

dr hab. inż. Tomasz Kisilewicz  
Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli  
Wydział Inżynierii Lądowej  
Politechnika Krakowska

Kraków, dnia 8.XI.2024 r.

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Anny Goljan**  
**pod tytułem: „Emisja lotnych związków organicznych z przegród**  
**wielowarstwowych z instalacją grzewczą”**

Recenzję opracowano w związku z Uchwałą nr 6/14/2021 Rady Naukowej Instytutu Techniki Budowlanej z dnia 29 kwietnia 2021 r. w sprawie ustalenia dalszych ustawowych czynności w przewodzie doktorskim mgr inż. Anny Goljan. W ww. uchwale wyznaczono recenzentów rozprawy doktorskiej.

**1. Ogólna charakterystyka układu pracy**

Recenzowana praca została opracowana w roku 2024 pod kierunkiem dr hab. inż. Michała Piaseckiego, jako promotora, w Instytucie Techniki Budowlanej w Warszawie. Praca doktorska mgr inż. Anny Goljan została napisana w języku polskim, zawiera w 132 numerowane strony w części głównej oraz 92 strony w obszernym załączniku nr 1, zawierającym szczegółowe wyniki badań. Spis literatury zawiera 91 pozycji, ułożonych w kolejności cytowania, w tej liczbie zawierają się także odwołania do norm i innych aktów prawnych. Autorka odwołuje się w spisie literatury tylko do jednej pracy, której była samodzielnym autorem i do jednej pracy współautorskiej.

Oprócz rozdziałów merytorycznych w głównej części pracy zawarto:

- 4-stronicowe streszczenie oraz słowa kluczowe w języku polskim i angielskim,
- 2-stronicowy spis treści,
- 1-stronicowy wykaz skrótów i akronimów,
- 7-stronicowy spis bibliografii,
- 3-stronicowy spis rysunków,
- 2-stronicowy spis tabel.

TK

Na merytoryczną część pracy składa się 9 rozdziałów :

- Rozdz. 1. Wstęp zawierający cel, zakres i tezę pracy (4 strony)
- Rozdz. 2. Przegląd metod badawczych (6 stron)
- Rozdz. 3. Wpływ parametrów środowiskowych (7 stron)
- Rozdz. 4. Modele emisji lotnych związków organicznych (12 stron)
- Rozdz. 5. Wymagania prawne (2 strony)
- Rozdz. 6. Część badawcza (24 strony)
- Rozdz. 7. Wyniki badań (4 strony).
- Rozdz. 8. Dyskusja wyników (47 stron)
- Rozdz. 9. Podsumowanie i wnioski (4 strony)

Główne cele pracy, które Autorka definiuje w rozdziale 1.2 na stronie 13, to stworzenie metody badania, zbudowanie stanowiska badawczego oraz zbadanie wpływu trzech parametrów na emisję lotnych związków organicznych z wielowarstwowych układów podłogi ogrzewanej. Na podstawie lektury pracy należy zauważyć, że zabrakło w wyliczonych celach zamiaru utworzenia i kalibracji własnego modelu emisji LZO. Nie jest natomiast celem pracy, a jedynie narzędziem, deklarowane w tym samym miejscu przez Autorkę, porównanie uzyskanych danych z wynikami modelowania.

Opisany na stronie nr 13 zakres recenzowanej pracy obejmuje: przegląd literatury przedmiotowej, przeprowadzenie bardzo szerokich badań doświadczalnych emisji LZO w różnych zestawach warunków, a także porównanie wyników badań z wybranymi modelami matematycznymi. Także i tu Autorka nie wspomina o utworzeniu własnego modelu emisji.

Dążenie do realizacji tak zarysowanych celów prowadzi mgr inż. Annę Goljan do postawienia i następnie próby udowodnienia głównej tezy pracy, dotyczącej znaczącego wpływu temperatury, wilgotności i krotności wymian powietrza na emisję LZO z ogrzewanych podłóg.

Recenzowana praca ma głównie charakter eksperymentalny. W oparciu o studia literatury Autorka stworzyła oryginalną metodę i stanowisko do badania wielowarstwowych układów podłogowych oraz wykonała ogromną ilość długotrwałych, czasochłonnych i wielowariantowych badań doświadczalnych. Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę wpływu temperatury warstw podłogowych oraz wilgotności i wymiany powietrza w jej otoczeniu na emisję i stężenie LZO w

otoczeniu badanych układów budowlanych. Na tej podstawie utworzony i skalibrowany został matematyczny opis emisji LZO z wielowarstwowych układów podłogowych. Zgromadzone dzięki tym badaniom bardzo obszerne wyniki zostały szczegółowo opisane i poddane dyskusji. W końcowym rozdziale pracy, zawarto 15 szczegółowych wniosków z poszczególnych etapów analizy uzyskanych rezultatów.

Ogólny układ pracy jest logiczny i poprawny. Można jedynie mieć w tym miejscu zastrzeżenia do niektórych tytułów rozdziałów, które niekoniecznie komunikują czytelnikowi spisu treści w przejrzysty i wystarczający sposób ich faktyczną zawartość, np. „*Wpływ parametrów środowiskowych*” czy „*Część badawcza*”. Ich przeciwieństwem jest np. klarownie i wyczerpująco sformułowany tytuł rozdziału nr 4: „*Modele emisji lotnych związków organicznych*”.

## **2. Ocena merytoryczna pracy**

### **2.1. Ocena doboru tematu i tytułu pracy**

Emisja szkodliwych substancji z materiałów budowlanych i wyposażenia budynków to zagrożenie specyficzne, ale o kapitalnym znaczeniu dla użytkowników tych obiektów. Szczególne znaczenie ma długotrwała ekspozycja użytkowników na substancje toksyczne. O ile problem ten jest rozpoznany w odniesieniu do typowych warunków eksploatacji wewnątrz budynków, to jak wykazała Autorka pracy doktorskiej, brakuje metod badania i oceny emisji lotnych zanieczyszczeń z często stosowanych obecnie układów ogrzewania podłogowego. W takich układach, warunki, w których znajdują się poszczególne elementy podłogi, są zdecydowanie różne od warunków w zwykłej podłodze. Nawet więc intuicyjnie można oczekiwać, że nie należy do oceny zagrożenia toksycznymi substancjami przyjmować właściwości emisyjnych materiałów badanych w warunkach dalece odbiegających od faktycznych warunków pracy. Należy więc uznać, że podjęcie tej tematyki przez mgr inż. Annę Goljan jest próbą wypełnienia stwierdzonej luki i rozwiązania istotnego problemu, nie tylko o znaczeniu naukowym, ale także społecznym.

Tytuł pracy ma bardzo ogólny charakter i może wskazywać, że w pracy pojawiają się niesprecyzowane do końca i niekoniecznie spójne rozważania na temat emisji LZO. Tymczasem zrealizowany zakres pracy jest bardzo konkretny i mógłby być opisany np. takim tytułem: metoda badania, modelowanie i ocena emisji LZO z wielowarstwowych układów podłogowych.

## 2.2. Teza pracy

W podrozdziale 1.3. sformułowano tezę pracy. Autorka sugeruje w niej, że temperatura, wilgotność oraz krotność wymian powietrza mają znaczący wpływ na emisję LZO z przegród z instalacją grzewczą. Wskazuje także, że dominującym czynnikiem będzie temperatura, a jej wzrost, spowodowany obecnością instalacji grzewczej, będzie pociągał za sobą intensywniejszą emisję toksycznych substancji z użytych materiałów. Takie sprecyzowanie tezy pracy zawiera czytelną intencję, która nie budzi specjalnych zastrzeżeń. Natomiast obiekcje można mieć w stosunku do sposobu szczegółowego zredagowania tezy. Nie wiadomo bowiem czy jest w niej mowa o temperaturze i wilgotności materiałów emisyjnych czy powietrza w ich otoczeniu. Teza jest zapisana jako jedno, złożone zdanie obejmujące aż 6 linijek tekstu i łączące różne wątki. Zastosowany tu skrót myślowy: „*temperatura jest dominującym czynnikiem ....., co skutkuje wzrostem emisji*” budzi pewien logiczny opór w tak istotnym dla pracy zdaniu.

## 2.3. Ocena wartości naukowej pracy i ogólne uwagi merytoryczne

We wstępie do pracy mgr inż. Anna Goljan bardzo krótko wyjaśniła praktyczne powody podjęcia tematu. Wskazała na częstość stosowania w praktyce niskotemperaturowej instalacji ogrzewania podłogowego i spodziewaną w tych warunkach intensywną emisję lotnych zanieczyszczeń. Stwierdziła także brak adekwatnych metod badań i wymagań stawianych materiałom pracującym w tych warunkach.

W krótkim rozdziale nr 2 Doktorantka dokonała przeglądu stosowanych metod i urządzeń do badania emisji LZO z materiałów budowlanych, w tym także nienormatywnych metod badań wpływu temperatury na przebieg tego zjawiska. Badania są prowadzone zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i w pełnowymiarowych pomieszczeniach mieszkalnych. W laboratoriach nie odtwarza się warunków charakterystycznych dla ogrzewania podłogowego, a z kolei badania realizowane w pełnej skali są z zasady unikatowe. Uzyskiwane w ten sposób wyniki nie pozwalają na prowadzenie porównań i ocen warunków, nie ma też możliwości powtarzania takich badań.



W kolejnym krótkim rozdziale nr 3 Autorka zawarła informacje literaturowe dotyczące wpływów parametrów środowiskowych na emisję i stężenie lotnych związków organicznych w komorach i pomieszczeniach badawczych. Osobno rozpatrywano dostępne w literaturze i często niejednoznaczne wyniki wpływu temperatury, wilgotności oraz krotności wymian powietrza. Jednym z przytoczonych specyficznych aspektów podwyższonej temperatury użytkowania materiału jest ważne dla praktyki tzw. zjawisko „wypalenia”. W przypadku wilgotności powietrza trudno o jednoznaczną ocenę jej wpływu na emisję LZO, dodatkowo pojawia się zróżnicowanie kierunku zmian emisji w zależności od rodzaju LZO. Natomiast dość oczywiste są jakościowe wyniki badań dotyczące wpływu krotności wymian powietrza w otoczeniu materiałów emisyjnych na stężenie zanieczyszczeń. Gorzej jest w tym przypadku z wnioskami dotyczącymi oceny ilościowej. Generalnie, przytoczone informacje literaturowe są dość skąpe i trudne do jednoznacznej oceny. Tym bardziej więc planowane podjęcie badań w tym zakresie jest uzasadnione i niezbędne.

Istotną częścią opisową pracy jest rozdział nr 4, dotyczący istniejących modeli emisji lotnych związków organicznych. Mgr inż. Anna Goljan przedstawiła wyniki obszernego przeglądu opisywanych w literaturze modeli fizycznych i matematycznych, które będą stanowić podstawę do utworzenia modelu własnego, dostosowanego do specyficznych warunków podgrzewanych wielowarstwowych podłóg. Przegląd literatury sięga wstecz do roku 1994, kiedy podejmowano pierwsze badania emisji LZO z wierzchniej warstwy podłogi. Modele ulegały stopniowym modyfikacjom, zmierzającym do opisanie intensywności emisji także dla układów wielowarstwowych oraz do uwzględnienia zmiennych parametrów materiału, np. wilgotności lub też intensywności wymian powietrza. Autorka wnikliwie analizuje i porównuje poszczególne modele i obserwowane kierunki ich rozwoju, co świadczy o Jej dobrym rozeznaniu w tej tematyce. Sam skrótowy opis jest, siłą rzeczy, mniej przyjazny dla czytelnika, zwłaszcza przy brakujących objaśnieniach niektórych wielkości.

Przytoczone w rozdziale nr 6 wymagania prawne są bardzo skromne, mimo sporej liczby odniesień do wymagań w różnych krajach europejskich i stanu legislacji KE. Brakuje trochę jasnego stwierdzenia o stanie prawnym w tym zakresie w naszym kraju, ew. jego porównania ze stanem wymagań w innych krajach oraz wskazania sensownego kierunku jego rozwoju.

Oryginalna część pracy to, zawarty w rozdziale nr 6, szeroki opis przyjętej przez Autorkę metodyki badań, budowy badanych próbek oraz wykorzystanej infrastruktury badawczej. Tę część pracy doktorskiej trudno oceniać przez pryzmat tekstu, bowiem zwięzły opis nie oddaje w rzeczywistości ogromnego wysiłku, jaki musiał się wiązać z przygotowaniem tak obszernych badań. Duże znaczenie miały zapewne dobre warunki, jakimi dysponuje macierzysty ITB, ale i tak przyjęty i zrealizowany zakres badań wymaga wielkiego uznania. Jedno z pytań, jakie pojawiają się przy czytaniu opisu badań wstępnych, dotyczy dyskusyjnego przyjęcia 20-dniowego cyklu oceny emisji, zwłaszcza w kontekście przytoczonych wcześniej wymagań prawnych. Autorka zamieściła w tym rozdziale trzy wykresy zależności stężenia od czasu, tylko na jednym z nich (dla toluenu) szybka stabilizacja stężeń jest ewidentna, w przypadku pozostałych już tak nie jest. Tę wątpliwość potwierdzają także liczne wykresy zawarte w załączniku nr 1. W jaki sposób, przy użyciu jakich kryteriów określano stabilizację stężenia LZO ?

Zaskakująca jest konstrukcja odrębnego 4-stronicowego (a właściwie to 3.5-stronicowego) rozdziału nr 7 zatytułowanego „Wyniki badań”. Chyba można było go połączyć z rozdziałem nr 8.

Faktyczna analiza wyników obszernych badań jest zawarta w rozdziale nr 8. Autorka sugeruje, że miarodajny opis przebiegu zmian stężenia toksycznych substancji powinien być oparty na charakterystycznych punktach, tj. wartości maksymalnej i wartości odpowiadającej równowadze termodynamicznej (wartość końcowa po 20 dniach badania). Jeśli jednak stabilizacja zmian jest wątpliwa, np. w przypadku octanu etylu i temperatury 29°C, to budowany opis również będzie tą dodatkową wątpliwością obarczony.

Wyniki badań posłużyły Doktorantce do oceny wpływu poszczególnych warunków pomiaru na przebieg emisji LZO z układów podłogowych. Pierwszym analizowanym czynnikiem zmian była temperatura. Badania potwierdziły wyraźny wpływ temperatury materiałów na intensywność uwalniania substancji toksycznych w okresie początkowym oraz efekt obniżonego stężenia w stosunku do warunków bez ogrzewania podłogowego w okresie bliskim stabilizacji emisji. Kolejnym czynnikiem była wilgotność powietrza w komorze badawczej. Uzyskane tu wyniki nie pozwalają na sformułowanie jednej prostej zależności emisji LZO od wilgotności, takiego prostego i ogólnego związku nie ma. Dodatkowo, lekturę i ocenę tej części badań utrudnia sposób organizacji pomiarów. Autorka porównuje bowiem najczęściej wyniki

jednoczesnej zmiany temperatury i wilgotności. W tej sytuacji, istotna obserwacja, dotycząca różnego zachowania się substancji w warunkach wilgotnych w zależności od jej właściwości fizycznych (moment dipolowy), nie jest jednoznaczna. Analizując wpływ wilgotności powietrza, Autorka sama skłania się także do wcześniej wyrażonych w tej opinii wątpliwości co do braku stabilizacji emisji po 20 dniach badań. Dotyczy to zwłaszcza typowej sytuacji, gdy w badanym układzie warstw pojawia się warstwa o podwyższonym oporze dyfuzyjnym, np. kleju lub folii.

Trzecim analizowanym parametrem badań była krotność wymian powietrza w komorze badawczej. O ile ogólny trend wpływu krotności wymian powietrza na obniżenie stężenia jest potwierdzony, to nie jest możliwe wskazanie jednoznacznego sposobu zmian tej zależności w przypadku pomieszczeń suchych i mokrych. Autorka stara się wyjaśnić różnice w reakcji na zmienne warunki m.in. właściwościami emitowanych związków organicznych (np. temperaturą ich wrzenia). Kłopot z oceną uzyskanych wyników polega ponownie na tym, że w rozdziale poświęconym wpływowi wymian powietrza Doktorantka umieszcza wnioski praktycznie odnoszące się łącznie do wpływu temperatury i wilgotności (str. 87 i 92). Nieznana synergia tych parametrów utrudnia odseparowanie ich wpływu na emisję.

Do rozdziału zawierającego dyskusję wyników mgr inż. Anna Goljan włączyła także opis modelu emisji zanieczyszczeń. Przyjęty sposób opisu modelu nasuwa pytania dotyczące własnego wkładu Autorki. W pierwszym zdaniu podrozdziału 8.2 stwierdza ona, że z modeli literaturowych „wybrano prosty model empiryczny”. W następnym zdaniu mówi, że „zaproponowano wzór na współczynnik emisji” i dalej, że „zaproponowano na podstawie badań następujący model emisji”. Te zdania sugerują własny wkład w tworzenie modelu. Z kolei we wnioskach z pracy można przeczytać, że „zaproponowano model złożony z elementów prezentowanych w literaturze, ale z dodatkiem współczynnika opóźnienia”. Czy więc oryginalnym wkładem Autorki jest tylko ten współczynnik opóźnienia ?

Model teoretyczny został przy użyciu zgromadzonych obszernych danych pomiarowych dopasowany do jak najlepszego opisu szczegółowych krzywych pomiarowych. Jak jednak należy wyobrażać sobie sposób wykorzystania utworzonych równań ? Autorka stwierdziła, że temperatura, wilgotność oraz krotność wymian powietrza ma istotny wpływ na emisję LZO z układów wielowarstwowych. Z tych trzech parametrów tylko jeden jest obecny bezpośrednio w algorytmie modelu, pozostałe są już tylko ukryte w formie dyskretnej, w oddzielnych równaniach dla



każdej z dwóch wartości temperatury i wilgotności. Modelowanie innych niż założone w pracy warunków nie będzie więc możliwe. Wydaje się także, że zawarte we wnioskach z tego podrozdziału wiązanie lepszego dopasowania modelu ze wzrostem temperatury czy wilgotności jest fizycznie nieuprawnione.

Obszerny rozdział nr 8 kończy się uwagami na temat oceny higienicznej i jakości powietrza wewnętrznego. Te informacje, bazujące na wykonanych pomiarach, mają duże potencjalne znaczenie dla praktyki projektowej i wykonawczej. Kłopotliwe są informacje dotyczące łącznego wpływu temperatury i wilgotności nie pozwalające na sformułowanie jednoznacznego kierunku zmian emisji. W przedostatnim zdaniu tej części jest mowa o zaleceniach dotyczących wymiany powietrza na etapie budowy. Czy faktycznie ten etap realizacji budynku bez stałej obecności ludzi jest tu istotny ?

W rozdziale nr 9 zawarto podsumowanie i 15 wniosków z pracy. Wnioski są w znacznej mierze zbiorem wcześniejszych cząstkowych podsumowań. W niektórych przypadkach, sposób ich sformułowania pozostawia jednak pewien niedosyt. Np. jaki wniosek praktyczny wynika ze stwierdzenia nr 4, wg którego wzrost wilgotności powietrza powoduje zarówno podwyższenie jak i obniżenie stężenia LZO. Nie sprecyzowano w tekście pracy na jakiej podstawie powstał wniosek nr 12 i dlaczego jest proponowany 14-dniowy okres sezonowania próbek przed badaniem. A może ta sugestia powinna dotyczyć także i innych niż „mokre” próbek ? Badania doświadczalne były realizowane dla okresu 20 dni, po którym osiągnięcie warunków stabilizacji nie było wcale oczywiste. Tymczasem we wniosku nr 15 jest kolejna, nie analizowana szerzej w pracy, propozycja badań jakości powietrza tylko przez 14 dni.

W zdaniu zamieszczonym bezpośrednio po wnioskach znajduje się stwierdzenie w części sprzeczne z wcześniejszym wnioskiem nr 4. Nie można ogólnie stwierdzić, że wilgotność ma znaczący wpływ na **redukcję** zanieczyszczeń w powietrzu. W trakcie badań stwierdzono jedynie, że ma ona wpływ na stężenie LZO w powietrzu.

Na podstawie całego tekstu pracy oraz sformułowanych na koniec wniosków należałoby dokonać ważnej korekty postawionej na początku tezy. Autorka zakładała bowiem, że podwyższona temperatura w ogrzewaniu podłogowym **skutkuje wzrostem intensywności emisji LZO**. Tymczasem wyniki badań wykazały (wniosek nr 3), że wzrost temperatury wywołany obecnością ogrzewania podłogowego skutkuje na etapie początkowym wzrostem emisji LZO w stosunku do warunków bez takiego systemu, a po etapie stabilizacji, zwłaszcza w przypadku pomieszczeń



suchych, jej **obniżeniem**. Ta zmiana ma też bardzo pozytywne znaczenie praktyczne.

### 3. Uwagi szczegółowe

#### 3.1. Uwagi merytoryczne

Oprócz kilku uwag zawartych w ogólnym opisie pracy, przy jej czytaniu nasuwają się następujące szczegółowe uwagi merytoryczne:

1. Str. 14: Na rys. 1 pokazano ogólny schemat pracy naukowo-badawczej, na którym pojawia się hasło optymalizacji modelu analitycznego. Po lekturze pracy można przypuszczać, że zapowiadana przez Autorkę optymalizacja, to jedynie sposób dopasowania opisu matematycznego do danych pomiarowych.
2. Str. 15: W jaki sposób, na podstawie podanych informacji dotyczących powierzchni i objętości modelowego pomieszczenia policzono wartości współczynnika wypełnienia komory 1.0 i 0.04 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> ? Wg równania 1, powinny one być równe odpowiednio 1.38 i 0.4 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.
3. Str. 22: W opisie równania 2 brakuje wyjaśnienia wielkości S.
4. Str. 25: Równanie 4 zostało nazwane równaniem izotermi, podczas gdy w tym równaniu występuje temperatura jako zmienna niezależna.
5. Str. 26: W ostatnim zdaniu podrozdziału nr 3.1 brakuje informacji czym mają być zastąpione badania.
6. Str. 27: Czy Andersen zbadał wpływ wymiany powietrza na emisję czy raczej na stężenie LZO w powietrzu ?
7. Str. 30: Co oznacza „współczynnik dyfuzji materiał-faza, czy nie chodzi tu o układ materiał-powietrze ?
8. Str. 32: Brak opisu wielkości h<sub>m</sub>.
9. Str. 35: „Warstwa wewnętrzna może działać, jako źródło lub pochłaniacz warstwy wierzchniej w zależności od jej stężenia...”.
10. Str. 35: To absorpcja LZO powoduje zmniejszenie i opóźnienie piku stężenia, a nie odwrotnie.
11. Str. 36: Jak należy rozumieć tekst: „stężenie wzrasta i odwrotnie maleje...”.
12. Str. 36: Z tekstu nad równaniem 16 można by oczekiwać, że równanie ma formę różnic skończonych.

13.Str. 39: brak opisu wielkości  $b_1$  i  $b_2$ .

14.Str. 46: Wymaganie normowe określa ilość powietrza w odniesieniu do osoby.

15.Str. 84: Wniosek dotyczący „wpływu przepływu powietrza...” jest błędnie sformułowany. To nie przepływ powietrza jest największy po 3 dniach, ale stężenie.

### 3.3 Niektóre z usterek stylistycznych i redakcyjnych:

Szata graficzna pracy na pierwszy rzut oka robi bardzo dobre wrażenie. Jednak przy czytaniu tekstu, zaczyna dominować myśl, że była ona redagowana w wielkim pośpiechu i bez starannego powtórnego czytania. Łatwo bowiem zauważyć w niej bardzo dużą ilość usterek stylistycznych, dziwnego szyku zdań, powtórzeń, brakujących wyrazów i liter itp. Poniżej pokazano jedynie przykłady takich braków:

1. Str. 10: W wykazie skrótów opis PM jest powtórzony.
2. Str. 12: „*zaproponowano metodykę badania oceny emisji*”.
3. Str. 18: „*Prędkość powietrza przez kuchnie i dwie łazienki wynosiła 300 m<sup>3</sup>/h...*”.
4. Str. 19: „*...tapetę poddano emisji LZO.*”.
5. Str. 21: ‘*...była ona otrzymywana...*’
6. Str. 22: „*T – temperaturą bezwzględną*”
7. Str. 23: „*...wraz z upływem czasu przebiegiem badania...*”
8. Str. 23: Równanie na tej stronie powinno mieć numer 4 a nie 44.
9. Str.25: „*...fakt spadku współczynnika podziału...*”
- 10.Str. 26: powinno być ponadto zamiast „*ponad to*”.
11. Str. 28: równania „*opasujące*” zjawisko.
12. Str. 28: „*gównie*”.
- 13.Str. 29: „*gradient strzeżeń*”.
- 14.Str. 30: podpis pod rys. 8: „*...zaproponowany z materiałów stałych...*”
- 15.Str. 35: „*wolniejsza szybkość*”.
- 16.Str. 36: „*zmienna, grubość*”.
- 17.Str. 37: „*stalowana komora*”.
- 18.Str. 38: „*wskaźnik emisji z równania...*”.
- 19.Str. 39: W opisie równań 21, 22 i 23 wielkość „H” to chyba we wzorach „h” ?

20. Str. 40: *"Współczynnik ocieniający zagrożenie"*.
21. Str. 42: *"zaadoptować"*.
22. Str. 43: to nie *"grunt"*, ale środek gruntujący.
23. Str. 43: brak dalszej części zdania nad rys. 11.
24. Str. Nie ma *"pokryć podłogowych"*.
25. Str. 46: *"musi korelować z temperaturą, którą stanowi grzałka..."*.
26. Str. 49: *"folia paraizolacyjna"*.
27. Str. 59: Wnioski sformułowano, a nie *"otrzymano"*.
28. Str. 70: O co może chodzić w zdaniu: *"Jednym z nich jest rodzaj wyrobu lub układu wyrobów, który podany jest ewaluacji, szerzej przedstawione rozdz. 4."*  
Zapis zdania jest dokładnie zaczerpnięty z pracy.
29. Str. 70: Ostatnie zdanie na tej stronie jest trudne do przełknięcia.
30. Str. 77: *"układy wielowarzywne"*.
31. Str. 88: *"krotność przepływu"*.
32. Str. 89: Określenie *"w pomieszczeniach ogrzewanych"* może sugerować, że inne pomieszczenia, czy raczej warianty badań, są poddane swobodnemu działaniu zewnętrznych warunków klimatycznych.
33. Str. 90: *"Wartości współczynnika a..."*.
34. Str. 94: *"...spółczynnik kierunkowy..."*.
35. Str. 96: *"...sekwencja iteracji w poszukiwaniu optymalnego  $R^2$  jest optymalna..."*.
36. Str. 117: Trudna stylistyka i logika zdania: *"Metodyka badania została oparta o dwa typy pomieszczeń: suche i mokre z uwagi na dopuszczalną temperaturę warstwy wierzchniej"*.
37. Str. 119: co to jest *"norma komorowa"* ?

#### **3.4 Strona graficzna pracy:**

Bardzo obszerna praca jest zrealizowana z dużą starannością jeśli chodzi o ogólny graficzny układ, mnogość kolorowych wykresów i tabel z wynikami badań. To dobre pierwsze wrażenie wizualne psują jednak liczne błędy redakcyjne i literówki.

#### 4. Wnioski końcowe

Powyżej przedstawiono ogólną analizę pracy wraz z sugestiami, uwagami krytycznymi i pytaniami. W podsumowaniu recenzji należy jednak stwierdzić, że opiniowana praca mgr inż. Anny Goljan pt. „*Emisja lotnych związków organicznych z przegród wielowarstwowych z instalacją grzewczą*” stanowi z pewnością oryginalną próbę rozwiązania istotnego problemu badawczego, o znaczeniu i konsekwencjach wykraczających poza rozwój wiedzy w danej dyscyplinie. Wyniki badań mają bowiem istotne znaczenie społeczne i dotyczą należytej ochrony zdrowia wielu użytkowników budynków. Wszystkie wyrażone w recenzji wątpliwości mają na celu pomóc Autorce w lepszym przekazie zdobytej wiedzy i doskonaleniu dalszych prac badawczych.

Doktorantka przeprowadziła obszerne i trafne studia literatury, wykazała się znajomością i umiejętnością wykorzystania dostępnej wiedzy, samodzielnego planowania stanowiska badawczego i prowadzenia prac, wykorzystania nowoczesnych narzędzi badawczych i pomiarowych, i wreszcie praktycznego wykorzystania ich wyników. Wg mojej opinii rozprawa jest opracowana na dobrym poziomie naukowym i stanowi oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. Szczególną uwagę należy zwrócić na wielki nakład pracy związanej z organizacją stanowiska badawczego, przygotowania próbek do badań oraz prowadzenia licznych i długotrwałych badań doświadczalnych

Biorąc pod uwagę przedstawioną powyżej opinię, uważam, że przedłożona przez mgr inż. Annę Goljan rozprawa doktorska spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 (wraz z późniejszymi zmianami) roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. RP z 2017 r., poz. 1789). W związku z tym stawiam wniosek kierowany do Rady Naukowej Instytutu Techniki Budowlanej w Warszawie o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

