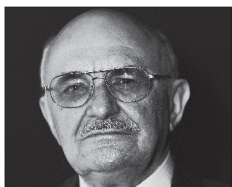


Najważniejsze problemy poprawy projektowania elementów i obiektów budowlanych



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

Informacje o zagrożeniach i awariach konstrukcji budowlanych są cennym źródłem wiedzy o kondycji obiektów budowlanych oraz jakości stosowanych rozwiązań, a także potrzebie unikania błędów.

Analizy uszkodzeń, zagrożeń bezpieczeństwa i awarii konstrukcji budowlanych prowadzone są od dawna w wielu krajach. Wnioski z tych prac służą do doskonalenia technik oraz technologii programowania, projektowania, realizacji, użytkowania, ubezpieczenia, a także wyceny obiektów budowlanych. Służą również do ulepszenia i nowelizacji przepisów technicznych, norm projektowania, wytycznych, instrukcji wykonywania czy odbioru obiektów budowlanych. Przydatne są także do uzupełniania wiedzy technicznej, podnoszenia kwalifikacji zawodowych oraz organizacyjnych projektantów, wykonawców, użytkowników, rzeczoznawców, a także zakresu oraz form ubezpieczenia działalności budowlanej i doskonalenia sposobów eksploatacji oraz metod wyceny obiektów budowlanych.

Prace dotyczące zagrożeń, uszkodzeń, awarii obiektów budowlanych prowadzone są w różnych krajach i przez wiele organizacji międzynarodowych. Do prac tych zaliczają się m.in.:

- monitoring patologii w budownictwie;
- naukowo-techniczne konferencje i sympozja krajowe oraz międzynarodowe;
- prace krajowych i międzynarodowych komisji specjalistycznych;
- wydawnictwa zwarte naukowo-techniczne o zasięgu krajowym i międzynarodowym;
- artykuły w prasie naukowo-technicznej krajowej i zagranicznej;
- specjalistyczne, periodyczne wydawnictwa na temat uszkodzeń i awarii budowlanych.

W Polsce problem zagrożeń bezpieczeństwa i awarii obiektów budowlanych jest przedmiotem:

- corocznych (od 1962 r.) analiz zagrożeń i awarii obiektów budowlanych;
- wydawnictw książkowych na temat błędów oraz awarii konstrukcji betonowych, murowych, stalowych, mieszanych;
- konferencji naukowo-technicznych obejmujących wybrane zagadnienia zagrożeń, uszkodzeń, awarii, katastrof budowlanych;
- sympozjów oraz konferencji specjalistycznych, np. *Badanie przyczyn i zapobieganie awariom konstrukcji budowlanych*, *Awarie budowlane*, *KONTRA*, *Problemy rzeczoznawstwa budowlanego*, *Warsztat pracy projektanta konstrukcji*;
- artykułów i publikacji w prasie technicznej dotyczących różnych przypadków stanów zagrożenia, uszkodzeń, awarii konstrukcji budowlanych;

- zarządzeń oraz raportów organizacji naukowo-technicznych, a także władz administracyjnych i normalizacyjnych;
- szkoleń studentów wyższych szkół technicznych i podobnych o profilu budowlanym;
- podnoszenia kwalifikacji przez inżynierów, projektantów, wykonawców, właścicieli, użytkowników oraz menadżerów budowlanych;
- szkoleń nadzoru budowlanego.

Badania statystyczne

Ogólną liczbę awarii i katastrof budowlanych ustalano na podstawie danych Instytutu Techniki Budowlanej (ITB), rejestru katastrof prowadzonego w Głównym Urzędzie Nadzoru Budowlanego (GUNB) oraz w PZITB i PIIB, a także w organizacjach zrzeszających rzeczoznawców budowlanych.

Wieloletnie analizy zgromadzonych danych dotyczących zagrożeń bezpieczeństwa obiektów budowlanych wskazują, że przyczynami ich wystąpienia były w poszczególnych latach:

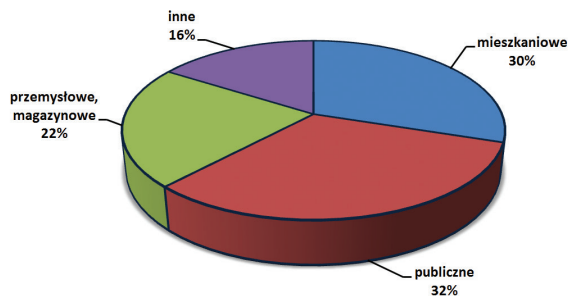
- zły stan techniczny – od 20 do 30%,
- błędy projektowe – od 12 do 25%,
- wadliwe wykonanie – od 18 do 30%,
- błędy w trakcie rozbiórki – od 10 do 22%,
- wadliwa eksploatacja – od 17 do 25%.

Zatem błędy projektowe wpływały średnio na ok. 20% zagrożeń oraz awarii obiektów budowlanych. Dotyczyły zarówno ich stanów technicznych na różnym etapie życia obiektu, jak i rozbiórek, a nawet wykonawstwa.

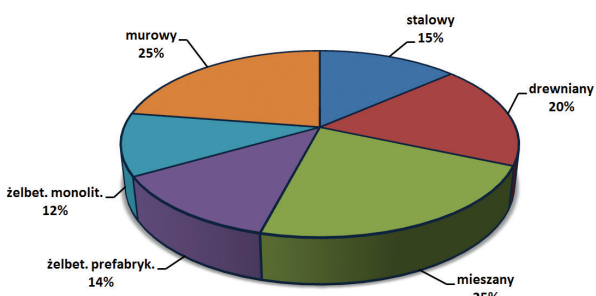
Zestawienie zagrożeń, awarii i katastrof za lata 1962–2019

Szacunkowe zestawienia wyników analiz zagrożeń, awarii i katastrof, jakie wystąpiły w latach 1962–2019 (średnio ok. 300 w roku), przedstawiono na rys. 1–7. Wyniki te zestawiono w zależności od charakteru obiektów, rodzaju uszkodzeń lub zniszczeń, rodzaju materiałów oraz przyczyn projektowych, wykonawczych i eksploatacyjnych ich powstania.

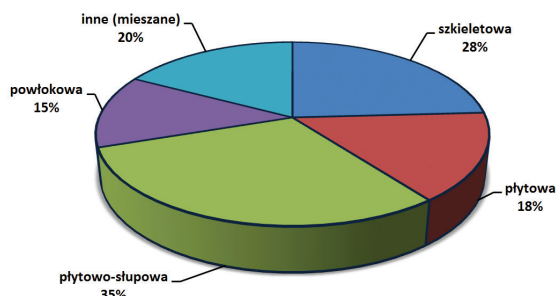
Najwięcej zagrożeń, awarii, katastrof występowało w budownictwie mieszkaniowym oraz ogólnym (publicznym), a następnie w budownictwie przemysłowym, magazynowym, logistycznym i innym (rys. 1.).



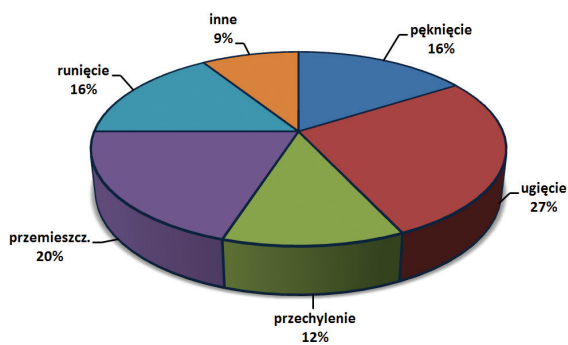
Rys. 1. Udział procentowy zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2019 według podziału na rodzaje budownictwa¹



Rys. 2. Udział procentowy zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2019 według podziału na technologie wykonanych obiektów

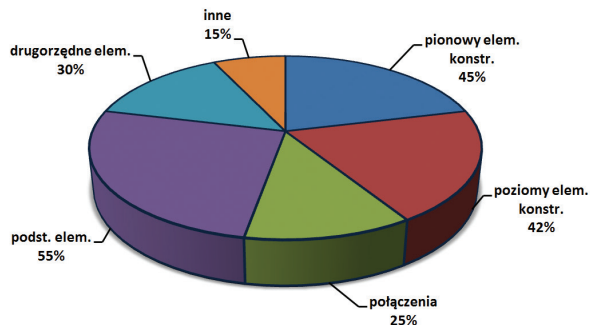


Rys. 3. Udział procentowy zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2019 według podziału na typy konstrukcji budowlanych



Rys. 4. Udział procentowy zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2019 ze względu na rodzaje uszkodzeń lub zniszczeń konstrukcji

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



Rys. 5. Udział procentowy zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2019 według podziału na rodzaje uszkodzonych elementów oraz ze względu na ich funkcje w konstrukcji

Najwięcej przypadków zagrożeń, awarii, katastrof z uwagi na rodzaj materiału konstrukcji dotyczyło obiektów mieszanych i murowych, a następnie drewnianych, żelbetonowych oraz stalowych (prefabrykowanych lub monolitycznych) (rys. 2.). Przypadki te najczęściej dotyczyły ścian, słupów, stropów i dachów.

Ze względu na typ konstrukcji najczęściej zagrożeń, awarii oraz katastrof wystąpiło w budownictwie o konstrukcji płytowo-słupowej i szkieletowej, a następnie płytowej, powłokowej i innej (mieszanej) – rys. 3.

Uszkodzenia, awarie i katastrofy najczęściej występowały w postaci ugięć, przemieszczeń oraz pęknięć elementów, przechyleń, a następnie runięć elementów lub obiektów (rys. 4.).

Najwięcej zagrożeń, awarii, katastrof dotyczyło elementów pionowych, a następnie elementów poziomych i połączeń. W większości były to elementy podstawowe, a około połowę mniej – elementy drugorzędne (rys. 5.).

Zagrożenia, awarie, katastrofy wystąpiły głównie w obiektach wykonanych z elementów drobnowymiarowych, żelbetonowych i betonowych, a także drewnianych oraz stalowych (rys. 6.). Były to ściany, stropy, dachy, mury, słupy itp.

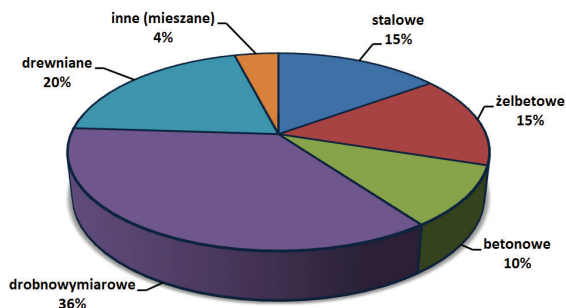
Do najczęstszych przyczyn błędów projektowych zagrożeń, awarii i katastrof należało przyjmowanie nieprawidłowych założeń inwestycyjnych, niedbałość projektantów (pośpiech), niedostateczny stan wiedzy, błędy rachunkowe oraz inne (rys. 7.).

Usuwanie projektowych przyczyn zagrożeń i awarii obiektów budowlanych

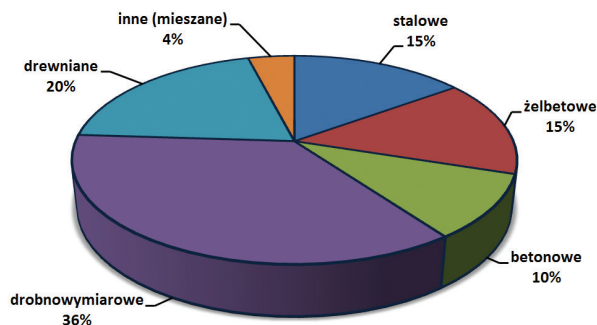
Z wieloletnich analiz danych dotyczących zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych wynika, że do najbardziej powszechnych przyczyn technicznych oraz organizacyjnych na nie wpływających należy zaliczyć dalej wymienione przyczyny.

W programowaniu i projektowaniu – najczęstszymi błędami wpływającymi na powstawanie zagrożeń oraz awarii obiektów budowlanych było przyjmowanie:

- błędnego rozpoznania podłoża gruntowego i aktualnych warunków wodno-gruntowych pod obiekty nowe lub modernizowane, co wynikało z niedostatecznych zakresów oraz liczby przeprowadzanych badań podłoża, a także braków aktualnych badań podłoży;
- nieprawidłowych ustaleń dotyczących obciążeń dopuszczalnych na grunt i dopuszczalnych osiadań dla danego rodzaju projektowanych budowli oraz typów posadowień, np. w budowlach przemysłowych, plombowych, a także obiektach handlowo-rozrywkowych;
- nieodpowiednich rodzajów fundamentów oraz niewłaściwego ich projektowania (bez uwzględnienia współpracy konstrukcji obiektów z podłożem gruntowym), zwłaszcza dla budynków plombowych i obiektów specjalistycznych, np. w budownictwie przemysłowym;
- nieodpowiednich rodzajów konstrukcji obiektów dla określonego przeznaczenia, typów fundamentowań, sposobów eksploatacji oraz warunków użytkowania, np. zbiorników i silosów;



Rys. 6. Udział procentowy zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2019 według podziału na materiały



Rys. 7. Błędy projektowe wpływające na zagrożenia, awarie i katastrofy w latach 1962–2019

- błędnych interpretacji lub nieprzestrzegania wymagań technicznych, norm, ocen (dawniej aprobat) technicznych, warunków dopuszczenia do stosowania, wytycznych, instrukcji dla danych warunków projektowanych obiektów;
- niezasadzonych odstępstw od norm, ocen technicznych i wytycznych przy projektowaniu konstrukcji w warunkach specjalnych oraz nieprawidłowe interpretowanie dopuszczenia ich do stosowania dla określonych zastosowań;
- błędnych rozpoznań pracy konstrukcji obiektów przy nietypowych obciążeniach, np. w przypadku oddziaływań parasejsmicznych na terenach górniczych oraz obciążeń wiatrem, śniegiem, pyłem, lodem itp.;
- błędów inżynierskich i technicznych oraz błędnych obliczeń komputerowych przy projektowaniu stężeń, usztywnień, połączeń elementów oraz całych zespołów konstrukcji budowlanych, a zwłaszcza obiektów wieloprzestrzennych i handlowo-rozrywkowych;
- nieodpowiednich lub błędnie przyjętych w projektach technologii realizacji, materiałów, wyrobów czy elementów konstrukcyjnych oraz wykończeniowych, a szczególnie stosowanych przy remontach obiektów zabytkowych i specjalistycznych;
- niedostateczne uwzględnianie opinii inwestorów i użytkowników przy realizacjach powtarzalnych lub podobnych obiektach w kraju oraz za granicą.

Poprawa projektowania – powinna dotyczyć elementów stropów, posadzek, podłóg, dachów i masywnych elementów z betonu, doboru wyrobów do ścian warstwowych, sufitów podwieszanych, zamocowań elementów elewacyjnych do konstrukcji, połączeń elementów, dylatacji konstrukcji wieloprzestrzennych, modernizacji budynków, nadbudów, remontów i wzmocnień, a także przyjmowania nieprawidłowych obciążeń oraz schematów statycznych konstrukcji, rozwiązań izolacji podziemnych części budynków, zbiorników oraz dachów.

Nieprawidłowości w projektowaniu najczęściej dotyczyły:

- odstępstw lub nieprawidłowych interpretacji norm, wytycznych, warunków technicznych i zasad stosowania;

- nieodpowiednich założeń wstępnych metod obliczeniowych;
- błędnych interpretacji współpracy elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych;
- nieprawidłowych doborów wyrobów budowlanych, zwłaszcza w zakresie izolacji przeciwwodnych, przeciwwilgociowych oraz cieplnych;
- niewłaściwych ocen trwałości i niezawodności konstrukcji oraz całych obiektów.

Poprawa procesu projektowania powinna dotyczyć szczególnie takich elementów i obiektów jak:

- stropów, ścian oraz słupów żelbetowych i stalowych, szczególnie w obiektach halowych, logistycznych, magazynowych – przez eliminowanie błędów obliczeniowych oraz nieprzyjmowanie zbyt gęstego rozmieszczania zbrojenia, zbyt częstego zróżnicowania średnic zbrojenia w pojedynczych elementach, niepopelnianie pomyłek pomiędzy obliczeniami a rysunkami, nieprzyjmowanie zbyt dużych odległości między dylatacjami, a także zbyt krótkich zakładów zbrojenia na ścinanie, zbyt małych grubości elementów betonowych na ścinanie, zbyt niskich klas betonu, a także unikanie braków instrukcji projektantów w stosunku do wymagań wykonawstwa, jak również nieprzestrzegania wymagań normowych PN-EN oraz odpowiednich wytycznych krajowych w tym zakresie;
- stalowych i żelbetowych słupów energetycznych, słupów telefonii komórkowej oraz energii wiatrowej – przez eliminowanie zbyt małego zakresu badań podłoża gruntowych oraz przyjmowanie zbyt słabych klas betonów, niedostatecznych połączeń elementów, popelniania błędów w obliczeniach statycznych, przyjmowanie niedostatecznych obciążeń, pomijania w obliczeniach sytuacji awaryjnych, nieprzestrzegania wymagań PN-EN oraz warunków technicznych krajowych, a także braków instrukcji eksploatacji i wymagań w zakresie stosowania monitoringu obiektów;
- hal stalowych o różnych rozmiarach, a także dźwigarów stalowych i pokryć w obiektach o wielofunkcyjnym przeznaczeniu – przez eliminowanie błędów obliczeniowych, złych założeń projektowych, niewystarczającej współpracy przestrzennej, niedostatecznych połączeń elementów, zbyt słabych betonów, nieprawidłowych pokryć izolacyjnych, złych zabezpieczeń przed wilgocią i korozją;
- płyt fundamentowych pod budynkami typu „biała wanna” – przez eliminowanie nieprawidłowych badań geotechnicznych, słabych izolacji na ciśnienia wód gruntowych, złych połączeń elementów, złych dylatacji, a także zbyt oszczędnych wymiarów elementów;
- żelbetowych ścian szczelinowych przy głębokich posadowieniach budynków – przez polepszanie złej jakości betonów, połączeń elementów i niedostatecznych izolacji;
- kolektorów oraz budowli wodnych, zarówno podziemnych, jak i naziemnych – przez polepszanie słabych betonów, niedostatecznych połączeń oraz zabezpieczeń;
- składowisk różnego typu i wielkości – przez zwiększenie wymagań w stosunku do podłoża gruntowych oraz izolacji;
- wielofunkcyjnych obiektów żelbetowych o skomplikowanych układach – przez polepszanie układów zbrojenia ułatwiających wykonawstwo oraz niedostatecznego zróżnicowania materiałów, zabezpieczeń i izolacji;
- pawilonów handlowych, magazynowych, gospodarczych, logistycznych – przez polepszanie niedostatecznych jakości elementów wykończeniowych, złych dylatacji i połączeń oraz nieprawidłowych izolacji;
- mostów i wiaduktów wykonanych w różnych technologiach – przez polepszanie złych posadowień, niedostatecznych jakości materiałów, złych izolacji oraz nieprawidłowych warstw wykończeniowych;
- żelbetowych garaży (parkingów) wielokondygnacyjnych naziemnych oraz podziemnych – przez polepszanie złej jakości ma-

teriałów, niedostatecznych i złych dylatacji, złych rozwiązań stropów, nieprawidłowych izolacji, złych nawierzchni;

- sufitów podwieszanych w obiektach kubaturowych o różnym przeznaczeniu – przez polepszanie płyt oraz ich podwieszę;
- ścian wewnętrznych i elewacyjnych budynków – przez polepszanie jakości betonów oraz stali konstrukcyjnych, nieprawidłowych izolacji wodnych i termicznych;
- żelbetowych i stalowych zbiorników oraz basenów – przez polepszanie materiałów, dylatacji, połączeń, izolacji wodnych, termicznych i szczegółów konstrukcyjnych;
- sprężonych stropów żelbetowych – przez polepszanie jakości materiałów i elementów, połączeń, obliczeń konstrukcji, materiałów wykończeniowych oraz elementów wykończeniowych;
- hal widowiskowych i wielofunkcyjnych – przez polepszanie betonów, zbrojenia, zakładów zbrojenia, otulin zbrojenia oraz zabezpieczeń powierzchniowych;
- stalowych i żelbetowych wież telekomunikacyjnych, wiatrowych, hal widowiskowych – przez wprowadzanie wytycznych konserwacji, a także monitoringu obiektów;
- żelbetowych lub stalowych silosów na materiały sypkie – przez polepszanie materiałów oraz połączeń, a także eliminowanie złych wytycznych odbiorów i monitoringu odbiorów;
- izolacji wodnych, termicznych czy akustycznych w obiektach o różnym przeznaczeniu – przez polepszanie materiałów i połączeń;
- elementów wykończeniowych, jak tynków, okładzin, podłóg, słusarki itp. – przez wprowadzanie wytycznych montażu i odbiorów;
- pokryć dachowych – przez wprowadzanie wytycznych wykonania oraz odbiorów.

Podsumowanie i wnioski

Wieloletnie analizy zgromadzonych danych dotyczących zagrożeń i awarii budowlanych, prowadzone od 1962 r., pozwoliły na ocenę zagrożeń bezpieczeństwa obiektów budowlanych ze względu na:

- rodzaj budownictwa,
- technologie wykonania obiektów,
- typy konstrukcji budowlanych,
- rodzaje uszkodzeń lub zniszczeń konstrukcji,
- rodzaje elementów,
- materiały,
- błędy projektowe.

Po analizach zgromadzonych danych wskazywano przyczyny techniczne zagrożeń czy awarii, a także proponowano poprawę metod projektowania stropów, posadzek, dachów, budynków, obiektów maszynowych, hal żelbetowych oraz stalowych, słupów energetycznych i telefonii komórkowej, płyt fundamentowych, ścian szczelinowych, kolektorów, budowli wodnych, składowisk, wielofunkcyjnych obiektów budowlanych, mostów, wiaduktów, zbiorników, silosów, basenów, hal widowiskowych oraz wielofunkcyjnych.

Wnioski w tym zakresie były przekazywane w raportach ITB, materiałach specjalistycznych, na konferencjach, a także w prasie technicznej.

Ponadto wnioski z tych analiz powinny stanowić podstawy do innowacyjnych rozwiązań w pracach badawczo-wdrożeniowych.

Zalecane jest dalsze zbieranie tych informacji, ich analizowanie i wykorzystywanie w celu poprawiania jakości obiektów budowlanych. Powinny być wykorzystywane przy ustalaniu przepisów zarówno technicznych, jak i organizacyjno-administracyjnych. Ponadto powinny być uwzględniane przy szkoleniu studentów w szkołach wyższych oraz szkoleniu projektantów, wykonawców i rzeczoznawców budowlanych.

Odbiorcami wyników takich prac powinni być studenci, wykładowcy, inżynierowie, nadzór budowlany, rzeczoznawcy budowlani, firmy ubezpieczeniowe, władze administracyjne oraz użytkownicy i właściciele obiektów.

Bibliografia:

- [1] Augustyn J., Śledziwski W., *Awarie konstrukcji stalowych*, Arkady, Warszawa 1976.
- [2] Kobiak J., Stachurski W., *Konstrukcje żelbetowe*. Arkady 1984.
- [3] Runkiewicz L., *Raporty o zagrożeniach, awariach i katastrofach budowlanych w latach 1962–2019*. Temat naukowo-badawczy NZK 45 [maszynopis]. Biblioteka ITB, Warszawa.
- [4] Runkiewicz L., Sieczkowski J., *Analiza najczęściej popełnianych błędów projektowych w konstrukcjach żelbetowych*. XXIII Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji. Szczyrk 2018, t. 1, s. 63-85.
- [5] *Materiały konferencji naukowo-technicznych: Awarie Budowlane i Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji za lata 1965–2020 oraz Warsztaty Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego za lata 2000–2020*. Biblioteka ITB.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.8345

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Runkiewicz Leonard, Sieczkowski Jan, 2021, Najważniejsze problemy poprawy projektowania elementów i obiektów budowlanych, „Builder” 5 (286). DOI: 10.5604/01.3001.0014.8345

Streszczenie: W artykule przedstawiono szacunkowe zestawienia wyników analiz zagrożeń, awarii i katastrof, jakie wystąpiły na terenie Polski w latach 1962–2019. Wyniki zestawiono w zależności od charakteru obiektów, rodzaju uszkodzeń lub zniszczeń oraz rodzaju materiałów. Wskazano również najbardziej powszechne błędy projektowe wpływające na zagrożenia, awarie i katastrofy oraz wymieniono elementy, których powinna dotyczyć poprawa projektowania. Wnioski z analiz powinny stanowić podstawy do innowacyjnych rozwiązań w pracach badawczo-wdrożeniowych.

Słowa kluczowe: zagrożenia, awarie, katastrofy budowlane, przyczyny projektowe

Abstract: THE MOST IMPORTANT PROBLEMS OF DESIGN IMPROVEMENT ELEMENTS AND CONSTRUCTION OBJECTS.

The paper presents the estimated results of the analyzes risk of failure and building damage that occurred in Poland in the years 1962-2019. The results were compiled depending on the nature of the objects, the type of damage or destruction and the type of materials. The most common design errors affecting failures and disasters were also indicated, and elements that should be improved in design were listed. Conclusions from the analyzes should constitute the basis for innovative solutions in research and implementation works.

Keywords: assessing of safety, risk of failure, building damage, design reasons