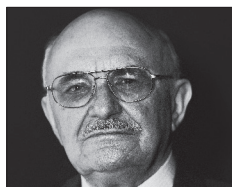


Podwyższone wymagania przy projektowaniu i wykonywaniu obiektów energetycznych



prof. dr hab. inż.
LEONARD RUNKIEWICZ
Instytut Techniki Budowlanej
Politechnika Warszawska
ORCID: 0000-0002-2844-4725



mgr inż.
JAN SIECZKOWSKI
Instytut Techniki Budowlanej
ORCID: 0000-0002-3191-8602

W referacie przedstawiono wymagania prawne dotyczące projektowania i wykonywania obiektów energetycznych, a także wyniki analiz wieloletnich zbiorów danych o awariach i katastrofach budowlanych.

Rozwój społeczeństwa nierozzerwalnie związany jest ze zwiększaniem zapotrzebowania na energię, co z kolei wymaga realizacji nowych inwestycji lub modernizacji obiektów już istniejących. Niestety inwestycje związane z energetyką są z reguły długotrwałe i kosztowne. W związku z tym przy ich projektowaniu poszukuje się rozwiązań innowacyjnych, które zaowocują zwiększoną wydajnością, oszczędnością kosztów, wzrostem bezpieczeństwa, trwałością itp. Rozwiązania innowacyjne mogą być wprowadzane na każdym etapie inwestycji, a także dotyczyć innowacyjnych:

- materiałów, wyrobów i usług;
- sposobów realizacji;
- technologii (postęp naukowy i technologiczny);
- organizacji.

Należy jednak pamiętać, że wdrażanie innowacji jest działalnością gospodarczą efektywną, zazwyczaj wymuszaną przez konkurencję, ale przy tym obciążoną wysokim stopniem ryzyka i często napotykaną na trudności, gdyż łatwiej jest stosować rozwiązania i wyroby znane niż nowe.

W działalności budowlanej innowacje obejmują głównie rozwiązania konstrukcyjne, technologiczne oraz organizacyjne. Są wprowadzane do praktyki i regulowane przepisami krajowymi.

Projekty budowlane zarówno nowych obiektów energetycznych, jak i przebudowywanych, rozbudowywanych czy modernizowanych powinny być przygotowywane ze szczególną starannością, gdyż jak powszechnie wiadomo, jak projekty są lepsze, to jest mniej poprawek i uzupełnień dokumentacji już na etapie realizacji inwestycji.

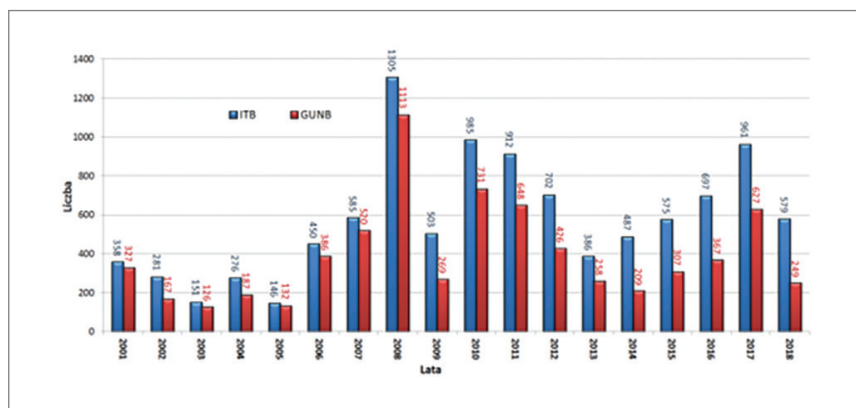
Aby projekty były dobrze opracowane, wymagają również sprawdzania i weryfikacji przez osoby do tego uprawnione. Jest to szczególnie istotne przy opracowywaniu dużych obiektów, gdzie w czasie prac projektowych może dochodzić do wymiany (częściowej lub całkowitej) zespołu projektowego. Zagadnienia związane z taką sytuacją opisano w literaturze, np. w [1].

Zapewnienie wymaganego poziomu właściwości użytkowych energetycznych obiektów budowlanych przez cały okres ich istnienia można osiągnąć przez stosowanie odpowiednich działań kontrolnych. Działania te powinny być prowadzone na każdym etapie „życia” obiektów. Opis metod i procedur kontroli stanowi przedmiot normy PN-ISO 15686-3 [2]. Szczególną uwagę powinno się zwracać na działania kontrolne, określane w normie jako przeglądy (sprawdzenia przeprowadzane w ramach jednostki wykonującej dany etap przedsięwzięcia) i audyty (weryfikacja

przeprowadzane przez stronę trzecią) na etapie założeń wstępnych (uwarunkowań) przedsięwzięcia, projektu wstępnego i wykonawczego. Ma to związek z faktem, że na tych początkowych etapach podejmowane są decyzje dalekosiężne, które wpływają na kształt obiektu, technikę wznoszenia, eksploatację, a także na sposób postępowania pod koniec ich istnienia. Przeprowadzenie działań sprawdzających daje możliwość powrotu do etapów wcześniejszych i naprawy występujących uchybień.

Charakterystyka obiektów energetycznych

Obiekty energetyczne są na ogół budowlami o znacznej kubaturze i skomplikowanej konstrukcji. Są to najczęściej duże zespoły obiektów pracujących w sposób ciągły, podlegające często obciążeniom dynamicznym i nietypowym, różnorodnym warunkom korozyjnym. Wymagają przy tym dużej niezawod-



Rys. 1. Histogram awarii i katastrof na podstawie danych ITB oraz katastrof wg rejestru GUNB (lata 2001–2018)

ności konstrukcji zarówno całych obiektów, jak i elementów składowych.

Do konstrukcji energetycznych i ich elementów podlegających szczególnej uwadze najczęściej należą posadowienia płytke, blokowe i ramowe oraz głębokie na palach, ke-sonach, baretach itp., jak również szkielety obudów generatorów (taśmociągi) i innych urządzeń mechanicznych, duże hale, często o nietypowych kształtach, o konstrukcjach stalowych i żelbetowych, a także chłodnie, zbiorniki, silosy, wieże wiatrowe, linie energetyczne itp.

Wymagania prawne dotyczące projektowania i wykonywania

Krajowe regulacje dotyczące projektowania i wznoszenia obiektów związanych z energią zawarte są w przepisach krajowych, do których zalicza się:

- ustawy i rozporządzenia;
- Polskie Normy, oceny techniczne, warunki techniczne wykonania i odbioru.

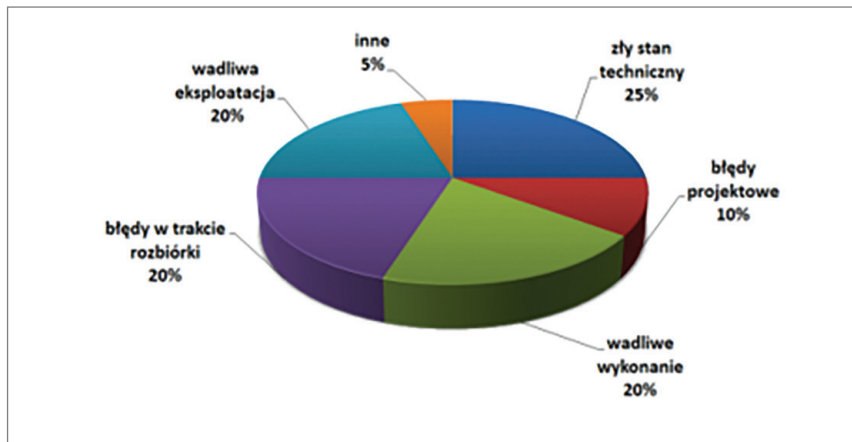
Energetyczne obiekty budowlane powinny być, zgodnie z ustawą Prawo budowlane [4], projektowane i budowane w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, zapewniając spełnienie wymagań podstawowych w sposób zgodny z ich przeznaczeniem i wymaganiami ochrony środowiska. Obiekty te powinny w szczególności:

- zapewniać bezpieczeństwo konstrukcji, bezpieczeństwo pożarowe i bezpieczeństwo użytkownika;
- mieć odpowiednią trwałość i niezawodność;
- być ekonomiczne w zużyciu materiałów i energii;
- spełniać wymagania akustyczne, higieniczne i zdrowotne oraz ochrony środowiska;
- zapewniać zrównoważony rozwój gospodarki narodowej.

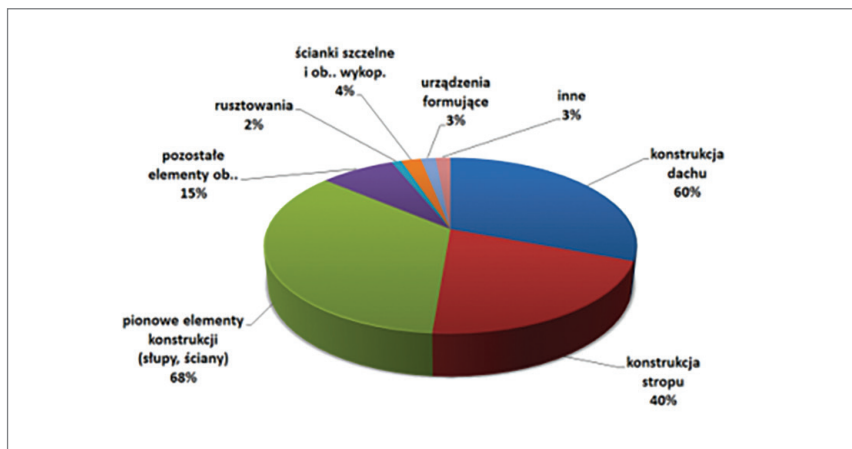
Norma PN-EN 1990 [3] zaleca, aby w celu wykonania konstrukcji odpowiadającej wymaganiom i założeniom przyjętym w projekcie podjąć odpowiednie środki zarządcze jakością, do których zaliczają się również kontrole w stadium projektowania, wykonania i utrzymania. Kontrole te zależą od klas niezawodności RC, uwzględniających zróżnicowane wartości współczynników obciążenia, stosowanych w kombinacjach podstawowych lub stałych [5].

Wprowadzono trzy klasy niezawodności (RC) projektowanej konstrukcji, które powiązane są z klasami konsekwencji zniszczenia lub nieprawidłowego funkcjonowania (CC). Każdej klasie RC przypisano wartość współczynnika β stosowanego w analizie niezawodności.

Przy wyborze klasy niezawodności dla poszczególnych obiektów budowlanych zaleca się uwzględnianie istotnych czynników obejmujących:



Rys. 2. Awarie i katastrofy budowlane w 2018 r. niewynikające ze zdarzeń losowych, (w %)¹



Rys. 3. Rodzaje elementów budowlanych objętych awariami lub zniszczeniami w 2018 r.

- możliwe przyczyny stanów granicznych i/lub ich postacie;
- możliwe konsekwencje zniszczenia, takie jak: zagrożenie życia, szkody, zranienia, potencjalne straty materialne;
- reakcje społeczne na zaistnienie zniszczenia;
- koszty i procedury oraz postępowanie niezbędne z uwagi na ograniczenie ryzyka zniszczenia.

Przyjęcie odpowiedniej klasy niezawodności wiąże się także z określonym poziomem nadzoru przy projektowaniu (DSL) i poziomem inspekcji w trakcie wykonania robót (IL) [3].

Zaleca się trzy poziomy nadzoru nad projektowaniem, w zależności od przyjęcia określonej klasy niezawodności konstrukcji lub obiektu. Są to:

- nadzór normalny (DSL1), w którym sprawdzanie projektu dokonywane jest przez autora projektu – nadzór ten odniesiony jest do klasy niezawodności RC1;
- nadzór normalny (DSL2), w którym sprawdzanie projektu dokonywane jest w ramach jednostki projektowej zgodnie z jej procedurami, ale nie przez autora projektu – nadzór ten odniesiony jest do klasy niezawodności RC2;

- nadzór zaostrzony (DSL3), w którym sprawdzanie projektu dokonywane jest przez stronę trzecią – nadzór ten odniesiony jest do klasy niezawodności RC3.

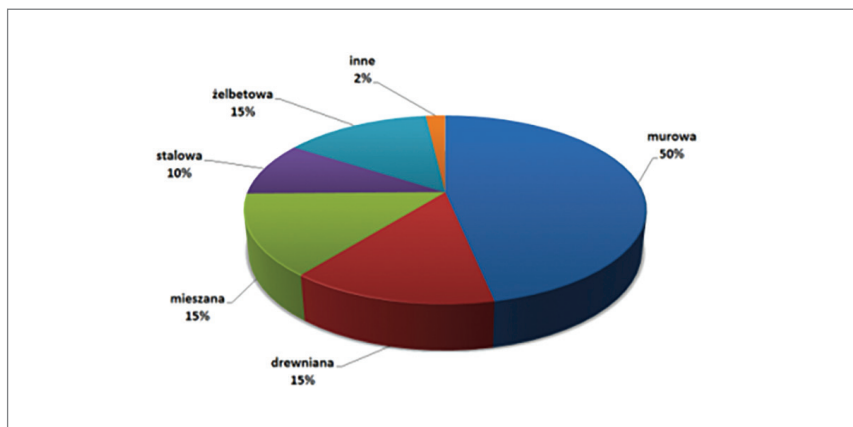
Nadzór zaostrzony nad projektem, jak również inspekcja zaostrzona wykonania obiektu, powinny być wykonywane przez stronę trzecią. Pojęcie strony trzeciej, tj. niezależnej od zlecającego i wykonującego określone roboty budowlane, jest jasne i jednoznaczne w przypadku małych obiektów budowlanych. Stroną trzecią nie może być tutaj jednostka zaangażowana w opracowanie dokumentacji podlegającej sprawdzaniu, a więc na pewno nie może to być np. podwykonawca jednostki realizującej projekt. Można zatem stwierdzić, że wówczas, gdy jednostka projektowa sprawdzająca projekt nie brała wcześniej udziału w opracowaniu sprawdzanej dokumentacji, może ona być taką stroną trzecią w rozumieniu normy [3].

Poziomy inspekcji podczas wykonywania robót, powiązane z klasami niezawodności konstrukcji lub budynku, podano za [3] w tablicy 1.

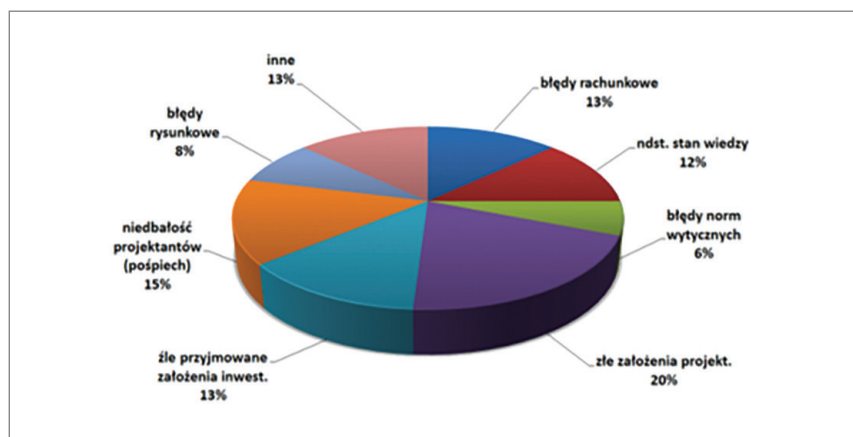
¹Na rysunkach suma procentów może być mniejsza, ze względu na nieujęcie wszystkich rodzajów przypadków, lub może być większa od 100, ze względu na rozległy charakter awarii lub katastrof obejmujący kilka typów technologii lub elementów.

Tablica 1. Poziomy inspekcji (IL)

Poziomy inspekcji	Charakterystyka	Wymagania
IL3 odniesiony do RC3	inspekcja zastrzona	inspekcja przez stronę trzecią
IL2 odniesiony do RC2	inspekcja normalna	inspekcja z procedurami jednostki wykonawczej
IL1 odniesiony do RC1	inspekcja normalna	autoinspekcja



Rys. 4. Konstrukcje obiektów budowlanych, które uległy awariom i katastrofom w 2018 r. ze względu na rodzaj materiału (w %)



Rys. 5. Przyczyny błędów projektowych wpływających na występowania awarii i katastrof budowlanych w latach 1962–2018

Większość budynków i budowli energetycznych zalicza się do klas niezawodności RC2 i RC3 oraz w czasie projektowania do poziomu nadzoru nad projektowaniem DSL2 i DSL3, a podczas realizacji – do poziomu inspekcji IL2 i IL3.

Zagrożenia (awarie i katastrofy) obiektów energetycznych

Jednym z elementów przyspieszenia inwestycji i ograniczenia jej kosztów jest wysoka jakość dokumentacji projektowej. Błędy oraz pomyłki występujące w projektach mogą być powodem awarii lub katastrof budowlanych. Analizę przyczyn awarii i katastrof budowlanych, jakie miały miejsce w latach 1962–2018 (ponad 9 tys. przypadków) podano w pracy [6], gdzie określono procentowy udział poszczególnych

rodzajów budowli oraz czynników wywołujących te zagrożenia. Przykładowo: nieprawidłowo przyjęte założenia inwestycyjne i założenia projektowe były przyczyną ok. 30% awarii oraz katastrof istniejących obiektów. Zagrożenia będące wynikiem niewłaściwego projektowania dotyczyły zarówno obiektów energetycznych nowych, jak i modernizowanych, nadbudowywanych, remontowanych oraz wzmacnianych, a także przyjmowania nieprawidłowych obciążeń i schematów statycznych konstrukcji. Przypadki te bardzo często występują przy nietypowych obiektach energetycznych.

Na rys. 1. przedstawiono łączną liczbę zagrożeń (awarii i katastrof), jakie miały miejsce w poszczególnych latach, według danych ITB (uwzględniających również dane zespołu rzeczoznawców PZITB i Izb Inżynierów Budow-

nictwa), z zaznaczeniem liczby zgłoszeń do rejestru katastrof Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego (GUNB).

Na rysunku tym widoczny jest wyraźny wzrost liczby awarii i katastrof budowlanych, poczynając od roku 2008. Przyczyn tego wzrostu można upatrywać w obserwowanym w tym okresie zwiększeniu się liczby huraganów i występujących intensywnych oraz gwałtownych opadach atmosferycznych, które w wielu przypadkach powodowały uszkodzenia, a często i zawałenia się szczególnie wyeksploatowanych obiektów budowlanych lub ich fragmentów. Charakterystykę oddziaływania wiatru na obiekty budowlane i związane z tym rodzaje uszkodzeń oraz zniszczeń przedstawiono w [7], gdzie również podano zalecenia, których zastosowanie może przyczynić się do ograniczenia szkód wyrządzanych przez wiatr.

Szczególnie istotne jest też prawidłowe określenie warunków gruntowych i obciążeń, w tym obciążeń środowiskowych. Nawet niewielkie uchybienia w tym zakresie mogą prowadzić do wystąpienia awarii, których skutki mogą być odczuwalne na dużych obszarach kraju. Przykładem takiej awarii mogą być zniszczenia słupów elektroenergetycznych spowodowane wystąpieniem szadzi i wiatru działającego na przewody [8].

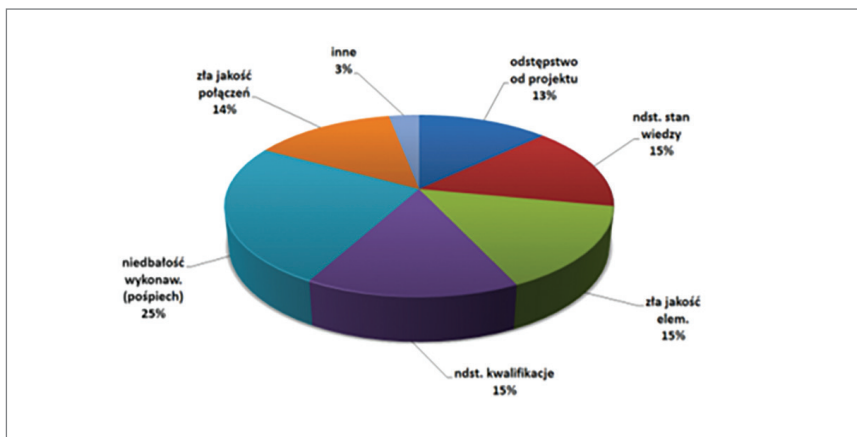
Do obiektów energetycznych, które ulegały awariom i katastrofom, oprócz linii energetycznych należały chłodnie, zbiorniki, wieże wiatrowe, fundamenty, kominy, hale bloków energetycznych oraz silosy. W szacunkowej ocenie eksperckiej stanowiły one ok. 20% wszystkich zagrożeń.

Przyczyny i rodzaje obiektów, w których wystąpiły awarie i katastrofy budowlane w roku 2018, pokazano na rys. 2–4., a z ok. 70 lat (1962–2018) – na rys. 5–7.

Najwięcej awarii i katastrof wystąpiło w obiektach o złym stanie technicznym, wadliwie wykonanych i eksploatowanych oraz w trakcie rozbiórek. Dotyczyły one elementów pionowych, a następnie konstrukcji dachów i stropów, a także obiektów o konstrukcji muraowej, mieszanej, żelbetowej, drewnianej i stalowej.

Z wieloletniej analizy wynika, że do najczęstszych przyczyn błędów projektowych powodujących wystąpienia awarii i katastrof należało przyjęcie nieprawidłowych założeń inwestycyjnych, niedbałość projektantów (pośpiech), niedostateczny stan wiedzy, błędy rachunkowe i inne (rys. 5).

Natomiast do najczęstszych przyczyn złego wykonawstwa należały: niedbałość wykonawców (pośpiech), odstępstwa od projektów oraz niedostateczny stan wiedzy i niedostateczne kwalifikacje wykonawców, a także zła jakość połączeń elementów. Błędy te wynikały często z przyczyn organizacyjno-finansowych (np. złych przetargów) w procesie inwestycyjnym (rys. 6.).



Rys. 6. Przyczyny złego wykonawstwa wpływającego na powstawanie awarii i katastrof budowlanych w latach 1962–2018

Podsumowanie i wnioski

Projektowanie i wykonywanie energetycznych obiektów budowlanych zaliczają się do procesów trudnych, odpowiedzialnych i z reguły powinny być realizowane wg polskich norm, w tym Eurokodów, tj. grupy norm europejskich (EN) dotyczących projektowania i wykonywania konstrukcji budowlanych, a także warunków technicznych wykonania oraz odbioru budowli energetycznych.

Informacje o awariach i katastrofach obiektów budowlanych, w tym energetycznych, gromadzone między innymi w Polsce od 1962 r. [6], pozwalają na sformułowanie ogólnych wniosków dotyczących charakteru i przyczyn ich powstawania. Wnioski te mogą być wykorzystywane zarówno przy tworzeniu przepisów, zaleceń projektowych i wykonawczych, jak również do doskonalenia technik projektowania oraz realizacji energetycznych obiektów budowlanych.

Wymagane niezawodności konstrukcji obiektów energetycznych zapewnia się, projektując je zgodnie z odpowiednimi Eurokodami, stosującymi koncepcję stanów granicznych w połączeniu z metodą współczynników częściowych. Oznacza to, że każda konstrukcja obiektu powinna spełniać zarówno stany graniczne nośności, jak i również stany graniczne użyteczności, a także wymagania podstawowe określone przez ustawę Prawo budowlane i wynikające z niej rozporządzenia.

Literatura

- [1] Runkiewicz L., Sieczkowski J., Wpływ jakości dokumentacji projektowej na prawidłowość realizacji obiektów budowlanych w energetyce. Konferencja pt. Budownictwo w Energetyce. Szklarska Poręba, maj 2016.
- [2] PN-ISO 15686-3 Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 3: Audyty i przeglądy właściwości użytkowych.
- [3] PN-EN 1990 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji.
- [4] Ustawa Prawo budowlane.
- [5] Runkiewicz L., Lewiński P., Monitorowanie żelbetonowych zbiorników i silosów po wzmocnieniu. Materiały z XIII Konferencji Naukowo-Technicznej pt. Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego, Kielce-Cedzyna 2014.
- [6] Runkiewicz L., Raporty na temat zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych za lata 1962–2019. „Prace naukowo-badawcze” ITB, NK-45, Biblioteka ITB.
- [7] Żurański J.A., Gaczek M., Fiszler S., Sposoby ograniczania

szkód wyrządzonych przez wiatr. Materiały z XXV Konferencji Naukowo-Technicznej, pt. Awarie budowlane, Szczecin – Międzyzdroje 2011.

[8] Ajdukiewicz A., Szojda L., Zagrożenia i zabezpieczenia słupów elektroenergetycznych linii przesyłowych w warunkach deformacji podłoża. XXIV Konferencja Naukowo-Techniczna „Awarie budowlane” Szczecin – Międzyzdroje 2009.

DOI: 10.5604/01.3001.0013.9714

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Runkiewicz Leonard, Sieczkowski Jan, 2020, Podwyższone wymagania przy projektowaniu i wykonywaniu obiektów energetycznych, „Builder” 04 (273). DOI: 10.5604/01.3001.0013.9714

Streszczenie: W referacie przedstawiono wymagania prawne dotyczące projektowania i wykonywania obiektów energetycznych, a także wyniki analiz wieloletnich zbiorów danych o awariach i katastrofach budowlanych.
Słowa kluczowe: obiekty energetyczne, wymagania projektowe, wymagania wykonawcze, awarie budowlane, katastrofa budowlana

Abstract: The paper presents legal requirements for the design and construction of power facilities, as well as the results of analyses of long-term data sets on construction accidents and disasters.

Keywords: power facilities, design requirements, performance requirements, building failures, construction disaster