gdy jakiś ze stropów nie spełniał wymagań normowych, zaproponowano rozwiązanie zgodne z wytycznymi normowymi.

Tabela 2. Minimalna izolacyjność akustyczna od dźwięków uderzeniowych stropów, dla których stawia się wymagania normowe [B1], wraz z propozycją rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych tych stropów spełniających powyższe wymagania

Wartość wskaźnika $L'_{n,w}$ lub $L_{n,wR}$ (dB)		Rozwiązanie materiałowo-konstrukcyjne przegrody
Według obliczeń	Według normy [B1]	
STROPY		
Należy wykonać dylatację obwodową wszystkich podłóg pływających. Wykonując wierzchnie warstwy podłogowe, np. płytki gresowe w pomieszczeniach komunikacji ogólnej, zachować obwodową dylatację, tj. wykonać obwodową fugę z silikonu (ze szczególną uwagą, tak aby nie zabrudzić dylatacji i nie utworzyć łącznika mechanicznego przenoszącego drgania) nie tylko na grubości płytek, lecz także na grubości warstwy kleju. Podczas rozprowadzania instalacji w warstwie izolacji akustycznej nie doprowadzić do powstania mostków akustycznych, poprzez sztywne połączenie stropu z warstwą wylewki. Zapewnić szczelność izolacji przeciwwilgociowej podczas kładzenia jastrychu cementowego.		
POMIESZCZENIA TECHNICZNE (-1.15, -1.11), MODELARNIE (-1.06, -1.07)		
$L'_{n,w} \leq 48$	$L'_{n,w} \leq 48$	<p>Transmisja dźwięków uderzeniowych do pomieszczeń biurowych zlokalizowanych nad pomieszczeniami technicznymi i modelarniami.</p> <p>Płyta fundamentowa żelbetowa gr. 50 cm, płyty styrop. XPS 100 gr. 5 cm, wylewka betonowa gr. 8-10 cm, warstwa podłogowa.</p> <p>Proponowana przegroda spełnia wymagania normowe.</p>
POMIESZCZENIA TECHNICZNE (0.05, 0.07)		
$L'_{n,w} = 41$	$L'_{n,w} \leq 48$	<p>Transmisja dźwięków uderzeniowych do pomieszczenia biurowego i sali konferencyjnej zlokalizowanych przy pomieszczeniach technicznych.</p> <p>Strop żelbetowy gr. 35 cm, płyty styropianowe EPS 100 gr. 4 cm, wylewka betonowa gr. 5 cm, warstwa podłogowa.</p> <p>Konieczne jest, aby zastosowane płyty styropianowe charakteryzowały się sztywnością dynamiczną nie większą niż 20 MN/m³, jak np. płyty Austrotherm STK EPS T. Wówczas poziom uderzeniowy stropu wyniesie $L'_{n,w} = 41$ dB i wymagania normowe będą spełnione.</p>

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

KOMUNIKACJA		
$L'_{n,w} \leq 45$	$L'_{n,w} \leq 58$	<p>Transmisja dźwięków uderzeniowych do pomieszczeń biurowych i sali konferencyjnej zlokalizowanych przy komunikacji.</p> <p>Strop żelbetowy gr. 20 cm lub 35 cm, płyty styropianowe EPS 100 gr. 4 cm, wylewka betonowa gr. 5 cm, płytki gresowe.</p> <p>Konieczne jest, aby zastosowane płyty styropianowe charakteryzowały się sztywnością dynamiczną nie większą niż 20 MN/m^3, jak np. płyty Austrotherm STK EPS T. Wówczas poziom uderzeniowy stropu wyniesie $L'_{n,w} \leq 45 \text{ dB}$ i wymagania normowe będą spełnione.</p>
POMIESZCZENIA BIUROWE (0.01, 0.02, 0.03, 0.11, 0.12, 0.15, 1.01, 1.07, 1.11), POMIESZCZENIE SOCJALNE (1.02) I SALA KONFERENCYJNA (0.04)		
$L'_{n,w} \leq 50$	$L'_{n,w} \leq 58$	<p>Transmisja dźwięków uderzeniowych pomiędzy analizowanymi pomieszczeniami.</p> <p>Strop żelbetowy gr. 20 cm lub 35 cm, płyty styropianowe EPS 100 gr. 4 cm, wylewka betonowa gr. 5 cm, wykładzina PCV akustyczna.</p> <p>Konieczne jest, aby zastosowane płyty styropianowe charakteryzowały się sztywnością dynamiczną nie większą niż 20 MN/m^3, jak np. płyty Austrotherm STK EPS T. Wówczas poziom uderzeniowy stropu wyniesie $L'_{n,w} \leq 50 \text{ dB}$ i wymagania normowe będą spełnione.</p>

Dodatkowo, aby chronić użytkowników budynku przed transmisją dźwięków materiałowych oraz spełnić wymagania normy PN-B-02151-02:1987 [B3] określającej dopuszczalne poziomu hałasu w pomieszczeniach chronionych, należy zapewnić skuteczną wibroizolację wentylatorów i innych urządzeń będących wyposażeniem technicznym tuneli aerodynamicznych. Zaleca się weryfikację pomiarową przyjętych zabezpieczeń akustycznych tych urządzeń po realizacji inwestycji.

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

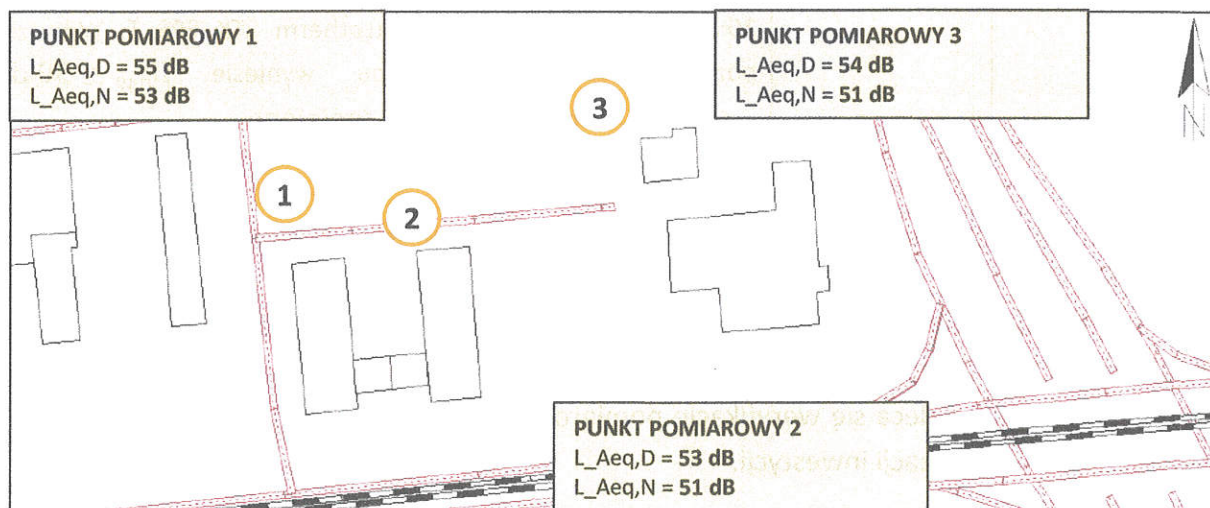
OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII ŁĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

4. Izolacyjność akustyczna przegród zewnętrznych

W obliczeniach izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych przyjęto miarodajny poziom hałasu zewnętrznego w oparciu o rozkłady poziomu dźwięku w środowisku uzyskane z mapy akustycznej miasta Kraków, wyniki pomiarów hałasu w miejscu planowanej inwestycji przeprowadzone w grudniu 2020 r., dane katalogowe hałasu emitowanego przez urządzenia wyposażenia technicznego zlokalizowane na dachu projektowanego budynku i wewnątrz tuneli aerodynamicznych oraz prognozowane natężenie ruchu na drogach wewnętrznych.

4.1. Pomiary hałasu w miejscu planowanej inwestycji

W dniach 16 i 18 grudnia 2020 r. przeprowadzone zostały pomiary hałasu w środowisku w miejscu planowanej inwestycji. Do badań wytypowano trzy punkty pomiarowe. Na rys. 1 przedstawiono lokalizację punktów pomiarowych wraz z informacją o zmierzonym poziomie dźwięku pochodzącym od ruchu komunikacyjnego dla pory dziennej ($L_{Aeq,D}$) i nocnej ($L_{Aeq,N}$). Wysokość punktów pomiarowych wynosiła 4 m nad poziomem terenu. Pomiary akustyczne mają za zadanie dać obraz klimatu akustycznego przed zrealizowaniem inwestycji, aby dobrać odpowiednie zabezpieczenia przed hałasem działającym na użytkowników budynku. Stąd też pewnym oparciem była metodyka referencyjna wykonywania okresowych pomiarów hałasu wprowadzanego do środowiska w związku z eksploatacją dróg, linii kolejowych i linii tramwajowych oraz kryteria lokalizacji punktów pomiarowych zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. Dz. U. nr 140 poz. 824, załącznik nr 3. Pomiary w porze dziennej były prowadzone w godzinach 13:00-15:00, pomiary nocne wykonano natomiast między 22:00 a 23:00.



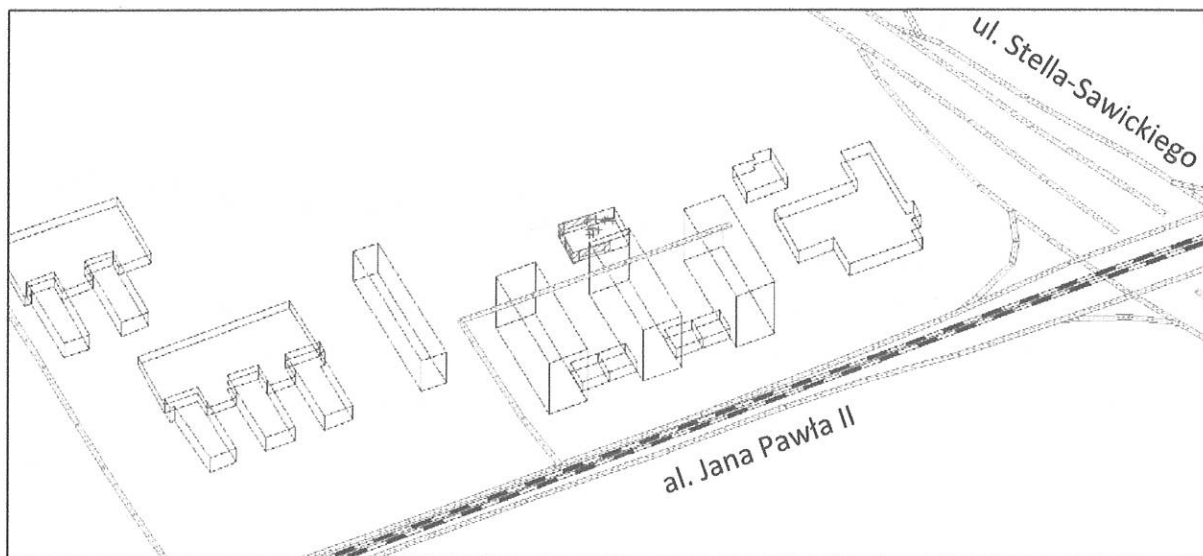
Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych 1-3 wraz z informacją o zmierzonym poziomie dźwięku dla pory dziennej i nocnej

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

4.2. Symulacja imisji hałasu na elewacjach budynków

Do określenia zasięgu oddziaływania akustycznego poszczególnych źródeł hałasu oraz określenia rozkładu poziomu dźwięku na elewacjach projektowanego budynku zastosowano program komputerowy CadnaA, który umożliwia przeprowadzenie obliczeń rozchodzenia się dźwięku zgodnie z metodami podanymi w punkcie 2 [B4, B5]. Model komputerowy sytuacji (por. rys. 2) wykonano w oparciu o rysunki projektowe analizowanego budynku, z odwzorowaniem jego geometrii oraz uwzględniając sąsiadujące z nim inne istotne gabarytowo istniejące oraz budowane obiekty budowlane.

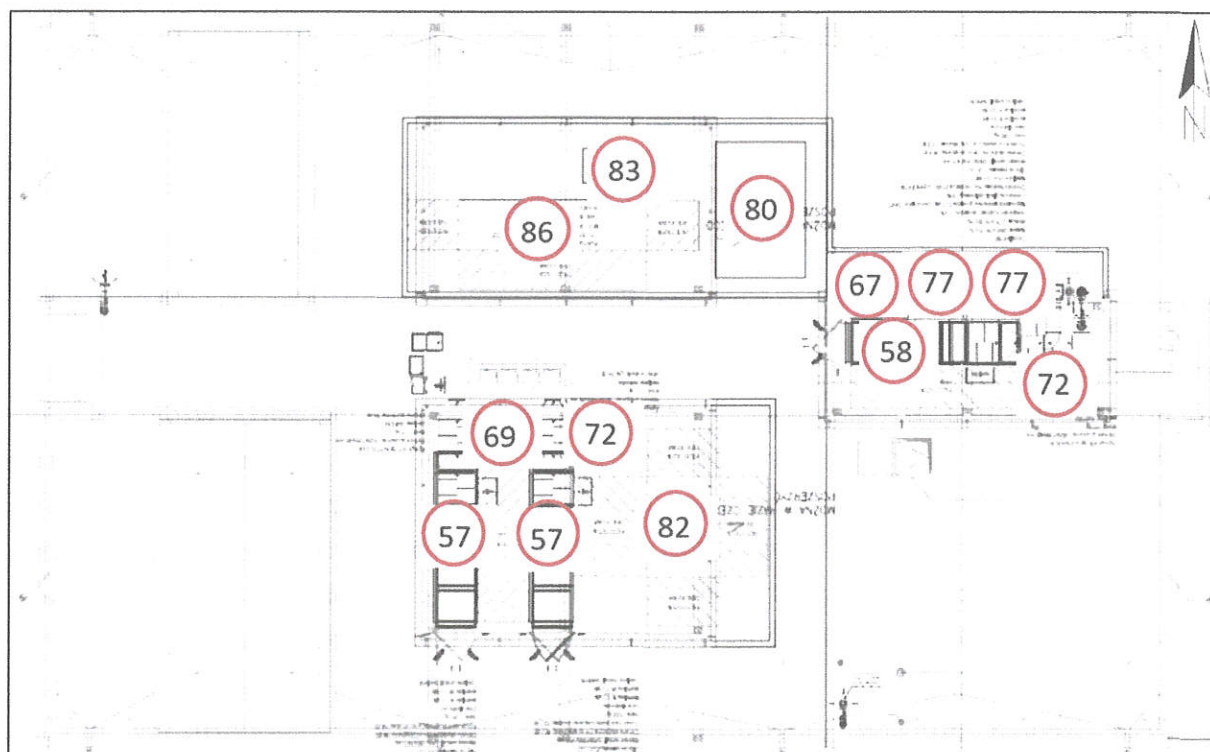


Rys. 2. Docelowy model sytuacji sporządzony w programie CadnaA – projektowany budynek wraz z otoczeniem oraz dominującymi źródłami hałasu

Na podstawie mapy akustycznej miasta Kraków (<https://miip.geomalopolska.pl>) wprowadzono do modelu moce akustyczne dominujących źródeł hałasu, tj. al. Jana Pawła II, ul. Stella-Sawickiego, ul. Medveckiego oraz linii tramwajowej biegnącej wzdłuż al. Jana Pawła II. Wartości zadanych mocy akustycznych dróg wcześniej zwalidowano w oparciu o wyniki pomiarów hałasu przeprowadzonych w miejscu planowanej inwestycji (por. punkt 4.1). Następnie model komputerowy uzupełniono o drogę wewnętrzną prowadzącą z al. Jana Pawła II do garaży podziemnych znajdujących się pod biurowcami Podium Park. Emisję hałasu od drogi wewnętrznej określono na podstawie prognozowanego natężenia ruchu, które wyznaczono w oparciu liczbę miejsc parkingowych (rys. 3). W obliczeniach przyjęto średnią prędkość pojazdów na drodze wewnętrznej 20 km/h. W modelu komputerowym sytuacji uwzględniono również źródła hałasu, jakimi są urządzenia wyposażenia technicznego projektowanego budynku zlokalizowane na jego dachu (rys. 4).



Rys. 3. Prognozowane natężenie ruchu na drodze wewnętrznej prowadzącej z al. Jana Pawła II do garaży podziemnych biurowców Podium Park – liczba pojazdów na dobę



Rys. 4. Przyjęte w modelu moce akustyczne L_{WA} (dB) urządzeń wyposażenia technicznego zlokalizowanych na dachu projektowanego budynku [A3]

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

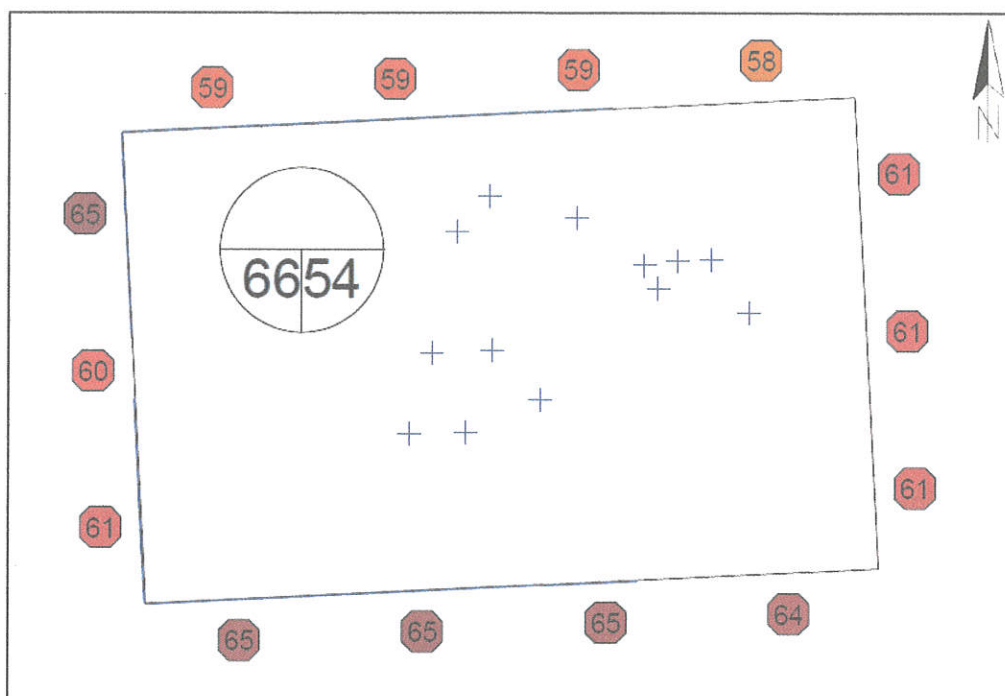
OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

Ostatnim zamodelowanym źródłem dźwięku było źródło typu budynek, w którym uwzględniono emisję hałasu z tuneli aerodynamicznych przez przegrody zewnętrzne oraz klapy/okna wentylacyjne zlokalizowane w szybach tuneli aerodynamicznych. Moce akustyczne wentylatorów tuneli aerodynamicznych przyjęto na podstawie przekazanej dokumentacji technicznej [A4]:

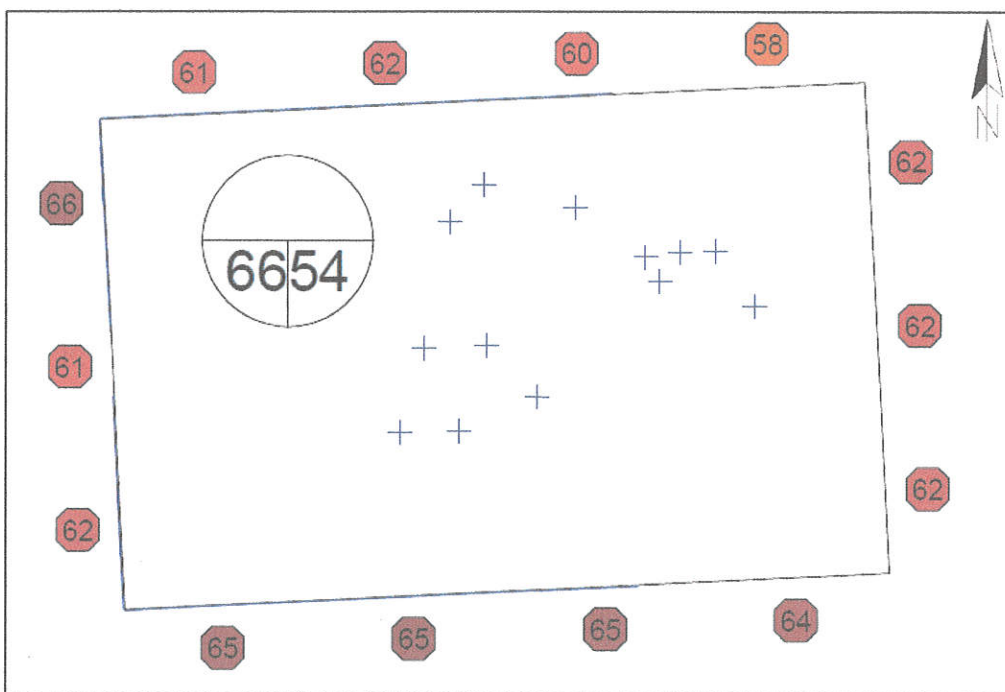
- dla każdego z trzech wentylatorów typu WO-310/85R usytuowanych w tunelu TA1 założono moc akustyczną $L_{WA} = 106$ dB oraz poziom ciśnienia akustycznego ważonego krzywą A na wylocie i wlocie do kanału 90 dB – dane dla 50% obrotów nominalnych (typowa praca urządzenia podczas planowanych badań wykonywanych w tym tunelu);
- dla każdego z ośmiu wentylatorów typu WO-190/85R usytuowanych w tunelu TA2 założono moc akustyczną $L_{WA} = 112$ dB oraz poziom ciśnienia akustycznego ważonego krzywą A na wylocie i wlocie do kanału 100 dB – dane dla 75% obrotów nominalnych (typowa praca urządzenia podczas planowanych badań wykonywanych w tym tunelu).

Ze względu na brak adaptacji akustycznej przestrzeni tuneli aerodynamicznych do obliczeń poziomu dźwięku w tych strefach przyjęto średni współczynnik pochłaniania dźwięku powierzchni wewnętrznych w tunelach na poziomie 0,15. Obliczony poziom dźwięku A w tunelu TA1 w przestrzeni zlokalizowanej na I piętrze wyniósł 103 dB; dla tunelu TA2 poziom ten wyniósł natomiast 117 dB. Izolacyjność akustyczną ścian zewnętrznych przyjęto na poziomie: $R'_{A2} = 56$ dB w przypadku ściany żelbetowej gr. 24 cm oraz $R'_{A2} = 61$ dB w przypadku ściany żelbetowej gr. 35 cm. Założono również minimalną izolacyjność akustyczną klap/okien wentylacyjnych zlokalizowanych w szybach tuneli aerodynamicznych na poziomie $R'_{A2} = 40$ dB.

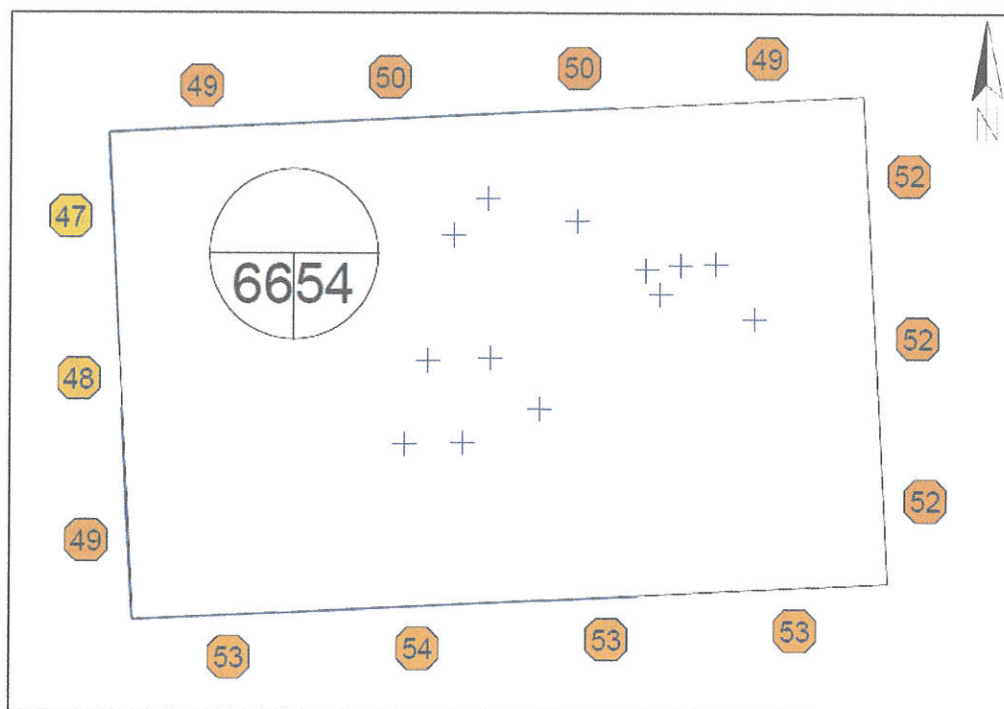
Symulacje rozprzestrzeniania się hałasu przeprowadzono przy założeniu maksymalnego rzędu odbić równego 3 oraz dla następujących danych meteorologicznych: temperatury 10°C i wilgotności 70%. W obliczeniach przyjęto, że zarówno urządzenia wyposażenia technicznego zlokalizowane na dachu projektowanego budynku, jak i obydwie tunele aerodynamiczne nie działają w porze nocnej, tj. między 22:00 a 6:00. Symulowane poziomy dźwięku L_{DWN} oraz L_N odczytywano w odległości 2 m od elewacji budynku na wysokości parteru oraz poziomu +1 budynku. Na rys. 5-8 przedstawiono wyniki symulacji – miarodajne poziomy hałasu na elewacjach projektowanego budynku Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej.



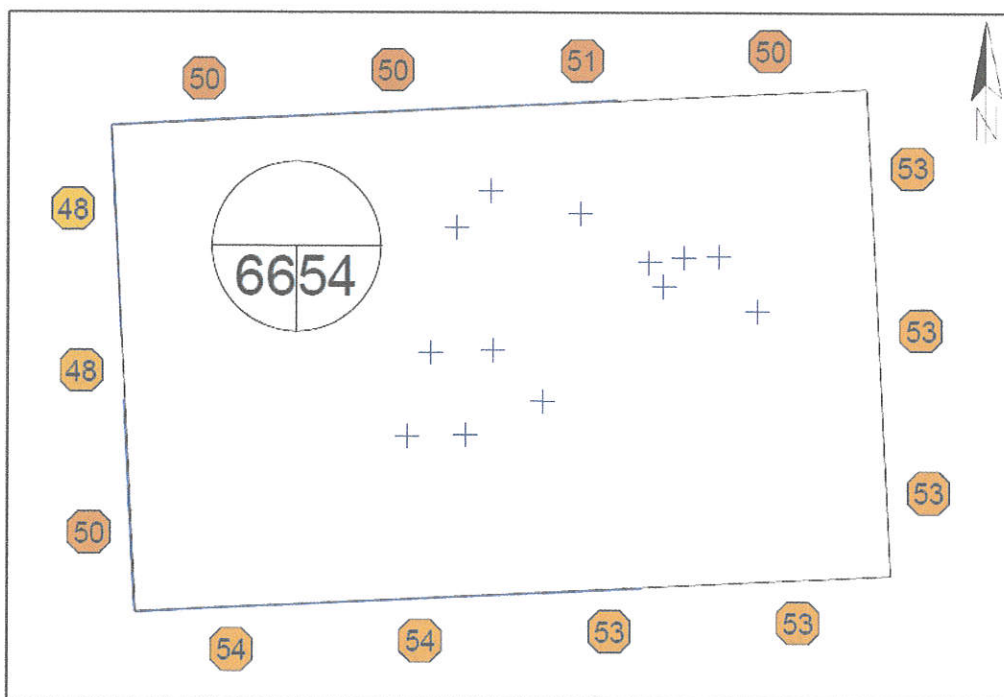
Rys. 5. Uzyskane z symulacji komputerowych miarodajne poziomy dźwięku na elewacjach projektowanego budynku – parter, wartości L_{DWN} .



Rys. 6. Uzyskane z symulacji komputerowych miarodajne poziomy dźwięku na elewacjach projektowanego budynku – poziom +1, wartości L_{DWN} .



Rys. 7. Uzyskane z symulacji komputerowych miarodajne poziomy dźwięku na elewacjach projektowanego budynku – parter, wartości L_N .



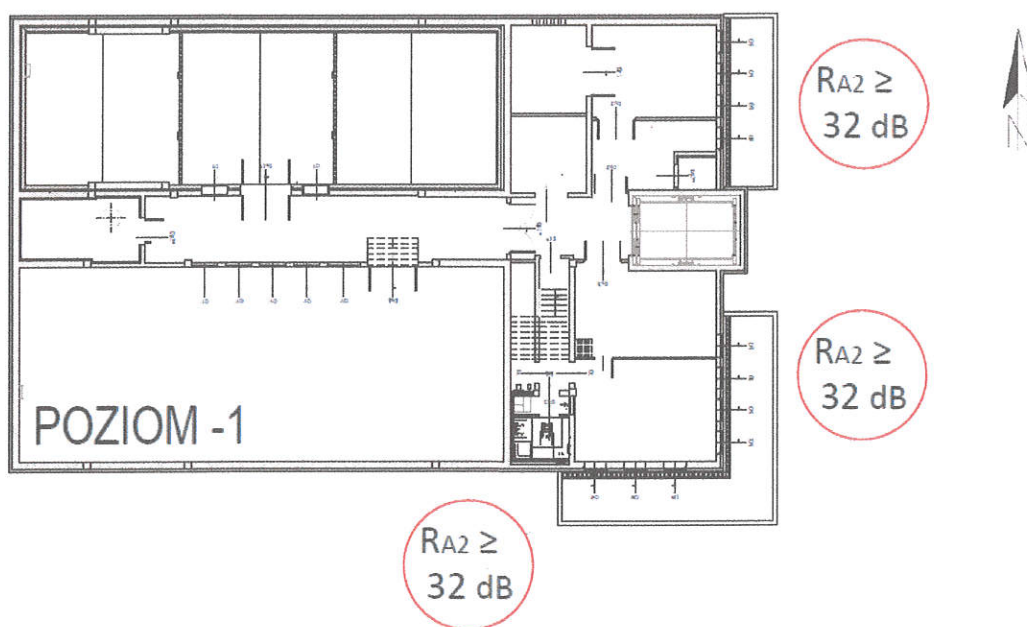
Rys. 8. Uzyskane z symulacji komputerowych miarodajne poziomy dźwięku na elewacjach projektowanego budynku – poziom +1, wartości L_N .

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

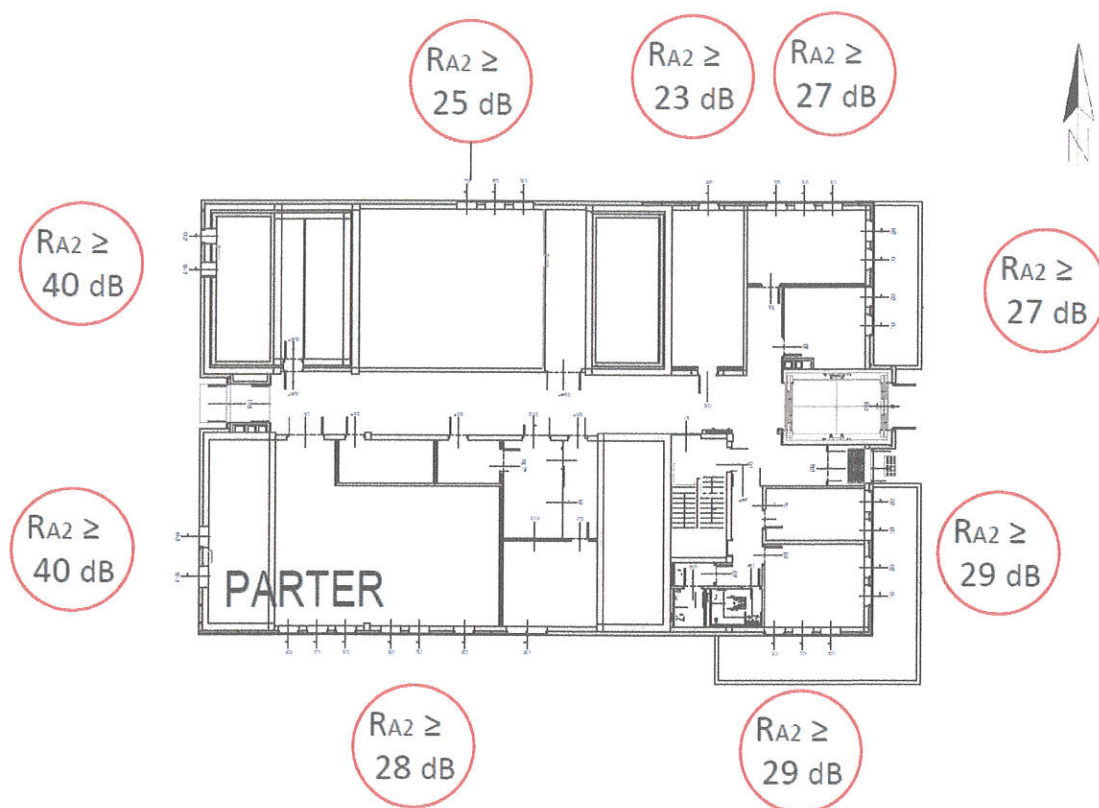
4.3. Wytyczne dotyczące izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych

Obliczenia izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych przeprowadzono zgodnie z procedurą opisaną w normie PN-B-02151-3:2015-10. Jako dane wejściowe do obliczeń posłużyły uzyskane z symulacji poziomy dźwięku na elewacjach – L_{DWN} oraz L_N (por. rys. 5-8). Wartości te przeliczono na poziomy hałas dla pory dnia i nocy zgodnie z załącznikiem E normy PN-B-02151-3:2015-10. Poziom odniesienia $L_{Aeq,wew} = 35$ dB chronionych akustycznie pomieszczeń w placówkach badawczych dobrano zgodnie z tabelą 7 normy PN-B-02151-3:2015-10. Izolacyjność akustyczną części murowanej przegród zewnętrznych przyjęto jako $R_{A2} = 50$ dB – wymaganie to spełniają, m.in. bloczki silikatowe H+H Silikat N24 lub Silka E24. Uwzględniając jednak dodatkowe ocieplenie ścian zewnętrznych (w postaci wełny mineralnej grubości 20 cm i tynku), które niekorzystnie wpływa na izolacyjność akustyczną przegrody, do obliczeń przyjęto niższą wartość izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych, tj. $R_{A2} = 45$ dB¹. Uzyskaną z obliczeń minimalną izolacyjność akustyczną okien w przegrodach zewnętrznych przedstawiono na rys. 9-11. Zastosowanie elementów szklanych o zadanych w opracowaniu minimalnych wartościach izolacyjności akustycznej lub większych, przy zastosowaniu zalecanego przez producenta sposobu montażu poszczególnych elementów, zapewni spełnienie wymagań akustycznych normy PN-B-02151-3:2015-10.

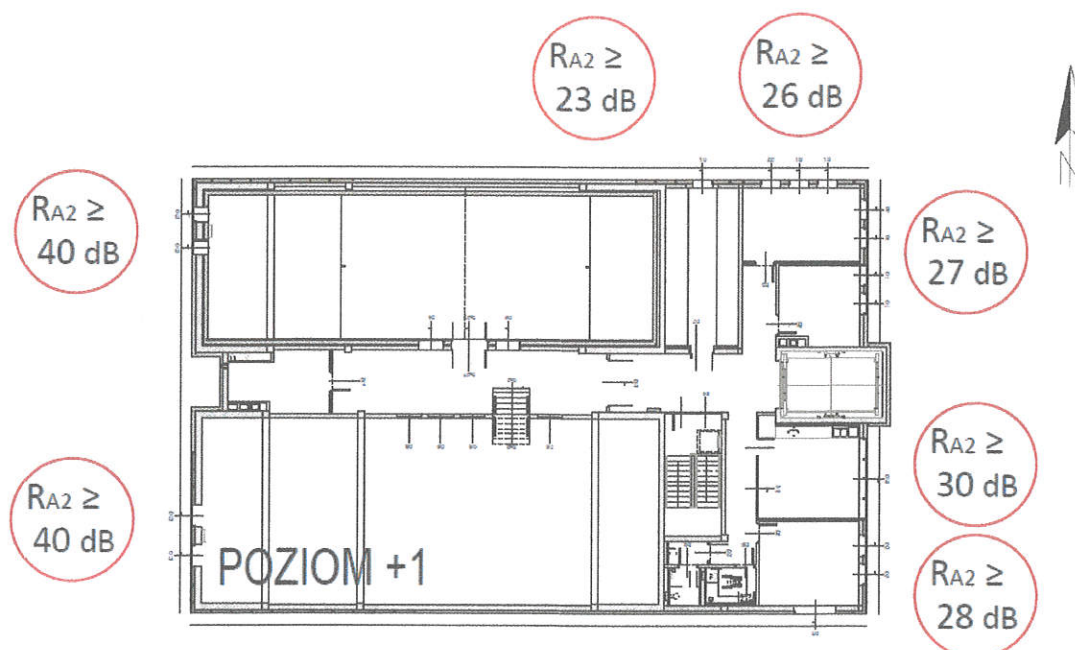


Rys. 9. Wymagane izolacyjności akustyczne okien w przegrodach zewnętrznych, poziom -1

¹ Jacek Nurzyński „Lekki system ocieplania ETICS – czy właściwości cieplne idą w parze z akustyką?”, Czasopismo Techniczne 3/109, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2012



Rys. 10. Wymagane izolacyjności akustyczne okien w przegrodach zewnętrznych, parter



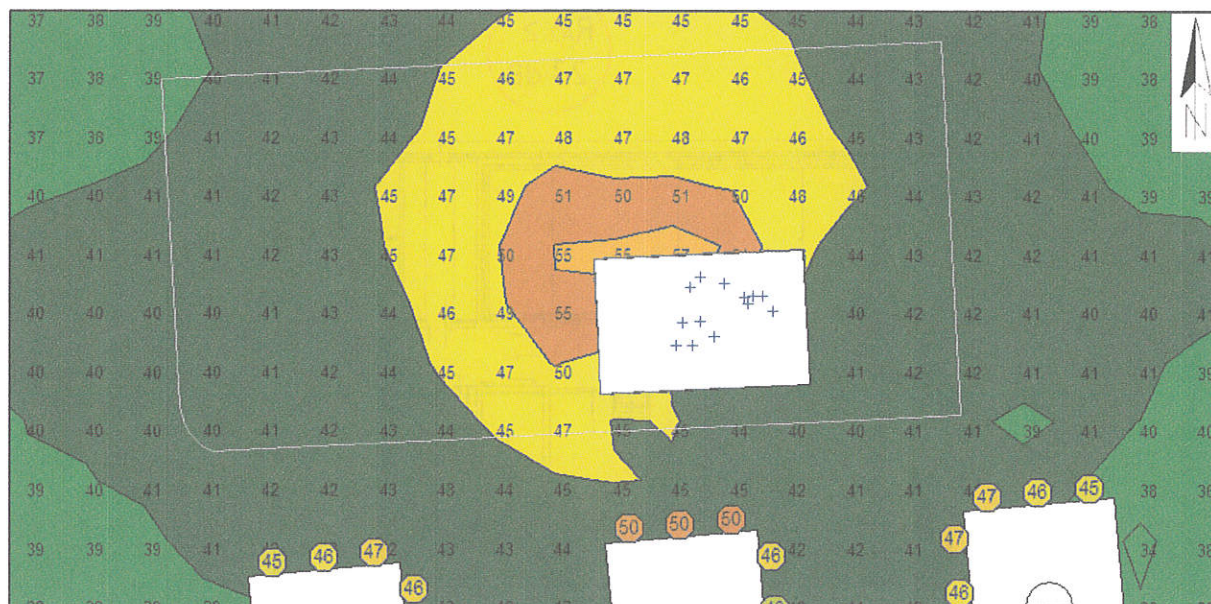
Rys. 11. Wymagane izolacyjności akustyczne okien w przegrodach zewnętrznych, poziom +1

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE

5. Oddziaływanie akustyczne inwestycji na otoczenie

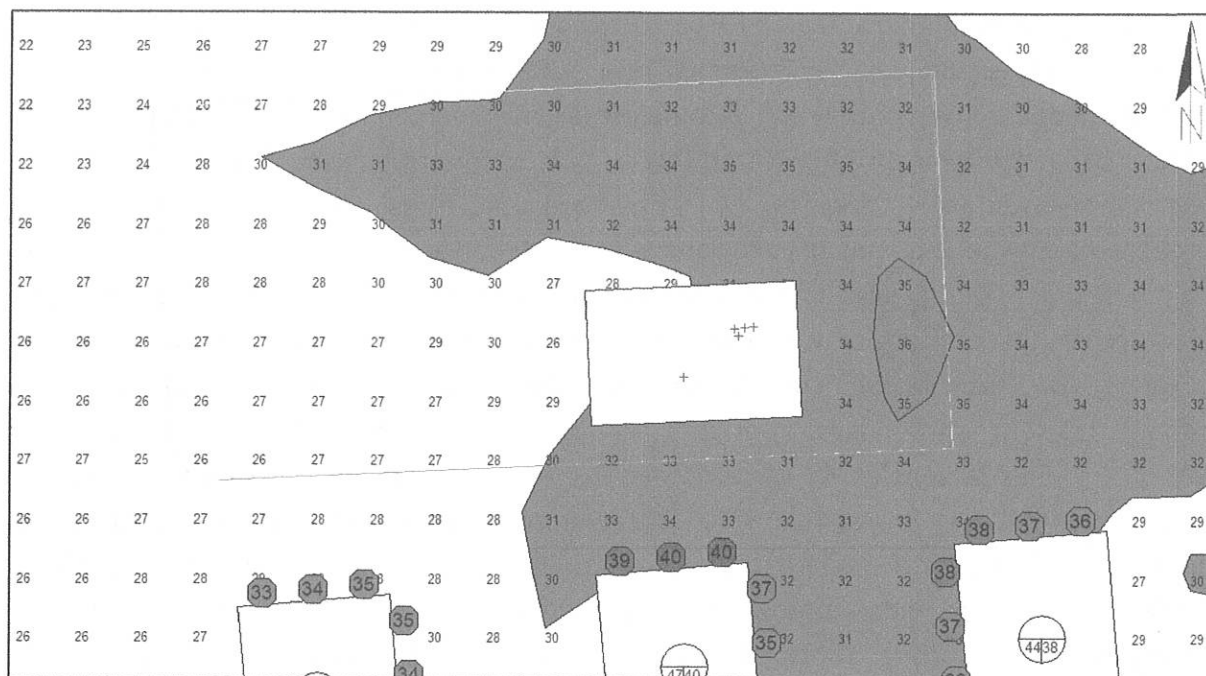
Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku, dopuszczalne poziomy dźwięku A na terenach strefy śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców, powodowane m.in. przez wyposażenie techniczne budynków, wynoszą 55 dB w ciągu dnia oraz 45 dB w ciągu nocy. W celu sprawdzenia, czy urządzenia techniczne projektowanego budynku Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej nie emitują nadmiernego hałasu do środowiska przeprowadzono symulacje oddziaływania inwestycji na środowisko. Do analiz posłużył model komputerowy sytuacji wykonany w programie CadnaA zgodnie z opisem przedstawionym w punkcie 4.2 niniejszego operatu. Z modelu usunięto źródła hałasu komunikacyjnego, zostawiając tylko źródła pochodzące od urządzeń projektowanego budynku – urządzeń zlokalizowanych na dachu oraz w tunelach aerodynamicznych. Na rys. 12 przedstawiono mapę akustyczną oddziaływania inwestycji na środowisko dla pory dnia – poziomy dźwięku A, L_d (dB), symulowane na wysokości 4 m nad terenem oraz w odległości 2 m od elewacji najbliższych budynków (wartość maksymalna spośród wartości uzyskanych na poszczególnych kondygnacjach budynków). Poziomy dopuszczalne, tj. 55 dB dla pory dnia nie zostały przekroczone ani przy elewacjach sąsiednich budynków ani na granicy działki przeznaczonej pod inwestycję. Z drugiej strony, ewentualna praca urządzeń wentylacji bytowej w porze nocnej również nie spowoduje przekroczenia norm dotyczących hałasu środowiskowego – wartość wskaźnika nocnego L_n nie przekroczy dopuszczalnej wartości 45 dB (por. rys. 13).



Rys. 12. Oddziaływanie akustyczne inwestycji na środowisko: poziomy L_d na wysokości 4 m nad terenem i w odległości 2 m od elewacji najbliższych budynków (wartość maksymalna)

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE



Rys. 13. Oddziaływanie akustyczne inwestycji na środowisko: poziomy L_n na wysokości 4 m nad terenem i w odległości 2 m od elewacji najbliższych budynków (wartość maksymalna) – w porze nocnej przyjęto pracę tylko urządzeń wentylacji bytowej (centrali N1W1, centrali N2W2, agregatu klimatyzacji bytowej HVRF typ PURY-M250YNW-A, agregatu klimatyzacji bytowej HVRF typ PURY-M300YNW-A1, agregatu SPLIT typ PUZ-ZM125YKA)

6. Warunki akustyczne w pomieszczeniach do pracy

W chronionych akustycznie pomieszczeniach pracy, tj. pomieszczeniach biurowych czy sali konferencyjnej, należy spełnić wymagania dotyczące dopuszczalnego poziomu dźwięku pochodzącego od wyposażenia technicznego budynku. Zgodnie z PN-B-02151-02:1987 [B3] w pomieszczeniach biurowych przeznaczonych do pracy umysłowej wymagającej silnej koncentracji uwagi równoważny poziom dźwięku A ($L_{A,eq}$) od wyposażenia technicznego budynku nie może przekroczyć 30 dB. W sali konferencyjnej poziom dopuszczalny $L_{A,eq}$ wynosi 35 dB. Dobierając elementy układu wentylacyjnego należy zwrócić szczególną uwagę, aby hałas emitowany przez te urządzenia do pomieszczeń chronionych akustycznie nie przekraczał powyższych wartości granicznych. W celu weryfikacji obliczeniowej przyjętych rozwiązań konieczne są dane dotyczące mocy akustycznych elementów nawiewnych lub emitowanych poziomów dźwięków przy ściśle określonych warunkach pomiarowych (odległość punktu pomiarowego oraz charakterystyka pola akustycznego). Niezależnie od wyników obliczeń, zaleca się weryfikację pomiarową przyjętych rozwiązań wentylacji po realizacji inwestycji.

Szczególnymi pomieszczeniami w projektowanym budynku Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej są pomieszczenia komunikacji -1.09 (poziom -1) oraz 1.12 (poziom +1). Podczas pomiarów wykonywanych w tunelach aerodynamicznych pracownicy nadzorujący proces badawczy będą przebywali właśnie w tych pomieszczeniach. W związku z bardzo wysokimi poziomami dźwięku w przestrzeniach tuneli aerodynamicznych oraz projektowanymi przeszkleniami i drzwiami w ścianach oddzielających tunele od komunikacji, należy dobrać okna i drzwi charakteryzujące się wysokimi współczynnikami izolacyjności akustycznej, tak aby poziomy dźwięku w pomieszczeniach komunikacji były bezpieczne i komfortowe dla pracowników. Do obliczeń izolacyjności akustycznej wskazanych okien i drzwi przyjęto następujące poziomy dźwięku A w tunelach aerodynamicznych: 102 dB / 103 dB w tunelu TA1 na poziomach -1 / +1 oraz 115 dB / 117 dB w tunelu TA2 na poziomach -1 / +1 (por. punkt 4.2). Obliczona izolacyjność akustyczną R'_{A2} pełnej części analizowanych przegród – ściany żelbetowej gr. 24 cm – wyniosła 54 dB. W komunikacji zgodnie z projektem będą montowane sufity podwieszane z prasowanej wełny mineralnej. W obliczeniach założono sufity akustyczne klasy A, czyli sufity charakteryzujące się współczynnikiem pochłaniania α_w nie mniejszym niż 0,9. Przy założeniu, że izolacyjność akustyczna R'_{A2} okien oraz drzwi jest taka sama jak izolacyjność ściany żelbetowej, czyli wynosi 54 dB, uzyskane z obliczeń poziomy dźwięku A w pomieszczeniach komunikacji są następujące:

- poziom -1: 48 dB przy pracującym tunelu TA1 oraz 61 dB przy pracującym tunelu TA2;
- poziom +1: 49 dB przy pracującym tunelu TA1 oraz 63 dB przy pracującym tunelu TA2.

Przeanalizujemy w pierwszej kolejności okna w przegrodzie oddzielającej tunel TA1 od komunikacji. W tym przypadku poziomy dźwięku A w przestrzeni komunikacji, przy układach okiennych i drzwiowych charakteryzujących się izolacyjnością akustyczną $R'_{A2} = 54$ dB, wyniosły 48-49 dB. Chcąc zapewnić poziomy dźwięku w pomieszczeniu komunikacji nie większe niż 55 dB (norma BHP dla pomieszczeń pracy biurowej; wprost dla pomieszczeń komunikacji nie ma wymań prawnych dotyczących dopuszczalnego hałasu), okna i drzwi w przegrodach pomiędzy tunelem TA1 a komunikacją (poziomy -1 i +1) powinny charakteryzować się izolacyjnością akustyczną R_{A2} minimum 45 dB. Zgodnie z projektem przewidziane są podwójne układy okienne jak i podwójne drzwi. Aby spełnić zatem warunek minimalnej izolacyjności akustycznej układów okiennych i drzwi, pojedyncze okna i drzwi muszą mieć izolacyjność akustyczną R_{A2} minimum 42 dB. Sytuacja dla przegrody pomiędzy komunikacją a tunelem TA2 jest gorsza akustycznie, gdyż nawet zakładając izolacyjność akustyczną układów okiennych i drzwi równą izolacyjności pełnej ściany żelbetowej, poziomy dźwięku A w przestrzeni komunikacji wynoszą 61-63 dB. Chcąc uzyskać jak największe izolacyjności akustyczne przeszkleń i drzwi należy zamontować adaptację akustyczną (np. z wełny mineralnej) na powierzchniach bocznych powstałych komór pomiędzy

pojedynczymi oknami / drzwiami. W ten sposób izolacyjność akustyczna podwójnych drzwi / okien będzie o około 6 dB wyższa niż izolacyjność pojedynczego elementu. Po ostatecznym doborze okien wewnętrznych i drzwi zaleca się konsultację akustyczną w celu określenia końcowej izolacyjności akustycznej przegród pomiędzy tunelami aerodynamicznymi a komunikacją pełniącą również funkcję pomieszczenia pracy.

Zgodnie z PN-B-02151-4:2015-06 [B2] w pomieszczeniach biurowych oraz w sali konferencyjnej należy zapewnić również odpowiednie warunki pogłosowe. W pomieszczeniach biurowych należy spełnić wymaganie maksymalnego czasu pogłosu wynoszącego 0,6 s w pasmach oktawowych z zakresu 250 Hz – 4000 Hz. W sali konferencyjnej, której kubatura nie przekracza 500 m³, należy spełnić wymagania dotyczące: maksymalnego czasu pogłosu wynoszącego 0,8 s oraz minimalnej wartości wskaźnika transmisji mowy *STI* równej 0,6. W przypadku sali konferencyjnej wymagany czas pogłosu odnosi się do oktawowych pasm częstotliwości: 125 Hz – 8000 Hz, przy czym w paśmie 125 Hz dopuszcza się zwiększenie czasu pogłosu do wartości 1 s. Wszystkie powyższe wymagania „odnoszą się do pomieszczeń wykończonych, z trwale zamocowanymi elementami umeblowania i wyposażenia, bez obecności ludzi”. Ponadto, „w celu uzyskania naturalnego brzmienia dźwięku zaleca się również, aby przebieg charakterystyki czasu pogłosu w funkcji częstotliwości był możliwie płaski”. We wszystkich pomieszczeniach biurowych oraz sali konferencyjnej projektowane są podwieszane sufity akustyczne ze sprasowanej wełny mineralnej. Aby spełnić wymagania normowe dotyczące maksymalnego czasu pogłosu w pomieszczeniach biurowych i sali konferencyjnej należy zastosować sufity akustyczne klasy A, czyli charakteryzujące się współczynnikiem pochłaniania α_w nie mniejszym niż 0,9.

7. Podsumowanie

Przedstawiony operat akustyczny obejmuje wytyczne dotyczące minimalnej izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych (ścian i stropów) oraz przegród zewnętrznych projektowanego budynku Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej zlokalizowanego przy al. Jana Pawła II 37 w Krakowie. W rozdziale 3 zostały zestawione wszystkie projektowane przegrody wewnętrzne, dla których stawia się wymagania akustyczne zgodnie z PN-B-02151-3:2015-10. Dla każdej przegrody obliczono jej izolacyjność akustyczną od dźwięków powietrznych, a dla stropów również poziom uderzeniowy. W przypadku, gdy w projekcie inwestycji nie były wskazane konkretne produkty do zastosowania w wybranych warstwach przegród budowlanych, w operacie akustycznym określono, jakimi parametrami akustycznymi lub materiałowymi powinny się one charakteryzować, aby spełnione były wymagania normy PN-B-02151-3:2015-10. Wszystkie przedstawione w rozdziale 3 rozwiązania konstrukcyjno-

materiałowe wewnętrznych przegród budowlanych projektowanych budynków spełniają wytyczne normowe dotyczące izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych. Rozdział 3 uzupełniono o informacje dotyczące szczegółów wykonawczych oraz wytyczne ochrony przed hałasem do związanych branż. W rozdziale 4 omówione zostały kwestie ochrony przed hałasem zewnętrznym – zestawiono wartości minimalnej izolacyjności akustycznej R_{A2} okien w przegrodach zewnętrznych zgodne z wytycznymi normy PN-B-02151-3:2015-10. W rozdziale 5 przedstawiono analizę oddziaływania akustycznego inwestycji na środowisko – wykazano, że urządzenia wyposażenia technicznego projektowanego budynku nie będą emitowały nadmiernego hałasu do środowiska. W rozdziale 6 poruszono kwestie ochrony pomieszczeń pracy przed hałasem pochodzącym od urządzeń wyposażenia technicznego budynku oraz zweryfikowano wymagania normowe dotyczące adaptacji akustycznej pomieszczeń biurowych i sali konferencyjnej.

W podsumowaniu niniejszego opracowania przedstawia się również odniesienie merytoryczne do projektu budowlanego inwestycji i korespondencji prowadzonej na etapie przetargu – Punkt 140, Projektowanie: „Czy został opracowany operat zabezpieczenia wibroakustycznego budynku? Czy i jakie są wymagania w zakresie akustyki pomieszczeń oraz emisji hałasu do środowiska? (...)”. Odpowiedź: „Technologia prowadzenia prac badawczych nie wymaga takiego operatu” Stanowisko akustyka w kontekście powyższej korespondencji jest następujące: technologia prowadzenia prac badawczych nie jest czynnikiem decydującym o zasadności wykonania operatu akustycznego dla inwestycji. Co prawda, samo wykonanie operatu akustycznego nie jest obowiązkowe w świetle prawa, natomiast konieczność spełnienia wymagań akustycznych jest już narzucona przez akty prawne, w tym prawo budowlane. W projektowanym budynku znajdują się pomieszczenia wymagające ochrony przeciwdźwiękowej (np. biura) – w konsekwencji należy tak zaprojektować przegrody budowlane, w tym okna i drzwi, aby spełnić wymagania normowe dotyczące: minimalnej izolacyjności akustycznej przegród i elementów budowlanych [B1], dopuszczalnych poziomów dźwięku w tych pomieszczeniach [B3] oraz warunków pogłosowych i zrozumiałości mowy [B2]. O ile przeprowadzona w niniejszym opracowaniu weryfikacja oddziaływania akustycznego inwestycji na otoczenie wykazała spełnienie wymagań dotyczących hałasu w środowisku, to kwestie związane z izolacyjnością akustyczną przegród oraz adaptacją pomieszczeń wymagały obliczeń i szczegółowych wytycznych akustycznych.

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna¹
30-148 Kraków, ul. Lindego 13C/17
tel: 504 933 143, e-mail: biuro@sza-aku.pl
www.sza-aku.pl
NIP: 678 300 32 64; Regon: 367523297

Opracowała:

Agata Szeląg
dr inż. Agata Szeląg

Szeląg Agata Pracownia Akustyczna, ul. Lindego 13C/17, 30-148 Kraków, tel. 504-933-143,
mail: biuro@sza-aku.pl, www: sza-aku.pl, NIP: 6783003264, REGON: 367523297

OPERAT AKUSTYCZNY DLA INWESTYCJI: LABORATORIUM AERODYNAMIKI ŚRODOWISKOWEJ WYDZIAŁU
INŻYNIERII LĄDOWEJ POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ ZLOKALIZOWANE PRZY AL. JANA PAWŁA II 37 W KRAKOWIE