

Budownictwo drewniane

Poradnik dla wykonawcy

czyli zbiór dobrych praktyk z zakresu budownictwa drewnianego ze szczególnym uwzględnieniem konstrukcji



Autorzy:

mgr inż. Ewa Ingeborga Kotwica

dr inż. Paweł Sulik

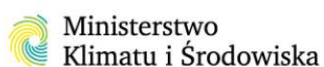
mgr inż. Urszula Kotwica

Marek Beśka

Redakcja mgr inż. Ewa Ingeborga Kotwica

Korekta mgr inż. Urszula Kotwica

Lipiec 2022 r.



Niniejszy materiał został sfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.
Za jego treść odpowiada wyłącznie Ministerstwo Klimatu i Środowiska.

Spis treści

Wprowadzenie	3
Rozdział 1. Wprowadzenie do wykonawstwa konstrukcji drewnianych.....	6
1.1 Podstawowe zasady	11
1.2 Rozwiązania stosowane w budownictwie drewnianym	13
Rozdział 2. Podstawowe wymagania stawiane drewnu konstrukcyjnemu i wyrobom konstrukcyjnym na jego bazie, stosowanym w budownictwie drewnianym	17
2.1 Konstrukcyjne drewno lite	19
2.2 Drewno na złącza klinowe.....	23
2.3 Drewno klejone warstwowo	26
2.4 Sklejone drewno lite	27
2.5 Drewno klejone krzyżowo (CLT, X-LAM).....	29
2.6 Fornir klejony warstwowo (LVL).....	30
2.7 Sklejka	31
2.8 Belki dwuteowe	32
2.9 Płyty OSB.....	33
Rozdział 3. Podstawy normowe projektowania budownictwa drewnianego i zakres projektu.....	34
3.1 Podstawy normowe projektowania	34
3.2 Zakres projektu – wymagany przepisami i wymagany z punktu widzenia bezpiecznej oraz bezproblemowej realizacji	36
3.3 Konstrukcja drewniana – co powinien zawierać projekt, by obiekt był bezpieczny, a jego użytkowanie bezproblemowe	38
Rozdział 4. Projekt obiektu o konstrukcji drewnianej – co wykonawca winien wyegzekwować od inwestora i projektanta przed rozpoczęciem robót.....	41
Rozdział 5. Wykonanie robót budowlanych dotyczących konstrukcji drewnianych	46
5.1 Podstawowe zasady wykonawstwa	46
5.2 Przygotowanie placu budowy i realizacji.....	46
5.3 Montaż.....	48
5.4 Zasady wykonawstwa w świetle przygotowywanej normy wykonawczej, mającej docelowo stanowić trzecią część nowego Eurokodu 5	50
Rozdział 6. Wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego na etapie projektu, wykonawstwa	52
6.1 Wprowadzenie.....	52
6.2 Zachowanie drewna w ogniu	55
6.3 Reakcja na ogień a konstrukcje drewniane	58
6.4 Rozprzestrzenianie ognia a konstrukcje drewniane	61
6.5 Odporność ogniowa a konstrukcje drewniane.....	64
6.6 Eksperyment pożarowy.....	67

6.7	Podsumowanie	74
Rozdział 7. Omówienie wybranych błędów popełnianych w budownictwie drewnianym		78
7.1	Błędy związane z organizacją placu budowy i materiałami budowlanymi	81
7.2	Błędy wykonawcze	83
7.3	Błędy popełniane na pozostałych etapach prac, wpływające na konstrukcję drewnianą	87
7.4	Zestawienie wybranych przykładów błędnie i poprawnie wykonanych detali	88
Podsumowanie.....		93
Słowniczek.....		94
Literatura		102
Normy		103
Ustawy i Rozporządzenia.....		105
Check-lista		106

Niniejsze opracowanie jest chronione ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych. Jakiegokolwiek kopiowanie i powielanie jego treści w całości lub częściach bez zachowania prawa cytatu, przywołania tytułu oraz nazwisk autorów – jest zabronione.

Wprowadzenie

Prowadzenie robót budowlanych wymaga od wykonawcy znajomości technologii i rozwiązań zastosowanych w realizowanym projekcie. Większość osób powiązanych z budownictwem zdaje sobie sprawę z tego, że każdy rodzaj budownictwa i każda technologia rządzi się określonymi prawami, a przeczucie bez zastanowienia zasad realizacji obiektu w jednej technologii na inną nie tylko może się nie sprawdzić, ale wręcz skutkować sporymi problemami. Dlatego istotnym jest, aby każdy rodzaj konstrukcji realizowali specjaliści od danego zakresu. Najlepszy fachowiec od prac żelbetowych czy konstrukcji stalowych może nie sprostać zadaniu realizacji obiektu o konstrukcji drewnianej, jeśli nie będzie miał wiedzy, jak taki obiekt wykonać, jak wykonstruować detale czy choćby jakie wymagania postawić dostawcy drewna konstrukcyjnego i innych wyrobów na jego bazie oraz czego wymagać od projektanta. Autorzy niniejszego poradnika stoją na stanowisku, że zarówno kierownik budowy, jak i pracownicy, którzy podejmują się realizacji obiektu o konstrukcji drewnianej, muszą posiadać odpowiednie doświadczenie i wiedzę. Doświadczenia zapewnić nie możemy, natomiast zadaniem poradnika jest przekazanie podstaw wiedzy z zakresu realizacji konstrukcji drewnianych. Poradnik stanowi drugą część z cyklu, adresowanego odpowiednio – do inwestorów, wykonawców oraz projektantów. Niektóre rozdziały i aspekty powielają się w każdej części, niektóre są zaś dedykowane specjalnie do każdej grupy odbiorców.

W części skierowanej do inwestora wskazaliśmy, że często przed rozpoczęciem inwestycji zadaje on sobie następujące pytania:

- Czy budynki drewniane są bezpieczne, w tym pod względem pożarowym?
- Jak wybrać rzetelnego projektanta i rzetelną firmę wykonawczą?
- Na co zwracać uwagę, aby zachowane były zasady bezpiecznego projektowania i wykonawstwa?
- Ile prawdy jest w negatywnych opiniach na temat budownictwa drewnianego?

Pytania inwestorów, będących przecież siłą sprawczą wszelkiego rodzaju prac projektowych, a później wykonawczych, powiązane są z obserwacją rynku i zrealizowanych już obiektów, ale też często wynikają z mitów, które narosły wokół budownictwa drewnianego.

Dobry wykonawca przyczynia się do likwidacji mitów na temat obiektów o konstrukcji drewnianej. Wykonawca bez doświadczenia i wiedzy merytorycznej powoduje, że fakty chowają się w cieniu mitów, czyli przyczynia się do negatywnego odbioru budownictwa drewnianego. Wystarczy przypomnieć sobie „domy dla powodzian” z końca XX wieku i ich często błędne wykonawstwo czy błędny albo niekompletny projekt – skutkujący błędami wykonawczymi. Domy drewniane nie są np. zawilgocone dlatego, że zostały wykonane z drewna, wilgoć pojawia się w nich wtedy, gdy zostanie błędnie zaprojektowana i wykonana izolacja czy cała przegroda. W domach drewnianych nie dlatego występują spękania i zarysowania, że ich konstrukcja jest drewniana, ale dlatego, że konstrukcja i detale zostały błędnie zaprojektowane i/lub źle wykonane lub zastosowano przypadkowo dobrane, niesortowane wytrzymałościowo drewno. Niezależnie od tego, że drewno samo w sobie jest materiałem palnym – prawidłowo zaprojektowane i wykonane budynki o konstrukcji drewnianej gwarantują, w przypadku wybuchu pożaru, minimalizację szkód i bezpieczeństwo ludzi. Dodatkowo warto przywołać w tym miejscu badania prowadzone przez Szwedzki Instytut SP (obecnie RI.SE). Zgodnie z informacjami podanymi w artykule Birgit Östman „Brandsäkerhet i moderna trähus - kartläggning av brandincidenter” na stronie <https://www.husbyggaren.se/brandsakerhet-i-moderna->

[trahus-kartlaggning-av-brandincidenter/](#) analiza statystyk zaistnienia przypadków pożaru wymagających interwencji służb ratowniczych wykazała:

- wystąpienie 0,4 przypadku na każde 1000 mieszkań wybudowanych w nowoczesnych technologiach drewnianych, oraz
- wystąpienie 1,2 przypadku na każde 1000 mieszkań wybudowanych we wszystkich technologiach.

Średnia dla budownictwa drewnianego jest więc znacznie lepsza niż średnia bez podziału na technologie. Oczywiście znaczenie ma tu podkreślony przez Autorkę przywołanego artykułu fakt, że budynki wybudowane w technologiach drewnianych powstały stosunkowo niedawno, z zastosowaniem najnowszych technologii i rozwiązań, co przekłada się na ich dobry stan techniczny, w odróżnieniu do pozostałej puli zabudowań, które stanowią obiekty w różnym wieku, często wyeksploatowane. W badaniu tym nie przeprowadzono porównania uwzględniającego wiek budynków, co należy brać pod uwagę oceniając uzyskane wyniki badań.

W Polsce, poza opracowanymi i wydanymi przez Instytut Techniki Budowlanej (ITB) Warunkami wykonania i odbioru robót budowlanych w zakresie konstrukcji drewnianych, brak jest oficjalnych wytycznych dotyczących wykonawstwa tego typu budownictwa. Mamy nadzieję, że choć częściowo wypełnimy istniejącą na tym polu lukę. Na końcu poradnika znajduje się słowniczek, który zawiera zestawienie najistotniejszych pojęć i ich wyjaśnienia.

Zdajemy sobie sprawę, że niektórzy z Państwa po przeczytaniu zakresu wymagań stawianych wyrobom budowlanym, projektowi oraz zasad wykonawstwa, odbiorą je jako utopię na rynku, którym przede wszystkim rządzi kryterium „najniższej ceny”, a jakość przegrywa z kosztami.

Być może opisane wymagania dotyczące szczegółowości projektu czy stawiane wyrobom budowlanym wydadzą się na początku lektury niektórym z Państwa trudne do realizacji czy nadmierne – ale zauważmy, że w rzeczywistości w każdym rodzaju budownictwa wymagania te są podobne. Stosowane wyroby muszą spełniać określone wymagania, by być w stanie przenieść obciążenia przewidziane przez projektanta, a projekt musi zawierać obliczenia i rysunkowe rozwiązania wszystkich detali. Dotyczy to tak samo konstrukcji stalowych, żelbetowych, jak i drewnianych. Faktem jest, że budownictwo drewniane było przez wiele lat traktowane przez projektantów „po macoszemu”, przez co w wielu projektach część dotycząca obliczeń i rysunków konstrukcji żelbetowych, stalowych czy murowych była bardzo obszerna, a w zakresie konstrukcji drewnianej w projekcie było kilka kresek, brak wymiarowania i obliczeń i opisy typu „konstrukcję drewnianą dobierze producent/dostawca”. Trzeba jasno powiedzieć, że sytuacje takie należy wyeliminować. Dlatego na końcu poradnika zawarta została również tzw. „check-lista”, która ma ułatwić sprawdzenie projektu, a później zweryfikowanie poprawności wykonania w zgodności z projektem.

Każdy obiekt – nieważne czy w mieście, czy na wsi, w górach czy na nizinach – wymaga kompletnego projektu i właściwego wykonawstwa by cieszył oko i dawał komfort bezpiecznego użytkowania. Pokazane na zdjęciach Fot. 1 i Fot. 2 realizacje udowadniają, że realizacja małych i dużych obiektów o konstrukcji drewnianej możliwa jest w każdym terenie – nawet wysoko w górach.



Fot. 1 Drewniana willa w austriackich Alpach (fot. E.I. Kotwica)



Fot. 2 Górna stacja kolejki linowej, Monte Baldo (fot. E.I. Kotwica)

Fotografia na okładce: P. Sulik

Rozdział 1. Wprowadzenie do wykonawstwa konstrukcji drewnianych

Budownictwo drewniane obejmuje bardzo szeroki zakres realizowanych obiektów. Mogą być to domy jedno- i wielorodzinne o różnym stopniu prefabrykacji lub wykonywane w całości na placu budowy. Z drewna wznoszone są także obiekty użyteczności publicznej, obiekty sakralne, obiekty infrastruktury czy małej architektury. Budynek drewniany wpisane są również w polski krajobraz – i to nie tylko małe domy jednorodzinne czy domki letniskowe. Można znaleźć w Polsce nie tylko nowe, ale i stare domy drewniane, zamieszkałe przez więcej niż jedną rodzinę, – np. pokazany na Fot. 1.1 budynek z połowy XIX wieku, znajdujący się w Zgierzu. Nie mamy jeszcze co prawda wielu współcześnie zbudowanych, wielokondygnacyjnych obiektów wielorodzinnych, jak inne kraje (np. Fot. 1.2 czy okładka – fot. P. Sulik) – na pewno jednak tendencja jest wzrostowa (np. Fot. 1.3).



Fot. 1.1 Budynek mieszkalny w Zgierzu z połowy XIX w. (fot. E. I. Kotwica)



Fot.1.2. Budynek wielorodzinny w Leoben, w Austrii (fot. P. Sulik)



Fot. 1.3 Prefabrykowane domy wielorodzinne o konstrukcji drewnianej, Bielsk Podlaski (fot. Z archiwum Stowarzyszenia Energooszczędne Domy Gotowe)

Z drewna można zbudować różnorodne obiekty o zróżnicowanym stopniu skomplikowania. Mogą być to proste ekrany akustyczne (Fot. 1.4) czy elementy małej architektury (Fot. 1.5).



Fot.1.4. Ekrany akustyczne (fot. E. I. Kotwica)



Fot.1.5. Drewniane ławki, Ischgl, Austria (fot. E.I. Kotwica)

Z drewna mogą być wykonywane konstrukcje obiektów sportowych (Fot. 1.6), mostowych (Fot. 1.7 i 1.8), sakralnych (Fot. 1.9 i 1.10) i wielu innych. Warto zwrócić uwagę na to, że niektóre z obiektów o konstrukcji drewnianej powstały wiele lat temu, a mimo to nadal bezawaryjnie służą ludziom – i nie są to tylko małe obiekty. Konstrukcja z drewna klejonego, przekrywająca dworzec kolejowy w Malmö (Fot. 1.11), została zamówiona i wyprodukowana w 1923 roku. Świątynia Pokoju w Jaworze (Fot. 1.12) zbudowana została w technologii szachulcowej w 1655 r.



Fot. 1.6. Basen w Szczecinku (fot. E.I. Kotwica)



Fot.1.7. Drewniany most z 1781 roku o całkowitej długości 66 m, Austria, Panzerdorf (fot. P. Sulik)



Fot.1.8 Most Neumatt Szwajcaria. Rozpiętość 59 m, 2013 r. (fot. E.I. Kotwica)



Fot.1.9. Kościół w Boguszy – dawniej Cerkiew św. Dymitra, 1856 r. (fot. E. I. Kotwica)



Fot.1.10 Kościół w Łodzi, rozpiętość 18,5 m (fot. E.I. Kotwica)



Fot.1.11. Dworzec kolejowy w Malmö, Szwecja, konstrukcja z 1923 r. (fot. E. I. Kotwica)



Fot.1.12. Świątynia Pokoju w Jaworze z 1655 r. (fot. E. I. Kotwica)

1.1 Podstawowe zasady

Realizacja inwestycji wymaga zachowania właściwej kolejności prowadzonych prac projektowych, a następnie wykonawstwa. Poniżej przedstawione informacje są tożsame z kierowanymi do inwestorów – gdyż bez zachowania odpowiedniej hierarchii, zakresu i kolejności prac poprawne oraz bezpieczne wykonanie obiektu jest co najmniej utrudnione. Dodatkowo każdy uczestnik procesu budowlanego musi mieć na uwadze ogólne uwarunkowania, związane z budownictwem i pewnymi lukami w przepisach, których wykorzystywanie może wiązać się docelowo z realnym zagrożeniem.

Podczas przygotowania inwestycji należy zachować następującą kolejność prac:

- określenie potrzeb i oczekiwań przez inwestora;
- opracowanie koncepcji przez projektantów;
- uzgodnienie koncepcji przez projektanta z inwestorem i naniesienie ewentualnych poprawek;
- przygotowanie kompletnego projektu architektury i konstrukcji wraz z obliczeniami wszystkich elementów konstrukcji drewnianej oraz połączeń (a więc nie tylko projekt architektoniczno-budowlany);
- złożenie wniosku o pozwolenie na budowę;
- opracowanie projektu wykonawczego i projektów branżowych (równolegle do procesu ubiegania się o pozwolenie na budowę);
- otrzymanie pozwolenia na budowę;
- realizacja inwestycji zgodna z opracowanym projektem wykonawczym, spójnym z projektem architektoniczno-budowlanym.

O ile projekt wykonawczy i projekty branżowe można opracowywać czy dopracowywać w okresie oczekiwania na pozwolenie na budowę, tak składanie wniosku o pozwolenie na budowę posiadając jedynie projekt architektoniczno-budowlany (czyli nie zawierający obliczeń konstrukcji – patrz też Rozdział 3.3) – jest co najmniej ryzykowne.

Wskazany schemat postępowania przy przygotowaniu budowy należy do dobrych praktyk, których przestrzeganie warunkuje bezpieczną realizację. Wymagane przepisami minimum – to projekt architektoniczno-budowlany (czyli koncepcja bez obliczeń – patrz Rozdział 3.3) potrzebny do złożenia wniosku o pozwolenie na budowę, oświadczenie projektanta o wykonaniu projektu technicznego przy zawiadomieniu o zamiarze rozpoczęcia robót i przedłożenie projektu technicznego na koniec realizacji przy zgłoszeniu zakończenia. Tylko należy pamiętać, że to minimum nie gwarantuje bezpieczeństwa i bezproblemowego użytkowania. Należy też pamiętać, że niezależnie od tego, czy budowa wymaga pozwolenia na budowę, czy nie (np. „domy na zgłoszenie” czy dopuszczona ostatnio przez Ustawę prawo budowlane [9] budowa domów jednorodzinnych o powierzchni zabudowy do 70 m² bez pozwolenia i bez kierownika budowy) – jeśli chcemy być profesjonalnym i rzetelnym wykonawcą, pamiętajmy o tym, że zakres projektu i jego szczegółowość są takie same. Realizacja zgodna z projektem, bez zmian i (z reguły niebezpiecznych) tzw. „optymalizacji” – jest niezbędna tak samo w przypadku domu jednorodzinnego, budynku wielorodzinnego, jak i obiektu użyteczności publicznej.

W interesie każdego wykonawcy jest więc wyegzekwowanie od inwestora, a za jego pośrednictwem – od projektanta, kompletnego projektu, który pozwoli na jednoznaczną realizację robót budowlanych.

Oceniając projekt przed przystąpieniem do wyceny i podjęciem decyzji o podpisaniu umowy należy dokonywać tego w sposób kompleksowy. Informacje dotyczące poszczególnych stadiów projektu i ich szczegółowości zawarte zostały w rozdziale 3. W rozdziale 4 podano informacje, czego powinniśmy wymagać od inwestora oraz wskazano braki w dokumentacji, które należy mu zgłaszać.

1.2 Rozwiązania stosowane w budownictwie drewnianym

Obiekty o konstrukcji drewnianej mogą być wykonywane w całości na placu budowy, co w Polsce – w przeciwieństwie do innych krajów, dzieje się relatywnie często. W takim przypadku na budowę dostarczane są elementy konstrukcyjne o wymiarach przekrojów zgodnych z projektem, a wszelkie docięcia, zacięcia i otwory wykonywane są na budowie. Z punktu widzenia wykonawczego prowadzenie wszystkich tego rodzaju prac na placu budowy wiąże się z pewnym ryzykiem. Występuje bowiem możliwość zaistnienia błędów i niedokładności, a konieczność wykonywania znacznej części prac przygotowawczych do montażu „pod gołym niebem” powoduje, że elementy konstrukcji drewnianej narażone są na (często długotrwałe) ekspozycje na opady atmosferyczne oraz promieniowanie UV. Decydując się na przyjęcie zlecenia dotyczącego budowy obiektu o konstrukcji drewnianej, który ma być wykonywany w całości na budowie, warto sprawdzić, czy na placu budowy możliwe będzie wykonanie zadanych obszaru roboczego, jak i zweryfikować możliwość składowania drewna przeznaczonego do obróbki w odpowiednich warunkach. Oczywiście te czynności, związane z organizacją placu budowy, trzeba też uwzględnić w wycenie. Warto też jednoznacznie zwrócić inwestorowi uwagę na konieczność właściwego zorganizowania pracy przy wykonawstwie całości obróbki drewna na budowie, co pociąga za sobą określone koszty i wydłuża czas realizacji. Trzeba zdawać sobie sprawę, że im dłuższy czas ekspozycji niezabezpieczonego drewna na warunki atmosferyczne, tym większe prawdopodobieństwo utraty deklarowanej przez producenta klasy wytrzymałości. Spękania i wypaczenia, które powstają w wyniku długotrwałej, niekontrolowanej ekspozycji na słońce i deszcz, wpływają bowiem negatywnie na wytrzymałość drewna. Czas budowy przy wykonywaniu wszystkich prac na placu budowy jest dłuższy niż przy częściowej lub całkowitej prefabrykacji. W krajach, w których budownictwo drewniane jest znacznie bardziej popularne niż u nas, większość budynków drewnianych wykonywanych jest jako prefabrykowane.

Prefabrykacja pozwala na łatwiejszy i szybszy montaż, a jednocześnie zapewnia powtarzalność i większą dokładność wykonywanych docięć czy zacięć oraz otworów. Im większy stopień prefabrykacji, tym szybszy jest montaż, niemniej stopień prefabrykacji często zdeterminowany jest dostępnością do placu budowy. Dlatego w przypadku przygotowywania realizacji obiektu prefabrykowanego niezbędne jest zweryfikowanie, czy plac budowy na pewno dostępny jest do dostawy określonych projektowo gabarytów. Jest to oczywiście bardziej rola projektanta, który powinien taką weryfikację przeprowadzić przed wyborem rozwiązania – ale przezorność nakazuje, by również i wykonawcy o tym pamiętali – i to na odpowiednio wczesnym etapie. Z doświadczenia autorów wynika, że nie zawsze projektant zwraca uwagę na to, czy droga dojazdowa lub sam wjazd umożliwiają wprowadzenie na budowę auta z ponadgabarytowym ładunkiem.

Prefabrykacja może uwzględniać:

- Dostawę opisanych odpowiednio, dociętych elementów składowych konstrukcji z nawierconymi lub nie otworami, do zmontowania na placu budowy w oparciu o projekt. Przypadek ten dotyczy zarówno budownictwa szkieletowego, jak i słupowo-ryglowego dla większych obiektów.

- Dostawę prefabrykowanych paneli ściennych i stropowych wykonanych w konstrukcji szkieletowej lub jako masywne elementy (z drewna klejonego krzyżowo CLT lub drewna klejonego warstwowo).
- Dostawę gotowych przegród wykonanych w konstrukcji szkieletowej lub jako masywne elementy (z drewna klejonego krzyżowo CLT lub drewna klejonego warstwowo).
- Dostawę gotowych modułów.

Generalnie budownictwo drewniane prefabrykowane charakteryzuje się fabrycznym przygotowaniem elementów budynku, które na budowie są tylko montowane. Stopień tej prefabrykacji jest zróżnicowany, a na jego zaawansowanie mają wpływ zarówno kwestie kosztów, jak i możliwości dostawy i montażu. Ogólnie można wyróżnić trzy podstawowe systemy:

- Układy słupowo-ryglowe z belkowymi stropami. Mogą być wykonywane z drewna litego czy drewna na złącza klinowe przy mniejszych obciążeniach i rozpiętościach (typowe budownictwo szkieletowe) lub z drewna klejonego warstwowo przy rozpiętościach większych. W przypadku prefabrykacji elementy konstrukcji przygotowywane i docinane są w warunkach fabrycznych i dostarczane w pakietach, ponumerowane tak, by mógł być przeprowadzony bezproblemowy montaż. Przykładem obiektów o konstrukcji w postaci słupów i belek z drewna klejonego warstwowo ze stropami z płyt LVL o krzyżowym układzie arkuszy, uźebrowanych belkami z drewna klejonego warstwowo (prefabrykowanymi) są wielopiętrowe obiekty mieszkalno-usługowe w Bergen (14 kondygnacji) i najwyższy na świecie, 18-kondygnacyjny budynek w Brumunddal (85,4 m).



Fot.1. 13. 18-kondygnacyjny budynek Mjøstårnet w Brumunddal na etapie montażu (fot. T. Birgersson)

- Prefabrykowane ściany nośne i prefabrykowane stropy jako bardziej zaawansowana opcja budownictwa szkieletowego (czyli z zastosowaniem konstrukcji opartej na słupach i belkach, ale zespolonych w gotowe elementy stropowe i ścienne w warunkach fabrycznych) lub wykonywane jako lite – z drewna klejonego krzyżowo albo z drewna klejonego warstwowo.

Elementy płytowe i stropowe mogą być wykończone w warunkach fabrycznych (izolacja, poszycie płytą i rozprowadzenie instalacji) lub dostarczane jako gotowy element konstrukcyjny do wykonania izolacji, instalacji i obicia płytą na placu budowy podczas montażu. Wykonywane są też prefabrykaty w postaci paneli, które składane są na podobieństwo klocków na placu budowy. Rozwiązanie z zastosowaniem paneli warto brać pod uwagę w sytuacji ograniczonych możliwości dojazdu do budowy – czyli w sytuacji, gdy np. nie ma możliwości dojazdu samochodów z pełnowymiarowymi ścianami i stropami lub możliwości rozładunku/manewrowania tak dużymi prefabrykatami.



Fot. 1.14 Prefabrykacja stropu o konstrukcji szkieletowej (fot. P. Sulik)

- Budownictwo modułowe stanowi najbardziej zaawansowaną formę budownictwa szkieletowego. Są to przestrzenne, prostopadłościenne elementy, powstałe w wyniku fabrycznego połączenia prefabrykowanych elementów stropowych i ściennych. Wykonywane są w wielu wersjach wykończenia – od wykończonych tylko płytami po gotowe do zamieszkania, wykończone wewnątrz i na zewnątrz, z rozprowadzonymi instalacjami, białym montażem, itp.



Fot.1.15 Montaż modułowego budynku wielorodzinnego przez polskiego producenta w Norwegii (fot. z archiwum Stowarzyszenia Energooszczędne Domy Gotowe)



Fot.1.16 Montaż jednorodzinnego budynku modułowego (fot B. Jaworski)

Rozdział 2. Podstawowe wymagania stawiane drewnu konstrukcyjnemu i wyrobom konstrukcyjnym na jego bazie, stosowanym w budownictwie drewnianym

W rozdziale tym postaramy się przekazać informacje niezbędne do zakupu materiałów (wyrobów budowlanych) stosowanych w budownictwie drewnianym, jak i kontroli projektanta oraz dostawcy w zakresie stosowanych wyrobów.

Projekt musi uwzględniać materiały dopuszczone do stosowania i wprowadzania do obrotu, a realizacja budowy (czyli również w zakresie stosowanych materiałów) – pozostawać w zgodności z projektem. Pamiętajmy, że od spełnienia wymagań tu opisanych zależy i bezpieczeństwo, i długotrwałe, bezproblemowe użytkowanie obiektu – czyli domu, budynku szkoły czy przedszkola, sali sportowej, basenu i każdego innego o konstrukcji drewnianej. Wskazane bezpieczeństwo – to nie tylko bezpieczeństwo użytkownika, ale i wykonawcy. W przypadku braku zachowania zasad wiedzy technicznej, spełnienia przepisów, w tym dotyczących wyrobów budowlanych inwestor (słusznie) będzie żądać usunięcia usterek i nieprawidłowości, co wiąże się dla wykonawcy z nieplanowanymi kosztami. Projektowane i wbudowywane materiały muszą spełniać te same wymagania, a ich rolą nie jest utrudnienie realizacji czy piętzenie przeszkód w drodze do celu. Wymagania te mają bardzo konkretne zadanie. Zadaniem tym jest między innymi zapewnienie przenoszenia obciążeń, które zostały określone w projekcie. Jednymi bowiem z podstawowych właściwości drewna, określanych w opisywanych tu procedurach, są te związane z wytrzymałością. Nikt nie chciałby przecież, aby każde wejście do pokoju budziło obawy, czy sufit nie spadnie na głowę, połączenia sprawiały wrażenie, że zaraz ulegną zniszczeniu, a nadmierne ugięcia powodowały spękania płyt na ścianach czy stropach. Dlatego trzeba pamiętać, że zastosowanie niepewnego wyrobu konstrukcyjnego, czyli np. takiego, w przypadku którego różne elementy mają różne wytrzymałości, odbiegające od zadeklarowanej klasy – będzie powodowało sytuacje skutkujące spękaniem, zarysowaniami czy nadmiernymi ugięciami. Wskazywanie przez nas – i tu, i w różnych innych opracowaniach – konieczności zwracania uwagi na poprawność deklaracji, oznakowania, słownictwa itp. – to nie jest „walka o dokument jako tzw. sztukę”. Istotne jest natomiast to, co te dokumenty potwierdzają. Jeśli deklaracja będzie wystawiona przez uczciwego producenta i poparta rzetelną kontrolą zewnętrzną jednostki – to taka deklaracja daje pewność, że dostarczony wyrób (drewno, drewno na złącza klinowe, drewno klejone itp.) jest bezpieczny i posiada deklarowane właściwości – wytrzymałość, klasę reakcji na ogień czy odporność na korozję biologiczną. Dodatkowo deklaracja musi być spójna z dostarczonym wyrobem i co do rodzaju wyrobu, i producenta.

Sytuacje, w których np.:

- wykonawca przedkłada deklarację zgodności i certyfikat producenta „X”, a wyrób pochodzi w rzeczywistości od producenta „Y”;
- wykonawca przedkłada dokumenty dla drewna litego, choć dostarczył drewno na złącza klinowe czy sklejone drewno lite,

są niedopuszczalne. Zdarzają się, niestety, przypadki, w których wykonawca albo z niewiedzy, albo też z powodu zaniżenia ceny na etapie ofertowania, kupuje i wbudowuje materiał nie przeznaczony do zastosowań konstrukcyjnych. Materiał ten jest oczywiście tańszy – ale z drugiej strony nie pozwala na wykonanie bezpiecznej konstrukcji. W momencie zaś, w którym bardziej świadomy inwestor zaczyna domagać się CE i odpowiedniej deklaracji – wykonawca taki rozpoczyna poszukiwania po internecie, znajduje pierwszą lepszą deklarację i przedkłada ją inwestorowi, licząc, że uda się w ten sposób sprawę załatwić. Trzeba mieć jednak na uwadze, że jest to działanie „na krótką metę”,

a prawda z reguły wychodzi na jaw. Konsekwencją wbudowania niewłaściwego (taniego, ale nie przeznaczonego do zastosowań konstrukcyjnych) materiału może być żądanie inwestora, by wykonawca na własny koszt rozebrał wszystko, co wiąże się z wbudowaniem niewłaściwego materiału i do tego pokrył wszystkie koszty opóźnienia i straty.

Ważne: poniższe informacje dotyczą drewna konstrukcyjnego i wszystkich wyrobów konstrukcyjnych na jego bazie (dlatego nie będą powielane przy opisach wymagań stawianych poszczególnym wyrobom, opisanych w tym rozdziale):

Istotną kwestią, na którą trzeba zwrócić uwagę zamawiając i kupując drewno lite i jego konstrukcyjne pochodne, jest klasa reakcji na ogień. Dotyczy to wszystkich wymienionych poniżej wyrobów objętych normami zharmonizowanymi. Zgodnie bowiem z aktualnym (na lipiec 2022 r.) Rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (w skrócie WT) [2] – aby można było zadeklarować NRO (czyli nierozprzestrzenianie ognia), należy zagwarantować klasę reakcji na ogień minimum „B”. NRO natomiast wymagane jest dla elementów konstrukcji większości obiektów. Tymczasem poniżej wskazane normy zharmonizowane pozwalają na przyjęcie bez dodatkowych badań klasy D-s2, d0, a deklarowanie wyższej klasy wymaga badań na etapie zarówno badań typu, jak i w ramach zakładowej kontroli produkcji i podlega pod certyfikację. Mówiąc inaczej – jeśli obiekt, w którym ma być wbudowane drewno, nie jest wymieniony jako wyjątek w § 213 WT [2] (a jako wyjątki wymieniono tu np. budynki **mieszkalne: jednorodzinne**, zagrodowe i rekreacji indywidualnej **do trzech kondygnacji nadziemnych łącznie**: - z zastrzeżeniem § 217 ust.2 WT [2]) – to elementy konstrukcji drewnianej muszą spełniać wymóg NRO, tożsamy z klasą reakcji na ogień minimum „B”. Aby uzyskać drewno i inne konstrukcyjne wyroby na jego bazie o klasie reakcji na ogień minimum „B” trzeba np. zastosować impregnację odpowiednimi środkami, a proces prowadzący do podwyższenia klasy reakcji na ogień podlega pod kontrolę zewnętrzną. Tak więc jeśli producent czy sprzedawca oferuje w sprzedaży elementy konstrukcyjne z drewna czy wyrobów na jego bazie, deklarując NRO – należy sprawdzić, czy producent może wylegitymować się dokumentami świadczącymi o wykonaniu badań typu oraz objęciem procesu prowadzącego do podwyższenia klasy reakcji na ogień nadzorem jednostki notyfikowanej. Nie dajmy sobie natomiast wmówić, że badanie wykonane jednostkowo jest tożsamy z badaniami typu i stałą kontrolą produkcji oraz cyklicznymi badaniami. Uszczegółowienie i rozszerzenie podanych tu informacji znajduje się w Rozdziale 6 niniejszego poradnika.

Istotnym jest też, że impregnaty zarówno zabezpieczające przeciw korozji biologicznej, jak i podnoszące klasę reakcji na ogień muszą wypełniać postanowienia normy EN 15228 [N26], by ich zastosowanie nie powodowało pogorszenia właściwości konstrukcyjnych zabezpieczanego wyrobu. Należy sprawdzać postanowienia Aprobata oraz Krajowych i Europejskich Ocen Technicznych, czy środek impregnujący i/lub zabezpieczający, którego dotyczy dokument, został zweryfikowany/przebadany zgodnie z tą normą. Brak przywołania tej normy eliminuje możliwość zastosowania środka do celu zabezpieczenia np. drewna klejonego warstwowo, sklejonego drewna litego czy drewna na złącza klinowe. Na przykład popularny w Polsce środek solny nie był badany w ramach opracowywania Aprobata, a później KOT, w oparciu o EN 15228. Zawarty wcześniej w Aprobacie, a obecnie w KOT zapis, że środek przeznaczony jest do stosowania do drewna i materiałów drewnopochodnych (z wyłączeniem drewna egzotycznego) NIE świadczy o tym, że przeznaczony jest również do inżynierskich wyrobów z drewna – czyli drewna klejonego warstwowo, sklejonego drewna litego czy drewna na złącza klinowe. Dlatego też – mimo niskiej ceny

i powszechności stosowania – dopóki nie zostaną wykonane badania i ocena zgodnie z EN 15228 z przywołaniem odpowiednich zapisów w KOT, środek ten nie powinien być stosowany w przypadku wyrobów, których normy zharmonizowane wymagają takiej weryfikacji.

W tym miejscu warto też zatrzymać się nad kwestią impregnowania drewna (i innych wyrobów na jego bazie również) w warunkach placu budowy. Zdaniem autorów niewielu spośród wykonawców, którzy kupują drewno konstrukcyjne nieimpregnowane i potem impregnują je sami na budowie, zdaje sobie sprawę z konieczności zapewnienia odpowiedniego wysycenia impregnatem. Impregnacja nie polega na tym, żeby posmarować elementy konstrukcyjne zielonym (najczęściej) preparatem, zapewniając intensywny kolor drewna (Fot. 2.2), przekazując jednocześnie inwestorowi kopię Aprobaty czy KOT oraz deklarację. Np. popularne środki solne wymagają aplikacji 200 g/m² zabezpieczanej powierzchni, by można było mówić o zaimpregnowaniu, a co za tym idzie – właściwym zabezpieczeniu. Aplikacja w ilości mniejszej nie daje nic i równie dobrze można jej nie dokonywać. W warunkach placu budowy nie ma najczęściej możliwości weryfikacji stopnia wysycenia, więc taką impregnację (niezależnie, czy zabezpieczającą przed korozją biologiczną, czy podwyższającą klasę reakcji na ogień), prowadzoną bez żadnej kontroli zewnętrznej, należy uznać za wykonywaną jedynie jako pozorowanie spełnienia wymagań.

Dodatkowo w kontekście impregnacji nie bez znaczenia są kwestie estetyki. Jeśli drewno jest eksponowane we wnętrzu – impregnat (i jego przypadkowa, często niestaranna aplikacja) nie może pogarszać efektu wizualnego. Jeśli zaś elementy drewniane zaprojektowane są jako widoczne i pracujące w warunkach eksponowanych na oddziaływania atmosferyczne – dobór właściwego środka zabezpieczającego oraz jego poprawne zastosowanie, są szczególnie istotne.

2.1 Konstrukcyjne drewno lite

Drewno lite powstaje w wyniku przecierania – czyli przecinania za pomocą piły kłód drewna na tarcicę. Samo jednak przecięcie i wykonanie desek czy bali nie wystarcza, by można było mówić o drewnie konstrukcyjnym. Niezbędne jest w tym celu dokonanie sortowania wytrzymałościowego, które przeprowadzane jest metodą wizualną lub maszynową. Krajowy surowiec sortowany jest najczęściej wizualnie, choć są już i u nas tartaki posiadające maszyny sortownicze. Drewno konstrukcyjne pochodzenia zachodnioeuropejskiego jest najczęściej sortowane maszynowo.

W Polsce nie należy wbudowywać drewna o wilgotności powyżej 18% przy konstrukcjach chronionych przed zawilgoceniem i powyżej 23% w przypadku konstrukcji nie chronionych przed zawilgoceniem (to znaczy znajdujących się np. na zewnątrz). Takie zapisy znajdują się w polskim załączniku krajowym do Eurokodu 5, czyli normy stanowiącej podstawę projektowania konstrukcji drewnianych. Dlatego kupując drewno konstrukcyjne trzeba zwracać uwagę, czy zostało przesortowane na sucho, czy ma właściwą wilgotność i – jeśli to możliwe – również, czy było w sposób właściwy składowane. Wymóg zachowania właściwej wilgotności (a tym samym rezygnacja z wbudowywania mokrego drewna) jest podyktowany nie tylko wymaganiami formalnymi, ale przede wszystkim względami praktycznymi. Jest co prawda część wykonawców, którzy wolą stosować mokre drewno, bo jest im wygodniej na etapie budowy (mokre drewno jest tańsze, w mokre drewno łatwiej wbijać gwoździe, itp.). Wygoda jednak nie może stanowić

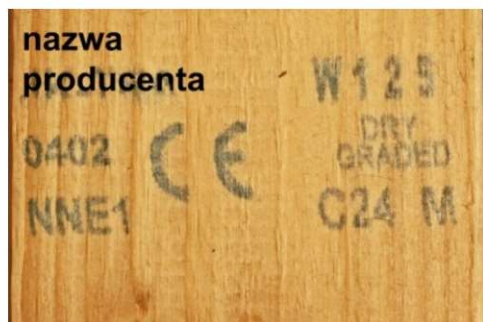
usprawiedliwienia naruszenia zarówno zapisów normowych (należy tu pamiętać, że Eurokod 5 jest przywołany w Rozporządzeniu w sprawie WT [2]), jak i dobrych praktyk oraz zasad wiedzy technicznej. Niezależnie od tego, jak bardzo wykonawca chce sobie ułatwić pracę, musi zdawać sobie sprawę z konsekwencji wbudowania mokrego drewna. Po wbudowaniu, zamknięciu obiektu dachem i wstawieniu stolarki mokre drewno zacznie w sposób niekontrolowany wysychać, pękać i paczyć się, a w niektórych przypadkach może wręcz dojść do sytuacji awaryjnej.

Klasy drewna litego oraz parametry wytrzymałościowe do obliczeń przyjmuje się na podstawie normy EN 338:2016 [N5]. Nie wolno stosować parametrów wytrzymałościowych ze starszych norm – ani ze starszych wersji EN 338, ani z normy PN-B03150:2000, ani tym bardziej – z PN-B 03150:1981. Starsze normy zawierają stan wiedzy z czasu, w którym były wydane. Jeśli jest wydawana nowa norma, zawierająca inne wartości parametrów wytrzymałościowych niż stara – oznacza to, że w wyniku prowadzonych badań wykazano konieczność wprowadzenia zmian. I tak, jak wiele programów dedykowanych dla np. Windowsa XP nie będzie działać w systemie Windows 10 czy 11, tak samo nie zawsze będzie poprawnie funkcjonować konstrukcja zaprojektowana z przyjęciem niewłaściwych danych. Dlatego po otrzymaniu od inwestora projektu należy sprawdzić, czy powyższe wymagania są w tym projekcie spełnione.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu drewna konstrukcyjnego (czyli jego sprzedaż i wbudowywanie):

Konstrukcyjne drewno lite podlega pod normę zharmonizowaną EN 14081-1+A1:2011 [N20]. Norma ta co prawda ma status normy wycofanej (nowa norma, EN 14081-1:2016 [N21] jeszcze nie została ogłoszona jako zharmonizowana), ale wciąż jest stosowana jako norma zharmonizowana. CE obowiązuje od 01.01.2012 r., system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 2+. Konstrukcyjne drewno lite przeznaczone jest do stosowania we wszystkich trzech klasach użytkowania.

Drewno lite musi być dostarczane z deklaracją właściwości użytkowych i oznakowaniem CE. Oznakowanie CE musi być dołączone do dokumentów handlowych oraz – w formie skrótowej – znajdować się na każdym elemencie konstrukcyjnym. Tylko w przypadku, gdy komplet elementów z drewna litego dostarczany jest bezpośrednio na budowę z tartaku (czyli bezpośrednio od producenta), a drewno przeznaczone do wbudowania w jednym obiekcie – można zrezygnować ze znakowania każdego elementu, umieszczając odpowiednie informacje wyłącznie na opakowaniu zbiorczym. Dołączenie dokumentów związanych z oznakowaniem CE do dokumentacji handlowej jest obowiązkowe w każdym przypadku. Tak więc jeśli kupuje się drewno konstrukcyjne w składzie drewna, w tartaku „z placu” (czyli drewno wyprodukowane wcześniej, a nie bezpośrednio na zlecenie inwestora czy wykonawcy), czy w markecie budowlanym – to na każdej sztuce musi znajdować się pieczęć, jak na fot. 2.1 poniżej.



Fot. 2.1 Przykładowe oznakowanie na każdym elemencie drewna konstrukcyjnego – tu oznakowanie drewna sortowanego maszynowo (świadczy o tym litera „M” przy liczbie oznaczającej klasę) i w stanie suchym (świadczy o tym zapis „dry graded” w oznakowaniu). (fot. E.I. Kotwica)

Jedną z istotniejszych informacji w oznakowaniu CE jest klasa wytrzymałościowa, opisana literą „C” i liczbą wskazującą charakterystyczną wytrzymałość na zginanie lub wynikające z badań opisowe określenie parametrów wytrzymałościowych.

Nie wolno sprzedawać drewna litego z krajową deklaracją właściwości użytkowych, z deklaracją tzw. „jednostkowego zastosowania” czy deklaracją referującą do innego dokumentu odniesienia niż norma EN 14081-1+A1:2011 [N20] (niedopuszczalne są np. deklaracje przywołujące polską normę PN-D 94021:2013 [N3]). Jeżeli więc producent czy dostawca przywozi nam na budowę drewno bez oznakowania i/lub z niewłaściwą deklaracją – podziękujmy za taki materiał i zażądajmy dostarczenia wyrobu, który jest zgodny z przepisami (a tym samym bezpieczny).

Jeśli sprzedawca deklaruje, że dostarczane drewno konstrukcyjne zostało zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu CE muszą dodatkowo znajdować się litery „PT”. Brak takiego oznakowania i brak odpowiednich informacji w certyfikacie CE oznacza, że producent nie spełnia wymagań stawianych przy wprowadzaniu do obrotu drewna impregnowanego, a dostarczone drewno może być jedynie pomalowane preparatem (najczęściej o intensywnym kolorze), który nie ma nic wspólnego z rzeczywistym zabezpieczeniem przed korozją biologiczną (w tym z zastosowaniem wystarczającej ilości środka w stosunku do 1 m² zabezpieczanej powierzchni). Uwzględnienie impregnacji w zakładowej kontroli produkcji, jak i nadzór również i nad tą częścią produkcji, jaką jest impregnacja, ze strony zewnętrznej jednostki nie mają na celu mnożenia problemów produkcyjnych i stwarzania barier produkcyjno-handlowych. Trzeba sobie zdać sprawę z tego, że – jak i cała pozostała kontrola produkcji – ma to na celu jedynie zapewnienie dostarczenia klientowi dobrego materiału o stałych cechach (właściwościach).



Fot. 2.2 Mniej lub bardziej intensywne zielone zabarwienie konstrukcji nie świadczy o poprawnej impregnacji (fot. E.I. Kotwica)

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz informacje i wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Drewno lite znajduje zastosowanie jako samodzielny materiał konstrukcyjny. Wielu ludziom kojarzy się przede wszystkim z więźbą dachową czy domkiem szkieletowym, ale wykonywane z niego są też prefabrykowane konstrukcje – gotowe ściany i stropy, prefabrykowane więzary kratowe o dużych rozpiętościach czy mniej typowe konstrukcje (jak np. hybrydowy, drewniano-stalowy roller coaster w Zatorze, w Energylandii).



Fot. 2.3 Najwyższy drewniany roller coaster świata – Zadra, znajdujący się w Energylandii w Zatorze – widok ogólny i detale (fot. E.I. Kotwica)

Warto, żeby każdy wykonawca zwrócił uwagę na to, że i małe konstrukcje, i tak nietypowe, jak przedstawiony na Fot. 2.3 roller coaster, powstają i bezpiecznie służą człowiekowi dzięki detalicznemu projektowi, a następnie zgodnemu z tym projektem wykonawstwu. Żaden z detali konstrukcyjnych nie będzie spełniał swojej projektowanej roli, jeśli będzie wykonany w sposób

przypadkowy, w niezgodności z projektem co do zastosowanego materiału i łączników – w tym ich średnic, ilości oraz rozmieszczenia.

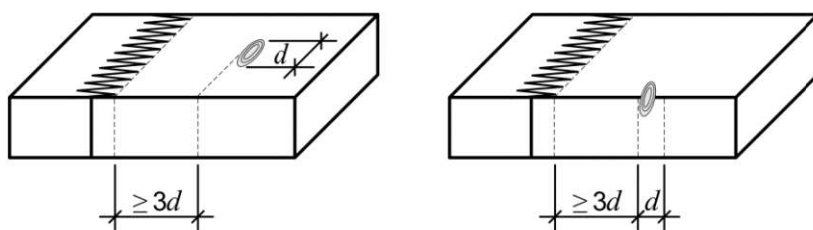
Drewno lite jest też komponentem przy produkcji opisanych poniżej wyrobów, jak drewno na złącza klinowe, drewno klejone warstwowo czy sklejone drewno lite. Stosuje się je również jako pasy konstrukcyjnych belek dwuteowych. Od jego jakości i zapewnienia stałych właściwości użytkowych zależy więc jakość i wytrzymałość wszystkich wyrobów konstrukcyjnych, które mają w swoim składzie drewno lite.

2.2 Drewno na złącza klinowe

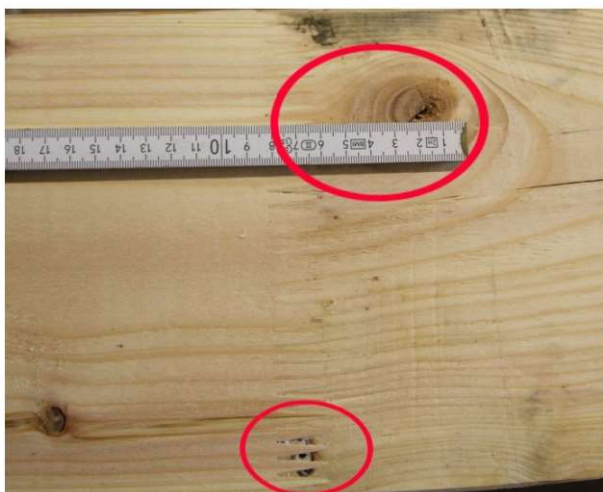
Drewno na złącza klinowe powstaje w wyniku sklejania wzdłuż długości konstrukcyjnego drewna litego. W tym celu wykonuje się na końcach każdego elementu nacięcia w formie klinów, które po nałożeniu kleju łączy się przy użyciu prasy tak, by powstał jeden element. Złącza klinowe muszą spełniać wymagania opisane w normie EN 15497:2014 [N27], a elementy o wadliwych złączach należy eliminować.

Jednym z istotnych warunków poprawności wykonania złącza klinowego, który można sprawdzić tzw. „gołym okiem”, są sęki w rejonie złącza.

Zgodnie z normą EN 15497 [N27] (patrz też rysunek G.3 tej normy, przywołany poniżej jako Fot. 2.4) odległość sęka od złącza musi być większa niż trzykrotna wartość średnicy sęka – czyli np. sęk o średnicy 2 cm nie może być bliżej od podstawy złącza niż 6 cm. Tylko w przypadku udokumentowanego, odpowiedniego zautomatyzowanego systemu zintegrowanego z procesem produkcyjnym dopuszczalna jest redukcja odległości sęka od złącza do 1,5 wielkości jego średnicy.



Fot. 2.4 Minimalne dopuszczalne odległości sęka od złącza klinowego na podstawie rysunku G.3 normy EN 15497 [N27]

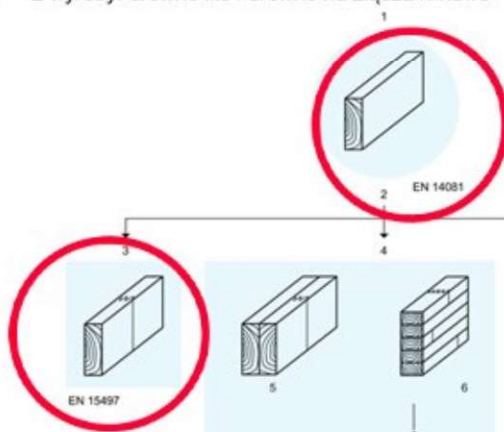


Fot. 2.5 Odległości sęków od złącza klinowego w elemencie pokazanym na zdjęciu są niezgodne z normą EN 15497 [N27] (jeden sęk bardzo blisko złącza, jeden sęk w złączu). Elementy z takimi sękami należy odrzucać z dostawy, żądając ich wymiany i nie wolno ich wbudowywać. (fot. E. I. Kotwica)

Drewno na złącza klinowe wykonuje się z gatunków iglastych wymienionych w EN 15497 [N27] oraz z topoli, przy czym należy pamiętać, że w ramach jednego elementu łączonego na złącza klinowe wolno stosować tylko jeden gatunek drewna – czyli nie można mieszać np. świerku i sosny czy świerku i modrzewia. (Tylko świerk i jodłę norma pozwala traktować jako jeden gatunek, stąd te dwa gatunki mogą pojawić się w jednym, gotowym elemencie).

Bardzo istotna jest informacja, że pojawiające się w ofertach sprzedawców oraz w projektach określenie „KVH” nie jest nazwą jednoznaczną i właściwą do określania drewna na złącza klinowe – stąd nie może być stosowana w Polsce. Nazwa „KVH” jest opatentowana, właściwa wyłącznie dla rynku niemieckiego i austriackiego i obejmuje zarówno konstrukcyjne drewno lite, jak i drewno na złącza klinowe (patrz też fot. 2.6).

„KVH” = 2 wyroby: drewno lite i drewno na złącza klinowe



Fot. 2.6 Umieszczenie wyrobów zwanych „KVH” na schemacie z normy EN 15497 [N27], pokazującym powiązania norm europejskich dla drewna litego i konstrukcyjnych wyrobów na jego bazie

Tymczasem dla tych wyrobów (drewna litego i drewna na złącza klinowe) przewidziano różne systemy oceny i weryfikacji, a wyroby te podlegają pod różne normy zharmonizowane. Określenie „KVH” nie jest powiązane z normami zharmonizowanymi ani nie jest to określenie międzynarodowe. Jego stosowanie wprowadza w błąd, a osoby posługujące się tą nazwą w Polsce często same nie wiedzą, co w rzeczywistości oznacza – czyli co sprzedają czy projektują. Dlatego sprzedawców czy projektantów posługujących się określeniem „KVH” należy traktować stosując zasadę bardzo ograniczonego zaufania. Projektujemy i kupujemy drewno lite z dokumentami referującymi do EN 14081-1+A1:2011 [N20] lub drewno na złącza klinowe z dokumentami referującymi do EN 15497:2014 [N27]. Nawet jeśli sprzedawca sprowadza drewno lite czy drewno na złącza klinowe np. z Niemiec – to w Polsce zobowiązany jest do posługiwania się wyłącznie odniesieniami do norm zharmonizowanych, jak i nazewnictwem powiązanych z normami zharmonizowanymi. Takie nazewnictwo bowiem, jak i odniesienia, są zgodne z zapisami Ustawy o wyrobach budowlanych i przepisów powiązanych.

Klasy drewna na złącza klinowe oraz parametry wytrzymałościowe do obliczeń przyjmuje się na podstawie normy EN 338:2016 [N5]. Jeśli drewno stosowane w produkcji było sortowane maszynowo, przy oznaczeniu klasy znajduje się litera „M” po wartości liczbowej. Brak litery „M” w oznakowaniu świadczy o sortowaniu wizualnym – czyli drewno zastosowane w produkcji musi spełniać wymagania normy sortowniczej, właściwej dla kraju pochodzenia drewna. Jeśli drewno jest sortowane wizualnie – przy ewentualnym postępowaniu reklamacyjnym można posługiwać się zapisami punktu 7 normy PN-D 94021:2013 [N3].

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu drewna na złącza klinowe:

Drewno na złącza klinowe podlega pod normę zharmonizowaną EN 15497:2014 [N27]. Oznakowanie CE obowiązuje od 11.10.2014 r., system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1. Drewno na złącza klinowe przeznaczone jest do stosowania we wszystkich trzech klasach użytkowania, przy czym nie wszystkie kleje, które dopuszcza do stosowania norma zharmonizowana, mogą być stosowane we wszystkich trzech klasach. Dlatego jeśli w oznakowaniu wpisano na elemencie typ kleju „I”, oznacza to, że element taki może być stosowany we wszystkich trzech klasach użytkowania. Jeśli natomiast wpisano typ kleju „II” – to oznacza, że takie elementy wolno stosować wyłącznie w 1. klasie użytkowania. Jeśli kupujemy drewno zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu musi znajdować się dodatkowo oznaczenie „PT”, a wymagania dla zasad kontroli produkcji i zewnętrznego nadzoru są tożsame z wymaganiami dla drewna litego.

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Zastosowanie drewna na złącza klinowe jest podobne, jak drewna litego, możliwe jest jednak uzyskanie znacznie większych długości elementów. O ile drewno lite można bezpiecznie (z punktu widzenia dostępności surowca) projektować do długości 6 m, tak drewno na złącza klinowe standardowo dostępne jest w długościach do 13 m.

2.3 Drewno klejone warstwowo

Drewno klejone warstwowo produkuje się poprzez sklejenie w jeden element minimum dwóch lameli ułożonych jedna na drugiej. Dopuszczalna grubość lameli mieści się w przedziale 6-45 mm włącznie. Lamelę może stanowić jedna, maksymalnie dwie deski położone obok siebie (w ten sposób wykonuje się elementy o większej szerokości przekroju). Dawniej (przed 2015 rokiem) jako drewno klejone klasyfikowane były elementy sklezione z minimum czterech desek.

Klasy drewna klejonego warstwowo przyjmuje się od 2015 roku wyłącznie w oparciu o EN 14080:2013 [N19]. Norma wyróżnia klasy drewna jednorodnego, oznaczone literą „h” po wartości liczbowej (np. GL28h) oraz klasy drewna kombinowanego, oznaczone literą „c” po wartości liczbowej (np. GL30c). Drewno jednorodne wykonywane jest z lameli o tej samej wytrzymałości, a kombinowane w ten sposób, że w skrajnych warstwach występują lamele o wyższej wytrzymałości, natomiast w środkowych – o niższej. Drewno kombinowane może składać się z lameli w dwóch lub trzech klasach wytrzymałości. Drewno lite do produkcji drewna klejonego warstwowo przypisuje się do klas wytrzymałościowych oznaczonych literą „T”, a wartość liczbową przy tej literze referuje do charakterystycznej wytrzymałości na rozciąganie (odmiennie niż w przypadku drewna litego, łączonego na złącza klinowe i sklejenego drewna litego, gdzie stosuje się klasy oznaczone literą „C”, powiązane z wytrzymałością charakterystyczną na zginanie).

Podobnie jak w przypadku drewna na złącza klinowe – i w przypadku drewna klejonego warstwowo występują na rynku pewne nieprawidłowości, o których należy pamiętać. Właściwą nazwą, zgodną z zapisem normowym, jest „drewno klejone warstwowo”, a jedyną normą odniesienia – EN 14080:2013 [N19] i powiązane normy europejskie. Ci natomiast projektanci i sprzedawcy, którzy stosują – znowu, właściwą jedynie dla rynku niemieckiego i austriackiego – nazwę „BSH”, nie są w pełni wiarygodni. Zwłaszcza, że sprzedawcy przywołują często wymagania norm DIN i wewnętrzne przepisy niemieckie. Tymczasem w Polsce nie mają zastosowania żadne normy DIN ani wymagania właściwe dla rynku niemieckiego czy austriackiego – tak samo, jak krajowe wymagania polskie nie mają zastosowania na rynku niemieckim czy austriackim. Jeśli wyrób spełnia wymagania normy zharmonizowanej – w przypadku drewna klejonego jest to EN 14080:2013 [N19] – to wyrób może być jak najbardziej sprzedawany w Polsce, ale z przywołaniem wyłącznie dokumentów powiązanych z systemem norm europejskich (EN). Inne uwarunkowania, powiązane z normami DIN, nie powinny być przywoływane, gdyż nie mają żadnego znaczenia w Polsce.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu drewna klejonego warstwowo:

Drewno klejone warstwowo podlega pod normę zharmonizowaną EN 14080:2013 [N19]. CE obowiązuje od 02.12.2012 r. (według poprzedniej wersji normy EN 14080), a według normy aktualnej – od 09.08.2015 r., system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1. Drewno klejone warstwowo przeznaczone jest do stosowania we wszystkich trzech klasach użytkowania, przy czym drewno stosowane w klasie 3 musi być wykonane z lameli o maksymalnej grubości 35 mm. Tak więc jeśli w projekcie projektant wpisze klasę 3. użytkowania – należy tę informację przekazać przy zamawianiu drewna klejonego warstwowo,

a później skontrolować, czy zostało dostarczone jako wykonane z lameli (desek) o maksymalnej grubości 35 mm (a nie 40 czy 45 mm).

Jeśli kupujemy drewno zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu musi znajdować się dodatkowo oznaczenie „PT”, a wymagania dla zasad kontroli produkcji i zewnętrznego nadzoru są tożsame z wymaganiami dla drewna litego.

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Drewno klejone warstwowo stosowane jest zarówno przy budowie i prefabrykacji domów jednorodzinnych, jak i przy realizacji ogromnych obiektów o dużych rozpiętościach i zróżnicowanych kształtach elementów konstrukcyjnych. Nie można oczywiście mówić o nieograniczonych możliwościach kształtowania obiektów z użyciem tego materiału, gdyż byłoby to przekłamanie. Ograniczenia wynikają czasem zarówno z możliwości produkcyjnych, transportowych, jak i projektowych (możliwość przeniesienia obciążeń).

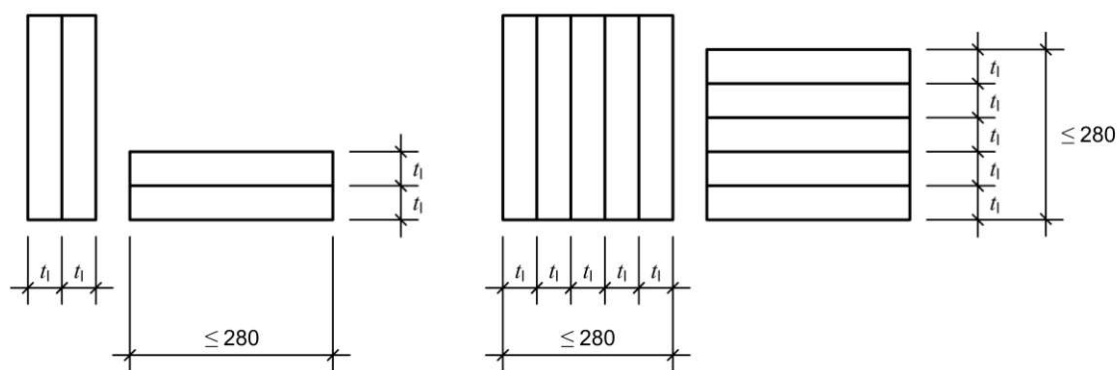
Niemniej możliwość wyprodukowania różnych kształtów (belki proste, trapezowe, łuki, ramy), jak i zaprojektowania obiektów o znacznych rozpiętościach bez podpór pośrednich (dochodzących nawet do 100 m) stawia drewno klejone wśród najbardziej elastycznych materiałów pod względem możliwości projektowych.



Fot. 2.7 Konstrukcja z drewna klejonego warstwowo przekrycia ujeżdżalni (fot. E.I. Kotwica)

2.4 Sklejone drewno lite

Sklejone drewno lite wykonywane jest przez sklejenie 2 do 5 elementów o grubości większej niż 45 mm i nie większej niż 80 mm (czyli $45 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$) i szerokości/wysokości przekroju nie większej niż 280 mm.



Fot. 2.8 Za rysunkiem 5 normy EN 14080:2013 [N19] – przykłady sklejonego drewna litego, wykonanego z dwóch i pięciu lameli.

Klasy drewna przyjmuje się wg PN-EN 338:2016 [N5] – czyli, mimo iż jest to drewno powstałe w wyniku sklejania kilku elementów, stosuje się klasy jak dla drewna litego – oznaczone literą „C”.

Wśród informacji dotyczących drewna na złącza klinowe oraz drewna klejonego warstwowo wskazane zostały „złe praktyki” związane z niepoprawnymi określeniami oraz dokumentami odniesienia. Niestety również w przypadku sklejonego drewna litego można zaobserwować na rynku nieprawidłowości w tym zakresie – otóż niektórzy sprzedawcy posługują się niemieckojęzycznymi określeniami „Duobalk” czy „Triobalk”, przywołując często również normy DIN jako dokumenty odniesienia. Nie jest to praktyka poprawna i zgodna z przepisami – jedynym dokumentem odniesienia jest EN 14080:2013 [N19], a nazwą – sklejone drewno lite (w przypadku elementów sklejonych z lameli o grubości $45 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$) lub drewno klejone warstwowo (w przypadku elementów sklejonych z lameli o grubości $6 \text{ mm} \leq t < 45 \text{ mm}$).

Dane techniczne	Belki DUO / TRIO C24	Powinno być „sklejone drewno lite”, nie belki DUO/TRIO
Grubość	60/ 80/ 100/ 120/ 140/ 160/ 180/ 200/ 220/ 240	
Wysokość	80/ 100/ 120/ 140/ 160/ 180/ 200/ 220/ 240	
Długość	Standard 13m/ 5m - 16m*	
Drewno	Świerk/ Sosna	
Jakość	4-stronnie strugane, krawędzie fazowane	
Powierzchnia	Wizualna (Si)/ konstrukcyjna (NSi)	
Wilgotność	C24 15% ± 3	
Wytrzymałość	C24	
Norma	DIN 4074 und EN 338	Norma DIN 4074 nie ma zastosowania w Polsce, a norma EN 338 [N5] jest podstawą jedynie przyjmowania klas wytrzymałościowych. Winno być: EN 14080:2013 [N19]

Fot. 2.9 Oferta wskazująca niewłaściwe podstawy normowe oraz niepoprawne nazewnictwo.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu sklejonego drewna litego:

Sklejone drewno lite podlega pod normę zharmonizowaną EN 14080:2013 [N19]. Oznakowanie CE obowiązuje od 09.08.2015 r., system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1.

Przeznaczone jest do stosowania w 1. i 2. klasie użytkowania – i o tym należy pamiętać, aby np. nie zastąpić sklejonym drewnem litego drewna litego czy drewna klejonego warstwowo w przypadku projektowanej 3. klasy użytkowania. Generalnie trzeba stosować zasadę nie zamieniania projektowanych wyrobów na etapie realizacji.

Jeśli kupujemy drewno zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu musi znajdować się dodatkowo oznaczenie „PT”, a wymagania dla zasad kontroli produkcji i zewnętrznego nadzoru są tożsame z wymaganiami dla drewna litego.

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Zastosowanie sklejonego drewna litego jest podobne, jak drewna litego i drewna na złącza klinowe – z możliwością projektowania elementów o długości do ok. 13 metrów.

2.5 Drewno klejone krzyżowo (CLT, X-LAM)

Drewno klejone krzyżowo wykonuje się poprzez krzyżowe sklejenie minimum trzech warstw, a minimum dwie warstwy musi stanowić konstrukcyjne drewno lite zgodne z EN 14081-1 [N20] (drewno iglaste lub topola). Warstwy środkowe natomiast mogą być wykonane zarówno z drewna litego, jak i z konstrukcyjnych wyrobów na bazie drewna – np. LVL. Maksymalna grubość gotowego elementu może dochodzić do 500 mm.



Fot. 2.10 Drewno klejone krzyżowo ze środkową warstwą z LVL, w górnej części nafrezowany kanał na przeprowadzenie instalacji (fot. E. I. Kotwica)

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu drewna klejonego krzyżowo:

Podstawę wprowadzania do obrotu stanowią Europejskie Oceny Techniczne, ponieważ norma PN-EN 16351:2021 [N28] nie została jeszcze ogłoszona w Oficjalnym Dzienniku Unii Europejskiej. Jako podstawę projektowania wskazują Eurokod 5, tak samo jak norma PN-EN 16351 [N28]. System oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1. Przeznaczone jest do stosowania w 1. i 2. klasie użytkowania.

Jeśli kupujemy CLT zaimpregnowane przeciw korozji biologicznej – w oznakowaniu musi znajdować się dodatkowo oznaczenie „PT”, a wymagania dla zasad kontroli produkcji i zewnętrznego nadzoru są tożsame z wymaganiami dla drewna litego.

Jeśli sprzedawca deklaruje, że drewno ma klasę reakcji na ogień wyższą niż D-s2, d0 – patrz wymagania wskazane we wstępie do tego rozdziału.

Drewno klejone krzyżowo stosowane jest przy produkcji ścian i stropów dla budynków wielo- i jednorodzinnych, jak również budynków użyteczności publicznej. Wykonuje się z niego nie tylko ściany oddzielające pomieszczenia, ale również prefabrykowane klatki schodowe i szyby windowe. Materiał jest z powodzeniem stosowany przy budowie wielokondygnacyjnych obiektów – np. hoteli, akademików. Wysoki stopień prefabrykacji i szybkość budowy sprawia, że CLT wykorzystywane jest coraz częściej, zwłaszcza, że proces produkcyjny pozwala na jedno- lub obustronne fabryczne wykończenie powierzchni przegród.

2.6 Fornir klejony warstwowo (LVL)

LVL przypomina nieco sklejkę, jest jednak wykonywany z grubszych fornirów, czyli arkuszy skrawanych obwodowo z drewna. Arkusze te skleja się za pomocą kleju na bazie żywicy fenolowo-formaldehydowych PF lub rezorcynowo-fenolowo-formaldehydowych. Przy produkcji stosowane jest najczęściej drewno sosnowe i świerkowe, czasem również liściaste. Warto tu wspomnieć, że od 2015 roku LVL jest produkowane również w Polsce.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu forniru klejonego warstwowo:

LVL podlega pod normę zharmonizowaną PN-EN 14374:2005 [N23]. Okres przejściowy minął 01.09.2006 r. – czyli od 02.09.2006 r. obowiązuje znakowanie CE. Norma ta wskazuje dla zastosowania konstrukcyjnego system 1 oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych i oznakowanie CE.

Norma obejmuje fornir klejony warstwowo o:

- równoległym układzie włókien wszystkich arkuszy (forniry są układane w procesie produkcyjnym tak, że wszystkie mają włókna drewna usytuowane w tym samym kierunku);
- krzyżowym układzie włókien fornirów (czyli wykonany w ten sposób, że pewna ilość arkuszy – liczba różna, w zależności od łącznej liczby warstw, układana jest w pozycji obróconej o 90° w stosunku do kierunku włókien pozostałych arkuszy).



Fot. 2.11 Fornir klejony warstwowo, po lewej – LVL z równoległym układem fornirów, po prawej – LVL z krzyżowym układem fornirów (fot. E.I. Kotwica)

Wymagane jest zastosowanie minimum 5 arkuszy. Grubość każdego arkusza nie może przekraczać 6 mm.

Należy zwracać uwagę na informacje PKN dotyczące tej normy, ponieważ przygotowywane jest nowe wydanie tej normy. (Nowa norma zastąpi EN 14374 i EN 14279).

LVL o równoległym układzie wszystkich fornirów stosuje się jako belki, słupy, elementy kratownic czy komponenty przy produkcji belek dwuteowych (z LVL wykonuje się w niektórych rodzajach takich belek pasy, a środek – czyli środkową część belki – z płyt pilśniowych lub OSB).



Fot. 2.12 Przykładowe zastosowanie LVL jako konstrukcji nośnej obiektu zaplecza przy kortach tenisowych, Seefeld. (fot. E.I. Kotwica)

LVL o krzyżowym układzie arkuszy stosowany jest jako płyty – samodzielnie lub w powiązaniu z prefabrykowanymi systemami. Tu warto powiedzieć, że płyty LVL o krzyżowym układzie fornirów, uźebrowane belkami z drewna klejonego warstwowo, wykorzystane zostały jako stropy w najwyższym budynku drewnianym świata – 18-kondygnacyjnym wieżowcu w norweskim Brumunddal.

2.7 Sklejka

Sklejka wykonywana jest ze sklejonych i sprasowanych fornirów o niewielkiej grubości. Forniry uzyskuje się – tak jak i dla produkcji LVL – poprzez skrawanie obwodowe drewna, przy czym są to arkusze o mniejszej grubości niż w przypadku LVL. Warstwy układane są krzyżowo – czyli każdy kolejny arkusz jest obrócony o 90° w stosunku do poprzedniego. Najczęściej w sklejce występuje nieparzysta ilość fornirów.

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu sklejki:

Sklejka do zastosowań konstrukcyjnych podlega pod system oceny 2+ i normę zharmonizowaną PN EN 13986+A1:2015-06 [N18]. Norma ta wskazuje w punkcie 5.13, że w przypadku zastosowań konstrukcyjnych parametry wytrzymałościowe ustala się w oparciu o normę PN-EN 789 [N6] (należy więc sprawdzać, czy w przypadku sklejki do zastosowań konstrukcyjnych nie zostały wykazane badania wyłącznie na bazie normy PN-EN 310 [N4]). Tu warto zauważyć, że o ile sklejka np. fińska ma stypizowane parametry wymiarowe i wytrzymałościowe, tak w Polsce jeszcze nie został opracowany jednolity system, co powoduje, że projektant przy projektowaniu musi posługiwać się danymi dotyczącymi parametrów wytrzymałościowych podanymi przez producenta. Dlatego trzeba sprawdzać, czy zastosowana przy wykonawstwie sklejka ma wszystkie parametry takie, jak przyjęto w projekcie.

Przy produkcji sklejki niezwykle istotne jest zachowanie doboru właściwego materiału wyjściowego do produkcji (w tym kleju, odpowiedniego do docelowego zastosowania sklejki), jak i zachowanie wszystkich reżimów produkcyjnych. Generalnie dobór komponentów przy produkcji musi być powiązany z przeznaczeniem danej sklejki. Sklejki stosowane są w budownictwie w wielu obszarach, ale nie każdą sklejkę można zastosować wszędzie. Sklejka może być przeznaczona do stosowania w warunkach suchych lub wilgotnych, są też sklejki zwane wodoodpornymi. Należy pamiętać, że „wodoodporność” sklejki powiązana jest ze stosowaniem odpowiedniego kleju, który umożliwi zastosowanie danej sklejki na zewnątrz, ale drewno pozostaje drewnem. Innym rodzajem sklejek są sklejki o podwyższonej klasie reakcji na ogień (nawet do klasy B).

Tak więc zamawiając sklejkę do określonego w projekcie zastosowania należy pilnować pełnej zgodności z opisem i wytycznymi, podanymi w tymże projekcie. Jeśli projekt nie zawiera jednoznacznego określenia sklejki – należy informacje te wyegzekwować od projektanta.

Sklejkę stosuje się np. na poszycia ścian, dachów, stropów czy podłóg; stosowana jest też jako materiał do szalunków czy podestów. Może mieć różny sposób wykończenia powierzchni – poprzez szlifowanie lub oklejanie.

2.8 Belki dwuteowe

Belki dwuteowe wykonywane są – jak wskazuje nazwa – o kształcie dwuteownika. Pasy wykonywane są z konstrukcyjnego drewna litego lub LVL, natomiast środniki z płyty pilśniowej lub płyty OSB. Pasy mogą mieć różne szerokości przekroju.



Fot. 2.13 Po lewej stronie belka dwuteowa z pasami z drewna litego i środnikiem z płyty pilśniowej, po prawej – z pasami z LVL i środnikiem z płyty PSB. (fot. E.I. Kotwica)

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu belek dwuteowych:

Belki dwuteowe nie są objęte normą zharmonizowaną, stąd podstawą do wprowadzania ich do obrotu są Europejskie Oceny Techniczne (ETA). Podlegają pod system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1. ETA określa wymagania odnośnie Zakładowej Kontroli Produkcji, planu kontroli. Należy pamiętać, że zgodnie z zapisami w ETA belki te są przeznaczone do stosowania w klasie użytkowania 1 i 2. ETA podaje również minimalne wymiary pasów (różne dla różnych producentów) oraz określa dopuszczalne tolerancje.

Wysokość belek - w zależności od producenta – wynosi do 600 mm. W zależności od przekroju pasów jak i od rodzaju zastosowanego materiału na pasy (drewno lite czy LVL) oraz środków (płyta pilśniowa czy OSB) – zróżnicowane są parametry wytrzymałościowe belek. Dlatego bardzo istotnym jest zwracanie uwagi w przypadku projektu uwzględniającego zastosowanie belek dwuteowych, by wykonawstwo było zgodne z projektem.

Belki te wykorzystywane są w budownictwie szkieletowym, w tym w prefabrykowanym, jako konstrukcyjne elementy przegród – ścian, stropów, dachów czy elewacji. Stosuje się je też jako składowe kratownic oraz jako płatwie – w przypadkach, gdy wymagana jest większa grubość izolacji. Zapewniają możliwość przenoszenia sporych obciążeń przy niewielkim ciężarze własnym.

2.9 Płyty OSB

Płyty OSB stosowane są w budownictwie drewnianym relatywnie często. Są to płyty konstrukcyjne, jak opisano niżej, dostępne są też płyty OSB o podwyższonej klasie reakcji na ogień.

Cytując za [L17]:

„Płyty konstrukcyjne oznakowane są numerami 2-4, przy czym płyty OSB 2 mogą pracować wyłącznie w warunkach suchych, OSB 3 przy niewielkiej wilgotności – na zewnątrz i wewnątrz, a OSB 4 są płytami specjalnymi, które mogą przenosić obciążenia w warunkach podwyższonej wilgotności. Krawędzie płyt mogą być proste lub frezowane na „pióro-wpust” (frezowanie może dotyczyć dwóch lub wszystkich czterech krawędzi płyty).

Płyty stosuje się w budownictwie na poszycia połaci dachowych i ścian, jako płyty podłogowe, stropy, elementy belek dwuteowych (środek) oraz szalunki. Jeżeli płyta ma mieć zastosowanie jako szalunkowa – obie płaszczyzny płyty pokrywa się filmem fenolowym.”

Niezbędne informacje, dotyczące podstaw formalno-prawnych umożliwiających wprowadzanie do obrotu płyt OSB:

Płyty OSB podlegają pod system oceny 2+ i normę zharmonizowaną PN EN 13986+A1:2015-06 [N18]. Parametry do projektowania konstrukcyjnego przyjmuje się wg normy EN 12369-1:2002. Należy pamiętać o przyjmowaniu przy projektowaniu właściwości zgodnych z przewidywanym charakterem pracy (są zróżnicowane zależnie od układu pracy płyty).

Rozdział 3. Podstawy normowe projektowania budownictwa drewnianego i zakres projektu

Założeniem opracowania poradnika było przybliżenie przede wszystkim aspektu konstrukcyjnego budownictwa drewnianego, stąd również i w tym rozdziale przeważać będą informacje powiązane z projektowaniem z punktu widzenia konstrukcji. Podane informacje pozwolą zweryfikować, czy przedstawiany w przetargu, czy przedłożony do ofertowania projekt jest wystarczający, by go wycenić, a później wykonać oczekiwany zakres prac. Każdy wykonawca musi zdawać sobie sprawę z odpowiedzialności, jaką ponosi przystępując do wykonywania prac budowlanych bez kompletnego projektu i bez zgłoszenia braków projektowych inwestorowi.

Istotne są w tym kontekście zapisy następujących artykułów kodeksu cywilnego:

Art. 651. Jeżeli dostarczona przez inwestora dokumentacja, teren budowy, maszyny lub urządzenia nie nadają się do prawidłowego wykonania robót albo jeżeli zajdą inne okoliczności, które mogą przeszkodzić prawidłowemu wykonaniu robót, wykonawca powinien niezwłocznie zawiadomić o tym inwestora.

Art. 652. Jeżeli wykonawca przejął protokolarnie od inwestora teren budowy, ponosi on aż do chwili oddania obiektu odpowiedzialność na zasadach ogólnych za szkody wynikłe na tym terenie.

Należy więc każdy projekt otrzymany przez wykonawcę przeanalizować pod kątem kompletności i jednoznaczności, a zauważone błędy, braki i niejasności przekazać pisemnie inwestorowi. Więcej na ten temat w rozdziale 4.

3.1 Podstawy normowe projektowania

Podstawę projektowania konstrukcji drewnianych stanowi PN-EN 1995-1-1+A1:2014 [N13], w skrócie zwana Eurokodem 5 lub EC5. Norma ta wymaga stosowania PN-EN 1990 [N8] oraz zbierania obciążeń również w oparciu o normy europejskie, np.:

- PN-EN 1991-1-1 [N9];
- PN-EN 1991-1-3 [N11];
- PN-EN 1991-1-4 [N12].

Jeśli wymagane jest projektowanie z uwzględnieniem odporności ogniowej – niezbędne jest uwzględnienie również PN-EN 1995-1-2 [N14].

Ważną normą, choć nie wymienioną w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych [2], jest PN-B 03007:2013 [N1], która określa zasady i wymagania sporządzania i nadzorowania dokumentacji technicznej konstrukcji budowlanych: dokumentacji projektowej. Jest więc to norma, której zapisy wspierają wykonanie kompletnej i poprawnej dokumentacji projektowej.

Poniżej wymienione normy muszą być przywołane w projekcie obiektu o konstrukcji drewnianej, w powiązaniu z projektowanymi materiałami. Przy numerze każdej normy podane zostało w nawiasie, jakiego wyrobu dotyczy – czyli projekt, w którym znajdzie się dany wyrób zastosowany w konstrukcji, musi być zaprojektowany z uwzględnieniem postanowień odpowiedniej normy.

- PN-EN 14081-1 [N19] (konstrukcyjne drewno lite);
- PN-EN 14080 [N18] (drewno klejone warstwowo i sklejone drewno lite);

- PN-EN 14250 [N21] (prefabrykowane konstrukcje, łączone na płytki kolczaste – np. wiązary kratowe);
- PN-EN 14374 [N22] (fornir klejony warstwowo – LVL);
- PN-EN 14545 [N23] (łączniki typu wkładek i pierścieni);
- PN-EN 14592 [N24] (łączniki trzpieniowe – np. śruby, wkręty, gwoździe);
- PN-EN 15497 [N26] (drewno lite, łączone na złącza klinowe);
- PN-EN 16351 [N27] (drewno klejone krzyżowo, w tym przypadku dodatkowo musi być przywołana Europejska ocena techniczna).

Pierwszym kryterium oceny projektu przekazanego przez inwestora powinno być więc sprawdzenie, czy zawiera przywołane wymienione wyżej normy.

Tu warto zatrzymać się nad kwestią obowiązywania norm. Teoretycznie stosowanie norm jest dobrowolne. Niemniej jednak od większości reguł są wyjątki – i tak też jest w sytuacji dobrowolności stosowania norm.

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych [1]:

- zawiera w Załączniku 1 wykaz norm powołanych w Rozporządzeniu (i tu wymienione są między innymi normy: PN-EN 1990 [N8], wszystkie części PN-EN 1991 [N9-N12], jak i PN-EN 1995 [N13-N14]);
- wskazuje w paragrafie 204, punkt 4: *„Warunki bezpieczeństwa konstrukcji, o których mowa w ust. 1, uznaje się za spełnione, jeżeli konstrukcja ta odpowiada Polskim Normom dotyczącym projektowania i obliczania konstrukcji.”*

Dodatkowo trzeba tu też przywołać Ustawę o wyrobach budowlanych [7], która w artykule 5 ustęp 1 wskazuje: *„Wyrób budowlany objęty normą zharmonizowaną lub zgodny z wydaną dla niego europejską oceną techniczną, może być wprowadzony do obrotu lub udostępniany na rynku krajowym wyłącznie zgodnie z rozporządzeniem Nr 305/2011.”* Rozporządzenie Nr 305/2011 [1] natomiast ustanowiło zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych. Zgodnie z tym Rozporządzeniem każdy wyrób objęty normą zharmonizowaną musi być oznakowany CE i dostarczony wraz z kopią deklaracji właściwości użytkowych – czyli normy zharmonizowane są wymagane do stosowania przy wprowadzaniu do obrotu (np. sprzedaży) takich wyrobów.

Klasy wytrzymałościowe drewna i poszczególnych wyrobów na jego bazie należy przyjmować zgodnie z wymaganiami wskazanymi w rozdziale 2 niniejszego poradnika. Należy pamiętać, że nie wszystkie klasy drewna wymienione w normie EN 338:2016 [N4] są powszechnie dostępne. Najbardziej dostępne są klasy C18 i C24 (klasa C24 jest najczęściej stosowana przez świadomych projektantów w projektowaniu konstrukcji drewnianych). Klasa C30 jest dostępna rzadko, a dostępność klas wyższych jest znikoma. Można oczywiście zastosować w indywidualnej sytuacji klasę C30 lub C35 – ale jedynie pod warunkiem wcześniejszego zapewnienia sobie możliwości dostawy na indywidualne zamówienie projektowanych elementów.

Ważne – im wyższa klasa drewna, tym dostępność elementów o większych wymiarach przekroju i długościach jest mniejsza. Dlatego – dla bezpieczeństwa i spokoju podczas realizacji w powszechnym projektowaniu – sugeruje się nie stosować klas wyższych niż C24. Zdarzają się (na szczęście rzadko) projektanci, którzy potrafią przyjąć w projekcie klasy wyższe – nawet C40.

Taki projektant nie posiada praktycznej znajomości uwarunkowań (w tym dotyczących rynku) związanych z projektowaniem konstrukcji drewnianych.

3.2 Zakres projektu – wymagany przepisami i wymagany z punktu widzenia bezpiecznej oraz bezproblemowej realizacji

Wielu z inwestorów zapewne podeszło z zadowoleniem do ostatnich zmian prawa budowlanego, związanych ze zmniejszeniem wymagań stawianych projektowi budowlanemu, składanemu do pozwolenia na budowę; z możliwością budowy domów jednorodzinnych na zgłoszenie czy też w końcu z możliwością skorzystania z bardzo uproszczonej ścieżki w przypadku budowy domów jednorodzinnych o powierzchni zabudowy do 70 m². Tu trzeba jednak zatrzymać się nad różnicą między „niezbędnym formalnym minimum”, które wydaje się być łatwym i przyjemnym, a rzeczywiście potrzebnym zakresem projektu niezbędnego do realizacji bezpiecznego w użytkowaniu obiektu. Podkreślamy ten aspekt w wielu miejscach poradnika, aby utrwalić świadomość, że formalności to jedno, a budowa domu czy innego obiektu – to coś zupełnie innego (w oparciu o projekt w zakresie niezbędnym z punktu widzenia formalnego nie da się niczego wybudować). Opracowując opinie techniczne czy ekspertyzy, rozmawiając z uczestnikami prowadzonych przez nas szkoleń czy też z ludźmi z branży budowlanej - spotykamy się często z problemami wynikającymi z braków i niedoróbek projektowych. Za każdym z takich problemów stoją nieprzewidywane koszty i opóźnienia realizacji. Inwestorzy często dopiero zaczynając budowę orientują się, że zapłacili za „projekt architektoniczno-budowlany”, który pozwolił im na otrzymanie pozwolenia na budowę, ale w żaden sposób nie umożliwił realizacji – i muszą za następny projekt zapłacić kolejną, niemałą kwotę. Jeśli przyjrzymy się poniżej wyszczególnionym wymaganiom stawianym poszczególnym stadiom projektu, jasnym będzie, że dopiero projekt techniczny i wykonawczy pozwalają na rozpoczęcie realizacji. Wykonawca nie może być natomiast tym, kto odpowiada za znajdowanie rozwiązań nie umieszczonych w projekcie – tak więc nie powinno być z jego strony zgody na rozpoczynanie realizacji bez kompletnej dokumentacji.

Prześledźmy więc wymagania i cały proces projektowy – zachowując zasady wiedzy technicznej i dobrych praktyk, a odrzucając niestaranność i kryterium najniższej ceny.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [4] na projekt budowlany składają się następujące elementy:

- projekt zagospodarowania terenu;
- projekt architektoniczno-budowlany;
- projekt techniczny;
- opinie, uzgodnienia, pozwolenia itp.

Projekt architektoniczno-budowlany podlega zatwierdzeniu przez lokalną jednostkę administracji. To w nim określone są podstawowe parametry obiektu, takie jak zamierzony

sposób użytkowania, układ i forma architektoniczna, kolorystyka, kubatura, powierzchnia. Podaje się również wpływ obiektu na środowisko. Należy tutaj podkreślić, że taki projekt stanowi jedynie podstawę do wydania decyzji o pozwoleniu na budowę. Pozwala organowi administracji stwierdzić, czy planowana realizacja jest zgodna z miejscowym planem zagospodarowania i z przeznaczeniem działki, oraz czy obiekt zostanie właściwie położony na terenie działki, z zachowaniem minimalnych niezbędnych odległości od granic i od innych obiektów.

Projekt architektoniczno-budowlany nie zawiera natomiast informacji pozwalających na rozpoczęcie budowy. Stanowi on tylko podstawę do wykonania projektu technicznego oraz projektów wykonawczych (a w przypadku budownictwa prefabrykowanego również warsztatowych i montażowych) czyli takich, które dopiero pozwolą na wzniesienie obiektu. Ważne – projekt architektoniczno-budowlany nie zawiera żadnych obliczeń konstrukcji – elementów konstrukcyjnych, połączeń itp. Tak więc widoczne na tym etapie projektu elementy konstrukcji są tylko rysunkiem, paroma kreskami, których rozmieszczenie nie ma nic wspólnego z wymiarami elementów, potrzebnymi do przeniesienia obciążeń. Projekt architektoniczno-budowlany jest koncepcją, która dopiero po wykonaniu kompletnych obliczeń każdego elementu konstrukcji z osobna, konstrukcji jako całości oraz zwymiarowaniu połączeń (obliczeniu ile i jakich łączników potrzeba) stanie się projektem.

Projekt techniczny jest elementem niezbędnym z formalnego punktu widzenia do rozpoczęcia budowy (nawet tych, dla których nie jest wymagane zgłoszenie zamiaru rozpoczęcia robót) i musi być dostarczony kierownikowi budowy przed rozpoczęciem prac. Ta część projektu budowlanego nie podlega zatwierdzeniu przez organ administracji. Przedkłada się go do wglądu w Powiatowym Inspektoracie Nadzoru Budowlanego w momencie uzyskiwania pozwolenia na użytkowanie (w przypadkach wymaganych przepisami), a więc już po wybudowaniu obiektu.

Dopiero w projekcie technicznym zawarte są przyjęte rozwiązania materiałowe, schematy statyczne, założenia do obliczeń oraz podstawowe wyniki tych obliczeń. Trzeba jednak pamiętać, że niezbędny minimalny zakres projektu technicznego, określony w Rozporządzeniu, nie jest wystarczający do poprowadzenia realizacji. W wymaganym zakresie brak m.in. informacji o rozwiązaniach detali połączeń. Można oczywiście projekt techniczny wykonać w takim stopniu szczegółowości, by mógł służyć już jako ostateczny projekt wykonawczy, natomiast trzeba mieć świadomość, że projekt techniczny zawierający tylko niezbędne minimum nie jest wystarczający. Dlatego o kompletnej dokumentacji możemy mówić dopiero wtedy, gdy mamy również projekt wykonawczy.

Projekt wykonawczy jest uszczegółowieniem projektu budowlanego i technicznego i tylko osoby nieodpowiedzialne lub nieświadome rezygnują z jego opracowania. Projekt wykonawczy nie jest tożsamy z projektem warsztatowym czy projektem montażowym. Jego definicja w Rozporządzeniu w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego, jest następująca (§5):

„Projekt wykonawczy stanowi uzupełnienie i uszczegółowienie projektu budowlanego w zakresie i stopniu dokładności niezbędnych do sporządzenia przedmiaru robót, kosztorysu inwestorskiego, przygotowania oferty przez wykonawcę i realizacji robót budowlanych.”

W projekcie wykonawczym konstrukcji drewnianej winny znajdować się rozwiązania materiałowe i rozwiązania elementów oraz połączeń, zgodne z przyjętymi do obliczeń schematami statycznymi.

Projekt warsztatowy – nie jest tożsamy z projektem wykonawczym. Jest to projekt, który sporządza producent na podstawie projektu wykonawczego, służący produkcji i/lub prefabrykacji elementów konstrukcyjnych. Należy pamiętać, że brak jest oficjalnej definicji tego projektu, więc pod pojęciem tym różne osoby mogą rozumieć różne zakresy. Nie można jednak stosować tej nazwy zamiennie do projektu wykonawczego.

Projekt montażu – opracowuje się w przypadku dostawy elementów prefabrykowanych celem określenia kolejności, ułożenia czy zespolenia elementów konstrukcyjnych i przegród. Jego zadaniem jest zapewnienie bezpieczeństwa i płynności montażu oraz właściwego zespolenia elementów i przegród. Projekt ten również nie jest tożsamy z projektem wykonawczym.

3.3 Konstrukcja drewniana – co powinien zawierać projekt, by obiekt był bezpieczny, a jego użytkowanie bezproblemowe

Jak wskazano już wcześniej, ani projekt budowlany, ani nawet techniczny nie stanowią podstawy bezpiecznej realizacji.

Bezpieczny projekt konstrukcji drewnianej to projekt, w którym uwzględniono:

- Obliczenia i rysunki wszystkich elementów konstrukcyjnych;
- Odpowiednią do przewidywanych warunków pracy klasę użytkowania;
- Rozwiązania połączeń, stężeń, zamocowań ściągów;
- Pracę przestrzenną obiektu;
- Obliczenia związane z odpornością ogniową (jeśli wymagana);
- Rozwiązania w zakresie instalacji z uwzględnieniem ich przebiegu w powiązaniu z zaprojektowanymi elementami konstrukcyjnymi (tak, by podczas montażu instalacji nie wyniknęły kolizje z elementami konstrukcji);
- Rozwiązania detali, które uwzględniają specyfikę konstrukcji drewnianych – np. brak kontaktu elementów drewnianych z gruntem (konieczny dystans) i/lub elementami konstrukcji żelbetowej (konieczna szczelina powietrzna i izolacja), odpowiednie wyprofilowanie cokołu (cokół nie może wystawać poza elewację) i rejonu posadzki na gruncie (wentylacja);
- Rozwiązania detali oraz izolacji uwzględniające brak powstawania mostków termicznych. Należy pamiętać, że w odniesieniu do szkieletowych konstrukcji drewnianych kwestie izolacji są integralnie powiązane z bezpiecznym użytkowaniem i trwałością obiektu.

Prace projektowe powinny rozpoczynać się od projektu konstrukcji dachu. Obliczone w wyniku zebrania obciążeń i przyjęcia właściwych schematów statycznych siły stanowią podstawę do dalszych prac projektowych.

Przegrody muszą spełniać wymagania zarówno z punktu widzenia konstrukcji, jak i fizyki budowli. Należy uwzględnić specyfikę projektowanej izolacji i przyjętych rozwiązań, jak i uwzględnić detale, których błędny projekt mógłby skutkować ucieczką ciepła z obiektu (np. rejon połączenia ścian zewnętrznych ze stropami, połączenie płyty balkonu czy nadproża). Właściwa izolacja – to zarówno izolacja połaci dachu oraz poddasza, jak i ścian, a także posadzki na gruncie.

Budynki drewniane jako konstrukcje szkieletowe (otwarte) można wykańczać przy użyciu różnych typów izolacji (styropian, PUR, PIR, wełna skalna, szklana, drewna, celuloza, słoma, konopie) oraz różnego typu płyt (OSB, MFP, gipsowe, włóknowo-gipsowe, cementowe, magnezowe). Przy użyciu tych materiałów możemy kształtować przegrody o dowolnych parametrach. Bardzo ważnym jest takie dobranie ocieplenia ścian zewnętrznych, aby punkt rosy (wykroplenia pary wodnej) wystąpił w izolacji zewnętrznej a nie w izolacji wewnątrz ściany czy płycie poszycia.

Generalnie należy tak projektować przegrody o drewnianej konstrukcji nośnej, aby nie dochodziło w nich do kondensacji pary wodnej, a jeżeli już do tego dojdzie, przegroda powinna umożliwiać usunięcie nadmiaru wilgoci z przegrody w celu jej osuszenia. W przypadku przegród zewnętrznych, a więc tych narażonych na najbardziej skrajne warunki, budowa przegrody powinna dodatkowo zabezpieczać przed wnikaniem wilgoci z zewnątrz, np. w wyniku wiatru i opadów atmosferycznych. Osiąga się to przede wszystkim poprzez warstwy elewacyjne, w wybranych rozwiązaniach stosując wiatroizolację. Jednocześnie powinno się zapewnić szczelność na przenikanie powietrza przez przegrodę, co realizuje się przy pomocy szczelnych warstw paroizolacyjnych.

W celu weryfikacji możliwości wystąpienia kondensacji pary wodnej w przegrodzie należy uwzględnić cały rok eksploatacji budynku z uwagi na zmienne warunki ciepłno-wilgotnościowe, a więc zarówno miesiące zimowe z ogrzewaniem, przejściowe, jak i letnie. Tylko taki sposób gwarantuje prawidłowe podejście do sprawy i umożliwia uniknięcie np. okresowego zawilgocenia przegrody.

Należy zdawać sobie sprawę, że przegrody zewnętrzne nie służą do usuwania nadmiaru wilgoci z pomieszczeń, nie taka ich rola. Wilgoć z pomieszczeń powinna być usuwana przez sprawnie działającą wentylację, natomiast zadaniem otwartych dyfuzyjnie przegród zewnętrznych jest utrzymanie prawidłowej wilgotności w przegrodzie i jak wspomniano powyżej, w przypadku jej przekroczenia, możliwość łatwego i naturalnego usunięcia jej nadmiaru z przegrody. W przypadku szkieletowych konstrukcji drewnianych jest to szczególnie ważne i ma najistotniejszy wpływ na trwałość rozwiązania. Warto w tym wypadku rozważyć membrany charakteryzujące się zmiennym oporem dyfuzyjnym, które w normalnych warunkach eksploatacji pracują w trybie „otwartym”, zapewniając optymalne warunki wilgotnościowe w przegrodzie, natomiast w przypadku zwiększonego strumienia wilgoci działającego na przegrodę, zwiększają swój opór dyfuzyjny i ograniczają ryzyko zawilgocenia przegrody.

Szczelność budynku ma niebagatelne znaczenie dla standardu energetycznego obiektu, wpływa również na zachowanie właściwego środowiska pracy konstrukcji drewnianej. Dlatego – nawet jeśli nie ma tego w propozycji umowy czy pierwotnym zakresie zlecenia sugerujemy, by przedyskutować z inwestorem zlecającym budowę domu/obiektu z drewna konieczność

wykonania próby szczelności i potwierdzeniu założonych w projekcie parametrów. Popularnym i wiarygodnym testem jest „blower door test”.

Przy projektowaniu i wykonywaniu domów należy też zabezpieczyć konstrukcję budynku przed długotrwałym działaniem wilgoci, co dotyczy każdego elementu budynku – od dachu po rozwiązanie połączenia z fundamentem.

Fundamenty dla budownictwa drewnianego projektuje się podobnie, jak dla każdego innego – mogą być to ławy i stopy fundamentowe, albo płyty fundamentowe. To ostatnie rozwiązanie (płyta fundamentowa) często stosowane jest w przypadku budownictwa szkieletowego o różnym stopniu prefabrykacji.

W przypadku fundamentów płytowych należy uwzględnić izolację z twardego styropianu lub innego, odpowiedniego i nienasiąkliwego materiału izolacyjnego oraz odpowiednie uzbrojenie płyty. Fundament tego typu wymaga rozplanowania instalacji wodno-kanalizacyjnej oraz ich podejść z jednoczesnym brakiem możliwości zmian na etapie wykańczania obiektu.

Fundamenty w postaci ław i ścian wymagają właściwego zaprojektowania, a w przypadku domów szkieletowych – wykonania wentylacji przestrzeni podpodłogowej.

Jeżeli występuje wysoki poziom wód gruntowych, niezbędny jest drenaż.

Nie wolno dopuścić do sytuacji, w której projektant sporządzi niekompletny projekt wskazując, że np. część dotyczącą rozwiązań konstrukcji drewnianej opracuje ktoś później (np. dostawca czy producent). Jeśli zdecydowano o wyborze konkretnego rozwiązania systemowego, można oczywiście włączyć producenta do prac projektowych – ale na odpowiednio wczesnym etapie – czyli na etapie projektowania, a nie w czasie, gdy rozpoczyna się realizacja.

Projektant, który dopuszcza lub wręcz zakłada „optymalizację” przyjętych przez siebie rozwiązań – jest wysoce niewiarygodny. Wykonawca, który rozpoczyna prace od „optymalizacji” rozwiązań projektowych (nie zgłaszając jednocześnie błędów w otrzymanej dokumentacji projektowej) wzbudza wątpliwości, czy rzetelnie wycenił koszt wykonania prac na etapie poprzedzającym podpisanie umowy.

Na konieczność zachowania zasady właściwego i kompletnego projektowania konstrukcji, a potem realizacji zgodnie z projektem należy patrzeć również z punktu widzenia fizyki budowli i zapewnienia właściwych parametrów termicznych obiektu. Niewłaściwie zaprojektowana konstrukcja i/lub niewłaściwie dobrane materiały mogą prowadzić do rozszczelnienia obiektu, do powstania mostków termicznych itp. Kwestie termiczne i energetyczne są ostatnio niezwykle ważne. Niezbędnym jest więc tu wskazanie, że są one nierozdzielnie powiązane z zakresem konstrukcyjnym. Najlepiej zaprojektowany z punktu widzenia fizyki budowli obiekt może docelowo nie spełniać nawet podstawowych wymagań termicznych, jeśli jego konstrukcja zostanie źle zaprojektowana i/lub wykonana. Z drugiej strony niepoprawne zaprojektowanie i/lub wykonanie kwestii związanych z fizyką budowli może uwidocznić się dopiero po jakimś czasie, w którym konstrukcja będzie ulegała nieprzewidzianej destrukcji.

Rozdział 4. Projekt obiektu o konstrukcji drewnianej – co wykonawca winien wyegzekwować od inwestora i projektanta przed rozpoczęciem robót

Realizacja robót budowlanych musi mieć pełne umocowanie w projekcie. Niezależnie od tego, czy obiekt ma powstać na zlecenie osoby prywatnej, czy też inwestora publicznego, jego realizacja jest uwarunkowana przekazaniem przez zleceniodawcę kompletnego projektu.

Obecnie obowiązujące zapisy Ustawy Prawo budowlane zezwalają na ubieganie się o pozwolenie na budowę w oparciu o projekt zwany architektoniczno-budowlany, a będący z punktu widzenia zakresu bardziej koncepcją niż projektem. Projekt architektoniczno-budowlany – jak już wskazano w poprzednim rozdziale – nie zawiera obliczeń konstrukcji, stąd wszystkie elementy konstrukcyjne rysowane są w projekcie architektoniczno-budowlany jedynie w sposób koncepcyjny. Oczywiście uczciwy projektant nie odważy się nigdy rysować do projektu elementów konstrukcyjnych w postaci losowo rozmieszczonych kresek. Zdarza się, że w ramach źle pojętych oszczędności inwestorzy zamawiają jedynie projekt „budowlany” lub dodatkowo częściowy projekt „techniczny”, zapominając o projektach wykonawczych. Takie oszczędności z reguły generują nieoczekiwane koszty na etapie realizacji i/lub użytkowania.

W przypadku inwestycji, których realizację poprzedza przetarg, już na jego etapie inwestor powinien przedłożyć projekt jednoznacznie określający wymagania co do objętych ofertą prac (nie dotyczy przetargów „zaprojektuj i wybuduj”). Tylko kompletny projekt z obliczeniami wszystkich elementów konstrukcyjnych i określający parametry przekroju elementów konstrukcyjnych oraz połączenia na podstawie obliczeń jest wiarygodną, jednoznaczną i bezpieczną podstawą złożenia oferty, a potem wykonania prac. Wiadomym jest oczywiście, że wiele przetargów rządzi się kryterium najniższej ceny – zarówno przy doborze projektanta, jak i wykonawcy. Powoduje to, że projekt opracowany za niższą niż realia rynkowe cenę jest pobieżny i niekompletny – czyli adekwatny do zaniżonej ceny, a realizacja (często również specjalistycznych robót) dokonywana jest przez wykonawców bez doświadczenia i wiedzy. Świadomy wykonawca powinien wiedzieć, jakie wymagania musi spełniać projekt przedłożony w przetargu i egzekwować spełnienia tych wymagań od inwestora. Tych samych zasad, co opisane, należy przestrzegać również przy ofertowaniu i przygotowaniu realizacji nie podlegających pod przetargi.

Jeśli przynajmniej część wykonawców będzie podchodzić do ofertowania i wykonawstwa robót budowlanych w pełni uczciwie oraz jednocześnie zgłaszać oficjalnie zauważane błędy i braki dokumentacji – jest szansa, że docelowo wyeliminowani zostaną z rynku wykonawcy niekompetentni i/lub nieuczciwi. Jednoznaczna i kompletna dokumentacja to gwarancja, że wszyscy startujący w przetargu będą mieli równe szanse wyceny prac związanych z realizacją. Kompletna, poparta obliczeniami dokumentacja pozwoli też na uniknięcie sytuacji, w której nieuczciwy startujący wyceni nie to, co w dokumentacji projektowej, a konstrukcję „zoptymalizowaną”, czyli o zmniejszonych (często do granicy rozsądku – czyli np. z wykorzystaniem 100% nośności) przekrojach celem maksymalnego obniżenia ceny i wygrania przetargu.

Jeśli prześledzimy zapisy ustawy Prawo o zamówieniach publicznych oraz aktu wykonawczego do tej Ustawy, czyli Rozporządzenia w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego – znajdziemy tam następujące zapisy:

Ustawa Prawo o zamówieniach publicznych:

Art. 103. 1. wskazuje: „Zamówienia na roboty budowlane opisuje się za pomocą dokumentacji projektowej oraz specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych.”

Rozporządzenie natomiast:

§ 4. 1. Dokumentacja projektowa służąca do opisu przedmiotu zamówienia na wykonanie robót budowlanych, dla których jest wymagane uzyskanie pozwolenia na budowę albo zgłoszenie robót budowlanych, do którego dołącza się projekt budowlany zgodnie z przepisami ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane, składa się w szczególności z:

- 1) projektu budowlanego w zakresie uwzględniającym specyfikę robót budowlanych;*
- 2) projektu wykonawczego w zakresie, o którym mowa w § 5;*
- 3) przedmiaru robót w zakresie, o którym mowa w § 6.*

§ 5. 1. Projekt wykonawczy stanowi uzupełnienie i uszczegółowienie projektu budowlanego w zakresie i stopniu dokładności niezbędnych do sporządzenia przedmiaru robót, kosztorysu inwestorskiego, przygotowania oferty przez wykonawcę i realizacji robót budowlanych.

2. Projekt wykonawczy zawiera rysunki w skali uwzględniającej specyfikę zamawianych robót i zastosowanych skal rysunków w projekcie budowlanym wraz z wyjaśnieniami opisowymi, które dotyczą:

- 1) części obiektu;*
- 2) rozwiązań budowlano-konstrukcyjnych i materiałowych;*
- 3) detali architektonicznych oraz urządzeń budowlanych.*

Tak więc w przypadku obiektu o konstrukcji drewnianej projekt przedkładany w przetargu musi zawierać rysunki i rozwiązania dotyczące zarówno drewnianych elementów konstrukcyjnych, ich połączeń, jak i projektowanych zabezpieczeń, wzmocnień, etc. Jeśli przekazywany przez inwestora do przetargu lub realizacji projekt obiektu, w którym występuje konstrukcja drewniana (dach, słupy, ramy, itp.), zawiera obszerną, opisową i rysunkową część dotyczącą żelbetowych czy stalowych części konstrukcji (np. fundamenty, podciąg, wieńce) i niemal nic na temat drewna – należy zażądać od inwestora uzupełnienia dokumentacji. Pomijając fakt braku możliwości jednoznacznej wyceny, a później realizacji w przypadku niekompletnego projektu – każdy mający do czynienia z budownictwem zdaje sobie sprawę, że nie da się poprawnie zaprojektować fundamentów i słupów bez zebrania obciążeń i obliczeń części wyższych celem wyznaczenia sił, przekazywanych na niższe części konstrukcji.

Tablica 4.1 Zestawienie przykładowych sytuacji, wymagających zawiadomienia Inwestora

Przypadek	Uwagi
W projekcie przywołano inne normy niż wymienione w rozdziale 2 i 3 niniejszego opracowania – czyli np. wskazano PN-B 03150:2000 lub PN-B 03150:1981; EN 518 i EN 519; EN 1194; EN 338:1999 (lub później datowaną, ale wcześniejszą wersję niż 2016); normy DIN (DIN-EN są dopuszczone, o ile są to	Wszystkie wymienione normy nie mają obecnie zastosowania lub nigdy nie miały zastosowania w Polsce, jak normy innych państw – i projekt sporządzony z przywołaniem takich norm nie będzie mógł stanowić podstawy do wykonania obiektu.

Przypadek	Uwagi
normy zharmonizowane).	
W projekcie podano nieaktualne klasy drewna – np. typu K27 czy KL39	Zastosowanie innych klas niż aktualne (EN 338:2016, EN 14080:2013), a co za tym idzie – innych parametrów wytrzymałościowych, nie pozwoli na wykonanie obiektu w zgodności z projektem. Wymagania Ustawy o wyrobach budowlanych i dokumentów powiązanych wskazują normy zharmonizowane, a te z kolei – określone podstawy klasyfikacji i przyjmowania parametrów wytrzymałościowych.
W projekcie nie podano klasy drewna i/lub klasy użytkowania	Bez informacji o wymaganej klasie drewna – niezależnie, czy ma być to drewno lite, drewno na złącza klinowe czy drewno klejone warstwowo – nie ma możliwości zamówienia materiału. Informacja o projektowanej klasie użytkowania również ma wpływ na zamawianie materiału – np. drewno klejone warstwowo przeznaczone do zastosowania w 3. klasie użytkowania może być wykonane z lameli o maksymalnej grubości 35 mm, a nie – 45 mm.
W projekcie znajdują się zapisy świadczące o braku przeprowadzenia obliczeń - np. typu „słup wykonać z drewna klejonego lub LVL”	Odnosząc się do podanego przykładu – parametry wytrzymałościowe drewna klejonego warstwowo oraz LVL są odmienne. Co zatem zaprojektował projektant i na jakiej podstawie przyjął wymiary przekroju poprzecznego, skoro opisuje element jako wykonany alternatywnie z dwóch różnych materiałów? W praktyce takie zapisy świadczą o braku przeprowadzenia obliczeń.
W projekcie brak jest rozwiązań połączeń, detali, czasem nawet parametrów przekroju (bo autor projektu zakłada, że zrobi to w przyszłości wykonawca). Jeżeli opis uwzględnia wzmocnienie konstrukcji drewnianej (np. strefy kalenicowej belki bumerangowej lub podporowej) – to wzmocnienia te również muszą być uwzględnione w projekcie co do ilości, długości, średnic oraz rozmieszczenia.	Parametry przekroju są często determinowane przez połączenia. Jeśli przeniesienie sił w danym złączu wymaga określonej liczby łączników, to dodatkowo łączniki te należy rozmieścić zachowując wszelkie normowe odstępny. Jeśli wymagane jest wzmocnienie – należy w wycenie uwzględnić odpowiednią ilość projektowanych wzmocnień. Jeśli projekt nie określa ilości, średnic i długości, wycena w tym zakresie staje się loterią.
W projekcie brak jest uwzględnienia stężeń, ich rozwiązań i zamocowań.	Stężenia są istotnym elementem każdej konstrukcji. Brak rozwiązań w zakresie rozmieszczenia, parametrów i sposobu

Przypadek	Uwagi
	mocowania, a co za tym idzie – wymuszanie na wykonawcy samodzielnego podejmowania decyzji w tym zakresie, prowadzi do zagrożenia bezpieczeństwa. Patrz też Rozdział 7.
Przyjęte w projekcie parametry przekrojów wydają się być zawyżone, a ani z opisu, ani obliczeń nie wynika żadne uzasadnienie tak dużych wymiarów. Oczywiście w każdej sytuacji występowania w opisie informacji o wymaganej podwyższonej odporności ogniowej należy mieć na uwadze, że zwiększone parametry przekroju powiązane są projektowo z wymaganą odpornością.	Wykonawcy winni zwracać na takie aspekty uwagę również dla własnego bezpieczeństwa i zapewnienia sobie uczciwych warunków startu w przetargu czy ofertowaniu. Zdarza się bowiem, że projektant albo z braku wiedzy, albo celowo przyjmuje bezpodstawnie zawyżone parametry przekrojów elementów konstrukcyjnych z założeniem, że wykonawca/dostawca te parametry pomniejszy.
W projekcie wrysowano elementy, których charakter pracy jest trudny do odczytania i bez detali połączeń oraz bez specyfikacji materiału z podziałem na długości.	Jeżeli zachodzi jakakolwiek wątpliwość, czy dany element pracuje jako jedno – dwu- czy wieloprzęsłowy, należy taką sytuację wyjaśnić celem uniknięcia sytuacji mogącej prowadzić do awarii.
W projekcie występują elementy konstrukcji drewnianej o bardzo dużych gabarytach – np. dźwigar o długości 50 m lub rama dwuprzegubowa o długości transportowej 30 m i szerokości transportowej 11 m, a nie zaprojektowano złączy pośrednich, które umożliwią transport w częściach i bezpieczne złożenie na budowie.	Brak obliczeń połączeń montażowych elementu konstrukcyjnego może spowodować, że po sporządzeniu obliczeń (już na etapie realizacji, by móc dostarczyć, a potem zmontować element) i wykonaniu złączy montażowych okaże się konieczne zwiększenie parametrów przekroju dźwigara. Parametry geometryczne przekroju mogą ulec zwiększeniu ze względu na konieczność usytuowania w połączeniu liczby łączników wynikającej z obliczeń i zachowania normowych odstępów. Wyeżekwowanie od inwestora dodatkowych środków z uwagi na zwiększenie objętości wymaganego do zamówienia drewna może być trudne.
W projekcie wpisano, że wymagana jest impregnacja przeciw korozji biologicznej lub podwyższająca klasę reakcji na ogień, a impregnacja ta nie została określona co do niezbędnych wymagań stawianych środkom impregnującym.	Impregnacja przeciw korozji biologicznej czy podnosząca klasę reakcji na ogień to nie jest tylko pomalowanie kolorowym środkiem (patrz też wprowadzenie do Rozdziału 2). Spełnione muszą być wymagania i dokumentów dopuszczających dany środek, i norm zharmonizowanych. Dodatkowo środek zabezpieczający musi być adekwatny do warunków pracy konstrukcji oraz aplikowany w ilościach wskazanych w Aprobacie Technicznej lub KOT.

Przypadek	Uwagi
W projekcie zapisano, że wymagana jest impregnacja podnosząca odporność ogniową drewnianych elementów konstrukcyjnych.	Odporność ogniową elementów konstrukcji drewnianej oblicza projektant w oparciu o PN-EN 1995-1-2, czasem przeprowadza się badania.
W projekcie nie zostały rozwiązane uszczelnienia przejść instalacyjnych przez przegrody.	Poprawne rozwiązanie przepustów ma istotne znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego.

Kompletność dokumentacji jest niezwykle istotna. Jako przykład można tu wskazać informacje, pochodzące z materiałów przetargowych, dotyczących pewnej hali sportowej,

„Na opis przedmiotu zamówienia ... składają się:

- a) koncepcja architektoniczna;
- b) projekt budowlany (branża architektoniczna, instalacji sanitarnych i instalacji elektrycznych);
- c) projekt wykonawczy (branża architektoniczna, instalacji sanitarnych i instalacji elektrycznych) ...”

O projekcie konstrukcji wśród dokumentacji projektowej, jak widać, zapomniano. Kończąc ten wątek warto wspomnieć, że hala wkrótce po oddaniu do użytkowania uległa katastrofie budowlanej.

Rozdział 5. Wykonanie robót budowlanych dotyczących konstrukcji drewnianych

5.1 Podstawowe zasady wykonawstwa

Realizacja obiektu w zakresie konstrukcji drewnianej możliwa jest niezależnie od temperatury otoczenia, w przeciwieństwie do innych rodzajów konstrukcji. Ten fakt, jak i możliwość stosowania relatywnie lekkiego sprzętu i narzędzi, wpływa korzystnie na tempo realizacji. Niezbędne jest jednak zwracanie uwagi na kwestię wilgotności – nie wolno dopuścić do zawilgocenia drewna, jak i częściowo gotowego obiektu. Należy również tak ustalić harmonogram robót, by zapewnić wykonanie obudowy (poszycia dachu, ścian) bezpośrednio po montażu konstrukcji drewnianej. Nie wolno dopuszczać do długotrwałego pozostawiania konstrukcji drewnianej bez pokrycia, a jeśli budowany jest obiekt o dużej powierzchni, należy odpowiednio etapować prace.

Mimo wszechobecnego kryterium najniższej ceny, które powoduje, że nie zawsze roboty budowlane są właściwie wyceniane, warto unikać pokusy optymalizacji i poszukiwania rozwiązań tańszych niż zaprojektowane. Trzeba sobie zdawać sprawę z tego, że lekkie konstrukcje drewniane rzadziej „wybaczą błędy” niż konstrukcje masywne, a przy nadmiernym poszukiwaniu oszczędności łatwo jest przekroczyć cienką linię dzielącą bezpieczeństwo użytkowania od zagrożenia awarią.

Tak więc jedną z podstawowych zasad wykonawczych jest realizacja zgodna z projektem, jak i zgłaszanie wszystkich braków i błędów projektowych inwestorowi.

5.2 Przygotowanie placu budowy i realizacji

- Przygotowując się do realizacji konstrukcji drewnianej należy zweryfikować, czy plac budowy dostępny jest dla dostawy elementów konstrukcyjnych o projektowanych gabarytach. Zwracając odpowiednio wcześniej uwagę na ten aspekt można – w uzgodnieniu z dostawcą, odpowiednio zaplanować dostawy i ułożenie elementów na samochodzie lub zażądać od projektanta projektu podziału i połączenia montażowego.



Fot. 5.1 Transport ponadgabarytowy. (fot. E. I. Kotwica)

Widoczne na Fot 5.1 dźwigary łukowe można transportować zarówno w pionie, jak i w poziomie. W przypadku pokazanym na zdjęciu lokalizacja placu budowy dopuszczała wjazd pojazdu wyłącznie z dźwigarami usytuowanymi pionowo.

- Należy przygotować wyrównane miejsce do składowania elementów konstrukcji drewnianej i płyt drewnopochodnych oraz wiązarów z usytuowanymi podkładami, za pomocą których drewno i inne wyroby na jego bazie zostaną oddalone od podłoża. Minimalna odległość tych wyrobów od podłoża winna wynosić 20 cm. Należy stosować przekładki oddzielające poszczególne elementy lub pakiety elementów. Podkładki i przekładki muszą być sytuowane w odległościach adekwatnych do ciężaru i długości. Elementy składowane należy przykryć odpowiednio grubą folią lub plandeką, zapewniając przepływ powietrza – poprzez usytuowanie na górnej powierzchni składowanego materiału np. krawędziaków, odseparowujących plandekę od zabezpieczanego materiału. Plandeki i folie należy kotwić do podłoża.
- Podczas rozładunku elementów wielkogabarytowych należy wykorzystywać odpowiednie do ciężaru elementu zawiesia pasowe, rozmieszczone w rozstawie zgodnym z projektem montażu (i odpowiednimi obliczeniami), stosując podkładki chroniące krawędzie.
- Jeśli elementy konstrukcyjne lub ich pakiety dostarczane są jako szczelnie zafoliowane – należy ponacinać folię od spodu przed (lub podczas) usytuowaniem w miejscu składowania.
- Nie wolno dopuścić do składowania drewna w sposób mogący skutkować jego zniszczeniem (patrz też fot. 7.7 i 7.8)



Fot. 5.2 Niepoprawne składowanie wiązarów prefabrykowanych – zarówno z punktu widzenia odległości od podłoża, jak i braku odpowiednio rozmieszczonych podpór, co skutkuje niekontrolowanymi deformacjami wiązarów. (fot. E. I. Kotwica)

- W przypadku wykonywania na budowie docięć i zacięć oraz innej obróbki elementów drewnianych warto jest wyznaczyć do tego celu miejsce zadaszone (oczywiście w przypadku elementów wielkogabarytowych nie zawsze istnieje taka możliwość).

5.3 Montaż

- Montaż konstrukcji drewnianej musi być prowadzony przez doświadczonych w tym zakresie pracowników oraz pod faktycznym (a nie jedynie pozorowanym) nadzorem ze strony kierownika budowy/robót.
- Rozpoczęcie montażu musi poprzedzać weryfikacja poprawności wykonania elementów, na których opiera się konstrukcja drewniana. Należy sprawdzić wypoziomowanie podłoża oraz czy fundamenty i/lub słupy usytuowane są osiowo (w odniesieniu do obu osi).
- Przed wbudowaniem należy sprawdzić zgodność z projektem dostarczonego drewna i innych konstrukcyjnych wyrobów drewnianych co do klasy i rodzaju materiału.
- Należy sprawdzić oznakowanie oraz dostarczone deklaracje właściwości użytkowych i zgodność z właściwą normą zharmonizowaną. Weryfikacji musi podlegać też spójność dostarczonych materiałów i dokumentów odbiorowych (nie wolno dopuszczać do sytuacji, w której dostarczone wyroby pochodzą od innych producentów niż przedstawione deklaracje).
- Nie są dopuszczone krajowe deklaracje zgodności – np. deklaracja referująca do PN-D 94021 dla drewna litego.
- Jeżeli z uzasadnionego powodu planowane jest zastąpienie projektowanego wyrobu innym – należy zweryfikować, czy przewidywany wyrób zamienny przeznaczony jest do stosowania w projektowanej klasie użytkowania (np. nie zawsze wolno zastąpić drewno lite sklejonym drewnem litym, itp.).
- W przypadku otrzymania wyrobu, określonego jako regionalny – niezbędne jest zweryfikowanie, czy rzeczywiście pochodzi z danego regionu i czy zostały wypełnione w stosunku do niego wymagania ustawy o wyrobach budowlanych. Przykładem wyrobu regionalnego są gonty drewniane – producent z Krakowa, Poznania czy Kielc nie może sprzedawać swoich gontów jako „wyrób regionalny” w Szczecinie, Warszawie czy Gdańsku. Jeśli producent gontów z Krakowa, Poznania czy Kielc zechce sprzedawać swoje wyroby w całym kraju – musi uzyskać Krajową Ocenę Techniczną.
- Elementy konstrukcji oraz prefabrykaty należy sprawdzić przed wbudowaniem co do zgodności wymiarowej z projektem.
- Nie dopuszczalne jest dokonywanie obróbki dostarczonych elementów konstrukcyjnych, skutkującej zmniejszaniem parametrów przekroju.

Zgodnie z punktem 5 normy zharmonizowanej EN 14081-1+A1:2011 [N20], jeśli podczas obróbki wymiar przekroju poprzecznego zmieni się o więcej niż:

5 mm dla wymiarów przekroju ≤ 100 mm;

10 mm dla wymiarów przekroju > 100 mm.

- Jeżeli wymagane jest stosowanie kotew chemicznych, niezbędna jest weryfikacja, czy upłynął odpowiedni okres od wykonania elementu żelbetowego, w którym kotew ma być umieszczona.
- Należy wbudowywać elementy konstrukcyjne zgodnie z projektowanym schematem statycznym. Jeśli np. łąta lub płatew zaprojektowana została jako dwuprzęsłowa – to nie wolno wbudować dwóch elementów jednoprzęsłowych zamiast jednego dwuprzęsłowego. Nie można dopuścić do niekontrolowanego oparcia elementów konstrukcji (np. przekrycia dachu) na ścianach, które nie zostały zaprojektowane jako nośne oraz jako podpory.

- Elementy prefabrykowane muszą być wykonywane w warunkach fabrycznych.
- Połączenia płyt muszą mieć miejsce na elementach znajdującej się poniżej konstrukcji drewnianej z zachowaniem wymaganych normowo odległości od boku zarówno łączonej płyty, jak i elementu konstrukcyjnego.
- W przypadku wykonawstwa z zastosowaniem systemowych rozwiązań należy stosować wszystkie składniki danego systemu, a nie tylko wybrane.
- Należy przestrzegać wymagań i ograniczeń dotyczących pracy dźwigu z uwagi na warunki atmosferyczne.
- Zalecane jest montowanie konstrukcji ram czy łuków trójprzegubowych z zastosowaniem konstrukcji wsporczych.
- Należy podczas montażu konstrukcji na bieżąco montować również stężenia.
- Należy podczas montażu mieć na uwadze zapis punktu 10.2 (1) Eurokodu 5 [N13] „*Odchyłki od prostoliniowości słupów, belek i elementów ram, mierzone w połowie odległości pomiędzy podporami, w przypadku, gdy są narażone na utratę stateczności, jeśli są wykonane z drewna warstwowo klejonego lub LVL, nie powinny być większe niż 1/500 długości, a jeśli są wykonane z drewna litego, nie powinny być większe niż 1/300 długości. W większości zasad sortowania wytrzymałościowego, niewystarczające są ograniczenia dotyczące krzywizn stosowanych materiałów i dlatego należy zwracać szczególną uwagę na prostoliniowość elementów.*”
- Nie można usuwać tymczasowych podpór i usztywnień stosowanych podczas montażu przed pełnym docelowym stężeniem konstrukcji lub zmontowaniem wszystkich elementów składowych.
- Nie należy dopuścić do ekspozycji izolacji przegród na opady atmosferyczne.
- Należy sukcesywnie przekrywać konstrukcję drewnianą celem niedopuszczenia do długotrwałej ekspozycji na warunki atmosferyczne.



Fot. 5.3 Więźba dachowa niszcząca od wielu miesięcy bez pokrycia. Stan części elementów już obecnie wskazuje na konieczność wymiany (fot. E. I. Kotwica)

- Nie wolno naruszać ciągłości obudowy prefabrykowanych przegród – co jest szczególnie istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego.
- Należy odpowiednio łączyć izolację z zachowaniem wskazywanych przez projektanta i producenta zakładów, w tym właściwego rozwiązania izolacji oraz płytowania w rejonie otworów (np. sztukowanie płyt w bezpośrednich rejonach naroży otworów prowadzi do spękań).



Fot. 5.4 Płyty w narożach powinny być wycinane z zachowaniem kształtu „L” (fot. Z archiwum EDG)

- Po zamontowaniu konstrukcji i zamknięciu obiektu należy zapewnić przepływ powietrza (wietrzenie) i nie dopuścić do gwałtownego suszenia pomieszczeń. Często zdarza się, że w obiekcie po zakończeniu prac wykonywanych w „mokrych” technologiach w obiekcie panuje wilgoć, której wykonawca chce się jak najszybciej pozbyć. Włączane są więc urządzenia grzewcze, doprowadzając do szybkiego obniżenia wilgotności. Taka sytuacja nie jest korzystna dla elementów drewnianych.

5.4 Zasady wykonawstwa w świetle przygotowywanej normy wykonawczej, mającej docelowo stanowić trzecią część nowego Eurokodu 5

Wychodząc na przeciw potrzebom europejskich wykonawców opracowywanej od paru lat normie dotyczącej zasad realizacji i wykonawstwa konstrukcji drewnianych nadano ostatnio rangę trzeciej części Eurokodu 5. Na początku opublikowanego w maju 2022 r. projektu zapisano, że dokument ten ma za zadanie ustanowienie podstawy powiązania między projektem a wykonawstwem oraz zapewnienia wskazówek i wytycznych do kontroli i nadzoru konstrukcji drewnianych. Norma może stanowić również pakiet znormalizowanych wymagań dla montażu w sytuacji zamówienia konstrukcji drewnianej.

Bardzo istotne jest, że we wstępie określono znaczenie stosowanego słownictwa co do wyrażania wymagań, zaleceń oraz czynności dopuszczalnych. Ma to istotne znaczenie również

w kontekście przyszłego tłumaczenia tej normy – słowo „shall” np. określa działania bezwzględnie wymagane, od których nie dopuszczalne są jakiegokolwiek odstępstwa.

Norma określa minimalne wymagania dotyczące produkcji, montażu i wznoszenia konstrukcji drewnianych, zaprojektowanych zgodnie z EN 1995 w celu zapewnienia, że to, co jest budowane, jest zgodne z zamierzeniami projektanta w zakresie spełnienia stanów granicznych nośności i użytkowania, trwałości oraz bezpieczeństwa pożarowego. Wskazuje wymagania co do specyfikacji w zakresie montażu, dokumentacji oraz kontroli prac wykonawczych. Uwzględniono w niej również minimalne wymagania dotyczące kontroli wilgotności podczas montażu. Norma zakłada, że specyfikacja montażu (wykonawcza) zostanie opracowana z uwzględnieniem podstawowych wymogów dotyczących produkcji, składania i montażu.

Wśród pojęć i definicji znajduje się m.in. plan i wytyczne (specyfikacja) wykonawcza, produkcja, dopuszczalne odchyłki elementu i montażu oraz dokumentacja projektowa.

W normie wskazano, że przed rozpoczęciem realizacji części konstrukcyjnej z zakresu konstrukcji drewnianej należy zapewnić na budowie:

- dostępność projektu z obliczeniami, rysunkami i specyfikacjami oraz projektu montażu (przy wskazanych w normie w powiązaniu z EC0 poziomach kontroli);
- w przypadku prac montażowych prowadzonych na wcześniej wykonanym etapie konstrukcji musi być dostępna dokumentacja udowadniająca wykonanie tego poprzedzającego etapu z zachowaniem dopuszczalnych odchyłek.

Podano zasady sporządzania projektu. Wskazano także zasady kontroli i zakresu dokumentacji w zależności od poziomu kontroli (poziom inspekcji zgodny z EC0). Podane zostały zasady dokumentowania i kontroli montażu (np. gatunek, klasa, klej, odchyłki w zależności od rodzaju elementu/części konstrukcji, liczba, rodzaj, wielkość rozstawy łączników i wstępnego nawiercania (jeśli występuje). Przedstawiono zasady postępowania w sytuacji uszkodzeń lub niezgodności konstrukcji/montażu, w tym mających miejsce na etapie transportu i/lub składowania.

W rozdziale dotyczącym planu kontroli wilgotności (wymagane przy poziomie inspekcji IL2 i IL3) wskazano konieczność m.in. uwzględnienia zawilgocenia podczas transportu i montażu, kontroli wysychania po montażu.

Wskazano dopuszczalne odchyłki dla elementów konstrukcji oraz prefabrykatów, zacięć, połączeń, lokalizacji łączników oraz dopuszczalne odchyłki montażu z podziałem na obiekty jedno- i wielokondygnacyjne.

Norma uwzględnia również kwestie bezpieczeństwa pożarowego w odniesieniu do gotowej konstrukcji oraz zasady dotyczące konstrukcji wznoszonych na terenach sejsmicznie zagrożonych.

Podano zasady pobierania próbek celem kontroli oraz kryteria kontroli w tym zakresie.

Norma uwzględnia również wymagania stawiane przy montażu pali drewnianych oraz dotyczące dopuszczalnych odchyłek przy wykonywaniu złączy ciesielskich.

Rozdział 6. Wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego na etapie projektu, wykonawstwa

6.1 Wprowadzenie

Z wykonawczego punktu widzenia, w przypadku bezpieczeństwa pożarowego należy przede wszystkim wykonać obiekt budowlany zgodnie z prawidłowo opracowanym projektem, zwracając szczególną uwagę na szczegóły wykonawcze, które odgrywają kluczową rolę w tym aspekcie. Detale, które w przypadku innych wymagań mogą być nieistotne, często w przypadku zagadnień pożarowych odgrywają kluczową rolę i gwarantują założony poziom bezpieczeństwa. Dobrym przykładem jest długość łączników mechanicznych, np. wkrętów lub zszywek. Z mechanicznego punktu widzenia, w normalnej sytuacji użytkowania, może być ona wystarczająca, jednak w sytuacji ogniowej należy pamiętać, że wierzchnia powierzchnia drewna podczas pożaru ulega zwęgleniu, tracąc swoje właściwości mechaniczne i dlatego, żeby zachować nośność łącznika musi on być zamocowany głębiej, w niezwęglonej warstwie drewna, co oznacza większą jego długość. Tego typu przykładów jest więcej, niemniej zanim zostaną omówione, w sposób skrótowy przedstawimy, jakie wymagania z uwagi na warunki pożarowe stawiane są budynkom i obiektom budowlanym.

Obiektom budowlanym oraz ich poszczególnym częściom stawiane są wymagania podstawowe określone w załączniku I Rozporządzenia [1], do których zalicza się: nośność i stateczność; bezpieczeństwo pożarowe; higienę, zdrowie i środowisko; bezpieczeństwo użytkowania i dostępność obiektów; ochronę przed hałasem; oszczędność energii i izolacyjność cieplną oraz zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych. Wymagania te dotyczą zamierzonego przeznaczenia obiektu budowlanego lub jego części, przez cały cykl życia obiektu, biorą pod uwagę przede wszystkim zdrowie i bezpieczeństwo osób mających z nim kontakt przez gospodarczo uzasadniony okres użytkowania.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego, obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w przypadku wybuchu pożaru:

- nośność konstrukcji została zachowana przez określony czas;
- powstawanie i rozprzestrzenianie się ognia i dymu w obiektach budowlanych było ograniczone;
- rozprzestrzenianie się ognia na sąsiednie obiekty budowlane było ograniczone;
- osoby znajdujące się wewnątrz mogły opuścić obiekt budowlany lub być uratowane w inny sposób;
- uwzględnione było bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

Dokumentem wykonawczym do Rozporządzenia [1] są warunki techniczne [2], które w dziale „VI. Bezpieczeństwo pożarowe”, podają szczegółowe wymagania w omawianym zakresie. Z budowlanego punktu widzenia jest to kluczowy akt prawny w zakresie bezpieczeństwa pożarowego dla projektanta. Akt ten określa m.in. podstawowe definicje wykorzystywane na potrzeby Rozporządzenia oraz wskazuje podział budynków na 4 grupy wysokości (N – niskie, ŚW – średniowysokie, W – wysokie i WW – wysokościowe). Ważny w kontekście rozważań jest podział budynków ze względu na sposób ich użytkowania. Zgodnie z kryteriami zawartymi w Rozporządzeniu [2] możemy podzielić budynki na mieszkalne, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej charakteryzowane kategorią zagrożenia ludzi (ZL). Wyróżniamy też

budynki produkcyjne i magazynowe określone jako PM oraz inwentarskie, służące do hodowli inwentarza, oznaczone literą I.

W grupie budynków ZL możemy wyróżnić pięć kategorii:

- ZL I – zawierające pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 50 osób niebędących ich stałymi użytkownikami, a nieprzeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, przykładem takiego obiektu może być hala widowiskowo-sportowa z drewnianymi, klejonymi dźwigarami, centrum handlowe, kino czy teatr;
- ZL II – przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak szpitale, żłobki, przedszkola, domy dla osób starszych;
- ZL III – użyteczności publicznej, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II, np. budynek biurowy, mniejsze restauracje czy sklepy;
- ZL IV – mieszkalne, czyli przede wszystkim wielokondygnacyjne bloki, oraz
- ZL V – zamieszkania zbiorowego, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II, np. część mieszkalna hotelu, pensjonaty, domy wczasowe.

Natomiast podział kategorii PM jest zrealizowany poprzez występującą w pomieszczeniu gęstość obciążenia ogniowego. Możemy wyróżnić budynki PM, gdzie występujące obciążenie ogniowe jest mniejsze od 500 MJ/m^2 . W takim przypadku wymagania w zakresie ochrony przeciwpożarowej są najniższe. Najbardziej restrykcyjne wymagania występują w budynkach PM, gdzie projektowane obciążenie ogniowe będzie większe niż 4000 MJ/m^2 oraz będzie występowało pomieszczenie zagrożone wybuchem.

Szczególną uwagę należy zwrócić również na to, kiedy Rozporządzenie [2] należy stosować w kontekście wymagań dotyczących ochrony przeciwpożarowej. Co do zasady Rozporządzenie to dotyczy przypadków projektowania budynków. Podkreślenia wymaga tu fakt, że wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego są w tym akcie prawnym traktowane ze szczególną uwagą i mogą być także obowiązujące względem budynków istniejących, w których stwierdzony zostanie stan zagrożenia życia ludzi.

Niejako miarą restrykcji w zakresie wymagań przeciwpożarowych jest przyporządkowanie danemu budynkowi klasy odporności pożarowej. Parametr ten determinuje wartość odporności ogniowej poszczególnych elementów budynku. Głównym kryterium w zakresie określania klasy odporności pożarowej (mamy 5 klas od A do E) dla budynków ZL jest wysokość, liczba kondygnacji i kategoria zagrożenia ludzi. Natomiast w budynkach PM tym kryterium będzie wysokość oraz przewidywane obciążenie ogniowe. Najwyższa klasa odporności pożarowej A jest przewidziana dla budynków WW (ZL) z wyjątkiem budynków mieszkalnych, gdzie przepisy dopuszczają zaprojektowanie takiego budynku w klasie B. Odnosząc się do budynków PM, klasa A odporności pożarowej jest wymagana dla obiektów, w których projektowana gęstość obciążenia ogniowego jest większa niż 4000 MJ/m^2 bez względu na wysokość budynku, przy czym nie można budować przy takim obciążeniu ogniowym budynków wyższych niż średniowysokie.

Konsekwencją przyjęcia odpowiedniej klasy odporności pożarowej budynku jest właściwe przyporządkowanie klasy odporności ogniowej poszczególnym elementom budynku. Projektując budynek w klasie A odporności pożarowej, trzeba respektować najbardziej wyśrubowane wymagania w zakresie odporności ogniowej elementów budynku. Odpowiednio dla budynku zaliczanego do klasy E odporności pożarowej elementy te będą, przynajmniej teoretycznie,

zwolnione z wymagań dotyczących odporności ogniowej. Klasy odporności ogniowej elementów związane są zarówno z czasem działania na element pożaru standardowego, wyrażonym w minutach (np. 30, 60, 120 czy 240), jak i kryteriami odporności ogniowej, wśród których najpowszechniej wymagana jest nośność ogniowa R, szczelność ogniowa E oraz izolacyjność ogniowa I. Kryteria te są szczegółowo opisane w normie klasyfikacyjnej [N16].

Kolejnym ważnym elementem jest określenie palności materiału z uwagi na fakt występowania przepisów w Rozporządzeniu [2], które nie pozwalają na stosowanie w wybranych przypadkach materiałów palnych np. w oddzieleniach przeciwpożarowych, na schodach ewakuacyjnych. Kwestie palności, ale i innych określeń (np. trudno zapalny, niekapiący) stosowanych w Rozporządzeniu [2] opisane są w załączniku 3, w którym przypisano je do Euroklas, tab. 1 wg normy klasyfikacyjnej [N15].

Tablica 6.1. Na podstawie Załącznika 3 do Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [2]

Wyroby budowlane z wyłączeniem posadzek – w tym wykładzin podłogowych				
Określenie dotyczące palności stosowane w Rozporządzeniu [2]		Klasyfikacja wg PN-EN 13501-1 [N15]		
		Klasa podstawowa	Klasy dodatkowe w zakresie	
			Wydzielanie dymu	Występowanie płonących kropli/cząstek
Niepalne		A1	-	-
		A2	s1, s2, s3	d0
		A2	s1, s2, s3	d1, d2
Niezapalne		B	s1, s2, s3	d0, d1, d2
Palne	Trudno zapalne	C	s1, s2, s3	d0, d1, d2
		D	s1	d0, d1, d2
		D	s2, s3	d0, d1, d2
	Łatwo zapalne	E	-	-
		E	-	d2
Niekapiące		A1	-	-
		A2, B, C, D	s1, s2, s3	d0
Samogasnące		co najmniej E	-	-
Intensywnie dymiące		A2, B, C, D	s3	d0, d1, d2
		E	-	-
		E	-	d2
-		F	Właściwości nieokreślone	

Z innych istotnych zagadnień Rozporządzenie [2] przedstawia wymagania z zakresu rozprzestrzeniania ognia, wentylacji pożarowej, ewakuacji, stref pożarowych i wielu innych, mających wpływ na bezpieczeństwo pożarowe budynków, przy czym, przepisy te mają w większości charakter ogólny.

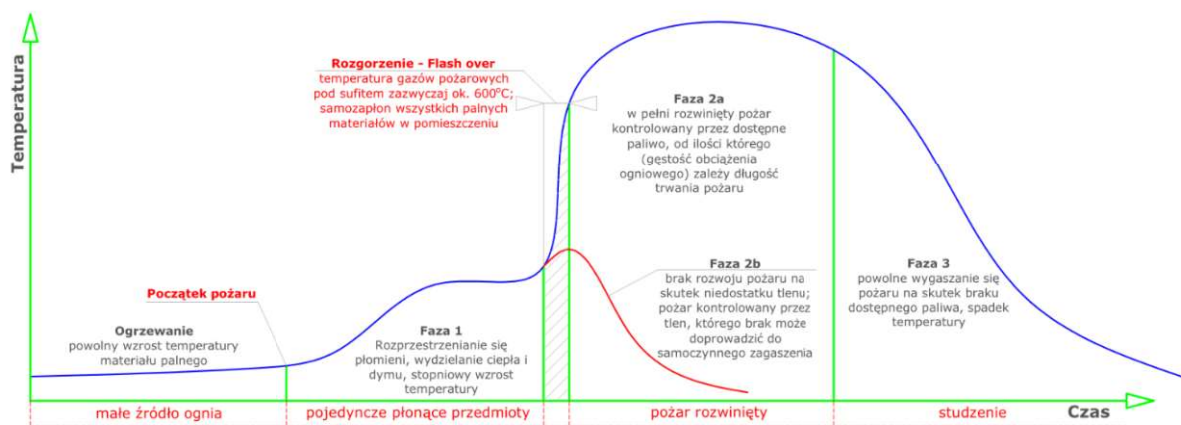
Legislator przewidział kilka odrębnych procedur potwierdzania nierozprzestrzeniania ognia przez elementy w zależności od ich miejsca wbudowania. Jak wspomniano powyżej, załącznik nr 3 Rozporządzenia [2], pozwala przypisać cechę nierozprzestrzeniania ognia przez elementy budynku z wyłączeniem ścian zewnętrznych przy działaniu ognia z zewnątrz budynku. Oznacza to, że elementy wbudowane wewnątrz budynku, aby mogły być uznane za nierozprzestrzeniające ognia muszą się charakteryzować klasą reakcji na ogień, zgodnie z normą [N15]: A1; A2-s1, d0; A2-s2, d0; A2-s3, d0; B-s1, d0; B-s2, d0 oraz B-s3, d0 lub stanowiące wyrób o klasie reakcji na ogień, zgodnie z PN-EN 13501-1 [N15]: A1; A2-s1, d0; A2-s2, d0; A2-s3, d0; B-

s1, d0; B-s2, d0 oraz B-s3, d0, przy czym warstwa izolacyjna elementów warstwowych powinna mieć klasę reakcji na ogień co najmniej E.

W przypadku oddziaływania zewnętrznego na ściany zewnętrzne stosujemy metodę badawczą opisaną w normie PN-B-02867:2013-06 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany [N2].

Podsumowując powyższe rozważania, można je zapisać w formie czterech postulatów:

- materiał, z którego wykonano budynek, nie powinien zwiększać obciążenia ogniowego;
- materiał lub element budowlany nie powinien być przyczyną rozprzestrzeniania się płomieni i produktów spalania;
- materiał lub element budowlany nie powinien przyczyniać się do rozgorzenia, czyli przejścia pożaru w pomieszczeniu w fazę 2a;
- przegrody wykonane z materiałów budowlanych, powinny charakteryzować się oczekiwaną klasą odporności ogniowej.



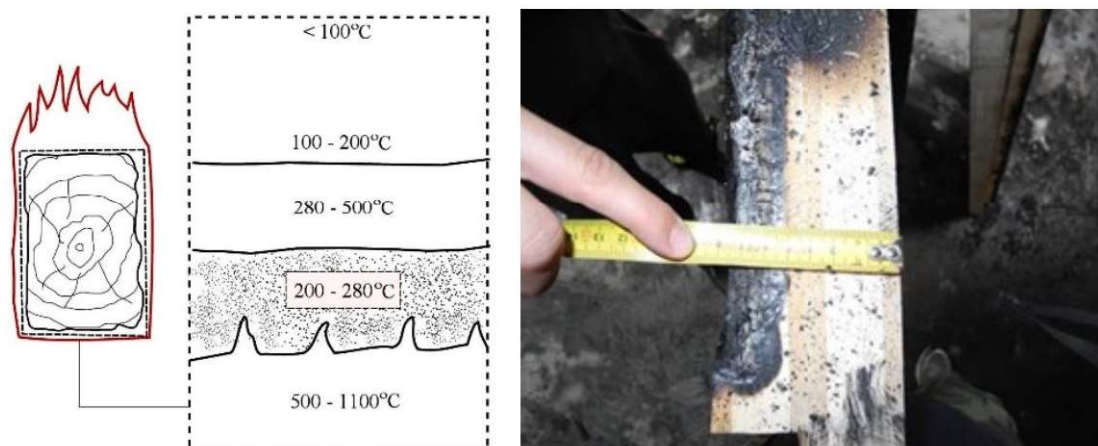
Fot. 6.1. Fazy rozwoju pożaru (rys. P. Sulik)

6.2 Zachowanie drewna w ogniu

Drewno jest materiałem palnym, przy czym jest jednocześnie dobrym izolatorem termicznym, dlatego ulega stopniowej degradacji, zaczynając od powierzchni narażonej bezpośrednio na działanie ognia. W przekroju poprzecznym elementu konstrukcji drewnianej poddanego działaniu ognia wyróżnić można pewne wyodrębnione obszary, (fot. 6.2), w których występują różne temperatury i zachodzą różne procesy:

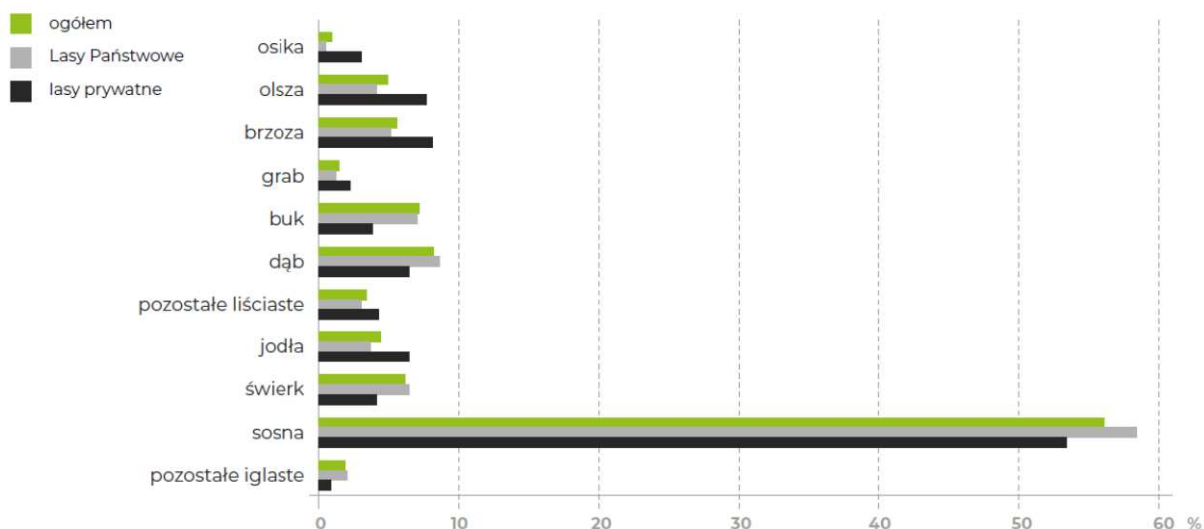
- jądro przekroju, w którym stopniowo wzrasta temperatura, nie przekraczając jednak 100°C;
- obrzeże jądra, w którym w temperaturze 100 do 200°C rozpoczyna się endotermiczny proces pirolizy połączony z wydzieleniem dużych ilości gazów;
- obszar w przedziale temperatur 200 do 280°C, w którym rozpoczyna się zwęglanie; produkty pirolizy powstają w temperaturze ponad 225°C i mogą ulec zapaleniu pod wpływem zewnętrznego płomienia;
- obszar zwęglania w temperaturze ponad 280°C, w którym drewno rozkłada się całkowicie na węgiel drzewny oraz palne i niepalne gazy;

- obszar żarzenia, w którym w temperaturze do 1100°C węgiel drzewny tli się i spala wydzielając dwutlenek węgla i inne produkty lotne.



Fot. 6.2. Zachowanie drewna w ogniu (fot. P. Sulik)

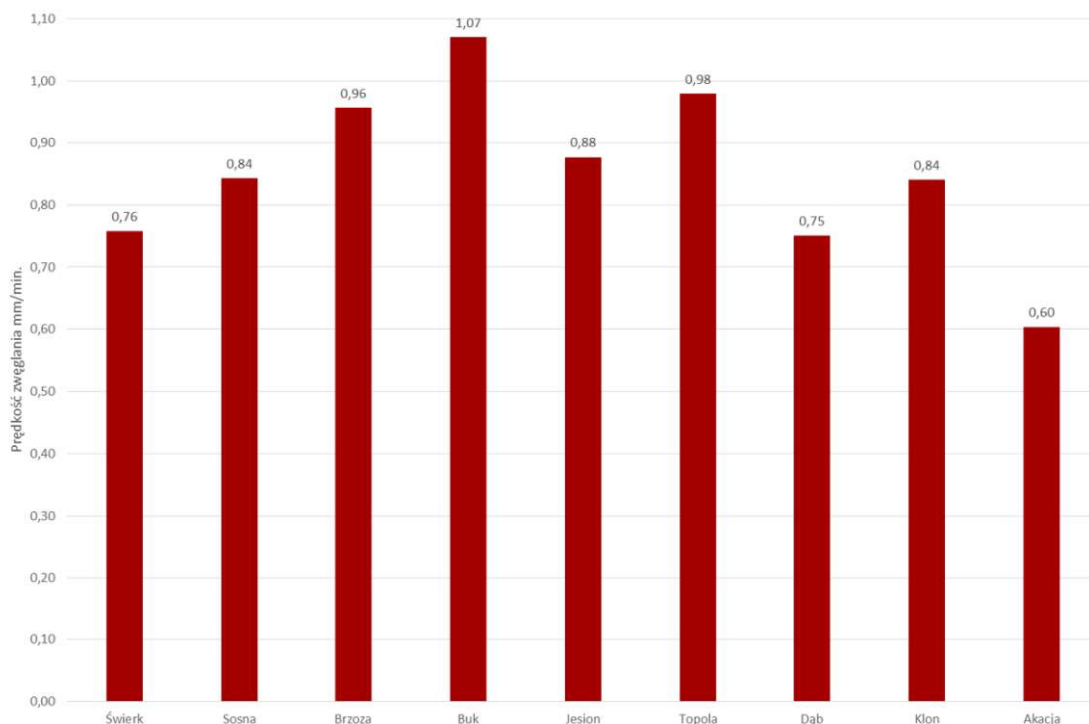
Dla większości gatunków drewna temperatura zapalenia, tzn. punkt zapłonu, waha się w granicach 250 do 300°C. Temperatura samozapalenia się (punkt zapalenia bez dostępu płomienia) waha się w granicach 330 do 470°C. W zwykłych warunkach pożar drewna następuje przeważnie od źródła ognia o temperaturze 700 do 800°C. Po ugaszeniu płomienia zachodzi często ostatni etap procesu spalania, żarzenie się drewna, przy którym następuje bezpłomiennie zwęglanie i spoielenie drewna.



Fot. 6.3. Udział objętościowy według gatunków panujących w lasach wszystkich form własności, Lasach Państwowych i lasach prywatnych (WISL 2016–2020) [L39]

Prędkość zwęglania drewna konstrukcyjnego w pożarze rozwiniętym, wg Eurokodu [N14] waha się w przedziale 0.7-0.8 mm/min i jest zależna od rodzaju drewna: iglaste + bukowe i pozostałe liściaste; klejenia lub nie: lite lub klejone oraz gęstości, gdzie wartościami granicznymi są 290 kg/m³ i 450 kg/m³, co oznacza, że typowa deska o grubości 1 cala (~2.5 cm), w przypadku oddziaływania ognia z jednej strony, będzie potrzebowała od 32 do 36 minut do całkowitej degradacji.

Może się również zdarzyć przypadek, że ze względów estetycznych, np. z uwagi na rysunek i barwę stojów, element drewniany na zewnątrz jest wykończony innym rodzajem drewna, w tym drewna egzotycznego. Taka ozdobna, ale palna warstwa, wbrew pozorom stanowi doskonałą izolację ogniochronną dla zasadniczej warstwy nośnej, przy czym należy brać pod uwagę fakt, że może się ona charakteryzować inną prędkością zwęglania. Pomimo przyjętego w Eurokodzie [N14], uśrednionego poziomu prędkości zwęglania, jak wykazały badania, zebrane m.in. w pracach [L33, L34], prędkość zwęglania dużo bardziej zależy od gęstości np. ~ 1.04 mm/min. dla gęstości rzędu 420 kg/m^3 [L36] czy ~ 0.38 mm/min. dla gęstości rzędu 860 kg/m^3 [L35]. Prędkość zwęglania zależy również od wilgotności czy chociażby sposobu ułożenia stojów [L34]. Należy zwrócić również uwagę na dosyć duże różnice w prędkości zwęglania, w przypadku bardzo porównywalnych gęstości, co jest związane różnicami pomiędzy poszczególnymi gatunkami botanicznymi i miejscem ich wzrastania. Dobrym przykładem jest porównanie wspomnianej powyżej prędkości zwęglania rzędu ~ 1.04 mm/min. dla gęstości rzędu 420 kg/m^3 otrzymanej przez zespół Frangiego [L36], z prędkością zwęglania ~ 0.49 mm/min. dla gęstości rzędu 430 kg/m^3 otrzymaną w badaniach Friquina [L37].



Fot. 6.4. Prędkości zwęglania drewna różnych gatunków krajowych (rys. P. Sulik)

Jako graniczną wartość temperatury przy której rozpoczyna się proces zwęglania drewna, przyjęto zgodnie z literaturą, 300°C [L38]. Uwzględniając powyższe założenie oraz dostępność drewna krajowego, fot. 6.3, w sposób doświadczalny określono prędkości zwęglania następujących gatunków drewna krajowego: sosna (*Pinus sylvestris* L.), świerk pospolity (*Picea abies* (L.)), brzoza (*Betula pendula* Roth), buk (*Fagus sylvatica* L.), jesion (*Fraxinus excelsior* L.), topola (*Populus* spp.), dąb (*Quercus*), klon (*Acer*), akacja (*Robinia pseudoacacia*), fot. 6.4.

Istotnym elementem jest wspomniana dobra izolacyjność termiczna drewna, co powoduje, że elementy drewniane, pomimo częściowej degradacji warstwy zewnętrznej, zachowują swoją

sztywność i w odróżnieniu od np. niepalnej stali, która szybko nagrzewa się w całym przekroju, nie odkształcają się. Pomimo że drewno jako materiał organiczny jest palne, to w sposób aktywny przeciwdziała degradacji. Typowa wartość ciepła właściwego drewna wynosi ok. 1700-1800 J/kgK, natomiast w okolicy 100°C osiąga ponad 13500 J/kgK. Związane jest to z odparowywaniem wody, która znajduje się w drewnie, co wymaga dostarczenia znacznej ilości energii i w konsekwencji spowalnia degradację termiczną drewna i rozwój pożaru.

Podsumowując, drewno zachowuje się w pożarze bardzo przewidywalnie i bezpiecznie. Pomimo swojej palności, w przypadku właściwego projektu, odpowiednich przekrojów poprzecznych i właściwej obróbki, zapewnia oczekiwany poziom bezpieczeństwa.

6.3 Reakcja na ogień a konstrukcje drewniane

Niezabezpieczone ogniochronnie drewno charakteryzuje się główną klasą reakcji na ogień D, sporadycznie C, co jest związane z rodzajem drewna, jego klasą wytrzymałościową – a więc i gęstością, zawartością żywicy czy sposobem obróbki powierzchni – np. struganie, fazowanie krawędzi. Odpowiednio zabezpieczone drewno, np. poprzez impregnację ogniochronną, może uzyskać podstawową klasę reakcji na ogień B. Należy w tym miejscu jeszcze raz uwypuklić informacje zasygnalizowane w Rozdziale 1 i zwrócić uwagę, że uzyskanie klasy reakcji na ogień B, co jest równoznaczne z nierozprzestrzenieniem ognia przy działaniu ognia od wewnątrz, jest procesem czasochłonnym, wymagającym odpowiednich warunków oraz przestrzegania kolejności działań opisanych szczegółowo w instrukcji stosowania zabezpieczenia i nie wystarczy np. pomalować elementy drewniane odpowiednim impregnatem by zapewnić spełnienie tych wymagań. W przypadku gdy kupujemy od producenta elementy drewniane charakteryzujące się klasą reakcji na ogień B, musimy wraz z zakupionym drewnem otrzymać odpowiednie dokumenty, potwierdzające wykonanie wszystkich wymaganych badań typu oraz dokumentów świadczących o prowadzeniu tego procesu pod nadzorem niezależnej jednostki posiadającej stosowne uprawnienia do oceny. Jest to ważne, gdyż nawet wiodący producenci elementów drewnianych mają ze względów technologicznych problem, by zapewnić – zgodnie z instrukcją producenta impregnatu uniepalniającego – wykonanie wszystkich niezbędnych czynności wymaganych do uzyskania klasy reakcji na ogień B.

Tablica 6.2. Kryteria klasyfikacji w zakresie klas reakcji na ogień dla klas od B do D wg [N15]

Klasa	Metoda badania	Kryteria klasyfikacji	Kryteria dodatkowe
B	PN-EN 13823 i	FIGRA $\leq 120 \text{ W}\cdot\text{s}^{-1}$; i LFS < krawędź próbki; i THR _{600s} $\leq 7,5 \text{ MJ}$	Wydzielanie dymu i spadające krople/cząstki
	PN-EN ISO 11925-2 Ekspozycja = 30 s	Fs $\leq 150 \text{ mm}$ w czasie 60 s	
C	PN-EN 13823 i	FIGRA $\leq 250 \text{ W}\cdot\text{s}^{-1}$; i LFS < krawędź próbki; i THR _{600s} $\leq 15 \text{ MJ}$	Wydzielanie dymu i spadające krople/cząstki
	PN-EN ISO 11925-2 Ekspozycja = 30 s	Fs $\leq 150 \text{ mm}$ w czasie 60 s	
D	PN-EN 13823 i	FIGRA $\leq 750 \text{ W}\cdot\text{s}^{-1}$; i LFS < krawędź próbki; i	Wydzielanie dymu i spadające krople/cząstki
	PN-EN ISO 11925-2 Ekspozycja = 30 s	Fs $\leq 150 \text{ mm}$ w czasie 60 s	

Gdzie:

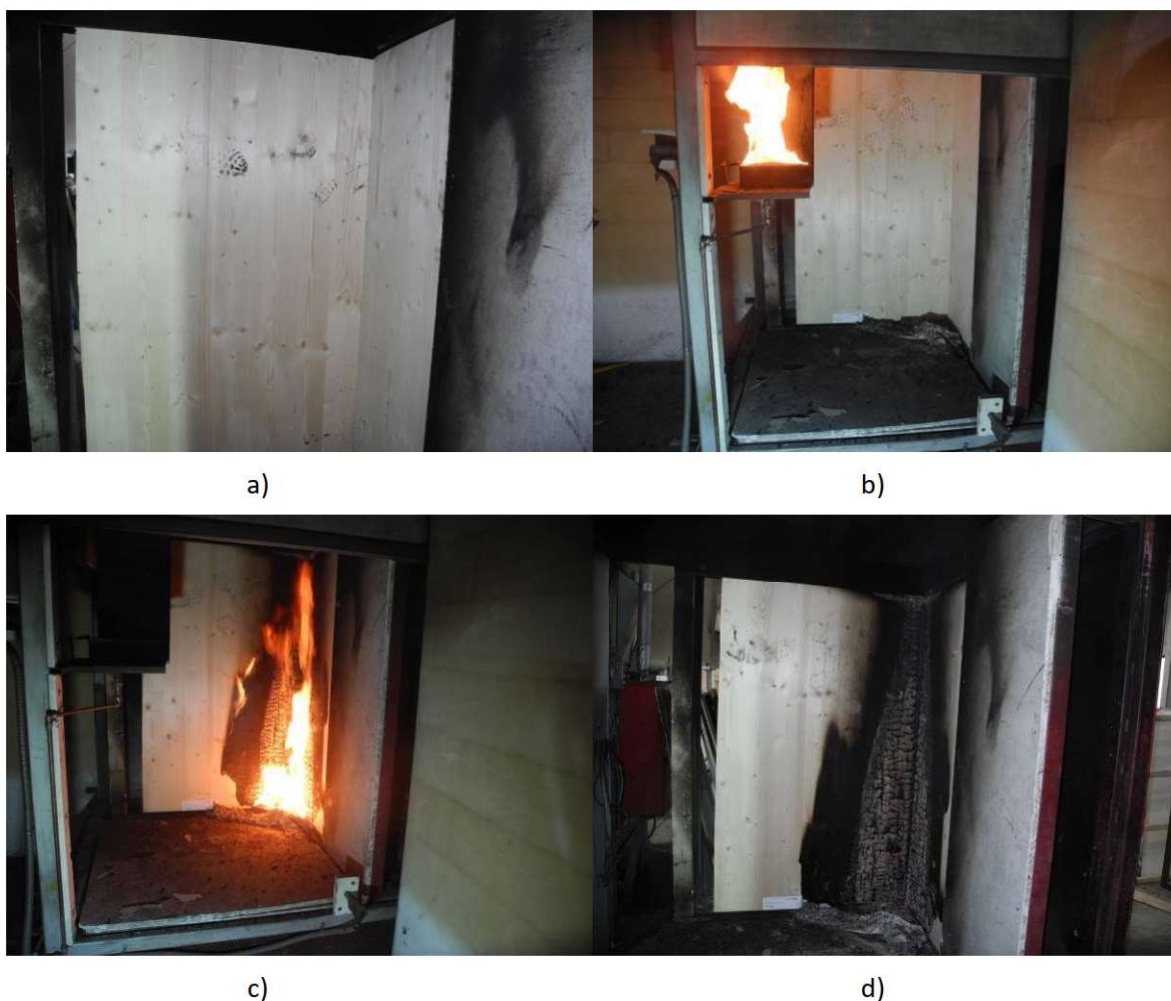
FIGRA - wskaźnik szybkości wzrostu pożaru, wykorzystywany do klasyfikacji;

LFS - boczne rozprzestrzenianie płomienia [m];

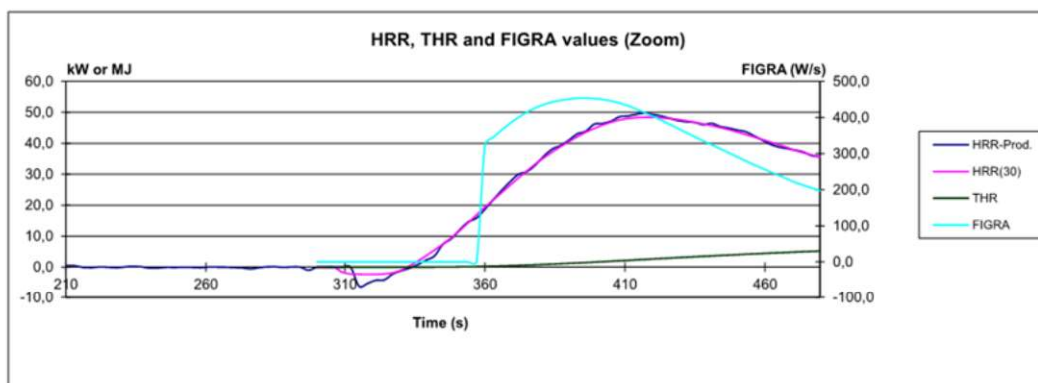
THR_{600s} - całkowita ilość ciepła wydzielonego w ciągu 600 s [MJ];

Fs - rozprzestrzenianie płomienia [mm].

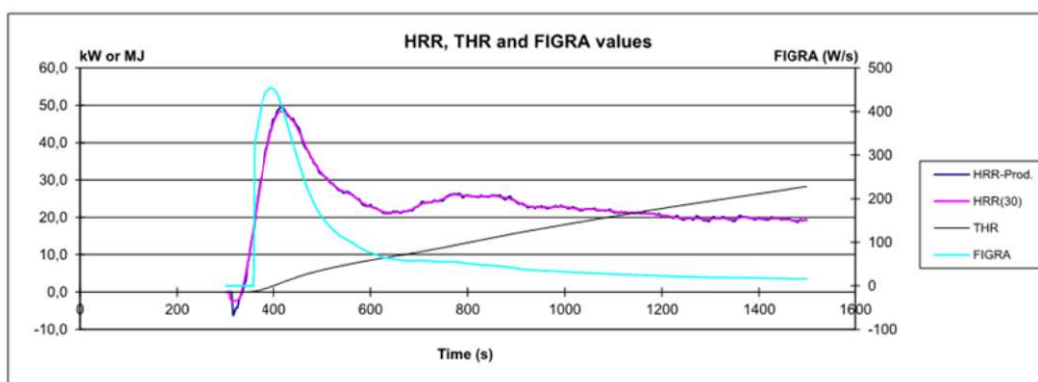
Nieco inaczej to wygląda w przypadku, gdy na budowie poddajemy elementy drewniane uniepalnieniu, na własną odpowiedzialność. W przypadku, gdy dotyczy to niewielkiej ilości elementów i zostaną spełnione wszystkie wymagania instrukcji aplikacji prawidłowo wprowadzonego do obrotu preparatu, może mieć to uzasadnienie, natomiast w przypadku większej ilości drewna, jak wskazuje doświadczenie autorów, jest to bardzo trudne do uzyskania i dlatego nie jest zalecane. Bez względu więc na uzyskaną klasę reakcji na ogień, z przedziału od B do D, drewno zawsze jest materiałem palnym. Należy zwrócić uwagę na to, że klasy reakcji na ogień od klasy B do D określa się wg tych samych metod badawczych, fot. 6.5, 6.6, a jedyna różnica dotyczy granicznych kryteriów przedstawionych w tab. 6.2.



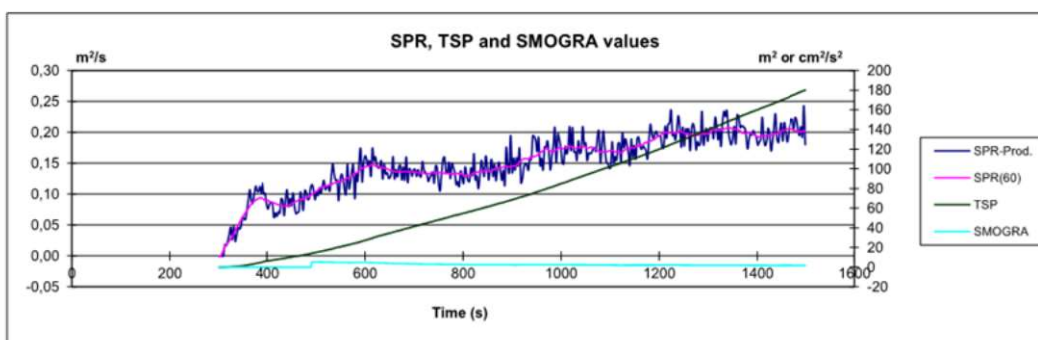
Fot. 6.5. Fazy badania drewna na klasę od B do D według SBI [N17]: a) element z drewna klejonego CLT przed badaniem; b) – elementy w początkowej fazie badania; c) element w końcowej fazie badania; d) element po badaniu. (fot. P. Sulik)



a)



b)



c)

Fot. 6.6. Przykładowe wyniki badań drewna klejonego CLT wg [N17]: a i b) wykresy HRR, THR i FIGRA w różnym okresie badania; c) wykresy SPR, TSP i SMOGRA. Gdzie: HRR – szybkość wydzielania ciepła [kW], SPR – wskaźnik produkcji dymu [m^2/s], TSP_{600s} - całkowita ilość dymu wydzielonego w ciągu 600 s [m^2], SMOGRA - wskaźnik szybkości wydzielania dymu (fot. P. Sulik)

Sytuacja wygląda inaczej gdy elementy drewniane pełnią rolę nośnego szkieletu, który jest obłożony płytami, np. na bazie gipsu. Jak wykazały badania, już dowolna okładzina z płyty gipsowo-kartonowej typu A zapewnia uzyskanie głównej klasy reakcji na ogień B, co oznacza, że mamy do czynienia z wyrobem niezapalnym.

Metoda weryfikacji badawczej w zakresie reakcji na ogień zależy od przeznaczenia elementu i oczekiwanej klasy reakcji na ogień. W przypadku elementów drewnianych, a więc w zakresie klas reakcji na ogień, od B do D, wykorzystuje się, dwie metody opisane w [N17] i [N29].

Zazwyczaj decydujące o wyniku jest badanie wg [N17], które wykorzystuje próbki w kształcie narożnika, o wymiarach 50×100×150 cm, fot. 6.5, 6.7.



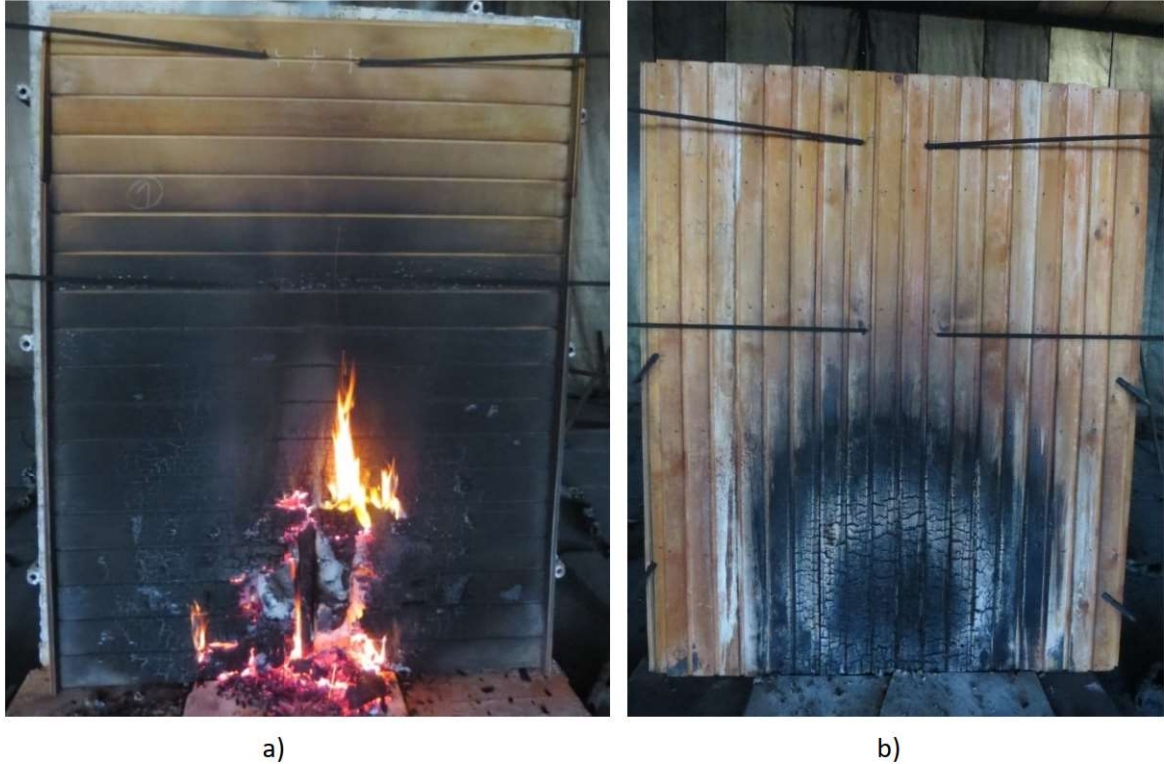
Fot. 6.7. Widok elementów drewnianych po badaniu SBI [N17]: a) i b) – elementy drewniane nieosłonięte; c i d – elementy drewniane osłonięte pojedynczą płytą gipsowo-kartonową typu A i szklaną wełną mineralną. (fot. P. Sulik)

6.4 Rozprzestrzenianie ognia a konstrukcje drewniane

W przypadku rozprzestrzeniania ognia mamy odmienne metody badawcze dla rozwiązań stosowanych wewnątrz budynku i na zewnątrz budynku.

W przypadku oddziaływania zewnętrznego na ściany zewnętrzne stosujemy metodę badawczą opisaną w normie PN-B-02867:2013-06 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany [N2]. W przypadku tej metody, odpowiednio zaimpregnowane ogniochronnie elementy drewniane, wbudowane na elewacji również mogą spełnić wymaganie nierozprzestrzeniania ognia, fot. 6.7. Wymagań takich, w aspekcie formalnym z uwagi na przekroczenie temperatury granicznej, nie spełniają jednak elementy niezabezpieczone, pomimo ich stabilnego zachowania, fot. 6.9. i tab. 6.3.

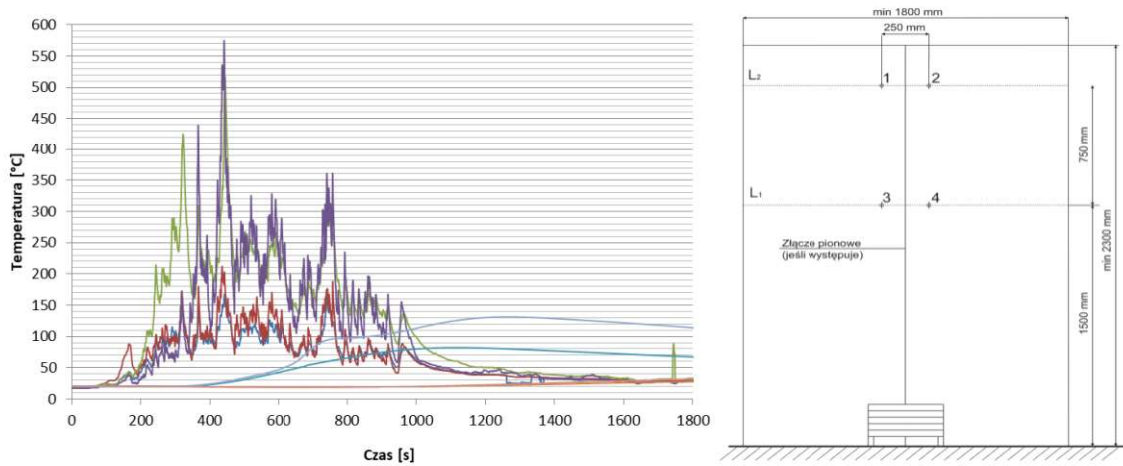
W przypadku zastosowań wewnętrznych, zaimpregnowane preparatem uniepalniającym, elementy drewniane muszą uzyskać główną klasę reakcji na ogień B, wtedy zgodnie z Rozdziałem 6.2, elementy takie będzie można uznać za nierozprzestrzeniające ognia. W przypadku drewnianych konstrukcji szkieletowych z okładzinami niepalnymi, tak jak wspomniano w Rozdziale 6.4. uzyskuje się w badaniach klasę reakcji na ogień B, a więc jest to rozwiązanie nierozprzestrzeniające ognia, przy działaniu ognia od wewnątrz.



Fot. 6.8. Widok drewnianych elementów elewacyjnych po badaniu wg [N2]: a) i b) – elementy drewniane zabezpieczone impregnatem uniepalniającym, nie rozprzestrzeniły ognia (fot. Z archiwum ITB)



Fot. 6.9. Widok drewnianych, klejonych elementów przed, w trakcie i po badaniu wg [N2]: a) próbka przed rozpoczęciem i b) – elementy drewniane zabezpieczone impregnatem uniepalniającym, nie rozprzestrzeniły ognia (fot. P. Sulik)



Fot. 6.10. Schemat próbki oraz wykresy zależności temperatury w czasie dla próbki przedstawionej na rys. 6.9. (rys., fot. P. Sulik)

Tablica 6.3. Kryteria klasyfikacji w zakresie rozprzestrzeniania ognia wg [N2]

Stopień rozprzestrzeniania ognia	Pomiary		Obserwacje		
	Maksymalne temperatury na liniach L ₁ i L ₂ w czasie badania		Spalanie na liniach L ₁ i L ₂ w okresie obserwacji		Płonące krople i płonące odpady stałe
	L ₁	L ₂	L ₁	L ₂	
NRO	450°C	350°C	Niedopuszczalne		
SRO	bez wymagań	350°C	bez wymagań	niedopuszczalne	niedopuszczalne
SIRO	bez wymagań				

6.5 Odporność ogniowa a konstrukcje drewniane

Ocena konstrukcji drewnianych w zakresie odporności ogniowej wypada bardzo korzystnie. Jak wspomniano powyżej, drewno jest izolatorem termicznym, więc nie nagrzewa się w całym przekroju, do tego aktywnie się chroni przed zapaleniem wydzielając zgromadzoną wodę, a dodatkowo powstała przy spaleniu zwęglina izoluje rdzeń przekroju. Dzięki temu elementy drewniane bardzo długo zachowują sztywność, np. stropy nie uginają się nadmiernie, fot. 6.11, co jest bardzo istotne w ocenie odporności ogniowej.



Fot. 6.11. Widok obciążonego stropu z drewna klejonego przed i po ponad 2 godzinnym w pełni rozwiniętym pożarze (fot. P. Sulik)

Dla wybranych układów, odporność ogniową można wyznaczyć wykorzystując metody obliczeniowe [N14], jednakże najczęściej weryfikuje się ją badawczo, fot. 6.12. Metody obliczeniowe najczęściej wykorzystuje się w przypadku elementów liniowych np. belka, czy słup. Obliczenia nie są skomplikowane i bazują na wyznaczeniu przekroju zwęglonego i weryfikacji nośności. Grubość zwęglenia zależy przede wszystkim od czasu działania ognia oraz prędkości zwęglania drewna. W przypadku układów szkieletowych, zazwyczaj odporność ogniową ustala się doświadczalnie, fot. 6.13. W tym przypadku decydujące znaczenie odgrywają niepalne okładziny, które skutecznie zabezpieczają elementy drewniane odpowiedzialne za przenoszenie obciążeń, przed termiczną degradacją. Związane jest to m.in. ze składem płyt i ich właściwościami. Przykładowo w płytach na bazie gipsu, zawartość wody związanej chemicznie w gipsie wynosi 21%. Woda ta w trakcie nagrzewania płyt, jest uwalniana, tworząc skuteczną barierę przed oddziaływaniem termicznym dla konstrukcji drewnianych. Przykład takiego zachowania płyt został omówiony w Rozdziale 6.7.

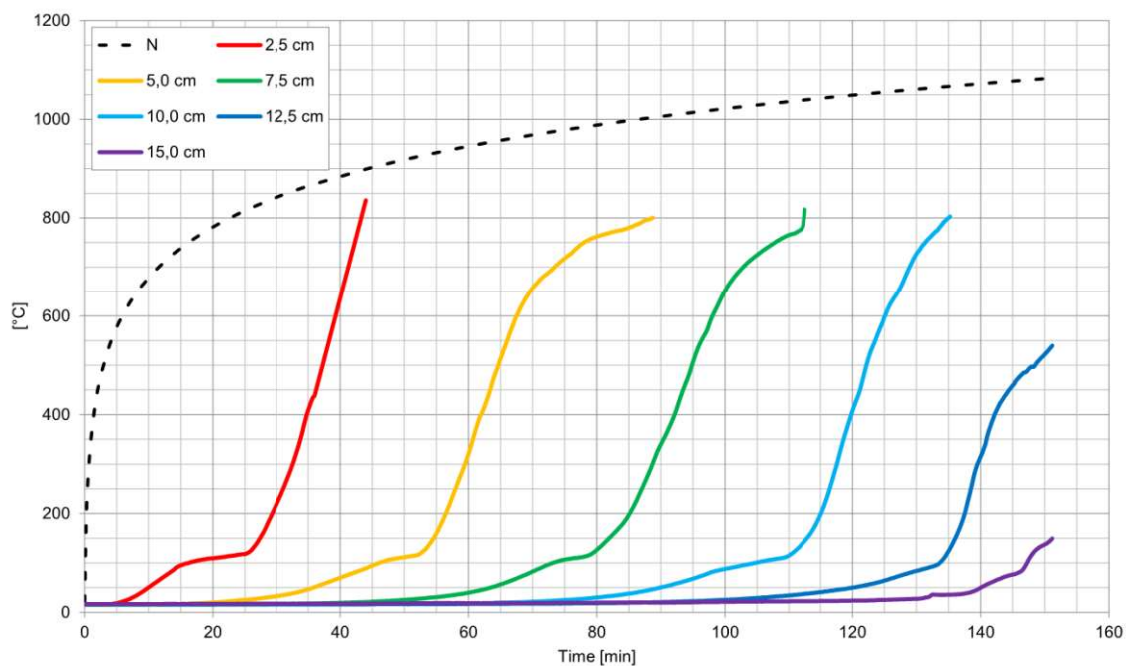


Fot. 6.12. Widok elementów o konstrukcji drewnianej od strony nagrzewanej: a) strop przed badaniem, b) ściana po badaniu (fot. Z archiwum ITB)

Podsumowując, nie istnieją żadne przeciwwskazania aby elementy o konstrukcji drewnianej uzyskały klasę odporności ogniowej na poziomie REI 60 czy nawet REI 120. Tego typu rozwiązania są już dostępne na rynku, co oznacza, że kwestie odporności ogniowej w przypadku prawidłowo zaprojektowanych konstrukcji drewnianych nie stanowią problemu technicznego.



Fot. 6.13. Widok ściany nośnej o drewnianym szkielecie z okładzinami gipsowo-kartonowymi: a) w trakcie badania, b) po przekroczeniu 60 minut, w trakcie zniszczenia (fot. Z archiwum ITB)



Fot. 6.14. Rozkład temperatur w czasie dla poszczególnych lameli, podczas badania ogniowego, oddziaływanie standardowe, klejonego drewna sosnowego (rys. P. Sulik)

Ważnym elementem, na który należy zwrócić uwagę jest fakt, że niezabezpieczone elementy drewniane, szczególnie te o dużych gabarytach, nawet po wypaleniu materiałów palnych znajdujących się w pomieszczeniu, nadal mogą ulegać dalszemu zwęglaniu, np. tłać się, a ich ugaszenie wcale nie jest takie proste, szczególnie gdy mamy do czynienia z grubszą warstwą zwęgliny, która stanowi pewną barierę dla środka gaśniczego np. wody i pozwala na utrzymaniu wysokiej temperatury na styku element niezwęglony – zwęglina, fot. 14 i 15. Należy brać to pod uwagę, szczególnie gdy po pożarze będzie się nadal utrzymywała wysoka temperatura w pomieszczeniu, która sprzyja tego typu procesom. Wywietrzenie pomieszczenia po pożarze oraz schłodzenie opalonych powierzchni elementów drewnianych wodą, przyczyni się do szybszego zahamowania opisanego zjawiska.



Fot. 6.15. Widok zwęgliny drewna sosnowego po ustaniu bezpośredniego działania ognia (fot. P. Sulik)

6.6 Eksperyment pożarowy

W celu umożliwienia szerszego stosowania konstrukcji drewnianych we współczesnym budownictwie, które wiązało się z obaleniem nieadekwatnych do współczesnych rozwiązań technicznych stereotypów zarzucających konstrukjom drewnianym niebezpieczne zachowanie w pożarze oraz dostarczenia eksperymentalnie potwierdzonych wiarygodnych danych, które można by wykorzystać przy wprowadzaniu zmian legislacyjnych, zrealizowano projekt badawczy NZP-124, którego kulminacyjnym punktem był eksperyment pożarowy. Projekt ten zrealizowano w Instytucie Techniki Budowlanej (ITB), na zlecenie organów administracji państwowej, przy współudziale Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej (KGPSP).

Projekt badawczy składał się z trzech zasadniczych etapów, przy czym jego zwieńczeniem był eksperyment pożarowy w skali rzeczywistej dwukondygnacyjnego budynku o szkieletowej konstrukcji drewnianej, zrealizowany w etapie III. W etapie I skoncentrowano się na wyborze dostępnego surowca z uwzględnieniem istniejących w Polsce krain geograficzno-przyrodniczych oraz wykonaniu badań wstępnych uwzględniających sposób obróbki i wykończenia powierzchni drewna. Etap II obejmował typowe badania zgodnie z metodami normowymi, bardzo różnych układów, z zastosowaniem różnych gęstości niepalnych izolacji termicznych, różnych typów okładzin oraz typowych osłabień przegrody, np. otwory.

Model badawczy oraz scenariusze badawcze były uzgodnione z KGPSP. W wyniku tych ustaleń przygotowano budynek w części dwukondygnacyjny, z normowym obciążeniem stropu. W celu oceny możliwości dotarcia ratowników do miejsca zdarzenia wybudowano dłuższy korytarz, co pozwoliło na ocenę rozwoju zadymienia i możliwości prowadzenia akcji ratunkowej, fot. 6.16 i 6.17. Model badawczy został wyposażony we wszelkie rury, kable, gniazdka i kanały wentylacyjne jakie spotyka się w typowym budynku mieszkalnym, z uwagi na możliwość rozprzestrzeniania się pożaru przez te elementy. Dodatkowo przewidziano podczas badania powstanie w lokalu typowych uszkodzeń spotykanych w budownictwie mieszkaniowym, np. nieciągłości okładzin wynikających z otworów wykonanych przez lokatorów, itp. łączna powierzchnia budynku wynosiła 110.5 m².



Fot. 6.16. Rozkład pomieszczeń w budynku o konstrukcji drewnianej wykorzystanego w eksperymencie pożarowym a) rzut parteru, b) rzut I piętra (rys. P. Sulik)

W uzgodnieniu z KG PSP przeprowadzono 3 scenariusze pożarowe dla pożarów wewnętrznych:

- symulacja pożaru w małym pomieszczeniu, przy założeniu, że sam ulegnie zagaszeniu. P1 – pożar kanapy, gęstość obciążenia ogniowego 250 MJ/m^2 ;
- symulacja pożaru o większej mocy w małym pomieszczeniu – ocena zachowania ścian konstrukcyjnych i osłonowych oraz dachu. P2 - pożar kuchni, gęstość obciążenia ogniowego 500 MJ/m^2 ;
- symulacja pożaru o dużej mocy w największym pomieszczeniu – ocena zachowania stropów i ścian, ocena możliwości prowadzenia akcji ratowniczej. P3 – pożar parametryczny wg EC1, gęstość obciążenia ogniowego 1000 MJ/m^2 , obciążenie stropu 2 kN/m^2 .

Ponadto przeprowadzono trzy scenariusze pożarowe dla ognia zewnętrznego, podczas których oceniono trzy różne typy elewacji: ETICS (Z1) i dwie odmiany elewacji wentylowanej (Z2 i Z3).



a)

b)



c)

d)

Fot. 6.17. Budynek poddany eksperymentowi pożarowemu a, b) – widok z zewnątrz, c i d) – widok wnętrza (fot. P. Sulik)

W celu rejestracji wyników badań, zainstalowano wewnątrz pomieszczeń 10 specjalnych kamer o podwyższonej odporności na działanie temperatur pożarowych oraz termopary do pomiaru temperatury w czasie rzeczywistym wewnątrz budynku (44 miejsca pomiarowe) i na zewnątrz (24 miejsca pomiarowe). Dodatkowo z zewnątrz cały eksperyment był filmowany przez trzy kamery, w tym kamerę zainstalowaną na dronie.

Jako paliwo wykorzystano sezonowane do stałej wilgotności drewno sosnowe, ułożone w ażurowe stosy w taki sposób, aby pożar był kontrolowany przede wszystkim przez wentylację lub paliwo a jak w najmniejszym stopniu przez brak dostępu do paliwa. Literatura światowa wskazuje, że dla typowych budynków mieszkalnych, hoteli, biur, szkół czy szpitali należy założyć maksymalną szybkość wydzielania ciepła HRR na poziomie 5 MW, natomiast dla sklepów czy centrów handlowych na poziomie 10 MW. W celu odwzorowania maksymalnie niekorzystnych warunków w prowadzonych badaniach, a więc weryfikacji zachowania drewnianej konstrukcji budynku w ekstremalnych warunkach pożarowych, znacznie przekraczano moc pożaru powyżej 5 MW i odpowiednio w scenariuszu pożarowym P1 przyjęto ją na poziomie 7.8 MW, natomiast w scenariuszach P2 i P3 przekraczano 10 MW. Przykładowe rozmieszczenie paliwa oraz obciążenie stropu przedstawiono na fot. 6.18.



a)

b)

Fot. 6.18. a) przykładowe rozmieszczenie paliwa; b) obciążenie stropu (fot. P. Sulik)



a)

b)



c)

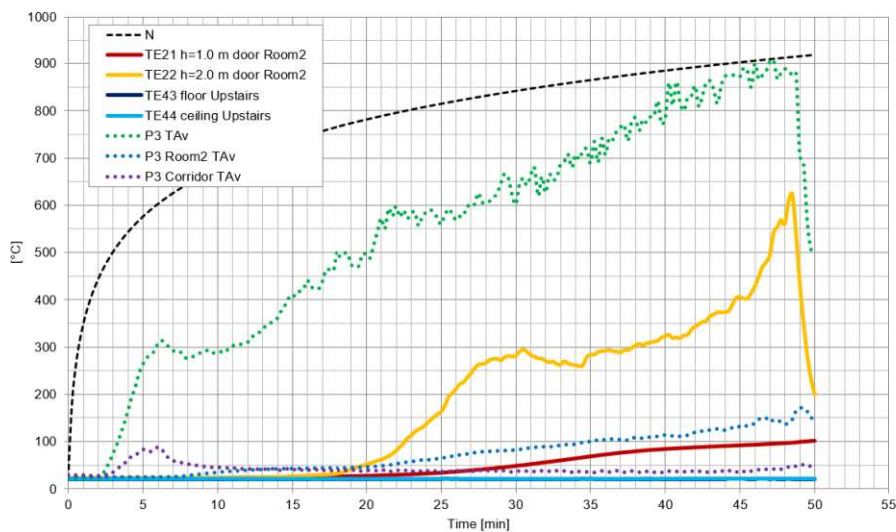
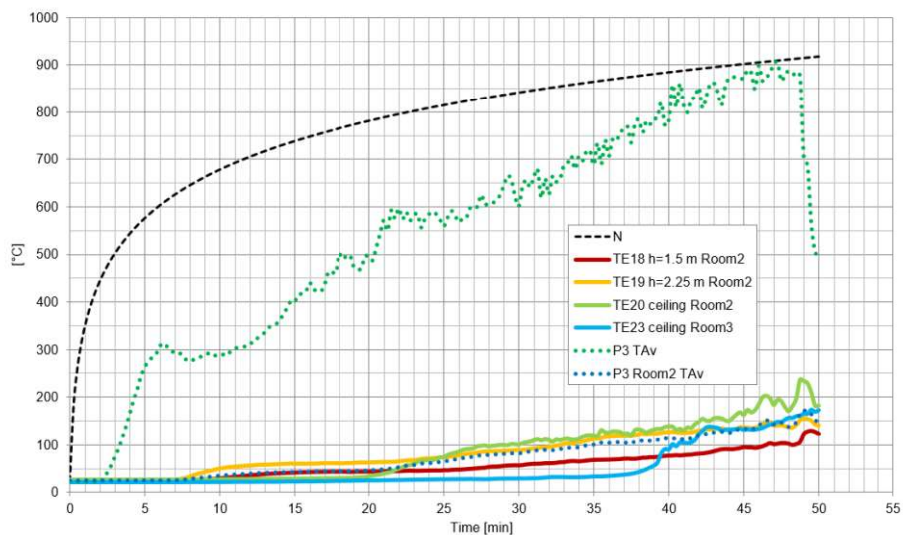
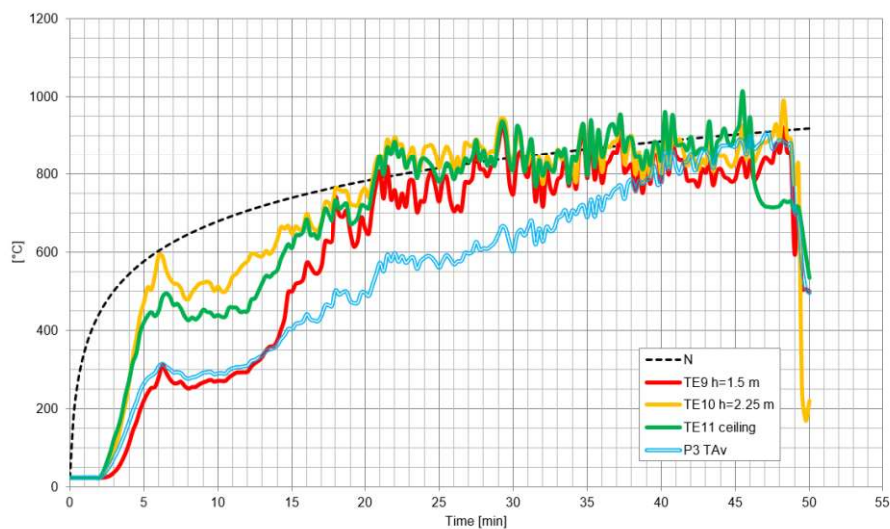


d)

Fot. 6.19. Widok wybranych pożarów podczas eksperymentu: a i c) P3, b, d_e) P1, d_i) P2. (fot. P. Sulik)

Widok wybranych pożarów zrealizowanych podczas eksperymentu przedstawiono na fot. 6.19, a wybrane wyniki rozkładu temperatur w czasie, dla scenariusza pożarowego P3 przedstawiono na fot. 6.20. Na fot. 6.21 przedstawiono z kolei widok poszczególnych elementów o konstrukcji drewnianej podczas sekcji po pożarze. Na rysunku tym wyraźnie widać, że pomimo kilkudziesięciu minut pożaru, z temperaturami lokalnie osiągającymi 1000°C, okładziny

zaizolowały konstrukcję drewnianą na tyle skutecznie, że nie uległa ona zniszczeniu. Wyraźnie również widać, że temperatury na powierzchni konstrukcji drewnianej ścian były na tyle niskie, że nie tylko nie zwęgliły drewna, ale również nie stopiły folii paroszczelnej.



Fot. 6.20. Scenariusz pożarowy P3 – rozkład pomierzonych temperatur w czasie, w wybranych punktach. (rys. P. Sulik)



Fot. 6.21. Scenariusz pożarowy P1 i P3 – widok pomieszczenia po pożarze: a) ściana z odsłoniętymi kolejnymi warstwami, b) strop z odsłoniętymi kolejnymi warstwami, c i d) – widok odsłoniętej, nienaruszonej konstrukcji drewnianej ściany szkieletowej, e i f) – widok odsłoniętej, częściowo nienaruszonej konstrukcji drewnianej stropu. (fot. P. Sulik)

Eksperyment pożarowy w rzeczywistej skali, czyli 6 pożarów w jednym budynku o konstrukcji drewnianej wykazał, że współczesne budownictwo o drewnianej, szkieletowej konstrukcji jest w pełni bezpiecznym pożarowo rozwiązaniem. O bezpieczeństwie pożarowym budynków o szkielecie drewnianym decydują przede wszystkim niepalne okładziny, niepalne izolacje termiczne, sposób zachowania drewna w ogniu (sztywność elementu) oraz prawidłowy układ przegrody. Potwierdziło się, że bezpieczeństwo pożarowe spełnione jest niejako przy okazji wykonania przegród w odpowiednim standardzie akustycznym i termicznym. Z uwagi na odporność ogniową, ale i parametry akustyczne, ważne jest wykonywanie przegród, z wyłączeniem ścianek działowych, w podwójnym oplotowaniu na bazie niepalnych okładzin o podwyższonej gęstości i odporności na działanie ognia. Kluczowym elementem jest sposób mocowania okładzin do szkieletu, który powinien wykorzystywać łączniki mechaniczne, odpowiednio zakotwiczone i rozmieszczone zgodnie z wytycznymi producenta płyt. Przegrody ściennie i stropowe wykonane w technologii szkieletu drewnianego, w przypadku obicia z każdej strony co najmniej pojedynczą okładziną gipsowo-kartonową typu A, o grubości 12.5 mm, w wykonaniu dokładnym, zapewniają nierozprzestrzenianie ognia przy działaniu ognia od wewnątrz. Bardzo istotną rolę odgrywa szczelność budynków o konstrukcji drewnianej, w tym poszczególnych pomieszczeń, która powoduje, że budynek samodzielnie jest w stanie kontrolować pożar i ograniczać jego skutki, a w skrajnych przypadkach, przy szczelnie zamkniętych drzwiach i oknach, zdusić źródło ognia na skutek niedoboru tlenu. Otwory na puszki pod instalacje elektryczne, przejścia instalacyjne, itp. powinny być wykonane w klasie odporności ogniowej przegrody, fot. 6.22. Warto zastosować autonomiczne, domowe czujki pożarowe jako najtańszy i najbardziej skuteczny z powszechnie dostępnych system wykrywania pożaru w pomieszczeniach. Zaleca się stosowanie drzwi dymoszczelnych i o odporności ogniowej w przypadku drzwi wejściowych do mieszkania – drzwi akustyczne, termiczne i antywłamaniowe zazwyczaj już są, więc dodatkowa funkcja ogniowa nie wiąże się ze znacznymi kosztami. Budownictwo drewniane, w tym szkieletowe jest bardzo wrażliwe na jakość wykonania, dlatego rekomenduje się przemysłowy sposób produkcji przegród/budynków, niwelujący błąd ludzki i dostarczanie ich z zakładu produkcyjnego bezpośrednio na budowę.



a)

b)

Fot. 6.21. Prawidłowo wykonana puszka instalacji elektrycznej charakteryzująca się odpowiednią klasą odporności ogniowej: a) widok puszki po badaniu ogniowym, b) widok puszki po demontażu okładzin do których została zamontowana. (fot. P. Sulik)

Bardzo podobne badania, tyle że dla drewna klejonego są realizowane w wielu krajach, np. USA, Szwecji, Niemczech czy Polsce. Również one potwierdzają bardzo stabilne zachowanie elementów drewnianych, pomimo bardzo wysokiego obciążenia ogniowego, jakim zostały one poddane podczas pożarów w skali rzeczywistej, fot. 6.22.



Fot. 6.22. Konstrukcja z drewna klejonego w skali rzeczywistej: a) w trakcie przygotowań, b) w trakcie pożaru o dużym obciążeniu ogniowym. (fot. P. Sulik)

6.7 Podsumowanie

Wymagania z zakresu bezpieczeństwa pożarowego, szczególnie w przypadku przegród, a więc elementów o szkieletie drewnianym z okładzinami, jak wspomniano w Rozdziale 6.2, to tylko 1 z 7 wymagań podstawowych jakie powinny spełniać budynki, co oznacza, że realizacja pozostałych wymagań przy okazji przyczynia się do zapewnienia wymagań z zakresu bezpieczeństwa pożarowego. Przykładem są chociażby wymagania z zakresu akustyki, a dokładnie ochrony przed hałasem, która to cecha w przypadku budynków o konstrukcji szkieletu drewnianego jest dużo większym wyzwaniem niż zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego, w odniesieniu do wymagań Rozporządzenia [2]. Największym problemem w przypadku izolacyjności akustycznej jest fakt, że zmiana jednego elementu w przegrodzie, korekta jego grubości lub gęstości skutkuje zmianą izolacyjności całej przegrody. Dochodzi do tego jeszcze ogromny wpływ rozwiązań połączeń poszczególnych przegród budynku i precyzja ich wykonania, czyli dokładnie te same cechy jakie są istotne przy ocenie np. odporności ogniowej przegrody. W przegrodach o konstrukcji szkieletowej, izolację akustyczną uzyskuje się bazując na układzie masa – sprężyna – masa. Dla ścian masą są płyty poszycia np. gipsowo-kartonowe. Im mają większą gęstość, im większą mają masę, stąd zalecenia układów 2-warstwowego poszycia, tym lepiej. Oznacza to, że np. dwie płyty gipsowo-kartonowe typu DF dają lepszą izolacyjność akustyczną niż jedna płyta typu DF lub A. Analogicznie jest z odpornością ogniową przegrody, gdzie ilość i jakość warstw poszycia odgrywa decydującą rolę dla uzyskanej klasy odporności ogniowej. Sprężyną w omawianym układzie jest przestrzeń, pomiędzy płytami okładzin, gdzie w budynkach o szkieletie drewnianym stosuje się niepalną wełnę mineralną. W przypadku akustyki, drewniany szkielet wpływa niekorzystnie i burzy „czystość” układu masa – sprężyna – masa, dlatego bardzo istotne jest szczelne wypełnienie przestrzeni wełną mineralną o odpowiedniej gęstości i izolacyjności. Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego jest to również bardzo istotne z dwóch powodów. Po pierwsze zwiększa się szczelność i izolacyjność

ogniową przegrody, a po drugie, szczelnie otulająca elementy drewniane, niepalna wełna mineralna ogranicza możliwość destrukcji termicznej drewnianego szkieletu.

W przypadku stropów jest nieco inaczej, gdyż od dołu bardzo często stosuje się sufity podwieszane, gdzie masę również stanowią płyty poszycia. Od góry izolując strop od dźwięków powietrznych i uderzeniowych najczęściej stosuje się suchy jastrych na podkładzie ze specjalnej wełny podłogowej – a więc również rodzaj płyt, w tym wypadku najczęściej gipsowo-włóknowych. W powyższym układzie masą są więc ciągłe płyty, od góry gipsowo-włóknowe i od dołu gipsowo-kartonowe, przy czym nadal obowiązuje zasada, że im ich gęstość jest wyższa oraz większa jest ich grubość, co przekłada się na masę (zalecane podwójne obicie), tym lepiej. Wewnątrz stopu, między belkami, w celu wyjaśnionym powyżej, stosuje się szczelnie ułożoną warstwę wełny mineralnej. Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego uzyskujemy więc układ, gdzie palna konstrukcja drewniana zapewniająca sztywność, jest chroniona ze wszystkich stron przez niepalne elementy – płyty, izolację termiczną.

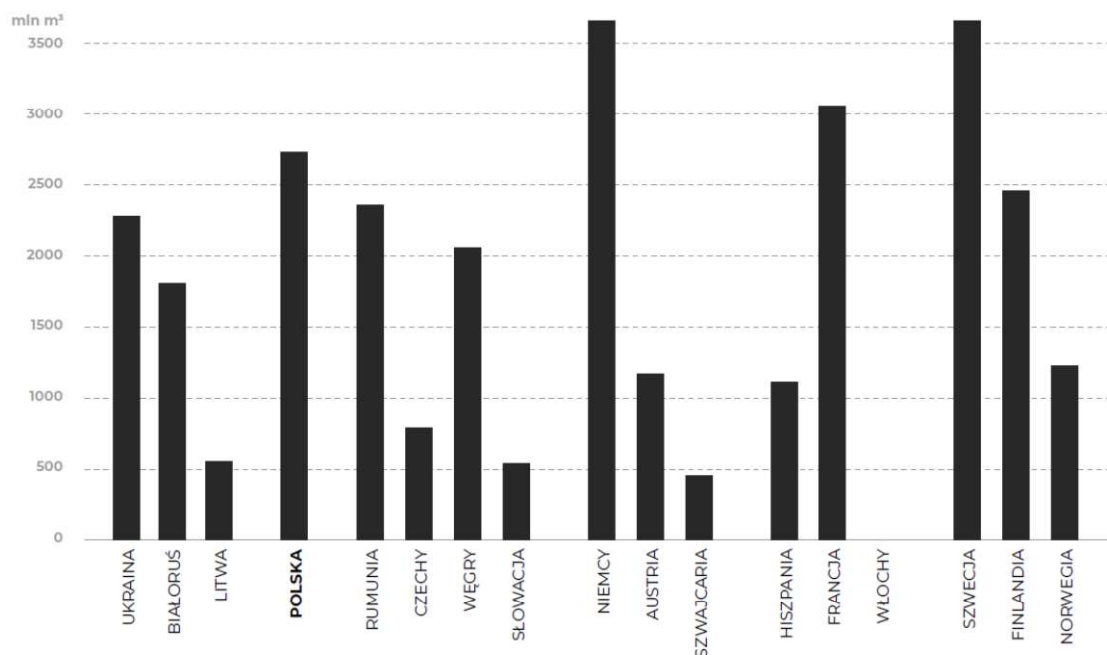
W zakresie akustyki i bezpieczeństwa pożarowego mamy jeszcze jedno podobieństwo. W obydwu przypadkach jakość wykonania przegród, ich szczelność, prawidłowe rozwiązanie detali połączeń, odpowiednie zabezpieczenie elementów instalacji np. puszek elektrycznych, istotnie wpływa na ostateczne parametry przegrody. Oznacza to, że powtarzalność wykonania, odpowiednia kontrola jakości, są kluczowe dla końcowych efektów. Utrzymanie takiego reżimu technologicznego na budowie, przy zmiennych warunkach atmosferycznych, często rotujących się pracownikach, jak wykazuje doświadczenie, jest w zasadzie niewykonalne. Oznacza to, że w przypadku tego typu przegród lub wręcz przestrzennych fragmentów budynków – np. modułów, wymaganą powtarzalność wykonania można uzyskać stosując prefabrykację, a więc wykonywanie elementów w zakładach, w reżimie jakościowym linii produkcyjnej.

Podobnie jest w przypadku konstrukcji klejonych, w tym drewna klejonego krzyżowo (CLT). Z uwagi na ich masywność, np. ściany czy stropy same w sobie stanowią doskonałą ochronę dla innych pomieszczeń przed przenoszeniem ognia, przy czym należy pamiętać, że w obecnym stanie prawnym elementy takie trzeba albo uniepalniać albo zabezpieczać ogniochronnie, tak by mogły być traktowane jako nierozprzestrzeniające ognia. Jak wspomniano powyżej zastosowanie pojedynczej płyty gipsowo-kartonowej typu A, całkowicie rozwiązuje ten problem, przy czym niezwykle istotne jest by zachować odpowiednią długość łączników.

Jak wskazuje historia, drewno jest materiałem, który towarzyszy ludzkości w kontekście budownictwa od samego początku i które pierwotnie było bardzo popularne, by po tragicznych pożarach miast np. Londyn 1666 r., Hamburg 1842 r., Kraków 1850 r., czy Chicago 1871 r., jego wykorzystanie w budownictwie zostało administracyjnie ograniczane. Właśnie zagrożenie pożarowe, a konkretnie palność drewna, było podstawowym czynnikiem, który na dziesięciolecia zahamował rozwój budownictwa drewnianego w Polsce. Związane to było z ustanowionymi po II wojnie światowej przepisami, które w początkowej formie odnosiły się do palności, a w późniejszym okresie również do rozprzestrzeniania ognia. Wprowadzane ograniczenia, uwzględniając ówczesne możliwości i materiały, dbały o interes obywateli, niemniej na przestrzeni lat rozwój materiałów i technologii stosowanych w budownictwie doprowadził do tego, że udało się przezwyciężyć ograniczenia drewna, dodatkowo uwy puklając jego zalety.

Dostrzegło to Ministerstwo Klimatu i Środowiska, które podjęło usystematyzowaną próbę przełamania ograniczeń prawnych, utrudniających szerszy udział wykorzystania drewna w budownictwie. Działania te wynikały z przesłanek o charakterze globalnym, wszak cele

klimatyczne stawiane przed poszczególnymi państwami; potrzeba przedefiniowania gospodarki z tej opartej na surowcach kopalnych na rzecz bioekonomii, z odnawialnymi zasobami surowcowymi; gospodarka bezodpadowa; uwzględnianie śladu węglowego; czy w końcu szereg różnych wskaźników, którymi obwarowaliśmy nasze wymagania stawiane budynkom, np. maksymalne zapotrzebowanie na nieodwracalną energię pierwotną EP_{max} , czy izolacyjność cieplna przegród i związane z nią współczynniki przenikania ciepła $U_{C(max)}$, spowodowały, że ponownie dostrzeżono drewno jako ważny materiał budowlany. Potwierdzały to światowe statystyki i tak np. w prowincji Quebec w Kanadzie, w 2016 r., wśród budynków mieszkalnych o wysokości do 4 kondygnacji włącznie, aż 93% stanowiły budynki o konstrukcji drewnianej. Innym przykładem jest Austria, gdzie tradycje budowania z drewna są wielowiekowe. Przy lesistości nieco poniżej 50%, udział budownictwa drewnianego sięga 33%. Szukając analogii do sytuacji w Polsce, warto rozważyć naszych zachodnich sąsiadów, którzy mają lesistość na bardzo podobnym poziomie co Polska, odpowiednio nieco ponad 32% do ponad 30% w Polsce, przy czym udział budownictwa drewnianego w Niemczech sięga 30%, podczas gdy w Polsce wynosi zaledwie ok. 2%.



Fot. 6.23. Zasoby drzewne w wybranych krajach [mln m³] (SoEF 2020) [L39]

Taka popularność budownictwa drewnianego w tych państwach wynika również z wypracowania odpowiednich standardów zarówno projektowania jak i wykonania, które szczególnie w zakresie wykonawstwa wymagają dużego doświadczenia i dbałości o szczegóły, bo te elementy po pierwsze zapewniają dużą trwałość tego typu budynków, a przy okazji i bezpieczeństwo pożarowe.

Z ogniowego punktu widzenia trudno przejść bezpośrednio od wykonawstwa opartego o elementy murowe czy betonowe do konstrukcji drewnianych, przede wszystkim dlatego, że te pierwsze budynki wykonane są z materiałów niepalnych (beton, ceramika, itp.) i z ogniowego punktu widzenia wybaczą wiele błędów popełnionych na etapie wykonawstwa, podczas gdy praca z drewnem, które jest palne, wymaga zrozumienia jego ograniczeń i maksymalne

wykorzystanie zalet, tak by zminimalizować możliwość udziału konstrukcji drewnianej w rozprzestrzenianiu ognia, a to oznacza dużą dbałość o szczegóły. Tylko wiedza, odpowiednio wyszkolone ekipy montażowe oraz świadomy kierownik budowy są w stanie zagwarantować, że dobrze zaprojektowany budynek o konstrukcji drewnianej, zostanie wykonany tak by przez lata zapewnić komfortowe i bezpieczne jego użytkowanie.

Dzisiaj, z technicznego punktu widzenia, nie ma żadnych ograniczeń by w szerszy sposób wykorzystywać drewno w budownictwie, szczególnie biorąc pod uwagę potencjał polskich lasów, fot. 6.23. Z ogniowego punktu widzenia, przy współczesnych technologiach, to jedne z bezpieczniejszych zachowujących się w pożarze rozwiązań, co oznacza, że bezpieczeństwo pożarowe w przypadku konstrukcji drewnianych nie stanowi problemu, a wręcz przewagę nad innymi technologiami.

Rozdział 7. Omówienie wybranych błędów popełnianych w budownictwie drewnianym

Błędy w budownictwie drewnianym mogą zaistnieć (jak i w każdym innym rodzaju budownictwa), na każdym etapie lub być kumulacją nieprawidłowości popełnianych na poszczególnych etapach prac. Celowo przedstawiamy w niniejszym rozdziale zarówno przykłady błędów projektowych, jak i wykonawczych, by dać wykonawcy pomoc do weryfikacji projektu. Nie jesteśmy w stanie, oczywiście, ukazać całego katalogu możliwych uchybień, ale postaramy się przedstawić kilka wybranych, istotnych aspektów.

Na wstępie przedstawiamy przywoływane już wielokrotnie przez autorów interpretowanie przepisów przez niektórych deweloperów w sposób niezgodny z intencjami ustawodawcy, która to sytuacja skutkuje nadmiernym zagęszczaniem zabudowy działek. Należy zdawać sobie sprawę, że działania takie nie mają na celu zapewnienia należytego poziomu bezpieczeństwa, a jedynie chęć zysku, co stwarza realne zagrożenie dla przyszłych użytkowników.

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych [2] wskazuje w § 273.1: **Odległości między ścianami zewnętrznymi budynków położonych na jednej działce budowlanej nie ustala się, z zastrzeżeniem § 249 ust. 6, jeżeli łączna powierzchnia wewnętrzna tych budynków nie przekracza najmniejszej dopuszczalnej powierzchni strefy pożarowej wymaganej dla każdego ze znajdujących się na tej działce rodzajów budynków.** Przepis ten miał umożliwić właścicielowi działki budowę na swojej działce budynków zaspokajających jego potrzeby. Zapis oznacza, że teoretycznie na jednej działce można wybudować dwa czy trzy budynki (albo i więcej) nie zachowując odległości, wymaganych przepisami w przypadku domów sytuowanych na różnych działkach. Tymczasem coraz częściej zdarza się, że deweloperzy wykorzystują ten zapis i zabudowują wieloma domami jednorodzinnymi jedną, niepodzieloną działkę (chcąc zbudować jak najwięcej domów na jak najmniejszej działce).

Powyższy zapis w zestawieniu z faktem, że § 213 Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [2] wyłącza domy jednorodzinne i obiekty do trzech kondygnacji spod obowiązku zapewnienia klasy odporności pożarowej oraz nierozprzestrzeniania ognia – stwarza realne niebezpieczeństwo dla użytkowników – czyli nabywców lokali w takich domach. Przy takiej zabudowie bezpieczeństwo obcych sobie osób zamieszkujących lokale w domach jednorodzinnych usytuowanych na jednej działce jest na zdecydowanie niższym poziomie niż bezpieczeństwo osób zamieszkujących lokale w domach (jedno- i wielorodzinnych) usytuowanych na różnych działkach. Niektórzy deweloperzy budują obiekty niemal stykające się okapami (fot. 7.1), inni wznoszą budynki tak, że sąsiad sąsiadowi może przez okno gazetę czy inne przedmioty podawać (fot. 7.2).



Fot. 7.1 Domy jednorodzinne na jednej działce. Odległość okapów rzędu kilkudziesięciu centymetrów (fot. E.I. Kotwica)



Fot. 7.2 Domy jednorodzinne na jednej działce. (fot. E.I. Kotwica)

Warto wyobrazić sobie, co stanie się, jeżeli w jednym z tak zbudowanych domów pojawi się źródło ognia. Zasięg płomieni z pomieszczenia, w którym znajduje się źródło ognia, pokazany został na fot. 7.3 wykonanej podczas eksperymentu pożarowego, opisanego w Rozdziale 6 niniejszego poradnika.



Fot. 7.3 Zasięg płomieni z pomieszczenia, w którym znajduje się źródło ognia. (fot. E.I. Kotwica)

Przywołujemy ten przykład niemal wszędzie – by uczulić każdego uczestnika procesu budowlanego – tu wykonawcę – na niewłaściwość takich rozwiązań. Zasięg płomieni jest większy niż odległości między budynkami pokazanymi na fot. 7.1 i fot. 7.2 – stąd przy tego rodzaju zabudowie, jak na przywołanych zdjęciach, ogień rozprzestrzeniłby się relatywnie szybko. Wykonawca nie ma oczywiście bezpośredniego przełożenia na ten zakres rozwiązań projektowych, może jednak wyceniając zwrócić uwagę inwestorowi na konieczność zastosowania przynajmniej wszystkich wyrobów posiadających potwierdzone NRO oraz drzwi i okien charakteryzujących się klasą odporności ogniowej, co najmniej EI 30.

W opinii autorów zabudowa, jak na zdjęciach fot. 7.1 i fot. 7.2 jest zaprzeczeniem dobrych praktyk i stanowi błąd – niezależnie od rodzaju budownictwa.

Odrębną kwestię, negatywnie wpływającą na realizację budownictwa drewnianego, stanowi brak odpowiedniego przygotowania osób fizycznie uczestniczących w pracach budowlanych. Na początku XXI w., gdy wiedza na temat konstrukcji drewnianych, ich projektowania i wykonawstwa była jeszcze mniejsza niż dziś, miała miejsce następująca sytuacja:

Inwestor publiczny (gmina), chcąc zapewnić sobie wysoką jakość prac budowlanych i poprawną realizację, postawił w przetargu bardzo wysokie wymagania wykonawcy, wyjątkowo ten zakres punktując. Wybrany został wykonawca w postaci bardzo dużej firmy, legitymującej się szerokim wachlarzem zrealizowanych obiektów o konstrukcji drewnianej. I cóż z tego, skoro ten wysoko kwalifikowany wykonawca, podobno posiadający ogromne doświadczenie, nie zgłosił inwestorowi żadnych uwag, że dokumentacja projektowa jest niekompletna, a do realizacji robót budowlanych zatrudnił taniego podwykonawcę, który nie miał doświadczenia. Podczas realizacji „wysoko kwalifikowany” wykonawca poprzez działania tanich podwykonawców popełnił ogromną ilość błędów – od niewłaściwego składowania konstrukcji drewnianej po jej montaż, a potem przekrycie, a sprawa zakończyła się stanem awaryjnym i koniecznością wykonania kosztownej naprawy.

Tak więc uczciwość wykonawcy startującego w przetargu, której w opisywanym przypadku zabrakło, jest jednym z istotnych aspektów warunkujących poprawną realizację.

Wykonawca, który przedstawia w przetargu swoje referencje, ale w rzeczywistości zatrudnia do wykonania specjalistycznej części prac (jaką jest montaż konstrukcji drewnianej) przypadkowego, taniego i niedoświadczonego podwykonawcę – uczciwy nie jest.

Wykonawca, który nie posiada doświadczenia, a przedkłada w przetargu cudze referencje nie zamierzając w rzeczywistości skorzystać z usług firmy, której referencje przedłożył przy wykonaniu specjalistycznych prac tymi referencjami objętych – uczciwy nie jest.

7.1 Błędy związane z organizacją placu budowy i materiałami budowlanymi

- Zamawianie wyrobów nie przeznaczonych do zastosowań konstrukcyjnych z jednoczesnym przekazywaniem dokumentów odbiorowych znalezionych przypadkowo w sieci. W jednym z opiniowanych przypadków inwestor, zaniepokojony jakością dostarczonego drewna, zadał pytanie dostawcy i wykonawcy o klasę dostarczonego drewna i dokumenty odbiorowe (elementy nie miały wymaganego oznakowania). Dostawca odpowiedział „a jak mam dostarczyć dokumenty odbiorowe dla drewna konstrukcyjnego, skoro wykonawca zamówił drewno niekonstrukcyjne?”. Wykonawca natomiast, nie wiedząc o korespondencji inwestora z dostawcą, przedłożył „jakąś deklarację” znaną z internetu. Nie zauważył przy tym, że znalazł coś bardzo starego (z przełomu XX i XXI wieku), co nie koresponduje ze współczesnymi wymaganiami.

KRAJOWA DEKLARACJA ZGODNOŚCI !

1. Dostawca wyrobu budowlanego:

2. Nazwa wyrobu budowlanego:
Krawędziak iglasty

3. Klasyfikacja statystyczna wyrobu:
16.10.Z

4. Przeznaczenie i zakres stosowania wyrobu:
Ogólne zastosowanie w budownictwie

5. Deklarowane cechy techniczne typu wyrobu budowlanego:

Drewno klasy K 33 !

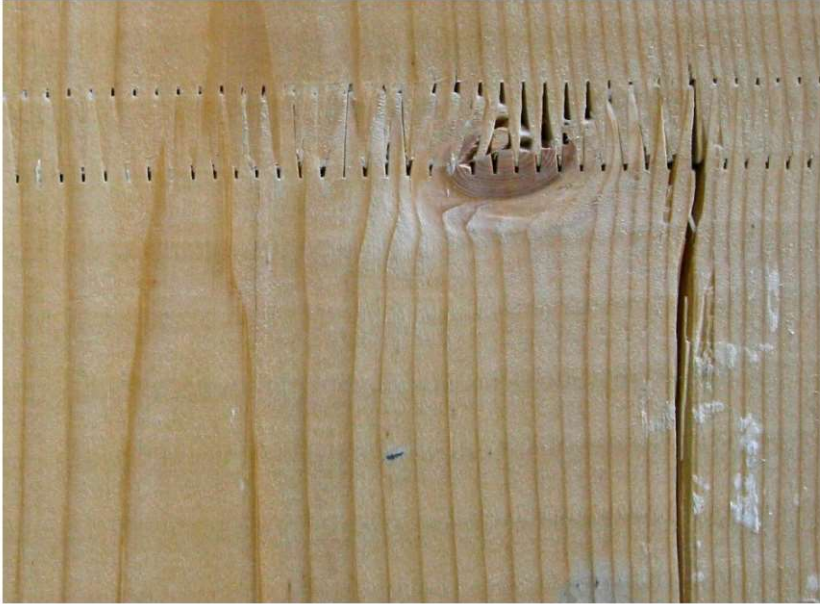
Elementy więźby dachowej poddane zostały impregnacji techniką kąpieli środkiem bio-ochronnym do drzewa IMPRALIT – CCO, posiadającego aprobatę techniczną ITB wydaną przez Instytut Techniki Budowlanej

Krawędziaki zostały wykonane zgodnie z polską normą PN-B-03150 z sierpnia 2000r.

– konstrukcje drewniane – obliczenia statystyczne i projektowanie

Fot. 7.4 Błędna deklaracja, zarówno co do formy, jak i wskazanej klasy drewna. Takie deklaracje wystawiane były do przełomu XX i XXI wieku. Obecnie nie wolno dla drewna konstrukcyjnego (ani innych wyrobów opisanych w Rozdziale 2), wydawać krajowych deklaracji

- Brak reklamowania wyrobów niezgodnych z wymaganiami zharmonizowanych norm i bezkrytyczne przyjmowanie przez wykonawcę drewna nie posiadającego wymaganych dokumentów, mimo że powiązane jest to z brakiem zapewnienia stałych i niezmiennych właściwości użytkowych.



Fot. 7.5 Element z drewna klejonego warstwowo z niepoprawnie wykonanym złączem klinowym (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.6 Element z drewna litego, który nie nadaje się do zastosowania konstrukcyjnego (fot. E. I. Kotwica)

- Brak odpowiedniego składowania wyrobów stosowanych w budownictwie drewnianym – zarówno w zakresie zapewnienia osłony przed opadami atmosferycznymi, jak niewłaściwego składowania. Pozostawianie elementów konstrukcji drewnianej w sposób narażający je na zniszczenie i odkształcenia.



Fot. 7.7 Niepoprawny sposób składowania więzarów kratowych – widoczne odkształcenia spowodowane nierównością podparć oraz zbyt bliska odległość od ziemi. (fot. E.I. Kotwica)



Fot. 7.8 Niepoprawny sposób składowania więzarów kratowych i drewna – elementy konstrukcyjne leżą w sposób przypadkowy, w bezpośrednim kontakcie z gruntem. (fot. E.I. Kotwica)

- Brak zabezpieczenia dostarczonych materiałów przed wpływem czynników atmosferycznych.

7.2 Błędy wykonawcze

Poniższe przykłady, pokazujące błędy wykonawcze, wynikające z niewiedzy wykonawcy, często w powiązaniu z brakami projektowymi, wykryte zostały przy okazji wizji lokalnych, poprzedzających opracowanie opinii lub ekspertyzy technicznej, czasem zauważone w innych okolicznościach. Generalnie w większości przypadków brakowało poprawnego i kompleksowego projektu, a sporo pokazanych na zdjęciach rezultatów wynika z braku umiejętności oraz doświadczenia wykonawcy.



Fot.7.9 Detal więzara wykonany według fantazji wykonawcy. Praca i bezpieczeństwo takiego rozwiązania są co najmniej dyskusyjne. (fot. E.I. Kotwica)



Fot. 7.10 Detal połączenia wykonany według fantazji wykonawcy. Przypadkowe rozmieszczenie i przypadkowa ilość łączników, przypadkowe wymiary elementów konstrukcji drewnianej (fot. E. I. Kotwica)



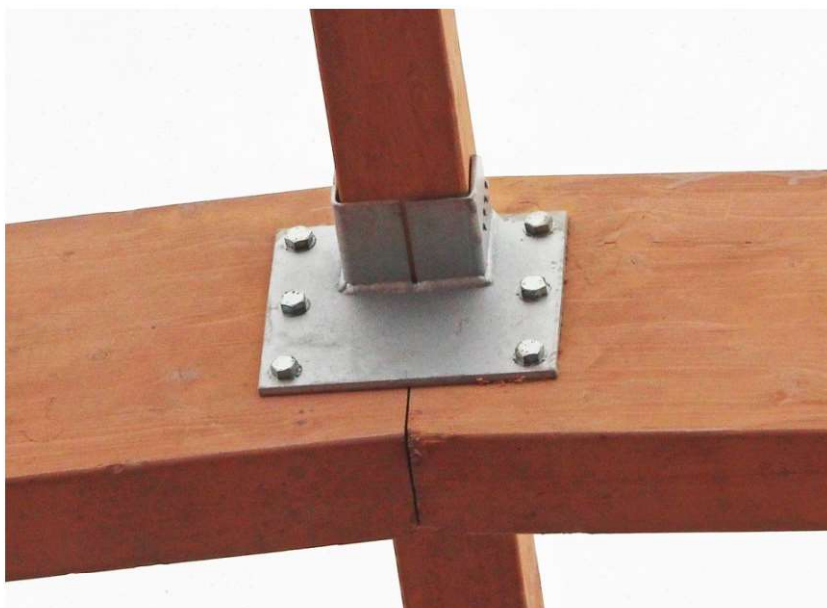
Fot. 7.11 Zastosowanie drewna nie przeznaczonego do celów konstrukcyjnych w połączeniu z przyjętym rozwiązaniem (nie wiadomo, czy przez projektanta, czy „pomysłowego” wykonawcę) zaskutkowało spękaniem i brakiem pracy części odspojonej. Niezbędne wzmocnienie. (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.12 Przypadkowe i niestaranne wykonanie połączenia na podporze. (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.13 Przypadkowe i niestaranne wykonanie połączenia styku. (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.14 Połączenie w kalenicy, które teoretycznie miało spełniać rolę przegubu- przy czym to nie jest rozwiązanie, które będzie taką pracę zapewniać. (fot. E. I. Kotwica)

7.3 Błędy popełniane na pozostałych etapach prac, wpływające na konstrukcję drewnianą



Fot. 7.15 Wskutek kolizji wywiewki kanalizacji z elementem konstrukcji, zakończono rurę pod elementem drewnianym, czego efektem jest widoczna na zdjęciu korozja biologiczna elementu drewnianego (fot. U. Kotwica)



Fot.7.16 Niepoprawnie zaprojektowany i wykonany detal połączenia ściany budynku ze ścianą fundamentową – wykonanie cokół wystającego poza lico ściany skutkuje zaleganiem wody i korozją w obrębie ściany, cokół jest też za niski (fot. E.I. Kotwica)



*Fot.7.17 Niepoprawnie wykonana obróbka – z pominięciem systemowego profilu przejściowego.
(fot. z archiwum Stowarzyszenia EDG)*



Fot.7.18. Nieszczelność obudowy powoduje zawilgocenie drewnianych elementów konstrukcyjnych i docelowo ich korozję biologiczną (fot. E. I. Kotwica)

7.4 Zestawienie wybranych przykładów błędnie i poprawnie wykonanych detali

Przedstawione w poradniku zasady nie są w żaden sposób skomplikowane. Poniższe przykłady pokazują, że poprawne wykonanie poszczególnych detali jest możliwe, jeśli zostaną odpowiednio zaprojektowane, a potem wykonane zgodnie z projektem. Odrębną kwestią jest stosowanie kompletnych rozwiązań systemowych, a nie – tylko ich części – z uwagi na źle pojęte oszczędności.



Fot. 7.19 NIE. Przypadkowe wykonanie stężeń z zastosowaniem taśmy perforowanej. Po lewej stronie wyraźne obwiśnięcie taśmy, co powoduje, że nie spełnia żadnej roli jako stężenie, po prawej stronie przypadkowe, niczego nie gwarantujące zamocowanie taśmy na elemencie drewnianym (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.20 TAK. Poprawnie wykonane detale stężeń systemowych z zastosowaniem taśmy perforowanej. Zastosowanie pokazanej na środkowym zdjęciu nakrętki napinającej pozwala na właściwe napięcie stężenia w przypadku zastosowania taśmy. (fot. T. Szczesiak)



Fot. 7.21 NIE. Niepoprawne, przypadkowe zamocowanie kątowników. Po lewej stronie zastosowano losowo dobraną i rozmieszczoną liczbę łączników, dodatkowo niepoprawnie sytuując kątownik. Po prawej stronie połączenie wygląda tak, jakby właśnie wykonawcy skończyły się gwoździe i wkręty... (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.22 TAK. Poprawnie wykonane połączenia z wykorzystaniem kątowników i projektowo dobranej ilości łączników. (fot. T. Szczesiak)



Fot. 7.23 NIE. Niepoprawne, przypadkowe zamocowanie tącznika krokwiowego (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.24 TAK. Poprawnie wykonane połączenia z wykorzystaniem tącznika krokwiowego projektowo dobranej ilości tączników. (fot. T. Szczesiak)



Fot. 7.25 NIE. Niepoprawne wykonanie i wykonanie podpór słupów. Usytuowanie drewna w bezpośrednim sąsiedztwie wilgotnego podłoża skutkuje podciąganiem kapilarnym wody, a docelowo – korozją biologiczną (fot. E. I. Kotwica)



Fot. 7.26 TAK. Wykonstruowując odpowiednio podporę można oddalić konstrukcyjny element drewniany od podłoża, zapobiegając tym samym jego zawilgoceniu. Po lewej stronie podstawę słupa odsunięto od podłoża, obudowując element fundamentu żelbetowego drewnem. Zdjęcie po prawej stronie pokazuje, że wiedzę tę posiadali już dawni mistrzowie budowlani (fot. E. I. Kotwica)

Podsumowanie

Realizacja coraz ambitniejszych przedsięwzięć z zakresu budownictwa drewnianego możliwa jest dzięki poprawnemu projektowaniu i wykonawstwu, wspieranym często badaniami. Od właściwej współpracy wykonawcy i projektanta zależy bardzo wiele – w tym zdrowie i życie użytkowników. Wymagania stawiane i projektowaniu, i wyrobom budowlanym muszą być spełniane niezależnie od rodzaju obiektu.

W każdej części cyklu, niezależnie od adresata wskazujemy, że niektóre przedstawione w poradniku informacje mogą zostać odebrane jako właściwe dla budownictwa ogólnego, co jest zrozumiałe, gdyż budownictwo drewniane jest integralną częścią budownictwa, jako całości.

Pewne przedstawione w poradniku wymagania dotyczą wyłącznie budownictwa drewnianego, niektóre zaś są takie same dla każdego rodzaju budownictwa.

Obserwując światowe trendy w zakresie rozwoju budownictwa drewnianego i realizacji kolejnych, coraz wyższych czy większych obiektów o konstrukcji drewnianej widzimy niesłyszana precyzję wykonawczą. W Polsce dopiero zdobywamy tę wiedzę, którą nasi bliżsi i dalsi sąsiedzi już posiadają. Dlatego zależy nam na stałym zwiększaniu grona profesjonalnych wykonawców znających zasady rządzące realizacją budownictwa drewnianego. Wypracowanie i utrwalenie dobrych praktyk w tym zakresie powinno przysłużyć się rozwojowi tej dziedziny wykonawstwa. Niezależnie od tego, jak bardzo niektóre z przedstawionych w poradniku wymagań mogą wydawać się krajowym wykonawcom trudne do realizacji – miejmy świadomość, że są to standardy światowe i mają na celu zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa i trwałości umożliwiających realizację spektakularnych, ekologicznych obiektów o konstrukcji drewnianej na miarę XXI wieku.

Autorzy

E.I. Kotwica (ewainga@members.pl)

P. Sulik (p.sulik@itb.pl),

U. Kotwica (ulakotwica@gmail.com),

M. Beśka (m.beska@sedg.pl)



Fot. E. I. Kotwica

Słowniczek

badanie typu (lub wstępne badanie typu)	Jest to część procedury oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych, polegająca na przeprowadzeniu badań i innych procedur (bp. obliczeń), opisanych w specyfikacji technicznej (normie zharmonizowanej, ETA), celem określenia właściwości użytkowych badanych próbek, reprezentatywnych dla danego wyrobu.
biały montaż	Prace hydrauliczne i wykończeniowe z zakresu podłączenia i montażu urządzeń sanitarnych (np. umywalka, wanna, zlew, bidet, ubikacja). Niektórzy do tego zakresu zaliczają też montaż szafek łazienkowych i kuchennych oraz innych elementów wyposażenia łazienek czy kuchni (bez AGD).
blower door test	Badanie szczelności budynku z zastosowaniem metody ciśnieniowej. Polega na montażu w wybranych drzwiach specjalnych kurtyn z wentylatorami, wytworzeniu podciśnienia lub nadciśnienia i odczytu za pomocą urządzeń i oprogramowania różnic ciśnień, co pozwala na m.in. określenie przepływu powietrza.
budowa „systemem gospodarczym”	Proces budowlany prowadzony w znacznej mierze lub w całości, siłami własnymi inwestora, jego rodziny i znajomych – czyli bez udziału siły fachowej lub z niewielkim jej wykorzystaniem.
budownictwo drewniane prefabrykowane	Obiekty o konstrukcji drewnianej, których elementy powstają w warunkach fabrycznych.
budynek jednorodzinny	Zgodnie z Ustawą Prawo budowlane [9]: budynek wolno stojący albo budynek w zabudowie bliźniaczej, szeregowej lub grupowej, służący zaspokajaniu potrzeb mieszkaniowych, stanowiący konstrukcyjnie samodzielną całość, w którym dopuszcza się wydzielenie nie więcej niż dwóch lokali mieszkalnych albo jednego lokalu mieszkalnego i lokalu użytkowego o powierzchni całkowitej nieprzekraczającej 30% powierzchni całkowitej budynku.
budynek wielorodzinny	Budynek mieszkalny, posiadający więcej niż 2 lokale mieszkalne.
check-lista	Zestawienie punktów, które należy sprawdzić kontrolując zakres prac określony daną check-listą.
deklaracja właściwości użytkowych	Deklaracja wystawiana przez producenta, który deklaruje w niej, jakie właściwości użytkowe posiada objęty nią wyrób. Deklaracja ta referuje do zharmonizowanych specyfikacji technicznych – norm zharmonizowanych lub Europejskich Ocen Technicznych (ETA) i musi zawierać minimum: określenie typu wyrobu; system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych.
drewno klejone krzyżowo	Elementy płytowe wykonane poprzez krzyżowe sklejenie desek z możliwością zastosowania w środkowych warstwach płyt drewnopochodnych lub LVL.
drewno klejone warstwowo	Konstrukcyjne drewno wykonywane z drewna sortowanego wytrzymałościowo, często z drewna na złącza klinowe – o grubości 6-45 mm (włącznie) poprzez sklejenie w jeden element przynajmniej dwóch desek zwanych lamelami. Drewno klejone warstwowo musi być zgodne z normą zharmonizowaną EN 14080:2013 [N19] i dostarczane z deklaracją właściwości użytkowych i oznakowaniem CE.
drewno na złącza klinowe	Konstrukcyjne drewno iglaste (gatunki wymienione w EN 15497 [N27])

	lub topola, w którym maszynowo wykonano na końcach elementów ukształtowane w kliny wycięcia, a następnie połączono je za pomocą określonego normowo kleju. Drewno na złącza klinowe wykonywane jest z drewna sortowanego wytrzymałościowo. Musi być zgodne z normą zharmonizowaną EN 15497 [N27] i dostarczane z deklaracją właściwości użytkowych i oznakowaniem CE – dołączonym do dokumentacji handlowej i znajdującym się na każdej sztuce.
drewno sortowane na sucho	Drewno sortowane przy średniej wilgotności nie większej niż 20%, przy czym (zgodnie z normą EN 14081-1+A1:2011 [N20]) żaden pomiar wilgotności nie może przekroczyć 24%.
Dziennik Oficjalny Unii Europejskiej	Dokument unijny, wydawany w językach państw członkowskich Unii Europejskiej, w którym między innymi publikowane są akty prawne i ich projekty, a w interesującym nas zakresie – zestawienia norm zharmonizowanych.
Europejska Ocena Techniczna (ETA)	Wydawana dla wyrobów, dla których nie ustanowiono normy zharmonizowanej. Jest dokumentem, na podstawie którego producent (po zapewnieniu spełnienia przez wyrób wskazanych w ocenie wymagań) wydaje deklaracje właściwości użytkowych i może oznakować wyrób CE. Zgodnie z Rozporządzeniem 305/2011 Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [1]: „oznacza udokumentowaną ocenę właściwości użytkowych wyrobu budowlanego w odniesieniu do jego zasadniczych charakterystyk zgodnie z odnośnym europejskim dokumentem oceny;”
fornir klejony warstwowo (LVL)	Wykonywany poprzez sklejenie arkuszy drewna (najczęściej iglastego) o grubości do 6 mm. Przypomina wyglądem sklejkę, ale wykonaną z grubszych fornirów.
impregnacja	Zabezpieczenie powierzchni celem ochrony elementu przed korozją biologiczną lub podniesienia klasy reakcji na ogień.
izolacyjność ogniowa I	Zdolność danego elementu próbnego, będącego oddzielającym elementem konstrukcji budowlanej, poddanego działaniu ognia z jednej strony, do ograniczenia przyrostu temperatury na powierzchni nienagrzewanej powyżej danego poziomu. Oceniana jest na podstawie przyrostów temperatury w określonych przez daną normę badawczą miejscach (termoelementy powierzchniowe) oraz w miejscach, w których w trakcie badania wystąpi podejrzenie przekroczenia granicznej wartości przyrostu temperatury (termoelement ruchomy). Wartość przyrostu temperatury maksymalnej w dowolnym punkcie danego elementu wynosi z reguły 180°C (wyjątek stanowią drzwi), a temperatury średniej nie może przekroczyć 140°C.
klasa reakcji na ogień	Określa zachowanie się wyrobu budowlanego podczas pożaru.
klasa użytkowania	Klasa określająca warunki wilgotnościowe występujące w otoczeniu konstrukcji drewnianej przy określonej normowo temperaturze (20°C), które powiązane są z wilgotnością drewna. Norma Eurokod 5 wskazuje 3 klasy użytkowania.
klasa wytrzymałościowa drewna	Klasa określająca parametry wytrzymałościowe <ul style="list-style-type: none"> • klasy drewna litego, litego łączonego na złącza klinowe oraz sklejonego drewna litego określane są literą C, a wartość

	<p>liczbowa określa wytrzymałość charakterystyczną na zginanie;</p> <ul style="list-style-type: none"> • klasy drewna litego wykorzystywanego przy produkcji drewna klejonego warstwowo oznaczane są literą T, a wartość liczbowa określa wytrzymałość charakterystyczną na rozciąganie; • klasy drewna klejonego warstwowo oznaczane są GL, wartość liczbowa określa wytrzymałość charakterystyczną na zginanie; wyróżnia się klasy drewna jednorodnego, oznaczane dodatkowo literą „h” oraz kombinowanego, oznaczane dodatkowo literą „c”.
koncepcja	Pierwsza faza projektu, określająca kwestie funkcjonalne, wygląd, zagospodarowanie itp., w zgodności z oczekiwaniami inwestora (w tym jego możliwościami finansowymi) oraz z wymaganiami przepisów i planu zagospodarowania lub warunków zabudowy.
konstrukcje wsporcze tymczasowe	Konstrukcje stosowane podczas montażu np. łuków lub ram trójprzegubowych, ustawiane i stężane najczęściej po minimum 3 linie. Ustawiane w osiach elementów konstrukcyjnych i zwalniane po zakończeniu montażu i stężeniu danej sekcji.
konstrukcyjne drewno lite	Drewno iglaste (najczęściej świerk i sosna), sortowane wytrzymałościowo i zgodne z normą EN 14081-1 (obecnie norma zharmonizowana EN 14081-1+A1:2011 [N20]), dostarczane z deklaracją właściwości użytkowych i oznakowaniem CE – dołączonym do dokumentacji handlowej i znajdującym się na każdej sztuce (wyjątki opisane w Rozdziale 2).
Krajowa deklaracja właściwości użytkowych	Deklaracja wystawiana przez producenta, który deklaruje w niej, jakie właściwości użytkowe posiada objęty nią wyrób w przypadku wyrobów objętych polską normą wyrobu lub Krajową Oceną Techniczną (KOT).
Krajowa Ocena Techniczna (KOT)	<p>Krajowy dokument oceny, wydawany dla wyrobów nie objętych normą zharmonizowaną (dawniej Aprobata Techniczna). Jest dokumentem, na podstawie którego producent (po zapewnieniu spełnienia przez wyrób wskazanych w ocenie wymagań) wydaje krajową deklarację właściwości użytkowych i może oznakować wyrób znakiem budowlanym.</p> <p>Ustawa o wyrobach budowlanych [7] definiuje Krajową Ocenę Techniczną jako „udokumentowaną, pozytywną ocenę właściwości użytkowych tych zasadniczych charakterystyk wyrobu budowlanego, które zgodnie z zamierzonym zastosowaniem mają wpływ na spełnienie podstawowych wymagań, o których mowa w art. 5 ust. 1 pkt 1 ustawy Prawo budowlane [9] przez obiekty budowlane, w których wyrób będzie zastosowany;”.</p>
lambda (λ)	Współczynnik przewodzenia ciepła λ jest to współczynnik, który określa przenikanie ciepła przez przegrody. Jest odwrotnością współczynnika przenikania ciepła U.
lamela	Komponent stosowany w produkcji drewna klejonego warstwowo, wykonany z konstrukcyjnego drewna litego, a przy większych długościach (zwykle powyżej 6 m) – z drewna na złącza klinowe.
mostek termiczny	Rejon przegrody budowlanej lub połączenia, przez które następuje utrata ciepła z budynku wskutek niewłaściwej izolacji i/lub niepoprawnego wykonania robót budowlanych.

<p>norma zharmonizowana</p>	<p>Norma zawierająca wymagania stawiane wyrobowi, którego dotyczy. Spełnienie wskazanych w niej wymagań zapewnia przydatność tego wyrobu do zamierzonego zastosowania – czyli np. posiadanie deklarowanej wytrzymałości. Stanowi podstawę wydawania deklaracji właściwości użytkowych.</p> <p>Zgodnie z Rozporządzeniem 305/2011 Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [1]: „oznacza normę przyjętą przez jeden z europejskich organów normalizacyjnych wymienionych w załączniku I do dyrektywy 98/34/WE, na podstawie wniosku wydanego przez Komisję, zgodnie z art. 6 tej dyrektywy;”</p>
<p>nośność ogniowa R</p>	<p>Zdolność konstrukcji lub elementu do przeniesienia obciążania przez określony czas w warunkach pożarowych bez utraty właściwości nośnych. Na podstawie badań, kryteria, które pozwalają ocenić zniszczenie, będą różne w zależności od typu elementu: w przypadku elementów zginanych, np. stropów, dachów – prędkość deformacji (prędkość ugięcia) i stan graniczny rzeczywistej deformacji (ugięcia); w przypadku osiowo obciążanych elementów, np. słupów, ścian – prędkość deformacji (prędkość skrócenia) i stan graniczny rzeczywistej deformacji (skrócenia).</p>
<p>NRO</p>	<p>Cecha związana z rozprzestrzenianiem ognia, stanowiąca o nierozprzestrzenianiu ognia przez element (NX).</p>
<p>obiekt użyteczności publicznej</p>	<p>Za Rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych [2]: budynek przeznaczony na potrzeby administracji publicznej, wymiaru sprawiedliwości, kultury, kultu religijnego, oświaty, szkolnictwa wyższego, nauki, wychowania, opieki zdrowotnej, społecznej lub socjalnej, obsługi bankowej, handlu, gastronomii, usług, w tym usług pocztowych lub telekomunikacyjnych, turystyki, sportu, obsługi pasażerów w transporcie kolejowym, drogowym, lotniczym, morskim lub wodnym śródlądowym, oraz inny budynek przeznaczony do wykonywania podobnych funkcji; za budynek użyteczności publicznej uznaje się także budynek biurowy lub socjalny.</p>
<p>odporność ogniowa</p>	<p>Zgodnie z normą [N30] jest to zdolność próbki do wytrzymania ognia lub do ochrony przed ogniem przez pewien czas. Typowe kryteria stosowane do oceny odporności ogniowej w standardowym teście ogniowym to: R – nośność ogniowa, E – szczelność ogniowa, I – izolacyjność ogniowa, które są powiązane z czasem działania pożaru standardowego (w pełni rozwinięty pożar wewnętrzny). W przypadku odporności ogniowej elementy budowlane zachowują swoje właściwości użytkowe, w zakresie nośności i/lub izolacyjności i szczelności dla elementów oddzielających. Cecha ta pozwala m.in. na ograniczanie rozprzestrzeniania się pożaru rozwiniętego poza obszar wydzielony przegrodami budowlanymi o odporności ogniowej, do sąsiedniej strefy pożarowej. Klasa odporności ogniowej związana jest z fazą 2a rozwoju pożaru.</p>
<p>okres przejściowy</p>	<p>Czas, w którym można stosować równolegle wycofywane przepisy, zastępowane daną normą zharmonizowaną. Data zakończenia okresu przejściowego wskazana jest w Oficjalnym Dzienniku Unii Europejskiej przy każdej opublikowanej tam normie.</p>

opór dyfuzyjny Sd	Określa równoważną dyfuzyjnie grubość warstwy powietrza, która zapewniłaby taki sam odpór pary wodnej. Parametr wyrażony jest w metrach i służy do określania paroprzepuszczalności membran.
oznakowanie CE	Za Rozporządzeniem 305/2011 Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [1] „ <i>Oznakowanie CE powinno się umieszczać na wszystkich wyrobach budowlanych, dla których producent sporządził deklarację właściwości użytkowych zgodnie z niniejszym rozporządzeniem.</i> ” Oznakowanie umieszczane na każdym elemencie konstrukcyjnym lub (w określonych przypadkach na opakowaniu zbiorczym) oraz dołączone do dokumentacji handlowej.
PKN (Polski Komitet Normalizacyjny)	Polska jednostka odpowiadająca za prace normalizacyjne, opracowywanie norm, wprowadzanie norm europejskich, jak i tłumaczenie norm obcojęzycznych.
plan zagospodarowania (miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego MPZP)	Akt prawa lokalnego, w którym ustalane jest przeznaczenie terenów nim objętych ze wskazaniem m.in. rodzaju, wysokości, zagęszczenia zabudowy, zasady wydzielania działek, kwestie infrastruktury i komunikacji.
płyta PUR	Płyta warstwowa o wysokich właściwościach izolacyjnych, składająca się z okładzin (blachy) i wewnątrz z poliuretanu.
płyta PIR	Płyta warstwowa o wysokich właściwościach izolacyjnych, składająca się z okładzin (blachy) i wewnątrz z poliizocyanouranu. W porównaniu z płytami PUR, płyty PIR charakteryzują się lepszym zachowaniem podczas pożaru.
podciąganie kapilarne	Zjawisko polegające na podciąganiu wody ku górze przez drobne rurki w strukturze porowatego materiału, zwane kapilarami.
podwyższenie klasy reakcji na ogień	Impregnacja preparatem, który zastosowany w sposób i ilości potwierdzonych badaniami zapewni podwyższenie klasy reakcji na ogień w stosunku do podanej we właściwej dla wyrobu normie zharmonizowanej.
pozwolenie na budowę	Zgodnie z Ustawą Prawo budowlane [9]: należy przez to rozumieć decyzję administracyjną zezwalającą na rozpoczęcie i prowadzenie budowy lub wykonywanie robót budowlanych innych niż budowa obiektu budowlanego;
prace w technologiach „mokrych”	Prace budowlane czy wykończeniowe z zastosowaniem wyrobów, których technologia montażu wymaga użycia dużej ilości wody na etapie ich wbudowywania – np. murowanie, wylewanie elementów betonowych i żelbetowych, wylewki czy prace tynkarskie.
program funkcjonalno-użytkowy	Zgodnie z Rozporządzeniem w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego [5]: służy do opisu przedmiotu zamówienia, ustalenia planowanych kosztów prac projektowych i robót budowlanych, przygotowania oferty – szczególnie w zakresie obliczenia ceny oferty oraz wykonania prac projektowych.
projekt architektoniczno-	Określa m.in. rodzaj i kategorię, kubaturę, powierzchnię, układ

budowlany	przestrzenny i formę obiektu, liczbę kondygnacji; wskazane muszą w nim zostać rozwiązania dotyczące kwestii energetycznych, akustycznych, instalacyjnych, bezpieczeństwa pożarowego oraz powiązanych z zanieczyszczeniami i zagospodarowaniem odpadów.
projekt budowlany	Projekt zagospodarowania terenu, projekt architektoniczno-budowlany, projekt techniczny oraz opinie, uzgodnienia, pozwolenia itp.
projekt techniczny	Zawiera m.in. rozwiązania konstrukcyjne obiektu budowlanego, zastosowane schematy konstrukcyjne (statyczne), założenia przyjęte do obliczeń konstrukcji, w tym dotyczące obciążeń, oraz podstawowe wyniki tych obliczeń, jak również rozwiązania dotyczące przegród. Zawiera też rozwiązania techniczno-instalacyjne, dane dotyczące warunków ochrony p.poż. oraz charakterystykę energetyczną budynku.
projekt warsztatowy	Projekt sporządzany przez producenta na podstawie projektu wykonawczego, często z uwzględnieniem własnych rozwiązań systemowych.
projekt wykonawczy	Uszczegółowienie rozwiązań przyjętych w projekcie technicznym z uwzględnieniem obliczeń i rysunków wszystkich elementów konstrukcji oraz rozwiązań detali wszystkich połączeń, stężeń itp.
punkt rosy	Temperatura, w której następuje kondensacja pary wodnej.
reakcja na ogień	Jest to reakcja materiału lub elementu na działanie ognia w znormalizowanej próbie ogniowej. Pozwala na ocenę palności materiału/rozwiązania, ocenia czy i jak szybko następuje zapalenie, ile wydziela się przy tym ciepła, czy wytwarzają się płonące krople i jak dużo dymu towarzyszy ich spalaniu.
Rozporządzenie 305/2011 (CPR) [1]	Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE, ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych. Jego celem było usunięcie przeszkód technicznych w dziedzinie budownictwa, co zrealizowano poprzez ustanowienie zharmonizowanych specyfikacji technicznych (normy zharmonizowane, Europejskie oceny techniczne), które służą ocenie właściwości użytkowych.
rozprzestrzenianie ognia	Zgodnie z normą [PN-EN ISO, 2017] jest to propagacja frontu płomienia, która jest powiązana z szybkością propagacji. Oznacza to zdolność związaną z przenoszeniem się ognia i szybkością jego przenoszenia od miejsca zapłonu do miejsc pierwotnie nie objętych oddziaływaniem ognia. Rozprzestrzenianie ognia najszybciej rozwija się do góry, co jest związane z unoszeniem gorących gazów pożarowych. W kierunkach poziomych następuje ono znacznie wolniej i związane jest np. z przewodzeniem ciepła w przypadku dobrych przewodników. Rozprzestrzenianie ognia związane jest z 1 fazą rozwoju pożaru.
rozwiązania systemowe	Rozwiązania opracowane przez producentów, stanowiące pakiet wyrobów, które wzajemnie się uzupełniają, tworząc kompletny element obiektu, konstrukcji itp. Przykładem rozwiązania systemowego dla konstrukcji drewnianej mogą być stężenia wiatrowe, składające się z taśmy perforowanej, blach węzłowych oraz elementów

	napinających. Innym przykładem są systemy elewacyjne. Jedną z zasad stosowania rozwiązań systemowych jest dbałość o zachowanie kompletności – czyli wykorzystanie wszystkich, a nie tylko wybranych elementów danego systemu.
sklejone drewno lite	Elementy konstrukcyjne powstałe w wyniku sklejenia 2 do 5 sortowanych wytrzymałościowo elementów drewnianych o grubości większej niż 45 mm i mniejszej/równej 85 mm. Maksymalna szerokość lub wysokość gotowego elementu nie może przekraczać 280 mm.
system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych	Sposób deklarowania właściwości użytkowych, powiązany z różnymi zadaniami producenta i jednostki zewnętrznej (notyfikowanej), zależnymi od systemu określonego w normach zharmonizowanych, zdefiniowanego w Rozporządzeniu CPR [1] lub w Rozporządzeniu w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym [3].
szczerłość ogniowa E	Zdolność do zapobiegania przechodzenia płomieni i gorących gazów, i jest ona wymagana od elementów pełniących funkcję oddzielającą w czasie pożaru. Przegrody, które nie posiadają szczerłości ogniowej, mogą powodować zapalenie materiału będącego w sąsiedztwie przegrody oraz po stronie przeciwnej do działania ognia. W czasie badań ocenia się ją na podstawie następujących wskazań (aspektów): pęknięć lub otworów przekraczających podane wymiary; zapalenia tamponu bawełnianego: tampon bawełniany przykłada do czasu zapalenia i maksymalnie na 30 s, wymagania co do tamponu określono w EN 1363-1; utrzymywania się płomienia na stronie nienagrzewanej przez co najmniej 10 s.
tolerancja	Różnica między dopuszczalną granicą dolnej i górnej odchyłki od założonej wartości.
Ustawa o wyrobach budowlanych [7]	Ustawa określająca wymagania stawiane wyrobom budowlanym, wskazująca konieczność stosowania norm zharmonizowanych i Europejskich Ocen Technicznych dla wyrobów, dla których zostały ustanowione, określająca zasady stosowania „jednostkowego zastosowania” i Krajowych Ocen Technicznych.
warunki zabudowy (decyzja o warunkach zabudowy i zagospodarowania przestrzennego)	Wydawane w przypadku zamierzenia realizacji budowy w obszarze, dla którego nie został opracowany plan zagospodarowania przestrzennego, zawierają podobny zakres, jak MPZP dla wskazanego we wniosku obszaru.
współczynnik μ	Współczynnik oporu dyfuzyjnego określa, ile razy opór dyfuzyjny warstwy materiału/przegrody jest większy od warstwy powietrza tej samej grubości, w tych samych warunkach.
współczynnik przenikania ciepła U	Współczynnik przenikania ciepła to ilość ciepła przepływająca w czasie 1 s przez powierzchnię 1 m ² , gdy różnica temperatur po obu stronach wynosi 1 K.
zabezpieczenie przeciw korozji biologicznej	Sposób ochrony konstrukcji drewnianej przed skutkami działań niekorzystnych czynników, jak np. grzyby, bakterie czy owady, które (często w powiązaniu z wilgotnością) powodują destrukcję konstrukcji.
ZKP (Zakładowa Kontrola Produkcji)	Gwarantuje dochowanie przez producenta reżimów produkcyjnych i wymagań. Zgodnie z Rozporządzeniem 305/2011 Parlamentu

	Europejskiego i Rady (UE) [1]: „oznacza udokumentowaną stałą i wewnętrzną kontrolę produkcji w zakładzie produkcyjnym zgodnie ze stosownymi zharmonizowanymi specyfikacjami technicznymi”.
--	--

Literatura

- [L1] Bygg i trä med Fixa och Trixa, praca zbiorowa, Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2011.
- [L2] Dimensionering av träkonstruktionen, del 1-3, parca zbiorowa, Svenskt trä 2015.
- [L3] Fire safety in timber buildings - Technical guideline for Europe, SP Report 2010:19.
- [L4] Fire safety on timber frame construction sites, TRADA Construction briefings, March 2013 (Version 2).
- [L5] Frühwald E., Serrano E., Toratti T, Emilsson A, Thelandersson S., Design of safe timber structures – How can we learn from structural failures in concrete, steel and timber? Technical report, Lund University 2007.
- [L6] Gustaffson A., Eriksson P.-E., Engström S., Wik T., Serrano E., Handbok för beställare och projektörer av flervåningshus i trä, SP rapport 2012:70, Växjö, 2013.
- [L7] Hakaste H., Jalkanen R. Korpivaara A., Rinne H., Siiskonen M., , Eco-Vikki Aims, Implementation and Results, City of Helsinki, Ministry of the Environment 2005.
- [L8] Hantera limträ rätt, praca zbiorowa Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2014.
- [L9] Hantera virket rätt, praca zbiorowa, Föreningen Sveriges Skogsindustrier, 2013.
- [L10] Iwanicki K. Budownictwo wiejskie, Poradnik przy wznoszeniu zabudowań na wsi, Księgarnia Leona Idzikowskiego, Kijów – Warszawa, 1917.
- [L11] Jacob-Freitag Susanne, SternstundEN des Ingenieurholzbaus, Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V, Wupperta, 2017.
- [L12] Kotwica E. I.: Projekt budowlany – zatwierdzony, ale czy poprawny?, Dekarz&Cieśla, 2/2018, str. 74.
- [L13] Kotwica E.I., Hikiert M.A., Krzosek S., Noskowiak A., Nowak T, Policińska-Serwa A., Smardz P., Budownictwo drewniane w Polsce, Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju, Warszawa 2017-2018.
- [L14] Kotwica E., Krzosek S., Comparison of sawn timber strength classes determined according old and new standards. Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, For. and Wood Technol. 2014; 87: 109-113.
- [L15] Kotwica E., Krzosek S., Technical requirements and practical guide for sawn timber and glulam applications in woodEN constructions. Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW, For. and Wood Technol. 2013; 83: 57-62.
- [L16] Kotwica E.I.; Noskowiak A.; Kotwica U.; Komentarze do normy PN-EN 14081-1+A1:2011; Ministerstwo Środowiska, Stowarzyszenie EDG, Stowarzyszenie Czarna Woda; 2019.
- [L17] Kotwica E.I., Nożyński W., Konstrukcje drewniane – przykłady obliczeń, Stowarzyszenie Producentów Płyt Drewnopochodnych w Polsce, Szczecin 2015.
- [L18] Kotwica E.I., Sulik P., Obiekt zgodny z przepisami – ale czy bezpieczny? Inżynier Budownictwa 03/2021, 76-79.
- [L19] Kotwica E.I., Sulik P., Nowak T.: Obiekt o konstrukcji drewnianej – od pomysłu przez przepisy do realizacji. Inżynier budownictwa, 09/2020, 24÷25.
- [L20] Kotwica E.I., Tumielewicz E. Wytyczne do sporządzania: Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia w odniesieniu do konstrukcji drewnianych – Część I oraz Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych w zakresie konstrukcji drewnianych – Część II.
- [L21] Krzosek S. Wytrzymałościowe sortowanie polskiej sosnowej tarcicy konstrukcyjnej różnymi metodami. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2009.
- [L22] Orton A. The way we build now: Form, scale and technique, reprinted by Spon Press 2011.
- [L23] Raporty badawcze SP, Szwecja.

- [L24] Schickofer G., Brandner r., Baer H., Introduction to CLT, Product Properties, Strength Classes, Joint Conference of FP 1402 and FP 1404, Stockholm, 10.03.2016.
- [L25] Serrano E. LimnologEN – Experiences from an 8- storey timber building, 15. Internationales Holzbau-Forum 09.
- [L26] Sulik P. (2018). Bariery prawne wykorzystania drewna konstrukcyjnego w budownictwie, Materiały Budowlane, nr 12, s. 90-92 DOI: 10.15199/33.2018.12.29.
- [L27] Sulik P. (2021). Bezpieczeństwo pożarowe budynków o konstrukcji drewnianej. Izolacje, 2021, R.26, nr 7-8, s. 86-88, 90, 92-95.
- [L28] Sulik P. (2019): Budynki o konstrukcji drewnianej we współczesnym budownictwie mieszkaniowym. Materiały Budowlane.
- [L29] Sulik P. (2021). Jak legalnie budować więcej budynków wielorodzinnych w szkielet drewnianym? Izolacje, 2021, R.26, nr 9, s. 76,78,80,82.
- [L30] Sulik P., Kotwica E.I.: Od pomysłu przez przepisy do realizacji - bezpieczeństwo pożarowe budynków o konstrukcji drewnianej. Inżynier budownictwa, 10/2020, 74÷75.
- [L31] Sulik P., Sędłak B. (2019): The use of wood in multi-family housing in the aspect of fire safety, Proceedings of Applications of Structural Fire Engineering, ASFE 13-14 June.
- [L32] Warunki Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych Konstrukcje drewniane,. ITB Warszawa, 2018.
- [L33] Bartlett A.I., Hadden R. M. and Bisby L. A. (2019). A Review of Factors Affecting the Burning Behaviour of Wood for Application to Tall Timber Construction. Fire Technology, 55, 1–49, 2019, DOI: 10.1007/s10694-018-0787-y.
- [L34] Hugi E., Wuersch M., Risi W., Wakili K. G. (2007). Correlation between charring rate and oxygen permeability for 12 different wood species. J Wood Sci (2007) 53:71–75, DOI: 10.1007/s10086-006-0816-1.
- [L35] Njankouo J.M., Dotreppe J.C., Franssen J.M. (2004). Experimental study of the charring rate of tropical hardwoods. Fire Mater 28(1):15–24. DOI: 10.1002/fam.831.
- [L36] Frangi A. Fontana M., Knobloch M., Boichichio G. (2008). Fire behaviour of crosslaminated solid timber panels. Fire Saf Sci 9:1279–1290. DOI:10.3801/IAFSS.FSS.9-1279.
- [L37] Friquin K.L., Grimsbu M., Hovde P.J. (2010). Charring rates for cross-laminated timber panels exposed to standard and parametric fires. In: World conference on timber engineering, pp. 20–24.
- [L38] White R. H. (2000). Charring rate of composite timber products. Proceedings of Wood and Fire Safety 4th International Conference, the High Tatras, Slovakia.
- [L39] Zajączkowski G., Jabłoński M., Jabłoński T., Szmidla H., Kowalska A., Małachowska J., Piwnicki J., Kubica J. (2021). Raport o stanie lasów w Polsce 2020, Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, ISSN 1641-3229.

Normy

- [N1] PN-B 03007:2013 Konstrukcje budowlane. Dokumentacja techniczna.
- [N2] PN-B-02867:2013-06 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania stopnia rozprzestrzeniania ognia przez ściany.
- [N3] PN-D 94021:2013-10 Tarcica konstrukcyjna iglasta sortowana metodami wytrzymałościowymi.
- [N4] PN-EN 310:1994 Płyty drewnopochodne – Oznaczanie modułu sprężystości przy zginaniu i wytrzymałości na zginanie.
- [N5] PN-EN 338:2016. Drewno konstrukcyjne. Klasy wytrzymałości.

- [N6] PN-EN 789:2005 Konstrukcje drewniane – Metody badań – Oznaczanie właściwości mechanicznych płyt drewnopochodnych.
- [N7] PN-EN 1912:2012 Drewno konstrukcyjne – Klasy wytrzymałości – Wizualny podział na klasy i gatunki.
- [N8] PN-EN 1990:2004 (wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami) Eurokod – Podstawy projektowania konstrukcji.
- [N9] PN-EN 1991-1-1:2004 (wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami) Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-1: Oddziaływania ogólne – Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach.
- [N10] PN-EN 1991-1-2:2006 (wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami), Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-2: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
- [N11] PN-EN 1991-1-3:2005 ((wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami) Eurokod 1 – Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-3: Oddziaływania ogólne – Obciążenie śniegiem.
- [N12] PN-EN 1991-1-4:2005 ((wraz z wszystkimi zmianami i poprawkami) Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru.
- [N13] PN-EN 1995-1-1:2010 + A2:2014. Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych. Część 1-1: Postanowienia ogólne. Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków.
- [N14] PN-EN 1995-1-2:2008+NA:2010 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych – Część 1-2: Postanowienia ogólne – Projektowanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe.
- [N15] PN-EN 13501-1:2019 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień).
- [N16] PN-EN 13501-2:2016 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 2: Klasyfikacja na podstawie wyników badań odporności ogniowej, z wyłączeniem instalacji wentylacyjnej.
- [N17] PN-EN 13823+A1:2020-11 Badania reakcji na ogień wyrobów budowlanych -- Wyroby budowlane, z wyłączeniem posadzek, poddane oddziaływaniu termicznemu pojedynczego płonącego przedmiotu.
- [N18] PN-EN 13986+A1:2015-06 Płyty drewnopochodne do stosowania w budownictwie – Właściwości, ocena zgodności i oznakowanie.
- [N19] PN-EN 14080-06:2013. Konstrukcje drewniane. Drewno klejone warstwowo i konstrukcyjne sklezione drewno lite. Wymagania. **Uwaga, zmiana tytułu normy.**
- [N20] PN-EN 14081-1+A1:2011. Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne o przekroju prostokątnym sortowane wytrzymałościowo. Część 1: Wymagania ogólne. **(uwaga, norma nieaktualna, ale wciąż obowiązująca jako zharmonizowana).**
- [N21] PN-EN 14081-1:2016 Konstrukcje drewniane. Drewno konstrukcyjne o przekroju prostokątnym sortowane wytrzymałościowo. Część 1: Wymagania ogólne. **(uwaga, norma aktualna ale jeszcze nie zharmonizowana).**
- [N22] PN-EN 14250:2011 Konstrukcje drewniane – Wymagania produkcyjne dotyczące prefabrykowanych elementów konstrukcyjnych łączonych płytkami kolczastymi.
- [N23] PN-EN 14374:2005 Konstrukcje drewniane – Fornir klejony warstwowo (LVL) – Wymagania.
- [N24] PN-EN 14545:2011 Konstrukcje drewniane – Łączniki typu wkładek i pierścieni – Wymagania.
- [N25] PN-EN 14592+A1:2012 Konstrukcje drewniane – Łączniki trzpieniowe – Wymagania.
- [N26] PN-EN 15228:2009 Drewno konstrukcyjne – Drewno konstrukcyjne zabezpieczone przed korozją biologiczną.

- [N27] PN-EN 15497:2014 Konstrukcyjne drewno lite łączone na złącza klinowe – Wymagania jakościowe i minimalne wymagania produkcyjne.
- [N28] PN-EN 16351:2021 Konstrukcje drewniane – Drewno klejone krzyżowo – Wymagania.
- [N29] PN-EN-ISO 11925-2:2020-09 Badania reakcji na ogień – Zapalność wyrobów poddawanych bezpośredniemu działaniu płomienia – Część 2: Badania przy działaniu pojedynczego płomienia.
- [N30] PN-EN ISO 13943:2017-10 Bezpieczeństwo pożarowe – terminologia.

Ustawy i Rozporządzenia

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (EU) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG.
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690 z późniejszymi zmianami.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z 17 listopada 2016 r w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym; Dz. U. 2016 poz. 1966.
- [4] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego, Dz. U. 2020, poz. 1609.
- [5] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego, Dz. U. 2021, poz. 2454.
- [6] Ustawa o ochronie przeciwpożarowej z dnia 24 sierpnia 1991 Dz. U. 1991 nr 81, poz. 351 z późniejszymi zmianami.
- [7] Ustawa o wyrobach budowlanych z dnia 16 kwietnia 2004 Dz. U. 2004, nr 82, poz. 881 z późniejszymi zmianami.
- [8] Ustawa Prawo zamówień publicznych z dnia 11 września 2019, Dz. U. 2019 poz. 2019 z późniejszymi zmianami.
- [9] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane, Dz.U. 1994 poz. 414 z późniejszymi zmianami.

Check-lista

Nazwa	Opis	Uwagi
Projekt techniczny	Projekt techniczny dostarczony wykonawcy przed rozpoczęciem prac.	<p>Inwestor zobowiązany jest dostarczyć kierownikowi budowy (a więc i wykonawcy) projekt techniczny przed rozpoczęciem prac.</p> <p>Projekt techniczny stanowi część projektu budowlanego i jest wymogiem formalnym koniecznym do rozpoczęcia budowy. Do zgłoszenia rozpoczęcia prac w powiatowym inspektoracie nadzoru budowlanego konieczne jest oświadczenie projektantów o sporządzeniu projektu technicznego.</p>
Spójność	Projekt techniczny jest spójny z projektem architektoniczno-budowlanym oraz z projektem zagospodarowania terenu.	<p>Dokumentacja musi stanowić całość. Zalecane jest, by całość dokumentacji (zarówno projekt budowlany, jak i wykonawczy) wykonywał ten sam zespół projektowy, gdyż jest to gwarancją spójności oraz dobrej koordynacji prac projektowych.</p> <p>Warto zweryfikować na samym początku spójność projektu technicznego z projektem architektoniczno-budowlanym i, w przypadku zauważenia nieścisłości, podnieść od razu tę kwestię u inwestora. Pozwoli to uniknąć problemów przy odbiorze, jak również roszczeń ze strony inwestora. Lepiej poświęcić czas na początku na weryfikację otrzymanej dokumentacji, niż nanosić poprawki po wykonaniu prac i dowodzić, która strona powinna pokryć związane z tymi poprawkami dodatkowe koszty.</p>
Podstawa opracowania projektu	Projekt jest oparty o Europejskie Normy PN-EN.	<p>Projekt obiektu drewnianego musi być wykonany w oparciu o Europejskie normy PN-EN. Jeżeli projekt powołuje się na Polskie Normy PN-B, nie został wykonany rzetelnie i nie jest zgodny z obecnie obowiązującymi przepisami. Niedopuszczalne jest wykonywanie prac w oparciu o projekt bazujący</p>

Nazwa	Opis	Uwagi
Klasa drewna	W projekcie – w opisie technicznym i na rysunkach – wskazano założoną do obliczeń klasę drewna. Założenia są spójne.	<p>jednocześnie na normach Europejskich normach PN-EN oraz Polskich Normach PN-B.</p> <p>Zaprojektowane elementy konstrukcji muszą mieć określoną klasę wytrzymałości. Dotyczy to zarówno drewna litego, drewna klejonego oraz wyrobów z materiałów drewnopochodnych.</p> <p>Jeżeli w projekcie założono zbyt wysoką klasę drewna, niedostępną realnie na rynku, należy podnieść tę kwestię u inwestora. Niedopuszczalne jest samowolne zmniejszenie klasy drewna na niższą.</p>
Klasa użytkowania	W projekcie – w opisie technicznym i na rysunkach – określono klasę użytkowania obiektu (lub klasy użytkowania dla poszczególnych części obiektu)	<p>Projekt musi określać założoną klasę użytkowania obiektu w zależności od tego, na jakie działania wilgoci narażona będzie konstrukcja.</p> <p>Należy zwrócić szczególną uwagę, jeżeli wykonywany obiekt jest projektowany w trzeciej klasie użytkowania. Nie wszystkie rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe, mające zastosowanie w pierwszej i drugiej klasie użytkowania, można zastosować w przypadku trzeciej klasy. Trzecia klasa użytkowania może oznaczać konieczność spełnienia dodatkowych wymogów.</p> <p>Jeżeli w projekcie brak informacji o założonej klasie użytkowania obiektu, należy zwrócić się do inwestora (lub bezpośrednio do projektanta) z żądaniem uzupełnienia dokumentacji przed przystąpieniem do prac.</p>
Odporność ogniowa	W projekcie wskazano wymagania dotyczące odporności ogniowej stawiane poszczególnym elementom konstrukcji.	<p>Jeżeli dla budowanego obiektu wymagana jest odporność ogniowa, projekt musi zawierać obliczenia udowadniające spełnienie wymagań oraz wskazywać sposób zabezpieczenia elementów konstrukcji do odpowiedniej klasy reakcji (np. poprzez wykonanie obudowy lub zabezpieczenie farbami/lakierami pęczniącymi). Projekt musi zawierać rozwiązania dla połączeń, zapewniające osiągnięcie wymaganej</p>

Budownictwo drewniane. Poradnik dla wykonawcy

Nazwa	Opis	Uwagi
Nierozprzestrzenianie ognia (NRO)	Jeżeli w projekcie wskazano konieczność zapewnienia klasyfikacji NRO, projekt musi zawierać informacje dotyczące sposobu spełnienia tego wymogu.	<p>odporności ogniowej.</p> <p>Szczegółowe informacje o bezpieczeństwie pożarowym oraz odporności ogniowej zawarto w Rozdziale 6.</p> <p>Należy sprawdzić, czy projektant wpisał sposób zabezpieczenia konstrukcji drewnianej i wskazał zarówno impregnat, jak i wymagania dotyczące jego stosowania. Warto pamiętać, że według zapisów Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych [2] klasyfikacja NRO jest powiązana z klasą reakcji na ogień minimum „B” – i zaprojektowany (a potem zastosowany) impregnat musi tę klasę zapewnić. Należy upewnić się, czy impregnat może być stosowany w danym środowisku (np. na zewnątrz, w miejscu narażonym na działanie czynników atmosferycznych), oraz czy jest przeznaczony do stosowania również dla danego typu materiału (drewno, materiały drewnopochodne, drewno klejone warstwowo lub drewno na złącza klinowe).</p> <p>W przypadku stosowania innego impregnatu niż wskazany w projekcie, należy upewnić się, że na pewno ma on taki sam zakres stosowania i stanowi równoważny zamiennik.</p>
Obliczenia	Projekt zawiera obliczenia dla wszystkich elementów obiektu.	Projekt, w którym obliczenia dotyczą jednego czy kilku drewnianych elementów konstrukcyjnych z pominięciem pozostałych – nie jest kompletny. Dotyczy to zarówno wymiarowania przekrojów elementów konstrukcji, jak i połączeń.
Projekt wykonawczy		
Spójność	Projekt wykonawczy jest spójny z projektem architektoniczno-budowlanym oraz z projektem technicznym.	Parametry przekroju elementów konstrukcyjnych i rozwiązania nie mogą być odmienne w poszczególnych etapach projektu. Jeżeli wprowadzone zostały zmiany, muszą być one poparte kompletnymi obliczeniami.

Nazwa	Opis	Uwagi
Podstawa opracowania projektu	Projekt jest oparty o Europejskie Normy PN-EN.	Projekt obiektu drewnianego musi być wykonany w oparciu o Europejskie normy PN-EN. Jeżeli projekt powołuje się na Polskie Normy PN-B, nie został wykonany rzetelnie i nie jest zgodny z obecnie obowiązującymi przepisami. Niedopuszczalne jest wykonywanie prac w oparciu o projekt bazujący jednocześnie na normach Europejskich normach PN-EN oraz Polskich Normach PN-B.
Klasa drewna	W projekcie – w opisie technicznym oraz na rysunkach – wskazano klasę drewna/materiału założoną do obliczeń. Klasa drewna jest spójna z klasą przyjętą w projekcie technicznym.	Zaprojektowane elementy konstrukcji muszą mieć określoną klasę wytrzymałości. Dotyczy to zarówno drewna litego, drewna klejonego oraz wyrobów z materiałów drewnopochodnych. Projekt musi jednoznacznie określać założenia przyjęte do obliczeń, żeby potem nie było niejasności. Jeżeli w projekcie założono zbyt wysoką klasę drewna, niedostępną realnie na rynku, należy podnieść tę kwestię u inwestora. Niedopuszczalne jest samowolne zmienianie klasy drewna na niższą.
Klasa użytkowania	W projekcie – w opisie technicznym i na rysunkach – określono klasę użytkowania obiektu (lub klasy użytkowania dla poszczególnych części obiektu). Założona klasa użytkowania jest spójna z klasą przyjętą w projekcie architektoniczno-budowlanym i technicznym.	Projekt musi określać założoną klasę użytkowania obiektu w zależności od tego, na jakie działanie wilgoci narazona będzie konstrukcja. Należy zwrócić szczególną uwagę, jeżeli wykonywany obiekt jest projektowany w trzeciej klasie użytkowania. Nie wszystkie rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe, mające zastosowanie w pierwszej i drugiej klasie użytkowania, można zastosować w przypadku trzeciej klasy. Trzecia klasa użytkowania może oznaczać konieczność spełnienia dodatkowych wymogów. Jeżeli w projekcie brak informacji o założonej klasie użytkowania obiektu, należy zwrócić się do inwestora (lub bezpośrednio do projektanta) z żądaniem uzupełnienia dokumentacji przed przystąpieniem do prac.

Nazwa	Opis	Uwagi
Rozwiązania materiałowe	<p>Przyjęte rozwiązania materiałowe są spójne z projektem technicznym.</p> <p>Ewentualne zmiany są poparte obliczeniami.</p>	<p>Projekt wykonawczy powinien stanowić uzupełnienie i uszczegółowienie projektu technicznego.</p> <p>Zmiany na etapie uszczegóławiania projektu technicznego nie są niedopuszczalne, natomiast zawsze powinny zostać zweryfikowane nie tylko pod względem wytrzymałości, ale również tego, czy zmieniany element nie stanowi części rozwiązania systemowego i jego zmiana nie wpłynie na finalne parametry obiektu – zarówno jego nośności, jak i szczelności czy izolacyjności. Nie dopuszcza się zmian bez akceptacji projektanta.</p>
Obliczenia	<p>Projekt zawiera obliczenia dla wszystkich elementów obiektu.</p>	<p>Rzeczony projekt musi zawierać wyciąg z obliczeń statycznych zawierający wymiarowanie wszystkich elementów konstrukcyjnych, w tym wymiarowanie połączeń. Połączenia są w przypadku konstrukcji drewnianych ważne, ponieważ z uwagi na konieczność zachowania odpowiednich odległości między łącznikami, takie połączenie może determinować przekroje elementów.</p>
Detale	<p>Projekt zawiera detale połączeń – obliczenia oraz rysunki.</p>	<p>W projekcie powinny być zawarte detale rozwiązań newralgicznych elementów, takich jak mocowania do fundamentów, otwory w ścianach i stropach oraz połączenia – w tym liczba i sposób rozmieszczenia łączników. Prawidłowo wykonany projekt zawiera detale wszystkich typów połączeń, nie tylko pojedyncze, przykładowe rozwiązania, najczęściej najprostsze i najbardziej powtarzalne.</p>
Projekt instalacji	<p>Projekt zawiera informacje o przebiegu instalacji (sanitarnej, wentylacji itp.)</p>	<p>Projekt musi zawierać położenie przewodów i instalacji, w szczególności przejścia przez przegrody ścienne i stropy. Ustalanie przebiegu instalacji dopiero na etapie wykonawstwa może doprowadzić do uszkodzenia konstrukcji. Ponadto nieumiejętne wprowadzenie instalacji na zewnątrz może skutkować zaburzeniem szczelności pokrycia i w rezultacie</p>

Nazwa	Opis	Uwagi
Organizacja		
Projekt	Dostarczony przez inwestora projekt musi być kompletny i pozwalać na realizację budowy. W projekcie powinny być zawarte szczegóły dotyczące montażu oraz rozwiązania detali i połączeń.	Szczegóły dotyczące zawartości projektu wskazano powyżej.
Koordynacja	Wykonawstwo w zakresie różnych branż wymaga bezwzględnej koordynacji.	W sytuacji, gdy jeden wykonawca nie zajmuje się wszystkimi etapami wznoszenia obiektu, konieczna jest komunikacja i koordynacja prac między branżami. Brak komunikacji między poszczególnymi ekipami może skutkować nieumyślnym uszkodzeniem części konstrukcji. W szczególności branża instalacyjna powinna być skoordynowana z wykonawcą odpowiedzialnym za konstrukcję obiektu. Przejścia instalacji przez konstrukcję powinny być ustalone i zaprojektowane, a lokalizacja dodatkowych obciążeń (np. od urządzeń wentylacyjnych) jasno wskazana. Niedopuszczalne jest samowolne wykonywanie otworów w nośnych elementach konstrukcji bez weryfikacji i akceptacji przez projektanta.
Zmiany względem projektu	Wszelkie zmiany względem projektu należy skonsultować z projektantem.	Wszelkie zmiany, czy to dotyczące rozwiązań materiałowych czy konstrukcyjnych (np. parametrów przekroju, schematów itp.), muszą być konsultowane zarówno z inwestorem, jak i z autorem projektu. Niedopuszczalne są samowolne zmiany bez aprobaty projektanta i bez wprowadzenia przez niego tych zmian do projektu. Powyższe dotyczy również wszelkich zmian, wynikających z oczekiwań inwestora, odmiennych niż na etapie projektowania. W przypadku rozwiązań systemowych, prefabrykowanych, niekontrolowana projektowo zamiana czy usunięcie jednego z elementów może spowodować, że całość konstrukcji nie

Nazwa	Opis	Uwagi
Dostawy	Należy skoordynować dostawy tak, aby zapewnić ciągłość prac.	osiągnięciem założonych parametrów. Dostawa materiałów na budowę musi być skoordynowana z planowanymi pracami oraz z dostępnym sprzętem. Należy unikać składowania drewnianych elementów czy prefabrykatów na placu budowy przez dłuższy okres. Należy zapewnić poprawne składowanie (patrz też Rozdział 5) i zabezpieczenie drewna i inżynierskich wyrobów na jego bazie.
Odbiór dostarczonych materiałów	Co sprawdzić: - kompletność zamówienia - zgodność z zamówieniem - kompletność dokumentów	Podczas odbioru materiałów należy zweryfikować kompletność dostawy, zgodność z zamówieniem. Należy sprawdzić materiał pod kątem uszkodzeń powstałych podczas transportu lub wskutek niewłaściwego przenoszenia. Dokonać wyrywkowej kontroli wymiarów/przekrojów/wielkości łączników. Drewno lite – ocena wizualna drewna. Należy sprawdzić, czy drewno jest pozbawione kory, należy zweryfikować wilgotność. Dostarczone drewno nie może być mokre. Dopuszczalna wilgotność to maksymalnie 18 % dla drewna wbudowywanego jako zabezpieczone przed wpływami atmosferycznymi i 23 % dla drewna na zewnątrz. Wiotkie elementy, jak np. więzary kratowe łączone na płytki kolczaste – należy sprawdzić, czy podczas transportu nie doszło do wypaczenia, czy elementy skratowania nie zostały uszkodzone. Elementy prefabrykowane/modułowe, jak np. płyty ścienne – należy sprawdzić, czy elementy nie wypaczyły się podczas transportu, czy nie została naruszona ciągłość warstw, czy nie doszło do zalania/zawilgocenia elementów. Niezależnie od rodzaju dostarczanego materiału, należy za każdym razem sprawdzić, czy materiały posiadają niezbędne deklaracje, certyfikaty i dopuszczenia do obrotu. Szczegóły dotyczące niezbędnych dokumentów dla poszczególnych rodzajów materiałów wskazano w Rozdziale 2.

Nazwa	Opis	Uwagi
Skladowanie materialów	<p>Wyrównanie podłoża, rozmieszczenie elementów podkładowych w rozstawach odpowiednich do gabarytu skladowanych elementów.</p> <p>Zapewnienie odległości minimum 20 cm między podłożem a najniższym ze skladowanych elementów.</p> <p>Nacięcie od spodu folii, jeśli elementy zostały dostarczone szczelnie ofoliowane.</p> <p>Zakrycie skladowanych materialów folią lub plandeką na dystansach.</p>	<p>Wyznaczenie i przygotowanie miejsca do skladowania (równego, na odpowiednio gęstych przekładkach i oddalonego od podłoża) ma na celu uniknięcie deformacji oraz zawilgocenia elementów w wyniku kontaktu z gruntem czy zalegającą wodą.</p> <p>Nacięcie od spodu folii, w której dostarczone były elementy, pozwoli na uniknięcie zalegania wody (np. pochodzącej z kondensacji).</p> <p>Zabezpieczenie materialów przed opadami atmosferycznymi (np. przy pomocy folii lub plandek) należy tak wykonać, by między elementami a plandeką znajdowały się elementy dystansujące, pozwalające na przepływ powietrza.</p> <p>Narażenie na opady może powodować degradację drewna i wyptukiwanie impregnatów. Dodatkowo – w przypadku prefabrykowanych elementów ścian, podczas nieodpowiedniego skladowania może dojść do zawilgocenia izolacji, a w efekcie do utraty założonych właściwości przegrody.</p>
Montaż		
Fundamenty	<p>Kontrola wykonania fundamentów przed wzniesieniem dalszych części obiektu:</p> <ul style="list-style-type: none"> - weryfikacja wymiarów - weryfikacja poziomów - weryfikacja kątów 	<p>Fundament stanowi podwalinę pod całą resztę konstrukcji obiektu.</p> <p>Szczególnie przy budownictwie modułowym i prefabrykowanym wymagana jest precyzyjność wykonania. Niestaranność wykonania czy odchyłki poziomów fundamentów mogą sprawić, że dostarczone na plac budowy prefabrykowane elementy nie złożą się w całość – a w tego typu budownictwie szybkość montażu i zaoszczędzony dzięki temu czas zależą między innymi od gotowych, systemowych rozwiązań. Nawet niewielkie odchyłki na poziomie podłoża będą się kumulować w miarę wzrostu obiektu.</p> <p>Jeżeli występują nieprawidłowości, należy je usunąć przed przystąpieniem do montażu kolejnych elementów konstrukcji.</p>
Podnoszenie elementów o dużych gabarytach	<p>Sytuowanie zawiesi w ściśle określonych projektowo punktach podnoszenia.</p> <p>Ochrona narożników podnoszonych elementów w miejscach</p>	<p>W przypadku elementów o znacznych gabarytach, zwłaszcza wiotkich, projekt montażu powinien określać dopuszczalne punkty podnoszenia. Zaczepianie zawiesi w przypadkowych</p>

Nazwa	Opis	Uwagi
Montaż konstrukcji prefabrykowanych/modułowych	<p>sytuowania zawiesi. Przestrzeganie zasad pracy dźwigu w powiązaniu z warunkami atmosferycznymi.</p> <ul style="list-style-type: none"> - kolejność montażu zgodnie z projektem montażowym - stosowanie tymczasowego usztywnienia/stężenia - zakończenie prac z jednym etapem przed przejściem do kolejnego 	<p>miejscach może skutkować uszkodzeniem konstrukcji. Próby podnoszenia elementów przy wietrze mogą skutkować nieprzewidywanymi deformacjami i naprężeniami.</p> <p>Szczególnie konstrukcje modułowe i prefabrykowane należy wznosić zgodnie z projektem montażowym, zachowując kolejność prac i zabezpieczając konstrukcję na czas montażu odpowiednimi tymczasowymi podporami i stężeniami. Jest to ważne szczególnie w przypadku wiotkich elementów, które finalną sztywność osiągają dopiero po wzniesieniu całej konstrukcji i stężeniu jej. Zlekceważenie zabezpieczania elementów konstrukcji podczas wznoszenia może skutkować efektem domino i zawaleniem się części bądź całości konstrukcji, co stwarza ryzyko dla ludzi oraz może spowodować trwałe uszkodzenie elementów konstrukcji.</p> <p>Przed przystąpieniem do wnoszenia kolejnego etapu konstrukcji należy upewnić się, że zakończono prace nad poprzednim oraz, że zostały zachowane odpowiednie tolerancje wymiarowe. Przeoczone odchyłki i błędy mogą się kumulować w miarę wznoszenia, jeśli nie zostaną na bieżąco wyeliminowane.</p>
Stężanie/usztywnianie	Konstrukcja jest stężana w miarę wznoszenia.	<p>Podczas montażu konstrukcję należy stężyć w miarę wznoszenia. Niedopuszczalne jest pozostawianie niezabezpieczonych elementów (czy to prefabrykowanych elementów ścian, czy np. wiązarów kratowych). Brak zabezpieczenia wiotkich elementów i zapewnienia sztywności przestrzenej może doprowadzić do efektu domina i zawalenia się całości lub części konstrukcji. Nie wolno usuwać tymczasowych stężeń i podparć przed całkowitym zmontowaniem, zespoleniem i usztywnieniem konstrukcji.</p>
Zabezpieczenie przed wpływem czynników atmosferycznych	Elementy konstrukcji są zabezpieczone przed wpływem czynników atmosferycznych.	<p>Należy tak zaplanować prace, aby możliwie jak najszybciej przekryć drewniane elementy konstrukcji. W przypadku przestoju lub przerwy należy tymczasowo zabezpieczyć konstrukcję przed opadami atmosferycznymi i słońcem.</p>

Nazwa	Opis	Uwagi
Połączenia	Połączenia należy wykonywać zgodnie z projektem.	Połączenia należy wykonać zgodnie z detalami projektowymi – co do rodzaju i liczby łączników, jak również ich rozmieszczenia i rozstawów oraz odległości od końców i boków elementów. Użyte łączniki posiadają aprobaty, nie noszą śladów korozji czy mechanicznych uszkodzeń. Jeżeli to konieczne – zastosowane łączniki muszą spełniać wymagania odporności ogniowej dla danej części obiektu. Otwory w stropach, przejścia techniczne, przejścia instalacji – wykonane zgodnie z projektem. Jeżeli zachodzi taka konieczność – zabezpieczone pożarowo zgodnie z wymaganiami dla danej przegrody.
Izolacja termiczna	Należy zapewnić: - ciągłość - odpowiednie mocowanie - brak mostków termicznych - brak zawilgocenia	Brak zachowania ciągłości izolacji termicznej prowadzi do powstawania mostków termicznych, co wiąże się z utratą ciepła z budynku. Newralgicznymi miejscami są np. rejonny wieńców, nadproży, okien, drzwi, balkonów, itp. Oprócz utraty ciepła w rejonach mostków termicznych może zachodzić korozja biologiczna i destrukcja konstrukcji drewnianej. Zastosowana izolacja nie może być mokra ani zawilgocona. Zamknięcie izolacji powoduje spadek lub utratę jej właściwości izolacyjnych. Długotrwałe wystawienie na działanie promieni słonecznych może spowodować przyspieszoną degradację.
Wiatroizolacja	Co sprawdzić: - ciągłość - odpowiednie ułożenie	Izolacja wiatrowa musi być ułożona w sposób umożliwiający przepuszczanie pary i wilgoci na zewnątrz oraz zabezpieczający przed przedostawaniem się wilgoci z zewnątrz. Izolacja musi być ciągła i szczelna, szczególnie w miejscach załamania konstrukcji oraz przejść przewodów wprowadzonych na zewnątrz.
Zabezpieczenie pożarowe/impregnacja	Środki zabezpieczające są przeznaczone do stosowania w danym środowisku i dla danego wyrobu drewnianego lub drewnopochodnego.	Preparaty zastosowane do zabezpieczenia drewna muszą być odpowiednie do przeznaczenia. Nie wszystkie preparaty są przeznaczone do stosowania na zewnątrz (np. z uwagi na ryzyko

Nazwa	Opis	Uwagi
Bezpieczeństwo pożarowe	- zabezpieczenie konstrukcji przegród okładzinami zapewniającymi odpowiednią klasę odporności ogniowej	wymywania impregnatu przez opady). Impregnaty mają określony zakres stosowania – nie wszystkie preparaty przeznaczone do drewna litego można stosować w przypadku lub drewna klejonego warstwowo, drewna na złącza klinowe czy sklejonego drewna litego. Konieczne sprawdzenie, jakie preparaty zostały przyjęte w projekcie i w przypadku stosowania zamiennego środka – sprawdzenie, czy rzeczywiście jest równoważny zarówno w kwestii zapewnianego stopnia ochrony, jak i zakresu stosowania.
Bezpieczeństwo pożarowe	- zabezpieczenie konstrukcji przegród okładzinami zapewniającymi odpowiednią klasę odporności ogniowej	Okładziny zastosowane do zabezpieczenia drewnianej konstrukcji muszą gwarantować spełnienie założonych w projekcie wymogów dot. nośności, szczelności i izolacyjności ogniowej danej przegrody. Należy zadbać o odpowiednie mocowanie okładzin łącznikami zgodnie z wytycznymi producenta lub informacjami zawartymi w projekcie. Szczegółowe informacje dotyczące zagadnień bezpieczeństwa pożarowego wskazano w Rozdziale 6.
Rozwiązania systemowe	Rozwiązania systemowe stosowane są w komplecie i zgodnie ze swoim przeznaczeniem.	Systemowe rozwiązania połączeń usprawniają proces montażu i skracają czas budowy, ale muszą być stosowane w komplecie. Jeżeli system składa się z kilku komponentów, należy zastosować wszystkie, a nie zastępować zamiennikami z innego systemu lub rezygnować z niektórych części ze względów ekonomicznych. Niepełny system może nie spełniać swojej funkcji i nie osiągnąć deklarowanej przez producenta i założonej przez projektanta nośności.