

**Prof. dr hab. inż. Jan Danielewicz**

**Politechnika Wroclawska**

**Wydział Inżynierii Środowiska**

**Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa , Gazownictwa i Ochrony Powietrza**

## **Recenzja rozprawy doktorskiej**

pt. „Metodyka projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym” autorstwa Pana **mgra inż. Bartosza Radomskiego** opracowana na podstawie pisma dziekana Wydziału. Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Poznańskiej dnia 15.10.2020r. (WISIE.63.64.2020). Promotorem rozprawy jest Prof. dr hab. inż. Tomasz Mróz.

### **1. Tematyka rozprawy**

Tematyka rozprawy obejmuje problematykę projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym. Autor zaproponował pewne nowatorskie podejście do projektowania oparte na autorskim algorytmie. Praca jest bardzo obszerna,

Tematyka rozprawy doskonale wpisuje się w aktualne tendencje w dziedzinie projektowania, konstruowania budynków i systemów zaopatrzenia ich w energię zgodnie z najnowszymi tendencjami światowymi. Praca ma znaczenie poznawcze, aplikacyjne, (ekonomiczne, społeczne, cywilizacyjne itp.)

Cel pracy należy uznać za aktualny zgodny z najnowszymi tendencjami światowymi w dziedzinie zaopatrzenia budynków w energię.

Celem rozprawy doktorskiej jest opracowanie metodyki projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym.

Tytuł rozprawy uważam za właściwy a osiągnięcia kandydata mieszczą się w zakresie dyscypliny naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka).

## **2. Charakterystyka Rozprawy**

Praca zawiera 202 strony, podzielona jest na 7 rozdziałów. Rozdział 8-my zawiera spis literatury który zawiera 143 pozycje literaturowe, 39 rysunków oraz 78 tabel..

Rozdział 1-szy zatytułowany jako wprowadzenie zawiera;

- opis problematyki projektowania budynków mieszkalnych o tzw. dodatnim bilansie energetycznym
- tezy rozprawy
- postawione cele badawcze.

Rozdział 2-gi zatytułowany „Budownictwo o dodatnim bilansie energetycznym „ zawiera m.in.;

- opis standardów energetycznych budynków, omówienie zagadnień dotyczących efektywności energetycznej w budownictwie.
- omówienie zagadnień związanych z energią w budownictwie i energetyce
- omówienie zasad i wytycznych projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym

Rozdział 3-ci zatytułowany „Proces projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym” zawiera m.in.;

- opis sytuacji decyzyjnej
- przegląd metod wielokryterialnego wspomaganie podejmowania decyzji w budownictwie i energetyce
- omówiono proces projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym z opisem metod

wielokryterialnego wspomaganie decyzji oraz sposoby grupowego wspomaganie decyzji.

- omówiono etapy metodyki projektowania budynków o dodatnim bilansie energetycznym tj:
  - Etap I; budowa bazy danych wejściowych dla konkretnego przedsięwzięcia,
  - Etap II: identyfikacja dopuszczalnych i akceptowalnych rozwiązań budynku mieszkalnego o dodatnim bilansie energii,
  - Etap III: wybór zbioru kryteriów decyzyjnych i idenyfikacja relacji między kryteriami,
  - Etap IV: określenie profilu preferencji decydenta,
  - Etap V: wybór rozwiązania kompromisowego

Rozdział 4-ty zatytułowany „Kryteria oceny dla procesu projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym ” zawiera m.in.:

- opis kryteriów technicznych tj; powierzchnia użytkowa budynku, powierzchnia zabudowy, kubatura użytkowa budynku, wysokość budynku, ukształtowanie terenu działki, powierzchnia działki, współczynnik kształtu budynku, całkowity czas realizacji budynku, funkcjonalność budynku i instalacji technicznych, utrudnienia realizacyjne itp.
- kryteria czynników egzergetycznych tj, sprawność egzergetyczna, suma strat egzergii budynku i jego instalacji, suma egzergii wygenerowanej przez OZE (odnawialne źródła energii), skumulowane zużycie energii pierwotnej, stopień wykorzystania pozyskanej energii odnawialnej oraz opis wykorzystania naturalnych strategii ogrzewania, chłodzenia i oświetlenia,
- kryteria czynników ekonomicznych tj. prosty czas zwroty inwestycji (SPBT), wartość bieżąca netto NPV, wewnętrzna stopa zwrotu dla

OZE, całkowity koszt operacyjny, analiza kosztów życia obiektu, całkowite koszty inwestycyjne, koszty ubezpieczenia.

- kryteria czynników społecznych tj. komfort cieplny, kryterium spełnienia jakości powietrza wewnętrznego, kryterium spełnienia komfortu akustycznego, walory architektoniczne, społeczna akceptacja, bezpieczeństwo energetyczne, oddziaływanie budynku, kryteria czynników środowiskowych (np. analiza cyklu życia budynku (LCA), wskaźnik emisji ditlenku węgla

Na stronie 96 pracy w tabeli 4.7.A autor pogrupował zbiór 6-ciu grup wybranych kryteriów decyzyjnych.

Rozdział V-ty zatytułowany „ Określenie relacji i modelowanie preferencji decydenta ” zawiera m.in.;

- omówienie preferencji zależnych i niezależnych od decydenta,
- mówienie metodyki DELFICKA, badanie zespołu ekspertów, budowa kwestionariusza, analiza statystyczna, wyznaczenie wektorów wag kryteriów decyzyjnych, ankietyzacja -metoda badań społecznych, wektory wag wybranych kryteriów decyzyjnych przez poszczególne grupy decydentów.

Rozdział 6-ty zatytułowany „Weryfikacja metodyki projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym -studium przypadków” zawiera m.in.;

- wybór podkryteriów decyzyjnych dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych oraz wielorodzinnych .
- w przypadku budynków jednorodzinnych opracowanie zawiera m.in.: budowę bazy danych wejściowych, identyfikacja dopuszczalnych i akceptowalnych rozwiązań budynków, wybór zbioru kryteriów decyzyjnych, obliczenia wartości kryteriów/podkryteriów dla

poszczególnych wariantów rozwiązań budynku, dyskusję wyników obliczeń oraz analizę wrażliwości.

- w przypadku budynków wielorodzinnych podobnie jak w przypadku budynków jednorodzinnych omówiono wszystkie zagadnienia związane z procesem decyzyjnym, wyborem podkryteriów itp.

Rozdział 7-my zatytułowany „Podsumowanie” zawiera m.in.:

-omówiono spełnienie założonego celu, weryfikację postawionych cen, omówiono wnioski ogólne oraz przedstawiono rekomendacje końcowe,

Rozdział 8-my to spis bibliograficzny, zawiera on 143 pozycje literaturowe.

Rozdział 9-ty zawiera załączniki do rozprawy. Ponumerowanych załączników jest 17. Zawierają one arkusze obliczeniowe, analizy itp.

### 3.Uwagi szczegółowe i ogólne

Rozprawa dotyczy metodyki projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym. W pkt, 2.1.4 na stronie 23 autor podał określenie takiego budynku, zespołu budynków -cyt:” **Budynek lub zespół budynków o dodatnim bilansie energetycznym- twór, nie wymaga stosowania konwencjonalnych źródeł energii do celów grzewczych, dostarczenia chłodu oraz doprowadzenia energii elektrycznej”.**

- Na stronie 24 na rys. 2.1.4.A (odwołanie do pozycji literaturowej [26]) podano schemat przepływu energii oraz granice systemu bilansowania. Na obu schematach mamy zaznaczone np. sieci ciepłownicze, sieć elektryczną. Czy to oznacza, że do budynków o dodatnim bilansie energetycznym przyłącza zewnętrzne też są przewidywane? Tak jest np. z budynkami o niemal zerowym zużyciu energii.
- W rozdziale 6-tym podano wyniki analiz dla przypadków budynku jednorodzinnego i wielorodzinnego. Autor przeprowadził analizę metodyki, omówił kryteria i wskazał, że np. magazynowanie energii

(sezonowe) jest przy współczesnych technologiach jest mało efektywne, Pytanie; Czy w opracowanych na podstawie zaproponowanej metodologii wystąpiła tylko zasada 'prosumencka' tj, wykorzystywano 80 % energii produkowanej (rozliczenie z energetyką).Czy można sobie wyobrazić, gdyby pojawiły się efektywne metody akumulacji energii cieplnej i elektrycznej w przyszłości z czy inna forma akumulacji energii w takich budynkach byłaby wskazana?

- W trakcie studiowania rozprawy na przykładzie budynku jednorodzinnego (str, 139) podano, że rekomendowana instalacja fotowoltaiczna w wariantcie rekomendowanym posiada moc 9,36 kWp. Jednocześnie podano w zał. 3D iż wskaźnik ilości pozyskania energii elektrycznej wynosi 58,02 kWh/m<sup>2</sup> zabudowy. Oznacza to, że przy powierzchni zabudowy wynoszącej  $F_{zab}=163,2$  m ilość energii elektrycznej pozyskanej z ogniw fotowoltaicznych wyniosłaby  $58,2 \times 163,2 = 9498$  kWh/rok. Przy zgrubnym szacunku, powierzchnia modułów w tym wypadku powinna wynosić około 48 m<sup>2</sup>.Oznaczałoby to, że z jednego metra kwadratowego modułu w tym przypadku oczekiwalibyśmy uzyskania  $9498/48 = 197,8$  kWh/m<sup>2</sup>\*rok energii elektrycznej, co przy średnim promieniowaniu słonecznym w warunkach wynoszącym około 1000 kWh/m<sup>2</sup> rok dawałoby roczną sprawność eksploatacyjną ogniw na poziomie  $197,8 / 1000 = 19,7$  %.
- Czy nie oszacowano zbyt optymistycznie ilości produkowanej energii (sprawności) przez ogniwa, (zwłaszcza że są to ogniwa polikrystaliczne)?

#### 4. Osiągnięcia zawarte w rozprawie

W swojej dysertacji autor sformułował ciekawy problem naukowy dotyczący projektowaniu budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym.

Zastosował metody wielokryterialnego wspomaganie podjęcia decyzji oraz wykorzystał grupowe metody wspomaganie decyzji. Zaproponował kryteria oceny dla procesu projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym.

Na przykładzie budynków jednorodzinnych oraz wielorodzinnych przedstawił wyniki analiz oraz przykładowe rekomendowane rozwiązania zarówno dla budynku jednorodzinnego jak i budynku wielorodzinnego.

Na podkreślenie zasługuje systemowe podejście do zagadnienia projektowania budynków o dodatnim bilansie energetycznym, opracowanie autorskiego algorytmu postępowania przy podejmowaniu decyzji w tych zagadnieniach. Praca jest bardzo obszerna, i trudno wymagać od autora rozwinięcia niektórych zagadnień np. szczegółowego wyliczenia energii uzyskanej z ogniw fotowoltaicznych.

## **5. Wniosek końcowy**

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Radomskiego pt; „Metodologia projektowania budynków mieszkalnych o dodatnim bilansie energetycznym” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu w dyscyplinie „inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka” . Osiągnięcie autora spełnia wymagania określone w artykule 13. ustęp. 1 ustawy ( z późniejszymi zmianami) (Dz. U. z dnia 27.09.2017 r., poz. 1789) i może być dopuszczona do publicznej obrony.

Dlatego biorąc pod uwagę zakres pracy, sposób jej opracowania, osiągnięte wyniki stawiam wniosek aby rozprawę doktorską autorstwa Pana Bartosza Radomskiego wyróżnić.

