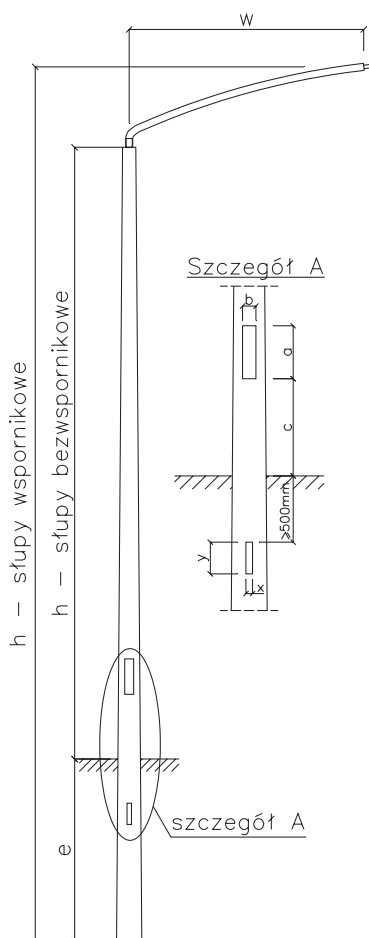


Słupy oświetleniowe z betonu

Dr inż. Jarosław Michałek, Politechnika Wrocławska

1. Wprowadzenie

W drugiej połowie ubiegłego wieku do oświetlenia ulic w Polsce stosowano powszechnie konstrukcje żelbetowe z betonu wibrowanego o przekroju ośmiokątnym (słupy typu WZ-9, WZ-11, OŻ-9 i OŻ-11) i trakcyjno-oświetleniowe (słupy typu DMS i TOŻ) [1]. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia zaczęto produkować strunobetonowe słupy oświetleniowe z betonu wirowanego oznaczone jako EO i EOC o długościach 9, 10,5 i 12 m [1], a od 2008 roku



Rys. 1. Podstawowe wymiary słupów oświetleniowych

słupy EOP o identycznych długościach. Uzupelnieniem typoszeregu słupów z betonu wirowanego są słupy trakcyjno-oświetleniowe typu ETO [1].

Przez wiele lat słupy oświetleniowe z betonu były wykonywane na podstawie indywidualnych opracowań dla konkretnych producentów i norm branżowych. Brakowało w kraju jednolitych przepisów regulujących projektowanie słupów oświetleniowych. Od 2002 roku rozpoczęto wprowadzanie do zbioru Polskich Norm serii norm EN [2÷10] określających wymagania ogólne dotyczące wymiarów i tolerancji wymiarowych, zasad projektowania i weryfikacji doświadczalnej słupów oświetleniowych z różnych materiałów – w tym również dla słupów z betonu zbrojonego i sprężonego [7]. Normy [2÷10] dotyczą słupów bezwspornikowych o wysokości do 20 m oraz słupów ze wspornikami o wysokości do 18 m.

2. Wymagania stawiane trzonem słupów oświetleniowych z betonu

Żerdzie z betonu (część pionowa słupa oświetleniowego) wykorzystywane są do realizacji słupów bezwspornikowych (w zasadzie

bezwysięgnikowych) i z wysięgnikami. Wysięgniki do słupów wspornikowych najczęściej wykonuje się w wersji stalowej. Słupy oświetleniowe z betonu jako elementy obciążone stosunkowo małymi siłami poziomymi (parcie wiatru na słup i latarnię z wysięgnikiem) mogą być osadzone bezpośrednio w gruncie w otworze wierconym bądź kopanym metodami tradycyjnymi na głębokość około $0,2L$ (L – długość całkowita żerdzi).

Zgodnie z normą [3] wysokość nominalna słupów bezwspornikowych h przyjmowana jest od poziomu terenu do wierzchołka trzonu słupa (rys.1), a dla słupów z wysięgnikami do miejsca połączenia z lampą. Długość wysięgnika w przyjmuje się jako odległość od osi słupa do punktu połączenia z lampą. Długości wysięgników w można przyjmować w szerokim zakresie od $w_{min} = 0,3$ m do $w_{max} = 4,5$ m (w module $0,25$ m dla $w = 0,5 ÷ 2,5$ m). Długość wysięgnika w nie powinna przekraczać $0,25h$. Norma [3] nie określa kształtu wysięgnika ani sposobu mocowania go do trzonu słupa.

Głębokość posadowienia słupów oświetleniowych powinna być skorelowana z odległościami wneki bezpiecznikowo-złączeniowej i szczelin wlotowych kabli względem

Tablica 1. Zalecane przez normę [3] głębokości posadowienia e słupów oświetleniowych z betonu

Wysokość nominalna powyżej terenu h [m]	Minimalna głębokość posadowienia e [m]
7,0 i 8,0	1,0 ÷ 1,5
9,0 i 10,0	1,2 ÷ 1,5
12,0	1,5 ÷ 2,0
14,0 ÷ 1,0	1,5 ÷ 2,5

Tablica 2. Wymiary a i b wneki bezpiecznikowo-złączeniowej

Wysokość wneki a [mm]	400	500	600	680	900
Szerokość wneki b [mm]	100	100 ÷ 120	115 ÷ 130	95 ÷ 130	13



Rys. 2. Przykłady uszkodzeń krawędzi oraz odstąpięte zbrojenie w obszarze wnęki bezpiecznikowo-złączeniowej

poziomu terenu, (punkt 4.3 normy [3]). Minimalna odległość od poziomu terenu do otworu wnęki bezpiecznikowo-złączeniowej powinna wynosić $c = 300$ mm (zalecana 600 mm) [3]. Odległość od poziomu terenu szczelin wlotowych kabli nie może być mniejsza niż 500 mm [3] (rys. 1). Głębokość posadowienia słupów e (rys. 1) może być dobierana spośród wartości podanych w tablicy 1 [3], w zależności od warunków gruntowych oraz wysokości nominalnej słupa h .

Słupy oświetleniowe należy osadzać w gruncie tak, aby skrzynka bezpiecznikowo-złączeniowa była po przeciwnej stronie do kierunku ruchu pojazdów [3]. Zaleca się, aby skrzynki bezpiecznikowo-złączeniowe nie miały ostro zakończonych krawędzi i zadziorów mogących powodować urazy dłoni monterów

instalacji elektrycznej. Wymiary a i b (rys. 1) typowych wnęk bezpiecznikowo-złączeniowych w słupach z betonu przyjmowane są głównie z uwagi na grubość ścianek przekroju słupa oraz fizyczną możliwość połączenia kabli zasilających do listwy złączeniowej (tab. 2 [2]). W słupach oświetleniowych z betonu wnęki bezpiecznikowo-złączeniowe kształtowane są przy użyciu specjalnych wkładek stalowych wyciąganych tuż po zabetonowaniu lub częściowym związaniu betonu. Taki sposób kształtowania wnęki powoduje często uszkodzenia krawędzi i odłupanie betonu oraz odstąpięcia prętów zbrojeniowych. Przykłady uszkodzonych krawędzi wnęk bezpiecznikowo-złączeniowych i zniszczone wyposażenie elektryczne zagrażające życiu ludzi pokazano na rysunku 2.

W chwili obecnej w słupach oświetleniowych z betonu wirowanego obudowa skrzynki bezpiecznikowo-złączeniowej wykonywana jest z tworzywa sztucznego (rys. 3). Obudowa ta oddziela listwę złączeniową od betonu i stanowi integralną część słupa (rys. 5b). Komora wnęki bezpiecznikowo-złączeniowej powinna mieć minimalne wymiary wewnętrzne (wysokość, szerokość i głębokość – rys. 1, tab. 2) niezbędne do osadzenia wyposażenia elektrycznego.

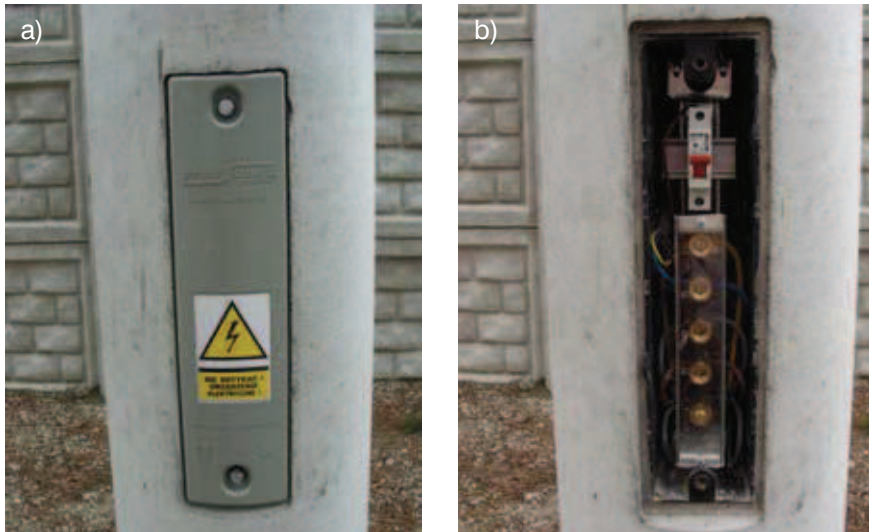
Wnęki bezpiecznikowo-złączeniowe słupów oświetleniowych muszą być przykryte szczelnymi pokrywami (najczęściej z tworzywa sztucznego – rys. 5a), które należy zabezpieczyć za pomocą specjalnego mechanizmu blokującego przed otwarciem przez osoby niepowołane. Pokrywy powinny



Rys. 3. Nieuzbrojona wnęka bezpiecznikowo-złączeniowa



Rys. 4. Szczelina wlotowa kabli



Rys. 5. Wnęka bezpiecznikowo-złączeniowa w słupach z betonu wirowanego: a) pokrywa wnętrza wykonana z tworzywa sztucznego, b) standardowe wyposażenie elektryczne wnętrza w listwę złączeniową, wyłącznik i bezpiecznik

odpowiadać kategorii ochrony IP 3X według norm [2, 4] przed dostępem ludzi do części elektrycznych, tzn. zapobiegać lub ograniczać przedostanie się części ciała ludzkiego lub przedmiotu trzymanego przez człowieka do wnętrza i równocześnie zapewnić ochronę wyposażenia przed przedostaniem się ciał obcych o średnicy powyżej 2,5 mm.

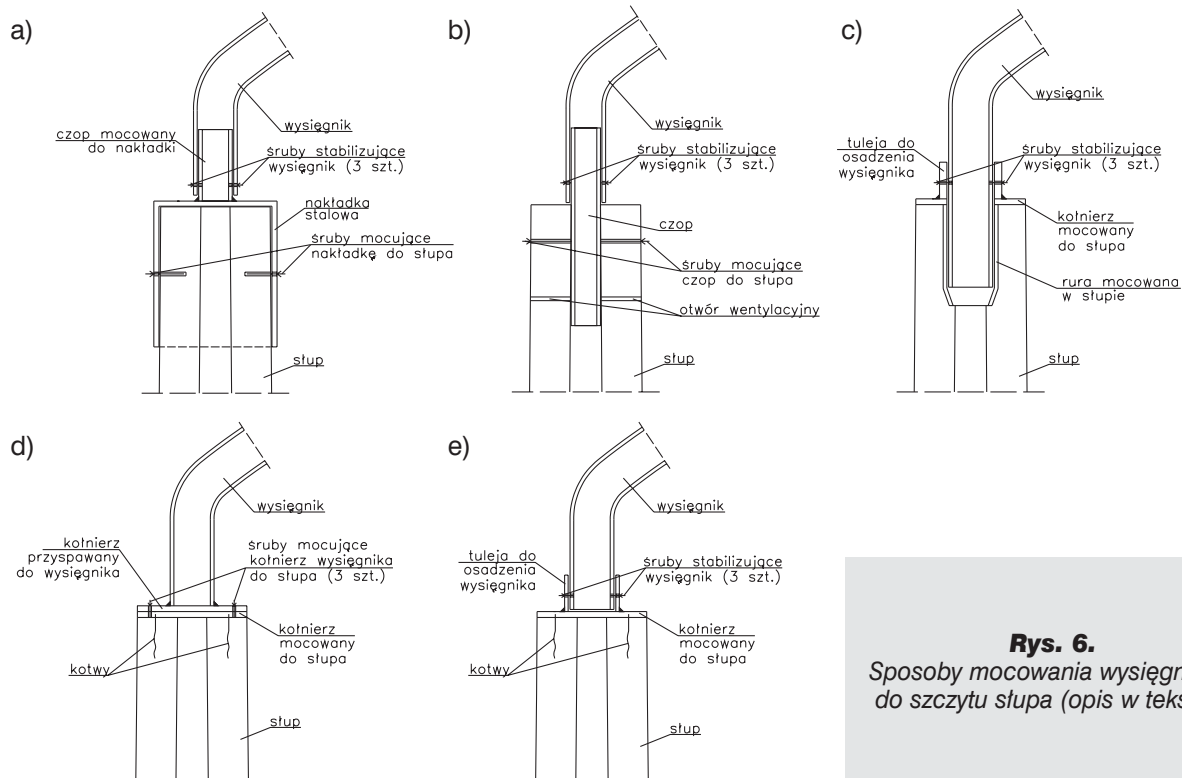
Kable zasilające wprowadzane są do wnętrza słupa przez szczeliny wlotowe (rys. 1, 4). Zalecana przez normę [3] wysokość szczeliny wlotowej wynosi $y = 150$ mm, a szerokość jest dostosowana do średnic kabli zasilających i może wynosić $x = 50, 60$ lub 75 mm (rys. 1). Trasa kablowa od szczeliny wlotowej kabli do komory wnętrza bezpiecznikowo-złączeniowej powin-

na mieć średnicę nie mniejszą niż 50 mm. Otwór podłużny wewnątrz słupa od komory wnętrza bezpiecznikowo-złączeniowej do obudowy lampy powinien mieć średnicę nie mniejszą niż 18 mm. Trasy kablowe wewnątrz słupa i szczeliny wlotowe kabli powinny być pozbawione nierówności oraz ostrych krawędzi i zadziorów mogących powodować uszkodzenia kabli i przewodów.

3. Wysięgniki latarni

Wysięgniki słupów oświetleniowych z betonu wykonywane są obecnie jako stalowe, jedno- lub wieloramienne o kącie i rozstawie ramion dostosowanym do potrzeb. Mocowanie wysięgników do szczytu słupa można wykonać na kilka różnych sposobów:

- wysięgnik nasadzany na stalową nakładkę zamocowaną do betonu słupa na klej bądź dociskane śrubami (rys. 6a),
- wysięgnik nasadzany na tuleję zamocowaną w szczycie słupa bądź wsadzany do jej wnętrza i stabilizowany na obwodzie śrubami (rys. 6b, c, e),
- wysięgnik przykręcany do wbe-



Rys. 6. Sposoby mocowania wysięgników do szczytu słupa (opis w tekście)

tonowanego podczas produkcji słupa kołnierza z otworami gwintowanymi (rys. 6d).

4. Trwałość słupów oświetleniowych z betonu

Zgodnie z wymaganiem normy [7] powierzchnia betonu słupa nie powinna wykazywać uszkodzeń, które mogłyby obniżyć projektowaną trwałość słupa. Norma [7] dopuszcza wady lub nieregularności powierzchni betonu ograniczone do średnicy poniżej 25 mm i głębokości do 5 mm pod warunkiem, że grubość otulenia stali nie będzie mniejsza od wartości minimalnej. Maksymalna szerokość rysy od skurczu betonu i temperatury w warstwie mleczka cementowego oraz rysy powstałej w wyniku oddziaływania obciążeń w różnych fazach pracy elementu nie powinna przekraczać 0,2 mm. Minimalny stopień zbrojenia poprzecznego słupów oświetleniowych z betonu powinien wynosić:

- w przypadku słupów o średnicy u podstawy równej lub większej niż 800 mm – 0,15% przekroju podłużnego betonu słupa,
 - w przypadku słupów o średnicy u podstawy mniejszej niż 400 mm – 0,05% przekroju podłużnego betonu,
 - w przypadku słupów o średnicy podstawy 400÷800 mm – interpolować między 0,05 a 0,15%.
- Trwałość żelbetowych i sprężonych słupów oświetleniowych narażo-

nych na bezpośrednie oddziaływanie agresywnych czynników zewnętrznych (rys. 7) zapewniona jest odpowiednią grubością otuliny betonowej zbrojenia. Beton zabezpieczający stal przed korozją charakteryzowany jest wartościami granicznymi opisującymi ilość i jakość składników (np. minimalna zawartość cementu, wskaźnik wodno-cementowy w/c i klasyfikowane kruszywo o niskiej nasiąkliwości) oraz minimalną wytrzymałością betonu na ściskanie i nasiąkliwością poniżej 5% [7, 12÷15]. Niżej przytoczono wymagania dotyczące betonu wirowanego (słupy oświetleniowe typu EO, EOC, EOP i ETO oraz ostatnio także słupy typu WZ i OŻ) zapewniającego w środowisku bezpośredniego oddziaływania czynników atmosferycznych (klasa ekspozycji środowiska XC4 i XF1 [12, 15]) projektowaną trwałość wynoszącą 30 lat (według [7, 13, 14]) albo 50 lat (według [12]).

W strunobetonowych słupach oświetleniowych wykonywanych z betonu wirowanego klasy \geq C40/50 o projektowanym okresie użytkowania nieprzekraczającym 30 lat minimalna grubość otuliny strun od zewnątrz powinna wynosić $c_{\min} = 20$ mm, a od wewnątrz kanału podłużnego minimum 15 mm [7, 14]. Wartości powyższe można stosować w prefabrykacjach z betonu poddawanych kontroli jakości zgodnie z kryteriami podanymi w rozdziale 6 normy [7]. Ze względu na konieczną trwałość słupów wirowanych w warunkach zamrażania / rozmrażania betonu (klasa ekspozycji XF1 dotycząca powierzchni pionowych narażonych na deszcz i zamarzanie [12, 15]), nasiąkliwość betonu nie powinna przekraczać 5%. Warunek ten nie jest zapisany w cytowanych wyżej normach [7, 14] dla 30-letniego okresu użytkowania żerdzi, ale wydaje się być bardzo istotny dla trwałości mrozonej betonu w naszych warunkach klimatycznych.

W wirowanych słupach oświetleniowych wykonanych z betonu klasy \geq C40/50 o nasiąkliwości do 5% minimalna grubość otuliny dla 50-letniego okresu użytkowania zgodnie z warunkami alternatywnymi punktu A.2 normy [13] wynosi:

- dla stali sprężającej (strun): $c_{\min} = 25$ mm (np. otulina nominalna $c_{\text{nom}} = 30^{+10}_{-5}$ mm),
- dla stali zwykłej (w tym spirala): $c_{\min} = 15$ mm (np. $c_{\text{nom}} = 20^{+10}_{-5}$ mm).

Obniżenie grubości minimalnej otuliny strun do $c_{\min} = 20$ mm w słupach wirowanych o projektowanym okresie użytkowania 50 lat jest możliwe, jeśli producent uzyska beton wirowany klasy \geq C50/60 o nasiąkliwości poniżej 4% (warunki alternatywne punktu A.2 normy [13]).

5. System oceny zgodności i znakowanie słupów

Atestację zgodności słupów oświetleniowych z betonu, z uwagi na wymagania podstawowe wska-



Rys. 7. Powierzchniowe uszkodzenie betonu słupa na styku z gruntem spowodowane oddziaływaniem agresywnego środowiska organicznego



Rys. 8. Przykład oznacznika słupa oświetleniowego EOP 10,5/2,5

zane w tablicy ZA.1 normy [7], należy przeprowadzić na podstawie procedury oceny zgodności wskazanej w tablicy ZA.3 normy [7]. Zharmonizowana specyfikacja techniczna [7] wskazuje system atestacji zgodności 1 (tab. ZA.2), który określa w tabeli ZA.3 normy zadania dla producenta i jednostki notyfikowanej przy ocenie zgodności słupów oświetleniowych. Do zadań producenta należy wprowadzenie zakładowej kontroli produkcji oraz wykonanie uzupełniających badań próbek pobranych w zakładzie produkcyjnym zgodnie z ustalonym planem. Do działań jednostki notyfikowanej należy natomiast dokonanie wstępnych badań typu, przeprowadzenie wstępnej inspekcji zakładu produkcyjnego i zakładowej kontroli produkcji oraz ciągły nadzór, ocena i akceptacja zakładowej kontroli produkcji.

Jeśli zostanie wykazana zgodność deklarowanych cech wyrobu z określonymi w normie [7], jednostka notyfikowana wyda certyfikat zgodności wyrobu, który upoważnia producenta do naniesienia oznakowania CE i wystawienia deklaracji zgodności. Deklarację zgodności oraz certyfikat zgodności wyrobu należy przygotować w oficjalnym języku lub językach kraju członkowskiego, w którym wyrób ma być stosowany. Oznakowanie CE wyrobu składa się ze znaku zgodności, zgodnie ze wzorem określonym w załączniku nr 2 do ustawy z 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych [16] i numeru identyfikacyjnego notyfikowanej jednostki certyfikującej (rys. 8). Oznakowaniu CE powinny towarzyszyć następujące dodatkowe informacje [17]:

- określenie, siedzibę i adres producenta oraz adres zakładu produkującego słup;
- określenie, siedzibę i adres upoważnionego przedstawiciela, jeżeli producent ma siedzibę poza państwem członkowskim Europejskiego Obszaru Gospodarczego;

- ostatnie dwie cyfry roku, w którym naniesiono oznakowanie CE;
- numer certyfikatu zgodności;
- rok produkcji i indywidualny kod wyrobu,
- numer specyfikacji technicznej [7],
- dane umożliwiające identyfikację cech i deklarowanych właściwości użytkowych słupa oświetleniowego,

jeżeli wynika to ze zharmonizowanej specyfikacji technicznej wyrobu.

Oznakowanie CE wraz z informacjami, o których mowa wyżej, umieszcza się w sposób widoczny, czytelny, niedający się usunąć, bezpośrednio na słupie, przez wytłoczenie, malowanie, trwałe ostemplowanie powierzchni betonu lub bezpieczne umocowanie etykiety [7]. Na słupie mogą być umieszczone inne oznakowania, jeżeli nie będą one ograniczać widoczności i czytelności oznakowania CE, a ich znaczenie i forma graficzna nie będą wprowadzać w błąd, że jest to oznakowanie CE. Na rysunkach ZA.1÷ZA.5 normy [7] przedstawiono przykładowe etykiety z oznakowaniem CE do umieszczania na wyrobie, zawierające minimalny zestaw informacji i powiązanie z dokumentem towarzyszącym, w którym podane są inne wymagane informacje.

6. Podsumowanie

Wprowadzenie zharmonizowanych specyfikacji technicznych [2÷10] dla słupów oświetleniowych uporządkowało rynek krajowy tych wyrobów pod względem wymagań użytkowych związanych z kształtowaniem wymiarów, wysięgników, wnęk bezpiecznikowo-złączeniowych, szczelin wlotowych oraz tras kablowych. Wymagania normowe kładą nacisk na trwałość konstrukcji, właściwości odnoszące się do nośności pod obciążeniem poziomym (wiatr) oraz właściwości przy uderzeniu pojazdu (bezpieczeństwo bierne). Normy nie ogra-

niczają kształtów słupów i wysięgników. Spełnienie wymagań zharmonizowanych specyfikacji technicznych [2÷10] oraz oznakowanie CE umożliwi producentom słupów oświetleniowych swobodny obrót handlowy ich wyrobami na rynku unijnym.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kubiak J., Łodo A., Michałek J., Słupy oświetleniowe z betonu wibrowanego i wirowanego. Budownictwo, Technologia, Architektura, X-XII 2006, s. 51-53
- [2] PN-EN 40-1:2002 Słupy oświetleniowe. Terminy i definicje
- [3] PN-EN 40-2:2005 (z aneksem Ap1:2006) Słupy oświetleniowe. Część 2: Wymagania ogólne i wymiary
- [4] PN-EN 40-3-1:2004 Słupy oświetleniowe. Część 3-1: Projektowanie i weryfikacja. Specyfikacja obciążeń charakterystycznych
- [5] PN-EN 40-3-2:2004 Słupy oświetleniowe. Część 3-2: Projektowanie i weryfikacja. Weryfikacja za pomocą badań
- [6] PN-EN 40-3-3:2004 Słupy oświetleniowe. Część 3-3: Projektowanie i weryfikacja. Weryfikacja za pomocą obliczeń
- [7] PN-EN 40-4:2008 Słupy oświetleniowe. Część 4: Wymagania dotyczące słupów oświetleniowych z betonu zbrojonego i sprężonego
- [8] PN-EN 40-5:2004 Słupy oświetleniowe. Część 5: Słupy oświetleniowe stalowe. Wymagania
- [9] PN-EN 40-6:2004 Słupy oświetleniowe. Część 6: Słupy oświetleniowe aluminiowe. Wymagania
- [10] PN-EN 40-7:2004 Słupy oświetleniowe. Część 7: Słupy oświetleniowe z kompozytów polimerowych wzmocnionych włóknem szklanym. Wymagania
- [11] PN-EN 60529:2003 Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP)
- [12] PN-EN 1992-1-1:2008. Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [13] PN-EN 13369:2005 (z aneksami A1:2008 i AC:2008). Wspólne wymagania dla prefabrykatów z betonu
- [14] PN-EN 12843:2008. Prefabrykaty betonowe. Maszty i słupy
- [15] PN-EN 206-1:2003 (z aneksami Ap1:2004, A1:2005 i A2:2006). Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
- [16] Dz. U. z 2004 r. Nr 92, poz. 881 Ustawa o wyrobach budowlanych (z późniejszymi zmianami)
- [17] Dz. U. z 2004 r. Nr 195, poz. 2011 Rozporządzenie ministra infrastruktury z 11 sierpnia 2004 r. w sprawie systemów oceny zgodności, wymagań, jakie powinny spełniać notyfikowane jednostki uczestniczące w ocenie zgodności oraz sposobu oznaczania wyrobów budowlanych oznakowaniem CE