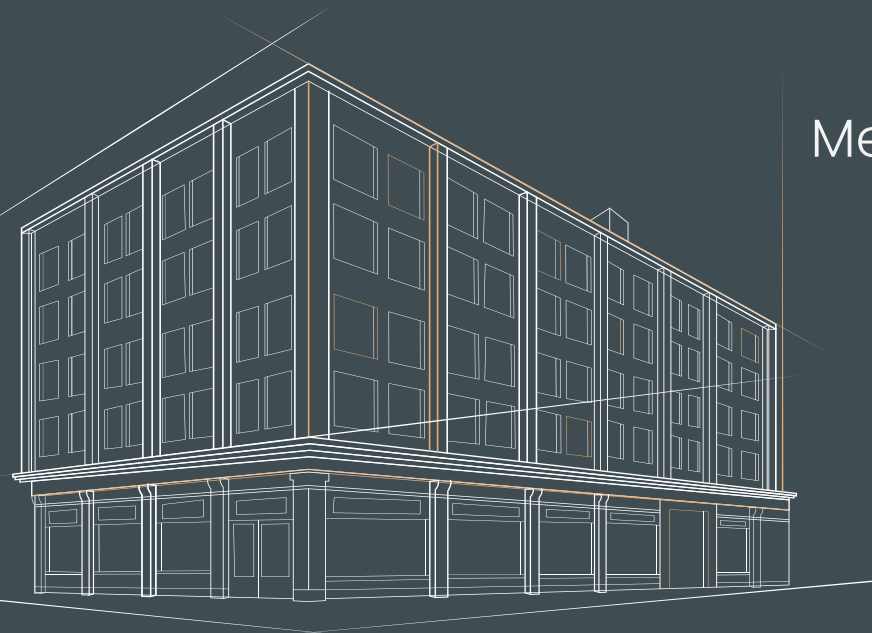


st. kpt. mgr inż. poż. Mariusz Barański

Metody oszacowania wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji

Wrocław, 13 września 2021 r.



1. Definicja ewakuacji i WCBE.
2. Składowe WCBE.
3. Czynniki wpływające na przemieszczanie się ludzi drogami ewakuacyjnymi.
4. Modele obliczeniowe pozwalające na oszacowanie WCBE.
5. Przykłady kalkulacji.
6. Przykładowe błędy pojawiające się w obliczeniach.

Ewakuacja

- to proces przemieszczania ludzi, zwierząt lub mienia z miejsca zagrożenia do miejsca bezpiecznego

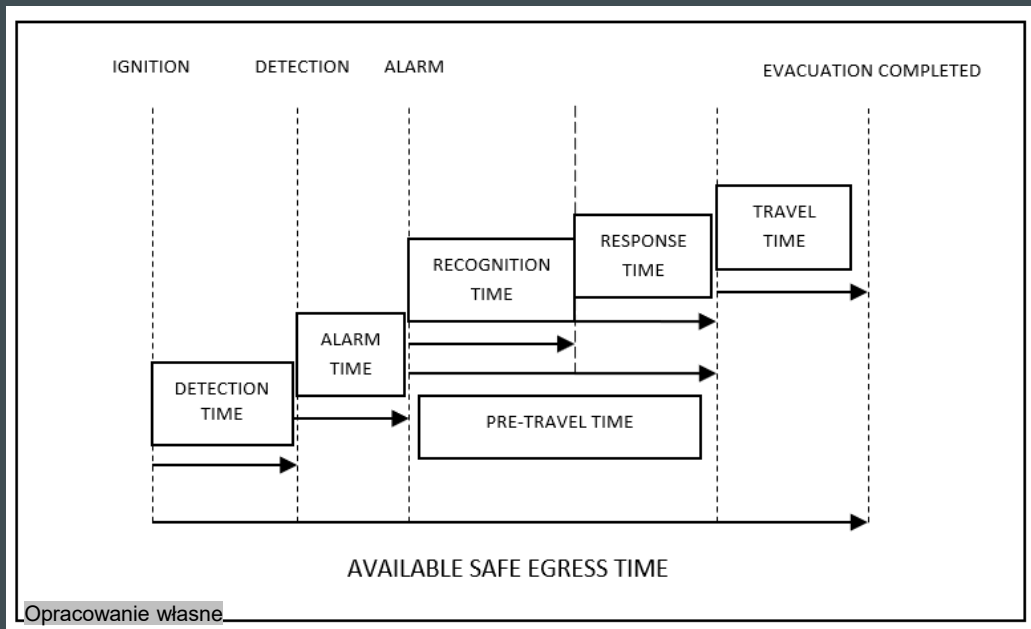


Wymagany Czas Bezpiecznej Ewakuacji (WCBE)

Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji jest czasem od chwili powstania pożaru do momentu opuszczenia zagrożonego obiektu przez ostatnią ewakuującą się osobę.



Składowe WCBE



Czas detekcji

Czas detekcji jest to czas od chwili powstania pożaru do czasu w którym elementy systemu sygnalizacji pożarowej wchodzi w stan aktywny. W przypadku braku systemu sygnalizacji pożarowej czas ten jest liczony do chwili zauważenia pożaru przez osobę będącą w stanie zaalarmować pozostałych użytkowników budynku o powstałym pożarze.



Czas alarmowania

Czas alarmowania jest to czas pomiędzy wykryciem pożaru przez system sygnalizacji pożarowej a chwilą w której zostanie ogłoszony alarm ogólny wzywający użytkowników budynku do jego opuszczenia. Czas ten uzależniony jest od sposobu konfiguracji systemu sygnalizacji pożarowej. Dla systemu dwystopniowego czas ten może wynosić przykładowo od 2 do 5 min..



Czas reakcji użytkowników obiektu

Jest to czas od chwili ogłoszenia alarmu ogólnego do momentu w którym użytkownicy obiektu przystąpią do przemieszczania się drogami ewakuacyjnymi w celu opuszczenia budynku. Czas reakcji użytkowników obiektu dzieli się na:

1. Czas rozpoznania alarmu.
2. Czas reakcji na alarm.



Czas rozpoznania alarmu pożarowego

W czasie rozpoznania alarmu pożarowego użytkownicy mogą:

1. Zatrzymać wykonywanie czynności i nasłuchiwać alarmu
2. Nasłuchiwać co się dzieje w obiekcie.
3. Rozglądać się.
4. Rozmawiać z innymi osobami znajdującymi się w pobliżu o alarmie i zagrożeniu.
5. Sprawdzać co robią inni (w sąsiednim biurze, na innym stanowisku pracy, w sąsiednim pokoju hotelowym).
6. Poszukiwać dodatkowych informacji o alarmie.
7. Wysłuchiwać pouczeń innych osób wzywających do ewakuacji.
8. Ignorować alarm.
9. Kontynuować wykonywanie pracy.



Czas reakcji na alarm pożarowy

W czasie reakcji na alarm pożarowy użytkownicy mogą:

1. Gromadzić rodzinę i znajomych (udać się po dzieci).
2. Próbować ugasić pożar.
3. Ostrzegać osoby znajdujące się w pobliżu.
4. Rozmawiać z personelem o dalszych działaniach.
5. Dzwonić pod numery alarmowe.
6. Zbierać rzeczy osobiste.
7. Wybierać odpowiednią drogę ewakuacyjną (orientować się w otoczeniu – sklepy).
8. Wracać po pozostawione rzeczy lub osoby.



Czas przejścia drogami ewakuacyjnymi

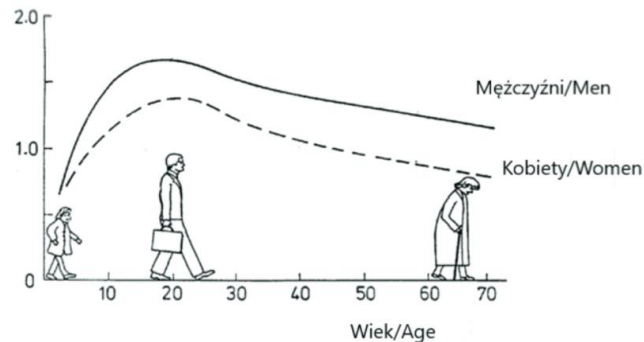
Przemieszczanie się ludzi drogami ewakuacyjnymi podlega prawom fizyki. Proces ten jest bardzo podobny do przepływów hydraulicznych. Niekiedy porównuje się ewakuację do przepływu materiałów ziarnistych (ang. granular flow). Oszacowanie czasu przejścia drogami ewakuacyjnymi w skomplikowanym układzie komunikacyjnym jest zadaniem trudnym. Zasadne jest w takim przypadku wykorzystanie modeli komputerowych pozwalających uwzględnić wiele zmiennych występujących w procesie przemieszczania się ludzi.



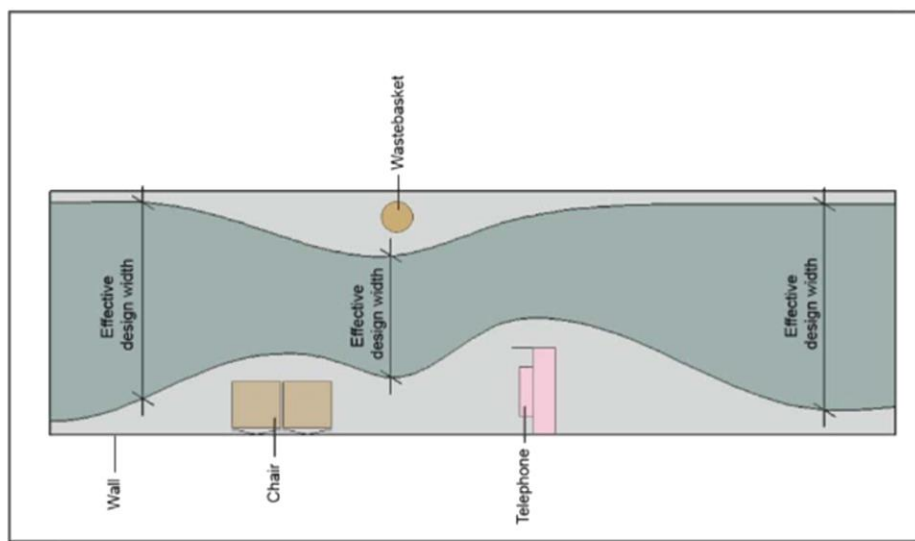
Prędkość przemieszczania się ludzi

Prędkość przemieszczania się uzależnione jest od predyspozycji fizycznych i wieku uczestników. Dodatkowo na prędkość przemieszczania się ludzi mogą mieć wpływ czynniki zewnętrzne, tj.: parametry drogi ewakuacyjnej gęstość rozmieszczenia ludzi oraz czynniki środowiska (zadymienie, temperatura). Szereg badań wykazał, że prędkość przemieszczania się ludzi uzależniona jest także od płci. Średnia prędkość przemieszczania się ludzi wynosi ok. 1,25 m/s podczas pokonywania horyzontalnej drogi dla osób w wieku 14 do 64 lat, a w przypadku osób starszych wynosi 0,97 m/s.

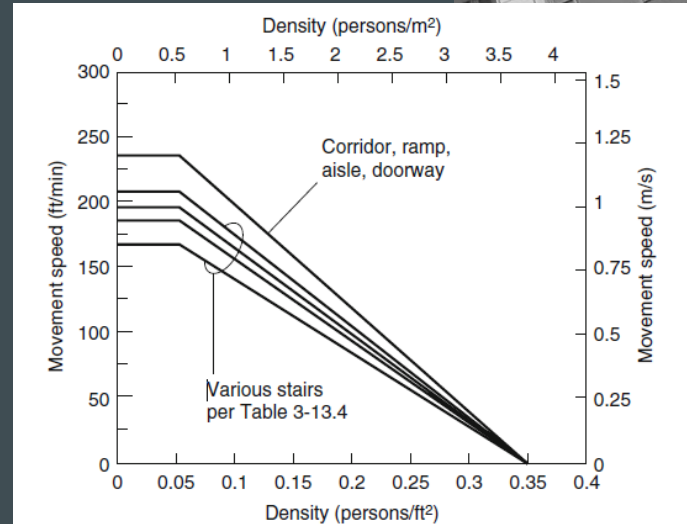
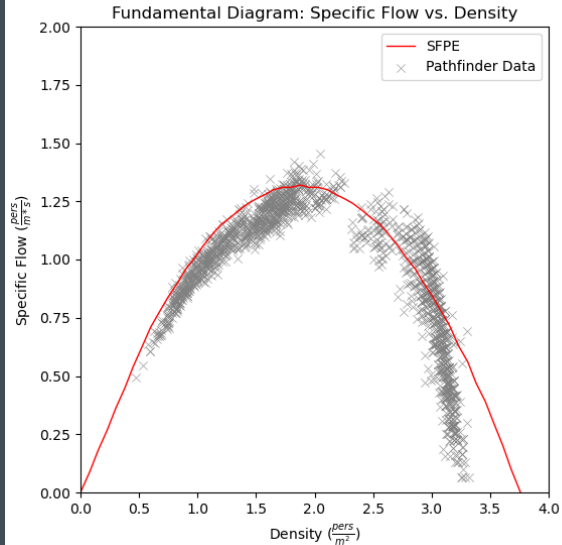
Prędkość [m/s]/Speed [m/s]



Szerokość dróg ewakuacyjnych



Przepływ ludzi na drogach ewakuacyjnych



<https://support.thunderheadeng.com/docs/pathfinder/2020-4/verification-validation/>

Narzędzia do kalkulacji WCBE

Wyrażenia algebraiczne

Predtechenskiy i Milinsky oraz później Kendik

Melinek i Booth

Togawa

Pauls

Modele komputerowe

Pathfider,

FDS+Evac



Narzędzia do kalkulacji WCBE

$$t_{e\text{-swobodny}} = \frac{N}{pW_e} + nt_s \quad (3)$$

$$t_{e\text{-zator}} = \frac{nN}{pW_e} + t_s \quad (4)$$

gdzie:

n – liczba kondygnacji,

N – liczba ewakuowanych osób,

p – przepustowość schodów [os./m/s] (zwykle 1,7 os./m/s),

W_e – efektywna szerokość klatki schodowej [m],

t_s – czas przejścia pomiędzy kondygnacjami [s] (autorzy przyjęli 16 s)



Narzędzia do kalkulacji WCBE

80

Zeszyty Naukowe SGSP nr 49 (1) 2014

Równanie pozwalające obliczyć czas ewakuacji t_e zaproponowane przez Togawę przedstawia się w następująco:

$$t_e = \frac{N}{bp} + \frac{l}{v} \quad (1)$$

gdzie:

N – liczba ewakuowanych osób,

b – szerokość najwęższego przejścia na drodze ewakuacyjnej [m],

p – przepustowość najwęższego przejścia [os./m/s],

l – odległość do wyjścia ewakuacyjnego [m],

v – prędkość przemieszczania się ludzi [m/s].



Narzędzia do kalkulacji WCBE

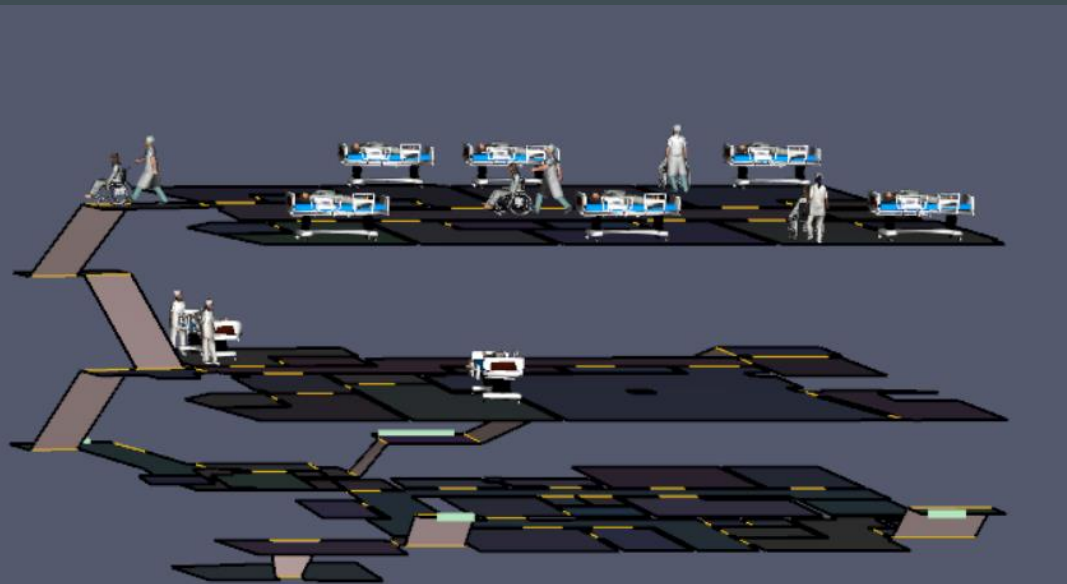
$$t_e = 0,70 + 0,0133p_e \quad (6)$$

gdzie:

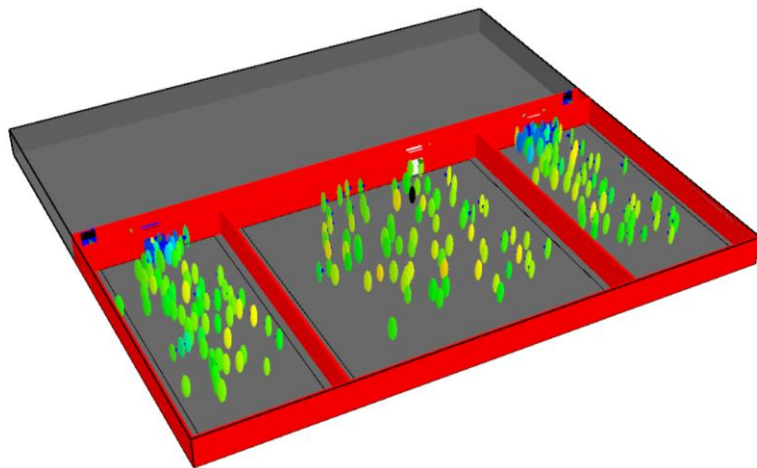
t_e – czas ewakuacji [min],

p_e – liczba osób przypadająca na metr efektywnej szerokości schodów [os./m].

Pathfinder



FDS+Evac



Human
speed
m/s

1.903

1.712

1.55

1.332

1.142

9.514E-1

7.611E-1

5.708E-1

3.806E-1

1.903E-1

0.0



Narzędzia do kalkulacji WCBE

Normy, standardy

PD 7974-6

C/VM2

ISO/TR 16738:2009

CFPA-E Guideline No 19:2009 F

SFPE Handbook

Fire Engineering Design Guide (NZ)



Przykład obliczeniowy – czas przejścia drogami ewakuacyjnymi (1)

Droga ewakuacyjna obejmuje przejście przez pomieszczenie (20 m), korytarz (10 m), następnie klatką schodową 5 kondygnacji po 12 m oraz hol (10 m).

Klatka schodowa ze stopniami o wysokości 0,175 m i szerokości 0,300 m. Założono, że gęstość rozmieszczenia ludzi na drogach ewakuacyjnych nie przekroczy 1 os/m².

$$S = k - akD$$

$S = 1,0 \text{ m/s}$ – dla poziomej drogi ewakuacyjnej

$S = 0,8 \text{ m/s}$ – dla pionowej drogi ewakuacyjnej

$$T_{\text{trav}} = (20+10+10)/1 + (5*12)/0,8 = 115 \text{ s (ok. 2 min)}$$



Przykład obliczeniowy – budynek biurowy (2)

1. System sygnalizacji pożarowej – 2 stopniowy.
2. Prosty układ komunikacyjny w budynku wielokondygnacyjnym.
3. Na poziomie parteru ochrona budynku obsługująca centralę SSP odpowiedzialna za organizację ewakuacji w przypadku powstania pożaru.

A2, B2, M2



Przykład obliczeniowy – budynek biurowy (2)

$$T_d = 60 \text{ s}$$

$$T_a = 300 \text{ s}$$

$$T_{\text{pre}} [\text{A: A2,B2,M2}] = 60 + 120 = 180 \text{ s}$$

$$T_{\text{trav}} = 115 \text{ s}$$

$$\text{WCBE} = 655 \text{ s (ok. 11 min)}$$



Przykład obliczeniowy – hotel (3)

1. System sygnalizacji pożarowej – 2 stopniowy.
2. Prosty układ komunikacyjny w budynku wielokondygnacyjnym.
3. Na poziomie parteru ochrona budynku obsługująca centralę SSP odpowiedzialna za organizację ewakuacji w przypadku powstania pożaru.

A2, B2, M2



Przykład obliczeniowy – hotel (3)

$$T_d = 60 \text{ s}$$

$$T_a = 300 \text{ s}$$

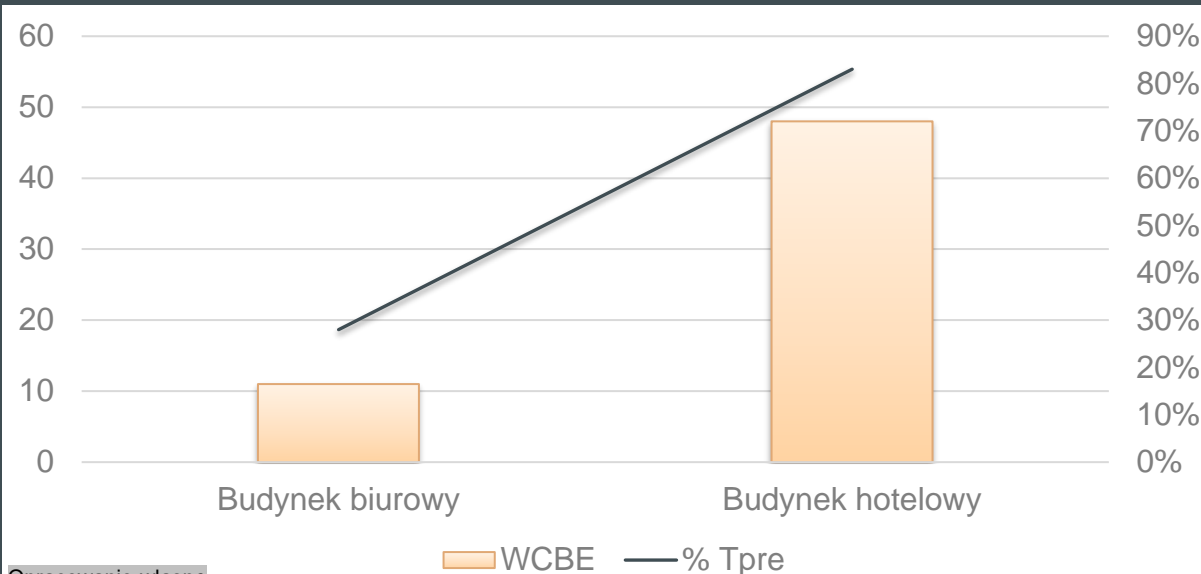
$$T_{\text{pre}} [C_{\text{III}}: A2, B2, M2] = 1200 + 1200 = 2400 \text{ s}$$

$$T_{\text{trav}} = 115 \text{ s}$$

$$\text{WCBE} = 2875 \text{ s (ok. 48 min)}$$



Porównanie wyników



Najczęstsze błędy podczas oszacowania WCBE

**Czas
alarmowania
(w przypadku
braku SSP)**

**Brak
uwzględnienia
zmiany
prędkości
przemieszczania
się ludzi w
zależności od
wieku**

**Traktowanie czasu
rozpoznania (przez
obsługę obiektu)
sytuacji pożarowej
z czasem
rozpoznania
rodzaju alarmu
przez użytkowników
obiektu**

**Błędnie
przyjmowane
czasy reakcji
użytkowników**





Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Pożarnictwa Oddział Dolnośląski



Shutterstock/Calin Stan



**Dziękuję za
uwagę!**

mariusz.baranski@o2.pl
+48 697 721 131

