

Konstrukcyjne drewno klejone – nowoczesny materiał budowlany

W najbliższych latach w Polsce, śladem krajów Europy Zachodniej, można spodziewać się szybkiego rozwoju i wzrostu zainteresowania konstrukcjami z drewna klejonego warstwowo. Jego zalety to: wielkie możliwości kształtowania elementów, łatwe uzyskiwanie dużych rozpiętości oraz estetyka. Stosowane jest od przydomowych wiat, altan, ogrodów zimowych po wielkowymiarowe konstrukcje, także mostowe.



Wraz z rozwojem nauki, technologii oraz inżynierii projektowanie i wznoszenie konstrukcji drewnianych stawało się bardziej ekonomiczne, szybsze oraz łatwiejsze. Wynalezienie specjalistycznych wodoodpornych klejów na bazie żywic otworzyło kolejną drogę rozwoju materiału, jakim jest drewno. Możliwość wykonywania trwałych połączeń klejonych pozwoliła na wytwarzanie elementów znacznie większych przekrojach oraz długościach, a tym samym uzyskiwanie konstrukcji o większych rozpiętościach bez znaczących nakładów finansowych.

Drewno jest bardzo ważnym surowcem odnawialnym, co umożliwia, przy prowadzeniu racjonalnej gospodarki leśnej oraz zachowaniu trwałej równowagi pomiędzy przyrostem i zużyciem, jego stosowanie w długiej przyszłości. Niestety, zdaniem wielu ekspertów, prowadzona obecnie w wielu regionach świata rabunkowa gospodarka drewnem może doprowadzić do nieodwracalnych zmian i szkód w środowisku naturalnym oraz w dłuższej per-

spektywie do wyczerpania się zasobów drewna. W wielu częściach świata podejmowane są działania w celu opanowania tego procederu.

Po drugiej wojnie światowej w Polsce można było zaobserwować spadek zainteresowania budownictwem drewnianym. Przyczyniły się do tego głównie rygorystyczne zarządzenia o oszczędności drewna, intensywny eksport tarcicy (co powodowało jej brak) oraz wysokie ceny. Drewno uważane było jedynie za materiał pomocniczy. Dodatkowo restrykcyjne przepisy przeciwpożarowe często dyskwalifikowały lite drewno. Obecnie coraz powszechniej stosowane konstrukcyjne drewno klejone cechuje się wysoką odpornością ogniową, wynikającą głównie z zastosowanego przekroju elementu, jego wyteżenie oraz końcowej obróbki. Przy zachowaniu odpowiednich parametrów drewno klejone bez jakiegokolwiek impregnacji i dodatkowych zabezpieczeń klasyfikuje się jako NRO – nierozprzestrzeniające ognia, natomiast uzyskanie odporności R30, R60, a nawet R90 nie stanowi większego problemu, ale ustalone musi być już na etapie projektowania przez odpowiednie dobranie przekrojów elementów.

W Europie Zachodniej w okresie powojennym powstało wiele zakładów produkcyjnych zajmujących się właśnie produkcją drewna klejonego warstwowo. Od kilkunastu lat również w Polsce obserwujemy wzrost zainteresowania tym materiałem, chociaż ograniczona liczba literatury, brak długoletniej historii związanej z drewnem jako materiałem budowlanym stale stawia wyzwanie przed projektantami oraz wykonawcami specjalistycznych konstrukcji z drewna klejonego warstwowo. Warto jest już na etapie projektu oraz podczas realizacji bazować na doświadczeniu i wiedzy wyspecjalizowanych firm zajmujących się konstrukcjami z drewna klejonego warstwowo. W Polsce powstają kolejne obiekty, w których znajdziemy drewno klejone, takie jak: hale widowiskowo-sportowe i przemysłowe, sale gimnastyczne, baseny, ujeżdżalnie koni, korty tenisowe, obiekty sakralne i stylowe, ogrody zimowe.

Produkcja

Rodzaje drewna

Najczęściej stosowanym obecnie surowcem jest tarcica świerkowa. Inne

rzadziej stosowane rodzaje drewna to np. sosna, jodła i modrzew, jednak trudno dostępna tarcica odpowiedniej jakości oraz proces produkcji powodują dłuższe okresy oczekiwania na gotowy wyrób. Należy każdorazowo rozważyć stosowanie innych gatunków niż świerk pod kątem dostępności na rynku.

Etapy produkcji

1. Suszenie tarcicy w specjalnych suszarniach do odpowiedniej wilgotności, tj. 12% (+/- 2%).
2. Struganie lameli do odpowiedniej grubości.
3. Sortowanie (gradacja) tarcicy zgodnie z wymaganiami normowymi. Sortowanie odbywa się wizualnie (dla klas GL24 oraz GL28) oraz mechanicznie dla klas wyższych (GL32 oraz GL36). Taki sposób sortowania powoduje, że najbardziej dostępne klasy to GL24 oraz GL28. Należy również zwrócić uwagę na fakt, iż o ile klasa GL32 jest możliwa do uzyskania przy znikomym wzroście kosztów, o tyle uzyskanie odpowiedniej tarcicy do produkcji klasy GL36 jest trudne, wymaga więcej czasu oraz znacznych nakładów finansowych. Wszystkie powyższe czynniki powodują najczęściej stosowanie klas GL24–GL32. Na tym etapie bardzo istotny jest również odpowiedni dobór lameli zewnętrznych dla produkowanego elementu pod kątem wytrzymałościowym oraz odpowiedniej jakości wizualnej.
4. Usuwanie wad z drewna – fragmenty desek z wypadającymi sękami i innymi wadami drewna mającymi wpływ na wytrzymałość lub jakość wizualną produktu są oznaczane i następnie wycinane. Ten etap w wysoko rozwiniętych obecnie zakładach produkcyjnych odbywa się w pełni automatycznie – znajdowanie wadliwych miejsc przez czujniki podczerwieni, promienie X, znakowanie odpowiednimi markerami/farbami oraz w końcowym etapie wycinanie.
5. Łączenie desek w teoretycznie niekończące się wstęgi (lamele) – czoła desek są frezowane na tzw. złącza palczaste, nakładany jest klej i tak przygotowany materiał odstawiany jest do wysuszenia kleju w złączach.
6. Struganie lameli do odpowiedniej grubości – w zależności m.in. od jakości i promienia gięciażądanego elementu najczęściej stosowane grubości mieszczą się w przedziale

15–40 mm.

7. Nakładanie kleju na odpowiednio przygotowane wstęgi drewna (lamele).
8. Układanie lameli w przygotowanej prasie (elementy proste lub gięte), odpowiednie ich ściśnięcie do czasu pełnego utwardzenia się złączy klejowych.
9. Końcowa obróbka mechaniczna – surowy produkt wyjęty z prasy poddaje się struganiu, odpowiednio docinane są końce elementów oraz w razie potrzeby wykonuje się wszelkie niezbędne wcięcia, otwory pod złącza stalowe oraz jeśli jest to konieczne, impregnację.
10. Pakowanie elementów do wysyłki – najczęściej w folię.

Warstwy kleju w drewnie klejonym są bardzo cienkie, zawartość kleju w gotowym produkcie nie przekracza 1%. Drewno klejone dzięki odpowiedniemu sortowaniu oraz połączeniom klejowym staje się nawet do 80% bardziej wytrzymałym materiałem od standardowego ogólnie dostępnego drewna litego. Dzięki suszeniu oraz klejeniu drewno ulega mniejszym odkształceniom oraz mniejszym spękanom niż drewno lite. Przy zastosowaniu małych promieni gięcia (np. 2,5 m) poszczególne lamele są bardzo cienkie, co pozwala łatwo wyginać je do wymaganych kształtów, a po sklejeniu gotowy produkt jest bardzo wytrzymały.

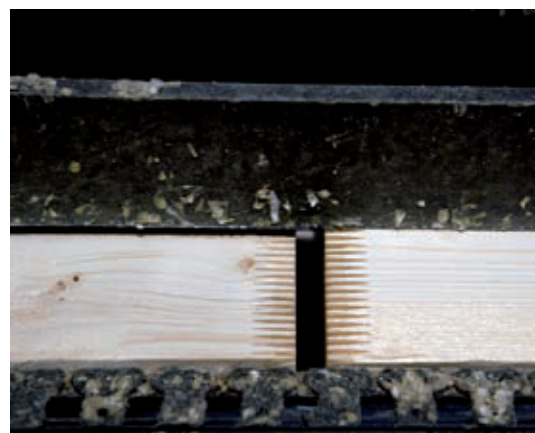
Struktura przekroju poprzecznego

Wyróżnia się dwa rodzaje przekrojów elementów konstrukcyjnych z drewna klejonego warstwowo. Pierwszym rodzajem jest przekrój złożony z tarcicy jednorodnej (o tej samej wytrzymałości) – oznaczenie „h” (od ang. Homogenous), drugim – przekrój złożony z tarcicy niejednorodnej (o różnych wytrzymałościach) – oznaczenie „c” (od ang. Combined).

Analizując budowę przekrojów złożonych z ww. klas oraz tabelę ich wytrzymałości łatwo zauważyć, że główne parametry dla układów belkowych (wytrzymałość na zginanie, moduły sprężystości) są identyczne w obydwu rodzajach klas, a pozostałe parametry dla przekroju z tarcicy niejednorodnej są słabsze maksymalnie o 15–20%. Racjonalne rozłożenie w przekroju belki drewna o wyższej i niższej klasie wytrzymałości (nie ma to znaczenia dla walorów estetycznych) sprzyja rozsądnemu wykorzystaniu dostępnej



Gradacja tarcicy



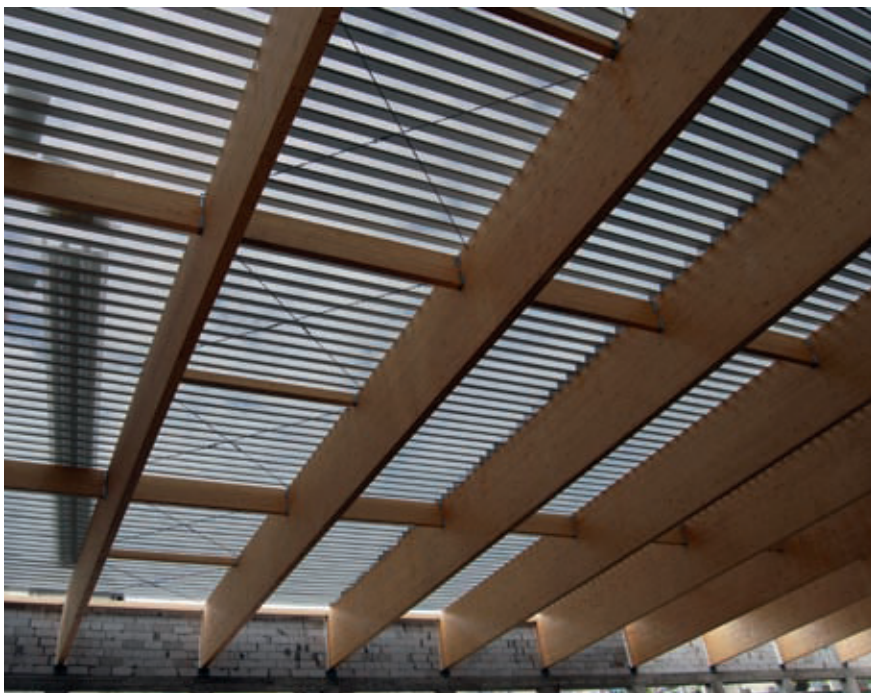
Złącze palczaste



Nakładanie kleju na lamele



Układanie lameli w prasie



tarcicy, co przekłada się na czas produkcji oraz cenę wyrobu. Z informacji uzyskanych od czołowych europejskich producentów wynika, że jedynie ~2% będącej w obrocie tarcicy spełnia wymagania wytrzymałościowe klasy GL36. Powoduje to znaczne utrudnienie w jej produkcji oraz wzrost ceny gotowego wyrobu. Dodatkową sprawą jest metoda sortowania tarcicy – dla klas GL24 oraz GL28 odbywa się wizualnie, natomiast dla klas GL32 oraz GL36 – mechanicznie. Zdaniem wielu fachowców powoduje to uzyskiwanie najlepszej wizualnej jakości w klasie GL28.

zupełnie oddzielną klasyfikacją jest podział na jakość wizualną oraz przemysłową. Normy określają szczegółowo dopuszczalne ilości występującej sinizny (która nie ma wpływu na nośność elementu, lecz jedynie na jego walory estetyczne), rozmiary pęknięć skurczowych, rodzaje i rozmiary sęków itp. Jakość przemysłowa znakomicie nadaje się na elementy, które stanowią jedynie konstrukcję nośną, a przed oddaniem obiektu do użytkowania będą obudowane lub malowane. Często klasa ta jest stosowana również w obiektach przemysłowych, gdzie nie są stawiane wysokie wymagania wizualne, lecz jedynie wartość użytkowa

konstrukcji. Uwzględniając wszystkie powyższe wytyczne, należy również pamiętać, że drewno klejone warstwowo jest nadal drewnem, posiada pewne standardowe wady drewna jak sęki, drobne pęknięcia skurczowe, pewne dopuszczalne ilości sinizny itp.

Impregnacja i konserwacja

Najlepszą impregnacją dla drewna jest jego suszenie. Dzięki stosunkowo rygorystycznym przepisom tarcica przeznaczona do produkcji drewna klejonego warstwowo suszona jest do 12% (+/- 2%), co zabezpiecza przed działaniem czynników biologicznych. W krajach Europy Zachodniej oraz w Skandynawii unika się dodatkowej impregnacji chemicznej, gdyż przy zapewnieniu odpowiednich warunków użytkowania jest ona zbędna, a przyjęto tam założenie, iż stosowanie dodatkowej impregnacji może w dłuższym okresie użytkowania być szkodliwe dla człowieka, skoro jest szkodliwe dla owadów, insektów itp. Polskie przepisy nakładają jednak obowiązek dodatkowej impregnacji biologicznej, odbywa się ona najczęściej powierzchniowo na placu budowy po wykonaniu wszelkich niezbędnych obróbek drewna.

Powyższe informacje odnoszą się do drewna stosowanego wewnątrz budynków nienarażonego na wpływ warunków atmosferycznych. Jeżeli drewno podczas użytkowania będzie narażone na ich działanie, np. końce dźwigarów wystają poza obrys budynku tworząc okap, niezbędne jest zabezpieczenie drewna przed dostępem wody oraz dodatkową impregnacją przeciwko warunkom atmosferycznym. Należy tutaj nadmienić, że nawet lejąca się w sposób ciągły woda nie wpływa na jakość połączeń klejowych (są one w pełni odporne na wpływ warunków atmosferycznych), natomiast ma to bardzo znaczący wpływ na jakość wizualnej elementów drewnianych.

Zalety drewna klejonego

Odporność ogniowa

Zgodnie z wytycznymi ITB elementy z drewna klejonego warstwowo w pierwszym etapie klasyfikuje się następująco:

- SRO (słabo rozprzestrzeniające ogień) przy szerokości poniżej 12 cm,
- NRO (nierozprzestrzeniające ognia) przy szerokości od 12 cm lub poniżej 12 cm przy dodatkowej impregnacji środkiem ogniochronnym.

Odporność ogniową (R15, R30, R60) w drewnie klejonym uzyskuje się już na etapie projektowania poprzez odpowiednią analizę statyczną oraz dobór przekrojów. NIE UZYSKUJE SIĘ ODPORNOŚCI OGNIOWEJ POPRZECZ IMPREGNACJĘ CHEMICZNĄ. Drewno klejone warstwowo cechuje bardzo wysoka i stosunkowo łatwa do uzyskania odporność ogniowa, spełniająca bez problemów wymagania normowe zarówno dla obiektów przemysłowych, jak i użyteczności publicznej, i jest coraz częściej stosowane właśnie w takich obiektach. Zwęglona zewnętrzna powłoka stanowi ochronę dla części wewnętrznej (nośnej) elementów, czym zapewnia długotrwałą odporność na działanie ognia.

Trwałość

Drewno w przeciwieństwie do stali oraz żelbetu jest materiałem naturalnym, co czyni je odpornym na działanie środowisk agresywnych.





Rys. 1. Dźwigar prosty o stałym przekroju, tworzący dach jednospadowy. Maksymalna rozpiętość bez podpór pośrednich uzależniona od możliwości produkcyjnych i transportowych, nawet do ponad 50 m.



Rys. 2. Dźwigar prosty o zmiennym przekroju (typu „trapez”), tworzący dach jednospadowy przy zachowaniu poziomej dolnej krawędzi konstrukcji. Maksymalny spadek połaci ~5 stopni. Maksymalna rozpiętość bez podpór pośrednich nawet do ponad 50 m.



Rys. 3. Dźwigar prosty o zmiennym przekroju (typu „dwutrapez”), tworzący dach dwuspadowy przy zachowaniu poziomej dolnej krawędzi konstrukcji. Maksymalny spadek połaci ~5 stopni. Rozpiętości nawet do ponad 50 m.

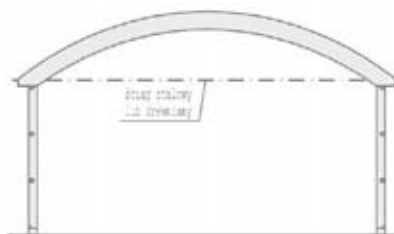


Rys. 4. Dźwigar prosty o zmiennym przekroju (typu „dwutrapez łukowy”), tworzący dach łukowy przy zachowaniu poziomej dolnej krawędzi konstrukcji. Rozpiętości nawet do ponad 50 m.

Dzięki temu znajduje szczególne zastosowanie przy budowie zadaszeń basenów, magazynów soli, nawozów itp. Wszelkie łączniki stalowe powinny być wykonywane ze stali ocynkowanej bądź nierdzewnej. Kleje stosowane do produkcji drewna kle-



Rys. 5. Dźwigar gięty o zmiennym przekroju (typu „bumerang”), tworzący dach dwuspadowy o zakrzywionej dolnej krawędzi konstrukcji. Maksymalny spadek połaci ~15 stopni. Rozpiętości nawet do ponad 50 m.



Rys. 6. Dźwigar gięty o stałym lub zmiennym przekroju ze ściągiem drewnianym, stalowym lub bez ściągu, tworzący dach łukowy.



Rys. 7. Dźwigar prosty o stałym lub zmiennym przekroju ze ściągiem drewnianym, stalowym lub bez ściągu, tworzący dach dwuspadowy.



Rys. 8. Dźwigar gięty o stałym lub zmiennym przekroju (typu „hokey”), tworzący dach dwuspadowy z zachowaniem łukowej formy wewnątrz budynku. Maksymalny spadek dachu praktycznie bez ograniczeń, dzięki układowi trójpregubowemu złożonemu z dwóch elementów możliwe do uzyskania olbrzymie rozpiętości.

jonego warstwowo są wypełni odporne na działanie wody oraz warunków atmosferycznych.

Plastyczność

Dzięki temu, że drewno klejone powstaje z cienkich, giętkich desek,

może być bardzo łatwo kształtowane w łuki, co nie jest tak łatwe ani tanie przy zastosowaniu innych materiałów. Dodatkowo przy projektowaniu pozornie prostoliniowych elementów (patrz rodzaje konstrukcji) można nadać im wstępną strzałkę ugięcia. Pozwala to projektować bardziej smukłe, delikatniejsze, a tym samym tańsze konstrukcje.

Estetyka

Drewno klejone sprawia dokładnie takie wrażenie jak drewno lite, czyli jest tak samo przyjazne, ciepłe, stwarza komfort psychiczny. Najczęściej drewno klejone występuje jako materiał konstrukcyjny, ale jednocześnie często pełni funkcję ozdobną oraz przyczynia się do pozytywnego odbioru wnętrza. To wszystko pozwala z powodzeniem stosować drewno klejone w obiektach takich jak: centra handlowe, salony samochodowe, hotele, obiekty sportowe oraz sakralne.

Ekonomia

Niski ciężar i cechy wytrzymałościowe drewna sprawiają, że możemy budować obiekty o dużych rozpiętościach bez podpór pośrednich, co zdecydowanie poprawia użyteczność każdego obiektu. Jego montaż jest łatwy i szybki. Lekkość konstrukcji daje także pośrednio wymierne oszczędności na innych elementach całej inwestycji. Z uwagi na małe siły przekazywane na ściany, słupy czy fundamenty projektowane wymiary tych elementów są znacznie mniejsze niż przy zastosowaniu konstrukcji stalowych czy żelbetowych, a lekkość całości pozwala często na posadawianie budynków przy niekorzystnych warunkach gruntowych. Jak wspomniano wcześniej, drewno klejone jest materiałem wysoce estetycznym, co pozwala na jego funkcjonowanie bez jakichkolwiek obudów oraz malowania.

Oszczędności ujawniają się również podczas eksploatacji obiektów, w których zastosowano konstrukcje z drewna klejonego warstwowo – nie wymaga ono żadnych bieżących konserwacji czy renowacji. Odpowiednio zaprojektowana i wykonana konstrukcja jest elementem długowiecznym w budynkach.

Rodzaje konstrukcji

W ostatnich latach obserwujemy znaczny wzrost zainteresowania inwestorów konstrukcyjnym drewnem

klejonym. Wynika to m.in. z szybkiego rosnącej wiedzy i świadomości architektów oraz konstruktorów w zakresie tego materiału budowlanego. Wpływ na to ma także wysoka i stosunkowo łatwa do uzyskania odporność ogniowa, rosnące ceny stali oraz wysoka wartość estetyczna konstrukcji. Konstrukcje tego typu bardzo często stosowane są w budynkach użyteczności publicznej, jak hale widowiskowo-sportowe, sale gimnastyczne, baseny sportowe, obiekty handlowe oraz biurowe. Oprócz ww. obiektów coraz powszechniej stosuje się drewno klejone również w obiektach przemysłowych, tutaj przy zastosowaniu jakości przemysłowej koszt staje się bardzo konkurencyjny w stosunku do innych technologii. W tekście przedstawiono rodzaje typowych konstrukcji dostępnych przy zastosowaniu drewna klejonego warstwowo. Jest to zbiór podstawowych możliwości, przy szczególnych wymaganiach paleta produktów jest znacznie szersza. Pokazane schematy mogą być stosowane jako całe obiekty w technologii drewna klejonego warstwowo, również często spotykane jest łączenie różnych technologii, np. słupy żelbetowe, a konstrukcja dachu drewniana.

Wskazane standardowe rodzaje konstrukcji pokazują jedynie niektóre możliwości kształtowania elementów z drewna klejonego warstwowo. Wszystkie je można modyfikować, łączyć i przeplatać w celu uzyskania optymalnego efektu. Dzięki swej plastyczności oraz całemu procesowi produkcji drewno klejone cechuje się praktycznie nieograniczonymi możliwościami kształtowania elementów.

Drewno klejone warstwowo jest materiałem bardzo uniwersalnym, ma szerokie i różnorodne zastosowania. Przy odpowiednim przygotowaniu oraz eksploatacji konstrukcje z tego drewna stanowią materiał bardzo trwały.

Konstrukcje z drewna klejonego przy zastosowaniu wewnątrz budynków doskonale sprawują się bez jakiegokolwiek impregnacji, natomiast w połączeniu z odpowiednimi środkami zabezpieczającymi z powodzeniem stosowane są również w konstrukcjach narażonych na bezpośrednie działanie warunków atmosferycznych. Dzięki odpowiedniemu przygotowaniu tarcicy możliwe jest łatwe kształtowanie łuków, owali i innych tego typu elementów,

co przy innych technologiach jest bardzo kłopotliwe. Drewno klejone charakteryzuje się również wysoką odpornością ogniową i z łatwością spełnia wymagania normowe stawiane większości obiektów. Drewno to pozwala także tworzyć wciąż nowe technologie, przykładem może być nowy system budowy domów HBE. Wszystkie te czynniki powodują, iż z pewnością warto rozważyć wykorzystanie tego stosunkowo „młodego” materiału budowlanego przy wznoszeniu wszelkiego rodzaju obiektów budowlanych.

**JAKUB PRZEPIÓRKA,
PRZEMYSŁAW ŻUROWSKI**

Literatura

1. PN-B-03150 Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie.
2. PN-EN 1194 Konstrukcje drewniane. Drewno klejone warstwowo. Klasy wytrzymałości i określenie wartości charakterystycznych.
3. PN-EN 1995-1-2 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych – Część 1-2: Odporność na działanie ognia.
4. H. Neuhaus, Budownictwo drewniane, podręcznik inżyniera, PWT Rzeszów 2006.
5. H. Zobel, T. Alkahafajl, Mosty drewniane, WKŁ, Warszawa 2006.

Katalog Inżyniera

Więcej informacji na temat konstrukcji z drewna klejonego znajdziesz w „KATALOGU INŻYNIERA Budownictwo Ogólne” oraz na stronie



www.kataloginzyniera.pl