

Technika mocowań na dachach płaskich w ujęciu nowej normy wiatrowej – projektowanie

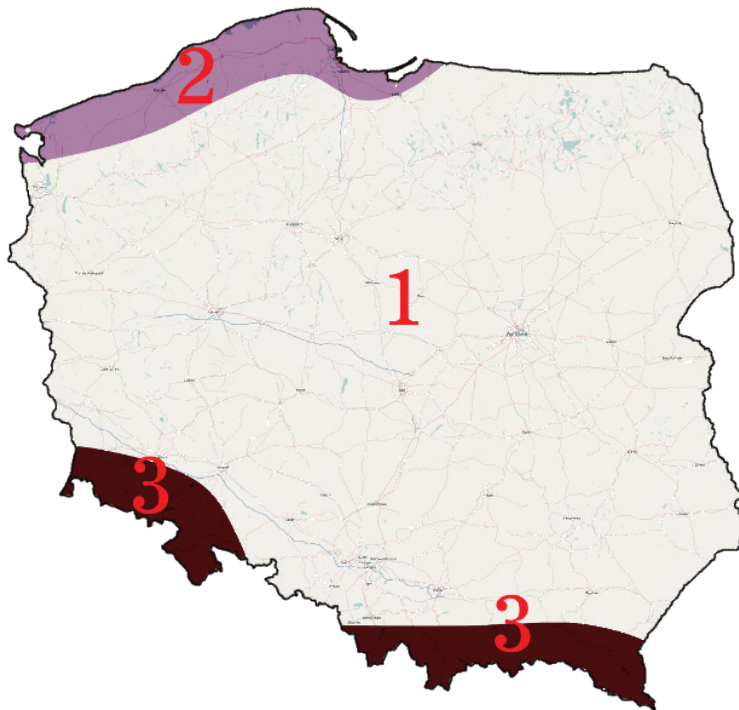
Jedną z najszybszych metod wzniesienia obiektów handlowych, usługowych czy przemysłowych, o dużej powierzchni, jest budowa ich przy pomocy konstrukcji szkieletowych. Konstrukcje te mogą być zarówno stalowe jak i betonowe. Łączone są zazwyczaj z lekką obudową ścian. Ta część inwestycji jest z reguły prosta zarówno dla projektanta jak i wykonawcy. Największe wyzwanie w tego typu obiektach stanowi najczęściej dach. Z uwagi na dużą powierzchnię obiektu, są to na ogół dachy o niewielkim nachyleniu powierzchni spadku, czyli tzw. dachy płaskie. Kąt pochylenia połaci dachu płaskiego nie przekracza 5° tj. ok. 9%¹. Najczęściej spotykane dachy posiadają spadki w granicach 1 do 2,5%.

Dachy w obiektach wielkopowierzchniowych wykonywane są zazwyczaj jako trójwarstwowe. Zbudowane są one z:

- warstwy nośnej wykonanej z blach stalowych, płyt betonowych różnego kształtu lub wylewki betonowej, elementów drewnianych lub drewnopochodnych;
- warstwy termoizolacji, mającej za zadanie izolację termiczną obiektu;
- warstwy hydroizolacji, której zadaniem jest zabezpieczenie przed dostępem wilgoci do pozostałych warstw i wnętrza obiektu. Wykorzystuje się tutaj powłoki bitumiczne, elastyczne membrany wykonane na bazie PE lub PCV, lub blachy stalowe.

Warstwy te można wykonywać niezależnie na placu budowy, lub korzystać z elementów zintegrowanych, tzw. dachowych płyt warstwowych. Niezależnie jednak od użytej technologii, warstwy te muszą zostać przymocowane do elementów konstrukcyjnych obiektu, w sposób zapewniający przeniesienie zmiennych sił działających na powierzchnię dachu oraz – jeżeli to możliwe – ograniczający mostki termiczne od łączników. Sposoby mocowania zostały zaprezentowane w zeszycie DAFA M 2.01, wydanym przez Stowarzyszenie Wykonawców Dachów Płaskich i Fasad DAFA, zatytułowanym „Wtyczne doboru łączników do montażu na dachach płaskich”.

Obciążenia sił działających na dach należy wykonać zgodnie z obowiązującymi normami. W przypadku dachów płaskich, szczególną uwagę musimy zwrócić na obciążenie dachu śniegiem i wiatrem. Dla łączników mocujących izolację termiczną na dachu obciążenie śniegiem nie ma bezpośredniego wpływu. Do prawidłowego doboru tych łączników niezbędne jest natomiast dokładne określenie sił ssących wiatru, działających w poszczególnych



Rys. 1. Podział Polski na strefy obciążenia wiatrem²

Tabela 1. Wartości strefowe podstawowej wartości bazowej prędkości i ciśnienia prędkości wiatru³

Strefa	$V_{b,0}$ [m/s]	$V_{b,0}$ [m/s]	$q_{b,0}$ [kN/m ²]	$q_{b,0}$ [kN/m ²]
	$A \leq 300$ m	$A > 300$ m	$A \leq 300$ m	$A > 300$ m
1	22	$22 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]^2$
2	26	26	0,42	0,42
3	22	$22 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]$	0,30	$0,30 \cdot [1 + 0,0006 (A - 300)]^2 \cdot \left[\frac{20000 - A}{20000} \right]^3$

Uwaga: A – wysokość nad poziomem morza (m)

Tabela 2. Kategorie i parametry terenu⁴

Kategoria terenu	Z_0 [m]	Z_{min} [m]
0 – Obszary morskie i przybrzeżne wystawione na otwarte morze	0,003	1
I – Jeziora lub tereny płaskie, poziome, o nieznacznej roślinności i bez przeszkód terenowych	0,01	1
II – Tereny o niskiej roślinności, takiej jak trawa, i o pojedynczych przeszkodach (drzewa, budynki) oddalonych od siebie na odległość równą co najmniej ich 20 wysokościami	0,05	2
III – Tereny regularnie pokryte roślinnością lub budynkami albo o pojedynczych przeszkodach, oddalonych od siebie najwyżej na odległość równą ich 20 wysokościami (takie jak wsie, tereny podmiejskie, stałe lasy)	0,3	5
IV – Tereny, których przynajmniej 15% powierzchni jest pokryte budynkami o średniej wysokości przekraczającej 15 m	1,0	10

Uwaga: Kategorie terenu pokazano w Załączniku A.1.

obszarach dachu. Do tego konieczne są informacje zawarte w normie PN-EN 1991-1-4:2008 „Oddziaływanie na konstrukcje. Oddziaływanie ogólne – Oddziaływanie wiatru.” i załączniku krajowym do tej normy.

¹ Wg. PN-EN 1991-1-4:2008

² Załącznik krajowy do normy PN-EN 1991-1-4:2008, rys. NA.1.

³ Załącznik krajowy do normy PN-EN 1991-1-4:2008, tablica NA.1

⁴ Wg PN-EN 1991-1-4:2008, tablica 4.1

Tabela 3. Współczynnik chropowatości i współczynnik ekspozycji oraz z_{min} i z_{max} ⁵

Kategoria terenu			z_{min} [m]	z_{max} [m]
0	$1,3 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,11}$	$3,0 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,17}$	1	200
I	$1,2 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,13}$	$2,8 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,19}$	1	200
II	$1,0 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,17}$	$2,3 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,24}$	2	300
III	$0,8 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,19}$	$1,9 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,26}$	5	400
IV	$0,6 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,24}$	$1,5 \left[\frac{z}{10} \right]^{0,29}$	10	500

Uwaga: $c_r(z)$ i $c_0(z)$ dla wysokości $z > z_{max}$ należy przyjmować jak dla z_{max}

Tabela 4. Współczynnik ciśnienia zewnętrznego dla dachów płaskich⁶

Typ dachu		Pole							
		F		G		H		I	
		$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
Ostre krawędzie brzegu		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Z attyką	$h_g/h=0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_g/h=0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
	$h_g/h=0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,2
Krawędzie zaokrąglone	$rlh=0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+0,2	-0,2
	$rlh=0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+0,2	-0,2
	$rlh=0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+0,2	-0,2
Krawędzie mansardowe	$\alpha=30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+0,2	-0,2
	$\alpha=45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+0,2	-0,2
	$\alpha=60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+0,2	-0,2

UWAGA 1 W przypadku dachów z attyką lub zaokrąglonymi krawędziami można stosować interpolację liniową dla wartości pośrednich h_g/h i rlh
 UWAGA 2 W przypadku dachów mansardowych można stosować interpolację liniową między $\alpha=30^\circ$, 45° i $\alpha=60^\circ$. Jeżeli $\alpha > 60^\circ$, to można stosować interpolację liniową między wartościami podanymi dla $\alpha=60^\circ$ i wartościami podanymi dla płaskich dachów o ostrych krawędziach.
 UWAGA 3 W polu I, gdzie podano wartości dodatnie i ujemne, należy rozważyć obydwie wartości.
 UWAGA 4 Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla samych mansard podano w Tabelicy 7.4a. „Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych przy kierunku wiatru 0°”, pola F i G w zależności od kąta nachylenia krawędzi mansardowej.
 UWAGA 5 Dla samych krawędzi zaokrąglonych współczynniki ciśnienia zewnętrznego oblicza się z interpolacji liniowej wzdłuż zaokrąglenia, między ich wartościami na ścianie i na dachu.

Norma PN-EN 1991-1-4:2008 dzieli obszar Polski na trzy strefy obciążenia wiatrem (rys.1). Jest to pewna zmiana w stosunku do starszej normy PN-77/B-02011, w której występowało 5 stref.

Bazowa prędkość wiatru jest to wartość średnia 10-minutowa o rocznym prawdopodobieństwie przekroczenia 0,02, na wysokości 10 m nad płaskim, otwartym terenem rolniczym, z uwzględnieniem wysokości nad

poziomem morza, kierunku wiatru oraz pory roku dla budynków tymczasowych.

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} \text{ [m/s]}$$

gdzie:

v_b – bazowa prędkość wiatru jako funkcja kierunku wiatru i pory roku na wysokości 10 m nad poziomem gruntu w terenie kategorii II [m/s],

$v_{b,0}$ – wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru [m/s] (Tabela NB1. w załączniku krajowy do normy → Tabela 1),

A – wysokość nad poziomem morza [m],

c_{dir} – współczynnik kierunkowy,

c_{season} – współczynnik sezonowy.

Dla obiektów stałych norma zaleca przyjęcie współczynników sezonowości c_{season} i kierunku c_{dir} równe 1.

Średnia prędkość wiatru na wysokości „z” nad poziomem terenu zależy od chropowatości i rzeźby terenu oraz od bazowej prędkości wiatru.

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \text{ [m/s]}$$

v_b – bazowa prędkość wiatru [m/s],

z – wysokość nad poziomem terenu [m],

$c_r(z)$ – współczynnik chropowatości,

c_0 – współczynnik rzeźby terenu (orografii).

Parametry kategorii terenu zamieszczone zostały w tabeli 4.1 normy PN-EN-1991-1-4:2008. (patrz Tabela 2)

Współczynnik chropowatości $c_r(z)$ zależy od wysokości budowli oraz „otwartości” terenu, na którym owa budowla się znajduje.

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

$$\text{dla } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min})$$

$$\text{dla } z \leq z_{min}$$

z_0 – wysokość chropowatości (Tabela 2),

z_{min} – wysokość minimalna (Tabela 2),

$z_{max} = 200$ m,

k_r – współczynnik terenu:

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$

$z_{0,II} = 0,05$ m,

z_0 – wysokość chropowatości (Tabela 2).

Zgodnie z zaleceniami normy oraz polskiego załącznika krajowego należy przyjąć kategorię chropowatości terenu, na którym jest ona jednorodna w obszarze wycinku koła o kącie wierzchołkowym 30°, na obszarze oddalonym od budowli o promień nie mniej niż 30h, gdzie h – wysokość budowli.

Jeżeli na określonym obszarze istnieje wybór między dwiema lub więcej kategoriami terenu to należy wybrać teren o najmniejszej chropowatości.

Współczynnik rzeźby terenu C_0 przyjmuje się równy 1, jednak w szczególnych przypadkach informacja o współczynniku rzeźby terenu może być podana w załączniku krajowym do normy lub liczona zgodnie z załącznikiem A.3 normy.

Norma PN-EN-1991-1-4:2008 pozwala uwzględnić również **wpływ innych budow-**

⁵ Wg załącznika krajowego do PN-EN 1991-1-4: 2008, tablica NA.3

⁶ Wg PN-EN 1991-1-4: 2008, tablica 7.2

li sąsiadujących. Jeżeli konstrukcja ma być usytuowana w pobliżu innego obiektu, którego wysokość jest co najmniej 2 razy taka jak średnia wysokość sąsiednich budowli to należy to uwzględnić, poprzez zmianę wysokości, na której przyjmujemy wartość szczytową ciśnienia prędkości $z_n(z_e = z_n)$ powyżej poziomu terenu:

$$z_n = \frac{1}{2} r$$

dla $x \leq r$

$$z_n = \frac{1}{2} \left[r - \left(1 - \frac{2 \cdot h_{low}}{r} \right) \cdot (x - r) \right]$$

dla $r < x < 2r$

$$z_n = h_{low}$$

dla $x \geq 2r$

gdzie:

$$r = h_{high} \text{ jeżeli } h_{high} \leq 2d_{large}$$

$$r = 2d_{large} \text{ jeżeli } h_{high} > 2d_{large}$$

h_{low} , r , x , d_{small} , d_{large} – pokazane na Rysunku 4.

Jeżeli wysokość $h_{low} > 0,5h_{high}$ tj. $z_n = h_{low}$ to zwiększenie prędkości wiatru można pominąć.

W innych przypadkach konieczne są badania w tunelu aerodynamicznym.

Intensywność turbulencji I_v na wysokości z można wyznaczyć ze wzoru (zgodnie z polskim załącznikiem krajowym normy):

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_l}{c_0(z) \cdot \ln(z/z_0)}$$

dla $z_{min} \leq z \leq z_{max}$

$$I_v(z) = I_v(z_{min})$$

dla $z < z_{min}$

– k_l – współczynnik turbulencji, zalecana wartość 1,

– c_0 – współczynnik rzeźby terenu (p.4.3.3 normy),

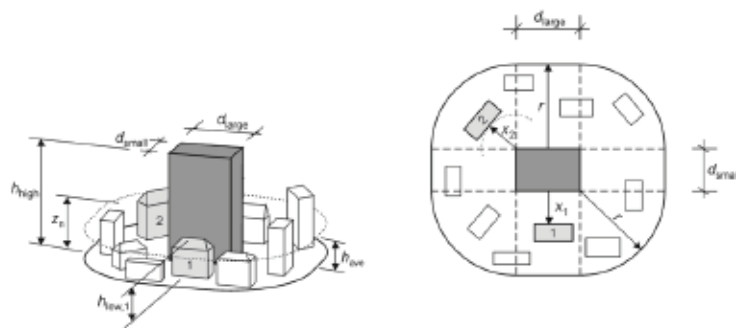
– z_0 – wysokość chropowatości (Tabela 2).

Wartość szczytową ciśnienia prędkości, zgodnie z polskim załącznikiem krajowym, należy wyznaczyć ze wzoru:

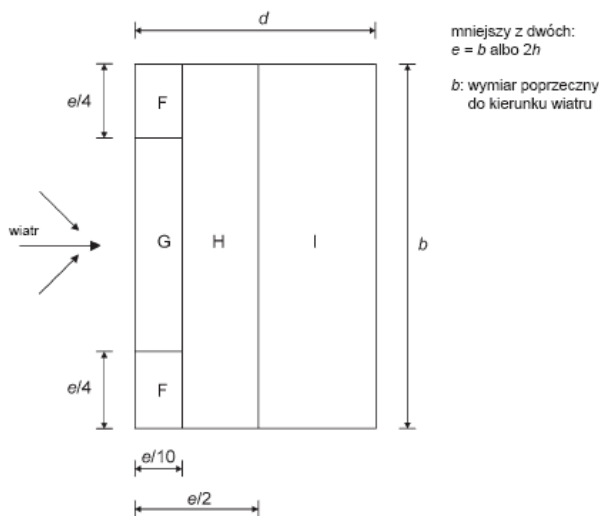
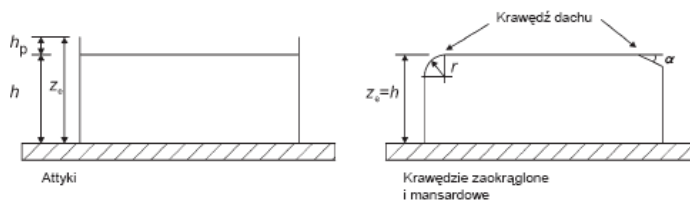
$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

stosując współczynnik ekspozycji terenu $c_e(z)$ według wzorów podanych w Tabeli 3.

Przy obliczaniu q_p należy wziąć pod uwagę przeliczenia między różnymi kategoriami chropowatości terenu. Jeżeli konstrukcja o wysokości h jest usytuowana bliżej niż

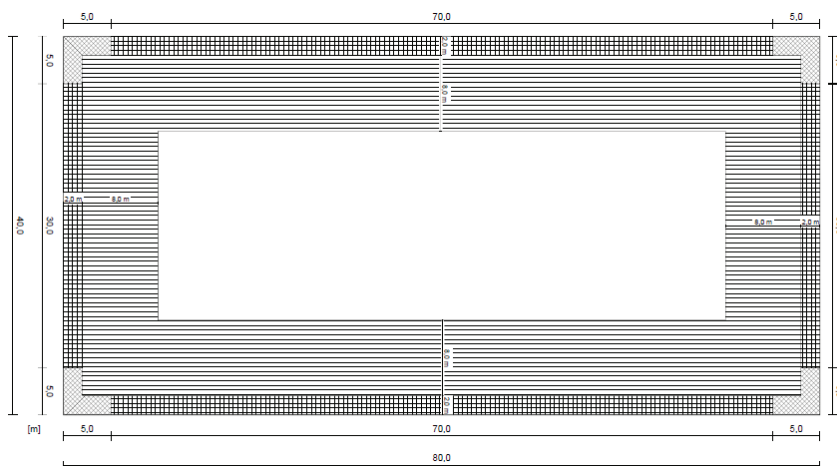


Rysunek 4. Wpływ wysokiego budynku na dwie różne konstrukcje sąsiednie.⁷



Rysunek 7.6 – Oznaczenia dachów płaskich

Rysunek 5. Oznaczenia dachów płaskich.⁸



Rysunek 6. Strefy wyznaczone dla przykładowego dachu płaskiego.

⁷ wg PN-EN 1991-1-4: 2008, rys. A.4

⁸ wg PN-EN 1991-1-4: 2008, rys. 7.6

30 h od początku terenu kategorii niższej niż ta, która ją bezpośrednio otacza, to należy przyjmować, że jest zlokalizowana na terenie kategorii niższej.

Wartość bazową ciśnienia prędkości obliczamy ze wzoru:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

ρ – gęstość powietrza.

Warto zauważyć, że w stosunku do wcześniejszej normy PN-EN-77/B-02011 wzrósł ciężar objętościowy powietrza z 1,23 kg/m³ do 1,25 kg/m³, zalecany przez normę PN-EN 1991-1-4:2008.

Obciążenie wiatrem konstrukcji i elementów konstrukcyjnych należy wyznaczyć biorąc pod uwagę zarówno ciśnienie zewnętrzne jak i wewnętrzne wywierane przez wiatr.

W przypadku ścian i dachów wielopowłokowych z zewnętrzną nieprzepuszczalną powłoką i nieprzepuszczalną, sztywniejszą powłoką wewnętrzną, oddziaływanie wiatru na powłoki zewnętrzne można obliczyć przy założeniu $c_{p,net} = c_{pe}$ (p.7.2.10 normy PN-EN 1991-1-4: 2008).

Dach należy podzielić na strefy oddziaływania wiatru wg Rysunku 5, a współczynnik ciśnienia przyjmując z Tabeli 4. Wysokość odniesienia dla dachów płaskich o krawędziach zaokrąglonych albo dachów mansardowych należy przyjąć jako równą h. Wysokość odniesienia dla dachów z attykami należy przyjmować jako równą h+h_p zgodnie z Rysunkiem 5.

Konieczne jest sprawdzenie wszystkich kierunków oddziaływania wiatru na budynek, chyba że z ukształtowania terenu lub konstrukcji budynku wynika, że takie oddziaływanie z danego kierunku nie występuje.

W efekcie otrzymujemy 3 lub 4 strefy, w zależności od wielkości i kształtu obiektu, o różnym stopniu obciążenia wiatrem (rys. 6), odpowiednio:

- strefa narożna (F);
- strefa brzegowa zewnętrzna (G);
- strefa brzegowa wewnętrzna (H);
- strefa wewnętrzna (I).

Jest to również modyfikacja w stosunku do starych wytycznych, gdzie wyznaczane były tylko 3 strefy obciążenia wiatrem na powierzchni dachu.

Ciśnienie działające na powierzchnie zewnętrzne w_e

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$q_p(z_e)$ – wartość szczytowa ciśnienia prędkości

z_e – wysokość odniesienia dla ciśnienia zewnętrznego (Rysunek 5):

c_{pe} – współczynnik ciśnienia zewnętrznego.

Siła F_w wywierana przez wiatr na konstrukcję wyznaczana przez sumowanie wektorowe sił $F_{w,e}$, $F_{w,i}$, F_{fr} (dla łączników tylko $F_{w,e}$):

– siły zewnętrzne:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum_{\text{powierzchnie}} w_e \cdot A_{ref}$$

$c_s c_d$ – współczynnik konstrukcyjny (szczegółowy wg p. 6 normy) jednak:

- 1) dla budynków <15 m $c_s c_d = 1$
- 2) dla fragmentów dachu o częstotliwości drgań własnych powyżej 5 Hz $c_s c_d = 1$,

UWAGA: rozpiętości przeszkleń mniejsze niż 3 m mają zwykle częstotliwości własne powyżej 5 Hz

w_e – ciśnienie zewnętrzne (wg p.5.1 normy)

A_{ref} – pole rozpatrywanego elementu powierzchni

Na podstawie siły $F_{w,e}$ oraz nośności łączników, podanych przez producenta w materiałach technicznych i aprobatkach, należy obliczyć liczbę wymaganych łączników w poszczególnych strefach dachu.

Mgr inż. Marian Bober
KOELNER S.A.

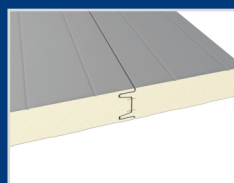
Stowarzyszenie DAFA – www.dafa.com.pl

PANELTECH®

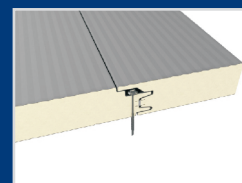
NOWOCZESNE BUDOWNICTWO

PŁYTY WARSTWOWE Z RDZENIEM POLIURETANOWYM

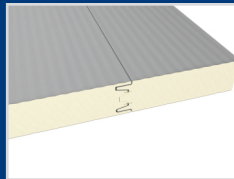
Płyta ścienna
z widocznym mocowaniem
PW PUR-S, PW PIR-S



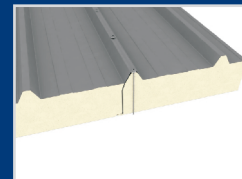
Płyta ścienna
z ukrytym mocowaniem
PW PUR-SU, PW PIR-SU



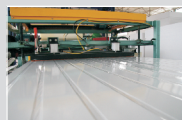
Płyta ścienna chłodnicza
PW PUR-CH, PW PIR-CH



Płyta dachowa
PW PUR-D, PW PIR-D



PRODUKCJA



DOSTAWA



MONTAŻ



HALE • CHŁODNIE • MROŻNIE MAGAZYNY • SUPERMARKETY

GENERALNE WYKONAWSTWO OBIEKTÓW INWENTARSKICH I PRZEMYSŁOWYCH



PaNELTECH Sp. z o.o., 41-508 Chorzów, ul. Michałkowiicka 24,
tel. 032 245-91-41 do 46, fax 032 245-91-39

www.paneltech.pl

Nowość