

## MODELOWANIE PRZESTRZENI BUDOWLI W GIS DLA CELÓW WSPOMAGANIA DECYZJI W ZARZĄDZANIU KRYZYSOWYM<sup>1</sup>

### MODELLING OF THE BUILDING SPACE IN GIS TO SUPPORT DECISION-MAKING IN CRISIS MANAGEMENT

Konrad Eckes

Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

**Słowa kluczowe:** modelowanie budowli, zarządzanie kryzysowe, analizy w GIS, relacje przestrzenne

Keywords: building modeling, crisis management, GIS analyses, spatial relations

## Wprowadzenie

Relacje przestrzenne odgrywają podstawową rolę w podejmowaniu decyzji w zarządzaniu miastem i jego infrastrukturą. W warunkach normalnego funkcjonowania miasta relacje czasowe w podejmowaniu decyzji są adekwatne do stopnia ważności sprawy. Natomiast w chwili powstania zagrożenia dla miasta przez klęskę powodzi, pożaru lub katastrofy ekologicznej relacje czasowe nabierają szczególnej wagi.

Poza aspektem czasowym szczególną rolę w zarządzaniu kryzysowym w mieście odgrywa dostarczanie dokumentacji przestrzennej o terenie miasta i jego zagospodarowaniu w postaci pełnej, zintegrowanej, pogłądowej i zrozumiałej dla wszystkich uczestników związanych z zarządzaniem i akcją ratowniczą.

W warunkach geograficznych i klimatycznych naszego kraju, gdzie klęski żywiołowe występują na szczęście niezbyt często, trudno jest jednoznacznie zweryfikować działanie systemu obiegu informacji o przestrzeni w warunkach ekstremalnych. Natomiast na podstawie oceny działania tego systemu w warunkach normalnego funkcjonowania można wyprowadzić wnioski o istotnych zastrzeżeniach w stosunku do stopnia integracji dokumentowania terenu miasta i przestrzeni jego zabudowy.

W pracy (Eckes, 2008) została przedstawiona teza o nieciągłości dokumentowania przestrzeni miasta. Na mapach wielkoskalowych budynki są reprezentowane wyłącznie przez ich obrys na poziomie przyziemia i zawierają wewnątrz puste pola. Przestrzeń budynków jest dokumentowana oddzielnie w postaci rysunków budowlanych lub zapisów w językach gra-

---

<sup>1</sup> Przedstawiona w niniejszej publikacji tematyka została opracowana jako zadanie badań własnych w AGH, nr 10.10.150.967/08 w 2008 roku.

ficznych lub formalnych. Taki układ tworzy dezintegrację technologii opisu i miejsca przechowywania dokumentacji.

Istnieje wiele zadań, w których jest konieczne rozwiązywanie relacji pomiędzy przestrzenią wewnętrzną zabudowy, elewacjami zabudowy i terenem otaczającym. W pracy (Eckes, 2008) wyróżniono trzy grupy relacji: relacje identyfikacji, relacje geograficzne i klimatyczne oraz relacje uciążliwych oddziaływań na środowisko zabudowy. W tejże pracy została zaproponowana koncepcja integracji opisu terenu z opisem przestrzeni zabudowy w technologii GIS. W takim ujęciu problemu zapis całkowitej przestrzeni miasta jest realizowany w jednolitej technologii i przechowywany w jednym miejscu. Taki zapis cechuje się ciągłością odwzorowywania przestrzeni. Postawiona teza została poparta przykładami, które zawierają odpowiedzi na typowe pytania stawiane systemowi.

W pracy (Eckes, 2008) zarysowano krótko czwartą grupę zadań, dotyczącą zarządzania kryzysowego, jednak ze względu na szeroki zakres i szczególną wagę tematu stał się on przedmiotem niniejszej, oddzielnej publikacji.

## **Typowe relacje przestrzenne pomiędzy zabudową i otoczeniem – w zarządzaniu kryzysowym**

W zarządzaniu kryzysowym w relacjach pomiędzy zabudową i terenem czołową rolę odgrywa logistyka oraz ustalanie dróg dotarcia z pomocą i dróg ewakuacji. Z logistycznego punktu widzenia można wyróżnić tutaj trzy typowe przypadki:

- źródło zagrożenia powstało na zewnątrz zabudowy (na przykład powódź),
- źródło zagrożenia powstało wewnątrz zabudowy (na przykład pożar),
- kształt zabudowy uległ zmianie, uszkodzeniu uległa część zabudowy lub cała zabudowa została zniszczona i podjęto akcję ratowniczą poszukiwania ludzi i przebijania dróg ewakuacji.

We wszystkich trzech przypadkach występuje problem dotarcia z pomocą do mieszkańców i ich ewentualna ewakuacja. Wskazuje to na bardzo ważne relacje pomiędzy wnętrzem budynku a jego otoczeniem. Taka dwustronna komunikacja może się odbywać w zależności od sytuacji następującymi sposobami:

- korzystanie z normalnych ciągów komunikacyjnych budynku (korytarze, klatki schodowe, drzwi wejściowe),
- korzystanie z awaryjnych ciągów komunikacyjnych (włazy i schody zewnętrzne),
- korzystanie z naturalnych otworów w elewacji, którymi są okna,
- przebijanie się przez ściany budowli w stanie katastrofalnego zniszczenia oraz przebijanie się przez przestrzenie wypełnione gruzowiskiem.

W niniejszej pracy zostaną przedstawione przykłady analiz w GIS, wspomagające decyzje w zarządzaniu kryzysowym, które praktycznie ilustrują powyższą tematykę. Wszystkie zadania praktyczne zostały rozwiązane za pomocą systemu ArcGIS 9 firmy Environmental Systems Research Institute, Redlans, USA.

Poza typowymi, konkretnymi zadaniami podstawową rolę w zarządzaniu kryzysowym odgrywa natychmiastowe dostarczenie pełnej dokumentacji terenu i przestrzeni zabudowy – dla planowania i kierowania akcją ratowniczą oraz bieżącego śledzenia jej przebiegu. W tym przypadku zadanie polega na niezwłocznym dostarczeniu dokumentacji o terenie i jego zagospodarowaniu.

## **Dostarczanie dokumentacji i bieżące śledzenie przebiegu akcji w czasie rzeczywistym**

W pracy (Eckes, 2008) została przedstawiona koncepcja zintegrowanego zapisu przestrzeni wewnętrznej budynku i jego otoczenia za pomocą technologii GIS. Rysunek 1 zawiera taki zapis. Ten zapis jest oparty na rozróżnialności elementów funkcyjnych budynku i na przechowywaniu ich na oddzielnych warstwach. Rysunek 1 jest fragmentem ciągłej dokumentacji przestrzeni, obejmującej pełny zapis danych o terenie i jego zagospodarowaniu w postaci budynku. Za pomocą takiej dokumentacji (której niewielki fragment jest pokazany na rysunku 1) może być planowana akcja ratunkowa lub rejestrowany w czasie rzeczywistym aktualny stan akcji. Rysunek 1 przedstawia przykład bieżącego sprawdzania pomieszczeń w czasie klęski powodzi, w celu ewakuowania kompletu mieszkańców danej kondygnacji. Układ sytuacyjny izb bloku mieszkalnego pozwala na sprawdzanie kolejnych pomieszczeń i rejestrowanie tego faktu w sposób bezpośredni lub zdalny na planie danej kondygnacji. Taka dokumentacja eliminuje przypadkowość i nadaje akcji cechę uporządkowania.

## **Analiza dróg ewakuacyjnych w przypadku zagrożenia powstałego we wnętrzu budynku**

Rysunki 2, 3 i 4 przedstawiają analizę dróg ewakuacyjnych w przypadku zagrożenia powstałego we wnętrzu budynku w jednym segmencie bloku mieszkalnego. Zagrożenie to wykazuje tendencję do rozszerzania się, rozpoczynając od fazy początkowej (rys. 2) – opanowuje kolejne pomieszczenia (rys. 3 i 4). Z punktu widzenia zagrożenia bezpieczeństwa mieszkańców bardzo istotne jest ustalenie jak w kolejnych fazach propagacji zagrożenia kształtuje się i zmniejsza przestrzeń ewakuacji, jak zmniejsza się ta przestrzeń i w jakich krytycznych momentach następuje odcięcie dróg ewakuacyjnych. W każdej chwili mamy tutaj do czynienia z dwoma stykającymi się obszarami:

- z obszarem zagrożeń, które narasta sukcesywnie; jego propagacja jest ukierunkowana na kolejne pomieszczenia przyległe,
- ze zmniejszającą się przestrzenią ewakuacji, której węzłem są drzwi wejściowe i klatka schodowa.

Dla każdego stanu zagrożenia można ustalić strategię ewakuacji. Taką procedurę można nazwać „grą ewakuacyjną” i dla tej gry został opracowany odpowiedni algorytm postępowania.

Z praktycznego punktu widzenia korzystnie jest założyć dyskretną formę propagacji zagrożenia i rozpatrywać tę propagację w etapach. Granicę przejścia do następnego etapu może wyznaczać fakt opanowania przez zagrożenie kolejnych przyległych pomieszczeń. Każdemu etapowi zagrożenia będzie odpowiadać ustalenie aktualnej przestrzeni ewakuacji. Takie postępowanie posiada cechę gry strategicznej, w której każdemu działaniu odpowiada ustalenie zakresu dopuszczalnych manewrów. Rysunki 2, 3 i 4 pokazują schematycznie przebieg analizy (gry ewakuacyjnej) wykonanej w 3 etapach za pomocą narzędzi GIS.

## Algorytm – strategia wyznaczania przestrzeni ewakuacji

### Inicjacja algorytmu

Wskaż pomieszczenie, w którym powstało zagrożenie i przyjmij je jako bieżący stan zakresu zagrożenia.

### Procedura 1

Wskaż drzwi wejściowe budynku i za pomocą narzędzia selekcji według położenia rozpoznaj pomieszczenia przyległe wewnątrz budynku.

W edycji połącz rozpoznane obiekty przyległe (także znajdujące się na różnych warstwach) w jedną wspólną przestrzeń ewakuacji.

Powtarzaj powyższe działania niniejszej procedury do osiągnięcia stanu, w którym przestrzeń ewakuacyjna zetknie się z bieżącym stanem zakresu zagrożenia.

### Procedura 2

Przejdź do następnego etapu propagacji zagrożenia. Rozpoznaj otoczenie bieżącego stanu zakresu z zagrożenia.

W edycji połącz rozpoznane obiekty przyległe z dotychczasowym stanem zakresu zagrożenia.

**Powtarzaj** kolejno **Procedurę 1** i **Procedurę 2** do stanu, w którym zagrożenie obejmuje taki obszar, że ustalenie przestrzeni ewakuacji nie będzie możliwe.

Z przebiegu **Algorytmu** można zauważyć, że **Procedura 2** zakłada łańcuchowe powiększanie się obszaru zagrożenia zawsze o najbliższe pomieszczenia przyległe, o jeden kolejny krok, natomiast w **Procedurze 1** jest wykonywanych tyle kroków, na ile pozwala bieżąca sytuacja. Styk przestrzeni ewakuacji z zakresem zagrożenia przerywa **Procedurę 1**.

Procedurę tę można ulepszyć, tak aby kontynuowała ona sekwencję i poszukiwała w układzie izb alternatywnych kierunków narastania przestrzeni ewakuacji, także przez okna. W tym celu należy zatrzymać powiększanie się przestrzeni ewakuacji na granicy styku z obszarem zagrożonym (na rysunku 3 – na granicy drzwi wejściowych do mieszkania z klatki schodowej), a kontynuować narastanie przestrzeni ewakuacyjnej w mieszkaniach niezagrożonych (z lewej i u góry na rysunku 3). Taką blokadę można osiągnąć za pomocą narzędzia *Erase (Usun)*. Narzędzie to pozwoli usunąć z listy potencjalnych pomieszczeń przyległych, w procesie budowania przestrzeni ewakuacyjnej – strefę już zagrożoną.

W przypadku niemożliwości zbudowania przestrzeni ewakuacyjnej w relacji do drzwi wejściowych budynku i klatki schodowej, takie przestrzenie można budować w relacji do innych naturalnych otworów w elewacji, którymi są okna (lub drzwi balkonowe).

## Analizy dróg ewakuacyjnych w przypadku zagrożenia powstałego na zewnątrz budynku

Typowym przykładem zagrożenia powstałego na zewnątrz budynku jest klęska powodzi. Z punktu widzenia zarządzania kryzysowego i działalności ratowniczej ma tutaj miejsce inna strategia postępowania niż w przypadku poprzednim. Cechą charakterystyczną takiej klęski jest zazwyczaj rozległość zjawiska i ewakuacja przy pomocy służb ratowniczych i sprzętów,

które muszą przybyć do rejonu zagrożonej zabudowy i dokonać sprawnej ewakuacji wszystkich mieszkańców.

Przy wysokich stanach wód zazwyczaj odcięte są drogi ewakuacji przez drzwi wejściowe budynków. Ewakuację mieszkańców wykonuje się przez okna. Logistyka akcji ratowniczej rodzi pytanie o wybór elewacji budynku, wzdłuż których można dostarczyć zaopatrzenie wszystkim mieszkańcom danej kondygnacji lub ewakuować ludzi ze wszystkich mieszkań. W odpowiedzi na to pytanie została wykonana analiza, której wyniki przedstawia rysunek 5. Analiza odpowiada na pytanie, czy istnieje jakaś elewacja budynku, do której przylega przynajmniej jedno okno od każdego mieszkania danej kondygnacji. W wyniku analizy ustalono, że warunek ten spełnia elewacja południowa. Analizę przeprowadzono za pomocą narzędzia *Wybierz Według Położenia*, w którym wykorzystano z relacji przyległości okien mieszkań do elewacji południowej. Dla typowych i powtarzalnych bloków mieszkalnych z wielkiej płyty, tworzących rozległe osiedla miast w latach 70. i 80. XX wieku, opisana analiza jest prosta i dla wielu bloków może dawać podobne wyniki. Natomiast może być szczególnie przydatna w ustalaniu logistyki akcji ratowniczej w przypadku tradycyjnej zabudowy miasta lub współczesnych budynków o nietypowych kształtach konturu przyziemia.

## **Tworzenie dróg ewakuacji w przypadkach katastrofalnych zniszczeń budowlanej**

Przyczynami katastrofalnych zniszczeń budowlanej mogą być ruchy tektoniczne, zjawiska klimatyczne, wypadki wojenne lub działalność terrorystyczna. Te przyczyny są niestety stale obecne w wielu krajach. W naszym środowisku występują (na szczęście rzadko) katastrofy budowlane, a także uszkodzenia lub zniszczenia budynków wywołane przez szkody górnicze.

Przypadki katastrofalnych zniszczeń budowlanej są przypadkami ekstremalnymi i charakteryzują się przede wszystkim dwoma cechami:

- następuje dramatyczna zmiana kształtu części lub całości wnętrza budowlanej,
- zostają zazwyczaj odcięte wszelkie drogi ewakuacyjne.

W takiej sytuacji szczególnej wagi nabiera natychmiastowy dostęp do dokumentacji wnętrza budowlanej w celu systemowego przeszukania ocalałych pomieszczeń i przebijania dróg ewakuacyjnych. Rysunek 6 przedstawia analizę tworzenia korytarza ewakuacyjnego. Zaplanowany wariant korytarza przechodzi przez zewnętrzną ścianę nośną, przez ścianę działową oraz przez rumowiska zalegające w kilku pomieszczeniach. Rysunek korytarza został utworzony jako bufor osi przebitki. Z bazy danych, sprzężonej z warstwą bufora, można uzyskać dane geometryczne fragmentów korytarza przecinającego kolejne przeszkody. Dla przykładu można przytoczyć dane z rysunku 6, że korytarz o szerokości około 0,4 m, na łącznej długości 8,3 m przechodzi przez pomieszczenie wypełnione rumowiskiem. Przyjmując odpowiednie współczynniki wagowe nakładu pracy niezbędnego do przebijania ścian i usuwania rumowisk i przemnażając te jednostkowe współczynniki przez realne wymiary przeszkód – możemy określić liczbowo łączny nakład pracy niezbędny do utworzenia danego korytarza ewakuacyjnego. Będzie wtedy możliwe porównywanie różnych wariantów tworzenia dróg ewakuacyjnych.

## **Budowanie związków geometrycznych na podstawie danych opisowych**

W zarządzaniu kryzysowym, dotyczącym ochrony mieszkańców i zabezpieczenia budowli, może zaistnieć sytuacja, że dysponujemy zapisem układu wewnętrznego budynku, jednak ten zapis nie obejmuje szczegółowego przebiegu instalacji pionów i rozprowadzenia mediów na poziomie każdej kondygnacji. W sytuacji pojawienia się spękań murów zewnętrznych budynku należy w trybie awaryjnym ustalić, gdzie przebiegają piony instalacyjne i czy spękania nie spowodują rozerwania przewodów (zwłaszcza przewodów gazowych). Na podstawie doraźnego wywiadu uzyskano informację, że piony znajdują się w łazienkach, na ścianach przeciwnych względem drzwi. Za pomocą analizy należy ustalić, które łazienki przylegają do zewnętrznych ścian budynku. Wynik analizy został przedstawiony na rysunku 7.

Do wykonania analizy niezbędna była rozróżnialność funkcjonalna izb budynku, co oznacza, że poszczególne izby mają przyporządkowany atrybut (pokoju mieszkalnego, kuchni, łazienki) lub izby o określonych funkcjach zgrupowane są na oddzielnych warstwach. W przypadku niniejszego przykładu miało miejsce drugie rozwiązanie. Analiza polegała na wyselekcjonowaniu tych łazienek, które są oddalone od konturu zewnętrznego budynku o odległość nieco większą niż grubość ściany zewnętrznej. W opisywanym zadaniu nastąpiło połączenie danych geometrycznych z danymi opisowymi, które zostały zamienione na dane geometryczne.

## **Koncepcja mikromapy jako dokumentacji elementów budowli z wykorzystaniem technologii GIS**

W poprzednim rozdziale został opisany przypadek awaryjnego poszukiwania miejsca przebiegu pionów instalacyjnych wewnątrz budynku. Oczywiście taki przebieg powinien być szczegółowo oznaczony w dokumentacji budowlanej (o ile taka istnieje). Jednak taka dokumentacja posiada postać analogową zwykłego rysunku, a jeżeli nawet jest zapisana w edytorze graficznym to nie ma możliwości wykonywania w takim zapisie analiz.

Nasuwa się więc koncepcja zapisu składu materiałowego i wyposażenia wybranych elementów budowli, jak elewacji lub ścian wewnętrznych budynku, z wykorzystaniem technologii GIS (rys. 8). W ten sposób można zarejestrować: szczegółowy skład materiałowy wybranej ściany, naturalne otwory jak drzwi, okna, kanały instalacyjne oraz kompletną instalację z uzbrojeniem. Taki zapis proponuje się nazwać „mikromapą”. Genezą koncepcji mikromapy jest projekt podany przez autora w pracy (Eckes, 1996). W tej pracy został zaproponowany łańcuchowy model organizacji informacji przestrzennej, który przewidywał hierarchię w organizacji zapisu przestrzeni.

W zarządzaniu kryzysowym mikromapa dostarcza gotowej wiedzy o elementach składowych budowli, nie wymaga jej wyszukiwania, pozwala na przechowywanie szczegółowych danych o budynku – w jednym miejscu i w jednolitej technologii. W przypadku wystąpienia konieczności przebijania korytarza ewakuacyjnego – mikromapa może odegrać decydującą rolę w wyborze wariantu i może w znacznym stopniu przyspieszyć akcję ratowniczą.

Koncepcja mikromapy może mieć wiele innych, wszechstronnych zastosowań. Jako warstwy mikromapy mogą być zapisane dane materialne podstawowe i uzupełniające (o charak-

terze okresowym), własności fizyczne i chemiczne oraz rozkład zjawisk fizycznych na elewacji lub w ścianie wewnętrznej. Szeroki zestaw warstw mikromapy może mieć postać następującą:

**Dane materialne podstawowe**

- otwory w elewacji lub w ścianie: drzwi, okna, kanały instalacyjne,
- wystrój geometryczny elewacji lub ściany,
- dylatacje,
- skład materiałowy,
- grubość,
- instalacje i uzbrojenie,
- kotwy zabezpieczające przed uszkodzeniami górnictwem,
- znaki pomiarowe.

**Dane materiałowe uzupełniające** (nietrwale lub o charakterze okresowym)

- uszkodzenia elewacji, wywołane czynnikami atmosferycznymi,
- uszkodzenia ścian jako skutek eksploatacji górnictwem,
- rejony zawilgocenia,
- kolory elewacji, rysunki podkreślające plastykę,
- zakres elewacji porośnięty roślinami pnącymi.

**Własności fizyczne, chemiczne i inne parametry**

- stopień ognioodporności,
- rozkład współczynnika izolacji cieplnej,
- odporność na czynniki klimatyczne (zawilgocenia, mróz),
- odporność na czynniki chemiczne,
- kategoria zabezpieczenia przed uszkodzeniami górnictwem,
- wiek,
- ocena stanu technicznego.

**Rozkład zjawisk fizycznych**

- rozkład hałasu ulicznego lub przemysłowego na elewacji,
- stan nasłonecznienia w różnych porach roku i dnia,
- stan zacienienia elewacji przez budowle i drzewa w różnych porach roku i dnia.

Z przytoczonego tutaj szerokiego zakresu zastosowań mikromapy można wyprowadzić wniosek, że taki sposób dokumentowania elementów przestrzeni zabudowy jest wyzwaniem do podjęcia badań nad jego szerokim wykorzystaniem.

## Podsumowanie

Zarządzanie kryzysowe w mieście musi być prowadzone w oparciu o pełną i pogładową dokumentację, w której opis zabudowy jest zintegrowany z opisem terenu. W tym działaniu czas odgrywa dominującą rolę. W warunkach obecnych nie zawsze takie wymagania są spełnione – występuje dezintegracja opisu terenu i opisu wnętrza budowli. Dokumentacje budowli są wykonywane w innej technologii niż mapy wielkoskalowe. Są także przechowywane w innym miejscu.

W niniejszej pracy została zaproponowana integracja opisu terenu z opisem przestrzeni zabudowy – zapis w jednolitej technologii GIS, co daje gwarancję nie tylko szybkiego dostarczenia dokumentacji, lecz także stwarza możliwość wykonywania wszechstronnych analiz,

wspomagających podejmowanie decyzji w zarządzaniu kryzysowym. W pracy przedstawiono typowe relacje przestrzenne występujące w takim zarządzaniu, z uwzględnieniem wymagań różnych akcji ratowniczych i ustalaniem dróg ewakuacji.

W praktycznej części pracy pokazano analizy w GIS (rys. 2–7). Na podkreślenie zasługuje analiza dróg ewakuacji w przypadku powstania zagrożenia wewnątrz budynku (rys. 2, 3 i 4). Wymieniona analiza ma charakter gry strategicznej. Sposób postępowania został podany w postaci algorytmu. Na podkreślenie zasługuje także zastosowanie technologii GIS w tworzeniu dróg ewakuacyjnych w przypadku katastrofalnych zniszczeń budynku.

W końcowej części pracy została przedstawiona koncepcja „mikromapy” – jako dokumentacji elementów budowli (elewacji lub ścian wewnętrznych) w technologii GIS. Koncepcja mikromapy może znaleźć zastosowanie nie tylko w zarządzaniu kryzysowym – może mieć szerokie zastosowanie praktyczne jako alternatywne i wszechstronne narzędzie dokumentowania przestrzeni budynków.

### Literatura

- ArcGIS 9, 2004: Users' Manuals. Environmental Systems Research Institute, Redlans, USA.  
Eckes K., 1996: A chain model of the spatial information organization. Proceedings of the Fifth Seminar on European Land Information Systems ELIS'96, Warsaw, Poland.  
Eckes K., 2008: Rozszerzenie funkcji systemu informacji o terenie o dokumentowanie wewnętrznej przestrzeni obiektów. *Roczniki Geomatyki*, t. VI, z. 4, PTIP, Warszawa.

### Abstract

*Crisis management in the city should be based on visual and complete documentation. In such documentation the description of the buildings and description of the surrounded terrain must be integrated.*

*At present, this condition is not always met. In general, there is disintegration of the terrain description and buildings' interior description. The documentation of buildings is carried out in other technology than large-scale maps. In addition, the buildings' documentation is usually stored in another place than the cartographic one.*

*In this paper, integration of building space description and terrain description is proposed. Furthermore, these descriptions should be performed and stored in GIS technology. Such solution ensures not only prompt delivery of documentation, but also enables to perform comprehensive analyses, which are helpful in decision-making in crisis management.*

*In the paper, typical spatial relations are presented, which occur in such management – with regard to the requirements of the different rescue operations and setting emergency evacuation routes.*

*In the practical part of the paper, several analyses in GIS are shown (Fig. 2–7). Among others an analysis of determination of evacuation space was performed in the case, when the source of the threat was inside the building (Fig. 2, 3, 4). The analysis was performed as a strategic game. Also, worth mention is the analysis, which aides to determine evacuation routes, in the case of total destruction of the building.*

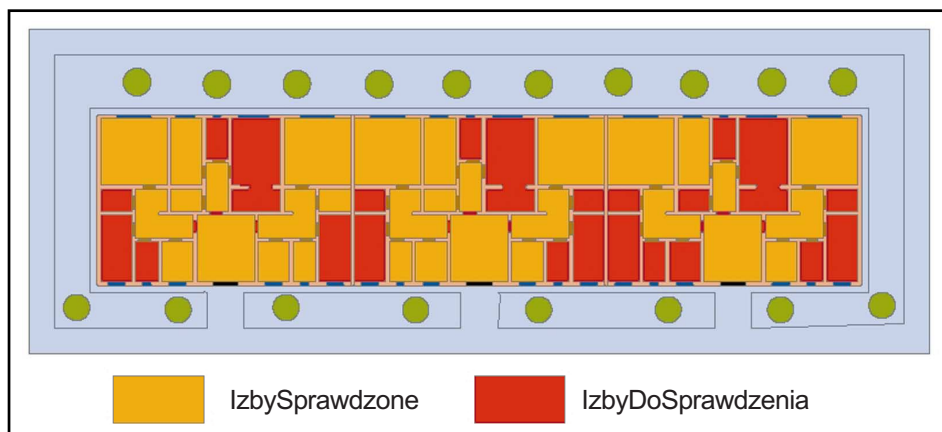
*In the last part of the paper, the concept of “micro-map” is presented. The micro-map is a specific documentation of a building element (for example elevation or interior wall) – recorded with the use of GIS technology (Fig. 8). The micro-map concept can be applied not only in crisis management, but also can be widely used in practice as an alternative and powerful tool for building space documentation.*

dr hab. inż. Konrad Eckes, prof. AGH

keckes@agh.edu.pl

tel. +48 12 617 23 05

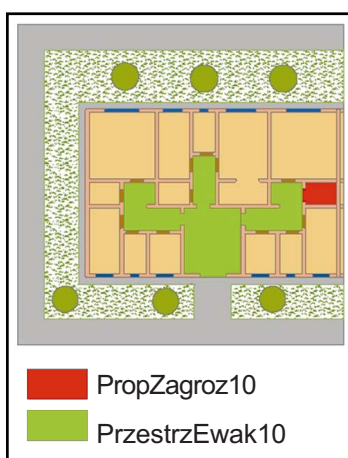




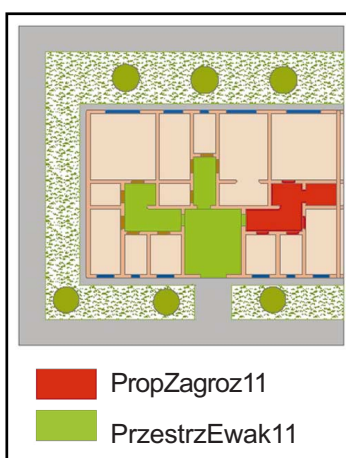
**Rys. 1.** Przykładowy fragment dokumentacji integrującej opis przestrzeni zabudowy i przestrzeni terenu;

taka dokumentacja może służyć do planowania akcji ratowniczej i rejestrowania bieżącego stanu przebiegu akcji;

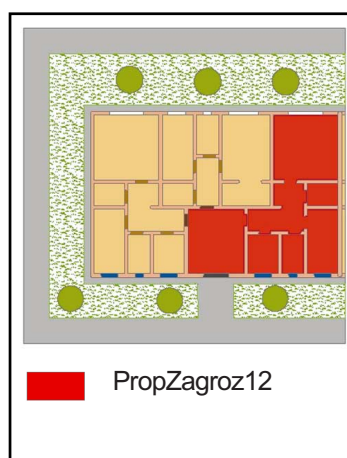
rysunek przedstawia przykładowy stan bieżący sprawdzania pomieszczeń w celu ewakuacji wszystkich mieszkańców danej kondygnacji w czasie klęski powodzi



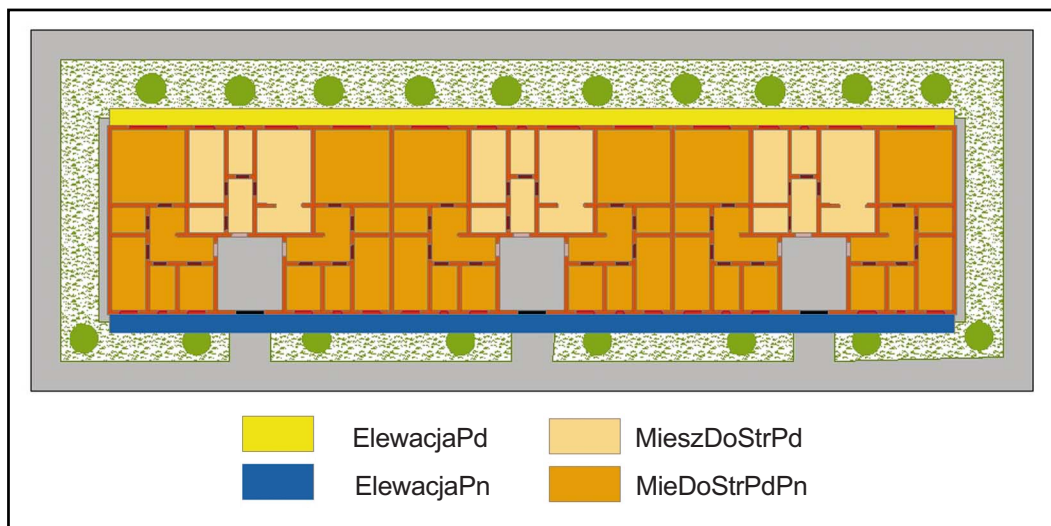
**Rys. 2.** Analiza dróg ewakuacyjnych – Etap I; zagrożenie w fazie początkowej nie ogranicza dróg ewakuacyjnych ze wszystkich pozostałych izb kondygnacji



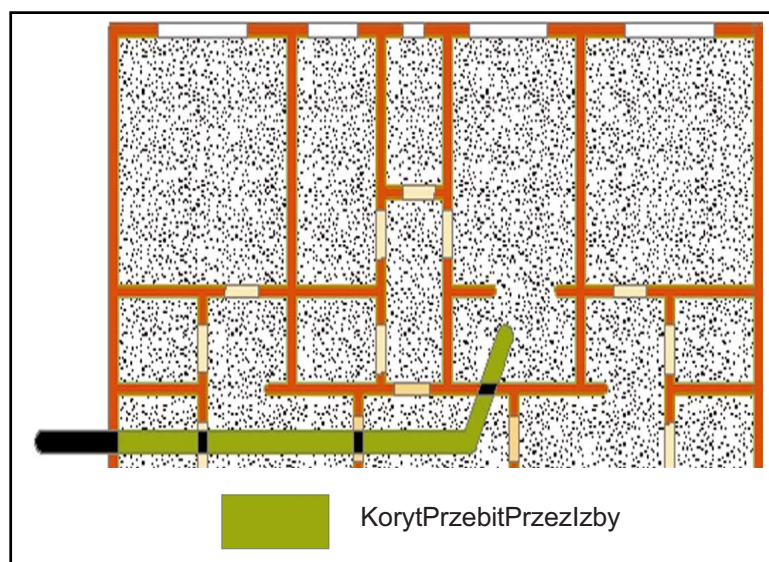
**Rys. 3.** Analiza dróg ewakuacyjnych – Etap II; nastąpiła propagacja zagrożenia i została odcięta naturalna droga ewakuacyjna przez klatkę schodową, dla kompletu izb mieszkania; droga ewakuacyjna dla dwóch pozostałych mieszkań nie została odcięta



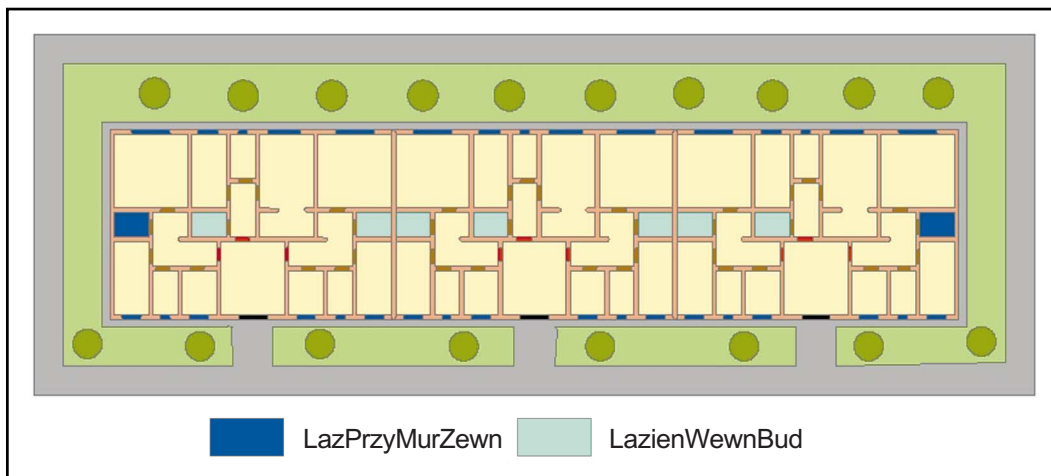
**Rys. 4.** Analiza dróg ewakuacyjnych – Etap III; nastąpiła dalsza propagacja zagrożenia, w tym także do klatki schodowej; zagrożenie objęło cały obszar mieszkania po prawej, a dla dwóch pozostałych mieszkań została odcięta naturalna droga ewakuacji



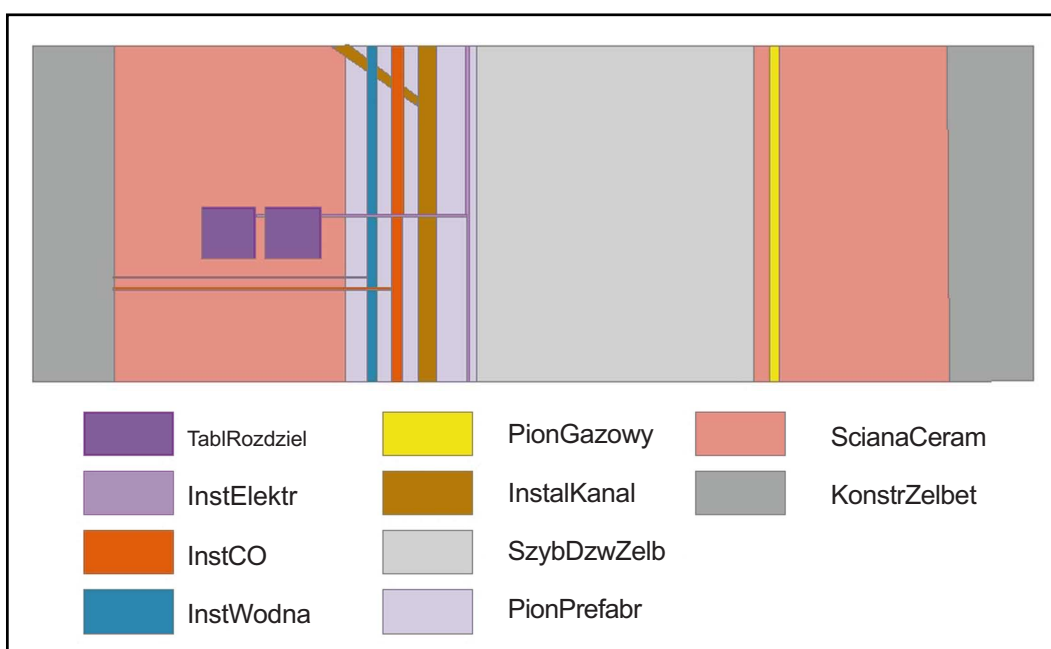
**Rys. 5.** Wynik analizy, która odpowiada na pytanie dotyczące akcji ratowniczej w czasie klęski powodzi; w wyniku analizy ustalono, że do elewacji południowej budynku przylega jedno okno (lub więcej) wszystkich mieszkań danej kondygnacji; taka sytuacja stwarza ułatwienie logistyczne dla akcji ratowniczej



**Rys. 6.** Analiza dotycząca tworzenia wariantowej drogi ewakuacyjnej w przypadku katastrofalnego zniszczenia budowli; studia nakładu prac niezbędnych do przebicia korytarza przez ścianę nośną, ścianę działową oraz rumowiska zalegające w izbach



**Rys. 7.** Wynik analizy, której celem było ustalenie, które łazienki, zawierające pionów instalacyjne, przylegają do ściany zewnętrznej budynku (ściany zewnętrzne uległy spękaniu na skutek szkód górniczych); dane opisowe o lokalizacji pionów instalacyjnych zostały powiązane z układem sytuacyjnym wnętrza budowli



**Rys. 8.** Przykład realizacji koncepcji „mikromapy” – szczegółowego zapisu składu materiałowego i wyposażenia elewacji lub wybranych ścian wewnętrznych budynku z wykorzystaniem technologii GIS; taki zapis umożliwi wykonywanie analiz wspomagających decyzje w zarządzaniu kryzysowym oraz może posiadać ponadto wiele innych zastosowań praktycznych