

Wybrane zagadnienia kształtowania, projektowania i realizacji dachów z blach fałdowych. Część II



Dr inż. Paweł Fiszer, Stowarzyszenie DAFA, ME Polska Sp. z o.o.

Dr inż. Paweł Żwirek, Stowarzyszenie DAFA, Katedra Konstrukcji Mostowych, Metalowych i Drewnianych, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Stosowanie wysokich blach fałdowych profilowanych z grubych blach wymaga analizy w zakresie wykonalności i możliwości technicznych poprawnego połączenia poszczególnych arkuszy z konstrukcją lub pomiędzy sobą. Zagadnienie to ma szczególnie duże znaczenie w przypadku stosowania blach uciąganych nad podporami lub układów o nośności zwiększanej poprzez podwojenie blach. Istotnym zagadnieniem są również opisane w niniejszym opracowaniu możliwości wykonywania otworów w blachach fałdowych bez stosowania tradycyjnych wymianów.

W tej części opracowania omówione zostaną też zagadnienia związane z ochroną antykorozyjną blach fałdowych – w szczególności parametry, jakie należy przeanalizować, aby uzyskać odpowiednie dla określonej inwestycji zabezpieczenie antykorozyjne blach fałdowych. Dalsza część będzie dotyczyła zagadnień praktycznych związanych z prognozowaniem obciążenia śniegiem. Na przykładzie liczbowym omówione zostaną związki między prognozowaną wartością obciążenia śniegiem a jego okresem powrotu. Przedstawiona zostanie analiza porównawcza kosztów realizacji stalowej konstrukcji prętowej i pokrycia dachu z blach fałdowych dla tego samego obiektu po przyjęciu różnych wartości obciążenia śniegiem.

Na zakończenie zaprezentowane zostanie Stowarzyszenie Wykonawców Dachów Płaskich i Fasad DAFA, które jest stowarzyszeniem non-profit skupiającym największych działających na polskim rynku wykonawców oraz producentów materiałów stosowanych do realizacji dachów i fasad.

2. Wykonanie konstrukcji stalowych profilowanych na zimno

W ostatnim kwartale 2018 roku nastąpiły bardzo istotne zmiany w normach dotyczących wykonywania konstrukcji stalowych. Wszystkie zagadnienia dotyczące realizacji konstrukcji z blach profilowanych na zimno, które wcześniej znajdowały się w poprzedniej wersji normy PN-EN 1090-2 [N2]

zostały przeniesione do nowej, czwartej części nowej normy wykonawczej PN-EN 1090-4 [N3] dotyczącej wyłącznie konstrukcji stalowych profilowanych na zimno. Dodatkowo w normie PN-EN 1090-4 [N3] umieszczono znaczną ilość nowych treści dotyczących wykonywania konstrukcji profilowanych na zimno, które wcześniej nie były ujęte w normach dotyczących konstrukcji metalowych. Należy zauważyć, że do normy projektowania konstrukcji stalowych z kształtowników i blach profilowanych na zimno Eurokod 3 PN-EN 1993-1-3 [N7] – zgodnie z zapisami p. 1.2 – wprowadzono automatycznie postanowienia zawarte w treści normy PN-EN 1090-2 [N2]. Formalnie nie ma tam jednak powołanej normy PN-EN 1090-4 [N3]. Należy jednak zauważyć, że w przedmowie do aktualnej normy wykonawczej konstrukcji stalowych PN-EN-1090-2 [N2] z 2018 roku można znaleźć wyraźny zapis, iż wymagania techniczne dla stalowych elementów formowanych na zimno zostały usunięte z niej i są podane w nowej normie wykonawczej konstrukcji stalowych profilowanych na zimno PN-EN 1090-4 [N3]. Ponieważ norma PN-EN 1090-2 została powołana w EC3 (w normie PN-EN 1993-1-3) [N7] bez datowania, to zgodnie z zapisem wspomnianego wcześniej p. 1.2 tej normy należy stosować ostatnie wydanie powołanej publikacji, a więc także normę wykonawczą dla konstrukcji cienkościennych formowanych na zimno PN-EN 1090-4 [N3] – co wynika bezpośrednio z przedmowy do normy wykonawczej dla konstrukcji stalowych PN-EN 1090-2 [N2].

Zarówno norma dotycząca wykonania konstrukcji stalowych PN-EN 1090-2 [N2], która została mocno przebudowana, jak i zupełnie nowa norma dotycząca wykonania elementów formowanych na zimno PN-EN 1090-4 [N3] nie występują (w chwili powstawania niniejszego opracowania) w języku polskim. Należy podkreślić, że jest to sytuacja, która wywołuje duże oburzenie zarówno w środowisku projektantów, wykonawców, jak i nadzoru, albowiem w praktyce nie jest możliwe legalne wytworzenie konstrukcji stalowej, bez stosowania postanowień wspomnianych norm. W przypadku stalowych elementów formowanych na zimno pewnym ułatwieniem dla projektantów i wykonawców mogą być

wytyczne [N12] stowarzyszenia DAFA opracowane w języku polskim w 2016 roku, które w sposób spójny z normą [N3] poruszają szereg zagadnień dotyczących elementów stalowych formowanych na zimno. Poniżej omówiono wybrane zagadnienia dotyczące projektowania i wykonania obudowy z blach trapezowych, które znalazły się w nowej normie PN-EN 1090-4 [N3], a które według doświadczenia autorów nie są dostatecznie rozpoznane przez środowisko inżynierów i dodatkowo nie są opisane w normach projektowania.

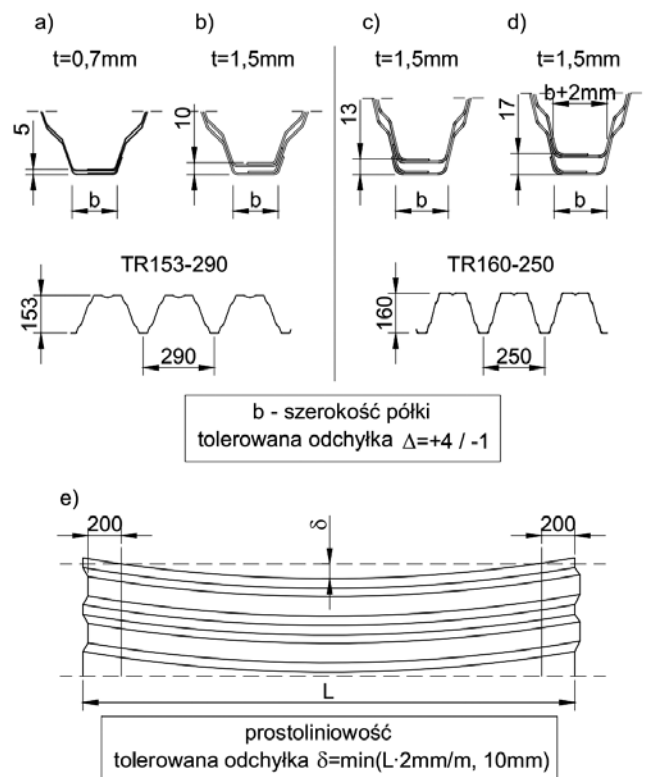
2.1. Układy dwuwarstwowe i geometria styków arkuszy

Zgodnie z zapisami p. A.3.3 normy PN-EN 1090-4 [N3] blachy fałdowe mogą być wzmocnione przez stosowanie układów dwuwarstwowych. Przy czym jako układ dwuwarstwowy rozumiany jest zakład dwóch blach na długości całego przęsła. W przypadku układów dwuwarstwowych pełne wykorzystanie nośności każdej warstwy jest możliwe, jeśli zapewnione zostanie odpowiednie podparcie dolnej półki górnego arkusza. Jeśli pomiędzy arkuszami powstaje szczelina, to może ona zostać wypełniona metalowym płaskownikiem, który powinien być zlokalizowany nad podporami i przynajmniej jeden w połowie rozpiętości przęsła (rys. 1). Liczba i położenie płaskowników powinny być uwzględniane w określaniu sił przekrojowych dla całego układu. Długość płaskowników powinna być równa wynikającej z obliczeń wytrzymałościowych dla górnego arkusza. Płaskowniki powinny być stabilizowane przez klejenie. Nie należy wykorzystywać układów dwuwarstwowych jako tarczy. Ponadto norma wykonawcza dla konstrukcji giętych [N3] zaznacza, że nie należy stosować kołków wstrzeliwanych do montażu układów dwuwarstwowych. Zagadnienia geometryczne dotyczące możliwości poprawnego kształtowania warstw nośnych z blach fałdowych nie są wystarczająco rozpoznane w środowisku inżynierskim. Znaczna część projektantów traktuje pojedyncze arkusze blachy trapezowej jak elementy o zerowej grubości oraz idealnie powtarzalnej geometrii przekroju poprzecznego, w dodatku idealnie proste i płaskie. O ile w przypadku niskich profili trapezowych wykonanych z cienkich blach – jakie zwykle występują w układach dachów płatwiowych – jest to mniej istotne zagadnienie, które nie nastrocza zbyt wielu trudności wykonawczych, o tyle w przypadku dachów bezpłatwiowych, gdzie stosowane są wysokie profile z grubych blach, jest to niezwykle ważna kwestia. Układ blach, jaki może występować w miejscu krzyżowania się styku podłużnego i poprzecznego arkuszy blachy, jeśli zdecydowano się zastosować zakład blach na podporze przedstawiono na rysunkach 2a, b, c i d. Jest to więc sytuacja, która może wystąpić w przypadku uciągania lub podwajania arkuszy blach nad podporą. Teoretyczną grubość zakładu blach przy założeniu idealnej geometrii przekroju poprzecznego przedstawiono na rysunkach 2a, b i c. Należy wziąć jednak pod uwagę, że zarówno szerokość półki blachy trapezowej, jak i prostoliniowość fałdy (rys. 2e) mogą odbiegać od geometrii idealnej

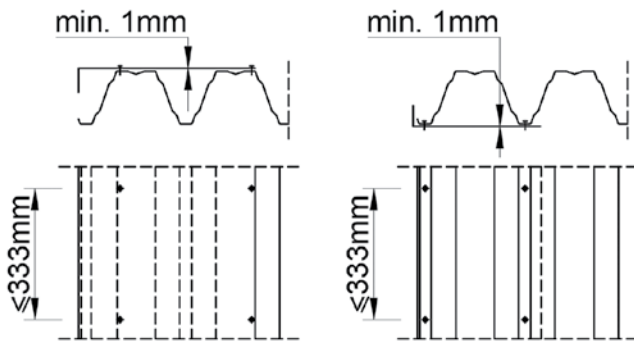


Rys. 1. Układ dwuwarstwowy z wypełnieniem szczeliny pomiędzy arkuszami

w zakresie tolerowanym przez normę [N3, N12, N13]. Przykładowo na rysunku 2d pokazano sytuację, w której szerokość jednej fałdy jest większa o 2 mm od szerokości nominalnej. Wspomniane okoliczności powodują, że w praktyce grubości zakładów blach osiągają wartości znacznie większe (sięgające kilku centymetrów), aniżeli przedstawione na rysunku 2a, b, c i d. Z tego względu na potrzeby wykonania układu dwuwarstwowego należy przygotować się na możliwość różnicowania grubości płaskowników planowanych do wykorzystania przy wypełnianiu szczeliny pomiędzy arkuszami. Z powodu opisanych powyżej trudności wynikających z możliwości poprawnego kształtowania geometrii styków blach – w wytycznych DAFA [N12] p. 12.2.3 znajduje się zalecenie, aby w przypadku blach o grubości co najmniej 1 mm styk poprzeczny wykonywać bez zakładki. Jest to zalecenie, które może determinować wymiar przekroju poprzecznego elementu podpierającego blachę fałdową. Minimalna szerokość górnej półki konieczna do zastosowania kształtownika będzie równa sumie dwukrotności wymaganej szerokości podparcia pojedynczego arkusza i szczeliny



Rys. 2. Zagadnienie geometrii styku arkuszy blach – opis w tekście



Rys. 3. Usztywnienie krawędzi blachy trapezowej

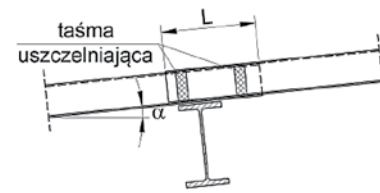
między arkuszami. Nominalna szerokość szczeliny jest zazwyczaj przyjmowana o wartości 20 mm. Stosowanie szczeliny pomiędzy kolejnymi arkuszami jest niezbędne ze względu na tolerowane wartości odchyłek – zarówno montażowych konstrukcji wsporczej blach, jak i długości arkuszy blachy fałdowej.

2.2. Usztywnienie podłużnych, swobodnych krawędzi blach

Podłużne, zewnętrzne, swobodne krawędzie blach trapezowych, jeśli nie są podparte, powinny zostać usztywnione za pomocą kątowników stalowych o grubości co najmniej 1 mm przykręconych do fałd blachy w sposób pokazany na rysunku 3. Obecność kątowników krawędziowych często jest również niezbędna ze względu na konieczność zwężania arkuszy blach w miejscach ich styku, np. z atykami. Może być także podyktowana koniecznością wypełnienia szczeliny pomiędzy atyką a ostatnią fałdą blachy – tak aby umożliwić poprawny montaż paroizolacji oraz hydroizolacji. Niestety bardzo często tego typu elementy nie są specyfikowane w dokumentacji projektowej, co na etapie realizacji powoduje powstawanie roszczeń finansowych ze strony wykonawcy. Zagadnienie podpierania krawędzi blach zostało szerzej opisane w p. 12.2.1 wytycznych DAFA ID 1.00 [N12].

2.3. Nachylenie połaci dachowych

Norma wykonawcza giętych konstrukcji cienkościennych [N3] przewiduje dla pokryć dachowych z blach trapezowych minimalny spadek o wartości 3° – ale tylko w przypadku, gdy nie ma styków poprzecznych w paśmie blach trapezowych. Dodatkowo w zakresie kątów nachylenia do 5° należy stosować podwójne uszczelnienie zakładu blach. Długość zakładu blach zależy od kąta nachylenia połaci dachowej (rys. 4). Powyższe informacje dotyczą sytuacji, w której blacha fałdowa pełni funkcje hydroizolacji (np. wiaty). Jeśli blacha trapezowa jest jedynie warstwą nośną przegrody dachowej, należy brać pod uwagę także postanowienia normy [N11], gdzie podano wymagania w zakresie pochylenia połaci dachowych w zależności od zastosowanej hydroizolacji. Ponadto należy brać pod uwagę wymagania w zakresie pochylenia połaci podane w dokumentacji technicznej



α [°]	L [mm]	Uwagi
$3 \leq \alpha < 5$	-	bez zakładów i otworowania
$5 \leq \alpha < 7$	200	z taśmą uszczelniającą
$7 \leq \alpha < 12$	200	
$12 \leq \alpha < 20$	150	
$20 \leq \alpha$	100	

Rys. 4. Połączenie zakładkowe blach

przewidzianej do zastosowania hydroizolacji. Jest to o tyle istotne zagadnienie, że w przypadku wystąpienia nieszczelności połaci dachowej, której nachylenie nie spełnia zapisów podanych w normach i/lub dokumentacji technicznej hydroizolacji, mogą pojawić się trudności z realizacją naprawy gwarancyjnej m.in. z winy projektanta.

2.4. Dodatkowe wymagania projektowe dla blach profilowanych

Norma wykonawcza PN-EN 1090-4 [N3] w załączniku B podaje szereg dodatkowych wymagań projektowych dotyczących blach fałdowych, które nie były uprzednio ujęte w treści normy projektowania EC3 [N7]. Należy jednak zauważyć, że załącznik B dotyczy przepisów, które projektant powinien wziąć pod uwagę, jeśli nie określono inaczej i które nie są jeszcze zawarte w normie EC3 [N7].

Wpływ schematu statycznego blachy na reakcje podporowe

Według normy wykonawczej konstrukcji giętych na zimno [N3] wpływ schematu statycznego pojedynczej blachy w postaci belki wieloprzęsłowej na różnicowanie wartości reakcji podporowych (np. obciążenia płatwi) można pomijać w przypadku powierzchniowych obciążeń równomiernych dla układów co najmniej trójprzęsłowych o rozpiętościach pojedynczych przęseł nie różniących się od siebie o więcej niż 20%.

Zastoiny wody na połaci dachowej

Generalnie należy unikać zastoin wody na połaci dachowej. Jeżeli jednak możliwe jest powstawanie zastoin wodnych, jak to ma miejsce w przypadku dachów o kącie nachylenia mniejszym od 2°, należy uwzględnić ten efekt, zestawiając w odpowiedni sposób obciążenia i analizując efekty kombinacji obciążeń uwzględniające zastoiny wodne. Dodatkowo wpusty dachowe powinny być wówczas lokalizowane w miejscach prognozowanych największych ugięć. W przypadku dachów o małym nachyleniu połaci dachowej z odwodnieniem liniowym zainstalowanym na przewieszanej

poza lico ściany połąci dachowej należy zaprojektować odpowiedni detal uszczelnienia pomiędzy spodem blachy trapezowej a górną krawędzią ściany. Jest to szczególnie istotne w przypadku dachów bezpłatiowych, w których o przekroju blachy trapezowej decyduje stan graniczny użyteczności dla strzałki ugięcia równej $1/150$ rozpiętości. Niewłaściwe rozwiązanie opisanego styku może utrudniać wodzie możliwość swobodnego odpływu do rynny, powodować zastoiny i zwiększać tym samym ryzyko przeciekania dachu, a także dodatkowo obciążać ściany zewnętrzne. Autorzy spotkali się z sytuacją, kiedy uszkodzeniu ulegały lekkie płyty warstwowe, które zasadniczo nie są projektowane na siły ściskające.

Stany graniczne użyteczności

Dopuszczalne ugięcia blach fałdowych powinny być powiązane z ich przeznaczeniem (podłogi, dachy, ściany), a w przypadku dachów także rodzajem hydroizolacji. Zalecane wartości dopuszczalnych strzałek ugięcia f_{max} blach powinny być nie większe niż (l - rozpiętość przęsła):

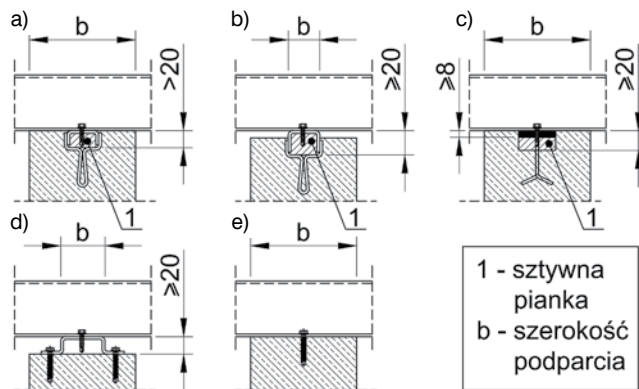
- dachy:
 - $l/300$ – hydroizolacją klejona,
 - $l/200$ – hydroizolacja mocowana mechanicznie,
 - $l/150$ – hydroizolacja z blachy fałdowej;
- ściany: $l/150$;
- podłogi: dla przęseł o rozpiętości większej niż 3000 mm strzałka ugięcia w badanym przęśle od przyłożonego obciążenia (pozostałe przęsła bez obciążenia) nie powinna przekraczać $l/500$.

Szerokość podpór

Minimalna szerokość podparcia blach trapezowych zależy od rodzaju materiału zastosowanego na podporę i została podana dla podpory skrajnej i pośredniej w tabeli 1. Dobierając przekrój poprzeczny elementu na styku dwóch kolejnych arkuszy blach, należy wziąć pod uwagę sposób połączenia blach – to znaczy czy są one układane na zakład, czy też na styk z pozostawieniem nominalnej szczeliny o szerokości nominalnej 20 mm. Układanie blach na styk powoduje, że w przypadku elementów stalowych lub betonowych minimalna szerokość podpory powinna wynosić co najmniej 100 mm, w przypadku konstrukcji drewnianych 140 mm, a minimalna grubość konstrukcji murowych 220 mm. Są to wartości minimalne i mogą ulec zwiększeniu, jeśli w trakcie wymiarowania blach ujawniona zostanie konieczność zastosowania większych wartości szerokości podparcia.

Tabela 1. Minimalne szerokości podparcia

Minimalna szerokość podpory [mm]	Materiał podpory		
	stal, beton	mur	drewno
Podpora skrajna	40	100	60
Podpora pośrednia	60	100	60



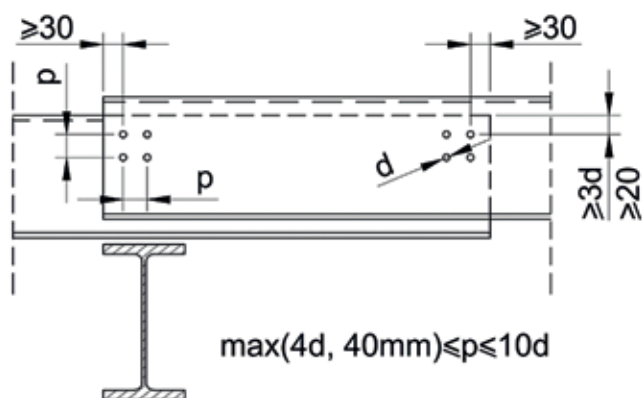
Rys. 5. Wybrane rozwiązania połączenia blach fałdowych z elementami betonowymi – opis w tekście

Podpieranie blach na elementach betonowych

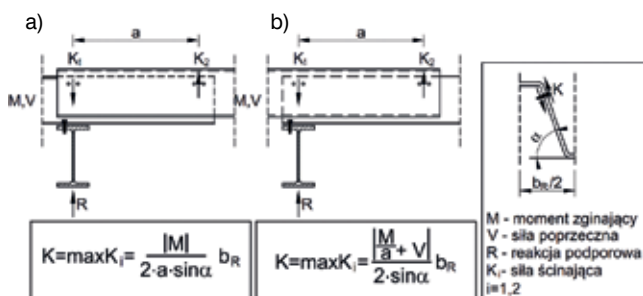
W odniesieniu do podpór betonowych norma [N3] zaleca stosowanie ciągłych zimnogiętych szyn zatopionych w licu konstrukcji żelbetowej lub blach stalowych o grubości co najmniej 8 mm, za którymi powinna być warstwa twardej pianki umożliwiająca instalację łączników. W przypadku podpór o szerokości przekraczającej 10% rozpiętości należy wysunąć szynę przed/ponad lico elementu betonowego (rys. 5b) lub zastosować dodatkowy element dystansowy (rys. 5d). Mocowanie blach trapezowych bezpośrednio do elementów betonowych (rys. 5e) norma dopuszcza jedynie w sytuacjach wyjątkowych, do jakich zalicza remonty istniejących obiektów, w których nie ma zainstalowanej metalowej wkładki jak na rys. 5a, b i c. Jeżeli występuje ryzyko wykraplania wody na powierzchni blachy trapezowej, należy unikać bezpośredniego kontaktu blachy z elementami betonowymi, a więc nie stosować rozwiązań według rysunku 5a, c oraz e. Znajomość opisanego zagadnienia jest szczególnie istotna w przypadku projektowania budynków o konstrukcji żelbetowej prefabrykowanej.

Uciąganie blach nad podporami

Norma [N3] dopuszcza stosowanie statycznie efektywnych zakładów blach jedynie nad podporami. Inne niż opisane w normie systemy są dopuszczalne pod warunkiem



Rys. 6. Rozmieszczenie łączników w styku uciągającym blachy



Rys. 7. Statycznie efektywne zakłady blach – opis w tekście

uwzględnienia długości zakładu i podatności łączników. Norma podaje wytyczne rozmieszczenia łączników, długości zakładu oraz wyznaczania sił w łącznikach wyłącznie dla jednostronnego zakładu nad podporą. Jeśli zakład blach ma pełnić funkcję uciągającą, to jego długość powinna wynosić $0,08L$, gdzie L jest rozpiętością dłuższego przęsła, ale jednocześnie nie należy przyjmować wartości większych niż $0,15$ rozpiętości krótszego przęsła – biorąc pod uwagę rozpiętości sąsiednich przęseł dochodzących do tej samej podpory. Rozmieszczając łączniki, należy przestrzegać zasad podanych na rysunku 6. Należy stosować co najmniej po dwa łączniki w każdym pionowym przekroju dla pojedynczej ukośnej ścianki blachy trapezowej. Możliwe do zastosowania są dwa typy zakładów uciągających: ze wspornikowym końcem blachy pod spodem (rys. 7a) oraz ze wspornikowym końcem blachy na górze (rys. 7b). Ze względów wykonawczych zalecane jest rozwiązanie według rysunku 7b. Grupy łączników należy zwymiarować na siły poprzeczne K podane na rysunku 7. W przypadku blach częściowo perforowanych, stosowanych np. ze względów akustycznych, połączenia należy wykonywać tylko w obszarach nieperforowanych.

Wsporniki

Wysunięte poza skrajną podporę wspornikowe odcinki blach powinny przenosić obciążenia wynikające ze względów

serwisowych (ciężar obsługi, wartości obciążeń według odpowiedniej części PN-EN 1991), których wartości powinny być wyspecyfikowane, rozłożone na długości co najmniej 1 m. Jeśli wspomniane obciążenie może być przeniesione jedynie przez dodatkowy element przebiegający prostopadłe do fałd blachy (rys. 8), to element ten powinien być połączony z każdą fałdą blachy. Wsporniki o długości przekraczającej 300 mm i 10% rozpiętości przęsła należy zweryfikować obliczeniowo według normy EC3 [N7]. Przykłady rozwiązań pozwalających rozłożyć obciążenia siłami skupionymi na krawędzi wspornikowego końca blachy trapezowej pokazano na rysunku 8. Jako usztywnienie krawędzi wspornika można stosować metalowe kątowniki (rys. 8a, b, c i d) oraz drewniane listwy (rys. 8e). Podobnie, jak w przypadku opisanym w p. 2.2 również w przypadku wsporników istotne jest specyfikowanie w dokumentacji projektowej opisanych elementów, aby uniknąć ewentualnych roszczeń finansowych ze strony wykonawcy. Ze względu na zagrożenie wypadkowe (upadek z dachu) wspornikowo arkusze blach fałdowych należy po ułożeniu niezwłocznie zabezpieczyć poprzez ich przymocowanie do konstrukcji nośnej.

Otworowanie blach

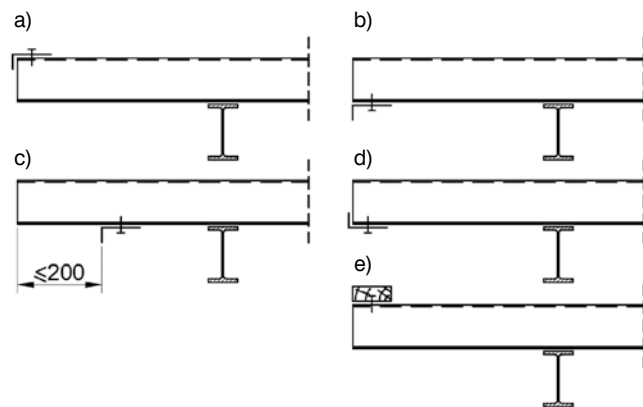
Otworki i przejścia przez blachy trapezowe należy uwzględniać przy weryfikacji stanów granicznych nośności i użyteczności, a ich położenie powinno być określone na odpowiednich rzutach w dokumentacji. Norma PN-EN 1090-4 [N3] podaje wytyczne, po spełnieniu których możliwe jest wykonywanie otworów o wymiarach mieszczących się w obrysie prostokątnym o wymiarach do 300x300 mm bez stosowania klasycznych wymiarów z belek – przeważnie stalowych. Otwory o wymiarach do 125x125 mm są dopuszczalne bez wykonywania dodatkowych analiz obliczeniowych, jeśli są oddalone od podpory (w przypadku układów jednoprzęsłowych lub miejsca zerowania momentów zginających (dla układów wieloprzęsłowych) o nie więcej niż 10% rozpiętości. Natomiast otwory o wymiarach do 300x300 mm możliwe są do stosowania po spełnieniu poniższych warunków:

- w miejscu występowania otworu należy zastosować nakładkę z blachy o grubości nie mniejszej niż 150% grubości blachy trapezowej i jednocześnie nie mniejszej niż 1,13 mm,
- tylko obciążenia powierzchniowe są dopuszczalne,
- należy zweryfikować nośność blachy dla obciążenia zwiększonego proporcjonalnie do wartości a według tabeli 2,

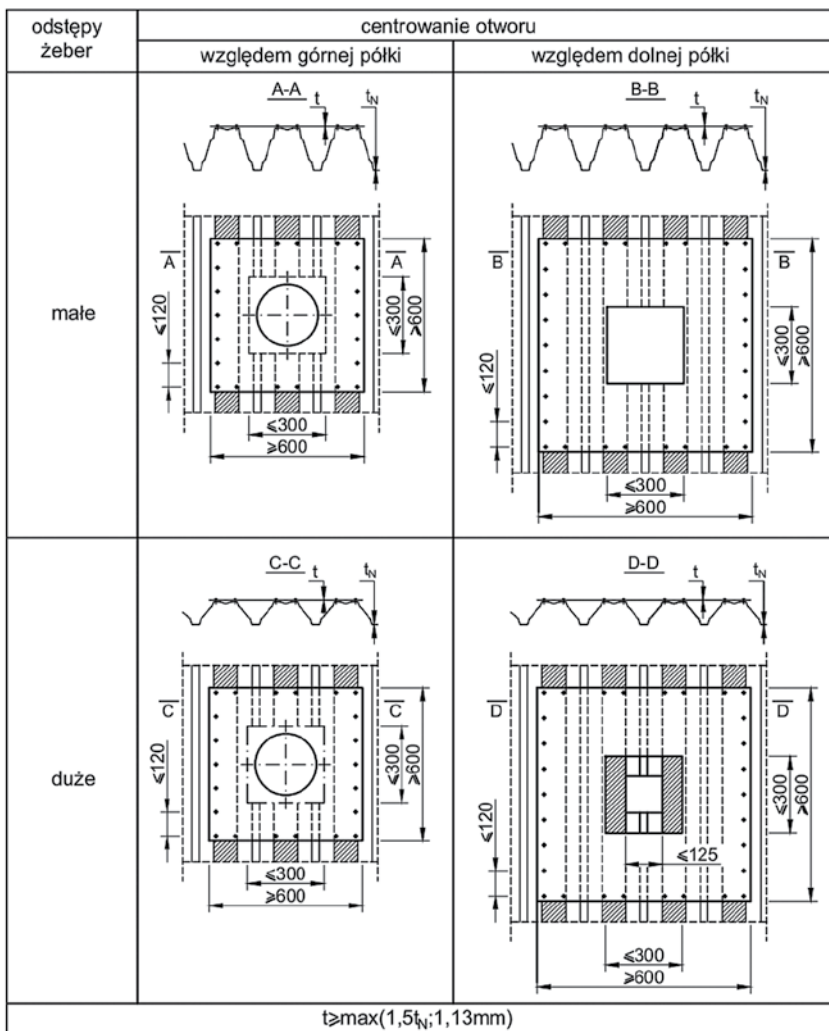
Tabela 2. Wartość współczynnika a zwiększającego obciążenie

Wymiary otworu [mm]	a
≤ 200	$1 + L_A/L$
300	$1 + 3L_A/L$

L – rozpiętość
 L_A – odległość osi otworu od osi podpory
 dla wymiarów otworów z przedziału od 200 mm do 300 mm można wartość a można interpolować liniowo

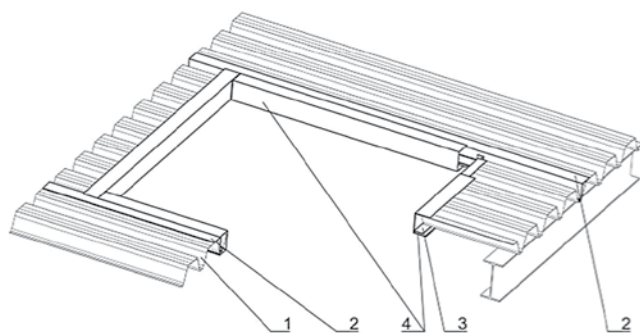


Rys. 8. Usztywnienie zakończenia części wspornikowej blachy: a), b), c), d) – usztywnienie za pomocą metalowego kątownika, e) – usztywnienie za pomocą drewnianej listwy



Rys. 9. Nakładki w rejonie otworów w blachach fałdowych – opis w tekście

- nie należy stosować więcej niż jednego otworu na 1 m szerokości, mierząc w kierunku prostopadłym do rozpiętości przęsła,
- szerokość nakładki powinna być tak dobrana, aby co najmniej dwa średniki po każdej stronie otworu były zakryte, a w przypadku otworów o wymiarach do 125x125 mm co



Rys. 10. Konstrukcja wymianu dachowego z kształtowników zimnogiętych dopasowanych do wymiaru blachy: 1 – blacha fałdowa, 2 – profil podłużny, 3 – profil poprzeczny, 4 – obróbka blacharska [N15]

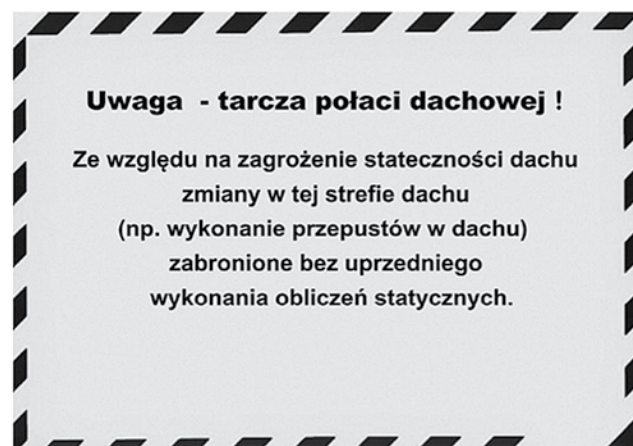
najmniej połowa powierzchni otworu po każdej stronie powinna być zakryta,

- nakładka powinna być przymocowana do fałd blachy w sposób pokazany na rysunku 9.

W przypadku otworów o wymiarach większych niż 300x300 mm należy zastosować wymian. Dodatkową konstrukcją wsporczą dla blach trapezowych stosuje się również w sytuacjach, kiedy sam otwór jest niewielki, ale na dachu zainstalowane są dodatkowe urządzenia jak np. wentylatory. Jeśli lokalizacja otworu lub urządzenia jest określona na etapie produkcji warsztatowej konstrukcji nośnej dachu, wykonanie wymian nie wiąże się z nadmiernymi kosztami. Inaczej wygląda sytuacja, kiedy otworowanie dachu wydawane jest dopiero po ułożeniu blach trapezowych. Wykonanie w takiej sytuacji klasycznych wymianów, przeważnie stalowych, wiąże się z licznymi przeróbkami na budowie, które mogą wymagać kosztownego spawania i odtwarzania powłok antykorozyjnych. W takich sytuacjach można rozważyć zastosowanie wymianów wykonanych na zamówienie z kształtowników zimnogiętych o kształcie odpowiadającym wymiarom blachy (rys. 10) [N15]. Takie profile cienkościenne, po uprzednim zweryfikowaniu ich nośności i sztywności, można zamontować z użyciem lekkich elektronarzędzi dostosowanych do montażu elementów lekkiej obudowy metalowej.

2.5. Oznaczanie tarcz dachowych

Jeśli w projekcie konstrukcji nośnej budynku stosuje się tarczowe układy stężające utworzone z blach fałdowych, czyli



Rys. 11. Oznaczenie tarczy w połączeni dachowej [N12, N13]

w rozumieniu normy [N7] są to profilowane na zimno elementy konstrukcyjne klasy pierwszej, to wymagane jest odpowiednie oznaczenie tego faktu:

- na odpowiednich rysunkach dokumentacji projektowej,
 - w instrukcjach eksploatacji przekazywanych użytkownikowi/inwestorowi,
 - w trwały sposób, w dobrze widocznych miejscach na ukończonej konstrukcji za pomocą specjalnych znaków.
- Wzór przykładowego graficznego oznaczenia tarcz z blach fałdowych, pochodzący z opracowania DAFA ID 1.00 [N12], p. 12.2.5 przedstawiono na rysunku 11. Analogicznie należy oznaczyć również tarcze ściennie.

Ewentualne późniejsze zmiany w tarczy, np. dodatkowe otwory dla świetlików dachowych, trzeba poprzedzić wykonaniem obliczeń i wykonać zamienną dokumentację wykonawczą. Użytkownika i właściciela obiektu należy zaznajomić z rozmiarem tarcz, ich lokalizacją, znaczeniem i konsekwencjami jakichkolwiek modyfikacji bez wcześniejszych analiz obliczeniowych.

3. Zabezpieczenie antykorozyjne blach stalowych

W niniejszym punkcie omówione zostaną wybrane zagadnienia związane z zabezpieczeniem antykorozyjnym blach stalowych. Stosowane w budownictwie blachy trapezowe produkowane są z taśm stalowych powlekanych ogniowo w sposób ciągły i wytwarzanych według normy [N10]. Podstawową warstwą antykorozyjną blach stalowych jest obecnie warstwa cynku. Zabezpieczenie antykorozyjne taśmy stalowej powłoką cynkową oznaczane jest symbolem literowo-liczbowym złożonym z litery Z oraz liczby określającej

nominalną masę powłoki cynkowej łącznie po obu stronach 1 m² powierzchni taśmy. Blachy stalowe ocynkowane dodatkowo pokrywane są powłokami antykorozyjnymi, które są wyspecyfikowane w załączniku E do normy PN-EN 1090-4 [N3]. Projektując zabezpieczenie antykorozyjne blachy stalowej, należy zawsze uwzględniać dwa parametry: kategorię korozyjności środowiska oraz wymagany okres trwałości. Parametry te należy umieścić w dokumentacji projektowej, ponieważ rodzaj zabezpieczenia antykorozyjnego blachy trapezowej bardzo istotnie wpływa na cenę wyrobu oraz termin dostawy wynikający z ograniczonej dostępności materiałów z wybranymi powłokami – zwłaszcza w przypadku najwyższych wymagań w zakresie trwałości i środowisk agresywnych. Warto podkreślić, że stosunkowo niewielkie nakłady finansowe związane z zaprojektowaniem powłoki o wyższych parametrach aniżeli te, które są uznawane powszechnie na rynku wyrobów budowlanych za standardowe, będą niewspółmiernie niższe do kosztów renowacji powłok. Koszt profesjonalnego przygotowania starej powłoki antykorozyjnej blachy fałdowej i naniesienia nowych powłok, na które będzie mogła być udzielona gwarancja w zakresie trwałości, może przekraczać koszt zakupu nowej blachy.

Kategorie korozyjności środowiska zdefiniowane są w normie [N8] (tabela 3). Tabela z opisem i oznaczeniami kategorii korozyjności środowiska zawarta jest także w załączniku E normy [N3]. Norma wykonawcza dla elementów cienkościennych PN-EN 1090-4 [N3] datowana na lipiec 2018 r. zawiera jednak nieaktualne w stosunku do starszej od niej normy EN ISO 12944-2 [N8] z grudnia 2017 r. informacje w zakresie najwyższych kategorii środowiska. W normie [N8] nie występują już bowiem kategorie korozyjności

Tabela 3. Kategorie korozyjności środowiska według [N8]

Kategoria korozyjności	Cynk – roczny ubytek		Przykłady	
	masy [g/m ²]	grubości [μm]	na zewnątrz	wewnątrz
C1 Bardzo mała	≤0,7	≤0,1	-	ogrzewane budynki z czystą atmosferą, np. biura, sklepy, szkoły, hotele
C2 Mała	>0,7 do 5	>0,1 do 0,7	atmosfery w małym stopniu zanieczyszczone: głównie tereny wiejskie	budynki nieogrzewane, w których może występować kondensacja, np. magazyny, hale sportowe
C3 Średnia	>5 do 15	>0,7 do 2,1	atmosfery miejskie i przemysłowe, średnie zanieczyszczenie ditlenkiem siarki, obszary przybrzeżne o małym zasoleniu	pomieszczenia produkcyjne o dużej wilgotności i pewnym zanieczyszczeniu powietrza, np. zakłady spożywcze, pralnie, browary, młczarnie
C4 Duża	>15 do 30	>2,1 do 4,2	obszary przemysłowe i obszary przybrzeżne o umiarkowanym zasoleniu	zakłady chemiczne, pływalnie, stocznie remontowe statków i łodzi
C5 Bardzo duża	>30 do 60	>4,2 do 8,4	obszary przemysłowe o dużej wilgotności i agresywnej atmosferze i obszary przybrzeżne o dużym zasoleniu	budynki lub obszary z prawie ciągłą kondensacją i dużym zanieczyszczeniem
CX Ekstremalna	>60 do 180	>8,4 do 25	obszary na pełnym morzu o dużym zasoleniu i obszary przemysłowe o ekstremalnej wilgotności i agresywnej atmosferze oraz atmosfery subtropikalne i tropikalne	obszary przemysłowe o ekstremalnej wilgotności i agresywnej atmosferze

Tabela 4. Korozja galwaniczna dla kategorii korozyjności C2 i C3

Materiał		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Miedź	+	-	-	+	-	-	+	-	+
2	Tytan-cynk	-	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Aluminium ¹	-	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Ołów	+	+	+	+	+	+	+	-	+
5	Stal nierdzewna	-	+	+	+	+	-	+	+	+
6	Stal ocynkowana	-	+	+	+	-	+	+	+	+
7	Stal ocynkowana, powlekana	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	Alucynk 55%ALZn	-	+	+	-	+	+	+	+	+
9	Alucynk 55%ALZn powlekany ²	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ dopuszczalne 1 aluminium bez powłok oraz aluminium anodowane
 - niedopuszczalne 2 powłoka grubości min. 25µm

C5-I oraz C5-M – odpowiednio bardzo duża przemysłowa i bardzo duża morska. Pojawiła za to kategoria C5 – bardzo duża oraz CX - ekstremalna.

Okresy trwałości powłok antykorozyjnych definiowane są zależnie od tego, czy warstwa cynku jest jedynym zabezpieczeniem antykorozyjnym, czy też nałożone są na nią dodatkowe powłoki. I tak w normie [N3] dla systemów zabezpieczeń antykorozyjnych nakładanych w powłokę cynkową okresy trwałości określone są w następujący sposób:

- L niski, 2–5 lat,
- M średni, 5–10 lat,
- H wysoki, powyżej 15 lat.

W odniesieniu do elementów wyłącznie ocynkowanych norma wykonawcza konstrukcji cienkościennych [N3] odsyła do postanowień normy [N9], która okresy trwałości definiuje w nieco odmienny niż opisany powyżej sposób:

- VL bardzo niski, do 2 lat,
- L niski, 2–5 lat,
- M średni, 5–10 lat,
- H wysoki, 10–20 lat,
- VH bardzo wysoki, powyżej 20 lat.

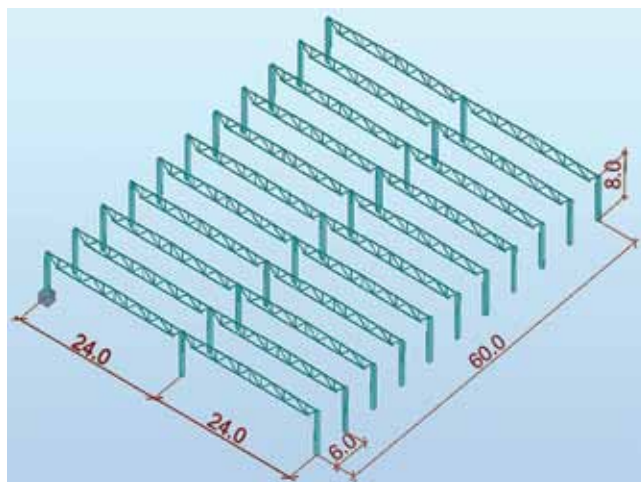
W normie [N3] w załączniku E zestawiono tabelarycznie parametry różnych systemów zabezpieczeń antykorozyjnych wykonywanych na blachach m.in. z powłoką cynkową. Zależnie od wymaganego okresu trwałości i kategorii korozyjności środowiska można wybrać właściwe rozwiązanie. Istotne jest, aby właściwie określić kategorię środowiska, w szczególności w przypadku obiektów, w których odbywają się określone procesy technologiczne. W takich wypadkach źródłem informacji może być osoba odpowiedzialna za zagadnienia technologiczne. Zagadnienia związane z okresem trwałości należy uzgodnić z inwestorem. Należy podkreślić, że okres trwałości nie oznacza okresu gwarancyjnego. Trwałość jest zagadnieniem technicznym, które może pomóc inwestorowi w zaprojektowaniu programu konserwacji. Okres gwarancji jest zagadnieniem podstawowym określonym warunkami kontraktu. Czas gwarancji jest zazwyczaj krótszy, niż okres trwałości. Nie istnieją żadne reguły, które łączyłyby te dwa okresy czasu. Norma wykonawcza [N3] podaje dodatkowo cenne informacje w zakresie korozji galwanicznej. Powlekane blachy

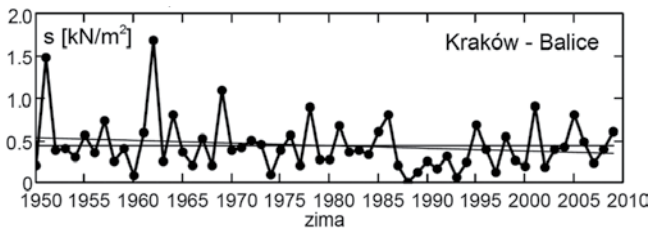
mogą być łączone z innymi metalami. Szczególną uwagę należy zwrócić podczas łączenia ze sobą elementów z różnych materiałów. Jeśli zachodzi ryzyko korozji galwanicznej, powierzchnie kontaktu powinny być trwale rozdzielone za pomocą powłok lub dodatkowych przekładek. Materiał łączników powinien być co najmniej taki sam jak łączonych elementów lub bardziej szlachetny od nich. Praktyczne informacje pozwalające ocenić możliwość wystąpienia korozji galwanicznej podano w tabeli 4.

Obecnie w Stowarzyszeniu DAFA opracowywane są wytyczne dotyczące zagadnień związanych z zabezpieczeniem konstrukcji cienkościennych przed korozją.

4. Prognozowanie obciążenia śniegiem

Przy projektowaniu konstrukcji obiektów projektanci niekiedy spotykają się z wymaganiami zamawiającego dokumentację w zakresie zwiększenia obciążenia śniegiem. Podyktowane jest to chęcią ograniczenia konieczności kosztownego odśnieżania dachu lub wymaganiami ubezpieczyciela. W niniejszym punkcie na przykładzie jednego z obiektów zobrazowany zostanie związek pomiędzy wartością charakterystyczną obciążenia śniegiem gruntu, prawdopodobieństwem


Rys. 12. Schemat i podstawowe wymiary analizowanej hali



Rys. 13. Realizacje wartości maksymalnych rocznych ciężarów pokrywy śnieżnej dla stali meteorologicznej Kraków-Balice

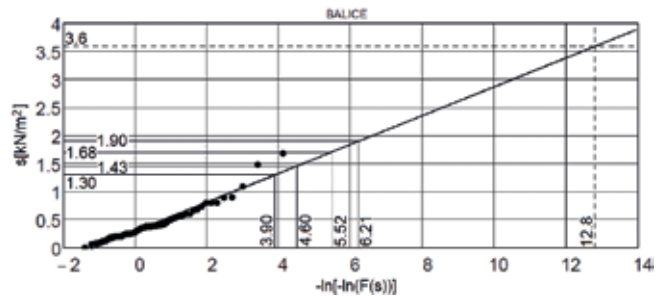
jej przekroczenia.

Hala dwunawowa o schemacie i wymiarach przedstawionych na rysunku 12 zlokalizowana jest w trzeciej strefie obciążenia śniegiem w terenie normalnym oraz w pierwszej strefie obciążenia wiatrem w terenie kategorii drugiej. Konstrukcje nośną budynku tworzą utwierdzone w stopach fundamentowych słupy żelbetowe, na których podparte są jednoprzęsłowe dźwigary kratowe. Dach bezpłatiowy, ocieplony. Hala zlokalizowana w niedalekiej odległości od stacji meteorologicznej Kraków-Balice, dla której archiwalne wyniki pomiarów rocznych maksymalnych wartości obciążenia śniegiem gruntu z lat 1950–2010 można znaleźć w pracy [3] i które przedstawiono na rysunku 13. Największa odnotowana wartość wynosiła 1,68 kN/m² w sezonie zimowym 1962/63.

Prognozę obciążeń wieloletnich dla stali meteorologicznej Kraków-Balice na siatce probabilistycznej rozkładu Gumbela pokazano na rysunku 14. Punkty empiryczne układają się z zadowalającą dokładnością według linii prostej, co pozwala zaakceptować ww. typ rozkładu prawdopodobieństwa. Wykorzystując właściwości rozkładu Gumela, w tabeli 5 podano wartości obciążenia śniegiem odpowiadające kolejno okresom t_{ret} powrotu obciążenia: 50, 100, 250 oraz 300 lat. Stacja pogodowa Kraków-Balice znajduje się w trzeciej strefie obciążenia śniegiem gruntu, dla której norma [N6] przewiduje wartość charakterystyczną obciążenia śniegiem gruntu $s_k=1,20\text{kN/m}^2$. Wartość charakterystyczna została zdefiniowana w normie PN-EN 1991-1-3 jako wartość, której odpowiada prawdopodobieństwo przekroczenia $1/t_{ret}=1/50=0,02$. Dla danych ze stacji meteorologicznej Kraków-Balice kwantylowi górnemu rozkładu Gumbela rzędu $1-1/50=0,98$ i wartości odciętej $-\ln[-\ln(0,98)]=3,90$ odpowiada wartość charakterystyczna $s_k=1,30\text{kN/m}^2$.

Tabela 5. Zestawienie wartości obciążenia śniegiem gruntu odpowiadających różnym okresom powrotu obciążenia

t_{ret}	$F(s)=1-1/t_{ret}$	$-\ln[-\ln(F(s))]$	$s(t_{ret})$
50	0,9800000	3,90	1,30
100	0,9900000	4,60	1,43
250	0,9960000	5,52	1,68
500	0,9980000	6,21	1,90
370370	0,9999973	12,82	3,60



Rys. 14. Wyrównanie rozkładu empirycznego obciążenia śniegiem gruntu dla stacji meteorologicznej Kraków-Balice na siatce probabilistycznej rozkładu Gumbela

Analizując wyniki zestawione w tabeli 5, można zauważyć, że wartość obciążenia śniegiem gruntu 1,43 kN/m², której odpowiada okres powrotu 100 lat, jest równa iloczynowi wartości charakterystycznej obciążenia śniegiem gruntu $s_k=1,30\text{kN/m}^2$ ze stacji meteorologicznej Kraków-Balice wyznaczonej dla okresu powrotu 50 lat pomnożonej przez współczynnik $K_{FI}=1,1$ odpowiadający klasie konsekwencji zniszczenia CC1 według normy [N5]. Z kolei okresowi powrotu odpowiada maksymalna zaobserwowana podczas 60 lat obserwacji wartość obciążenia śniegiem gruntu, a okresowi powrotu 500 lat – 10 razy mniejsze prawdopodobieństwo przekroczenia niż zakłada norma [N6] – odpowiada wartość, która jest o połowę większa od wartości odpowiadającej okresowi powrotu 50 lat. Przyjmując trzykrotnie większą wartość obciążenia śniegiem gruntu aniżeli przewidziana w normie [N6], uzyskuje się okres powrotu obciążenia 370370 lat.

Porównanie kosztów wykonania konstrukcji stalowej oraz blachy dachowej zaprojektowanej dla różnych wartości obciążenia śniegiem gruntu – dla hali przedstawionej na rysunku 12 zestawiono w tabeli 6. Obliczenia wykonano dla cen z III kwartału 2018 roku. Jako ceny referencyjne przyjęto ceny wykonania hali zaprojektowanej na wartość obciążenia charakterystycznego gruntu wynikającej z normy [N6]. Jak widać, w przypadku zaprojektowania hali na obciążenie, którym odpowiada 10-krotnie mniejsze prawdopodobieństwo przekroczenia niż przewiduje norma [N6] koszty wykonania blachy trapezowej wzrastają o 19%, natomiast w przypadku zaprojektowania konstrukcji na trzykrotnie

Tabela 6. Porównanie kosztów realizacji konstrukcji stalowej dla trzech wartości obciążenia śniegiem gruntu

	Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu [kN/m ²]		
	1,20	1,90	3,60
Blacha trapezowa	1,00	1,19	2,05
Konstrukcja stalowa	1,00	1,29	1,61
Razem	1,00	1,26	1,74

większe obciążenie, któremu odpowiada niebywale duża wartość okresu powrotu (370370 lat) koszty wykonania blachy trapezowej wzrastają o 105%, a całej konstrukcji (dźwigary kratowe + blacha) wzrastają o 74%. Przed podjęciem decyzji o ewentualnym zastosowaniu znacząco zwiększonych w stosunku do normy [N6] wartości obciążenia śniegiem warto przeprowadzić bardziej wnikliwe analizy w tym zakresie.

5. Stowarzyszenie Wykonawców Dachów Płaskich i Fasad DAFA

DAFA jest stowarzyszeniem non-profit skupiającym największych działających na polskim rynku wykonawców oraz producentów materiałów stosowanych do realizacji dachów i fasad. Stowarzyszenie DAFA jest członkiem prestiżowych i opiniotwórczych stowarzyszeń branżowych, w tym m.in. niemieckiego IFBS. Od powstania IFBS w 1966 roku organizacja ta wydała liczne publikacje dotyczące zakresu produkcji, projektowania, montażu, konserwacji i użytkowania lekkich metalowych obudów ścian i dachów. Opracowania te są znane w Zachodniej Europie, a w Niemczech są podstawowym narzędziem w rozstrzyganiu sporów powstałych w trakcie realizacji inwestycji pomiędzy stronami. Ekspert DAFA opracowują zeszyty techniczne wolne od treści o charakterze komercyjnym, które mają wypełniać lukę dotyczącą zagadnień związanych z projektowaniem, kształtowaniem i realizacją m.in. dachów z blach fałdowych. W prezentacji zostaną wskazane publikacje dotyczące bezpośrednio zagadnień związanych z dachami na bazie blach fałdowych.

Opracowując własne wytyczne oraz korzystając z dorobku międzynarodowych organizacji, Stowarzyszenie wydaje publikacje techniczne opisujące obszary działań do tej pory nieuregulowane. Publikacje techniczne DAFA jednoznacznie definiują poprawne rozwiązania, ujednolicając parametry i wytyczne wskazywane przez różne firmy. Charakteryzuje je neutralność wobec stosowanych rozwiązań – odzwierciedlają obecny poziom rozwoju technologicznego i uchodzą za powszechnie obowiązujące zasady techniki. Wytyczne powstają w grupach merytorycznych, złożonych z ekspertów i praktyków z firm członkowskich.

Księgarnia Techniczna DAFA obejmuje kilkanaście pozycji wytycznych, w tym też m.in. dotyczące zagadnień związanych z projektowaniem dachów wymienione poniżej.

- Wytyczne do projektowania i wykonywania dachów z izolacją wodochronną – wytyczne dachów płaskich (DAFA DP 1.01).
- Wytyczne projektowania i wykonania lekkich metalowych obudów ścian i dachów (DAFA ID 1.00) [N12].
- Stalowe blachy trapezowe jako konstrukcja nośna dachów płaskich (DAFA ID 1.01) [N13].
- Podręcznik oceny jakości wykonania lekkich metalowych obudów (DAFA ID 1.05) [N14].

- Jednopowłokowy dach wykonany ze stalowych blach fałdowych z wierzchnią izolacją cieplną i uszczelnieniem – kiedy potrzebna jest bariera pary wodnej (DAFA ID 4.01).
- Izolacja akustyczna w lekkich konstrukcjach stalowych (DAFA ID 4.06).
- Bezpieczeństwo pożarowe dachów (DAFA PPOŻ 1.01).

6. Podsumowanie

W przypadku dachów o złożonej geometrii, w tym dachów wielokrzywiznowych możliwe jest wykorzystanie do ich budowy blach trapezowych – zarówno nominalnie płaskich, jak i łukowych. Analiza wymagań samonośnych paneli metalowych, które są stosowane w przypadku obiektów o podwyższonych wymaganiach w zakresie estetyki może determinować rozwiązania w zakresie stalowej konstrukcji prętowej oraz rodzaju zastosowanej blachy trapezowej. Znajomość możliwości i wymagań współczesnych systemów obudowy dachowej może prowadzić do uzyskania trwałych, estetycznych, a jednocześnie stosunkowo prostych, a tym samym niedrogich rozwiązań.

W pracy wykazano, że możliwe jest stosowanie do konstruowania dachów zakrzywionych blach trapezowych nominalnie płaskich, doginanych w trakcie montażu. Stosowanie tego rozwiązania wymaga przeprowadzenia analiz obliczeniowych uwzględniających dodatkowe siły działające na fałdy blachy trapezowej, a generowane podczas jej montażu. Blachy nominalnie płaskie mogą okazać się rozwiązaniem znacznie tańszym i bardziej korzystnym pod względem terminów realizacji, asortymentu, czy też transportu aniżeli blachy łukowe. Możliwe jest również aproksymowanie zakrzywionej powierzchni dachu za pomocą zbioru blach płaskich. W takiej sytuacji właściwy kształt warstwy zewnętrznej przegrody dachowej można uzyskać przez zastosowanie odpowiednio ukształtowanego zbioru kształtowników zimnogiętych. W pracy zwrócono uwagę na potrzebę właściwego kształtowania powierzchni styku konstrukcji prętowej w strefach podporowych blach trapezowych.

W pracy omówiono najważniejsze zapisy z nowo utworzonej normy wykonywania konstrukcji formowanych na zimno. Analiza postanowień nowej normy ujawnia potrzebę bardziej wnikliwej analizy jej zapisów przez projektantów konstrukcji budowlanych. Wspomniana norma zawiera szereg praktycznych informacji związanych m.in. z kształtowaniem i obliczaniem blach uciąganych nad podporami czy też blach otworowanych. Wspomniana norma zwraca uwagę na potrzebę właściwego sposobu oznaczenia w dokumentacji, na konstrukcji, a także poinformowania użytkownika, jeżeli blacha trapezowa pełni w obiekcie funkcję tarczy. W przypadku zamiaru zwiększenia wartości obciążenia śniegiem dachu w celu ograniczenia potrzeby odśnieżania warto wykorzystać elementy teorii niezawodności do oszacowania prawdopodobieństwa przewyższenia przyjętej wartości.

Autorzy są ekspertami Stowarzyszenia DAFA

Referat był prezentowany na konferencji WPPK 2020.**BIBLIOGRAFIA**

- [1] Pięciorak E, Żwirek P, Wpływ wygięcia wstępnego na nośność blachy fałdowej, Izolacje 11–12/2019
- [2] Reichhart A., Analiza powłok z blach fałdowych, Nowoczesne Hale 1/2011
- [3] Żurański A., Sobolewski A., Obciążenie śniegiem w Polsce, Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa, 2013
- [4] Bródka J., Garncarek R., Miłaczewski K., Blachy fałdowe w budownictwie stalowym, Wydawnictwo Arkady, 1999
- [N1] AT-15-3429/2009 Stalowe, powlekane blachy profilowane, Aprobata Techniczna ITB, 2009
- [N2] PN-EN 1090-2:2018: Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych
- [N3] PN-EN 1090-4:2018: Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 4: Wymagania techniczne dotyczące profilowanych na zimno stalowych elementów konstrukcyjnych oraz konstrukcji poszycia dachów, sufitów, stropów i ścian
- [N4] PN-EN 14782:2008: Samonośne blachy metalowe do pokryć dachowych, okładzin zewnętrznych i wewnętrznych. Charakterystyka wyrobu i wymagania
- [N5] PN-EN 1990:2005 Eurokod 0: Podstawy projektowania konstrukcji.
- [N6] PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem
- [N7] PN-EN 1993-1-3:2008 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-3: Reguły ogólne – Reguły uzupełniające dla konstrukcji z kształtowników i blach profilowanych na zimno
- [N8] PN-EN ISO 12944-2:2018: Farby i lakiery – Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów malarskich – Część 2: Klasyfikacja środowisk
- [N9] PN-EN ISO 14713-1:2017: Powłoki cynkowe – Wytyczne i zalecenia dotyczące ochrony przed korozją konstrukcji z żeliwa i stali – Część 1: Zasady ogólne dotyczące projektowania i odporności korozyjnej
- [N10] PN-EN 10346:2015: Wyroby płaskie stalowe powlekane ogniowo w sposób ciągły do obróbki plastycznej na zimno – Warunki techniczne dostawy
- [N11] PN-B-02361:2010: Pochylenia połączeń dachowych
- [N12] DAFA ID 1.00: Wytyczne projektowania i wykonania lekkich metalowych obudów ścian i dachów, Opole, grudzień 2016
- [N13] DAFA ID 1.01: Stalowe blachy trapezowe jako konstrukcja nośna dachów płaskich, Opole, styczeń 2008
- [N14] DAFA ID 1.05: Podręcznik oceny jakości wykonania lekkich metalowych obudów, Opole, styczeń 2008
- [N15] DAFA ID 5.04: Otwory w dachach wykonanych ze stalowych profili trapezowych, Opole, styczeń 2009
- [N16] Systemy Kalzip, Podręcznik techniki, planowania i konstrukcji, Kalzip, Adhoc media gmbh:901:PL:08/2009
- [N17] AT-15-4400/2006: Łączniki wierzące, samogwintujące Kelner OC, Aprobata Techniczna ITB
- [N18] AT-15-4626/2006: Łączniki wierzące, samogwintujące Kelner ON, Aprobata Techniczna ITB
- [M1] Materiały reklamowe firmy www.bemo.com.pl
- [M2] Materiały reklamowe firmy Kalzip www.kalzip.com
- [M3] Materiały reklamowe firmy MERO www.mero.de

Szkolenie: Warszawa, 23–24 listopada 2020 r. Forma: stacjonarna/online

Złożone Konstrukcje Żelbetowe

Zaawansowane wymiarowanie, ocena stanu technicznego i wzmocnienia przemysłowych konstrukcji żelbetowych w oparciu o własne realizacje autora

PRZYGOTOWANIE I PROWADZENIE

- autorskie projekty zorientowane na szczelność i opanowanie skutków rys w budownictwie przemysłowym,
- piece, kominy, zbiorniki, wieże, maszty, wiatraki, hale przemysłowe, płyty fundamentowe,
- działania termiczne, redystrybucja momentów, ograniczenie naprężeń, odkształceń.

PROBLEMATYKA

- projektowanie przy uwzględnieniu oddziaływań termicznych i zarysowania betonu,
- ustalanie sił wewnętrznych, naprężeń, stref ściskanych, szerokości rys i odkształceń,
- ocena stanu technicznego konstrukcji i przyczyn awarii,
- metody przebudowy, napraw i wzmocnień,
- kontrola jakości wykonawstwa, błędy wykonawcze i eksploatacyjne.

PROF. DR HAB. INŻ. PIOTR NOAKOWSKI

Dyrektor międzynarodowej firmy eksperckiej Constructure (Exponent) w Dusseldorfie, biegły sądowy w Niemczech, polski rzeczoznawca i wykładowca na uczelniach w Niemczech, w Polsce i w Ameryce. W dorobku ponad 1000 projektów i ekspertyz w różnych krajach świata; specjalnością są hale przemysłowe, kominy przemysłowe, konstrukcje parkingowe, piece przemysłowe, płyty fundamentowe, posadzki przemysłowe, siłownie wiatrowe, tunele, wieże telewizyjne, maszty telekomunikacyjne i zbiorniki.

INFORMACJE

Program oraz zapisy na www.archmedia.pl

Informacji udziela organizator szkolenia:

Grażyna Grzymkowska-Gałka

ARCHMEDIA

tel. 690 820 224

mail: info@archmedia.pl

