

OBCIĄŻENIE WIATREM BUDYNKÓW

Anna Szymczak-Graczyk

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. Celem pracy jest przeprowadzenie analizy obciążenia wiatrem w związku ze zwiększonymi obciążeniami wprowadzonymi w 2011 roku do normy PN-77/B-02011/Az1:2009. Analizą objęty został dach stalowej hali jednonawowej oraz dach domu jednorodzinny. Porównano dopuszczalne wartości obciążenia wiatrem przed wprowadzeniem zmian do normy oraz po ich wprowadzeniu. Podano orientacyjne parcie wiatru na dach i ściany budynku w odniesieniu do prędkości porywów wiatru występujących w Polsce. Motywacją do przeprowadzenia obliczeń było uzyskanie wyników porównawczych dla obiektów zaprojektowanych przed 2009 rokiem i projektowanych obecnie.

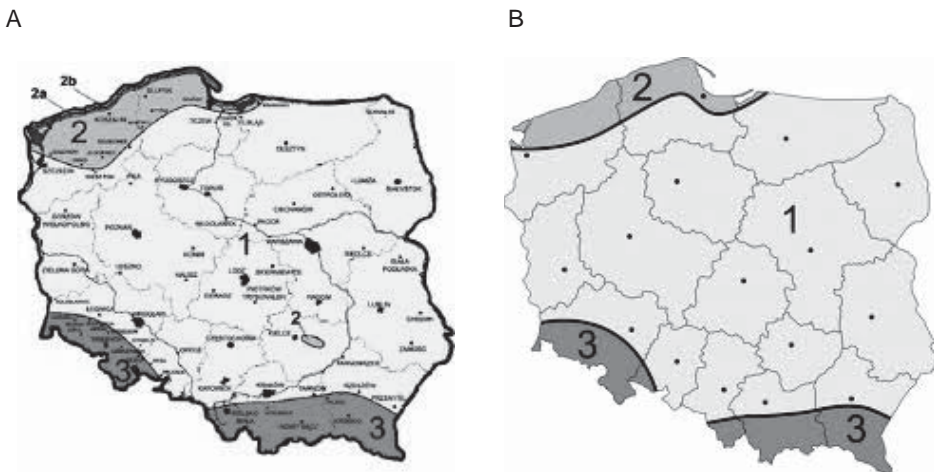
Słowa kluczowe: obciążenie wiatrem, projektowanie budynków, normy budowlane

WSTĘP

W ostatnich latach nie tylko Polska, lecz również wiele rejonów na świecie ucierpiało z powodu zmian klimatycznych. Anomalie pogodowe, powodujące znaczne opady deszczu, śniegu i huraganowe wiatry, dały o sobie znać także w naszym umiarkowanym klimacie. Warto zwrócić uwagę na oddziaływanie klimatyczne, jakim jest obciążenie wiatrem obiektów budowlanych. Specyfika obciążenia wiatrem polega na jego nieprzewidywalności. Oddziaływanie wiatrem jest obciążeniem zmiennym, w całości krótkotrwałym i według PN-82/B-02000 – składającym się na podstawową kombinację obciążeń. Natomiast obciążenie huraganowym wiatrem składa się na kombinację obciążeń wyjątkowych. Według PN-82/B-02000 kombinacja podstawowa obowiązuje w obliczeniach wszelkich konstrukcji, kombinacja wyjątkowa zaś jedynie w przypadkach, gdy ze względu na przeznaczenie, użytkowanie lub lokalizację budowli mogą wystąpić obciążenia wyjątkowe.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Anna Szymczak-Graczyk, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska, Katedra Mechaniki Budowli i Budownictwa Rolniczego, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań, e-mail: agraczyk@up.poznan.pl; kmbibr@up.poznan.pl

Zatem w praktyce najczęściej obiekty projektowane są na podstawową kombinację obciążeń. Norma europejska PN-EN 1991-1-4:2008 oraz zmiany wprowadzone do normy PN-77/B-02011/Az1:2009 zastrzegają wymagania w stosunku do projektowania obiektów budowlanych podlegających obciążeniu wiatrem. W lipcu 2009 roku do normy PN-77/B-02011 została wprowadzona zmiana Az1. Polegała ona na wprowadzeniu nowej mapy podziału Polski na strefy obciążenia wiatrem, nowych wartości charakterystycznych prędkości wiatru i ciśnienia tej prędkości, korekty współczynnika ekspozycji oraz na zwiększeniu wartości współczynnika obciążenia. Bez zmian pozostały współczynnik aerodynamiczny oraz współczynnik działania porywów wiatru. Na rysunku 1 przedstawiono mapy podziału Polski na strefy wiatrowe według normy PN-77/B-02011 oraz PN-77/B-02011/Az1:2009.



Rys. 1. Mapy podziału Polski na strefy wiatrowe: A – według PN-77/B-02011, B – według PN-77/B-02011/Az:2009

Fig. 1. The maps of distribution on zones according: A – to PN-77/B-02011, B – to PN-77/B-02011/Az:2009

Analizując przedstawione mapy, należy zauważyć, że utrzymany został podział Polski na trzy strefy wiatrowe. Jednakże zlikwidowano strefy nadmorskie 2a i 2b, zmniejszono pas nadmorski na obszarze zachodniopomorskim, usunięto pole strefy 2 z obszaru Gór Świętokrzyskich, zastępując je uzależnieniem wartości prędkości wiatru od wysokości H , oznaczającej wysokość nad poziomem morza, natomiast pozostawiono bez większych zmian obszar strefy 3. W tabeli 1 przedstawiono porównanie charakterystycznych prędkości wiatru (V_k) dla normy PN-77/B-02011 oraz PN-77/B-02011/Az1:2009. W tabeli 2 podano charakterystyczne wartości ciśnienia prędkości wiatru (q_k).

Tabela 1. Zestawienie charakterystycznych prędkości wiatru (V_k) dla normy PN-77/B-02011 oraz PN-77/B-02011/Az1:2009Table 1. Juxtaposition of speed of characteristic wind (V_k) for norm PN-77/B-02011 and PN-77/B-02011/Az1:2009

Strefa Zone	V_k według PN-77/B-02011 [m·s ⁻¹]	V_k według PN-77/B-02011/Az1:2009 [m·s ⁻¹]
1	20	$H \leq 300$ m 22
		$H > 300$ m $22 \cdot [1 + 0,0006 \cdot (H - 300)]$
2	24	$H \leq 300$ m 26
		–
2a	27	–
2b	30	–
3	24–47	$H \leq 300$ m 22
		$H > 300$ m $22 \cdot [1 + 0,0006 \cdot (H - 300)]$

Objaśnienie: H – wysokość nad poziomem morza [m].

Explanation: H – height over level of sea [m].

Tabela 2. Zestawienie charakterystycznych wartości ciśnienia prędkości wiatru (q_k) dla normy PN-77/B-02011 oraz PN-77/B-02011/Az1:2009Table 2. Juxtaposition of value of pressure of speed of characteristic wind (q_k) for norm PN-77/B-02011 and PN-77/B-02011/Az1:2009

Strefa Zone	q_k według PN-77/B-02011 [kN·m ⁻²]	q_k według PN-77/B-02011/Az1:2009 [kN·m ⁻²]
1	0,25	$H \leq 300$ m 0,30
		$H > 300$ m $0,30 \cdot [1 + 0,0006 \cdot (H - 300)]^2$
2	0,35	0,42
2a	0,45	–
2b	0,55	–
3	$0,25 + 0,0005H > 0,35$	$H \leq 300$ m 0,30
		$H > 300$ m $0,30 \cdot [1 + 0,0006 \cdot (H - 300)]^2 \cdot [(20\ 000 - H) / (20\ 000 + H)]$

Objaśnienie: H – wysokość nad poziomem morza [m].

Explanation: H – height over level of sea [m].

Zmiana Az1 wprowadziła korektę współczynnika ekspozycji w zakresie wysokości: $z < 10$ m w terenie A, $z < 40$ m w terenie B i $z < 100$ m w terenie C. W tabeli 3 porównano wartości współczynnika ekspozycji (C_e) dla zmienionych wartości.

Tabela 3. Porównanie współczynnika ekspozycji (C_e) dla normy PN-77/B-02011 oraz PN-77/B-02011/Az1:2009Table 3. Comparison of ratio of exhibition (C_e) for norm PN-77/B-02011 and PN-77/B-02011/Az1:2009

Teren Field	C_e według PN-77/B-2011 [kN·m ⁻²]	C_e według PN-77/B-2011/Az1:2009 [kN·m ⁻²]
A	$z \leq 10$ 1,0	$z \leq 10$ 0,6
		$z = 2 \div 10$ $0,5 + 0,05z$
B	$z \leq 20$ 0,8	$z \leq 5$ 0,65
		$z = 5 \div 20$ $0,55 + 0,02z$
	$z = 20 \div 40$ $0,5 + 0,015z$	$z = 20 \div 100$ $0,8 + 0,0075z$
C	$z \leq 30$ 0,7	$z \leq 10$ 0,6
		$z = 10 \div 40$ $0,49 + 0,011z$
	$z = 30 \div 100$ $0,5 + 0,007z$	$z = 40 \div 280$ $0,75 + 0,0045z$

Objaśnienie: z – wysokość nad poziomem morza [m].

Explanation: z – height over level of sea [m].

Zmiana Az1 wprowadzona do normy PN-77/B-02011 polegała też na zwiększeniu współczynnika obciążenia (γ_f) – z wartości 1,3 do wartości 1,5.

PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

Analizy porównawczej dokonano na przykładzie dachów dwóch obiektów – domu jednorodzinnego i hali jednonawowej. Do porównania przyjęto trzy miasta z różnych stref wiatrowych, których przynależność do tych stref pozostała bez zmian, mimo wprowadzenia zmiany Az1, oraz jedno miasto, którego przynależność strefowa została zmieniona wraz z wprowadzeniem normy PN-77/B-02011/Az1:2009. Na rysunku 2 przedstawiono rozpatrywany budynek jednorodzinny, a na rysunku 3 – przyjętą do obliczeń halę stalową.

Obciążenie charakterystyczne wywołane działaniem wiatru (p_k) oblicza się według PN-77/B-02011 i PN-77/B-02011/Az1:2009 z zależności:

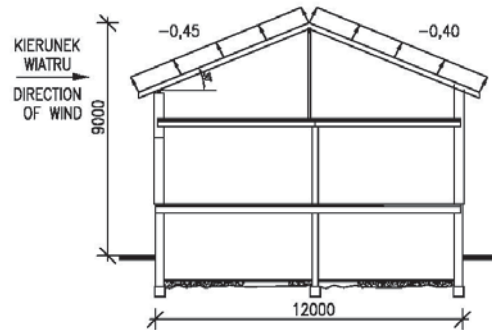
$$p_k = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta \quad (1)$$

gdzie: q_k – charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru,

C_e – współczynnik ekspozycji,

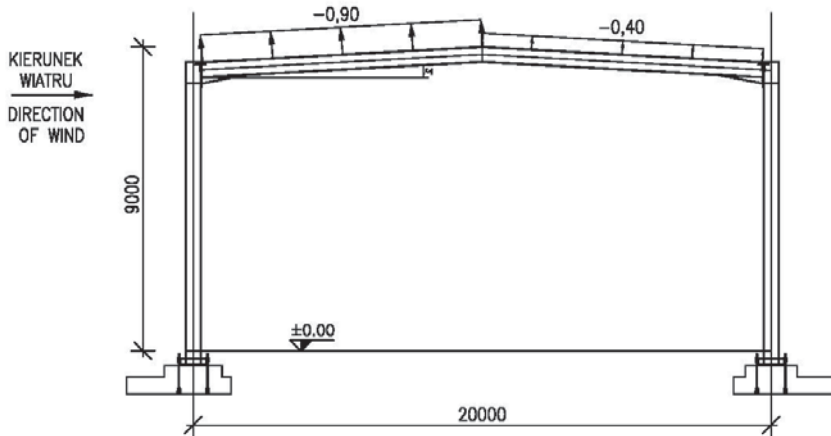
C – współczynnik aerodynamiczny,

β – współczynnik działania porywów wiatru.



Rys. 2. Przekrój domu jednorodzinnego przyjętego do obliczeń wraz z obciążeniem dachu wiatrem

Fig. 2. Section of one-family house accepted for accounts along with load wind of roof



Rys. 3. Przekrój hali stalowej przyjętej do obliczeń wraz z obciążeniem dachu wiatrem

Fig. 3. Section of steel room accepted for accounts along with load wind of roof

Obciążenie obliczeniowe wywołane działaniem wiatru oblicza się według PN-77/B-02011 i PN-77/B-02011/Az1:2009 z zależności:

$$p = p_k \cdot \gamma_f \quad (2)$$

gdzie γ_f – współczynnik obciążenia.

Do analizy przyjęto jedynie obciążenie wywołane ssaniem wiatru na połaci dachowej, gdyż jest to oddziaływanie mogące zrywać pokrycie dachowe. Dla domu jednorodzinnego przyjęto następujące założenia: kąt nachylenia połaci dachowej – 30°, lokalizacja obiektu w terenie B, obiekt niepodatny na działanie porywów wiatru ($\beta = 1,8$), współczynnik aerodynamiczny – $C = -0,45$. Natomiast dla hali stalowej jednonawowej: lokalizacja

w terenie A, kąt nachylenia połaci dachowej – 3° , obiekt niepodatny na działanie porywów wiatru ($\beta = 1,8$), współczynnik aerodynamiczny – $C = -0,90$. W tabeli 4 zestawiono: przynależność do strefy, obciążenie charakterystyczne wiatrem według PN-77/B-02011 i PN-77/B-02011/Az1:2009, współczynnik obciążenia oraz obciążenie obliczeniowe wiatrem według normy według PN-77/B-02011 i PN-77/B-02011/Az1:2009. Kolumna 10 podaje wartość procentową zwiększenia się lub zmniejszenia obciążenia ssaniem wiatru na połaci dachowej po uwzględnianiu zmiany w normie PN-77/B-02011/Az1:2009.

Interesującym miastem jest Zakopane, dla którego wprowadzenie zmiany do normy powoduje zmniejszenie obliczeniowego obciążenia wiatrem. Natomiast dla terenu Gór Świętokrzyskich po zmianie przynależności strefowej wzrost obciążenia jest niewielki. Dla pozostałych lokalizacji wzrost obciążenia wynosi, w zależności od typu budynku, od 26 do 38%. Powstaje pytanie, jak odnosić się do obiektów zaprojektowanych przed 2009 rokiem, dla których aktualnie obowiązują inne wartości obciążeń. Zasadne jest więc pytanie, jak projektować rozbudowy bądź modernizować istniejące obiekty – czy należy je wzmacniać w przypadku zwiększenia obciążenia i w konsekwencji narzucać właścicielom obowiązek ich dostosowania do obecnych wymogów.

PODSUMOWANIE

Dachy budynków, poza ciężarem własnym, muszą przenieść obciążenia od śniegu i wiatru oraz obciążenia technologiczne. Konstrukcja dachu oraz jego pokrycie muszą być tak zaprojektowane, aby spełnić pierwszy stan graniczny – nośności, oraz drugi stan graniczny – użytkowania. Przez cały okres eksploatacji budynku konstrukcja dachu oraz jego pokrycie musi być odporne na działanie porywów wiatru. Ponieważ w ostatnich latach nasiliły się niespotykane dotąd zjawiska pogodowe, więc podjęto decyzję o zaostrzeniu wymagań wobec nowo projektowanych budynków. Obciążenie wiatrem jest wynikiem ciśnienia wiatru na powierzchnię. Dla lepszego zilustrowania tego tematu w tabeli 5 przedstawiono obciążenia wiatrem dla Poznania, znajdującego się w 1 strefie wiatrowej, wartość parcia wiatru przeliczoną na prędkość wiatru (w $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ i $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) oraz nacisk na powierzchnię (w $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$).

Nowelizacja normy PN-77/B-02011 spowodowała konieczność projektowania obiektów na zmienione obciążenie wiatrem, zwiększone w części Polski objętej strefą 1 wiatrową i zmniejszone na przykład dla okolic Zakopanego, znajdującego się w strefie 3. Przedstawione w artykule zagadnienia znalazły zainteresowanie wśród innych autorów. Ciekawymi pracami, dotyczącymi oceny bezpieczeństwa i wpływu zmiany obciążenia wiatrem na konstrukcję istniejących kominów, są artykuły Lechmana [2012] oraz Wróbel [2012], przedstawiające metody obliczania kominów żelbetowych znajdujących się w linii działania obciążenia wiatrem. Dlatego niezwykle istotne jest umiejętne zbieranie obciążeń, przy wykorzystaniu zarówno norm europejskich, jak i polskich ich odpowiedników. Powstaje pytanie, w jaki sposób zapewnić bezpieczeństwo eksploatacji i użytkowania istniejących obiektów, jak również w jaki sposób prowadzić przeglądy stanu technicznego takich obiektów. Rodzi się też pytanie, po co została wprowadzona w 2009 roku poprawka do normy PN-77/B-02011/Az1:2009, skoro w 2008 roku wprowadzono Eurokod 1 dotyczący oddziaływania wiatru.

Tabela 4. Wyniki analizy
Table 4. Results of analyses

Lokalizacja Localization	Sreafa obciążenia wiatrem według PN-77/B-02011/Az1:2009	Sreafa obciążenia wiatrem według PN-77/B-02011/Az1:2009	Współczynnik obciążenia według PN-77/B-02011/Az1:2009	Współczynnik obciążenia według PN-77/B-02011/Az1:2009	Współczynnik obciążenia według PN-77/B-02011/Az1:2009	Obciążenie charakterystyczne wiatrem od strony zawietrznej według PN-77/B-02011/Az1:2009			Przyrost procentowy [%]
						Obciążenie charakterystyczne wiatrem od strony zawietrznej według PN-77/B-02011/Az1:2009	Obciążenie obliczeniowe wiatrem od strony zawietrznej według PN-77/B-02011/Az1:2009	Obciążenie obliczeniowe wiatrem od strony zawietrznej według PN-77/B-02011/Az1:2009	
	Zone of load wind according to PN-77/B-02011/Az1:2009	Zone of load wind according to PN-77/B-02011/Az1:2009	Ratio of load according to PN-77/B-02011/Az1:2009	Ratio of load according to PN-77/B-02011/Az1:2009	Ratio of load according to PN-77/B-02011/Az1:2009	p_k [kN·m ⁻²]	p_k [kN·m ⁻²]	p [kN·m ⁻²]	Percent increase
DACH DOMU JEDNORODZINNEGO / ROOF OF FAMILY HOUSE									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Poznań $h = 50-150$ m n.p.m.	1	1	1,3	1,5	-0,16	-0,18	-0,21	-0,27	26
Gdańsk $h = 1-180$ m n.p.m.	2	2	1,3	1,5	-0,23	-0,27	-0,30	-0,41	38
Zakopane $h = 900$ m n.p.m.	3	3	1,3	1,5	-0,45	-0,33	-0,59	-0,50	-16
Rejon Gór Świętokrzyskich $h = 450$ m n.p.m.	2	1	1,3	1,5	-0,23	-0,21	-0,30	-0,32	5
DACH HALI STALOWEJ JEDNONAWOWEJ / ROOF OF STEEL ROOM									
Poznań $h = 50-150$ m n.p.m.	1	1	1,3	1,5	-0,41	-0,46	-0,53	-0,69	31
Gdańsk $h = 1-180$ m n.p.m.					-0,57	-0,65	-0,74	-0,97	31
Zakopane $h = 900$ m n.p.m.					-1,13	-0,79	-1,47	-1,18	-20
Rejon Gór Świętokrzyskich $h = 450$ m n.p.m.					-0,57	-0,55	-0,74	-0,83	12

Tabela 5. Obciążenia wiatrem dla Poznania przeliczone na jednostki prędkości wiatru i jednostki siły

Table 5. Load of wind for Poznań count on units of speed of winds wind and units of power

Lokalizacja Localization	Parcie wiatru [Pa] Pack-cloth of wind	Prędkość wiatru [m·s ⁻¹] Speed of wind	Prędkość wiatru [km·h ⁻¹] Speed of wind	Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru (wielkość siły) [kg·m ⁻²] Characteristic pressure of speed of wind
Poznań według PN-77/B-02011	250	21	73	25
Poznań według PN-77/B-02011/ /Az1:2009	300	23	80	30

PIŚMIENNICTWO

Lechman M., 2012. Ocena bezpieczeństwa konstrukcji istniejących kominów żelbetowych według norm PN-EN. Przegląd Budowlany 4, 108–112.

PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.

PN-77/B-02011/Az1:2009 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie wiatrem.

PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.

PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1. Oddziaływanie na konstrukcję. Część 1–4: Oddziaływanie ogólne. Oddziaływanie wiatru.

Wróbel K., 2012. Wpływ metody określania obciążenia wiatrem kominów żelbetowych na wielkość sił wewnętrznych. Przegląd Budowlany 4, 134–138.

LOAD WIND OF BUILDING

Abstract. Conducting of analysis of load is purpose of work by reason of boosted (accrued) loads introduced in 2011 for norm wind change PN-77/B-02011/Az1:2009. Roof of steel room has been included analysis and roof of one-family house. It compare admissible values of loads before introduction of change for norm wind and after its introduction. Orientation serve on roof pack-cloth of wind and walls of buildings with reference to speed of impulse of wind in Poland taking a stand. Obtainment of comparative result was motivation for conducting of account for objects designed 2009 ago and design presently.

Keywords: load wind, buildings design, construction norms

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 13.01.2012