

# BŁĘDY PRZY PROJEKTOWANIU STAŁYCH I TYMCZASOWYCH HAL NAMIOTOWYCH

ANNA RAWSKA-SKOTNICZNY, e-mail: [anea.rawska@gmail.com](mailto:anea.rawska@gmail.com)

ANDRZEJ MARYNOWICZ

MAREK NALEPKA

Politechnika Opolska

**Streszczenie:** Hale namiotowe zaczynają być stosowane coraz częściej nie tylko przy organizacji krótkotrwałych imprez, ale stają się także obiektami całorocznymi. Rodzi to szereg komplikacji prawno-technicznych związanych z użytkowaniem tych lekkich obiektów w naszej strefie klimatycznej, w której bardzo istotne jest obciążenie śniegiem. Praktyka i wiedza autorów wskazuje, że zarówno producenci, jak i projektanci oraz użytkownicy nie radzą sobie z problemami generowanymi przez takie lekkie konstrukcje stalowe lub aluminiowe przekryte wiotkimi plandekami dachowymi. O ile jeszcze stanowisko producentów można tłumaczyć względami ekonomicznymi, związanymi z opłacalnością wykonania zlecenia, o tyle beztroška osób projektujących takie obiekty oraz zarządzających nimi z ramienia inwestora czy właściciela jest niezrozumiała. Jest to szczególnie ryzykowne w kontekście awarii i katastrof budowlanych, które miały miejsce w ostatnich latach. Czasem dopiero po jakimś mniej lub bardziej tragicznym zdarzeniu inwestor dowiadyuje się, że instrukcja użytkowania, którą otrzymał od producenta namiotu jest nic nie wartym, a czasem wręcz niezgodnym z prawem i wiedzą techniczną, zbiorem zapisów fizycznie niemożliwych do zrealizowania, a zakupiony wraz z obiektem powtarzalny projekt zawiera liczne błędy merytoryczne.

**Słowa kluczowe:** konstrukcje tymczasowe, konstrukcje stałe, błędy projektowe, hale namiotowe, stateczność

## 1. Katastrofy obiektów namiotowych

W przeciągu kilku ostatnich lat zawałiło się lub groziło zawaleniem kilkanaście dużych hal namiotowych<sup>1</sup>, o różnym przeznaczeniu. W 2010 roku pod naporem śniegu zawałił się namiotowy dach magazynu chmielu w pobliżu Poznania, o wymiarach w rzucie 16×20 m (rys. 1a). W tym samym roku runął dach hali namiotowej rzeszowskiej firmy, która magazynowała w nim płytki i elementy wyposażenia wewnątrz o wartości 800 tys. zł. Ubezpieczyciel odmówił wypłaty odszkodowania pomimo tego, że polisa obejmowała wypadki spowodowane przez śnieg argumentując, że na dachu było za dużo śniegu, a konstrukcja hali nie była przystosowana do użytkowania w zimie i nienależycie utrzymana.

W 2013 roku uległa katastrofie aluminiowa konstrukcja hali namiotowej o wymiarach 25,5×50 m nad tymczasowym, ogólnodostępnym lodowiskiem miejskim w Bydgoszczy (rys. 1b), postawiona jedynie na podstawie zgłoszenia budowlanego [1]. Na skutek tego wydarzenia nikt nie ucierpiał, ponieważ obsługa zdążyła ewakuować łyżwiarzy po usłyszeniu niepokojących odgłosów. Biegli wykonujący ekspertyzę wykazali liczne błędy konstrukcyjne

---

<sup>1</sup> Opisy powstały na podstawie odpersonalizowanych informacji na temat katastrof budowlanych uzyskanych z inspektoratów Nadzoru Budowlanego oraz materiałów prasowych. Lokalizację obiektu podano tylko w przypadku tych katastrof, które odbiły się głośnym echem w doniesieniach medialnych, a ich opisy można znaleźć w Internecie.

namiotu, a winą obarczyli właściciela firmy wykonawczej, notabene z zawodu inżyniera mechanika. Według doniesień prasowych z procesu sądowego, montażyści testowali wytrzymałość elementów konstrukcji namiotu zawieszając się we dwóch na przęsłach (sic!). Biegli wskazali również, że odśnieżanie dachu mogłoby zapobiec katastrofie, co wskazuje, że hala nie była dostosowana do krajowych warunków klimatycznych. Za pośrednie przyczyny katastrofy uznano montaż konstrukcji, wykonany niezgodnie z założeniami dokumentacji projektowej, brak właściwego zamocowania konstrukcji słupów hali w podłożu (rys. 6) oraz niewłaściwie naciągnięte poszycie dachu, utrudniające lub wręcz uniemożliwiające odśnieżanie [2].



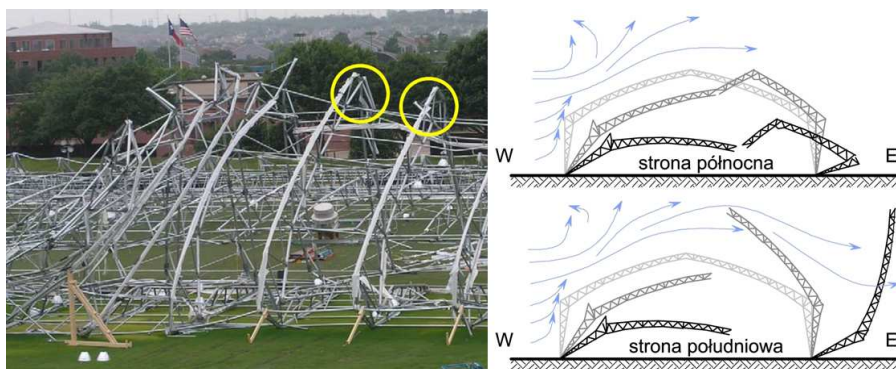
Rys. 1. Zawalone dachy namiotowe, a) magazyn chmielu koło Poznania, b) nad lodowiskiem miejskim w Bydgoszczy. Fot. PINB.

Dwa lata później runął dach lodowiska w Szczecinie, wybudowany na podstawie procedury zgłoszenia robót budowlanych. Obiekt miał wymiary w rzucie  $45 \times 25$  m i kubaturę  $5\,000$  m<sup>3</sup>. Po katastrofie oszacowano grubość pokrywy śnieżnej na około 5-7 cm – tu również szczęśliwie obyło się bez ofiar. Dźwigary i słupy wykonane były z aluminiowych kształtowników zamkniętych, o przekrojach mniejszych niż przewidywała dokumentacja, na których rozpięto jednowarstwowe poszycie dachowe i ścienne (rys. 2b). Wykonawca nieprawidłowo zbalastował słupy ścian podłużnych blokami betonowymi, ustawionymi na drewnianych paletach. Zostały one zamocowane do słupów pasami o szerokości 35 mm, z napinaczami (rys. 6) – rozwiązanie takie miało stworzyć pozory, że hala nie jest trwale zamocowana w gruncie (w projekcie nie określono sposobu posadowienia hali). Najbardziej kuriozalny był zapis w instrukcji, nakazujący „ogrzewać obiekt do temperatury, która spowoduje topnienie pokrywy śnieżnej na powierzchni dachu”, gdy tymczasem w hali działała stale instalacja schładzająca tafle lodowiska (sic!). Co ciekawe, ta sama firma wykonawcza miała wcześniej problemy z dużo mniejszą halą na Górnym Śląsku, w której po opadach śniegu zaczęły wyginać się płatwie. Szybka interwencja Nadzoru Budowlanego zapobiegła katastrofie, a obiekt wzmocniono zagęszczając układ płatwi.



Rys. 2. Zawalony dach namiotowy lodowiska w Szczecinie, a) widok ogólny, fot. Łukasz Szelemej, Radio Szczecin [3], b) zniszczone aluminiowe dźwigary, fot. PINB

Katastrofy hal namiotowych to nie tylko krajowa przypadłość. W 2011 roku na otwartym placu w New Delhi w Indiach runął ogromny namiot po ulewnych deszczach, zaś w nigeryjskim mieście Uyo, w trakcie uroczystości poświęcenia nowego kościoła w 2016 roku, na zgromadzonych runęła bez wyraźniej przyczyny stalowa konstrukcja dachu krytego plandeką, zabijając 160 osób. Głośnym echem w mediach odbiła się też katastrofa hali sportowej w Dallas (Teksas, USA), o wymiarach w rzucie  $62 \times 123$  m i wysokości w kalenicy 26 m. Podczas treningu drużyny futbolu amerykańskiego Dallas Cowboys, w maju 2009 roku, silny wiatr powalił dach hali (rys. 3), raniąc trenera i jedenastu zawodników.



Rys. 3. Schemat katastrofy dachu namiotowego hali sportowej w Dallas, USA, fot. NIST [4]

Jedną z nietypowych katastrof było kilkukrotne zawalenie się pneumatycznego dachu hali sportowo-widowiskowej Metrodome w Minneapolis (Minnesota, USA). Dach został zaprojektowany jako powłoka dwuwarstwowa, wykonana ze specjalnej tkaniny z włókna szklanego pokrytego teflonem, o wymiarach w rzucie  $227 \times 192$  m i wyniesieniu kopuły 59 m. Aby utrzymać dach w stanie napiętym, konieczne było stałe tłoczenie pomiędzy warstwy powłoki powietrza (w ilości  $120 \text{ m}^3/\text{s}$ ), które, podgrzewane zimą, miało dodatkowo topić śnieg. Dach był w czasie eksploatacji pięciokrotnie uszkodzany z powodu warunków atmosferycznych. Nagromadzony śnieg lub silny wiatr rozrywały poszycie i powłoka opadała, po czym naprawiano ją, dźwigano żurawiami i ponownie nadmuchiwało. Po burzy śnieżnej w grudniu 2010 roku, gdy na dachu było ponad 40 cm śniegu, powłoka rozerwała się w kilku miejscach (rys. 4) i duża jej ilość spadła na boisko, co zarejestrowały kamery stadionowe. Z obawy, że upadek powłoki w trakcie zawodów sportowych może w końcu doprowadzić do wypadku śmiertelnego, podjęto decyzję o zmianie konstrukcji kopuły. Obiekt rozebrano ostatecznie w 2014 roku.



Rys. 4. Powłoka pneumatyczna nad halą Metrodome, która opadła rozerwana po dużych opadach śniegu i silnych wiatrach w 2010 roku, fot. Bobak Ha'Eri [5]

## 2. Normy i stan prawny

Obiekty z przekryciem namiotowym, w zależności od rodzaju, są budowane na podstawie pozwolenia budowlanego, lub tylko zgłoszenia, o ile spełniają kryteria tymczasowych obiektów budowlanych, niepołączonych trwale z gruntem i przewidzianych do rozbiórki lub przeniesienia w inne miejsce w terminie nie dłuższym niż 120 dni. W tym pierwszym przypadku konieczne jest dołączenie do dokumentacji projektu budowlanego, w drugim teoretycznie wystarczą odpowiednie szkice lub rysunki. Istnieje przepis, na podstawie którego właściwy organ może nałożyć obowiązek uzyskania pozwolenia na wykonanie określonego obiektu (art. 30. pkt 7. Ustawy Prawo budowlane [6], dalej Pb), jednak zdaniem autorów urzędy zbyt rzadko z niego korzystają. Nadzór budowlany ma obowiązek nadzorowania i kontroli warunków bezpieczeństwa ludzi i mienia (art. 81. 1. Pb), ma również prawo do żądania od inwestora wszelkich wyjaśnień, a nawet dostarczenia ekspertyz, w celu ustalenia faktycznego stanu technicznego budynku (art. 81c ust. 2. Pb). Żądając wyjaśnień lub zlecając ekspertyzę, organ musi wykazać, jakie przesłanki leżą u podstaw nałożenia tego obowiązku oraz wskazać przepisy techniczne, co do zgodności z którymi istnieją wątpliwości. W przypadku żądania ekspertyzy musi ponadto wskazać przyczyny, z powodu których nie jest w stanie samodzielnie ocenić stanu technicznego obiektu. W organach nadzoru budowlanego są zatrudnieni inżynierowie posiadający odpowiednie wykształcenie, jednak nie zawsze ich wiedza jest wystarczająca, ponadto urząd może nie mieć możliwości technicznych przeprowadzenia stosownych analiz i badań. W takich wypadkach można skorzystać z pomocy rzeczoznawcy, bowiem ekspertyza budowlana jest dowodem wysokospecjalistycznym. Zdaniem autorów, ekspertyzy takie należałoby również wykonać prewencyjnie, w trakcie budowy hal, o ile zachodzi uzasadnione podejrzenie zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi.

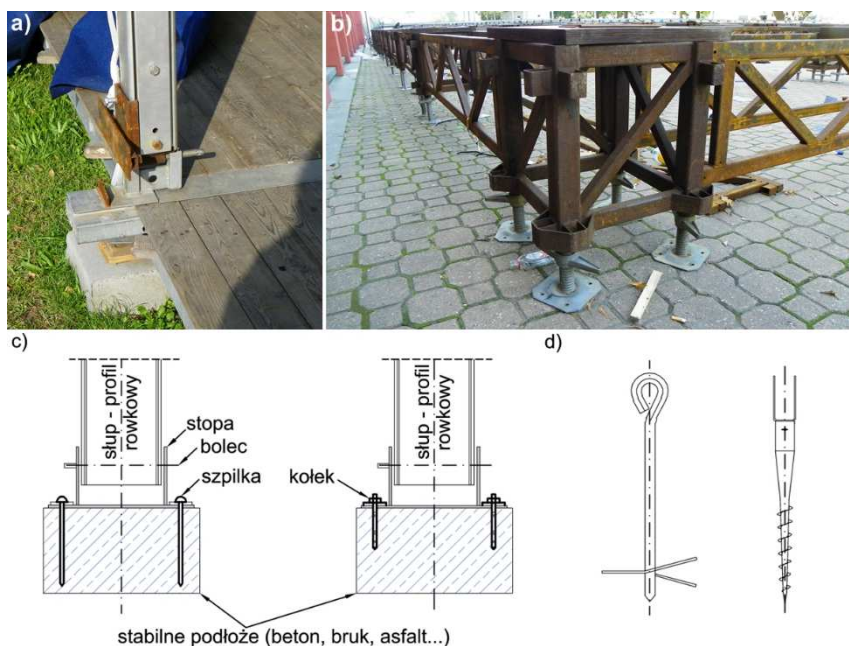
W świetle art. 5. Pb [6] obiekt budowlany należy projektować i budować zapewniając m.in. spełnienie podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych. Dotyczy to również tymczasowych obiektów budowlanych, które w świetle orzecznictwa sądowego są obiektami budowlanymi posiadającymi dodatkowe szczególne cechy – krótszy czas użytkowania oraz brak trwałego powiązania z gruntem [7]. Posiadanie tych szczególnych cech nie zmienia faktu, że zawsze mamy do czynienia z obiektem budowlanym, zatem mają do niego zastosowanie wszystkie przepisy dotyczące takich obiektów, w szczególności dotyczące spełnienia stanów granicznych bezpieczeństwa [8]. Zdaniem sądów, ustawowe cechy budynku i tymczasowego obiektu budowlanego tak dalece upodobniają te kategorie obiektów, że trudno byłoby znaleźć racjonalne powody wyłączenia tymczasowego obiektu budowlanego spod działania przepisów budowlanych oraz norm. Od 2003 roku ustawa o normalizacji [9] zniósła, co prawda, obowiązek stosowania polskich norm, jednak w przepisach budowlanych nie są określone inne drogi spełnienia wymagań podstawowych bezpieczeństwa obiektów budowlanych. Zatem, obowiązek stosowania norm, dobrowolnych w świetle ustawy o normalizacji, jest w nich niejako ukryty. Aktualne normy europejskie zostały przez autorów przytoczone w artykule [10], przy czym bardziej szczegółowo opisano w nim problematykę stosowania normy dotyczącej projektowania hal namiotowych, PN-EN 13782 [11].

Odseparowaną kwestią jest wymóg braku trwałego związania z gruntem (rys. 5a, b), konieczny do uznania obiektu za tymczasowy. Uznanie, iż dany obiekt jest trwale związany z gruntem, wiąże się z łącznym spełnieniem dwóch przesłanek: połączenie musi mieć trwały charakter w sensie czasowym oraz fizycznym. Pierwsza przesłanka jest oczywista (zależy od czasu użytkowania), natomiast drugą może zinterpretować tylko osoba kompetentna. Sens fizyczny trwałego związania obiektu budowlanego z gruntem należy rozumieć w kontekście mechaniki budowli i sprowadza się on do oceny, czy możliwe jest odłączenie obiektu budowlanego od podłoża w sposób nie powodujący zmiany jego schematu statycznego, a co za tym idzie – nośności.

Analizując zagadnienie przez pryzmat zapewnienia stateczności obiektu nie sposób przyjąć, aby hala namiotowa mogła być nietrwale związana z gruntem. Brak trwałego związania z gruntem prowadziłby bowiem do ryzyka przewrócenia, poderwania lub przesunięcia hali pod wpływem działania wiatru, co przy uwzględnieniu jej rozmiarów i masy stanowiłoby ogromne zagrożenie. Takie rozumienie pojęcia „trwale związane z gruntem” jest prezentowane w orzecznictwie sądów administracyjnych [12–16]:

- „o trwałym związaniu z gruntem nie decydują możliwości techniczne przeniesienia tego obiektu w inne miejsce. Podstawowe znaczenie ma natomiast ustalenie, czy posadowienie jest na tyle trwałe, że opiera się czynnikiem mogącym zniszczyć ustawioną na nim konstrukcję i zapewnia bezpieczeństwo. O tym, czy dany obiekt jest trwale związany z gruntem w istocie decydują jego parametry techniczne: wielkość, jego konstrukcja, przeznaczenie i względy bezpieczeństwa”,
- „obiekt budowlany trwale związany z gruntem musi co do zasady posiadać odpowiednio przygotowane podłoże wymagające wykonania stosownych robót ziemnych. Należy przez to rozumieć mocne połączenie w takim stopniu, że odłączenie spowodowałoby zasadniczą zmianę w sensie technicznym uniemożliwiającą np. ponowne posadowienie danego obiektu w innym miejscu bez konieczności ponownego przygotowania podłoża. Sama tylko techniczna możliwość przeniesienia obiektu na inne miejsce nie ma zatem istotnego znaczenia”.

Zatem sam wymóg powiązania słupów hali z gruntem przez odpowiednie zakotwienie (rys. 5 c, d), uniemożliwia uznanie jej za tymczasowy obiekt budowlany. Nietrwale połączenie jest możliwe tylko w przypadku niewielkich obiektów namiotowych, stawianych na krótki czas.



Rys. 5. Przykłady związania obiektu budowlanego z gruntem, a) nietrwalego małej hali namiotowej, b) nietrwalego podłogi dużej hali namiotowej, c) trwałego za pomocą kotwienia szpilek lub kółkami do podłoża, d) kotwy do wkręcania w grunt (połączenie trwałe, nośność można określić tylko badaniami)

Istnieją zatem przepisy, dzięki którym można zawsze wyegzekwować projekt budowlany hali namiotowej, nawet jeśli inwestor próbuje ją wybudować jako tymczasowy obiekt

budowlany. Nie ma zatem potrzeby wprowadzania dodatkowych obostrzeń prawnych, co postulują autorzy artykułu [1]. Jednak stosowanie istniejących przepisów wymaga wiedzy w zakresie projektowania, dlatego autorzy w dalszej części artykułu wskażą, jakie błędy pojawiają się w projektach budowlanych i na co należy zwrócić uwagę przy ocenie bezpieczeństwa obiektów namiotowych na podstawie oględzin obiektu i jego dokumentacji.

### 3. Posadowienie

Podstawową kwestią, która decyduje o bezpieczeństwie obiektu budowlanego, jest sposób posadowienia. W celu zakwalifikowania hal namiotowych do grupy obiektów tymczasowych producenci hal stosują różnego rodzaju wybiegi. Przykładowo, w dokumentacji hal pojawiają się zapisy o konieczności balastowania konstrukcji, jednak bez podania konkretnego rozwiązania. Jedno z takich „innowacyjnych” podejść do problemu pokazano na rys. 6, gdzie ze względu na brak określenia w projekcie sposobu posadowienia hali wykonawca załadował bloczki betonowe na drewniane palety i przymocował je do słupów za pomocą pasów z klamrami. Widać tu wyraźnie próbę ominięcia przepisów i zakwalifikowania obiektu jako „nietrwale związanego z gruntem”, co pozwoliło inwestorowi uniknąć procedury uzyskania pozwolenia budowlanego. Niestety, właściwy organ uległ tej sugestii, a błąd ten, wraz z kilkoma innymi, przyniósł w krótkim czasie niezamierzony skutek, już po niewielkich opadach śniegu (rys. 2).



Rys. 6. Balastowanie stopy słupa bloczkami betonowymi na palecie, jako sposób uniknięcia „trwałego zamocowania w gruncie”, fot. PINB

### 4. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe

Producenci i projektanci hal namiotowych najczęściej powołują się na zapis normy PN-EN 13782 [11], który pozwala przyjmować zmniejszone obciążenie śniegiem o wartości  $0,2 \text{ kN/m}^2$ . Jednocześnie przemilczają warunki, przy których praktyka taka jest dozwolona. Pomijają też niewygodny zapis o obowiązku dołączania poradnika obsługi namiotu, który powinien zawierać dokumentację techniczną dotyczącą warunków eksploatacji, sposobu budowy, funkcjonowania i utrzymania, napraw i modyfikacji, jak również przeglądów. Poza opisem i rysunkami technicznymi, norma nakłada obowiązek wykonania analizy statycznej ustroju konstrukcyjnego według teorii I i II rzędu. Ze względu na dosyć lekką konstrukcję hal namiotowych, których masa często nie jest w stanie zrównoważyć obciążeń wiatrem, norma nakazuje uważne sprawdzenie stateczności i odkształceń układu, które mogą być bardziej istotne niż stany graniczne nośności. Bezpieczeństwo należy sprawdzić ze względu na możliwość przewrócenia, poślizgu

i podnoszenia. Jeśli ciężar własny samego obiektu będzie zbyt mały do zrównoważenia, to namiot należy zakotwić, zastosować przeciwwagi lub przypory. Wszystkie te zapisy sprawdzają się do obowiązku wykonania obliczeń statyczno-wytrzymałościowych przez uprawnionego projektanta, bowiem nie można w inny sposób określić jakie reakcje podporowe mogą wystąpić w całym okresie eksploatacji hali namiotowej. Szerzej zagadnienia te autorzy opisali w artykule [10], stąd w dalszej części ograniczą się do opisanego błędów i niezrozumiałych zapisów, które pojawiają się w projektach budowlanych dołączanych do wniosku o pozwolenie na budowę lub dokumentach dołączanych do zgłoszenia.

## 5. Błędy i niejasne zapisy w projektach hal namiotowych

Podstawowe błędy, które pojawiają się w zarówno w projektach typowych, jak i w ich adaptacjach do konkretnych warunków lokalizacyjnych, można ogólnie podzielić na kilka rodzajów. Autorzy posiadają w swoim archiwum kilkanaście kopii takich projektów z lat 2007–2016, różnych projektantów i z różnych regionów Polski. Niestety, żaden z nich nie jest wykonany prawidłowo, choć do każdego projektu dołączone jest oświadczenie projektanta o wykonaniu projektu zgodnie ze sztuką budowlaną, przepisami i zasadami wiedzy technicznej. Błędy dotyczą zarówno przyjmowania obciążeń, modelowania układów konstrukcyjnych, jak i metod wymiarowania. Powszechnie spotykanym błędem jest mieszanie kompletów norm wycofanych PN-B i aktualnych PN-EN – w jednym z projektów autor powołał się jednocześnie na sprzeczne zapisy norm krajowych i niemieckich norm DIN. W większości projektów typowych brakuje zdefiniowania wartości przyjętych obciążeń i ich kombinacji, przyjętych schematów statycznych, wartości sił przekrojowych, a szczególnie reakcji podporowych – nie wiadomo zatem na jakiej podstawie należy wykonać adaptację projektu typowego do miejscowych warunków klimatycznych i geotechnicznych. W halach stosowane są tylko poprzeczne, wiotkie stężenia o bardzo małych przekrojach ( $\phi 8$  lub  $\phi 10$ ), które, przy braku jakichkolwiek stężeń podłużnych, nie są w stanie zapewnić wymaganej sztywności podłużnej hali. Bezskrytycznie usuwane są też stężenia pionowe ścian podłużnych, gdy w ich miejscu inwestor planuje umieścić bramy.

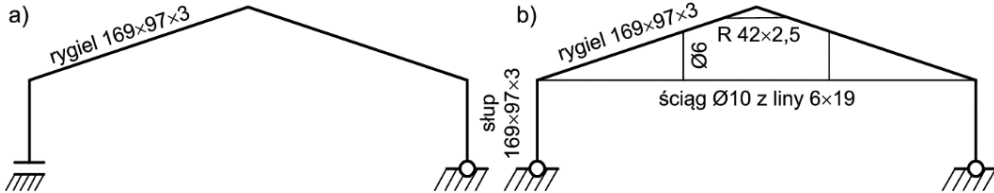
Jeśli już pojawia się jakiś model obliczeniowy, to najczęściej nie odpowiada on rzeczywistości (rys. 7). Przykładowo, przyjmowany jest model sztywnego połączenia stopy słupa z fundamentem lub podłożem, choć mocowanie odbywa się za pomocą niewielkich szpilek czy kołków (rys. 5c, 5d), które z pewnością nie są w stanie przenieść pełnego momentu zginającego. Parametry szpilek nie są w ogóle sprecyzowane, nie wiadomo na przykład jakie mają mieć średnice – z rysunków wynika, że są bardzo małe, porównywalne ze średnicą ścianek rur słupów, co wygląda groteskowo w porównaniu z gabarytami i masą fundamentu. Inny wariant rzekomo sztywnego mocowania polega na mocowaniu słupa nakrętkami do końcówek „koszy”, wystających ze stóp fundamentowych.

W ramach modelowane są węzły sztywne, choć jest to dyskusyjne, bo w połączeniach są wyraźne luzy początkowe. Bardziej właściwy byłby więc model węzła nieliniowego.

Najwięcej błędów autorzy znaleźli przy wymiarowaniu. Konstrukcje aluminiowe wymiarowane były zawsze na podstawie normy stalowej PN-EN 1993-1-1 [17]. Płatwie dachowe, mocowane do ram głównych za pomocą połączeń haczykowych, są modelowane jako belki wolnopodparte, bez uwzględnienia ściskania osiowego i wyboczenia, choć są one jedynymi elementami, które usztywniają halę w kierunku podłużnym. Wyboczenie nie jest również uwzględniane w ryglach głównych, choć ich długości wyboczeniowe są bardzo duże. Duży niepokój budzi sposób, z jaki niektórzy projektanci „radzą” sobie w przypadku, gdy w programie obliczeniowym otrzymują siłę ściskającą w pręcie – po prostu wyłączają analizę wyboczenia (sic!). Błędy znalezione w analizowanych projektach opisano poniżej.

### Przykład 1

Projekt typowy (powtarzalny) wykonany został na podstawie kompletu norm PN-B, z przywołaniem normy namiotowej PN-EN 13782 [11] i redukcją obciążenia śniegiem do wartości  $0,2 \text{ kN/m}^2$ . W dokumentacji projektant zawarł zapis: „obliczenia wykonano metodą naprężeń dopuszczalnych i stanów granicznych” Schemat ramy aluminiowej do obliczeń przyjął jako statycznie wyznaczalny (rys. 7a, model liczony metodą naprężeń dopuszczalnych!), gdy na rysunkach rama ma schemat ze ściąganiem jak na rys. 7b.



Rys. 7. Niezgodność modelu z wykonaniem hali namiotowej, a) model obliczeniowy, b) model przyjęty przez autorów na podstawie analizy rysunków konstrukcyjnych ramy

### Przykład 2

Projektant dokonał adaptacji powtarzalnego projektu hali do warunków lokalizacji wg wycofanych norm obciążeniowych i konstrukcyjnych PN-B, ale z przywołaniem normy PN-EN 13782 [11] i redukcją obciążenia śniegiem do wartości  $0,2 \text{ kN/m}^2$ . Projekt posadowienia wykonał wg norm PN-EN 1997 [18], ale ze współczynnikami z wycofanych norm PN-B (sic!). W dokumentacji zawarł zapis: „konstrukcję hali namiotowej uznaje się za obiekt tymczasowy”, choć zaprojektował trwale zamocowane do gruntu za pomocą masywnej żelbetowej stopy fundamentowej  $80 \times 80 \times 140 \text{ cm}$ . Inne intrygujące zapisy dotyczyły konieczności demontażu hali w przypadku przewidywanych porywistych wiatrów (gdy prędkość przekracza  $50 \text{ km/h}$ ) oraz konieczności demontażu obiektu na okres zimowy, choć hala była planowana jako całoroczna.

### Przykład 3

Już na pierwszych stronach projektu znalazł się zaskakujący zapis: „Ze względu na charakter obiektu oraz przyjęty rodzaj pokrycia połaci dachu przyjęto dopuszczalne obciążenie śniegiem dla połaci dachu w ilości  $0,2 \text{ kN/m}^2$ ”, co oznacza, że zdaniem projektanta to nie warunki środowiskowe determinują obciążenia, ale funkcja i materiał, z którego jest zbudowany obiekt (sic!).

Pomimo przywołania normy PN-EN 13782 [11], projektant zastosował wycofane normy obciążeniowe i konstrukcyjne PN-B, ale same obciążenia zestawiał ze współczynnikami 1,35 i 1,5, co wskazywałoby jednak na normy PN-EN. Również parametry materiałowe stali są przywołane wg norm PN-EN. W raporcie z programu komputerowego są już inne współczynniki, projektant żongluje nimi tak, żeby nośność elementów była zachowana. I tak obciążenia stałe do kombinacji przyjmuje ze współczynnikiem 1,1, a zmienne – bez względu na to, czy chodzi o śnieg czy wiatr – ze współczynnikiem 1,3 (projekt jest datowany na 2014 rok, więc nawet w starych normach PN-B współczynniki już były zwiększone do 1,5).

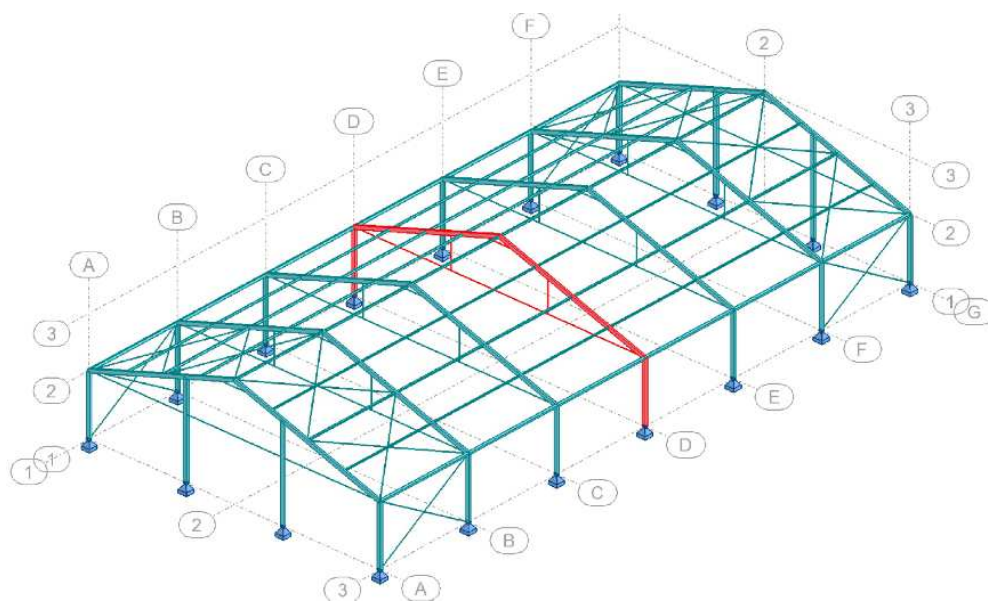
Jeszcze ciekawsze jest samo wymiarowanie profili o przekroju zamkniętym, a więc z założenia konstrukcyjnie zabezpieczonych przed zwichrzeniem – w zależności od potrzebnego poziomu wyężenia dla poszczególnych płatew (modelowanych prawdopodobnie jako ciągłe – zginane dwukierunkowo i ściskane) uwzględnia możliwość zwichrzenia (ale bez wybożenia) lub zakłada, że ani zwichrzenie, ani wybożenie nie wystąpi. Podobnie jest przy ryglu (również zginanym dwukierunkowo i ściskanym), nie przewiduje dla niego żadnej możliwości utraty stateczności ogólnej. Powód zaniżania współczynników obciążeń oraz nieuwzględniania wybożenia staje się zrozumiałą, bo dzięki temu poziom wyężenia elementów nie przekracza 0,97.



## 6. Analiza obliczeniowa wybranej hali namiotowej

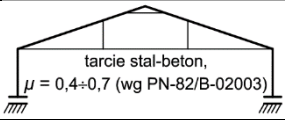
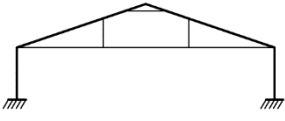
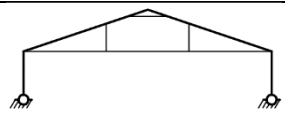
W celu potwierdzenia nieprawidłowości wymienionych w poprzednim punkcie autorzy wykonali przestrzenny model obliczeniowy hali o wymiarach w rzucie  $15 \times 30$  m i wysokości ściany 3 m, ze ściągiem podwieszonym w dwóch punktach do rygła dachowego (rys. 8). Przekroje zostały przyjęte jak na rys. 7b. Analizie zostały poddane trzy modele różniące się schematem podpór. Pierwszy model dotyczył przypadku nietrwalego sposobu zamocowania hali w gruncie, z podporami opartymi na podłożu betonowym. W tym celu przyjęto podpory przesuwne, z tarciami na styku spodu słupa i podłoża. Ze względu na brak współczynnika tarcia układu beton-stal w normach PN-EN, wykorzystano normę PN-82/B-02003 [19] jako element wiedzy technicznej i przyjęto z tablicy Z2-1 współczynnik z zakresu 0,4–0,7. W kolejnych modelach przyjęto podpory sztywne i najbliższe rzeczywistości – przegubowe. W analizowanych układach przyjęto najmniejsze możliwe wartości obciążeń wiatrem wg normy wiatrowej PN-EN 1991-1-4 [20] (strefa 1, kategoria terenu 4), oraz dwa warianty obciążenia śniegiem: – zmniejszone, wg normy dotyczącej namiotów PN-EN 13782 [11], o wartości  $0,2 \text{ kN/m}^2$ , – najmniejsze możliwe, na podstawie normy śniegowej PN-EN 1991-1-3 [21], (strefa 1), o wartości  $0,56 \text{ kN/m}^2$ .

Uzyskane z obliczeń poziomy wytyżenia dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych przedstawiono w tabl. 1 (kolorem czerwonym oznaczono przekroczenia nośności).



Rys. 8. Model obliczeniowy analizowanej hali namiotowej; czerwonym kolorem wyróżniono ramę analizowaną w tablicy 1

Tablica 1. Maksymalne poziomy wyteżenia w elementach hali namiotowej dla różnych modeli obliczeniowych, przy obciążeniu wiatrem jak dla strefy 1 i kategorii terenu 4

Schemat statyczny	Charakterystyczne obciążenie śniegiem [kN/m <sup>2</sup> ]	Wyteżenie				
		rygiel [%]	stup [%]	platew [%]	ściągi [%]	odrywanie [kN]
	dowolnie małe	układ traci stateczność				
	0,2	106	50	90	80	4
	0,56	282	121	221	208	2
	0,2	196	58	90	109	5
	0,56	221	177	220	250	–

## 7. Wnioski

Nie zawsze wykonanie robót bez pozwolenia na budowę i projektu budowlanego oznacza powstanie zagrożenia. W sytuacjach, których stan techniczny i bezpieczeństwo użytkowania nie budzi wątpliwości, nie jest konieczne wykonywanie złożonych analiz. Jednak może to zdarzyć się tylko w sytuacjach oczywistych, gdy ponad wszelką wątpliwość zostaną rozstrzygnięte, przez osoby kompetentne, kwestie związane z bezpieczeństwem konstrukcji i użytkowania [22]. Wyniki analizy dokumentacji obiektów namiotowych, w kontekście katastrof budowlanych opisanych we wstępie, mogą wskazywać na to, że obiekty te należy traktować z bardzo dużą ostrożnością, a wręcz niepokojem o bezpieczeństwo ludzi lub mienia. Konieczne jest uporządkowanie tej części rynku budowlanego, w czym autorzy upatrują przede wszystkim zadania dla organów nadzoru budowlanego.

Bezpieczne użytkowanie obecnie produkowanych hal namiotowych z dwuspadowymi dachami, możliwe jest w zasadzie tylko w okresie od wiosny do jesieni. Nie są one bowiem odporne na działanie śniegu, który może z dużym prawdopodobieństwem wystąpić w naszej strefie klimatycznej. Analiza katastrof budowlanych, opisanych we wstępie, pokazuje, że nie można ich zabezpieczyć przed gromadzeniem się śniegu jedynie dzięki rozwiązaniom konstrukcyjnym, a odśnieżanie nie jest ani możliwe, ani skuteczne.

W ostatnich latach coraz częściej spotkać można namioty z dachami łukowymi lub w kształcie kopuły (rys. 9). Mają one ciekawą formę i duże możliwości aranżacji wewnątrz, są również stosunkowo łatwe w montażu, a ich kształt umożliwia realizację odpowiedniego napięcia powłoki dachu. Można łączyć je ze sobą, czego znanym przykładem jest zespół trzynastu sztywnych kopuł tworzących "Kosmiczne miasteczko" radia RMF FM w okolicach Krakowa. Zdaniem autorów na tego typu konstrukcje powinni zwrócić uwagę producenci hal namiotowych.



Rys. 9. Salon firmowy w Bielsku-Białej – namiotowa kopuła geodezyjna

### Literatura i orzecznictwo sądowe

1. Chruściel W., Kuczyński K.: Bezpieczeństwo użytkowania obiektów tymczasowych na przykładzie hali namiotowej. XXVII Konferencja naukowo-techniczna Awaryjne Budowlane, Szczecin-Międzyzdroje, 20–23 maja 2015.
2. Komunikat nr 2/2013 Powiatowego Inspektora Nadzoru Budowlanego dla Miasta Bydgoszczy, w sprawie przyczyn katastrofy budowlanej konstrukcji hali namiotowej przy ul. Magnuszewskiej.
3. Materiały ze strony internetowej Radia Szczecin, [www.radioszczecin.pl](http://www.radioszczecin.pl), [dostęp: 15 stycznia 2017].
4. Final Report on the Collapse of the Dallas Cowboys Indoor Practice Facility, NISTIR 7661, National Institute of Standards and Technology, USA 2009.
5. Materiały informacyjne serwisu Wikipedia Commons, <http://en.wikicommons.org/> [dostęp: 15 stycznia 2017].
6. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity Dz.U. 2010.243.1623, z późniejszymi zm.).
7. Wyrok Naczelnego Sądu Administracyjnego w Warszawie z dnia 6 października 2005 r., sygn. akt II OSK 71/05.
8. Kowal, A. Bezpieczeństwo hal namiotowych. Przegląd Budowlany nr 5/2010.
9. Ustawa z dnia 3 kwietnia 1993 r. o normalizacji (Dz.U. 1993.55.251).
10. Rawska-Skotniczny A., Marynowicz A.: O projektowaniu hal namiotowych w kontekście norm europejskich. Inżynieria i Budownictwo 3/2016.
11. PN-EN 13782 Obiekty tymczasowe. Namioty. Bezpieczeństwo.
12. Wyrok NSA w Warszawie z dnia 29 lipca 2010 r., sygn. akt II OSK 1233/09.
13. Wyrok NSA z dnia 10 września 2010 r., sygn. akt II OSK 1361/09.
14. Wyrok WSA w Warszawie z dnia 2 marca 2010 r., sygn. akt VII SA/Wa 2285/09.
15. Wyrok NSA z dnia 5 czerwca 2009 r., sygn. akt II FSK 296/08.
16. Wyrok NSA z dnia 4 lutego 2014 r., sygn. akt II FSK 317/12.
17. PN-EN 1993-1-1 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
18. PN-EN 1997 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne.
19. PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.

20. PN-EN 1991-1-4 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-4: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania wiatru
21. PN-EN 1991-1-3 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-3: Oddziaływania ogólne. Obciążenie śniegiem.
22. Wyrok WSA w Poznaniu z dnia 6 maja 2015 r., sygn. akt II SA/Po 157/15.

## **ERRORS IN THE DESIGN OF TEMPORARY AND SOLID FABRIC STRUCTURES**

**Abstract:** Nowadays fabric in buildings is used not only in temporary but also in permanent structures. This generates the new technical and legal problems caused mainly by the Polish climate conditions, especially snow and wind for different regions of Poland. The main misunderstanding occurs between designers and investors. The third factor is the economic policy of the producers, who often tend to maximize their profits and it may have disadvantageous influence on structure's safety. This approach is highly dangerous, especially in the context of recent failure and collapses. One of the most important part of the final documentation is the manual of maintenance, which is unfortunately the weakest point for many existing fabric structures, having number of errors and provisions which are impossible to apply.

**Keywords:** temporary structures, design errors, fabric buildings, stability