

Projektowanie wiat samochodowych z panelami fotowoltaicznymi ze względu na globalną stateczność konstrukcji

Design of carports with photovoltaic panels due to the global stability of the structure

mgr inż. Artur Kiljan (ORCID: 0009-0009-3669-284X), Wydział Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii, Politechnika Warszawska, mgr inż. Marcin Kowalski (ORCID: 0009-0004-7039-5893), WEKTOR-P Kowalscy sp.j.

DOI: 10.5604/01.3001.0054.6389

Streszczenie: W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia projektowania małych i lekkich wiat parkingowych (carportów) z panelami fotowoltaicznymi. Problematyką objęto przepisy prawne związane z budową takich obiektów oraz projektowanie ich konstrukcji. Zagadnienia projektowe przedstawiono na przykładzie małej wiaty stalowej. Szczególną uwagę kieruje się w nich na problem stateczności globalnej wiaty pod wpływem obciążeń wiatrem.

Słowa kluczowe: projektowanie konstrukcji, wiat, carport, obciążenie wiatrem, stateczność.

Abstract: The article presents selected issues of designing small and light sheds (carports) with photovoltaic panels. The issues covered legal regulations related to the construction of such objects and the design of their structures. Design issues are presented on the example of a small steel shed. Particular attention is paid to the problem of the global stability of the shed under the influence of wind loads.

Keywords: structural design, shed, carport, wind load, stability.

1. Wprowadzenie

Ostatnie lata przyniosły na rynku światowym znaczne zmiany dotyczące globalnej świadomości ekologicznej. Zwłaszcza kraje członkowskie Unii Europejskiej zaczynają kłaść szczególny nacisk na odejście od paliw kopalnych na rzecz energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych. Na ulicach europejskich miast coraz częściej pojawiają się auta elektryczne, które przedstawiane są jako alternatywny „zielony” środek komunikacji. Temu rozwiązaniu nadano wiele przywilejów w postaci dofinansowań, czy darmowych miejsc parkingowych. Niedawna ciekawostka motoryzacyjna może już wkrótce stać się podstawowym środkiem transportu dla mieszkańców Unii Europejskiej, a to za sprawą głosowania w Parlamencie Europejskim 14.02.2023 roku, w wyniku którego poparty został projekt porozumienia o zakazie sprzedaży nowych pojazdów spalinowych po 2035 roku. Zastąpienie aut spalinowych elektrycznymi to jednak spore wyzwanie dla rynku energetycznego, który obciążony zostanie dodatkowym zapotrzebowaniem na energię elektryczną (w polskich warunkach może to potencjalnie przekroczyć możliwości naszej sieci elektroenergetycznej). Przy czym, aby zapewnić neutralność klimatyczną i ograniczyć emisję CO₂ do atmosfery, energia ta nie powinna pochodzić

z paliw kopalnych. Jednym ze sposobów pozyskiwania energii odnawialnej są panele fotowoltaiczne. Szerokie możliwości montażu umożliwiają ich stosowanie na otwartych przestrzeniach (farmach fotowoltaicznych), ale też na dachach budynków lub innych odpowiednio spozycjonowanych względem słońca powierzchniach. Ostatnio zaczęto je także montować na zadaszonych stanowiskach parkingowych. Takie obiekty, zwane potocznie carportami lub autoboxami, nie tylko zabezpieczają zaparkowane samochody przed czynnikami atmosferycznymi, ale też produkują energię elektryczną. Tworzą tym samym funkcjonalną całość. Wyprodukowana energia może posłużyć do ładowania zaparkowanego auta elektrycznego, ale też być wykorzystana na inne cele, sprzedana do sieci lub zmagazynowana. Ze względu na swoje liczne zalety oraz prostotę konstrukcji carporty są chętnie sprzedawane przez szereg firm, nawet tych niezajmujących się bezpośrednio projektowaniem konstrukcji. Na rynku spotkać można szereg ofert proponujących carporty różnych rodzajów – od drewnianych, poprzez stalowe do aluminiowych. W części z tych ofert brak jest jednak wyraźnej informacji na temat spełniania przez konstrukcję wymogów stawianych przez normy i przepisy prawne. Na ogół brakuje też informacji o konieczności i warunkach montażu wiat na fundamentach. Zaobserwowana sytuacja stała się

impulsem do podjęcia tematyki projektowania niewielkich obiektów, takich jak wiaty czy zadaszenia miejsc parkingowych, w ujęciu krajowych norm i przepisów prawa.

2. Podstawy prawne

Wiaty samochodowe, takie jak carporty, zgodnie z artykułem 3 Ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 2021 r., poz. 758 z późn. zm.) [1] – zaliczane są do obiektów budowlanych, które można przyporządkować do kategorii VIII opisanej w załączniku do wymienionej ustawy.

Wymagania techniczne i formalności związane z projektowaniem, budową i użytkowaniem wiat samochodowych zależą jednak nie tylko od kategorii budynków, ale także od ich przeznaczenia, wielkości, konstrukcji i lokalizacji.

Według art. 29 pkt.1 podpunkt 14c Prawa budowlanego [1] nie wymaga pozwolenia na budowę, ale wymaga zgłoszenia, budowa wiaty o powierzchni zabudowy do 35 m², przy czym łączna liczba tych obiektów na działce nie może przekraczać dwóch na każde 500 m² powierzchni działki.

Z kolei art. 29 pkt.2 podpunkt 2 Prawa budowlanego [1] stanowi, że nie wymaga decyzji o pozwoleniu na budowę ani zgłoszenia budowa wiat o powierzchni zabudowy do 50 m², sytuowanych na działce, na której znajduje się budynek mieszkalny, lub przeznaczonej pod budownictwo mieszkaniowe, przy czym łączna liczba tych wiat na działce nie może przekraczać dwóch na każde 1000 m² powierzchni działki.

Niezależnie jednak od tego, czy w konkretnym przypadku wiaty wymaga zgłoszenia czy też nie, to Prawo budowlane [1] w art. 5. wymaga, aby obiekt budowlany (a takim według art. 3 jest też wiat) jako całość oraz poszczególne jego części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając spełnienie podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych określonych w załączniku I do Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylającego Dyrektywę Rady 89/106/EEG (Dz. Urz. UE L 88 z 04.04.2011, str. 5, z późn. zm.), dotyczących nośności i stateczności konstrukcji.

Należy przy tym zaznaczyć, że zapewnienie nośności i stateczności konstrukcji wiąże się z prawidłowym zaprojektowaniem i wykonaniem nie tylko właściwego szkieletu nośnego obiektu, ale również fundamentów.

3. Projektowanie konstrukcji

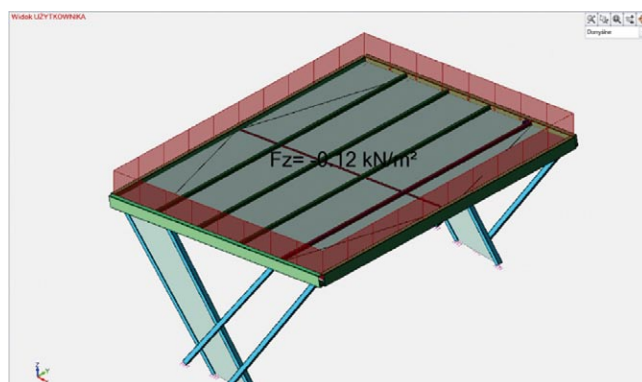
Przedstawimy problemy projektowania konstrukcji wiat z panelami fotowoltaicznymi na modelu obliczeniowym przykładowej konstrukcji wraz z kompletem zdefiniowanych oddziaływań stałych i zmiennych, zaprojektowanej według aktualnie

obowiązujących norm europejskich [2–10]. Konstrukcję stanowi jednoprzęsłowa wiatą wspornikowa o szerokości osiowej przęsła 6,53 m oraz długości całkowitej 5,65 m. Wysokość wiaty w okapie wynosi 2,38 m, a w kalenicy 3,42 m. Wiatą ma jednospadowy dach o pochyleniu 10°. Zadanie będzie docelowo konstrukcją wsporczą dla paneli fotowoltaicznych. Konstrukcję nośną stanowią dwie ramy stalowe wykonane z kształtowników zamkniętych, połączone płaciami. Całość konstrukcji dodatkowo została usztywniona poprzez zastosowanie sztywnych stężeń typu „V” oraz tężników dachowych.

Obliczenia statyczne, jak i wymiarowanie obiektu, prowadzono w programie GRAITEC Advance Design.

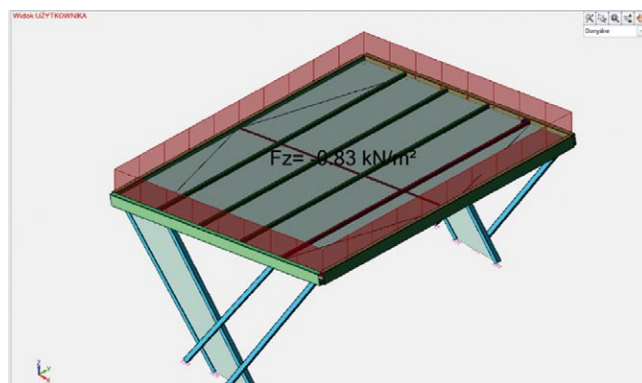
3.1. Obciążenia konstrukcji

Model konstrukcji obciążono kompletem oddziaływań stałych i zmiennych. Obciążenie stałe od ciężaru własnego wiaty zostało uwzględnione automatycznie w programie, dodatkowo uwzględniono oddziaływanie pochodzące od ciężaru paneli fotowoltaicznych o wartości 0,12 kN/m² – rysunek 1.

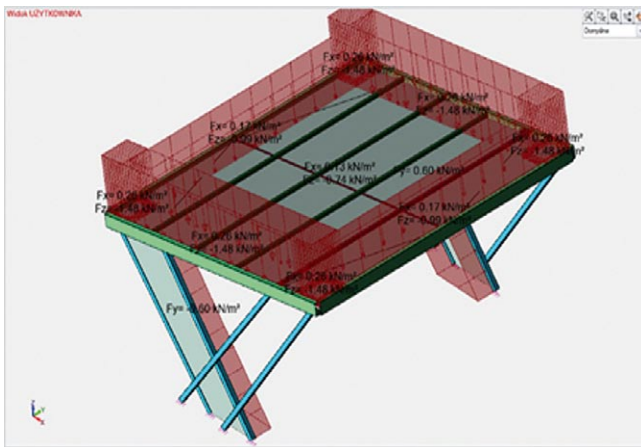


Rys. 1. Obciążenie stałe od paneli fotowoltaicznych (opracowanie własne)

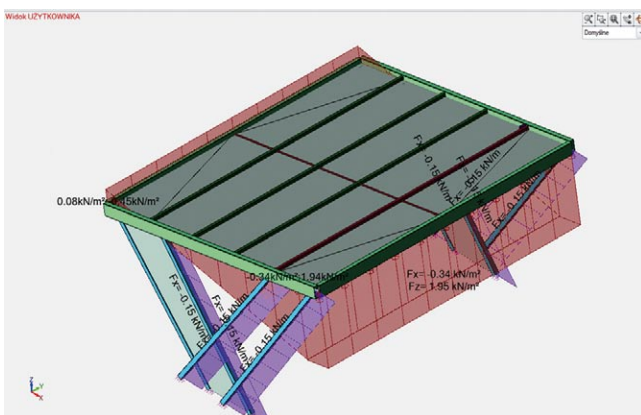
Charakterystyczną wartość obciążenia śniegiem przyjęto jak dla strefy 3 z uwzględnieniem okresu powrotu wynoszącego 25 lat zgodnie z załącznikiem informacyjnym D do normy [4]. Oddziaływanie o stałej wartości 0,83 kN/m² przyłożono do połaci dachowej – rysunek 2.



Rys. 2. Obciążenie śniegiem (opracowanie własne)



Rys. 3. Obciążenie wiatrem – maksymalne parcie na połac dachową wiaty (opracowanie własne)



Rys. 4. Obciążenie wiatrem – maksymalne ssanie na połac dachową wiaty (opracowanie własne)

Istotnym obciążeniem lekkich konstrukcji przestrzennych, jakimi są wiaty, jest wiatr. W rozpatrywanym przypadku charakterystyczną wartością obciążenia wiatrem przyjęto jak dla strefy 2 z uwzględnieniem współczynnika prawdopodobieństwa c_{prob} według wzoru (4.2) z normy [5]. Rozpatrzono wszystkie kierunki oddziaływania wiatru korzystając z wytycznych opisanych w punkcie 7.3 normy [5] i wygenerowano w sumie 18 przypadków obciążenia pochodzących od działania wiatru na konstrukcję. Schematy tylko od skrajnych wartości oddziaływań, z największym parciem na połac dachową oraz największym ssaniem pokazano na rysunkach 3 i 4.

3.2. Wymiarowanie konstrukcji

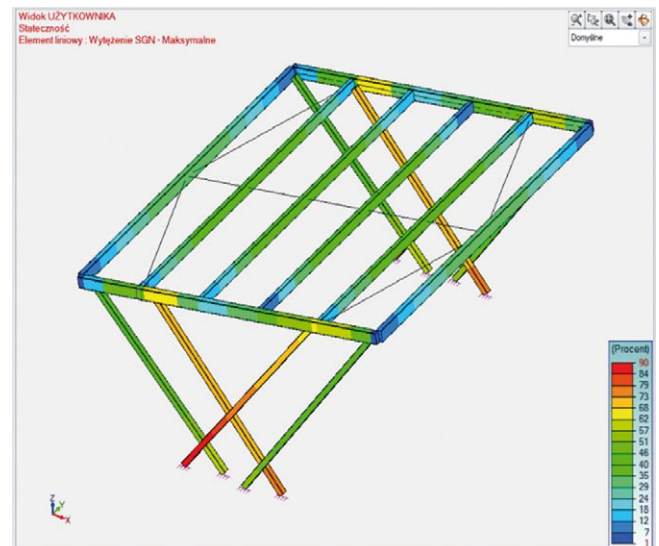
Procedura wymiarowania, jak wiemy, polega na dobraniu przekrojów elementów w taki sposób, aby konstrukcja była zdolna do przeniesienia występujących w niej sił wewnętrznych (SGN) przy jednocześnie niewielkich deformacjach (SGU). Z ekonomicznego punktu widzenia należy też dołożyć starań, aby konstrukcja była możliwie jak najlżejsza, czyli zużywała względnie mało materiału.

Wyniki przeprowadzonego wymiarowania konstrukcji według norm przedmiotowych [7, 8] w programie GRAITEC

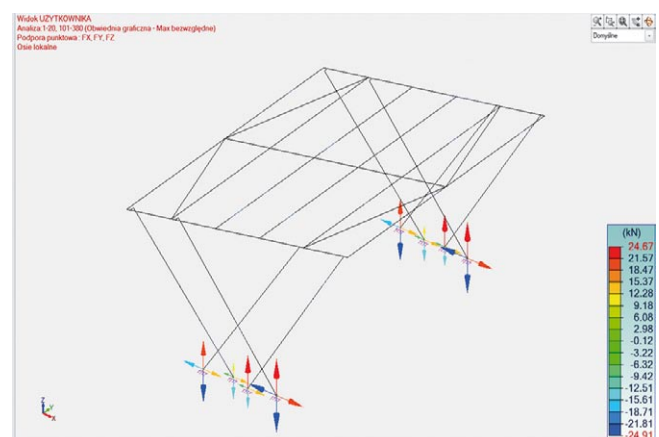
Advance Design ilustruje rysunek 5. Na zrzucie ekranu z programu pokazano wyęźnienie elementów konstrukcji ze względu na spełnienie stanu granicznego nośności. Jak można zauważyć, największe wyęźnienie z warunku SGN na poziomie 90% osiągnięto dla słupów przy zamocowaniu w fundamencie. Obwiednię sił podporowych przedstawia rysunek 6. Warto zwrócić uwagę zwłaszcza na strzałki oznaczone kolorem czerwonym. Oznaczają one bowiem wielkość siły powodującej „odrywanie” konstrukcji i osiągają wartość na poziomie 24,67 kN dla słupów skrajnych.

Pochodzą one od oddziaływania wiatru pokazanego na rysunku 4 (nachylone pod kątem zadaszenie zachowuje się jak swego rodzaju żagiel).

Porównując masę całej konstrukcji, wynosząca około 1454,5 kg, z wartością siły wyrywającej (24,67 kN ~ 2514,8 kg) łatwo zrozumieć, że wiatra jest zbyt lekka na to, aby zdołała sobie zapewnić samostateczność. Warto zaznaczyć, że porównano tu masę całej konstrukcji z siłą występującą tylko na jednej z podpór. Problem byłby większy w przypadku aluminiowej



Rys. 5. Wyęźnienie elementów konstrukcji SGN – stalczność [%] (opracowanie własne)



Rys. 6. Obwiednia sił przekazywanych na podpory (opracowanie własne)

konstrukcji obiektu, z racji mniejszego ciężaru objętościowego, a co za tym idzie mniejszej całkowitej masy konstrukcji. W takiej sytuacji należy zaprojektować odpowiednie fundamenty pod wiatę, o gabarytach zapewniających co najmniej zrównoważenie wartości sił odrywających, powstających na wszystkich podporach. W opisanym przypadku zaproponowano posadowienie wiaty na dwóch stopach fundamentowych o wymiarach 0,75x1,2x4,8 m.

Efekt „odrywania” jest więc w całości, równoważony przez całkowity ciężar konstrukcji wynoszący razem z fundamentami ~ 23 480kg. Jako podejście alternatywne można było zaproponować fundamenty w postaci kotew gruntowych zaprojektowanych na przeniesienie siły wyrwującej, takie rozwiązanie wymaga jednak dokładnej znajomości charakterystyki podłoża gruntowego.

W opisanym przykładzie zakotwienie konstrukcji wyłącznie w gruncie, nieoparte wcześniejszą dokładną analizą posadowienia obiektu, byłoby rażącym niedopełnieniem obowiązków zarówno projektanta, jak i wykonawcy.

4. Podsumowanie

Podsumowując wszystkie wcześniejsze ustalenia, należy stwierdzić, że projektant, producent czy też dostawca wiaty, sprzedając swój produkt, powinien go dostarczyć w sposób kompleksowy, czyli razem z prawidłowo zaprojektowanymi fundamentami. Jeżeli z jakichś względów nie chce lub nie może tego uczynić, powinien w sposób niebudzący jakichkolwiek wątpliwości uświadomić klienta lub inwestora o konieczności zamontowania wiaty na fundamentach, dostosowanych do lokalnie występujących warunków gruntowo-wodnych, zapewniając przy tym komplet niezbędnych danych do ich projektowania (na przykład w formie obwiedni sił podporowych).

Niedopełnienie tych czynności i narażenie klienta czy też inwestora na szkody materialne wynikające z możliwości awarii takiej konstrukcji może pociągać za sobą szereg konsekwencji, takich jak:

- naruszenie przepisów budowlanych – bowiem wprowadzenie na rynek obiektu, który nie spełnia obowiązujących norm i przepisów dotyczących projektowania konstrukcji, stanowi naruszenie przepisów budowlanych. Może to skutkować nałożeniem na osobę wprowadzającą taki obiekt na rynek sankcji administracyjnych, w tym grzywny lub nakazu usunięcia obiektu;
- odpowiedzialność cywilna – jeśli obiekt, który nie spełnia norm i przepisów, spowoduje szkodę, to osoba wprowadzająca go na rynek może być pociągnięta do odpowiedzialności cywilnej. W takiej sytuacji może być zobowiązana do naprawienia szkody i wypłacenia odszkodowania osobie poszkodowanej;
- odpowiedzialność karna – w niektórych przypadkach wprowadzenie na rynek obiektu budowlanego, który nie spełnia norm i przepisów, może skutkować odpowiedzialnością karną.

Jeśli taki obiekt zagraża zdrowiu lub życiu ludzi, to osoba wprowadzająca go na rynek może być pociągnięta do odpowiedzialności.

Zgodnie z polskim Kodeksem cywilnym sprzedający ponosi odpowiedzialność za wady fizyczne i prawne (art. 556-576) sprzedanego przedmiotu, chyba że w chwili sprzedaży kupujący miał pełną wiedzę o wadzie. Odpowiedzialność ta obejmuje wady wynikające z nieprzestrzegania przepisów lub standardów budowlanych, dotyczących projektowania i konstrukcji obiektów budowlanych, w tym wiat samochodowych.

Stosowne sankcje przewiduje też prawo budowlane [1]. W rozdziale 9 opisane są przepisy karne (art. 90-94), a zgodnie z art. 93, kto przy projektowaniu lub wykonywaniu robót budowlanych w sposób rażący nie przestrzega przepisów art. 5 ust. 1–2b, podlega karze grzywny.

Projektant czy też wykonawca konstrukcji niespełniającej wymogów technicznych może być ponadto pociągnięty do odpowiedzialności zawodowej. Kwestie tej odpowiedzialności reguluje prawo budowlane [1] w rozdziale 10 (art. 95-102).

Podsumowując, podczas wprowadzania do sprzedaży jakichkolwiek obiektów budowlanych, nawet o tak małej skali jak wiaty samochodowe, należy dokładać wszelkich starań w celu zapewnienia ich bezpiecznego, trwałego i niezawodnego funkcjonowania, gdyż leży to w najlepiej pojętym interesie nie tylko użytkowników takich obiektów, ale i samych dostawców.

Przedstawiony w niniejszej pracy przykład stanowi jedynie niewielki wycinek większego zagadnienia, jakim jest projektowanie konstrukcji i ma na celu zwrócenie uwagi potencjalnych klientów zainteresowanych zakupem wiat samochodowych na wybieranie ofert przejrzystych, przygotowanych w sposób należyty i zgodny z przepisami.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414 z późn. zm.
- [2] PN-EN 1990:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji, a) PN-EN 1990:2004/Ap1:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji, b) PN-EN 1990:2004/Ap2:2010 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji, c) PN-EN 1990:2004/AC:2008 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji
- [3] PN-EN 1991-1-1:2004 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-1: Oddziaływania ogólne. Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [4] PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem
- [5] PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru
- [6] PN-EN 1991-1-6:2007/AC:2008 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-6: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania w czasie wykonywania konstrukcji
- [7] PN-EN 1993-1-1:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [8] 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
- [9] PN-EN 1993-1-8:2006 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-8: Projektowanie węzłów
- [10] PN-EN 1992-1-1:2008 Projektowanie konstrukcji z betonu. Reguły ogólne i reguły dla budynków