

Rzeszów, 2022



**POLITECHNIKA
RZESZOWSKA**
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



**WYDZIAŁ
BUDOWNICTWA,
INŻYNIERII ŚRODOWISKA I
ARCHITEKTURY
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ**

Konstrukcje Drewniane

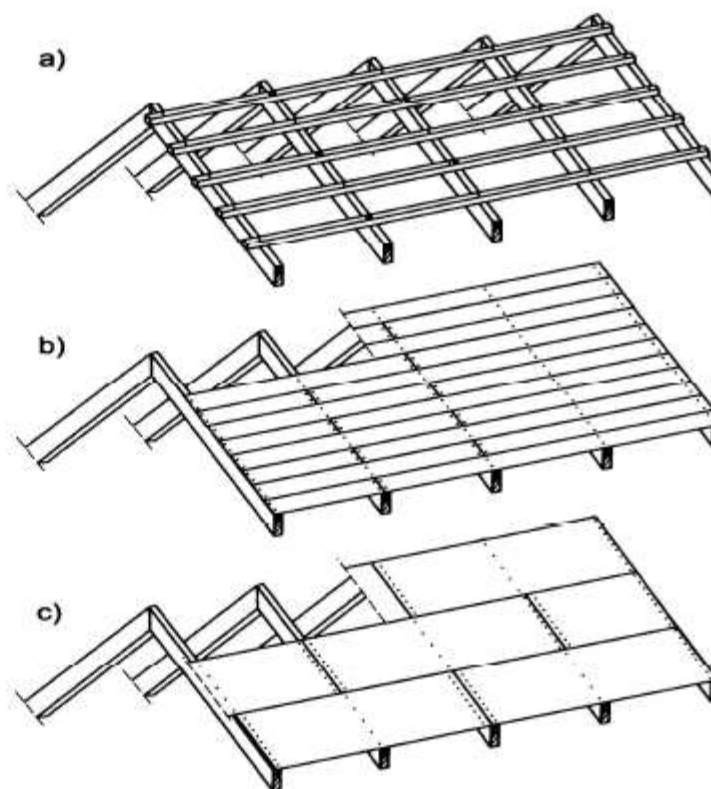
Podkłady pod poszycie dachowe

Prowadzący: mgr inż. Angelika Raczak
Katedra Konstrukcji Budowlanych PRz

PODKŁADY POD POKRYCIE DACHOWE – ŁACENIE, DESKOWANIE

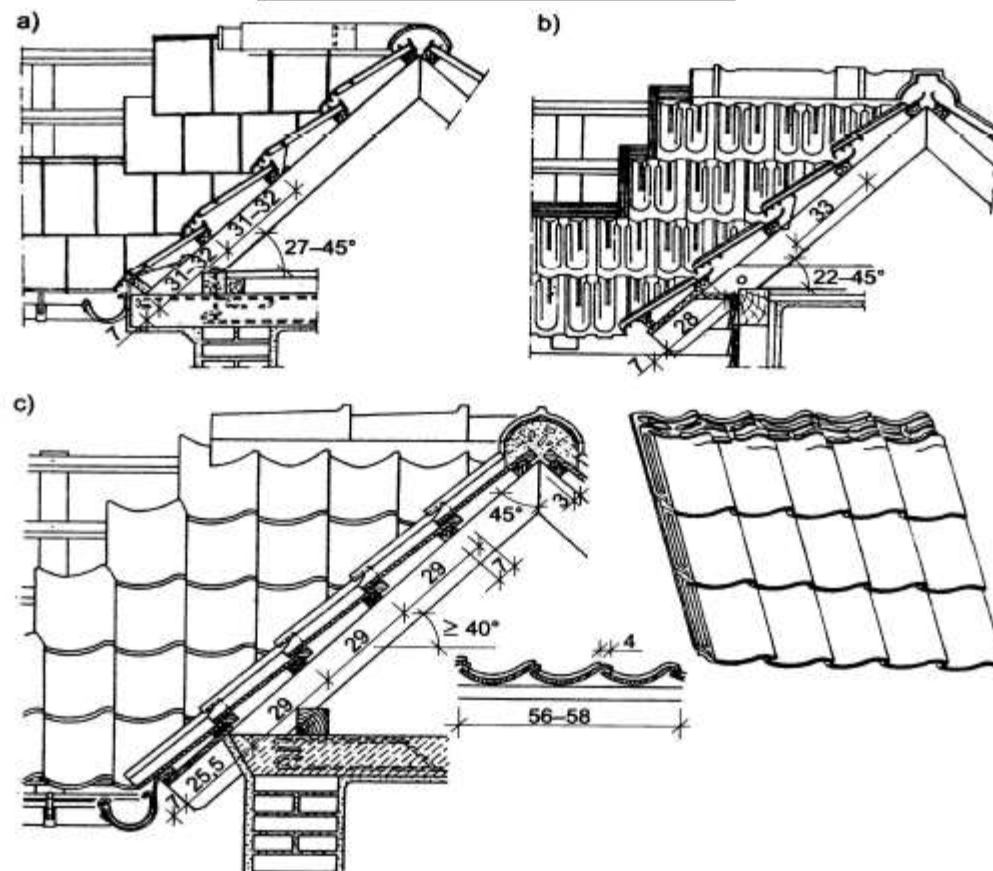
W zależności od rodzaju pokrycia i materiału użytego do wykonania konstrukcji dachu stosowane są różne rodzaje podkładów pod pokrycie. W dachach drewnianych mogą nimi być łąty, płyty drewnopochodne lub deskowanie (rys. 9.37).

b



Rysunek 9.37. Podkłady pod pokrycia dachowe: a) obłacenie, b) deskowanie pełne, c) podkład z płyt drewnopochodnych

Podkład z łąt, nazywany także obłaceniem, stosuje się pod pokrycie dachów drewnianych trzcina, gontem, łupkiem, dachówką, blachą falistą oraz płytami falistymi: włóknisto-cementowymi, PVC i bitumicznymi. Łaty są elementami z drewna litego o przekroju prostokątnym lub kwadratowym, co najmniej 38/38 mm i długości nie mniejszej niż podwójna odległość między podporami, którymi przeważnie są krokwie. Długość łąt wynosi zwykle 3–4 m, a ich rozstaw 0,25–0,50 m. Rozstaw krokwi zawiera się w przedziale 0,8–1,2 m, zatem łaty są zwykle belkami wieloprzęslowymi, przy czym do wyznaczenia wartości sił wewnętrznych przyjmuje się schemat belki dwuprzęsłowej, co jest założeniem prowadzącym do otrzymania wyników po stronie bezpiecznej. Łaty pracują na zginanie ukośne, wynikające z oparcia na pochyłych krokwiach, więc w obliczeniach operuje się obciążeniami rozłożonymi na składowe działające prostopadle i równoległe do połaci dachowej.

POKRYCIA DACHOWE

Rysunek 9.41. Pokrycie dachówką, wg [15]: a) zakładkową, b) marsylską, c) holenderską

9.11.6. Krycie blachą płaską

Do krycia blachą płaską w arkuszach używa się blach stalowych ocynkowanych, cynkowych, stalowych powlekanych, cynkowo-tytanowych, aluminiowych oraz miedzianych. Minimalny spadek dachu przy kryciu arkuszami płaskimi z blachy wynosi 3° , jednak zaleca się, żeby nie był mniejszy niż 7° . Taki spadek gwarantuje prawidłowy odpływ wody – nie powstają kałuże.

Minimalne i zalecane spadki połaci dachowych przy zastosowaniu poszczególnych rodzajów blach zestawiono w tablicy 9.2.

Tablica 9.2. Spadki połaci dachowych przy kryciu blachą

Rodzaj blachy	Kąt pochylenia połaci, stopnie	
	minimalny	zalecany
Stalowa ocynkowana	11	16–35
Cynkowo-tytanowa	7	≥ 16
Cynkowa	19	19–35
Aluminiowa	19	≥ 21
Miedziana	7	≥ 14

Niżej podano charakterystykę najczęściej stosowanych rodzajów blach płaskich do pokryć dachowych.

Blacha stalowa ocynkowana płaska, grubości 0,50–0,55 mm jest obustronnie ocynkowana metodą ogniową – warstwa cynku 275 g/m^2 oraz pokryta warstwą pasywacyjną. Arkusze o wymiarach $1000 \times 2000 \text{ mm}$ lub $1250 \times 2000 \text{ mm}$.

Blachy stalowe powlekane płaskie są wykonane z aluminium lub stali ocynkowanej, powlekanej obustronnie warstwą cynku lub warstwą aluminiowo-cynkową i pokrytej powłoką ochronną: poliestrową, akrylową lub z plastizolu. Grubość blachy 0,50–0,55 mm, arkusze o wymiarach $1000 \times 2000 \text{ mm}$ lub $1250 \times 2000 \text{ mm}$. Blachy powlekane stosuje się najczęściej jako obróbki blacharskie przy kryciu dachu blachami profilowanymi.

Blacha cynkowo-tytanowa ma grubość 0,50–0,55 mm, arkusze o wymiarach $1000 \times 2500 \text{ mm}$.

Blacha miedziana, grubości 0,50–0,55 mm, produkowana jest w taśmach szerokości 670 mm.

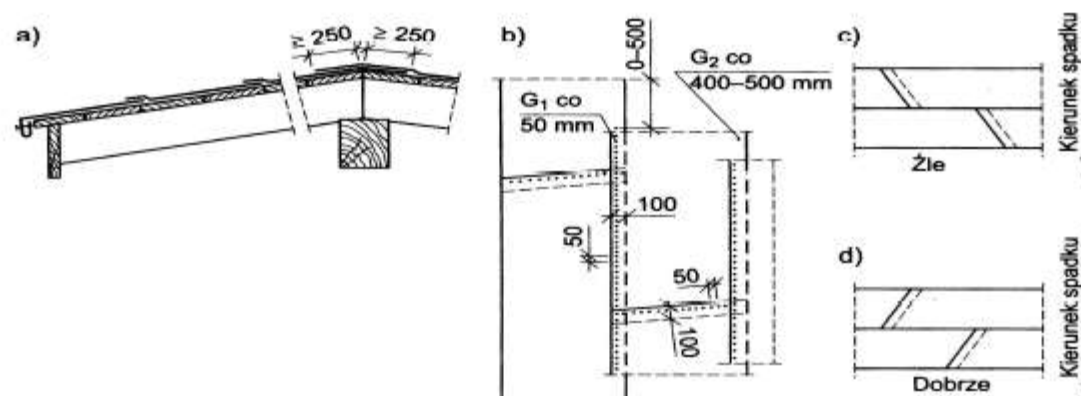
Blachy płaskie montuje się na pełnym lub ażurowym deskowaniu; może to być tradycyjne deskowanie z tarcicy iglastej (deski) lub z płyt wiórowych, np. OSB.

Przy kryciu blachami płaskimi można zasadniczo wyróżnić dwa typy łączenia arkuszy między sobą: poprzeczne – prostopadłe do kierunku spływu wody

Papa na deskowaniu

Taki rodzaj pokrycia wykonuje się obecnie na dachach o nachyleniu od 2 do 31°. Przy kącie $\alpha < 6^\circ$ należy uzyskać większą sztywność podłoża, stosując grubsze deski lub płyty drewnopochodne łączone na pióro i wpust.

Pokrycie pojedyncze. Na ogół układanie papy rozpoczyna od okapu pasami do niego równoległymi (jedynie przy pochyleniach połaci większych niż 30° prostokątymi) i przybija do podkładu ocynkowanymi gwoździami papowymi, sklejając zakładki w stykach lepikiem. Szerokość zakładów pół tego samego pasa, pasów sąsiadujących, rozstawy gwoździ mocujących i inne szczegóły pokazano na rysunku 9.44. Tam, gdzie występują silne wiatry, zaleca się krycie odcinkami

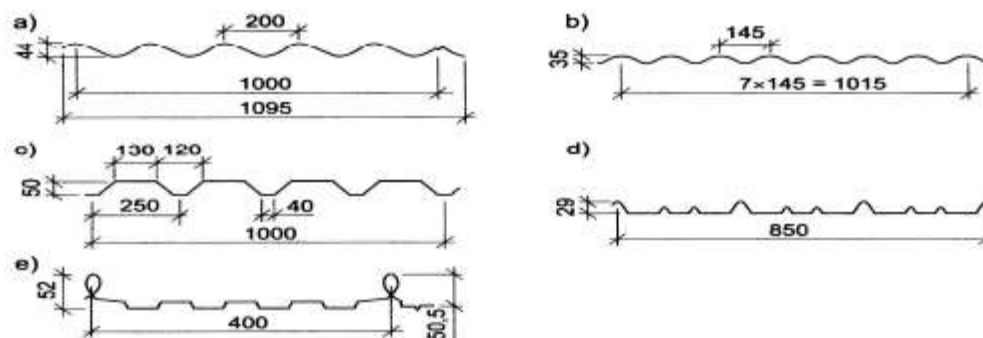


Rysunek 9.44. Pokrycie papą na deskowaniu, wg [15]: a) przekrój, b) widok, c) dobrze wykonane zakłady, d) źle wykonane zakłady

papy o długości od 2,5 do 5,0 m, uzyskując w ten sposób mocniejsze związanie pokrycia z podkładem. Nie wolno przyklejać papy do podłoża. Jeżeli nie ma rynny, papę zagina się i podwija na około 20 mm poniżej deski okapowej i przybija do niej gwoździami papowymi, rozstawionymi co 50 mm. Wzdłuż koszy przybija się pas papy sięgający co najmniej po 500 mm w każdą z obu stron i przykleja do niego skośnie ścięte końce pasów z przecinających się w koszu połaci.

Na rysunku 9.51 pokazano wybrane przykłady kształtów blach profilowanych, ograniczając się do przedstawienia jednego rozmiaru z danego rodzaju. Ogólnie blachy profilowane można – z uwagi na kształt profilu – podzielić na trzy grupy:

- blachy dachówkowe (blachodachówki) wytłaczane w kształcie nawiązującym do tradycyjnych dachówek,
- blachy faliste z przetłoczeniami w kształcie sinusoidy i wysokości fali od 18 do 40 mm,
- blachy fałdowe – ze względu na kształt przekroju poprzecznego zwane trapezowymi.



Rysunek 9.51. Rodzaje blach profilowanych: a) blachodachówka, b) blacha falista, c) blacha trapezowa, d) blacha panwiowa, e) profile zatrzaskowe

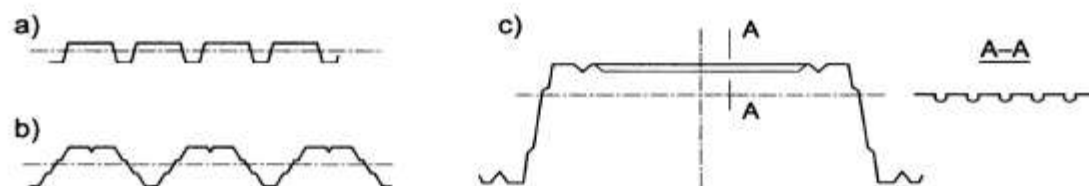
Blachy profilowane mogą być cynkowane ogniowo i dodatkowo powlekane na stronie zewnętrznej (górnej) powłokami poliestrowymi lub plastizolowymi, zaś na stronie spodniej powłoką epoksydową. Ze względu na powszechność stosowania w dalszej części tego podrozdziału zostaną omówione blachy trapezowe.

Z uwagi na kształt profilu oraz specyfikę wytłaczania wśród blach fałdowych wyróżnia się (rys. 9.52):

- typ 1 – blachy jednokierunkowo profilowane bez dodatkowych usztywnień poprzecznych i podłużnych ścianek; blachy te mają płaską półkę i płaski środnik, ich wysokość konstrukcyjna nie przekracza 70 mm, a rozstaw podpór 3,5 m (rys. 9.52a),
- typ 2 – blachy profilowane jednokierunkowo z dodatkowymi przetłoczeniami środników i półek; dzięki dodatkowym usztywnieniom podłużnym wysokość

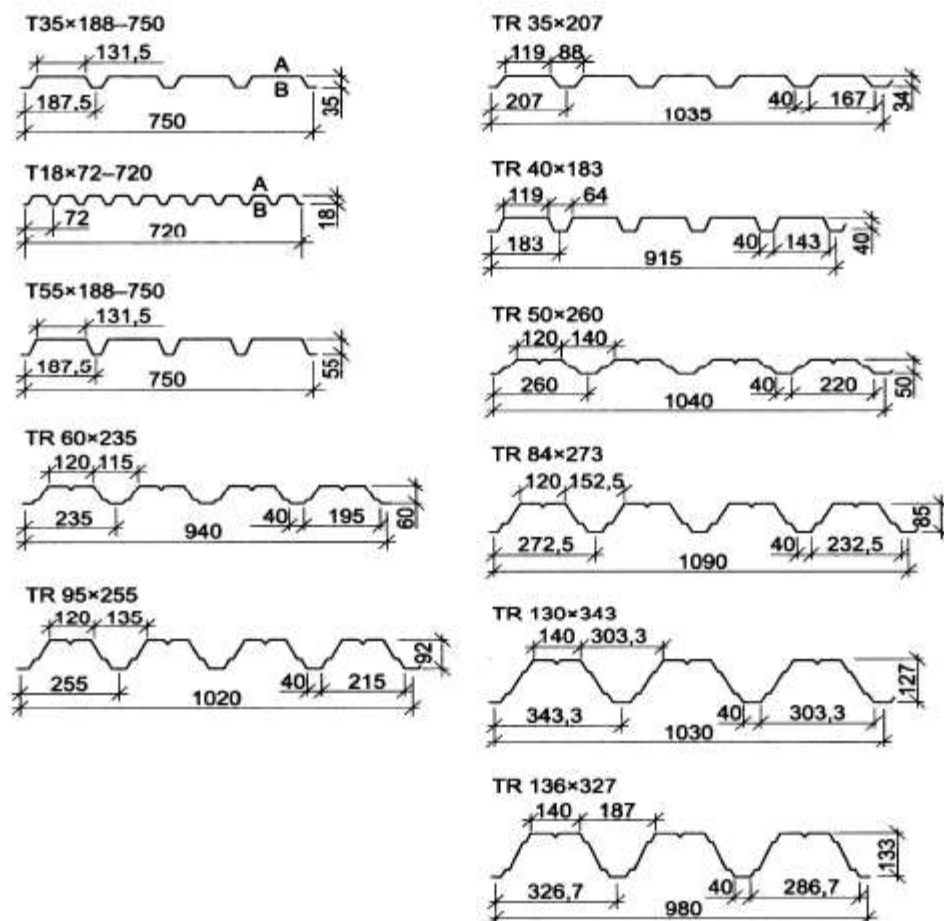
średników dochodzi do 165 mm, a rozstaw podpór przy stosowaniu blachy na osłonowe płyty ścian lub dachowe do 12 m (rys. 9.52b),

- typ 3 – blachy fałdowe z usztywnieniami podłużnymi i poprzecznymi zarówno średników, jak i półek (rys. 9.52c); dzięki tym dodatkowym przetłoczeniom została zwiększona odporność blachy na utratę stateczności miejscowej, a zatem blachy jako elementy nośne pokryć dachowych osiągają rozpiętość do 15 m; blachy te są również stosowane w konstrukcji stropów zespolonych stalowo-betonowych.



Rysunek 9.52. Typy blach fałdowych (trapezowych) (opis w tekście)

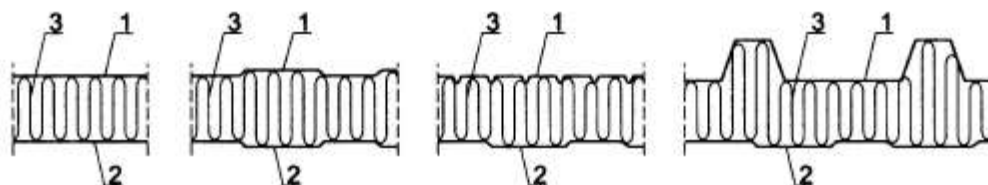
Blachy trapezowe typu 1 są używane na tradycyjne pokrycia dachowe płaskiowe. Natomiast blachy typu 2 i 3 znajdują zastosowanie w dachach bezpłaskiowych. Przy takim rozwiązaniu blacha fałdowa opiera się bezpośrednio na więzarach lub ryglach dachowych. Kształty produkowanych blach trapezowych są różne, a kilka z nich wytwarzanych w Polsce pokazano na rysunku 9.53. Wysokość fałdy wynosi od 7 do 165 mm, szerokość arkusza mieści się w granicach od 750 do 1040 mm, w zależności od typu profilu. Grubość blachy wynosi od 0,63 do 1,5 mm. Długość ograniczona jest możliwościami transportowymi i montażowymi, z reguły nie przekracza 18 m.



Rysunek 9.53. Blachy faldowe produkowane w Polsce, wg [3]

9.11.8. Pokrycie z płyt warstwowych

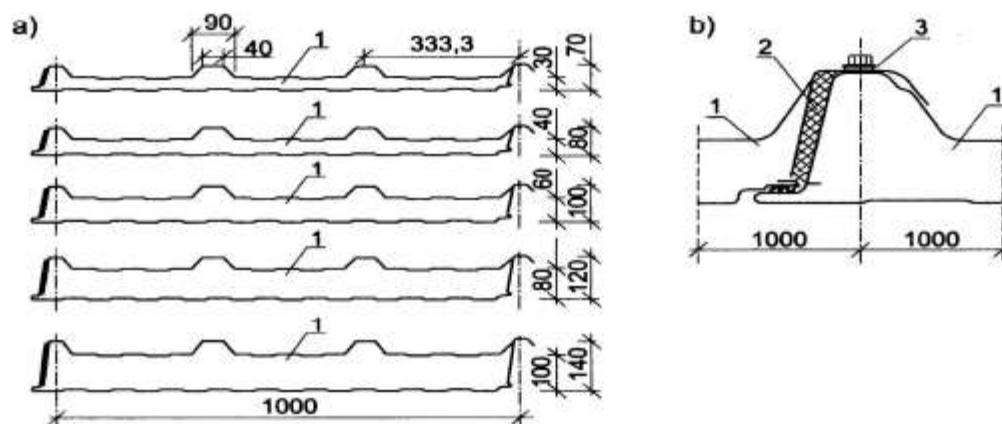
Płyty warstwowe to prefabrykowane elementy osłonowe ścienne i dachowe obiektów budowlanych, spełniające dwie zasadnicze funkcje: konstrukcyjną i osłonową (izolacyjną). Płyty warstwowe składają się z metalowych okładzin: zewnętrznej i wewnętrznej połączonych rdzeniem wykonanym z materiałów o dobrej izolacyjności termicznej. Okładziny wykonuje się z blach stalowych ocynkowanych lub powlekanych poliestrem bądź plastizolem, a także z blach aluminiowych anodowanych albo z włókna szklanego z żywicą poliestrową. Są one najczęściej w postaci płaskich gładkich blach bądź z płytkami przetłocznymi lub uźebrowaniami na długości płyty warstwowej (rys. 9.54). Okładziny są połączone wewnętrzną warstwą w postaci rdzenia z samogasnącego styropianu, laminowanej wełny mineralnej lub spienionego poliuretanu. Płyty warstwowe są lekkie, charakteryzują się dobrą izolacyjnością i odpowiednią nośnością oraz sztywnością w celu przeniesienia obciążeń od śniegu i wiatru.



Rysunek 9.54. Rodzaje płyt warstwowych

1 – okładzina zewnętrzna, 2 – okładzina wewnętrzna, 3 – rdzeń (termoizolacja)

Typowe płyty warstwowe dachowe z rdzeniem z pianki poliuretanowej pokazano na rysunku 9.55.



Rysunek 9.55. Przykłady płyt warstwowych dachowych: a) konstrukcja i kształt, b) połączenie wzdłużne

1 – płyta, 2 – uszczelka EPDM, 3 – typowy łącznik mocujący płytę do konstrukcji wsporczej

Podstawowa charakterystyka płyt warstwowych:

- grubość 50–250 mm,
- szerokość 800–1200 mm,
- długość nawet do 18 m,
- masa 9–18 kg/m² – w zależności od grubości okładzin i izolacji termicznej,
- współczynnik przenikania ciepła $U_0 = 0,10\text{--}0,58 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Barierą w stosowaniu dłuższych płyt warstwowych jest możliwość rozwarstwienia na styku rdzeń-okładzina na skutek różnicowania współczynników rozszerzalności termicznej materiałów składowych.

OBCIĄŻENIE STAŁE

**Wartości charakterystyczne ciężarów pokryć dachowych na jednostkę powierzchni
(wg PN-82/B-02001)**

Rodzaj pokrycia	Ciężar [kN/m ²]
Blacha:	
falista o grubości 0,55 mm (na płatwiach stalowych)	0,200
stalowa, cynkowa lub miedziana o grubości 0,55 mm (na deskowaniu)	0,350
fałdowa stalowa 55/T-55 o wysokości fałdy 55 mm i grubości:	
0,75 mm	0,091
1,00 mm	0,110
1,25 mm	0,151
Dachówka ceramiczna:	
karpiówka (podwójnie)	0,900
zakładkowa (ciagniona)	0,700
Papa na deskowaniu posypana żwirkiem:	
układana pojedynczo	0,350
układana podwójnie	0,400
Papa na podłożu betonowym:	
układana pojedynczo	0,050
układana podwójnie	0,100
posypana żwirkiem, układana pojedynczo	0,100
posypana żwirkiem, układana podwójnie	0,150

Wartości liczbowe ciężarów pokryć dachowych wyznaczono z uwzględnieniem krokwi, łat, deskowań i płatwi. Ciężary pokryć bezkrokwiowych przyjmuje się mniejsze o 0,05 kN/m².



POLSKA NORMA

ICS 91.010.30

PN-EN 1991-1-6

listopad 2007

Wprowadza
EN 1991-1-6:2005, IDTZastępuje
PN-EN 1991-1-6:2005 (U)

**Eurokod 1 – Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-6: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania
w czasie wykonywania konstrukcji**

Norma Europejska EN 1991-1-6:2005 ma status Polskiej Normy

© Copyright by PKN, Warszawa 2007

nr ref. PN-EN 1991-1-6:2007



Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Żadna część niniejszej publikacji nie może być
zmnożona lub rozpowszechniana w jakiegokolwiek technicznym bez pisemnej zgody Prezesa Polskiego Komitetu
Normalizacyjnego



POPRAWKA do POLSKIEJ NORMY

ICS 91.010.30

PN-EN 1991-1-6:2007/AC

wrzesień 2008

Wprowadza
EN 1991-1-6:2005/AC:2008, IDT

Dotyczy

PN-EN 1991-1-6:2007

Eurokod 1 – Oddziaływania na konstrukcje
Część 1-6: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania
w czasie wykonywania konstrukcji

nr ref. PN-EN 1991-1-6:2007/AC:2008

2.2 Obciążenia wykonawcze

(1) Obciążenia wykonawcze (patrz także 4.11) klasyfikuje się jako oddziaływania zmienne (Q_k).

UWAGA 1 Klasyfikację obciążeń wykonawczych podano w Tablicy 2.2.

Tablica 2.2 Klasyfikacja obciążeń wykonawczych

Punkt w niniejszej normie	Oddziaływanie (krótki opis)	Klasyfikacja				Uwagi	Źródło
		Zmienność w czasie	Klasyfikacja/ Pochodzenie	Zmienność w przestrzeni	Charakter (statyczne/ dynamiczne)		
4.11	Personel i narzędzia podręczne	Zmienne	Bezpośrednie	Umiejscowione	Statyczne		
4.11	Składowanie przedmiotów przenośnych	Zmienne	Bezpośrednie	Nieumiejscowione	Statyczne/ dynamiczne	Dynamiczne w przypadkach upuszczonych przedmiotów	EN 1991-1-1
4.11	Urządzenia niestałe	Zmienne	Bezpośrednie	Nieumiejscowione/ umiejscowione	Statyczne/ dynamiczne		EN 1991-3
4.11	Przenośne ciężkie maszyny i sprzęt	Zmienne	Bezpośrednie	Nieumiejscowione	Statyczne/ dynamiczne		EN 1991-2, EN 1991-3
4.11	Skupienie materiałów zużytych	Zmienne	Bezpośrednie	Nieumiejscowione	Statyczne/ dynamiczne	Obciążenia materiałami w opakowaniach także na powierzchniach pionowych	EN 1991-1-1
4.11	Obciążenia od części konstrukcji w stanie przejściowym	Zmienne	Bezpośrednie	Nieumiejscowione	Statyczne	Efekty dynamiczne wyłączone	EN 1991-1-1

Tablica 4.1 Obciążenia wykonawcze (Q_c)

Obciążenia wykonawcze (Q_c)				
Oddziaływania			Modelowanie	Uwagi i spostrzeżenia
Rodzaj	Symbol	Opis		
Osoby i podręczne narzędzia	Q_{ca}	Robotnicy, nadzór i goście, możliwie z podręcznymi narzędziami lub z innym drobnym sprzętem budowlanym	Modelowane jako obciążenie równomiernie rozłożone q_{ca} oraz usytuowane najbardziej niekorzystnie	<p>UWAGA 1: Wartość charakterystyczna obciążenia równomiernie rozłożonego $q_{ca,k}$ można określić w Załączniku krajowym lub w konkretnym projekcie.</p> <p>UWAGA 2: Zalecaną wartością jest $1,0 \text{ kN/m}^2$. Patrz także 4.11.2.</p>
Składowanie przedmiotów przenośnych	Q_{cb}	<p>Składowanie przedmiotów przenośnych, np.:</p> <ul style="list-style-type: none"> – materiały budowlane i konstrukcyjne, elementy prefabrykowane oraz sprzęt 	<p>Modelowane jako oddziaływania nieumiejscowione i przedstawione odpowiednio przez:</p> <ul style="list-style-type: none"> – obciążenie równomiernie rozłożone q_{cb}; – obciążenie skupione F_{cb}. 	<p>UWAGA 3: Wartości charakterystyczne obciążenia równomiernie rozłożonego i obciążenia skupionego można określić w Załączniku krajowym lub w konkretnym projekcie. Dla mostów zalecane są następujące wartości minimalne:</p> <ul style="list-style-type: none"> – $q_{cb,k} = 0,2 \text{ kN/m}^2$; – $F_{cb,k} = 100 \text{ kN}$; <p>gdzie $F_{cb,k}$ można rozłożyć na nominalnej powierzchni przyjętej w szczegółowych obliczeniach. Ciężary objętościowe materiałów konstrukcyjnych – patrz EN 1991-1-1.</p>

Załącznik A1 (normatywny)

Dodatkowe reguły dla budynków

A1.1 Stany graniczne nośności

(1) Sprawdzanie stanów granicznych w przejściowych, wyjątkowych i sejsmicznych sytuacjach obliczeniowych przeprowadza się przy założeniu kombinacji oddziaływań stosowanych ze współczynnikami częściowymi dla obciążeń γ_F i odpowiednich współczynników ψ .

UWAGA 1 Wartości współczynników γ_F i ψ , patrz EN 1990, Załącznik A1.

UWAGA 2 Wartości reprezentatywne oddziaływań zmiennych od obciążeń wykonawczych można podać w Załączniku krajowym, z zalecanym przedziałem $\psi_0 = 0,6$ do $1,0$. Zalecaną wartością ψ_0 = jest $1,0$. Zalecaną minimalną wartością ψ_2 = jest $0,2$.

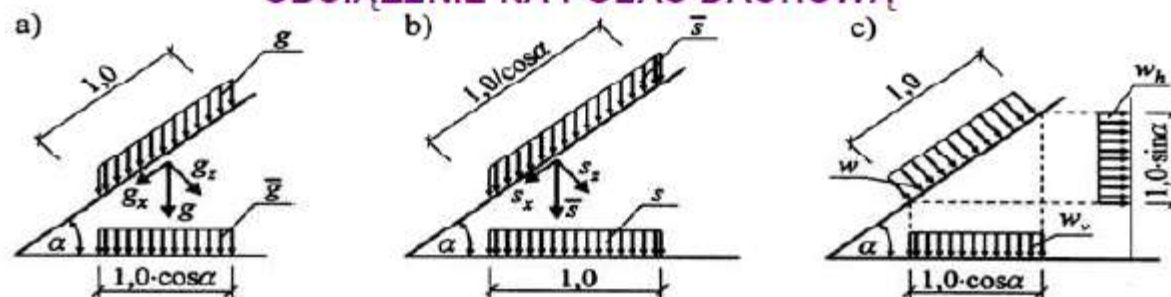
UWAGA 3 Wartości ψ_1 = do obciążeń wykonawczych nie stosuje się.

A1.2 Stany graniczne użytkowalności

(1) Przy sprawdzaniu stanów granicznych użytkowalności uwzględnia się charakterystyczne i prawie stałe kombinacje oddziaływań, zgodnie z EN 1990.

UWAGA Zalecane wartości współczynników ψ patrz A1.1, UWAGI 1 i 2.

OBCIĄŻENIE NA POŁĄC DACHOWĄ



Rys. 3.1. Rozkład obciążeń na pochyłych połaciach dachowych: a) ciężar pokrycia, b) obciążenie śniegiem, c) obciążenie wiatrem; g – ciężar pokrycia dachowego, s – obciążenie śniegiem, w – obciążenie wiatrem, α – kąt pochylenia połaci dachowej

Rozkład ciężaru własnego pokrycia połaci dachowej, w kN/m^2 , jest następujący:

$$g_z = g \cdot \cos \alpha, \quad (3.1)$$

$$g_x = g \cdot \sin \alpha. \quad (3.2)$$

Obciążenie śniegiem, określone w odniesieniu do rzutu poziomego, należy dodatkowo przeliczyć na płaszczyznę połaci dachowej, w kN/m^2 , co daje następujące wartości:

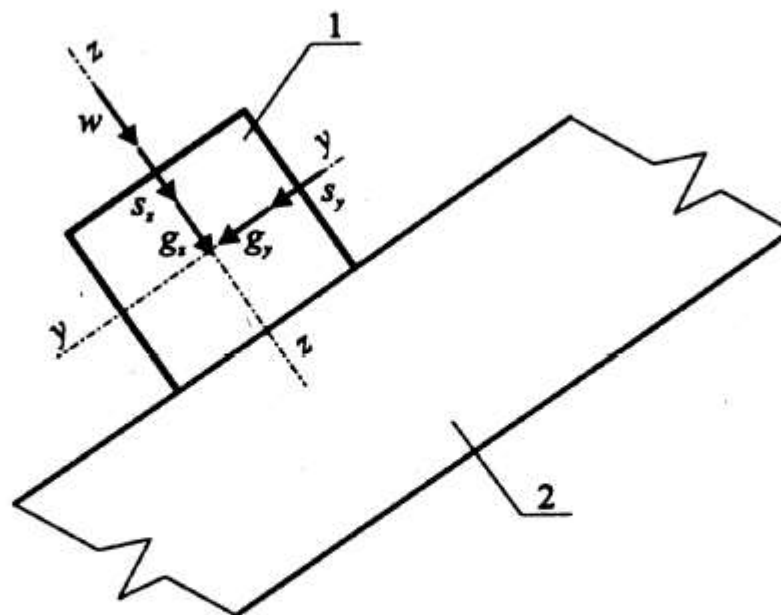
$$s_z = s \cdot \cos^2 \alpha. \quad (3.3)$$

$$s_x = s \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha. \quad (3.4)$$

Można również rozkładać obciążenia na kierunek pionowy i poziomy. Wtedy składowe obciążenia wiatrem połaci dachowej, w kN/m^2 , są następujące:

$$w_v = w \cdot \cos \alpha, \quad (3.5)$$

OBCIĄŻENIE ŁATY LUB PŁATWI

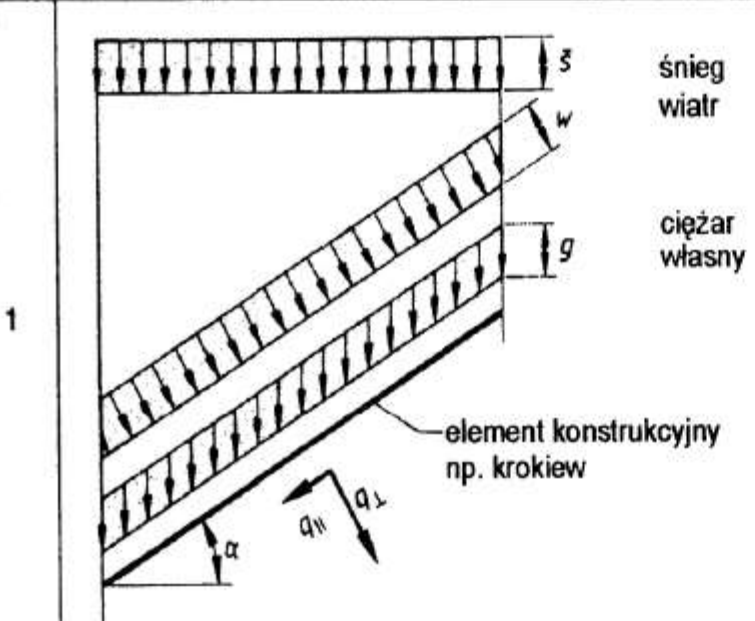


Rys. 3.9. Obciążenia łąy rozłożone na składowe prostopadłe i równoległe do połaci dachowej: 1 – łąa, 2 – krokiew

Poziomy element konstrukcyjny podpierający element pochyły, np. płatew

	<p>obciążenie w kierunku pionowym:</p> $q_v = (g / \cos \alpha + \bar{s} + w) \cdot (b_1 + b_2) / 2$ <p>obciążenie w kierunku poziomym:</p> $q_h = w \cdot (h_1 + h_2) / 2 \text{ w kN/m}^2 \text{ Gfl.}$ <p>przypadające na 1 m² powierzchni rzutu poziomego</p> <table> <tr> <td>b, h</td><td>w m</td></tr> <tr> <td>g, \bar{s}, w</td><td>w kN/m²</td></tr> </table>	b, h	w m	g, \bar{s}, w	w kN/m ²
b, h	w m				
g, \bar{s}, w	w kN/m ²				

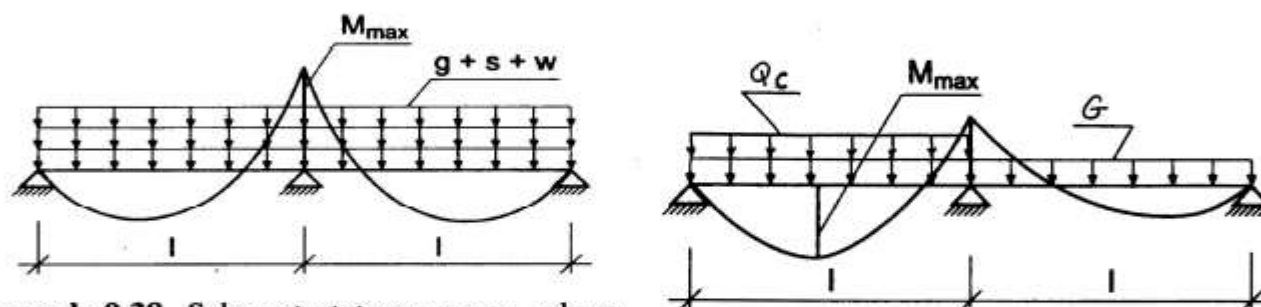
OBCIĄŻENIE KROKWI lub WIĄZARA

Element konstrukcyjny, obciążenie	Obciążenie liniowe q na element konstrukcyjny w kN/m
<p>Nachylony element konstrukcyjny, np. krokiew</p>  <p>śnieg wiatr</p> <p>ciężar własny</p> <p>element konstrukcyjny np. krokiew</p> <p>α</p> <p>q_{\parallel}</p> <p>q_{\perp}</p> <p>1</p>	
<p>obciążenie prostopadłe (\perp) do elementu konstrukcyjnego:</p> $q_{\perp} = (g \cdot \cos\alpha + \bar{s} \cdot \cos^2\alpha + w) \cdot e$ <p>obciążenie równoległe (\parallel) do elementu konstrukcyjnego:</p> $q_{\parallel} = (g \cdot \sin\alpha + \bar{s} \cdot \sin\alpha \cdot \cos\alpha) \cdot e$ <p>e – rozstaw elementów konstrukcyjnych pomiędzy sobą w m</p> <p>g, \bar{s}, w w kN/m²</p>	

OBLICZENIA STATYCZNE PODKŁADÓW

Uwzględnia się dwa schematy obciążenia (rys. 9.38):

- od równomiernie rozłożonych oddziaływań stałych, śniegu i wiatru,
- od równomiernie rozłożonego oddziaływania stałego i najniekorzystniej usytuowanego oddziaływania wykonawczego Q_{ca} według PN-EN 1991-1-6; $Q_{ca}=1,0\text{kN/m}^2$



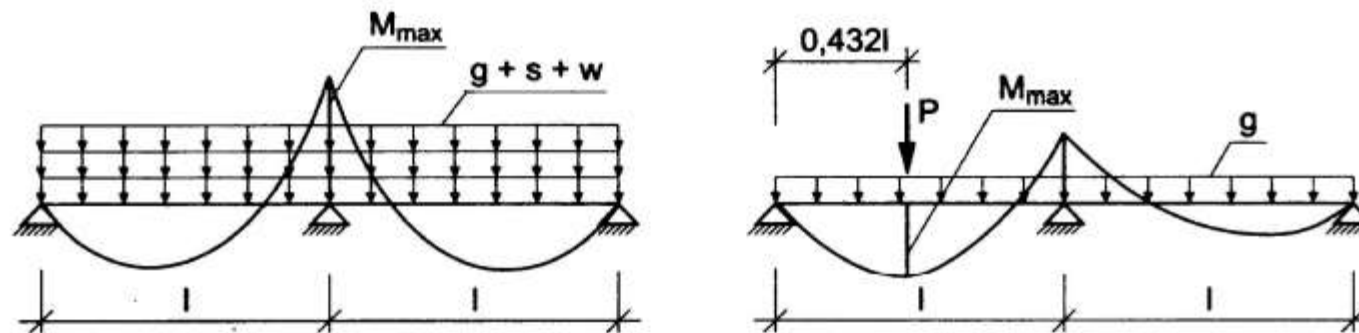
Rysunek 9.38. Schemat statyczny oraz schemat pokrycie

W schemacie pierwszym pomija się ssanie wiatru zmniejszające wartość oddziaływania łącznego. Przy lekkim pokryciu (np. blachodachówką) wiatr może odrywać łąty, co należy uwzględnić w obliczaniu połączeń.

Każdą łątę należy przybijać do krokwi jednym gwoździem. Styki końców łąt umieszcza się na krokwiach, przy czym na jednej krokwi nie powinno ich być więcej niż 50% (najwyżej co druga łąta).

Uwzględniając dotychczasową praktykę projektową zaleca się przyjmować następujące schematy obciążenia:

- od równomiernie rozłożonych oddziaływań stałych, śniegu i wiatru,
- od równomiernie rozłożonego oddziaływania stałego i najniekorzystniej usytuowanego oddziaływania skupionego, pochodzącego od człowieka z narzędziami.



Rysunek 9.38. Schemat statyczny oraz schematy obciążenia do wymiarowania podkładów pod pokrycie

Obciążenie skupione (monter z narzędziami) $P_k = 1,0 \text{ kN}$



KONSTRUKCJE DREWNIANE

1. PODSTAWY PROJEKTOWANIA KONSTRUKCJI Z DREWNA

1.1. WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE DREWNA

Drewno jest materiałem anizotropowym i higroskopijnym o niejednolitej i zmiennej budowie. Badanie właściwości mechanicznych drewna wymaga uwzględnienia wielu czynników, wśród których kierunek w stosunku do włókien i wilgotność drewna oraz liczebność i rozmieszczenie wad strukturalnych mają największe znaczenie.

WYMAGANIA OGÓLNE

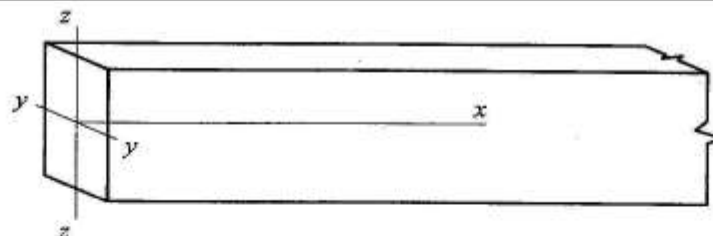
Elementy konstrukcji drewnianych wymiaruje się metodą stanów granicznych, sprawdzając **stan graniczny nośności** (SGN) i **stan graniczny użytkowalności** (SGU).

Sprawdzenie SGN sprowadza się na ogół do porównania maksymalnych naprężeń wyznaczonych w rozpatrywanych przekrojach konstrukcji od **oddziaływań obliczeniowych** z **wytrzymałością obliczeniową drewna**.

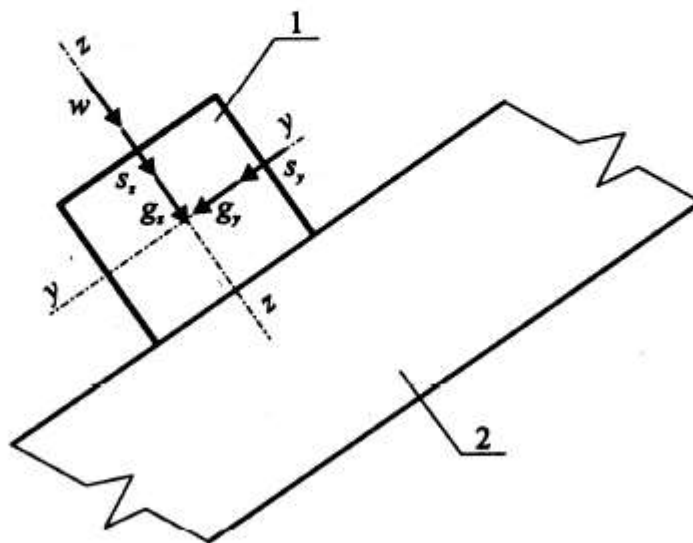
Sprawdzenie SGU polega zazwyczaj na wyznaczeniu strzałki ugięcia elementu zginanego od **obciążeń charakterystycznych** i porównaniu jej z wartością graniczną podana w normie PN-EN 1995-1-1. Sztywność elementu oblicza się z uwzględnieniem **średnich wartości współczynników sprężystości drewna**.

Temperatura drewna w konstrukcjach drewnianych nie powinna przekraczać 60 °C. W warunkach występowania temperatur wyższych, nie przekraczających 75 °C, należy stosować współczynnik zmniejszający wytrzymałość drewna $k_{temp} = 0,80$.

PROJEKTOWANIE ELEMENTÓW ZGINANYCH



Rys. 3.2. Kierunki osi elementu



Rys. 3.9. Obciążenia łąty rozłożone na składowe prostopadłe i równoległe do połaci dachowej: 1 – łąta, 2 – krokiew

2.4.1 Wartości obliczeniowe właściwości materiałowych

(1)P Wartość obliczeniową X_d właściwości wytrzymałościowej należy obliczać ze wzoru:

$$X_d = k_{\text{mod}} \frac{X_k}{\gamma_M} \quad (2.14)$$

gdzie:

X_k – wartość charakterystyczna właściwości wytrzymałościowej,

γ_M – częściowy współczynnik bezpieczeństwa właściwości materiału,

k_{mod} – współczynnik modyfikujący wytrzymałość z uwagi na czas trwania obciążenia i wilgotność.

UWAGA 1: Wartości współczynnika k_{mod} podano w 3.1.3.

6.1.6 Zginanie

(1)P Należy spełnić następujące warunki:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.11)$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (6.12)$$

gdzie:

$\sigma_{m,y,d}$ i $\sigma_{m,z,d}$ – obliczeniowe naprężenia zginające, określone względem osi głównych pokazunku 6.1, Ry-

$f_{m,y,d}$ i $f_{m,z,d}$ – wytrzymałości obliczeniowe na zginanie odpowiadające tym naprężeniom.

UWAGA: Współczynnik k_m wyraża możliwość redystrybucji naprężeń, jak również niejednorodność materiału w danym przekroju.

(2) Wartości współczynnika k_m należy przyjmować następująco:

Dla elementów z drewna litego, drewna klejonego warstwowo oraz LVL:

- dla przekrojów prostokątnych: $k_m = 0,7$,
- dla innych przekrojów: $k_m = 1,0$.

Dla elementów z materiałów drewnopochodnych:

- dla wszystkich przekrojów: $k_m = 1,0$.

(3) Należy również sprawdzić warunek stateczności (patrz 6.3).

$$\sigma_{max} = \mp \frac{M}{W_y}$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$f_{m,d}$ – WYTRZYMAŁOŚĆ OBLICZENIOWA DREWNA NA ZGINANIE

$f_{m,k}$ – WYTRZYMAŁOŚĆ CHARAKTERYSTYCZNA DREWNA NA ZGINANIE

$f_{m,k}$ = WARTOŚCI LICZBOWEJ OKREŚLAJĄCEJ KLASĘ DREWNA

np. **C24** \longrightarrow **$f_{m,k} = 24$ MPa**

γ_M CZĘŚCIOWY WSPÓŁCZYNNIK WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁU

k_{mod} WSPÓŁCZYNNIK MODYFIKUJĄCY WYTRZYMAŁOŚĆ ZALEŻNY
OD CZASU TRWANIA OBCIĄŻENIA I WILGOTNOŚCI – KLASY
UŻYTKOWANIA KONSTRUKCJI PRZYJMOWANY DLA OBCIĄŻENIA
O NAJKRÓTSZYM CZASIE DZIAŁANIA



KLASY UŻYTKOWANIA (UŻYTKOWA) KONSTRUKCJI

- KLASA UŻYTKOWANIA PIERWSZA** – WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA OTACZAJĄCEGO POWIETRZA MNIEJSZA OD 65%
- KLASA UŻYTKOWANIA DRUGA** – WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA OTACZAJĄCEGO POWIETRZA MNIEJSZA OD 85%
- KLASA UŻYTKOWANIA TRZECIA** – WILGOTNOŚĆ DREWNA WYŻSZA NIŻ ODPOWIADAJĄCA KLASIE UŻYTKOWANIA 2.

KLASY TRWANIA OBCIĄŻENIA

(1)P Klasy trwania obciążenia charakteryzuje oddziaływanie obciążenia stałego w ciągu określonego czasu w okresie użytkowania konstrukcji. W przypadku oddziaływań zmiennych, odpowiednia klasa powinna być określona na podstawie oszacowania typowej zmienności obciążenia w czasie.

(2)P W obliczeniach dotyczących wytrzymałości i sztywności konstrukcji oddziaływania powinny być zaliczone do jednej z klas trwania obciążenia wymienionych w tablicy 2.1.

Tablica 2.1 – Klasy trwania obciążenia

Klasa trwania obciążenia	Rząd wielkości skumulowanego trwania obciążenia charakterystycznego
Stałe	ponad 10 lat
Długotrwałe	6 miesięcy – 10 lat
Średniotrwałe	1 tydzień – 6 miesięcy
Krótkotrwałe	Mniej niż 1 tydzień
Chwilowe	

UWAGA: Przykłady obciążeń zaliczonych do odpowiednich klas trwania obciążenia podano w tablicy 2.2. Ze względu na różnice obciążeń klimatycznych (śnieg, wiatr) w poszczególnych krajach, informacje dotyczące czasu ich trwania mogą być wyszczególnione w Załączniku Krajowym.

Tablica 2.2 – Przykłady zaliczania obciążeń do klas trwania obciążenia

Klasa trwania obciążenia	Rząd wielkości skumulowanego trwania obciążenia charakterystycznego
Stałe	ciężar własny
Długotrwałe	obciążenie magazynu (składowanie)
Średniotrwałe	obciążenie użytkowe, śnieg
Krótkotrwałe	śnieg , wiatr
Chwilowe	wiatr , obciążenie awaryjne

Tablica 3.1 – Wartości współczynnika k_{mod}

Materiał	Norma	Klasa użytkowa	Klasa czasu trwania obciążenia				
			Działanie stałe	Działanie długo-terminowe	Działanie o średniej długości	Działanie krótko-terminowe	Działanie chwilowe
Drewno lite	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,60	0,55	0,65	0,70	0,90
Drewno klejone warstwowo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Deska LVL	EN 14374, EN14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Sklejka	EN 636 Część 1, Część 2, Część 3 Część 2, Część 3 Część 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Płyta OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Płyta wiórowa	EN 312 Część 4, Część 5 Część 5 Część 6, Część 7 Część 7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Płyta pilśniowa, twarda	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 i 2 HB.HLA1 i 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Płyta pilśniowa, półtwarda	EN 622-3 MBH.LA1 i 2 MBH.HLS1 i 2 MBH.HLS1 i 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80
Płyta pilśniowa, MDF	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80

(4) Dla zamontowanego drewna o wilgotności równej punktowi nasycenia włókien lub w stanie zbliżonym do niego, a które może ulec wysuszeniu pod obciążeniem, wartości k_{def} podane w Tablicy 3.2, należy powiększyć o 1,0.

Tablica 3.1 – Wartości współczynnika k_{mod}

Materiał	Norma	Klasa użytkowa	Klasa czasu trwania obciążenia				
			Działanie stałe	Działanie długo-terminowe	Działanie o średniej długości	Działanie krótko-terminowe	Działanie chwilowe
Drewno lite	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,60	0,55	0,65	0,70	0,90
Drewno klejone warstwowo	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

Tablica 2.3 – Zalecane wartości częściowych współczynników wartości materiału (γ_M)

Stany graniczne nośności	γ_M
Kombinacje podstawowe	
Drewno lite	1,3
Drewno klejone warstwowo	1,25
LVL, sklejka, płyty OSB	1,2
Płyty wiórowe	1,3
Płyty pilśniowe twarde	1,3
Płyty pilśniowe półtwarde	1,3
Płyty pilśniowe miękkie	1,3
Złącza	1,3
Płytki kolczaste	1,25
Kombinacje wyjątkowe	1,0

Tablica 1 – Klasy wytrzymałości – Wartości charakterystyczne

		Topola i gatunki iglaste												Gatunki liściaste						
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70	
Właściwości wytrzymałościowe (w N/mm ²)																				
Zginanie	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70	
Rozciąganie wzdłuż włókien	$f_{t0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42	
Rozciąganie w poprzek włókien	$f_{t90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Ściskanie wzdłuż włókien	$f_{c0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34	
Ściskanie w poprzek włókien	$f_{c90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5	
Ścinanie	f_{vk}	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0	
Właściwości sprężyste (w kN/mm ²)																				
Średni moduł sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20	
5 % kwantyl modułu sprężystości wzdłuż włókien	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8	
Średni moduł sprężystości w poprzek włókien	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33	
Średni moduł odkształcenia postaciowego	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25	
Gęstość (w kg/m ³)																				
Gęstość charakt.	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900	
Średnia gęstość	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080	
UWAGA: a Podane wyżej wartości wytrzymałości na rozciąganie, ściskanie, ścinanie, 5 % kwantylu modułu sprężystości, średniego modułu sprężystości oraz średniego modułu odkształcenia postaciowego zostały obliczone z zastosowaniem wzorów podanych w załączniku A.																				
b Właściwości zamieszczone w tablicy są określone dla wilgotności drewna odpowiadającej temperaturze 20 °C i wilgotności powietrza 65 %.																				
c Zachodzi możliwość ograniczonej dostępności drewna klas C45 i C50.																				

STAN GRANICZNY UŻYTKOWAŁNOŚCI

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{fin},G} + u_{\text{fin},Q_1} + \sum u_{\text{fin},Q_i} \leq u_{\text{net},\text{fin}} \quad (2.2)$$

gdzie:

$$u_{\text{fin},G} = u_{\text{inst},G} (1 + k_{\text{def}}) \quad \text{w przypadku oddziaływania stałego, } G, \quad (2.3)$$

$$u_{\text{fin},Q,1} = u_{\text{inst},Q,1} (1 + \psi_{2,1} k_{\text{def}}) \quad \text{w przypadku oddziaływania zmiennego, } Q_1, \quad (2.4)$$

$$u_{\text{fin},Q,i} = u_{\text{inst},Q,i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{\text{def}}) \quad \text{w przypadku oddziaływań zmiennych, } Q_i (i > 1), \quad (2.5)$$

$u_{\text{inst},G}$, $u_{\text{inst},Q,1}$, $u_{\text{inst},Q,i}$ – chwilowe odkształcenia, odpowiednio dla oddziaływań G , Q_1 i Q_i ,

$\psi_{2,1}$, $\psi_{2,i}$ – współczynniki dla quasi-stałych wartości oddziaływań zmiennych,

$\psi_{0,i}$ – współczynniki dla wartości kombinacji oddziaływań zmiennych,

k_{def} – współczynnik podany w Tablicy 3.2 dla drewna i materiałów drewnopochodnych, oraz w 2.3.2.2(3) i 2.3.2.2(4) dla złączy.

Tablica A 1.1 – Zalecane wartości współczynników ψ dla budynków

Oddziaływania	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Obciążenie zmienne w budynkach, kategoria (patrz EN 1991-1-1)			
Kategoria A: powierzchnie mieszkalne	0,7	0,5	0,3
Kategoria B: powierzchnie biurowe	0,7	0,5	0,3
Kategoria C: miejsca zebrań	0,7	0,7	0,6
Kategoria D: powierzchnie handlowe	0,7	0,7	0,6
Kategoria E: powierzchnie magazynowe	1,0	0,9	0,8
Kategoria F: powierzchnie ruchu pojazdów pojazdy ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategoria G: powierzchnie ruchu pojazdów $30 \text{ kN} < \text{ciężar pojazdu} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Kategoria H: dachy	0	0	0,0
Obciążenie budynków śniegiem (patrz EN 1991-1-3) ^{a1)}			
Finlandia, Islandia, Norwegia, Szwecja	0,70	0,50	0,20
Pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wysokości $H > 1000$ m ponad poziom morza	0,70	0,50	0,20
Pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wysokości $H \leq 1000$ m ponad poziom morza	0,50	0,20	0
Obciążenie wiatrem (patrz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatura (nie pożarowa) w budynku (patrz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
UWAGA: Wartości ψ mogą być określone w załączniku krajowym ^{a1)} Dotyczy krajów nie wymienionych poniżej – patrz miarodajne warunki miejscowe.			
OBCIĄŻENIA WYKONAWCZE	1,0	---	0,2

Tablica 3.2 – Wartości współczynnika k_{def} dla drewna i materiałów drewnopochodnych

Materiał	Norma	Klasa użytkowania		
		1	2	3
Drewno lite	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Drewno klejone warstwowo	EN 14080	0,60	0,80	2,00

Ugięcia belek przy zginaniu ukośnym oblicza się wg wzoru

$$u = \sqrt{u_{finz}^2 + u_{finy}^2} \quad (4.154)$$

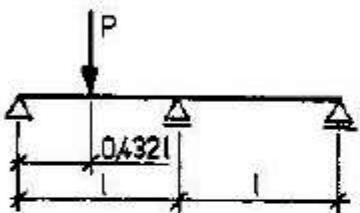
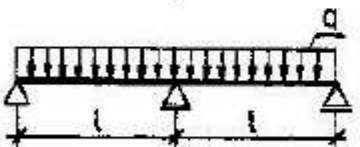
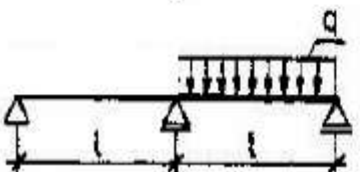
gdzie: u_{finz} , u_{finy} – składowe ugięcia końcowego w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach.

WARTOŚCI GRANICZNE UGIĘĆ ELEMENTÓW Z DREWNA WEDŁUG PN-EN 1995-1-1 ZAŁ. KRAJOWY NA

Rodzaj obciążenia				Stałe i zmienne
Wykonane z wygięciem konstrukcyjnym	dźwigary pełnościenne			$L/200$
	dźwigary kratowe	obliczenia	przybliżone	$L/400$
			dokładne	$L/200$
Wykonane bez wygięcia konstrukcyjnego	dźwigary pełnościenne			$L/300$
	dźwigary kratowe	obliczenia	przybliżone	$L/500$
			dokładne	$L/300$
	konstrukcje ścienne			$L/200$
	płyty dachowe			$L/150$
	elementy stropu		nietynkowane	$L/200$
			tynkowane	$L/300$
	krokwie, płatwie i inne elementy wiązań dachowych			$L/200$
deskowania dachowe			$L/150$	

W obiektach starych, remontowanych dopuszcza się powiększyć podane wartości graniczne ugięć o 50%.

Wartości sił wewnętrznych oraz ugięć sprężystych chwilowych wyznaczamy zgodnie z zasadami (regułami) mechaniki budowli

SCHEMAT STATYCZNY	MOMENT ZGINAJĄCY	STRZAŁKA UGIĘCIA
	$\frac{+0,207P \cdot l}{-0,089P \cdot l}$	$0,015 \frac{P \cdot l^3}{E \cdot I}$
	$\frac{+0,0703q \cdot l^2}{-0,125q \cdot l^2}$	$\frac{2,09}{384} \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I}$
	$\frac{+0,096 q \cdot l^2}{-0,063 q \cdot l^2}$	$\frac{3,49}{384} \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I}$



Dziękuję za uwagę...