

Agata BAKALARZ\*  
Politechnika Lubelska

## OCENA OKRESU UŻYTKOWANIA ELEMENTÓW I OBIEKTÓW BUDOWLANYCH DO CELÓW PROJEKTOWANIA

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono cele i metody określania trwałości w budownictwie. Podano zasady oceny okresu użytkowania komponentów budowlanych według zaleceń i norm europejskich. Omówiono i oceniono uproszczone metody przewidywania okresu użytkowania – metodę współczynników i „okresu ubezpieczenia”.

## ESTIMATION OF SERVICE LIFE OF BUILDINGS AND STRUCTURE ELEMENTS FOR DESIGN PURPOSES

**Summary.** The paper presents objectives and methods of durability assessment in construction. Principles of service life prediction according to EU standards and recommendations have been described. Currently developing simplified methods of service life prediction (factor method and „insured life” method) have been investigated into and evaluated.

### 1. Wprowadzenie

Zagadnienia związane z trwałością materiałów i obiektów budowlanych są istotne ze względu na wielki wpływ budownictwa na środowisko naturalne i ekonomię. Przemysł budowlany pochłania wielkie ilości energii i surowców naturalnych do produkcji materiałów budowlanych, a jego wytwory zajmują przestrzeń, uważaną obecnie za jeden z najcenniejszych zasobów środowiska. Budownictwo jest też potencjalnie źródłem olbrzymich ilości odpadów rozbiórkowych, wymagających kosztownej utylizacji. Obiekty budowlane wymagają znacznych nakładów finansowych na utrzymanie swej wartości; a koszty te często przekraczają nakłady na wybudowanie obiektu. Zastosowanie materiałów i rozwiązań technicznych zapewniających odpowiednią trwałość pozwala ograniczyć koszty i negatywny wpływ obiek-

---

\*Opiekun naukowy: Dr hab. inż. Anna Sobotka

tu budowlanego na środowisko w czasie całego cyklu życia. Problem polega na wyborze odpowiednich rozwiązań technicznych, czyli właściwym oszacowaniu trwałości w warunkach konkretnego zastosowania i w aspekcie kosztów.

## 2. Znaczenie trwałości w projektowaniu

**Trwałość obiektu budowlanego**, czyli zdolność do spełnienia wymagań użytkowych w określonym czasie, przy działaniu czynników wewnętrznych i zewnętrznych, zależy od: właściwości materiałów, sposobu projektowania, wykonania i użytkowania, wpływu obciążeń środowiskowych, zabiegów związanych z utrzymaniem oraz możliwości dostosowania do zmieniających się wymagań użytkownika. Trwałość wyraża się **okresem użytkowania**, czyli okresem, w którym właściwości użytkowe utrzymują się na poziomie nie niższym niż dopuszczalny.

Zasadnicze wymagania stawiane budowlom w dyrektywie 89/106/EEC [2] to:

- wytrzymałość i stateczność
- bezpieczeństwo użytkowania,
- bezpieczeństwo w razie pożaru,
- ochrona przed hałasem,
- higiena, ochrona zdrowia i środowiska,
- oszczędność energii i odpowiednia izolacyjność cieplna.

Wielkość zwana **ekonomicznie uzasadnionym okresem użytkowania** uwzględnia aspekt kosztów w całym okresie istnienia obiektu, czyli koszty projektowania, budowy i użytkowania, koszty ryzyka związanego z możliwością niespełnienia wymagań użytkowych i koszty ubezpieczenia od tego ryzyka, koszty planowanych renowacji, utrzymania, zarządzania obiektem, a wreszcie rozbiórki i utylizacji odpadów.

Trwałość powinna być brana pod uwagę na etapie przygotowania założeń wyjściowych do projektu i odpowiadać wymaganiom inwestora, oczekiwaniom użytkowników oraz odpowiednim przepisom (o ile istnieją). Zalecane okresy użytkowania budynków w zależności od ich przeznaczenia można znaleźć w odpowiednich opracowaniach [2, 4, 5]. Przykład z normy kanadyjskiej [5] podano w tabeli 1.

Okres użytkowania budowli zależy od trwałości komponentów i materiałów, z jakich została wykonana oraz funkcji, jaką pełnią one w budowlu. Okres użytkowania elementów konstrukcyjnych i elementów niedostępnych dla napraw czy wymiany powinien być równy projektowanemu okresowi użytkowania całego obiektu. Inne elementy mogą mieć niższą trwa-

łość. W ich przypadku należałoby porównać koszty wymiany lub naprawy z kosztami zastosowania trwalszych rozwiązań. Poniżej przedstawiono tę zależność w ujęciu normy ISO 15686-1 [6] (tabela 2.).

Tabela 1

## Kategorie projektowanego okresu użytkowania budynków [5]

Kategoria obiektu	Projektowany okres użytkowania	Przykłady
Tymczasowy	Do 10 lat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nietrwale konstrukcje budynków, biura sprzedaży</li> <li>tymczasowe budynki wystawowe</li> </ul>
O krótkim okresie użytkowania	10 do 24 lat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tymczasowe pomieszczenia dydaktyczne</li> </ul>
O średnim okresie użytkowania	25 do 49 lat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Większość budynków przemysłowych,</li> <li>parkingi</li> </ul>
O długim okresie użytkowania	50 do 99 lat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Większość budynków mieszkalnych, handlowych, usługowych i biurowych,</li> <li>ośrodki zdrowia, szkoły,</li> <li>parkingi podziemne pod budynkami o długim okresie użytkowania.</li> </ul>
Stale	Minimum 100 lat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Budynki monumentalne: muzea narodowe, galerie sztuki, archiwa</li> </ul>

Tabela 2

## Minimalne okresy użytkowania komponentów budowli w zależności od ich rodzaju i projektowanej trwałości budowli, wyrażone w latach [6]

Projektowany okres użytkowania budowli	Komponenty niedostępne lub konstrukcyjne	Komponenty trudne lub kosztowne w wymianie	Główne komponenty możliwe do wymiany	Instalacje
Nieograniczony	Nieograniczony	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

Uwaga 1! Komponenty łatwe w wymianie mogą mieć projektowany okres użytkowania 3 lub 6 lat

Uwaga 2! Nieograniczony okres użytkowania powinien być projektowany w wyjątkowych sytuacjach jako znacznie ograniczający opcje projektowania.

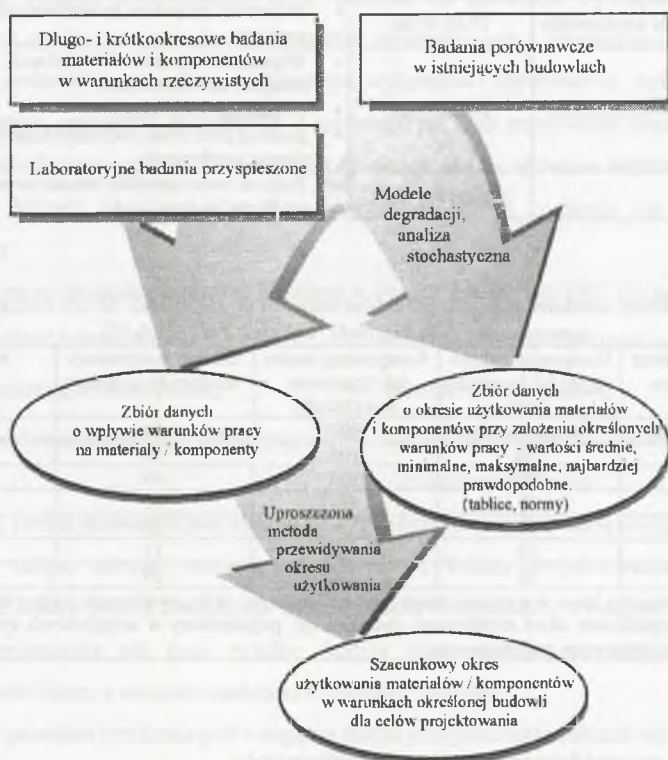
### 3. Metody przewidywania okresu użytkowania

Dokładne oznaczenie okresu użytkowania budynku czy nawet materiału budowlanego jest niemożliwe z uwagi na dużą liczbę zmiennych. Można jedynie szacować długość tego okresu, przyjmując założenia co do warunków środowiskowych i sposobów użytkowania oraz tworząc modele wpływu czynników zewnętrznych na właściwości materiału.

Przewidywanie okresu użytkowania można oprzeć na modelach probabilistycznych i deterministycznych. Metody oceny mogą bazować na:

- wcześniejszych doświadczeniach z takimi samymi lub zbliżonymi konstrukcjami pracującymi w podobnych warunkach,
- pomiarach stopnia zużycia w warunkach naturalnych w krótkim okresie użytkowania; na tej podstawie mogą być przewidywane zachowania materiału lub elementu konstrukcji w dłuższym okresie,
- wykorzystaniu wyników z laboratoryjnych testów przyspieszonych.

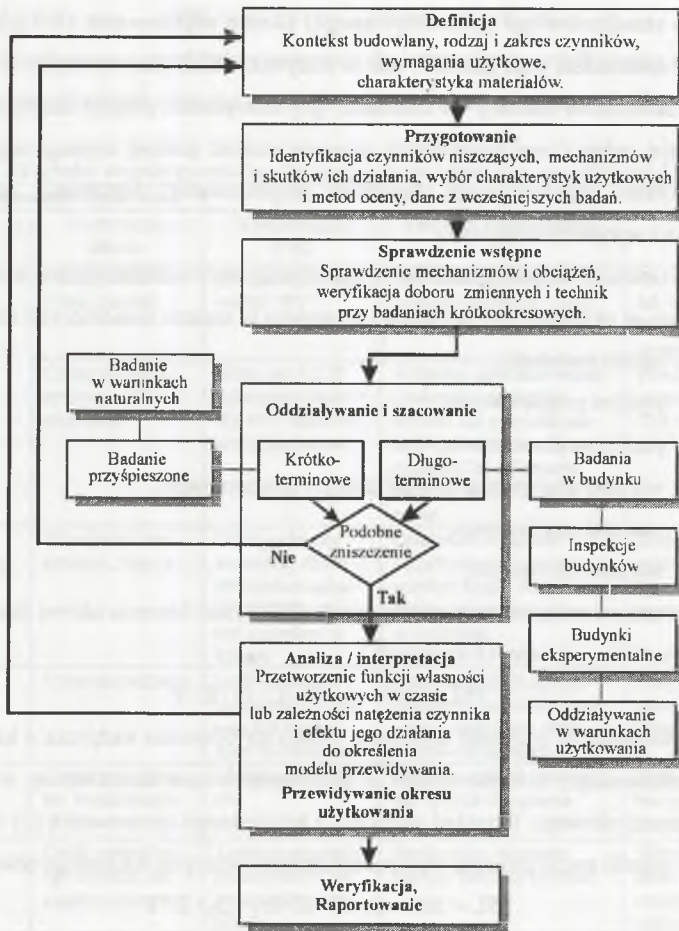
Na rysunku 1. przedstawiono drogę do opracowania uproszczonych metod szacowania okresu użytkowania.



Rys. 1. Etapy przygotowania uproszczonej metody oceny okresu użytkowania materiałów i komponentów budowlanych w konkretnym zastosowaniu

Fig. 1. Stages in preparation of simple („quick-to-use”) methods of materials’ and components’ service life prediction for specific buildings

Systematyczną metodykę przewidywania okresu użytkowania dla komponentów budowlanych zgodną z projektem normy ISO/FDIS 15686 [7] przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Metodyka przewidywania okresu użytkowania komponentów budowlanych (ISO/FDIS 15686 [7])

Fig. 2. Systematic methodology for service life prediction of building components (from ISO/FDIS 15686 [7])

Trwają prace nad przygotowaniem międzynarodowej normy opisującej metodę przewidywania okresu użytkowania elementów budynków. Założenia metoda ta ma być na tyle prosta, by zaakceptował ją przemysł i projektanci, a na tyle rozbudowana, by w wiarygodny sposób ująć efekty wielu czynników wpływających na elementy budowlane.

Projekt normy wykorzystujący tak zwaną metodę współczynników oparto głównie na publikacjach Japońskiego Instytutu Architektury oraz wytycznych RILEM (Międzynarodowy Związek Laboratoriów Badawczych Materiałów i Konstrukcji) [2]. Metoda współczynników opiera się na:

- 1) określeniu **standardowego (przewidywanego) okresu użytkowania (SSL)** komponentu budowli z założeniem jego jakości i roli w budynku. SSLC jest wyrażony w latach jako okres od ukończenia budowy do momentu, gdy komponent ulegnie zużyciu, to znaczy przynajmniej jedna z jego właściwości osiągnie wartość poniżej wymaganego minimum (przy założeniu standardowych warunków projektowania, wykonania, użytkowania, utrzymania i wpływu środowiska),
- 2) określeniu wartości **współczynników**, które ujmują wpływ środowiska i własnych cech komponentu na okres jego użytkowania i występują w sześciu zasadniczych kategoriach:
  - A - jakość materiału,
  - B - poziom projektowania,
  - C - poziom wykonawstwa,
  - D - warunki środowiska wewnętrznego i zewnętrznego,
  - E - warunki użytkowania,
  - F - warunki utrzymania,
- 3) obliczeniu **szacowanego okresu użytkowania (PSL)** jako iloczynu okresu standardowego i współczynników z kolejnych kategorii:

$$PSL = SSL \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F$$

Poniżej zamieszczono przykład obliczenia okresu użytkowania nadproża z kształtownika stalowego walcowanego, zamontowanego w murowanej ścianie szczelinowej, w warunkach środowiska przemysłowego. Przykład pochodzi z brytyjskiego opracowania [1] i ma ilustrować możliwy sposób uwzględniania wpływu czynników istotnych dla danego obiektu.

$$PSL = SSL \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot E \cdot F$$

SSL standardowy okres użytkowania: komponent konstrukcyjny, niedostępny, przyjęto wartość 60 lat (patrz tabela 2.)

- A - jakość komponentu: przyjęto, że spełnia wymagania odpowiedniej normy, wartość 1,
- B - projekt konstrukcji: komponent umocowany w ścianie szczelinowej z dolną półką kształtownika nieosłoniętą, wartość 1,
- C - wykonanie: brak uzupełnień uszkodzonej powłoki zabezpieczającej, wartość 1,
- D<sub>1</sub> - środowisko wewnętrzne: ryzyko kondensacji pary wodnej w ścianie szczelinowej, wartość 0,8 ,
- D<sub>2</sub> - środowisko zewnętrzne: zanieczyszczenia przemysłowe, wartość 0,8 ,
- E - warunki użytkowania: właściwe, wartość 1,
- F - poziom utrzymania: brak zabiegów, wartość 1.

$$PSL = 60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 48 \text{ lat,}$$

czyli warunki założone w przykładzie powodują skrócenie okresu użytkowania nadproża.

Podstawą do określenia wartości czynników są wytyczne zawarte w tabeli 3.

Tabela 3

## Wartości współczynników dla nadproża stalowego w przykładzie [1]

Cechy komponentu i środowiska		Wartości współczynników		
Kategoria	Ujęte cechy charak-	Wystarczające (0,8)	Założone (standardowe) (1)	Dobre (1,2)
A – Jakość komponentu	Rodzaj materiału i/ lub gatunek	Niegodny z normą BS 5977.	Stal średniej jakości walcowana i spawana zgodnie z normą BS 5977	Stal nierdzewna lub wysokiej wytrzymałości według normy BS 5977.
	Cechy trwałości, systemy zabezpieczenia	Mniej niż G275 galwanizowanie + BS 5977 malowanie/ pokrywanie.	Wstępne galwanizowanie i zabezpieczenie bitumiczne lub powłoka malarska albo galwaniczna grubości 25 mikronów według odpowiednich norm	Powłoka galwaniczna według BS 729 (920 lub 1420 g/m <sup>2</sup> ).
B – Poziom projektowania	Szczegóły konstrukcji., złącza	Niewypełnione szczeliny, nieodpowiednie zabezpieczenie w miejscu szczeliny w ścianie	Osadzenie w ścianie szczelinowej z obmurowaniem cegłą, wszystkie połączenia całkowicie wypełnione.	Dodatkowe zabezpieczenie powłokowe w czasie montażu
C – Poziom wykonania	Prace na budowie	Brak napraw w przypadku poprawek lub uszkodzeń na budowie	Brak uszkodzeń spowodowanych przechowywaniem i montażem, brak poprawek na budowie	Wszystkie położenia uszkodzeń w pełni naprawialne.
D <sub>1</sub> – Środowisko wewnętrzne	Cechy specjalne, np. kondensacja	Możliwe skraplanie	Ciemny tynk od wewnątrz bez ryzyka skraplania	Tynk cementowy bez ryzyka skraplania
D <sub>2</sub> – Środowisko zewnętrzne	Cechy specjalne, np. morskie lub zanieczyszczone	Zanieczyszczenia przenysłowe lub środowisko morskie.	Środowisko miejskie średnio zanieczyszczone	Wiejskie, śródlądowe i nie zanieczyszczone środowisko.
E – Warunki użytkowania	Cechy specjalne, np. wandalizm	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy
F – Poziom utrzymania	Cykliczny, wpływający jakość.	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy

W metodzie współczynników opisanej w projekcie normy [5] założono trzy warianty: skracający okres użytkowania (0,8), standardowy (1), oraz zwiększający (1,2). Zasadność takiego przyjęcia wartości współczynników powinna być oceniona każdorazowo przez ekspertów. Podobnie, należałoby dodatkowo określić wagę każdego ze współczynników, a ich wartość modyfikować w oparciu o dostępne dane.

Informacje o długości standardowego (przewidywanego) okresu użytkowania materiałów i komponentów projektant może czerpać z różnych źródeł: doświadczeń z użycia tradycyjnych materiałów w istniejących konstrukcjach, certyfikatów materiałów budowlanych, o ile

zawierają takie dane, publikacji naukowych. Dane o materiałach, niezbędne do kalkulacji projektowych, wyrażone w latach, wraz z opisem metody oceny i wziętych pod uwagę warunków użytkowania, powinien podawać producent; nie mogłyby być traktowane jako gwarancja trwałości, a jedynie jako szacunkowa podstawa do wyboru właściwego produktu dla konkretnych zastosowań [1].

Bez względu na pochodzenie danych wejściowych prognozowany okres użytkowania jest tylko pewnym przybliżeniem. Mimo to może pozwolić na uszeregowanie rozwiązań i wybór najlepszego.

Inną metodą uproszczoną jest metoda HAPM CLM (Housing Association Property Mutual. Component Life Manual), opracowana przez firmę Construction Audit Ltd. na potrzeby firm ubezpieczeniowych [1,7]. W metodzie tej wyznacza się termin, w którym utrata właściwości użytkowych komponentu nie będzie określana jako przedwczesna, a więc okres nieco krótszy niż w przypadku okresu użytkowania.

Metoda opisuje typowe klasy komponentów budowlanych, czyli „punkty odniesienia” i przypisuje im „okresy ubezpieczenia” (insured life) z dokładnością do 5 lat. Metoda przyjmuje tylko ogólne założenia warunków pracy komponentu: właściwie zaprojektowane detale, poprawne wykonanie, zastosowanie materiałów odpowiadających certyfikatom, podstawowy poziom utrzymania. Szczególne warunki pracy komponentu uwzględnia się stosując poprawki do „okresu ubezpieczenia” (dodawanie lub odejmowanie lat). Metoda opisuje blisko 140 typów komponentów budowlanych i blisko 500 podtypów związanych z zastosowaniem różnych materiałów. Przy dobieraniu komponentu do określonego celu można wybierać między kosztami początkowymi i trwałością.

Metoda HAPM CLM bazuje na brytyjskich normach i danych o budynkach mieszkalnych. „Okres ubezpieczenia” można określić z dokładnością do pięciu lat, w granicach od 0 (klasa komponentu U) do „ponad 35” (klasa A), co narzuca pewne ograniczenia. Poza tym w metodzie nie ma mechanizmów uwzględniających wpływ szczególnych warunków pracy komponentu, zwłaszcza związanych z jakością wykonania ani jednoczesnego działania wielu czynników.



### 3. Podsumowanie

Uwzględnienie trwałości w projektowaniu obiektów budowlanych ma na celu redukcję kosztów i zmniejszenie zagrożeń środowiska. Zapewnienie budynkom odpowiedniej trwałości jest jednym z aspektów zrównoważonego rozwoju w tej dziedzinie.

Trwałość budynku jest funkcją wielu zmiennych. Zależy przede wszystkim od doboru odpowiednich materiałów i rozwiązań technicznych oraz od jakości wykonania. W określeniu optymalnego rozwiązania trzeba wziąć pod uwagę wszystkie istotne czynniki, wpływające na krytyczne elementy obiektu budowlanego i poznać mechanizm ich oddziaływania w warunkach wzajemnych interakcji. Wobec olbrzymiej ilości danych i zależności w praktyce bezpośrednio korzystanie ze szczegółowych opracowań naukowych jest utrudnione.

Należy opracować prostą metodę, która pozwoliłaby na wiarygodne prognozowanie okresu użytkowania materiałów i komponentów budowlanych w określonych, czy raczej przewidywanych, warunkach. Powinna ona pozwalać przynajmniej na porównanie trwałości możliwych rozwiązań technicznych, aby ułatwić podjęcie decyzji o ich zastosowaniu. Trwałość wybranych rozwiązań ma być adekwatna do oczekiwanej trwałości oraz spodziewanych kosztów budowy i utrzymania obiektu budowlanego.

Propozycje uproszczonych metod oceny okresu użytkowania komponentów budowlanych, przedstawione w referacie, mogą stanowić podstawę do dalszych prac nad ułatwieniem przewidywania trwałości budynków. Aby można je było stosować w praktyce, należy rozszerzyć i ujednoczyć istniejącą wiedzę o zmienności właściwości użytkowych w czasie oraz dopracować sposób uwzględniania prawdopodobieństwa wystąpienia korzystnych bądź niekorzystnych warunków wpływających na trwałość.

### LITERATURA

1. Bourke K., Davies H.: Factors affecting service life predictions of buildings: a discussion paper. Laboratory Report. Building Research Establishment, Garston, Watford, United Kingdom 1997.
2. Hovde P.J.: Factor methods for service life prediction; Draft Report – Prediction of service life of building materials and components. Service life methodologies. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Maj 2000.

3. Ściślewski Z.: Trwałość budowli. Materiały pomocnicze i informacyjne nr 69, Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1995.
4. Interpretative Documents of Council Directive 89/106/EEC. Official Journal of the European Communities C62. Vol. 37, 28. February 1994.
5. CSA S478-1995 Guideline on Durability in Buildings. Canadian Standards Authority, Ottawa, Canada 1995.
6. ISO 15686-1 Buildings – Service life planning – Part 1: General principles. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland 2000.
7. ISO/FDIS 15686-2 Building and Construction Assets – Service Life Planning – Part 2: Service Life Prediction Procedures. British Standards Institutions, London, United Kingdom 2000.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Zbigniew Ściślewski

#### **Abstract**

The paper underlines the importance of service life assessment in construction, as durability of buildings highly influences environment and economy. The construction industry is a great consumer of energy and natural resources, including land. Buildings are potential source of waste that requires cost-creating utilization. Buildings are subject to various deterioration factors and therefore in need of expensive maintenance. To keep expenditures on reasonable level, adequately durable materials and components are to be used. The currently developing methods of service life prediction of materials, components and structures have been revised and evaluated with regard to applicability in cost-reducing design.