

prof. dr hab. inż. Mirosław Kosiorek<sup>1)</sup>

# Gęstość obciążenia ogniowego wg Eurokodu 1

**O**cena nośności i odporności ogniowej konstrukcji w warunkach pożaru, pomimo pewnych niedoskonałości, jest najbardziej zdyscyplinowaną i poddaną rygorom projektowym częścią inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Projektowanie konstrukcji na warunki pożarowe – podobnie jak w warunkach normalnych – odbywa się wg metody półprobabilistycznej. Uwzględnia się możliwość szybszego dotarcia do pożaru i jego tłumienie wynikające z zainstalowanych środków technicznych. Ponadto oceniany jest wpływ powierzchni odniesienia (strefy pożarowej pomieszczenia objętego pożarem) na możliwość wybuchu pożaru oraz środków technicznych i działań ludzkich na oddziaływanie termiczne na konstrukcję, przez wprowadzenie obliczeniowej gęstości obciążenia ogniowego.

## Charakterystyczna wartość gęstości obciążenia ogniowego

Zgodnie załącznikiem E do Eurokodu 1 (PN-EN 1991-1-2) charakterystyczną wartość obciążenia ogniowego oblicza się wg wzoru:

$$Q_{f,k} = \sum M_{k,i} H_{u,i} \Psi_i$$

natomiast charakterystyczną wartość gęstości obciążenia ogniowego ze znanej zależności:

$$q_{f,k} = Q_{f,k} / A_f$$

gdzie:

$M_{k,i}$  – masa i-tego materiału palnego [kg];  
 $H_{u,i}$  – wartość ciepła spalania netto [MJ/kg];  
 $\Psi_i$  – redukcja ciepła spalania częściowo zabezpieczonych materiałów palnych przed ogrzaniem do temperatury zapłonu (nie będzie w artykule bardziej szczegółowo omawiany);  
 $A_f$  – powierzchnia podłogi obszaru odniesienia (strefy pożarowej pomieszczenia objętego pożarem).

W obliczeniach należy uwzględnić wszystkie elementy palne konstrukcji i wyposażenia łącznie z okładzinami,

wykładzinami itp. Wartość stałego obciążenia ogniowego, które nie zmienia się podczas użytkowania obiektu, przyjmuje się jako wartość oczekiwaną.

**Zmienne obciążenie ogniowe** odpowiada wartościom, które są nieprzekraczalne przez 80% czasu.

Wilgotność zawartą w materiałach można uwzględnić za pomocą wzoru:

$$H_u = H_{u0} (1 - 0,01u) - 0,025u$$

gdzie:

$u$  – zawartość wilgoci w stanie suchym [% wagi];  
 $H_{u0}$  – wartość ciepła spalania netto materiałów suchych (wartości ciepła spalania netto niektórych materiałów stałych i płynów podano w omawianym załączniku do Eurokodu 1).

Podano również wartości oczekiwane oraz fraktyle 80% rozkładu Gumbela (wartości charakterystyczne) gęstości obciążenia ogniowego w zależności od sposobu użytkowania (tabela 1). Podane wartości nie obejmują materiałów palnych wykończenia wnętrz (okładziny, wykładziny) i konstrukcji.

**Tabela 1. Gęstość obciążenia ogniowego  $q_{f,k}$  [MJ/m<sup>2</sup>] w zależności od sposobu użytkowania pomieszczenia budynku wg PN-EN 1991-1-2 (E.4)**

Sposób użytkowania	Wartość	
	oczekiwana (średnia)	charakterystyczna (fraktyl 80%)
Mieszkanie	780	948
Szpital (pokój)	230	280
Hotel (pokój)	310	377
Biblioteka	1 500	1 824
Biuro	420	511
Sala lekcyjna	285	347
Centrum sklepowe	600	730
Teatr, kino	300	365
Komunikacja (przestrzeń publiczna)	100	122

## Obliczeniowa gęstość obciążenia ogniowego

Oceny oddziaływań termicznych na konstrukcję dokonuje się na podstawie obliczeniowej wartości gęstości obciążenia ogniowego  $q_{f,d}$ , która jest określona wzorem:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \cdot m \cdot \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \text{ [MJ/m}^2\text{]}$$

gdzie:

$q_{f,k}$  – wartość charakterystyczna gęstości obciążenia ogniowego;

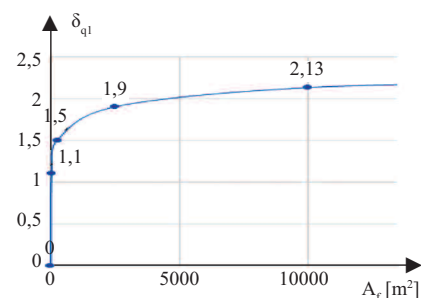
$m$  – współczynnik spalania (w przypadku materiałów lignocelulozowych  $m = 0,8$ );

$\delta_{q1}$  – możliwość powstania pożaru zależna od powierzchni  $\delta_{q1} \delta_{q1}$ ;

$\delta_{q2}$  – możliwość powstania pożaru w zależności od sposobu użytkowania;

$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni}$  – współczynniki uwzględniające różne czynne środki ochrony przeciwpożarowej i (tryskacze, wykrywanie, samoczynna transmisja sygnału alarmu; tabela 3).

Wartość charakterystycznej gęstości obciążenia ogniowego można przyjmować wg tabeli z normy, w której podano 80% fraktyle  $q_{f,k}$  w niektórych budynkach, lub na podstawie oceny indywidualnej. Zaleca się, aby zmienne obciążenie ogniowe odpowiadało wartościom, które są spodziewane jako nieprzekraczalne w ciągu 80% czasu użytkowania. W przypadku, gdy składowane są głównie materiały lignocelulozowe, współczynnik spalania  $m = 0,8$ .



**Rys. 1. Zależność  $\delta_{q1}$  od powierzchni  $A_f$  [m<sup>2</sup>]**

**Tabela 2. Współczynniki  $\delta_{q2}$**

Możliwość powstania pożaru $\delta_{q2}$	Sposób użytkowania pomieszczenia budynku
0,78	galeria sztuki, muzeum, basen
1,00	biura, mieszkania, hotel, przemysł papierniczy
1,22	wytwórnia maszyn i silników
1,44	laboratorium chemiczne, warsztat malarski
1,66	wytwórnia fajerwerków i farb

<sup>1)</sup> Szkoła Główna Służby Pożarniczej; Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa i Ochrony Ludności; miroslaw.kosiorek@outlook.com

Zmianę wartości współczynnika  $\delta_{q1}$  scharakteryzowano na rysunku 1. Jest to funkcja dążąca do asymptoty. Wartość  $\delta_{q1}$  powyżej 10 000 m<sup>2</sup> zmienia się niewiele. Wartości współczynnika  $\delta_{q2}$  w różnych pomieszczeniach podano w tabeli 2, a współczynnika  $\delta_{n1}$ , charakteryzującego czynne środki ochrony przeciwpożarowej w tabeli 3. Zaleca się, aby szacując obciążenie ogniowe, indywidualnie uwzględnić możliwe zmiany użytkowania i rozmieszczenia oraz zmiany podczas użytkowania. Dotyczy to przede wszystkim budynków produkcyjnych i magazynowych.

Tabela 3. Współczynniki  $\delta_{ni}$  charakteryzujące czynne środki ochrony przeciwpożarowej

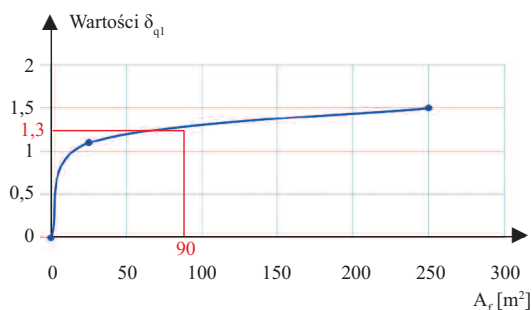
Stale automatyczne urządzenia gaśnicze				
samoczynne urządzenia gaśnicze wodne		niezależne zaopatrzenie w wodę		
$\delta_{n1}$		0	1	2
0,61		1,07	0,87	0,7
Samoczynne wykrywanie pożaru				
samoczynna detekcja pożaru i alarm pożarowy		samoczynna transmisja alarmu pożarowego do straży pożarnej		
detekcja ciepła $\delta_{n3}$	detekcja dymu $\delta_{n4}$	$\delta_{n5}$		
0,87 lub 0,73		0,87		
Gaszenie pożaru siłami ludzkimi				
zakładowa za-wodowa straż pożarna $\delta_{n6}$	zewnątrzna publicz-na straż pożarna $\delta_{n7}$	bezpieczne pożarowe drogi dostępu $\delta_{n8}$	urządzenia przeciw-pożarowe $\delta_{n9}$	system oddy-miania $\delta_{n10}$
0,61 lub 0,78		0,9 lub 1,0 lub 1,5	1,0 lub 1,5	1,0 lub 1,5

## Przykład określenia obliczeniowej wartości gęstości obciążenia ogniowego

Analizowano biuro o powierzchni  $A_f = 91 \text{ m}^2$ , w którym:

- $q_{f,k} = 511 \text{ MJ/m}^2$ ;
- $m = 0,8$  (materiały lignocelulozowe);
- $\delta_{q1} = 1,3$  (rysunek 2);
- $\delta_{q2} = 1,0$  (tabela 2).

W skład wyposażenia przeciwpożarowego budynku biurowego wchodziły: czujki dymowe; podręczny sprzęt ga-



Rys. 2. Aproksymacja wartości  $\delta_{q1}$

śniczy, hydranty wewnętrzne; oddymiane klatki schodowe; drogi pożarowe zgodne z przepisami.

Stąd:

■  $\delta_{n4} = 0,73$  (sygnalizacja alarmu pożaru, czujki dymowe);

■  $\delta_{n7} = 0,78$  (publiczna straż pożarna);

■ pozostałe współczynniki  $\delta_n = 1,0$ .

Obliczeniowa gęstość obciążenia ogniowego, czyli gęstość obciążenia ogniowego, którą należy uwzględnić przy obliczaniu nośności i określaniu oddziaływań termicznych w warunkach pożaru, wynosi:

$$q_{fid} = 511 \cdot 0,8 \cdot 1,3 \cdot 0,73 \cdot 0,78 = 303 \text{ MJ/m}^2.$$



## ARBOCEL P – The Power of Innovation

- nieograniczone możliwości regulacji konsystencji, – łatwe i szybkie mieszanie,
- zagęszczanie i stabilizacja tynków i farb przy jednoczesnej poprawie aplikacji



Rettenmaier Polska

Sp. z o.o.

Bitwy Warszawskiej 1920 r. 7B

02-366 Warszawa

mobile +48 600 423 423

Tel + 48 22 608 51 00

e-mail: arbocel@jrs.pl

## Podsumowanie

Przy określaniu obliczeniowej gęstości obciążenia ogniowego uwzględnia się powierzchnię pomieszczenia (strefy pożarowej) oraz wyposażenie techniczne tłumiące pożar, umożliwiające dotarcie do źródła (bezpieczne drogi dostępu) i szybką reakcję na zagrożenie (sygnalizacja alarmu pożaru).

Wyposażenie techniczne związane z bezpieczeństwem pożarowym nie powoduje fizycznego zmniejszenia gęstości obciążenia ogniowego, ale ogranicza uwalnianie ciepła i umożliwia rozpoczęcie akcji gaśniczej we wczesnej fazie rozwoju pożaru. Bardzo istotne jest zalecenie, aby uwzględniać możliwe zmiany w eksploatacji budynku. Dotyczy to w szczególności budynków magazynowych przeznaczonych na wynajem, gdyż gęstość obciążenia ogniowego może w nich ulegać bardzo dużym zmianom.