

Przyczyny powstawania zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych

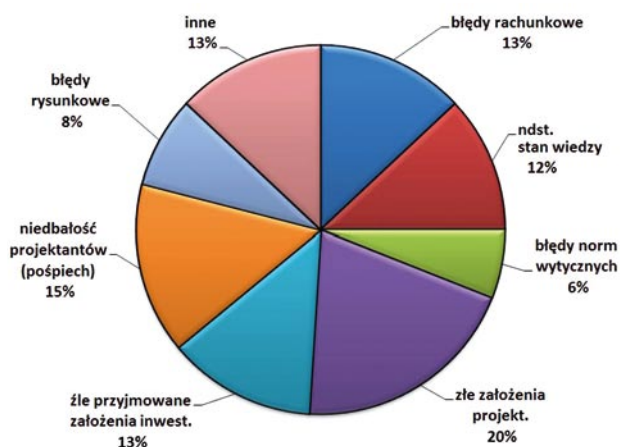
Prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz, Instytut Techniki Budowlanej

1. Wprowadzenie

Generalnie przyczynami powstawania zagrożeń, awarii i katastrof obiektów budowlanych są czynniki losowe niezależne od uczestników procesów budowlanych oraz czynniki zależne od błędów przez nich popełnionych.

Błędy projektowe, wykonawcze i eksploatacyjne wpływające na powstawanie zagrożeń, awarii i katastrof pokazano na rysunkach 1–3.

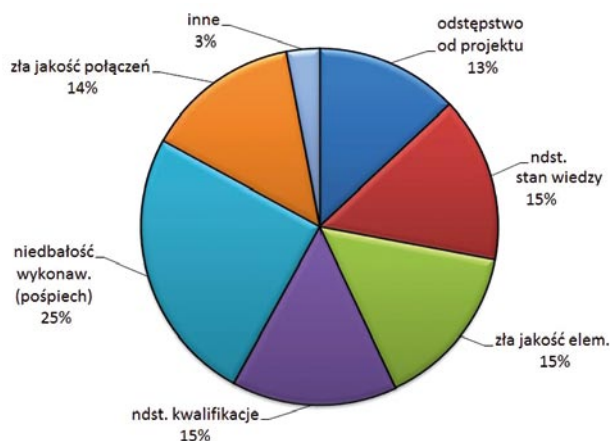
Do najczęstszych przyczyn błędów projektowych zagrożeń, awarii i katastrof należały złe założenia inwestycyjne, niedbałość projektantów (pośpiech), niedostateczny stan wiedzy, błędy rachunkowe oraz inne (rys. 1).



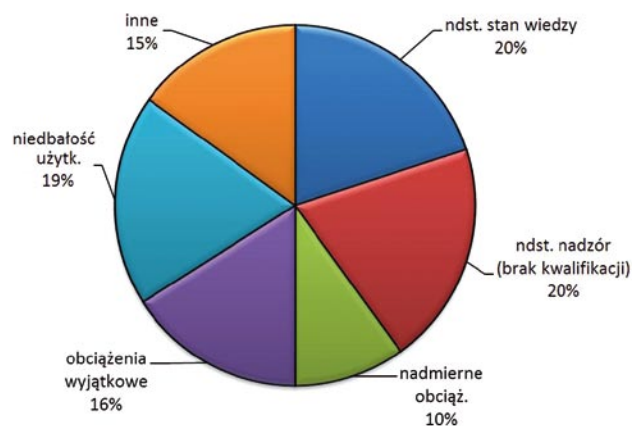
Rys. 1. Przyczyny błędów projektowych wpływające na występowanie zagrożeń (awarii i katastrof) w latach 1962–2018

Do najczęstszych przyczyn złego wykonawstwa należały: niedbałość wykonawców (pośpiech), odstępstwo od projektu, niedostateczny stan wiedzy oraz niedostateczne kwalifikacje i zła jakość połączeń. Błędy te wynikają często z przyczyn organizacyjno-finansowych w procesie inwestycyjnym (rys. 2).

W czasie eksploatacji zagrożenia (awarie i katastrofy) występowały najczęściej z powodu niedostatecznego nadzoru, niedbałości użytkowników oraz obciążeń wyjątkowych, a następnie z niedostatecznego stanu wiedzy użytkowników i nadmiernych obciążeń. Wśród tych błędów były też nieprzestrzeganie wymagań Prawa budowlanego



Rys. 2. Przyczyny złego wykonawstwa wpływające na powstanie zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2018



Rys. 3. Przyczyny złej eksploatacji wpływające na powstanie zagrożeń, awarii i katastrof w latach 1962–2018 r.

w zakresie przeglądów technicznych oraz niewdrażanie ich zaleceń (rys. 3).

2. Najczęstsze błędy w programowaniu, projektowaniu, wykonawstwie i eksploatacji obiektów budowlanych

Techniczne błędy i przyczyny złego programowania, projektowania, wykonawstwa i eksploatacji wynikały głównie z szeregu przyczyn technicznych i organizacyjnych w procesie planistycznym, inwestycyjnym i eksploatacyjnym.

W programowaniu i projektowaniu najczęstszymi błędami wpływającymi na powstawanie zagrożeń, awarii lub katastrof obiektów budowlanych były:

- niedostateczne badania, błędne rozpoznania podłoża gruntowego oraz aktualnych warunków wodno-gruntowych pod obiekty nowe oraz modernizowane, a także braki aktualnych badań podłoża pod budynki, zwłaszcza w budownictwie plombowym,
- błędne ustalenia obciążeń dopuszczalnych na grunt i dopuszczalnych osiadań dla danego rodzaju projektowanych budowli i typów posadowień, np. w budowlach przemysłowych, plombowych i obiektach handlowo-rozrywkowych,
- nieodpowiednie przyjęte rodzaje fundamentów oraz niewłaściwe ich projektowanie bez uwzględnienia współpracy konstrukcji obiektów z podłożem gruntowym, a zwłaszcza dla budownictwa plombowego i specjalistycznego, np. w budownictwie przemysłowym i specjalnym,
- nieodpowiednie typy konstrukcji obiektów przyjęte dla określonego przeznaczenia, typów fundamentowań,

sposobów eksploatacji oraz warunków użytkowania, np. zbiorników i silosów,

- nieprzestrzeganie lub błędne interpretacje wymagań technicznych, norm, aprobat technicznych, warunków dopuszczenia do stosowania, wytycznych i instrukcji przedmiotowych dla danych warunków projektowanych obiektów,
- nieuzasadnione odstępstwa od norm, ocen technicznych, wytycznych przy projektowaniu konstrukcji w warunkach specjalnych oraz złe interpretowanie dopuszczenia ich do stosowania dla określonych warunków,
- błędne rozpoznania pracy konstrukcji obiektów przy nietypowych obciążeniach np. w przypadku oddziaływań parasejsmicznych na terenach górniczych oraz obciążeń wiatrem, śniegiem, pyłem, lodem itp.,
- błędy inżynierskie i techniczne oraz błędy obliczeń komputerowych przy projektowaniu stężeń, usztywnień, połączeń elementów i całych zespołów konstrukcji budowlanych, a zwłaszcza obiektów wielkoprzestrzennych i handlowo-rozrywkowych,
- nieodpowiednie lub błędne doборы technologii realizacji, materiałów, wyrobów i elementów konstrukcyjnych oraz wykończeniowych, a zwłaszcza przy remontach obiektów zabytkowych i specjalistycznych,
- niedostateczne uwzględnianie opinii inwestorów i użytkowników przy realizacjach powtarzalnych lub podobnych obiektach w kraju lub/i za granicą.

W procesie wykonawstwa błędami takimi były:

- zmiany warunków i rodzajów fundamentowania obiektów nowych, rozbudowywanych i modernizowanych, a zwłaszcza w gęstej zabudowie plombowej, a także w realizacji obiektów usługowych lub wielozadaniowych,
- niedostateczne kontrole badania gruntu przed rozpoczęciem realizacji obiektów, a zwłaszcza w gęstej zabudowie lub przy przedłużających się rozpoczęciach realizacji obiektów,
- wbudowywanie betonów, materiałów budowlanych, elementów lub wyrobów niedostatecznej jakości,
- wbudowywanie uszkodzonych wyrobów, elementów oraz złych wyrobów (bez aktualnych deklaracji właściwości użytkowych),
- wykonywanie złych połączeń elementów budowlanych (stalowych, żelbetowych i drewnianych),
- stosowanie materiałów lub/i wyrobów budowlanych nieatestowanych i/lub bez aktualnych deklaracji właściwości użytkowych, a także bez dopuszczenia do stosowania dla danych warunków użytkowania (KOT – Krajowa Ocena Techniczna),
- niedostateczne kontrole jakości materiałów i wyrobów oraz niewłaściwe kontrole międzyoperacyjne (wytwornie – place budów),
- niedostateczne znajomości nowych materiałów, wyrobów i systemów budowlanych dla określonych warunków eksploatacji,



Rys. 4. Varso Tower w Warszawie

Fot. Grażyna Furmanczyk-Złemińska

- niedotrzymywanie zasad sztuki budowlanej oraz niedostateczny nadzór techniczny,
- niedostateczne zrozumienie przez wykonawców (podwykonawców) pracy i przeznaczenia realizowanych konstrukcji oraz warunków ich użytkowania przy zmianach realizacyjnych w stosunku do projektu,
- wpływy czynników atmosferycznych na jakość robót w czasie realizacji obiektów,
- niedostateczna współpraca wykonawców z projektantami obiektów budowlanych.

W czasie użytkowania (a także przy remontach i modernizacjach) obiektów budowlanych zagrożenia, awarie i katastrofy spowodowane były często przez:

- złe wykonywanie okresowych wiarygodnych przeglądów i ocen technicznych (zgodnie z prawem budowlanym oraz nierealizowanie wniosków i zaleceń w nich zawartych),
- dopuszczanie do uszkodzeń konstrukcji wskutek dodatkowych obciążeń i zniszczeń przez użytkowników,
- niedostateczne konserwacje, naprawy, złe malowania i zabezpieczania konstrukcji przed erozją i korozją,
- osłabienia lub uszkodzenia połączeń lub istotnych fragmentów konstrukcji przez niewłaściwą eksploatację,
- dopuszczanie do powstania nadmiernych rys, a często pęknięć elementów konstrukcji, sprzyjających powstawaniu korozji,
- dopuszczanie do powstawania i nieusuwanie zacieków oraz ich przyczyn,
- dopuszczanie do powstawania awarii instalacji sanitarnych, gazowych lub elektrycznych, a zwłaszcza awarii instalacji wodociągowych w podłogach,
- realizowanie niezgodnie ze sztuką budowlaną remontów, modernizacji wzmocnień; często bez właściwych projektów, jedynie na bazie zaleceń wykonawców (przez wykonawców) nie posiadających odpowiednich przeszkoleń,
- nierealizowanie okresowych zaleceń kontrolnych, zarówno przez ich autorów, jak i użytkowników.

Zagrożenia (awarie i katastrofy) budowlane (elementów) zależne od uczestników procesu inwestycyjnego lub/i eksploatacyjnego dotyczyły najczęściej poniższych obszarów.

W zakresie niewłaściwego projektowania elementów stropów, posadzek, podłóg, dachów i masywnych elementów z betonu, złego doboru wyrobów ścian warstwowych w budynkach, sufitów podwieszanych, zamocowania elementów elewacyjnych do konstrukcji, niedostatecznych połączeń elementów, stosowanie dylatacji konstrukcji wieloprzestrzennych, modernizacji budynków, nadbudów, remontów i wzmocnień, a także przyjmowanie złych obciążeń i schematów statycznych konstrukcji, izolacji podziemi budynków, zbiorników oraz dachów są to najczęściej:

- odstępowania lub złe interpretacje norm, wytycznych, zasad stosowania i warunków technicznych,

- nieodpowiednie metody obliczeniowe i założenia wstępne,
- błędne interpretacje współpracy elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych,
- złe doборы wyrobów budowlanych, zwłaszcza w zakresie izolacyjności przeciwwodnej, przeciwwilgociowej oraz cieplnej,
- złe oceny trwałości i niezawodności konstrukcji oraz całych obiektów.

Dotyczyły one szczególnie takich elementów i obiektów jak:

- stropy, ściany oraz słupy żelbetowe i stalowe, zwłaszcza w obiektach halowych, logistycznych i magazynowych. Najczęściej występowały błędy obliczeniowe, gęste zbrojenie, nadmierne zróżnicowanie średnic zbrojenia, w pojedynczych elementach, pomyłki pomiędzy obliczeniami a rysunkami, niedostateczne dylatacje, niedostateczne zakłady zbrojenia na ścinanie, zbyt małe grubości elementów betonowych na ścinanie, za niskie klasy betonu, a także braki instrukcji projektantów w stosunku do wymagań wykonawstwa, nieprzestrzeganie wymagań normowych PN-EN oraz odpowiednich wytycznych krajowych w tym zakresie;
- stalowe i żelbetowe słupy energetyczne, słupy telefonii komórkowej oraz energii wiatrowej. Najczęstsze błędy to: braki dostatecznych badań podłoża gruntowych, zbyt słabe klasy betonów, niedostateczne połączenia elementów, błędy w obliczeniach statycznych, niedostateczne obciążenia, pominięcia w obliczeniach sytuacji awaryjnych, nieprzestrzeganie wymagań PN-EN oraz warunków technicznych krajowych, a także braki instrukcji eksploatacji i wymagań w zakresie stosowania monitoringów obiektów,
- hale stalowe o różnych rozmiarach, a także dźwigary stalowe i pokrycia w obiektach o wielofunkcyjnym przeznaczeniu. Najczęstsze błędy to błędy obliczeniowe, złe założenia projektowe, nieuwzględnienie niedostatecznej współpracy przestrzennej konstrukcji, niedostateczne połączenia elementów, zbyt słabe betony, złe pokrycia izolacyjne, złe zabezpieczenia przed wilgocią i korozją;
- płyty fundamentowe pod budynkami typu „biała wana”. Najczęstsze błędy to złe badania geotechniczne, słabe izolacje na ciśnienia wód gruntowych, złe połączenia elementów, złe dylatacje, zbyt oszczędne wymiary elementów, niejednorodne betony, złe przerwy technologiczne i dylatacje;
- żelbetowe ściany szczelinowe, przy głębokich posadowieniach budynków. Najczęstsze błędy to zła jakość betonów, słabe połączenia elementów i niedostateczne izolacje;
- kolektory i budowle wodne, zarówno podziemne jak i naziemne. Najczęstsze błędy to słabe betony, niedostateczne połączenia i zabezpieczenia;
- składowiska różnego typu i wielkości. Najczęstsze błędy to niedostateczne wymagania w stosunku do podłoża gruntowych i izolacji;

- wielofunkcyjne obiekty żelbetowe o skomplikowanych układach. Najczęstsze błędy to złe układy zbrojenia. Niedostateczne zróżnicowanie materiałów, zabezpieczeń i izolacji;
- pawilony handlowe, magazynowe, gospodarcze i logistyczne. Najczęstsze błędy to niedostateczna jakość elementów wykończeniowych, złe dylatacje i połączenia oraz złe izolacje;
- mosty i wiadukty wykonane w różnych technologiach. Najczęstsze błędy to złe posadowienia, niedostateczna jakość materiałów, złe izolacje oraz złe warstwy wykończeniowe;
- żelbetowe garaże (parkingi) wielopiętrowe nadziemne i podziemne. Najczęstsze błędy to zła jakość materiałów, niedostateczne i złe dylatacje, złe rozwiązania stropów, złe izolacje, złe nawierzchnie;
- sufity podwieszane w obiektach kubaturowych o różnym przeznaczeniu. Najczęstsze błędy to złe płyty wiszące, złe podwieszanie płyt do stropów;
- ściany wewnętrzne i elewacyjne budynków. Najczęstsze błędy to zła jakość betonów i stali konstrukcyjnych, złe izolacje wodne i termiczne;
- żelbetowe i stalowe zbiorniki oraz baseny. Najczęstsze błędy to niedostateczne materiały, złe dylatacje, złe połączenia, złe izolacje wodne i termiczne, złe szczegóły konstrukcyjne;
- sprężone stropy żelbetowe. Najczęstsze błędy to zła jakość materiałów i elementów, złe połączenia, błędne obliczenia konstrukcji, nieodpowiednie materiały wykończeniowe, złe elementy wykończeniowe;
- hale widowiskowe i wielofunkcyjne. Najczęstsze błędy to złe betony, złe zbrojenia, niedostateczne zakłady zbrojenia, zbyt małe otuliny zbrojenia, złe zabezpieczenia powierzchniowe, braki monitoringów obiektów;
- stalowe i żelbetowe wieże telekomunikacyjne i wiatrowe, braki wytycznych konserwacje;
- żelbetowe i stalowe silosy na materiały sypkie. Najczęstsze błędy to złe materiały, złe połączenia, złe wytyczne odbiorów, braki monitoringów;
- izolacje wodne, termiczne i akustyczne w obiektach o różnym przeznaczeniu. Najczęstsze błędy to złe materiały, złe odbiory, niedostateczne połączenia, zawilgocenia;
- elementy wykończeniowe jak tynk, okładziny, podłogi, ślusarki itp. Braki wytycznych montażu i odbiorów;
- pokrycia dachowe. Braki wytycznych wykonania i odbiorów.

W zakresie niedostatecznego wykonawstwa robót betonowych, połączeń elementów żelbetowych oraz drewnianych, spojenia i połączenia elementów stalowych, rusztowań i usztywnień roboczych, izolacji wodnych i akustycznych, robót wykończeniowych i uzupełniających, obiektów plombowych, rozbiórek i uzupełnień obiektów, remontów i modernizacji obiektów, nadbudów obiektów, posadzek, lekkich

ścian działowych, elementów okiennych i drzwiowych itp. były to najczęstsze błędy wynikające z:

- niedostatecznej znajomości właściwości i przeznaczenia wyrobów,
- niedostatecznej jakości zastosowanych betonów, stali i innych wyrobów,
- złych połączeń elementów konstrukcyjnych i wykończeniowych,
- nieprzestrzegania wymagań technologicznych,
- zbyt oszczędnego stosowania projektowanych wyrobów, celem obniżenia kosztów realizacji obiektów,
- braków atestacji, certyfikacji i odbiorów kontrolnych,
- skrócenia terminów realizacji i obniżenia kosztów realizacji.

Dotyczyły one szczególnie takich elementów i obiektów jak:

- elementy żelbetowe i stalowe zbiorników i silosów na ciecze i materiały sypkie w zakładach przemysłowych i oczyszczalniach ścieków,
 - żelbetowe ściany (ścianki) szczelinowe i fundamenty, przy zabudowie plombowej, a także w budownictwie specjalnym,
 - kolektory i budowle wodne, zapory i jazy,
 - kominy i budowle wieżowe, żelbetowe, murowe i stalowe,
 - ściany, słupy i stropy z pustaków, z betonu i materiałów podobnych, a także z recyklingu,
 - budowle szkieletowe i żelbetowe garaże piętrowych, podziemnych i wolno stojących,
 - budowle plombowe w miastach,
 - żelbetowe i stalowe wieże telekomunikacyjne, energetyczne i wiatrowe,
 - konstrukcje sprężone o zróżnicowanym przeznaczeniu,
 - dachy i stropodachy o różnych konstrukcjach,
 - hale stalowe o różnym przeznaczeniu,
 - budowle podziemne i fundamenty,
 - izolacje przeciwwodne, ciepłe i akustyczne w budynkach,
 - balkony i elementy wykończeniowe budynków,
 - budynki gospodarcze i domy jednorodzinne,
- Największymi błędami wykonawstwa były odstępstwa od projektów w celu zmniejszenia kosztów, nieprzestrzegania sztuki budowlanej, odstępstwa od warunków wykonania i odbioru, braki w dostatecznym zabezpieczeniu i ochronie przed korozją, a także stosowaniu gorszych zamienników.

W zakresie niedostatecznej eksploatacji obiektów użytkowanych przez złe realizowanie przeglądów i zaleceń z nich wynikających, uszkodzenia lub usuwania części lub całych elementów, doprowadzanie do niszczenia i korozji konstrukcji, a także zagrożeń bezpieczeństwa, dopuszczanie do pożarów i wybuchów, niewłaściwe realizowanie napraw i dokonywanie zmian eksploatacyjnych dotyczyły one:

- zasad remontów i modernizacji,
 - stosowania niewłaściwych materiałów i wyrobów,
 - braków odbiorów kontrolnych i ostatecznych.
- Dotyczyły zwłaszcza takich obiektów jak:
- stalowe i żelbetowe wieże o różnym przeznaczeniu,
 - budynki gospodarcze i magazynowe o różnej technologii,
 - budynki zabytkowe i użytku publicznego o zróżnicowanych konstrukcjach,
 - stropy i sufity podwieszane w obiektach kubaturowych,
 - żelbetowe i stalowe zbiorniki i silosy na ciecze i materiały sypkie,
 - hale stalowe, połączenia elementów w dźwigarach,
 - pawilony handlowe i wielofunkcyjne o zróżnicowanej technologii i konstrukcji,
 - obiekty nieużytkowe, a szczególnie zabytkowe lub opuszczone,
 - mosty i wiadukty żelbetowe, stalowe i murowe,
 - obiekty specjalne.

Najczęstszymi błędami eksploatacji były także uszkodzenia, dopuszczenia do korozji, niedostateczne przeglądy



Rys. 5. Pałac Kultury i Nauki w Warszawie

Fot. Grażyna Furmńczyk-Ziemińska

i monitoringi, nieprawidłowe naprawy i wzmocnienia, błędy w czasie rozbudowy i zmian technologii pracy zakładów, a także stosowanie gorszych zamienników.

3. Podsumowanie

Kilkudziesięcioletnie doświadczenia ze zbieraniem, gromadzeniem przyczyn zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych oraz tworzeniem szerszych danych upoważnia do formułowania różnego rodzaju ogólnych uwag, spostrzeżeń i wniosków. Bez krytycznej oceny stanu istniejących zasobów, a także zasad ich zbierania i wykorzystywania nie można dokonywać pozytywnych zmian.

Przedstawione w artykule przyczyny powstawania zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych wskazują na potrzeby usuwania błędów projektantów, wykonawców i użytkowników, doskonalenia procesów inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych w postaci lepszych zasad projektowania, wykonywania i użytkowania, a także przystosowywania obiektów budowlanych do czynników losowych, takich jak wiatry, śniegi, pożary, huragany i opady.

Działaniom w tym zakresie powinny sprzyjać prawo budowlane i odpowiednie przepisy wprowadzające jednolite zasady wykonywania ocen, opinii, orzeczeń i ekspertyz budowlanych obiektów znajdujących się w stanach zagrożeń (awariach i katastrofach) budowlanych.

Analizując dane statystyczne GUS oraz zarejestrowane (nie w pełni) awarie i katastrofy należy stwierdzić, że **awaryjność polskiego budownictwa szacowana jest od ok. $2 \cdot 10^{-6}$ do ok. $2 \cdot 10^{-3}$** w zależności od rodzajów obiektów. Jest to awaryjność odpowiadająca poziomowi występującemu w innych krajach o wysokim poziomie budownictwa.

Informacje o takich zdarzeniach oraz monitoringi zagrożeń (katastrof i awarii) budowlanych, a także wzmocnień są cennym źródłem wiedzy o budowlach i budynkach oraz jakości stosowanych w budownictwie rozwiązań oraz stosowania odpowiednich metod zabezpieczających, naprawczych i wzmocnieniowych. Informacje te powinny być zbierane, analizowane i wykorzystywane dla polepszania jakości obiektów budowlanych. Powinny być wykorzystywane przy ustalaniu przepisów zarówno technicznych, jak i organizacyjno-administracyjnych. Ponadto powinny być wykorzystywane przy szkoleniu studentów w szkołach wyższych oraz szkoleniu projektantów, wykonawców i rzeczoznawców budowlanych. Odbiorcami wyników pracy powinni być studenci, wykładowcy, inżynierowie, nadzór budowlany, rzeczoznawcy budowlani, firmy ubezpieczeniowe, władze administracyjne oraz użytkownicy i właściciele obiektów budowlanych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Runkiewicz L., Raporty o przyczynach zagrożeń, awarii i katastrof budowlanych w latach od 1962 do 2018, Prace ITB, Biblioteka ITB
- [2] Raporty roczne katastrof budowlanych, Biblioteka internetowa GUNB