

# Pathfinder – porównanie czasów ewakuacji ludzi z budynku przy użyciu dwóch metod

---

## Wstęp

Czas ewakuacji ludzi z budynku to jedna z najważniejszych danych, jakie należy brać pod uwagę projektując instalacje przeciwpożarowe. Program Pathfinder jest symulatorem ewakuacji ludzi z budynku, w którym użytkownik ma możliwość obliczania czasów ewakuacji w jednym z dwóch trybów zachowań ludzi. W tym numerze newslettera przyjrzymy się bliżej metodom obliczania czasów ewakuacji oraz porównamy uzyskiwane wyniki.

## Tworzenie modelu:

Na potrzeby symulacji stworzono przykładowy model budynku pięciokondygnacyjnego, z jednym wyjściem ewakuacyjnym. Dodatkowo przyjęto, że użytkownicy to osoby dorosłe, a ich parametry takie jak: szerokość ramion czy prędkości poruszania się zostały zdefiniowane według rozkładu normalnego określonego w odpowiedniej literaturze (*Agent-Based Simulation of Human Movements During Emergency Evacuations of Facilities*).

Nasze rozważania przeprowadzimy dla pięciu wariantów: liczba użytkowników budynku będzie wynosić kolejno: 100, 200, 300, 500, 1000 osób.

Sprawdzimy jak czasy ewakuacji kształtują się dla obu trybów, w zależności od liczby ewakuowanych osób.



Rys.1. Model obiektu stworzony w programie Pathfinder.

### Tryby zachowań:

Program Pathfinder wykorzystuje dwa tryby symulacji poruszania się ludzi:

**1. Tryb „zmiennie-sterujący”** – tryb, w którym ludzie wykorzystują system sterowniczy do utrzymania rozsądnego dystansu względem siebie, traktując się nawzajem jako przeszkody. Tryb ten uwzględnia występowanie kolizji i wzajemnych interakcji pomiędzy osobami na drogach ewakuacyjnych. Ponadto technika ta pozwala modelom ewakuujących się ludzi tak wybierać kierunki poruszania, aby ich indywidualny czas ewakuacji był jak najkrótszy. W każdym kolejnym kroku czasowym każdy ewakuujący się użytkownik budynku wybiera najbardziej korzystną dla siebie drogę ucieczki.



Rys.2. Zachowanie ludzi w trybie „zmiennie-sterującym”.

**2. Tryb SFPE** – alternatywa dla trybu „zmiennie-sterującego”. Wykorzystuje założenia przedstawione w Podręczniku Inżynierii Pożarowej SFPE (*Engineering Guide on Human Behavior in Fire*) i daje wyniki zbliżone do ręcznych obliczeń, w którym osoby nie mogą omijać się wzajemnie prowadząc do przenikania się, natomiast czasy ewakuacji determinowane są poprzez szerokość drzwi i schodów, a prędkość kontrolowana jest przez zagęszczenie.



Rys.3. Tryb SFPE - przenikanie się ludzi w zatłoczonym miejscu.

Możliwe jest dowolne przełączanie się pomiędzy tymi dwoma trybami prowadzenia symulacji w interfejsie programu w oknie „Tryb Symulacji” w zakładce „Zachowanie”.

**Dla trybu SFPE mamy do wyboru następujące opcje:**

Dodaj podstawowe kolizje: jej włączenie nie wpływa na czas ewakuacji. Zmiany dotyczą tylko wizualizacji. Przejście pozostaje określone przez przepustowość drzwi, ale osoby oczekujące nie stoją w przejściu drzwiowym, tylko oczekują w kolejce.

Maksymalne zagęszczenie pokoju: kontroluje maksymalną liczbę osób w pomieszczeniu, uniemożliwiając wejście większej liczby niż pozwala na to dopuszczalne zagęszczenie.

Warstwa granicy drzwi: przepływ przez drzwi w tym przypadku odnosi się do szerokości efektywnej drzwi na potrzeby obliczeń przepływu przez drzwi. Przykładowo, przy ustawieniu wartości 150 mm, drzwi o szerokości 1 m zostaną zredukowane do wartości 0,7m, dając ostatecznie przepływ  $F_{\max} = 1,32 \times 0,7 = 0,924$  osób/s.

Przepływ przez drzwi: kontroluje obliczenia przepływu przez drzwi z uwzględnieniem zagęszczenia ludności. Przy włączeniu opcji „Użyj maksymalnego przepływu”, drzwi zawsze wykorzystują maksymalny możliwy przepływ. Po włączeniu opcji „Oblicz z zagęszczenia”, przepływ przez drzwi jest obliczany zgodnie z aktualnym zagęszczeniem. Minimalne i maksymalne zagęszczenia wykorzystywane są do określania granicznych wartości zagęszczeń

używanych w trakcie obliczeń aktualnego przepływu przez drzwi.

**Dla trybu „zmiennie-sterującego” mamy do wyboru następujące opcje:**

Obsługa kolizji: zachowuje się tak jak w trybie SFPE, jednakże jest stosowany domyślnie dla modelu zmiennie-sterującego.

Bezwładność: wymusza na osobach wchodzenie stopniowo na swoją maksymalną prędkość i analogicznie stopniowe zatrzymywanie.

Interwał aktualizacji modelu sterującego: określa aktualizacji obliczeń. Może być również uznane za czas odpowiedzi osób poruszających się w modelu. Zwiększenie tej wartości, przyspieszy symulację równocześnie zmniejszając możliwości poruszania się osób i ich zdolności podejmowania decyzji.

**Porównanie czasów ewakuacji:**

Przypadek 1: liczba użytkowników – 100:

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="57,5"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="2,2"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="100"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

*Rys 4. Czas ewakuacji uzyskany dla trybu „zmiennie-sterującego”.*

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="65,0"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="1,5"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="100"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

*Rys.5. Czas ewakuacji uzyskany przy zastosowaniu trybu SFPE.*

Przypadek 2: liczba użytkowników -200:

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="95,5"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="7,0"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="200"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

Rys.6. Czas ewakuacji uzyskany dla trybu „zmiennie-sterującego”.

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="130,0"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="2,6"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="200"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

Rys.7. Czas ewakuacji uzyskany przy zastosowaniu trybu SFPE.

Przypadek 3: liczba użytkowników 300

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="141,3"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="14,9"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="300"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

Rys.8. Czas ewakuacji uzyskany dla trybu „zmiennie-sterującego”.

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="194,3"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="3,9"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="300"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

Rys.9. Czas ewakuacji uzyskany przy zastosowaniu trybu SFPE.

Przypadek 4: liczba użytkowników 500

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="207,0"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="31,6"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="500"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

Rys.10. Czas ewakuacji uzyskany dla trybu „zmiennie-sterującego”.

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="295,8"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="28,5"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="500"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

Rys.11. Czas ewakuacji uzyskany przy zastosowaniu trybu SFPE.

Przypadek 5: liczba użytkowników - 1000

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="416,3"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="121,2"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="1000"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

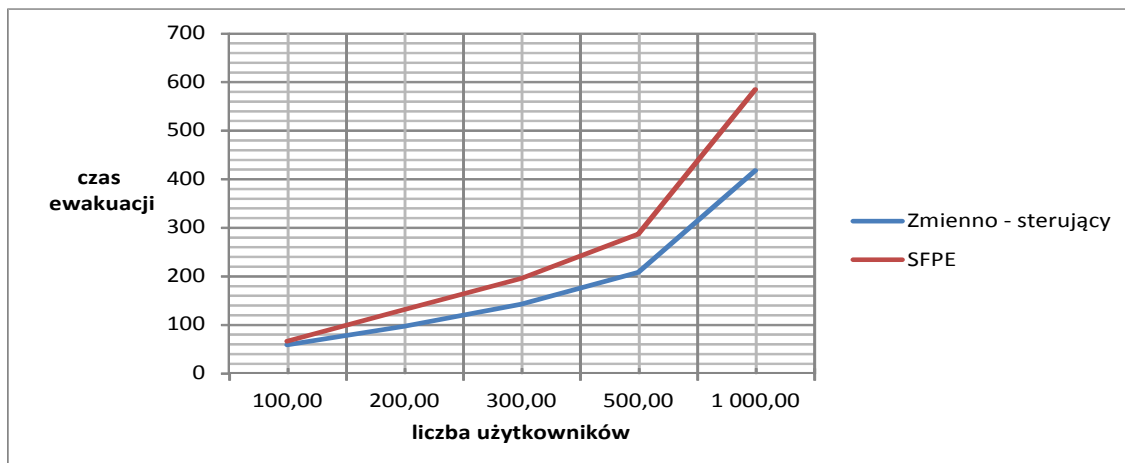
Rys 12. Czas ewakuacji uzyskany dla trybu „zmiennie-sterującego”.

Czas symulacji (s):	<input type="text" value="583,3"/>	Czas uruchomienia (s):	<input type="text" value="123,9"/>
Pozostałe osoby:	<input type="text" value="0"/>	Wszystkie osoby:	<input type="text" value="1000"/>
Maksymalne DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>	Średnie DTG (m):	<input type="text" value="0,0"/>

Rys.13. Czas ewakuacji uzyskany przy zastosowaniu trybu SFPE.

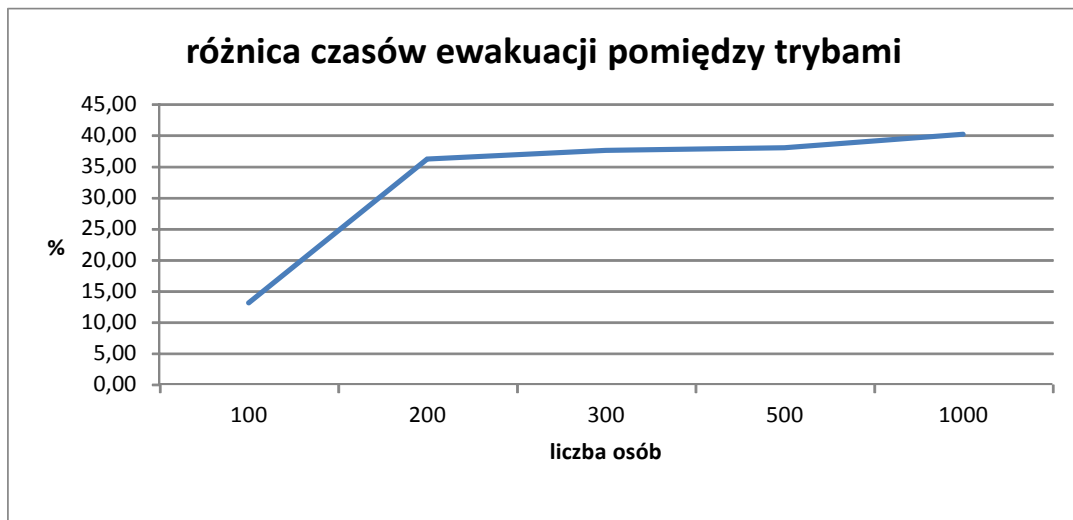
**Zestawienie:**

Tryb	Liczba użytkowników				
	100	200	300	500	1000
Zmiennie sterujący	57,5	95,5	141,3	207	416,3
SFPE	65	130	194,3	295,8	583,3
Różnica [%]	13	36,1	37,5	37,9	40



Wykres przedstawiający zmianę czasu ewakuacji od liczby użytkowników dla dwóch trybów.

Wykres przedstawiający różnicę czasów ewakuacji pomiędzy trybem „zmiennie-sterującym i SFPE” w zależności od liczby użytkowników.



#### Podsumowanie:

Trudno jednoznacznie wskazać którego z dwóch trybów zachowań ludzi należy stosować podczas modelowania symulacji ewakuacji. Z powyższej analizy jasno wynika, że czasy ewakuacji uzyskiwane dla trybu SFPE są dłuższe niż w przypadku trybu „zmiennie-sterującego”. Dla skrajnie zatłoczonego budynku różnica sięga nawet 40%. Należy pamiętać, że tryb SFPE jest bliższy obliczeniom ręcznym natomiast „zmiennie-sterujący” lepiej odzwierciedla zachowanie się tłumu. Warto podkreślić, że tak skomplikowanego procesu jak ewakuacja nie da się jednoznacznie ująć w dość prostym wzorze matematycznym. Może on stanowić jedynie pewne bliżej nieokreślone przybliżenie. Stosując tryb „zmiennie-sterujący” bierzemy pod uwagę kolizyjność na drogach ewakuacyjnych więc nasza symulacja wyświetlana w Pathfinder 3D jest bliższa rzeczywistości. Ponadto zastosowanie tego trybu pozwala dowiedzieć, że czas ewakuacji będzie krótszy niż ten obliczony na podstawie wzoru matematycznego.

**Temat następnego numeru to:** Wykresy statystyczne w PyroSim, jako narzędzie do prezentacji i weryfikacji symulacji scenariuszy pożarowych.

Wojciech Nocula