



POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ROZPRAWA DOKTORSKA

**ELIMINACJA ZAGROŻEŃ W TRAKCIE PROCESU
PROJEKTOWEGO JAKO DETERMINANTY
TWORZENIA MODELI PRZYJAZNEGO I
BEZPIECZNEGO ŚRODOWISKA DO ŻYCIA.**

Risk Elimination within the Architectural Design Process as a Determinant of Modeling Safe and User-Friendly Built Environments.

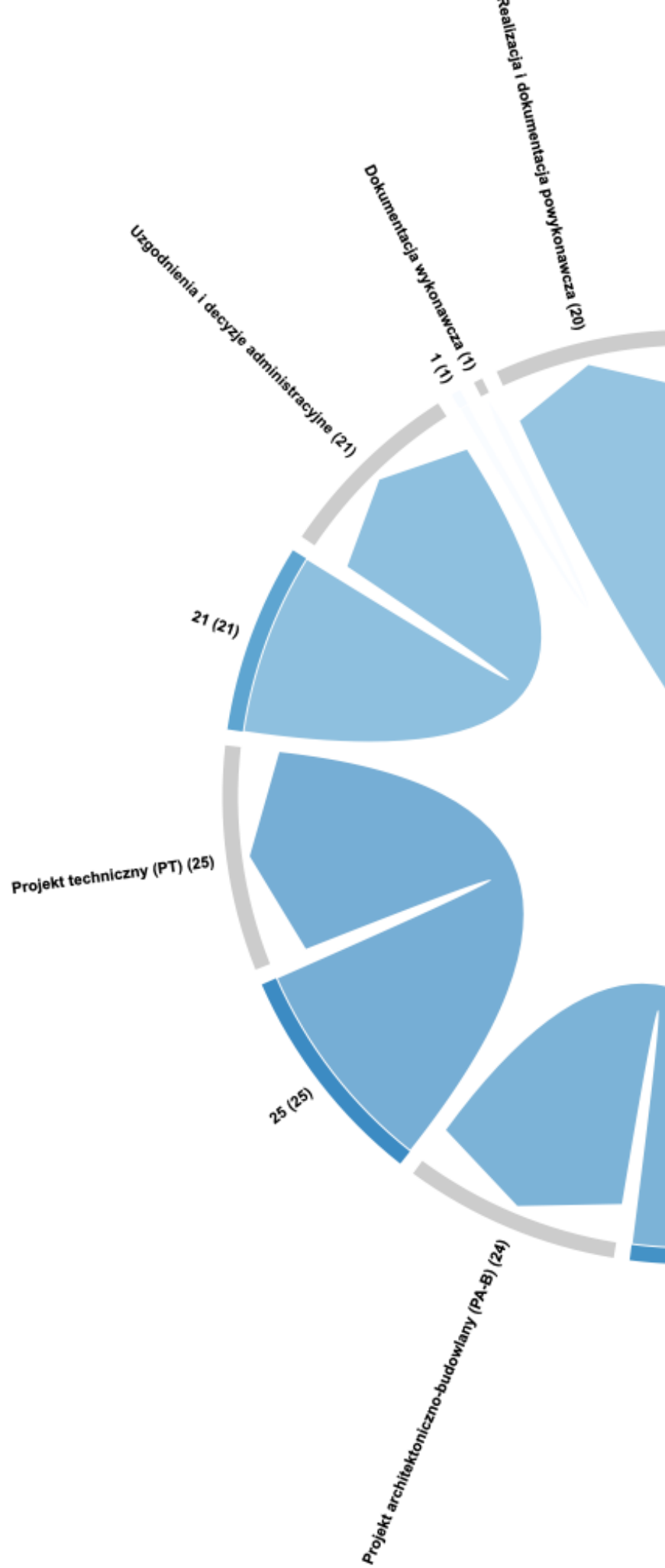
autor: mgr inż. arch. Marta KRĘSKA-PYRZ

promotor: dr hab. inż. arch. Szymon OPANIA, prof. PŚ

opiekun pomocniczy: mgr inż. arch. Wojciech KOZIARSKI

DOKTORAT WDROŻENIOWY

EGZEMPLARZ .../5



POLITECHNIKA ŚLĄSKA

ROZPRAWA DOKTORSKA

**ELIMINACJA ZAGROŻEŃ W TRAKCIE PROCESU
PROJEKTOWEGO JAKO DETERMINANTY
TWORZENIA MODELI PRZYJAZNEGO I
BEZPIECZNEGO ŚRODOWISKA DO ŻYCIA.**

Risk Elimination within the Architectural Design Process as a Determinant of Modeling Safe and User-Friendly Built Environments.

autor: mgr inż. arch. Marta KRĘSKA-PYRZ

promotor: dr hab. inż. arch. Szymon OPANIA, prof. PŚ

opiekun pomocniczy: mgr inż. arch. Wojciech KOZIARSKI

DOKTORAT WDROŻENIOWY

PODZIĘKOWANIA

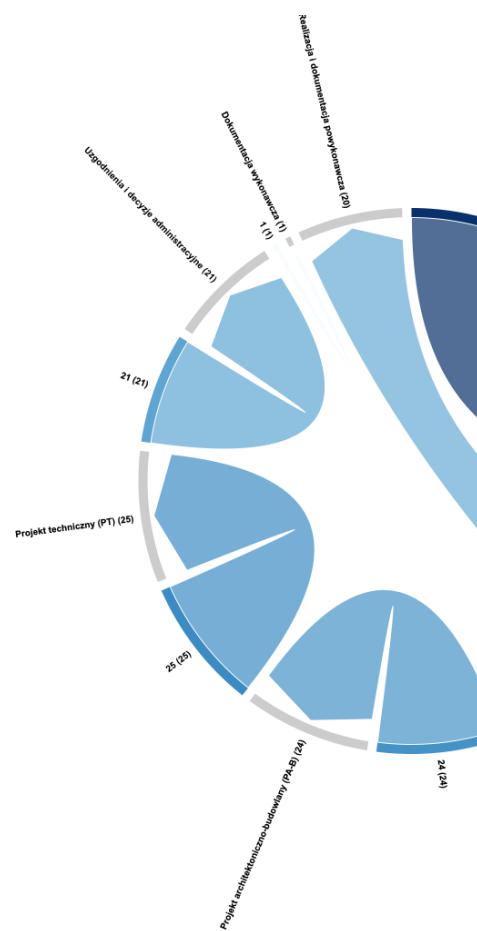
Pragnę wyrazić głęboką wdzięczność wszystkim osobom, których wsparcie, życzliwość i profesjonalizm przyczyniły się do powstania niniejszej pracy. Każdy z tych wkładów – merytoryczny, organizacyjny i emocjonalny – był dla mnie nieoceniony.

Wyrazy najgłębszej wdzięczności kieruję do dr hab. inż. arch. Szymonowi Opanii, prof. PŚ, promotora mojej pracy magisterskiej i doktorskiej. Dziękuję za wieloletnie towarzyszenie w drodze naukowej, za konsekwentne budowanie warsztatu badawczego, wrażliwość metodologiczną oraz inspirującą dyscyplinę myślenia. Pańska cierpliwość, kultura rozmowy i otwartość na pytania – te łatwe i te najtrudniejsze – kształtowały mój sposób pracy i rozumienia odpowiedzialności badacza i praktyka.

Dziękuję za merytoryczne przywództwo, precyzyjne wskazówki i strategiczną opiekę nad projektem badawczym. Pański krytyczny ogląd, dbałość o spójność założeń i klarowność argumentacji pozwoliły mi udoskonalić zarówno część teoretyczną, jak i aplikacyjną pracy. Wyrażam również wdzięczność za towarzyszenie w drodze wdrożeniowej, w tym przy praktycznych działaniach związanych ze zdobywaniem uprawnień do projektowania oraz przygotowaniem do ich stosowania w środowisku zawodowym.

Wyrazy podziękowania kieruję również do opiekuna pomocniczego, mgr inż. arch. Wojciecha Koziarskiego, za konstruktywną krytykę, wsparcie w sprawach warsztatowych oraz liczne sugestie usprawniające strukturę i komunikatywność wdrażania wyników w codziennej pracy.

Osobne, lecz równie ważne, podziękowania składam także najbliższym.



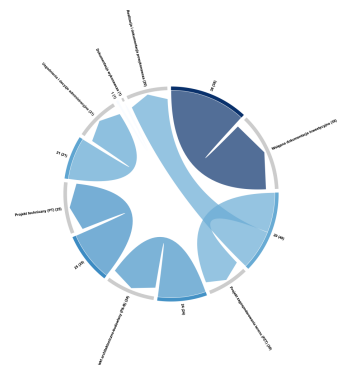
SPIS TREŚCI

9

1. ROZDZIAŁ - WSTĘP	9
1.1. Kontekst badawczy i motywacja podjęcia tematu.	9
1.2. Cel i założenia: lista kontrolna oraz aplikacja w celu eliminacji ryzyko.	13
1.3. Tezy i pytania badawcze.	15
1.4. Zakres pracy.	20
1.4.1. Zakres merytoryczny	21
1.4.2. Zakres metodologiczny	22
1.4.3. Zakres materiałowy i próba badawcza	22
1.4.4. Granice i wyłączenia	22
1.4.5. Ograniczenia danych i metod	23
1.4.6. Założenia i decyzje projektowe badania	23
1.4.7. Powiązanie z celami i hipotezami	23
1.4.8. Rozwinięcia modułowe i podstawa prawna	23
1.5. Struktura pracy i możliwości wdrożenia.	24
1.5.1. Proces i role (RACI (responsible, accountable, consulted, informed – macierz odpowiedzialności))	25
1.5.2. Integracja z CDE i ślad dowodowy	25
1.5.3. KPI (key performance indicators – kluczowe wskaźniki efektywności) i mierniki sukcesu	25
1.5.4. Plan pilotażowy i skalowanie	25
1.5.5. Ryzyko wdrożenia i mitygacje	26
1.5.6. Walory naukowe i praktyczne wdrożenia	26
1.5.7. Harmonizacja z rozdziałami 2–7	26
1.5.8. Procedura przeglądu międzybranżowego (walkthrough)	26
1.5.9. Raportowanie i komunikacja	26
1.5.10. Zarządzanie zmianą i szkolenia	26
1.5.11. Wymogi zgodności prawnej	27
1.6. Metody badawcze i źródła danych.	28
1.6.1. Logika badawcza i pytania operacyjne	32
1.6.2. Projekt badania: quasi-eksperyment i porównania przed–po	33
1.6.3. Komponent ilościowy: wskaźniki, modele i formy gromadzenia danych	33
1.7. Podstawowe pojęcia i terminologia.	37
2. ROZDZIAŁ - PODSTAWY TEORETYCZNE I PRZEGLĄD LITERATURY.	39
2.1. Bezpieczeństwo przestrzenne w architekturze (prewencja przez kształtowanie przestrzeni.	39
2.2. Psychologia środowiskowa i sprawność użytkowa przestrzeni.	46
2.3. Projektowanie uniwersalne i dostępność.	48
2.4. Cyfryzacja procesu projektowego: modelowanie informacji o budynku, wspólne środowisko danych, rzeczywistość wirtualna i rozszerzona, internet rzeczy, sztuczna inteligencja.	49
2.5. Od modelowania informacji do bliźniaka cyfrowego: paradymaty i konsekwencje projektowe.	51
2.6. Podsumowanie.	53
3. ROZDZIAŁ - RAMY REGULACYJNE, NORMY I PRAKTYKI NA ŚWIECIE.	55
3.1. Krajowe akty prawne i normy techniczne	55
3.2. Podsumowanie	81
3.3. Ochrona przeciwpożarowa, ewakuacja i bezpieczeństwo pracy w obiektach kubaturowych	83
3.4. Dostępność i projektowanie uniwersalne – wymagania formalne	84
3.5. Wymogi środowiskowe i planistyczne	85
3.6. Wnioski dla automatyzacji wymagań w listach kontrolnych	87
3.7. Porównanie standardów projektowych w ujęciu międzynarodowym: Niderlandy, Niemcy, Wielka Brytania, Kanada, Australia.	89
3.7.1. Niderlandy – ramy regulacyjne, standardy modelowania i wspólnego środowiska danych.	89
3.7.2. Niemcy – ramy regulacyjne, standardy modelowania i wspólnego środowiska danych.	91
3.7.3. Wielka Brytania – ramy regulacyjne, standardy modelowania i wspólnego środowiska danych.	94
3.7.4. Kanada – ramy regulacyjne, standardy modelowania i wspólnego środowiska danych.	99

3.7.5. Australia – Zintegrowane podejście do oceny projektowych zagrożeń i checklist dla pozwoleń budowlanych.	101
3.8. Wymagania wdrożeniowe wynikające z regulacji i norm.	103
3.8. Podsumowanie.	110
4. ROZDZIAŁ - PROCES PROJEKTOWY I GENEZA RYZYKA PROJEKTOWEGO W ARCHITEKTURZE.	112
4.1. Fazy: koncepcja, projekt zagospodarowania terenu, projekt architektoniczno-budowlany, projekt techniczny, interfejsy branżowe.	112
4.2. Role, odpowiedzialności i komunikacja w procesie projektowania architektonicznego.	120
4.3. Bramy decyzyjne i dokumenty krytyczne.	121
4.4. Wąskie gardła i zależności (mapy procesu, diagramy przepływu).	125
4.4. Katalog typowych obszarów ryzyka i ich uwarunkowania.	131
4.5. Mapa punktów wdrożeniowych w procesie (gdzie i jak osadzamy narzędzia).	133
4.6. Podsumowanie.	136
5. ROZDZIAŁ - IDENTYFIKACJA, KLASYFIKACJA I OCENA RYZYKA.	138
5.1. Taksonomia ryzyko: techniczne, formalnoprawne, funkcjonalne, społeczne, środowiskowe.	138
5.2. Progi decyzyjne i hierarchia alertów.	143
5.3. Metody oceny: macierze ryzyka, analiza rodzajów, skutków i wad, analiza łuku (bow-tie).	146
5.4. Wizualizacja danych: mapy natężenia, hierarchie, grafy zależności, macierze w systemie zarządzania ryzykiem jako komponent Listy Kontrolnej Projektu budowlanego (LKP).	147
5.5. Projekt listy kontrolnej: struktura, reguły, miary.	148
5.6. Specyfikacja wdrożeniowa oceny ryzyka: dane wejściowe, interfejsy, ścieżka akceptacji.	149
5.7. Podsumowanie.	151
6. ROZDZIAŁ - AUTORSKI MODEL OGRANICZANIA RYZYKA LKP.	152
6.1. Architektura modelu: moduły techniczny, formalny, społeczny, środowiskowy.	152
6.2. Moduł aplikacji: źródła danych, reguły, alerty, pulpity nawigacyjne.	157
6.3. Integracja: modelowanie informacji – wspólne środowisko danych – rzeczywistość wirtualna i rozszerzona – internet rzeczy – bliźniak cyfrowy.	159
6.4. Ład i zarządzanie danymi oraz bezpieczeństwo informacji.	161
6.5. Wskaźniki i śledzenie efektów: czas, koszt, jakość, bezpieczeństwo, dostępność.	163
6.6. Plan wdrożenia modelu: iteracje, odpowiedzialności, wymagane zasoby.	165
6.7. Strategia skalowania i utrzymania: wersjonowanie, zmienność regulacyjna.	167
6.8. Podsumowanie.	169
7. ROZDZIAŁ - WALIDACJA MODELU LISTY - STUDIA PRZYPADKÓW DLA 30 AUTORSKICH PROJEKTÓW.	170
7.1. Metodologia walidacji i kryteria oceny.	170
7.1.1. Założenia metodologiczne badania	170
7.2. Charakterystyka próby badawczej - kryteria doboru projektów do analizy.	170
7.2.1. Struktura typologiczna analizowanych projektów.	171
7.2.2. Kryteria skalowe:	171
7.2.3. Kryteria czasowe:	173
7.2.4. Kryteria lokalizacyjne - zróżnicowanie geograficzne	174
7.2.5. Wskaźniki efektywności i jakości	174
7.2.6. Metodyka porównawcza: przed i po wdrożeniu	176
7.2.6. Charakterystyka zespołów projektowych	177
7.2.7. Złożoność techniczna projektów	177
7.3. Analiza efektywności wdrożenia.	178
7.3.1. Wyniki ogólne - wskaźniki efektywności	178
7.3.2. Analiza efektywności według grup projektów	178
7.3.3. Analiza efektywności poszczególnych modułów listy	179
7.3.4. Identyfikacja czynników sukcesu	180
7.3.4. Analiza kosztów i korzyści wdrożenia	182
7.3.5. Wnioski z analizy efektywności	182
7.4. Studia przypadków.	183

7.4.6. Projekt nadbudowa budynku mieszkalnego wielorodzinnego ze zmianą sposobu użytkowania (grupa standardowa) A	185
7.4.7. Projekt budynku hali magazynowej (skala duża) B	190
7.4.8. Projekt budynku rekreacji indywidualnej (skala mała) C	203
7.4. Podsumowanie.	208
7.5. Rekomendacje operacyjne.	210
7.5.1. Szybkie wygrane (Quick Wins)	211
7.5.2. Matryca priorytetów wdrożenia	211
7.5.3. Plan wdrożenia rekomendacji	212
7.6. Walidacja listy kontrolnej i aplikacji: trafność alertów, użyteczność w grupie kontrolnej n30.	213
7.6.1. Moduł I: Wstępna dokumentacja inwestycyjna	213
7.6.2. Moduł II: Projekt zagospodarowania terenu	214
7.6.3. Moduł III: Projekt architektoniczno-budowlany	214
7.6.4. Moduł IV: Projekt techniczny	214
7.6.5. Moduł V: Uzgodnienia i decyzje administracyjne	214
7.6.6. Moduł VI: Dokumentacja wykonawcza	215
7.6.7. Moduł VII: Nadzór i realizacja	215
7.6.8. Synteza walidacji modułów	215
7.7. Ograniczenia badań i kierunki dalszych prac.	221
8. DYSKUSJA - ramy normatywno-procesowe i wnioski z badań.	223
8.1. Implikacje dla praktyki i organizacji procesu.	224
8.2. Workflow, role i odpowiedzialności.	226
8.3. Podsumowanie.	228
9. ROZDZIAŁ - WNIOSKI I REKOMENDACJE.	228
9.1. Wnioski główne.	228
9.2. Wnioski końcowe i odpowiedzi na pytania badawcze.	230
9.3. Hipotezy robocze i mierniki .	232
9.4. Rekomendacje: lista kontrolna, aplikacja, ład i zarządzanie danymi.	234
9.5. Nowość i unikalność proponowanej metody oraz narzędzi.	234
9.6. Kierunki i rekomendacje dla dalszych badań i rozwoju narzędzia LKP.	236
10. Instrukcja LKP.	242
10.1. Lista kontrolna – wzorzec i instrukcja wdrożeniowa.	242
11. Specyfikacja aplikacji: moduły, przepływy, interfejsy, projekt użytkowy – wytyczne wdrożenia.	243
11.1. Wzorce wizualizacji: pulpity nawigacyjne, mapy natężenia, hierarchie (visual patterns).	244
12. BIBLIOGRAFIA	246
13. WYKAZ RYCIN	254
14. WYKAZ TABEL	256
15. Ryciny projektowe z tabelą zestawczą LKP (N.1–N.30)	257
16. Spis skrótów	258
17. STRESZCZENIE POSZERZONE.	259
18. STRESZCZENIE.	264
19. SUMMARY EXTENDED.	265
20. SUMMARY.	266



1. ROZDZIAŁ - WSTĘP

1.1. Kontekst badawczy i motywacja podjęcia tematu.

Współczesna architektura i projektowanie budowlane funkcjonują w środowisku nakładających się wymagań technicznych, prawnych, społecznych oraz środowiskowych. Skala i dynamika tych uwarunkowań powodują, że proces sporządzania projektu staje się przedsięwzięciem wielowymiarowym, w którym jakość rozwiązań zależy nie tylko od kompetencji zespołu autorskiego, ale również od organizacji pracy, przepływu informacji, doboru narzędzi, metodyki oceny ryzyka oraz zdolności komunikowania decyzji i kompromisów (Kowalski, 2020). Praktyka pokazuje, że to właśnie ryzyko – rozumiane jako prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń o określonej skali konsekwencji – stanowią główny determinant jakości i bezpieczeństwa projektowanych przestrzeni (Nowak, 2019). Jednocześnie stanowią one jedną z głównych przeszkód w dochowaniu terminów, budżetów i standardów wykonawczych.

W ostatnich latach można wyróżnić trzy megatrendy wywierające istotny wpływ na profil ryzyka w fazie projektowej.

Po pierwsze, przyspieszająca cyfryzacja procesu: rozwój modelowania informacji o budynku¹, wspólnych środowisk danych², reguł walidacyjnych oraz narzędzi analitycznych (Eastman et al., 2018).

Po drugie, rosnące znaczenie standardów zrównoważonego rozwoju, które – od poziomu przepisów po wymagania inwestorskie – wprowadzają wielokryterialne oceny, ścieżki weryfikacji oraz wskaźniki oddziaływania środowiskowego i społecznego (Smith & Browne, 2021).

Po trzecie, przesunięcie akcentu na użytkownika i psychologię środowiskową: percepcja bezpieczeństwa, czytelność przestrzeni, dostępność, komfort oraz poczucie sprawczości stają się dziś nie tylko wartościami projektowymi, lecz również parametrami ryzyka (Gifford, 2014). Ich zaniedbanie może prowadzić do błędów decyzyjnych, konfliktów funkcjonalnych lub obniżonego bezpieczeństwa postrzeganego, a w konsekwencji – faktycznego.

Równocześnie praktyka projektowa ujawnia ograniczenia dotychczasowych podejść do zarządzania ryzykiem. W wielu zespołach rejestry ryzyka są prowadzone fragmentarycznie, bez jasno zdefiniowanych atrybutów, progów oraz zależności pomiędzy kategoriami ryzyka (np. technicznymi, organizacyjnymi, prawnymi, użytkowymi) (Brown, 2017). Często brakuje standardu komunikacji wyników: wizualizacje bywają nieporównywalne, a sposób prezentowania wniosków nie sprzyja priorytetyzacji działań (Lee, 2020). Ponadto wdrożenia narzędzi cyfrowych niejednokrotnie były motywowane głównie wymogami formalnymi lub oczekiwaniem oszczędności, bez jednoznacznego powiązania z redukcją określonych klas ryzyka (Johnson, 2022). W rezultacie organizacje często nie dysponują przekonującą, empirycznie potwierdzoną narracją, którą mogłyby przedstawić interesariuszom: co realnie obniża ryzyko, w jakiej skali i przy jakich kosztach wdrożenia.

Niniejsza praca wyrasta z potrzeby wypracowania spójnego ujęcia ryzyka projektowego, które łączy cztery kluczowe perspektywy: aspekt psychologiczny w ocenie ryzyka, zrównoważony rozwój w procesie projektowym, rozwiązania cyfrowe i ich wpływ na zarządzanie ryzykiem oraz wizualizację obszarów ryzyka metodami analizy danych (Baker & Ponniah, 2019).

Aspekt psychologiczny i użytkowy ryzyka.

Psychologia środowiskowa wnosi do oceny ryzyka perspektywę użytkownika i doświadczenia przestrzeni, która uzupełnia klasyczne macierze techniczno-organizacyjne (Gifford, 2014). Percepcja bezpieczeństwa, czytelność

¹ BIM (Building Information Modeling) – metoda cyfrowego modelowania informacji o budynku, integrująca dane projektowe w jednym środowisku.

² CDE (Common Data Environment) – wspólne środowisko danych do współdzielenia i zarządzania dokumentacją projektową.

układów funkcjonalnych, łatwość orientacji oraz dostępność dla osób o zróżnicowanych potrzebach to czynniki warunkujące sposób korzystania z obiektu i zakres jego akceptacji społecznej (Canter, 2013). Zignorowanie ich w projektowaniu rodzi ryzyko, które nie ujawnia się na etapie obliczeń konstrukcyjnych czy kosztorysów, lecz dopiero w praktyce użytkowania: dezorientacja, przeciążenie informacyjne, stres, poczucie zagrożenia w strefach o niskiej kontroli społecznej lub słabej widoczności (Nasar & Fisher, 1993). W ujęciu niniejszej pracy czynniki psychologiczne traktowane są nie jako miękkie „dodatki”, lecz jako mierzalne determinanty ryzyko, które można systematyzować – np. poprzez wskaźniki dotyczące czytelności przestrzeni, jakości informacji dla użytkownika, dostępności i kontroli nad środowiskiem – oraz poddawać walidacji empirycznej (Brown & Reynolds, 2017).

Zrównoważony rozwój jako rama ograniczania ryzyko.

Włączenie zasad zrównoważonego rozwoju do procesu projektowego nie jest jedynie wymogiem formalnym, ale realnym mechanizmem ograniczania ryzyko (Smith & Browne, 2021). Standardy energetyczne, zarządzanie materiałami, komfort środowiskowy, dostępność i inkluzywność tworzą zestaw wymagań, których spełnienie redukuje prawdopodobieństwo awarii, błędów funkcjonalnych, konfliktów społecznych czy ryzykoprawnych związanych z niezgodnością z regulacjami (UNEP, 2020). W tej pracy zrównoważony rozwój rozumiany jest szeroko: jako zbiór kryteriów i wskaźników odnoszących się do środowiska, społeczeństwa i ładu organizacyjnego procesu – ESG³ – które wchodzi do listy kontrolnej i stają się elementem rejestru ryzyko (Global Reporting Initiative, 2021). Dzięki temu możliwe jest obiektywizowanie decyzji (np. poprzez progi i metryki) oraz porównywanie projektów pod względem odporności na określone klasy zagrożeń.

Rozwiązania cyfrowe i ich wpływ na ryzyko.

Cyfryzacja procesu – modelowanie informacji o budynku¹, wspólne środowiska danych², automatyzacja kontroli wymagań i pulpity nawigacyjne – stanowi potencjalnie najsilniejszą dźwignię redukcji ryzykoorganizacyjnych i dokumentacyjnych (Eastman et al., 2018). W praktyce prowadzi do lepszej koordynacji branż, wcześniejszego wykrywania kolizji, spójności wersji i ścieżek akceptacji, a także do uczytelnienia wymagań (reguły walidacyjne) (Johnson, 2022). Jednak narzędzia same w sobie nie usuwają ryzyko, jeżeli nie są powiązane z jasno zdefiniowanym katalogiem ryzyko, wskaźnikami ich natężenia oraz procesem podejmowania decyzji (Lee, 2020). Właśnie dlatego w tej pracy rozwiązania cyfrowe zostają wplecione w model ryzyko i listę kontrolną: każde narzędzie i procedura otrzymuje „adres ryzyko”, czyli wskazanie, jakiej kategorii ryzyko dotyczy, w jaki sposób je redukuje oraz jak to zweryfikować (metryki, progi, wnioski z porównań międzyokresowych) (Baker & Ponniah, 2019).

Wizualizacja obszarów ryzyko jako standard komunikacji.

Kluczowym elementem spójnej praktyki zarządzania ryzykiem jest sposób komunikowania wyników (Lee, 2020). Standaryzowane wizualizacje ryzyko ułatwiają porównywanie projektów, identyfikowanie profili krytycznych oraz priorytetyzację działań (Brown, 2017). W niniejszej pracy przyjęto zestaw metod prezentacji wyników, w tym wykresy radarowe, które syntetyzują natężenie klas ryzyko w poszczególnych projektach i grupach. Wprowadzenie stałego schematu podpisów, skalowania, progów i kolorystyki poprawia porównywalność oraz umożliwia formułowanie przejrzystych wniosków decyzyjnych (Tufta, 2006). To nie tylko kwestia estetyki raportu – to kwestia spójności informacji, mającej bezpośredni wpływ na uporządkowanie działań i odpowiedzialności po stronie zespołu projektowego oraz zamawiającego.

Luka w praktyce i potrzeba integracji.

Mimo dostępnych narzędzi i rosnącej świadomości praktyka zarządzania ryzykiem na etapie projektowym często pozostaje niespójna (Smith & Browne, 2021). Brakuje integracji między światem regulacyjnym, techniczno-organizacyjnym i użytkowym (Johnson, 2022). Cyfryzacja bywa odrębnym zadaniem IT, zrównoważony rozwój –

³ ESG (Environmental, Social, Governance) – zestaw kryteriów obejmujących kwestie środowiskowe, społeczne i ład organizacyjny.

dotąd, a psychologia – „miękkim” komentarzem (Baker & Ponniah, 2019). Motywacją tej pracy jest stworzenie modelu, który scala perspektywy w spójny rejestr ryzyko zestaw narzędzi operacyjnych.

Doświadczenie autorki, artykuły i baza empiryczna.

Motywacja ma również wymiar pragmatyczny, wynikający z doświadczeń – zarówno badawczych, jak i praktycznych – oraz z czterech artykułów poświęconych odpowiednio: psychologicznym uwarunkowaniom oceny ryzyko w architekturze, integracji zrównoważonego rozwoju w procesie projektowym, roli rozwiązań cyfrowych w zarządzaniu ryzykiem oraz metodom wizualizacji obszarów ryzyko. Te publikacje dostarczają materiału argumentacyjnego i studiów przypadków, a w ich wspólnym jądrze znajduje się teza, że redukcja ryzyko wymaga podejścia zintegrowanego i narzędziowego. Baza empiryczna obejmuje 30 projektów referencyjnych, które służą tu jako poligon weryfikacji: pozwalają zbudować profile ryzyko, porównać grupy projektów, przetestować użyteczność wizualizacji i ocenić wpływ wdrożeń cyfrowych na wskaźniki operacyjne (np. liczba kolizji, czas uzgodnień, spójność dokumentacji). Takie dane umożliwiają przejście od intuicji do wniosków popartych obserwacjami, co jest niezbędne, by rekomendacje miały charakter operacyjny.

Ryzyko jako kategoria interdyscyplinarna.

W ujęciu niniejszej pracy ryzyko nie stanowi wyłącznie kategorii inżynierskiej ani jedynie kategorii zarządczej. Jest ono wypadkową decyzji dotyczących geometrii, doboru materiałów, instalacji i konstrukcji, ale również decyzji odnoszących się do czytelności układów funkcjonalnych, komunikacji z użytkownikami, warunków komfortu oraz sposobu organizacji informacji. Oznacza to, że macierz ryzyko powinna łączyć cechy fizyczne przestrzeni i parametry środowiskowe z właściwościami procesu, takimi jak kompetencje zespołów projektowych, ścieżki akceptacji oraz współpraca z administracją i inwestorem. Powinna także uwzględniać narzędzia: wskazywać, w których obszarach cyfryzacja realnie obniża ryzyko, a gdzie może generować nowe zagrożenia (np. zależność od jakości danych czy kruchość integracji systemów). Wreszcie, macierz ta musi być komunikowalna — bez standardu wizualizacji i jasno zdefiniowanego języka priorytetów ryzyko pozostaje informacją trudną w interpretacji, a tym samym nieużyteczną.⁴

Dlaczego teraz?

Nasilenie regulacji środowiskowych, presja ekonomiczna oraz oczekiwania społeczne sprawiają, że błędy projektowe stają się coraz bardziej kosztowne – nie tylko finansowo, lecz także wizerunkowo i społecznie (UNEP, 2020). Równocześnie dostępne narzędzia stwarzają możliwość prowadzenia projektów w trybie bardziej „evidence-based”⁵, czyli opartym na danych i metrykach, a nie wyłącznie na uznaniowości. Aby jednak podejście to było skuteczne, konieczne jest scalenie metod oraz nawyków pracy. Niniejsza praca odpowiada na to „okno możliwości”: pojawia się w momencie, w którym cyfryzacja i standardy ESG osiągnęły dostateczną dojrzałość, by stać się integralną częścią macierzy ryzyko, a świadomość psychologii środowiskowej jest na tyle ugruntowana, że możliwe staje się formułowanie dla niej konkretnych wskaźników (Smith & Browne, 2021.)

Zakres i ambicja.

Celem części wstępnej jest uzasadnienie – zarówno badawcze, jak i praktyczne – potrzeby wypracowania modelu ryzyko, który:

- identyfikuje i klasyfikuje ryzyko w sposób uwzględniający technikę, regulacje i użytkownika,
- przypisuje im mierzalne atrybuty i progi,
- wiąże rozwiązania cyfrowe z redukcją ryzyko oraz weryfikuje tę relację wskaźnikami,
- standaryzuje wizualizację, aby wyniki były porównywalne między projektami,

⁴ Por. Tufte, E. R. (2006). Beautiful evidence. Cheshire, CT: Graphics Press – autor podkreśla, że przejrzystość prezentacji danych i standard wizualizacji mają kluczowe znaczenie dla podejmowania decyzji oraz zrozumienia złożonych informacji.

⁵ Evidence-based – dosł. „oparte na dowodach”; w tym kontekście oznacza podejście, w którym decyzje projektowe są podejmowane na podstawie danych empirycznych i metryk, a nie jedynie intuicji lub uznaniowości.

- kończy się narzędziem – listą kontrolną i ścieżką wdrożenia – możliwym do zastosowania w praktyce.

Perspektywa wdrożeniowa i interesariusze

Ważnym kontekstem motywacji jest różnorodność interesariuszy procesu: inwestorzy i administracja oczekują dokumentacji zgodnej, kompletnej i czytelnej; wykonawcy – koordynacji branż oraz minimalizacji kolizji; użytkownicy – bezpieczeństwa zarówno postrzeganego, jak i realnego, a także dostępności i komfortu. Wszyscy ci interesariusze potrzebują spójnego języka ryzyko, który umożliwi ustalanie priorytetów bez eskalacji konfliktów. W praktyce oznacza to takie opracowanie i przedstawienie wyników, aby każdy uczestnik procesu znalazł w nich swój wymiar odpowiedzialności i działania. Standaryzacja wizualizacji oraz powiązanie ryzyko z listą kontrolną i narzędziami cyfrowymi właśnie temu służą.

Motywacja osobista i naukowa.

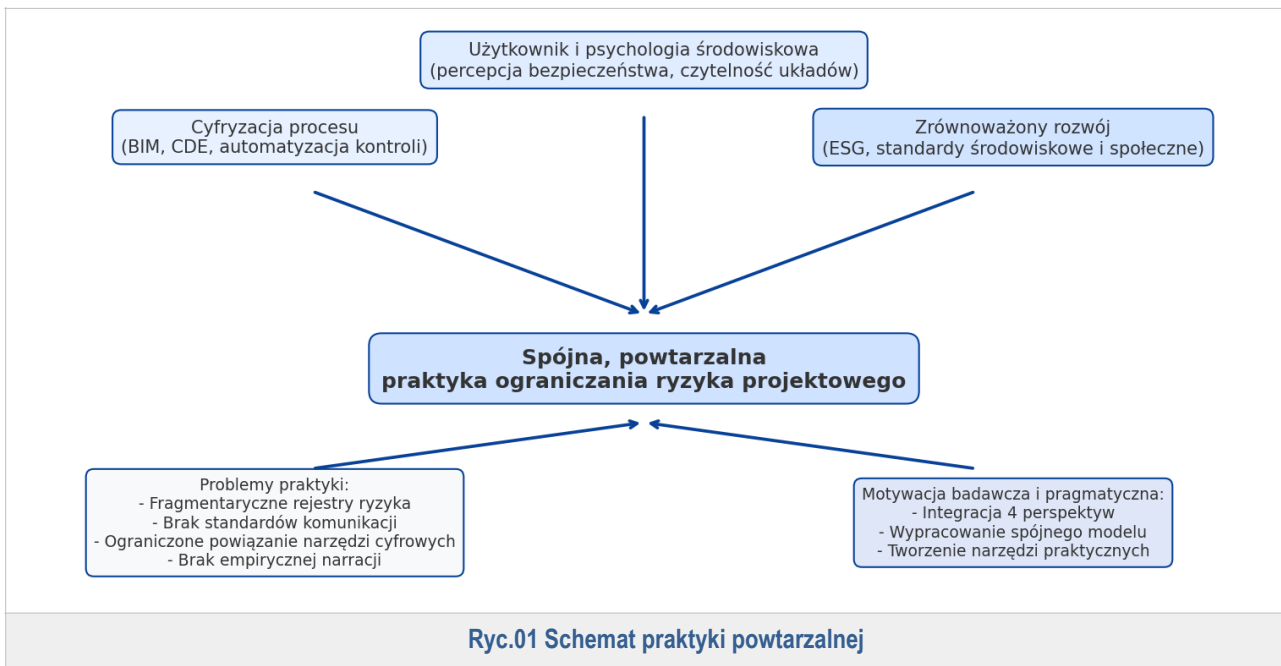
Motywacja podjęcia tematu ma dwa główne wektory. Pierwszy to zobowiązanie praktyczne – przekucie doświadczenia i dorobku publikacyjnego w narzędzie, które realnie poprawi jakość procesu projektowego oraz bezpieczeństwo środowiska zbudowanego. Drugi to ambicja naukowa – zaproponowanie modelu, który scala rozproszone wątki badań i praktyki w spójną, testowalną i przenaszalną metodę, możliwą do zastosowania w różnych projektach i organizacjach. Ta ambicja znajduje wyraz w strukturze całej rozprawy: od omówienia podstaw, przez prezentację modelu, po wdrożenie i weryfikację na trzydziestu przypadkach.

Przewidywane korzyści i ryzyko wdrożenia.

Wdrożenie modelu nie jest pozbawione kosztów: wymaga pracy nad jakością danych, dyscypliny procesowej oraz przeszkolenia zespołów. Oczekiwane efekty – spadek liczby kolizji, szybsze uzgodnienia, mniejsza liczba błędów dokumentacyjnych, wyższa czytelność dla użytkowników oraz lepsza zgodność z wymaganiami zrównoważonego rozwoju – stanowią jednak istotne uzasadnienie ekonomiczne i organizacyjne. Ponadto wprowadzenie standardu wizualizacji ułatwia budowanie kultury uczenia się na danych (*learning organization*⁶) (Senge, P. M. 1990), ponieważ umożliwia porównywanie projektów w czasie i przekładanie wniosków na praktykę.

Kontekst badawczy niniejszej pracy to skrzyżowanie czterech strumieni: psychologii środowiskowej, zrównoważonego rozwoju, cyfryzacji procesu oraz standaryzacji wizualizacji wyników. Motywacja wynika z luki pomiędzy możliwościami narzędzi i standardów a sposobem, w jaki obecnie przeprowadza się oceny ryzyko w projektowaniu. Proponowane rozwiązanie łączy te strumienie w jeden model operacyjny: rejestr ryzyko z atrybutami i progami, listę kontrolną powiązaną z wymaganiami i narzędziami cyfrowymi oraz standard wizualizacji, który czyni wyniki użytecznymi dla decydentów. Dzięki bazie trzydziestu projektów możliwa jest empiryczna weryfikacja skuteczności podejścia oraz sformułowanie rekomendacji wdrożeniowych.

⁶ Learning organization – dosł. „organizacja ucząca się”; termin oznaczający podmiot (np. firmę lub zespół projektowy), który systematycznie analizuje własne działania i wyniki, wyciąga wnioski z doświadczeń oraz wprowadza je do praktyki w celu ciągłego doskonalenia procesów i kompetencji.



1.2. Cel i założenia: lista kontrolna oraz aplikacja w celu eliminacji ryzyko.

Współczesne procesy inwestycyjno-budowlane charakteryzują się wysoką złożonością uwarunkowań formalno-prawnych, technicznych, środowiskowych i użytkowych (Smith & Browne, 2021). Wieloetapowość ścieżek administracyjnych, interdyscyplinarny charakter dokumentacji oraz rosnące oczekiwania w zakresie zrównoważonego rozwoju i jakości użytkowej powodują, że ryzyko projektowe ulegają kumulacji i eskalacji w przypadku braku spójnych mechanizmów walidacji i koordynacji na wczesnych etapach (Johnson, 2022). W konsekwencji mogą występować opóźnienia, wzrost kosztów, trudności z uzyskaniem decyzji administracyjnych oraz spadek jakości rezultatów w wymiarze funkcjonalnym i środowiskowym. Najskuteczniejszym podejściem do ograniczania ryzyka jest ich systematyczna eliminacja u źródła – design-out⁷ – realizowana poprzez precyzyjne definiowanie wymagań, dowodów spełnienia oraz mechanizmów kontroli przejść między fazami procesu (bramki krytyczne).

Celem jest zaprojektowanie i empiryczna weryfikacja zintegrowanego narzędzia składającego się z listy kontrolnej oraz aplikacji walidującej reguły, które wspólnie wspierają eliminację i redukcję ryzyka na etapie tworzenia dokumentacji projektowej. Narzędzie jest ustrukturyzowane zgodnie z rozporządzeniem w sprawie zakresu i formy projektu budowlanego i odwzorowane w sześciu blokach analiz: (1) planistyczno-prawnym i formalnym, (2) zagospodarowania terenu (PZT), (3) architektoniczno-budowlanym (PAB), (4) branżowym i koordynacyjnym (projekt techniczny), (5) środowiskowym/ESG i użytkowym oraz (6) ryzyko, kompletności i jakości dokumentacji.

Definicja i rola listy kontrolnej.

Lista kontrolna pełni rolę nośnika wymagań i dowodów ich spełnienia. Każda pozycja zawiera cel weryfikacyjny, wymagany materiał dowodowy, próg akceptacji, status zgodności, odpowiedzialność i termin. Kluczowym elementem są wskaźniki powiązania z paczkami dokumentacyjnymi na poszczególnych etapach: wniosku o pozwolenie na budowę, projektu zagospodarowania terenu i projektu architektoniczno-budowlanego oraz zgłoszenia rozpoczęcia robót w zakresie projektu technicznego. Na ich podstawie aplikacja automatyzuje kontrolę kompletności, wykrywanie braków i egzekwowanie bramek krytycznych.

Architektura sześciu bloków analiz. Blok 1 (planistyczno-prawny i formalny) obejmuje wymagania determinujące dopuszczalność inwestycji i jej parametry administracyjne. Blok 2 (PZT) koncentruje się na uwarunkowaniach działki i

⁷ **Design-out** – pojęcie używane w zarządzaniu projektami i inżynierii, oznaczające eliminację potencjalnych ryzyk lub problemów już na etapie projektowania, zanim się pojawią w późniejszych fazach.

zagospodarowania terenu. Blok 3 (PAB) dotyczy rozwiązań architektonicznych i budowlanych, w tym funkcji, układu przestrzennego i rozwiązań technicznych. Blok 4 (branżowy/koordynacyjny) integruje wymagania i uzgodnienia branżowe oraz zarządzanie kolizjami. Blok 5 (środowiskowy/ESG i użytkowy) wprowadza kryteria środowiskowe, dostępności i komfortu. Blok 6 (ryzyko, kompletność i jakość) konsoliduje statusy, alerty i dowody w celu zarządzania ryzykiem i jakością.

Założenia merytoryczne.

1. Prewencja projektowa – eliminacja i redukcja ryzyko poprzez wczesne, mierzalne weryfikacje osadzone w blokach 1–5 i konsolidowane w bloku 6.
2. Integracja perspektywy użytkownika i zrównoważonego rozwoju – kryteria dostępności, czytelności, komfortu oraz bezpieczeństwa postrzeganego traktowane są na równi z wymaganiami techniczno-prawnymi, co zapewnia spójne uwzględnienie wymiaru ludzkiego i środowiskowego w procesie projektowym. (Dz.U. 2021 poz. 2454)
3. Cyfryzacja procesu – powiązania z repozytoriami CDE oraz modelami informacyjnymi umożliwiają półautomatyczną walidację, śledzenie zmian oraz audytowalność, wzmacniając transparentność i jakość dokumentacji.

Warstwa aplikacyjna.

Funkcja walidacyjna obejmuje reguły spójności dowodów i statusów oraz zależności między blokami. Funkcja proceduralna opiera się na kontrolach kompletności dokumentacji i bramkach krytycznych, które warunkują przejścia między etapami. Funkcja komunikacyjna korzysta ze standaryzowanych wizualizacji – zestawień sześciu bloków oraz map intensywności zagrożeń – ułatwiających interpretację wyników przez interesariuszy (Tuftte, 2006). Zasadnicze reguły walidacji obejmują: spójność między wymaganym dowodem a statusem, spójność między przypisaniem do odpowiednich części dokumentacji (PZT⁸, PAB⁹, PT¹⁰) a faktyczną zawartością załączników, bramki krytyczne dla wymagań niezbędnych, eskalację alertów przy kumulacji zagrożeń, automatyczne generowanie raportów kierowniczych zgodnych ze strukturą dokumentacji budowlanej.

Powiązania z rozporządzeniem. Struktura sześciu bloków odzwierciedla wymagane komponenty projektu budowlanego określone w rozporządzeniu Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. (Dz.U. 2021 poz. 2454). Wymagania w blokach 1–4 są przypisane do właściwych części dokumentacji – Projektu Zagospodarowania Terenu (PZT), Projektu Architektoniczno-Budowlanego (PAB) i projektu technicznego (PT) – oraz do elementów wniosku o pozwolenie na budowę i zgłoszenia rozpoczęcia robót.

Metodyka pomiaru i wskaźniki.

Dla każdego bloku zdefiniowano cele weryfikacyjne, wskaźniki zgodności, progi akceptacji i hierarchię wymagań (niezbędne vs. uzupełniające). Statusy i alerty odwzorowują dynamikę zagrożeń, a wizualizacje umożliwiają przegląd menedżerski i porównania międzyokresowe.

Integracja aspektów środowiskowych i użytkowych.

Kryteria dostępności, komfortu, akustyki, oświetlenia i bezpieczeństwa postrzeganego są traktowane jako równorzędne z wymogami technicznymi i prawnymi. Wskaźniki ESG są monitorowane w układzie bloków i etapów, co pozwala na ocenę wpływu projektu na środowisko, społeczeństwo i ład organizacyjny.

W zakresie koordynacji międzybranżowej i projektu technicznego w bloku 4 przewidziano reguły spójności i detekcji kolizji, a także powiązania z warunkami przyłączeniowymi i uzgodnieniami operatorów sieci.

⁸ **PZT (Projekt Zagospodarowania Terenu)** – część dokumentacji budowlanej określająca m.in. granice działki, układ komunikacyjny i uzbrojenie terenu.

⁹ **PAB (Projekt Architektoniczno-Budowlany)** – część dokumentacji budowlanej zawierająca m.in. rozwiązania architektoniczne, konstrukcyjne i zapewnienie dostępności.

¹⁰ **PT (Projekt Techniczny)** – część dokumentacji budowlanej uzupełniająca PZT i PAB, zawierająca szczegółowe rozwiązania techniczne, instalacyjne i koordynacyjne wymagane w procesie inwestycyjnym.

Zdefiniowano procedury bramek krytycznych, w ramach których dla każdego etapu procesu projektowego określono zestaw wymagań niezbędnych. Niespełnienie któregokolwiek z nich skutkuje automatycznym zablokowaniem przejścia do kolejnej fazy oraz wygenerowaniem protokołu eskalacyjnego¹¹, co jest zgodne z zasadami wynikającymi z rozporządzenia Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. (Dz.U. 2021 poz. 2454)¹. Weryfikacja empiryczna zostanie przeprowadzona w formie badania porównawczego na zbiorze projektów referencyjnych. Analizie poddane będą wskaźniki kompletności i jakości dokumentacji, liczba kolizji międzybranżowych, czas uzgodnień, wskaźniki ESG oraz parametry użytkowe, a także profil zagrożeń w blokach 1–6. Hipoteza i ograniczenia zakładają, że integracja listy kontrolnej i aplikacji walidacyjnej umożliwi redukcję ryzyka oraz skrócenie czasu procedowania. Zidentyfikowane ograniczenia dotyczą zróżnicowanej jakości danych oraz dojrzałości procesów projektowych; w związku z tym przewiduje się kalibrację progów akceptacji, normalizację wskaźników oraz triangulację źródeł danych w celu zwiększenia wiarygodności wyników. Znaczenie teoretyczne i praktyczne niniejszego opracowania polega na połączeniu zarządzania ryzykiem projektowym, standardów formalno-architektonicznych oraz wymagań dotyczących jakości użytkowej i ESG. W wymiarze praktycznym projekt dostarcza narzędzie wdrożeniowe zapewniające powtarzalność ocen, przejrzystość decyzji oraz redukcję błędów wynikających z fragmentacji procesu. Struktura sześciu bloków oraz aplikacja walidująca reguły stanowią spójną odpowiedź na złożoność współczesnego procesu projektowego, a weryfikacja empiryczna pozwoli wykazać skuteczność zaproponowanego podejścia w ograniczaniu zagrożeń i skracaniu czasu procedowania.

1.3. Tezy i pytania badawcze.

W niniejszym podrozdziale rozwinięto tezy, pytania badawcze oraz hipotezy robocze odnoszące się do Listy kontrolnej – TABELI 1A Schemat pracy. Tabela ta odwzorowuje wymagania formalno-prawne i koordynacyjne w postaci pozycji (Lp.) wraz ze statusem ich realizacji, wskaźnikiem INTERAKCJE/ALERTY (0–5) oraz kwalifikacją do trzech głównych ścieżek formalnych: do wniosku o pozwolenie na budowę (PNB)¹², do zatwierdzonego projektu PZT/PAB³ oraz do zgłoszenia rozpoczęcia robót budowlanych (Zgłoszenie). Struktura sekcyjna (np. I. Wstępna dokumentacja inwestycyjna) pozwala analizować kompletność i krytyczność w ujęciu fazowym, natomiast pola Data i Uwagi wprowadzają wymiar dowodowy i jakościowy, istotny dla audytowalności i replikowalności badań. Punkt wyjścia stanowi założenie, że lista kontrolna pełni funkcję wektora wymagań i statusów, a aplikacja walidująca – jeśli zostanie zastosowana – materializuje mechanikę bramek krytycznych oraz logikę alertowania zgodnie z wartościami INTERAKCJE/ALERTY. Konwergencja tych dwóch warstw (checklista + aplikacja) – dodatkowo wzmocniona powiązaniem z repozytorium CDE⁴ – może przelożyć się na redukcję zagrożeń na etapie przygotowania, usprawnienie koordynacji i zwiększenie przejrzystości odpowiedzialności. W konsekwencji oczekuje się poprawy zarówno wskaźników efektywności (liczba iteracji, czas uzgodnień), jak i jakości (spójność międzydokumentowa, odsetek „zielonych” bramek, audytowalność).

Teza T1. Standaryzacja i priorytetyzacja wymagań w ścieżkach formalnych są kluczem do eliminacji zagrożeń.

T1 zakłada, że spójne przypisanie pozycji do ścieżek PNB, PZT/PAB i Zgłoszenie oraz ujednolicone definiowanie statusów minimalizuje tarcia procesowe. Mechanizmem wspierającym jest wskaźnik INTERAKCJE/ALERTY (0–5), który pozwala różnicować pozycje według krytyczności: wartości wyższe sygnalizują konieczność wcześniejszego zamknięcia lub dodatkowej weryfikacji dowodów. W praktyce skutkiem jest ograniczenie liczby nieplanowanych powrotów do wcześniejszych etapów (backflow), a tym samym spadek liczby iteracji dokumentacyjnych oraz skrócenie

¹¹ **Protokół eskalacyjny** – formalny dokument sporządzany w przypadku niespełnienia krytycznych wymagań projektowych, uruchamiający procedurę powiadomienia kierownictwa projektu i interesariuszy oraz określający działania naprawcze i harmonogram ich realizacji. Przykładowo, gdy uzgodnienia branżowe dotyczące warunków przyłączeniowych nie zostały zakończone w wymaganym terminie, protokół eskalacyjny blokuje przejście do fazy realizacyjnej i wskazuje odpowiedzialne osoby oraz daty uzupełnienia braków.

¹² **PNB (Pozwolenie na budowę)** – decyzja administracyjna wymagana dla większości inwestycji budowlanych w Polsce.

czasu uzgodnień. Empiryczna weryfikacja T1 będzie polegała na porównaniu metryk przed-po, z kontrolą typu inwestycji i złożoności dokumentacji. Operacyjnie T1 przekłada się na: (a) standaryzację statusów (np. niespełnione – w toku – spełnione – zweryfikowane), (b) jednoznaczne warunki kompletności dla każdej ścieżki (PNB/PZT–PAB/Zgłoszenie), (c) progi krytyczności INTERAKCJE/ALERTY determinujące kolejność domykania pozycji. Wymaga to zarządzania wyjątkami – np. pozycji fakultatywnych – poprzez etykiety N/U (niezbędne/uzupełniające) i protokoły odstępstw, tak aby ograniczyć liczbę iteracji o niskiej wartości dodanej.

Teza T2. Segmentacja kontrolna i spójność międzydokumentowa ułatwiają rozpoznawanie konfliktów zaburzających płynność w tworzeniu dokumentacji.

T2 odwołuje się do struktury sekcyjnej tabeli. Sekcje (np. I. Wstępna dokumentacja inwestycyjna) pełnią rolę bramek logicznych: przejście do dalszej ścieżki powinno następować dopiero po osiągnięciu kompletności zestawu N (niezbędnych) w sekcji bieżącej. Dzięki temu zredukowane są konflikty międzyblokowe, rozumiane jako niespójności ujawnione dopiero ex post, które wymuszają korekty i dodatkowe uzgodnienia. Spójność rośnie, gdy pozycje wzajemnie zależne są domykane sekwencyjnie, a statusy odzwierciedlają realny stan dowodowy (Data, Uwagi, odnośniki do CDE). Weryfikacja T2 obejmuje obserwację liczby konfliktów międzysekcyjnych oraz kolizji międzybranżowych skorelowanych z opóźnieniami. Oczekiwana poprawa przejawia się w spadku konfliktów ex post oraz w większym odsetku zestawów kompletnych w pierwszym podejściu. Wizualnie jako narzędzie pomocne są mapy zależności między pozycjami (macierze powiązań) oraz analiza „krytycznych ścieżek dokumentacyjnych”.

Teza T3. Audytowalność i wczesna detekcja zagrożeń dzięki CDE.

T3 dotyczy integracji dowodów i metadanych z repozytorium CDE. Każda pozycja powinna posiadać ślad dowodowy – wersję pliku, zatwierdzenie, datę, autora – a odnośnik do CDE umożliwia natychmiastową weryfikację. Powiązanie checklisty i aplikacji z CDE wzmacnia audytowalność (ślady decyzyjne) i umożliwia iteracyjne raportowanie: ile pozycji krytycznych jest niekompletnych, jakie są czasy reakcji na alerty, czy rośnie odsetek „zielonych” bramek w pierwszych przejściach. To z kolei sprzyja wcześniejszej detekcji kumulacji zagrożeń oraz redukcji pętli poprawkowych.

Teza T4. Kalibracja wymagań uzupełniających (N/U) a jakość użytkowa i ESG.

T4 postuluje, że odpowiednia kalibracja wymagań uzupełniających (U) – różnicowanych per typ inwestycji i specyfikę projektu – pozwala osiągnąć lepsze wyniki jakościowe (użytkowe i ESG) bez nadmiernego obciążenia procesu. Przekłada się to na większą wartość informacyjną pozycji U (np. analizy dodatkowe, konsultacje społeczne, wytyczne operatorów), które wzmacniają decyzje projektowe, ale nie blokują krytycznych przejść, o ile nie są w danym kontekście wymagane obligatoryjnie.

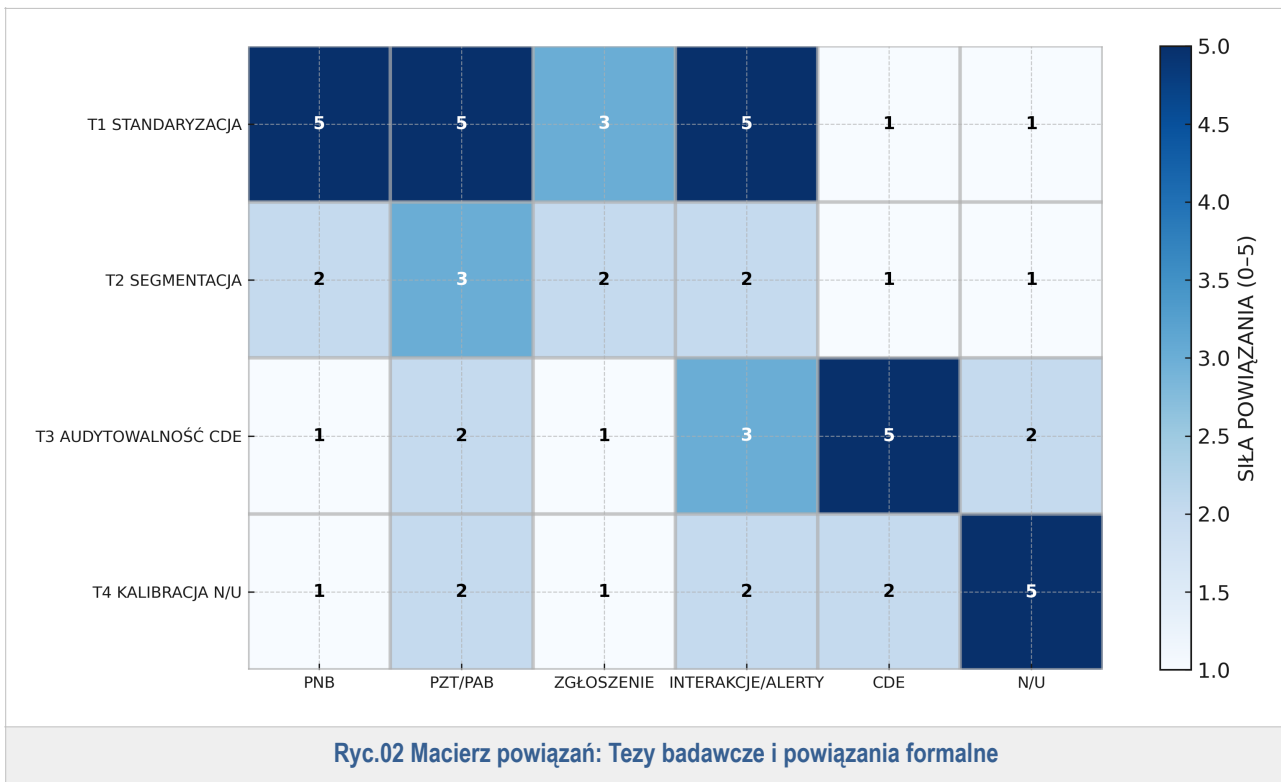
Dla zobrazowania powiązań tez badawczych i powiązań formalnych utworzono macierz pokazującą siłę powiązań.

Najsilniejsze powiązania (wartości 5, najciemniejszy kolor) występują między T1 a kluczowymi ścieżkami formalnymi (PNB, PZT/PAB, INTERAKCJE/ALERTY), co potwierdza centralną rolę standaryzacji w eliminacji ryzyka.

T3 (audytowalność CDE) wykazuje najwyższe natężenie z CDE, co odzwierciedla znaczenie cyfryzacji i kontroli wersji.

T4 (kalibracja N/U) silnie wiąże się z kategorią N/U, podkreślając wagę wymagań uzupełniających.

Słabsze połączenia (jaśniejsze pola, wartości 1–2) wskazują obszary o mniejszym wpływie lub potencjalnym marginesie poprawy w procesie walidacji i koordynacji.



PYTANIA BADAWCZE

– ujęcie operacyjne względem TABELI 1A uwzględniające aspekt wdrożeniowy.

- P1. Jaki jest wpływ wdrożenia narzędzia (checklista¹³ + aplikacja walidująca) na liczbę iteracji dokumentacyjnych, czas uzgodnień i odsetek pakietów kompletnych w pierwszym podejściu?
- P1.1. Jak zmienia się profil krytyczności (INTERAKCJE/ALERTY) oraz dynamika alertów?
- P1.2. Czy efekt jest stabilny po kontroli cech projektu (typ, skala, złożoność)?
- P2. Czy segmentacja sekcyjna i rozbitcie na ścieżki PNB/PZT-PAB/Zgłoszenie redukuje konflikty międzysekcyjne oraz kolizje międzybranżowe skutkujące korektami ex post¹⁴?
- P3. Na ile integracja z CDE zwiększa audytowalność (odsetek pozycji z dowodami/odnośnikami, spójność wersji) i skraca czasy reakcji na alerty oraz czasy domykania bramek krytycznych¹⁵?
- P4. Jak dobrać progi krytyczności (np. INTERAKCJE/ALERTY \geq 3) i zasady klasyfikacji N/U¹⁶ w sekcjach, aby zbilansować ryzyko, jakość użytkową i koszt koordynacji?

¹³ *Checklista* – lista kontrolna zawierająca zestaw wymagań i dowodów ich spełnienia, stosowana do systematycznego sprawdzania kompletności dokumentacji.

¹⁴ *Korekty ex post* – poprawki wprowadzane po fakcie, często w późnym etapie procesu projektowego, wymuszone ujawnieniem niespójności lub błędów, które nie zostały wykryte na wcześniejszych etapach.

¹⁵ *Bramki krytyczne* – zdefiniowane punkty kontrolne w procesie projektowym, których niespełnienie blokuje przejście do kolejnej fazy i wymusza eskalację lub korektę.

¹⁶ N/U – klasyfikacja wymagań jako N (*niezbędne*) lub U (*uzupełniająca*), pozwalająca równoważyć rygor formalny z elastycznością procesu.

HIPOTEZY ROBOCZE I MIERNIKI

H1. Średnia liczba iteracji dokumentacyjnych na sekcję spada o $\geq 20\%$ (docelowo 20–30%).

Miernik: liczba zmian statusu pozycji Lp. do osiągnięcia kompletności w ścieżce i sekcji; analiza median i kwartyłów.

H2. Odsetek bramek krytycznych „zielonych” przy pierwszym przejściu rośnie o ≥ 25 p.p. (docelowo 25–35 p.p.).

Miernik: udział sekcji spełniających zestaw N dla ścieżki bez korekt; rozbieżność wg progów krytyczności.

H3. Konflikty ex post (międzysekcyjne/międzybranżowe) redukują się o $\geq 30\%$ (docelowo 30–40%).

Miernik: liczba pozycji wymaganych w kolejnej ścieżce niespełnionych w momencie przejścia; liczba kolizji wykrytych po przekroczeniu bramki.

H4. Medianowy czas zamknięcia alertu skraca się o $\geq 30\%$, a $\geq 85\%$ pozycji krytycznych posiada powiązane dowody w CDE.

Miernik: rozkład czasów reakcji i zamykania; audyt odnośników/plików w CDE.

H5. Zgodność użytkowa/ESG po kalibracji N/U osiąga $\geq 95\%$ wymagań normowych bez istotnego wydłużenia czasu uzgodnień.

Miernik: macierz zgodności wymagań i czas do decyzji.

Operacjonalizacja wskaźników i źródeł danych

W badaniu wdrożeniowym przyjęto, że zmienną zależną jest ryzyko procesowe w fazie przygotowania projektu, rozumiane jako prawdopodobieństwo wystąpienia zakłóceń wpływających na kompletność, spójność oraz terminowość dokumentacji projektowej. Ryzyko to mierzono poprzez zestaw wskaźników–proksy¹⁷, obejmujących:

(a) liczbę iteracji dokumentacyjnych niezbędnych do osiągnięcia kompletności w danej sekcji i ścieżce formalnej,

(b) czas uzgodnień przypadający na poszczególne sekcje i ścieżki,

(c) liczbę pozycji o wysokiej krytyczności (INTERAKCJE/ALERTY \geq próg),

(d) kompletność pakietów dokumentacji (odsetek wymagań N – niezbędnych – spełnionych przed przejściem do kolejnej fazy),

(e) odsetek „zielonych bramek krytycznych”¹⁸ przy pierwszym przejściu,

(f) medianowy czas zamykania alertów,

(g) poziom audytowalności dowodów w CDE (Common Data Environment) – oceniany na podstawie powiązania pozycji z plikami, wersjami i metadanymi.

Zmienne niezależne obejmowały zastosowanie narzędzia w postaci listy kontrolnej (w badaniach empirycznych aplikacja walidująca nie była jeszcze wdrożona, a jedynie planowana jako rozwinięcie koncepcji), poziom kalibracji progów N/U (różnicowanie wymagań niezbędnych i uzupełniających) oraz dojrzałość integracji z repozytorium CDE (klasyfikowaną jako niska, średnia lub wysoka). Zmienne kontrolne uwzględniały typ i skalę inwestycji (np. obiekt kubaturowy, użyteczności publicznej, infrastruktura techniczna), złożoność pakietu dokumentacyjnego, dojrzałość zespołu projektowego (doświadczenie w pracy z listami kontrolnymi i koordynacji międzybranżowej) oraz zmiany regulacyjne, które mogły wpływać na wymagania formalne w badanym okresie.

Źródła danych obejmowały przede wszystkim rejestr TABELI 1A (statusy pozycji, przypisania do ścieżek, daty, uwagi i wskaźnik INTERAKCJE/ALERTY), który pełnił funkcję centralnego dziennika działań weryfikacyjnych. Uzupełniająco analizowano logi prototypowych narzędzi wspierających (np. zestawienia alertów i czasów reakcji, jeżeli były

¹⁷ Proksy – zmienne zastępcze, stosowane jako przybliżone miary zjawiska trudnego do bezpośredniego zmierzenia (tu: pośrednie wskaźniki ryzyko procesowego).

¹⁸ Zielone bramki krytyczne – punkty kontrolne w procesie projektowym, które zostały spełnione w całości przy pierwszym przejściu, oznaczone statusem „zielonym”, wskazującym brak konieczności powrotu do wcześniejszych etapów.

generowane w ramach testów Agile), repozytorium CDE (dowody, wersje plików, metadane potwierdzające ścieżkę zatwierdzania) oraz protokoły uzgodnień i koordynacji międzybranżowej. Dzięki temu możliwe było połączenie danych ilościowych (czasy, liczby iteracji, wskaźniki kompletności) z jakościowymi (uwagi, komentarze zespołów), co odpowiada charakterowi badań wdrożeniowych prowadzonych przez architekta praktyka z uprawnieniami budowlanymi. Tak zdefiniowane wskaźniki umożliwiają nie tylko analizę skuteczności list kontrolnych jako narzędzia redukcji ryzyka procesowego, ale również ocenę potencjału ich rozwoju w kierunku cyfrowej aplikacji walidującej i integracji z systemami CDE.

Metodyka badania i plan analityczny

Metodyka badań przyjęta w niniejszej rozprawie ma charakter iteracyjno-wdrożeniowy i została zaprojektowana tak, aby możliwe było zarówno empiryczne zweryfikowanie hipotez H1–H5, jak i adaptacyjne doskonalenie narzędzia (lista kontrolna jako główny element badawczy).

Proces podzielono na trzy główne fazy:

(1) Faza przygotowawcza – obejmująca analizę wymagań formalno-prawnych (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Rozwoju w sprawie zakresu i formy projektu budowlanego¹), identyfikację interesariuszy oraz opracowanie wstępnej wersji listy kontrolnej na podstawie TABELI 1A i struktury sześciu bloków analitycznych.

(2) Faza pilotażowa – realizowana w trybie Agile¹⁹, w krótkich sprintach iteracyjnych (2–4 tygodnie), z regularnymi przeglądami postępów (reviews) i sesjami retrospektywnymi z udziałem zespołów projektowych i inwestorów. Każdy sprint kończył się aktualizacją wymagań oraz priorytetyzacją pozycji w liście kontrolnej. Dzięki temu możliwe było szybkie reagowanie na pojawiające się potrzeby i minimalizowanie kosztów ewentualnych korekt ex post³.

(3) Faza weryfikacyjna – polegająca na zastosowaniu udoskonalonej listy kontrolnej w 30 projektach referencyjnych, pomiarze wskaźników zgodnie z hipotezami roboczymi (m.in. średnia liczba iteracji dokumentacyjnych, odsetek „zielonych” bramek krytycznych, czas zamykania alertów, zgodność ESG i użytkowa) oraz analizie danych statystycznych (mediana, kwartyle, korelacje).

Dane pozyskiwano z obserwacji zespołów projektowych, audytów dokumentacji i raportów przygotowywanych po każdym cyklu sprintów. Iteracyjne podejście umożliwilo triangulację źródeł danych i bieżącą kalibrację progów krytyczności INTERAKCJE/ALERTY. Po każdym cyklu wdrożeniowym wykonywano przegląd metryk, porównanie z wartościami bazowymi oraz analizę jakościową komentarzy interesariuszy. Takie ujęcie pozwoliło nie tylko na ilościową ocenę skuteczności listy kontrolnej, lecz także na wychwycenie efektów ubocznych (np. opóźnień wynikających z nadmiernej kontroli lub niedostosowania kryteriów N/U do typu projektu). Integracja metodyki Agile z wymaganiami formalnymi zapewniła jednocześnie elastyczność wdrożenia i zachowanie zgodności z obowiązującymi standardami dokumentacyjnymi (Beck et al., 2001; Schwaber & Sutherland, 2020).

Kryteria falsyfikacji i transparentność wyników

Weryfikacja hipotez H1–H5 została przeprowadzona zgodnie z zasadami rzetelności naukowej i praktycznej przydatności wyników. Hipotezy zostały odrzucone, jeśli efekt działania narzędzia nie osiągnął minimalnych progów skuteczności, określonych na podstawie analizy eksperckiej i wstępnych danych pilotażowych:

20% – redukcja średniej liczby iteracji dokumentacyjnych na sekcję (H1),

25 punktów procentowych – wzrost odsetka „zielonych bramek krytycznych” przy pierwszym przejściu (H2),

30% – zmniejszenie liczby konfliktów ex post (H3),

85% – minimalny udział pozycji krytycznych z powiązanymi dowodami w CDE (H4),

30% – skrócenie medianowego czasu zamykania alertów (H4),

95% – zgodność użytkowa i kryteria ESG po kalibracji N/U (H5).

¹⁹ Agile – zwinna metodyka zarządzania projektami oparta na iteracyjnych sprintach, przeglądach i adaptacji wymagań.

Każdy z efektów został poddany testom istotności statystycznej przy założonym poziomie alfa = 0,05 i mocy testu = 0,8 (Cohen, 1988). Brak istotności statystycznej – nawet przy osiągnięciu wartości progowych – skutkowało odrzuceniem hipotezy lub ograniczeniem jej zakresu.

Dla zapewnienia transparentności wyników raportowano przedziały ufności dla kluczowych estymatorów, wartości statystyk testowych oraz wyniki analiz wrażliwości (np. wpływ zmiany progów INTERAKCJE/ALERTY na efekt końcowy). W raportach uwzględniono również ograniczenia badania: możliwe błędy pomiarowe (np. zróżnicowana jakość danych wejściowych w rejestrach TABELI 1A), wpływ czynników zewnętrznych (zmiany regulacyjne lub specyfika inwestycji) oraz potencjalne alternatywne wyjaśnienia obserwowanych efektów (np. lepsza koordynacja wynikająca z doświadczenia zespołu, a nie samego narzędzia). Przyjęcie takiej strategii zwiększyło wiarygodność wniosków i ich użyteczność w praktyce projektowej, a jednocześnie chroniło przed błędami wynikającymi z nadinterpretacji pojedynczych wskaźników.

1.4. Zakres pracy.

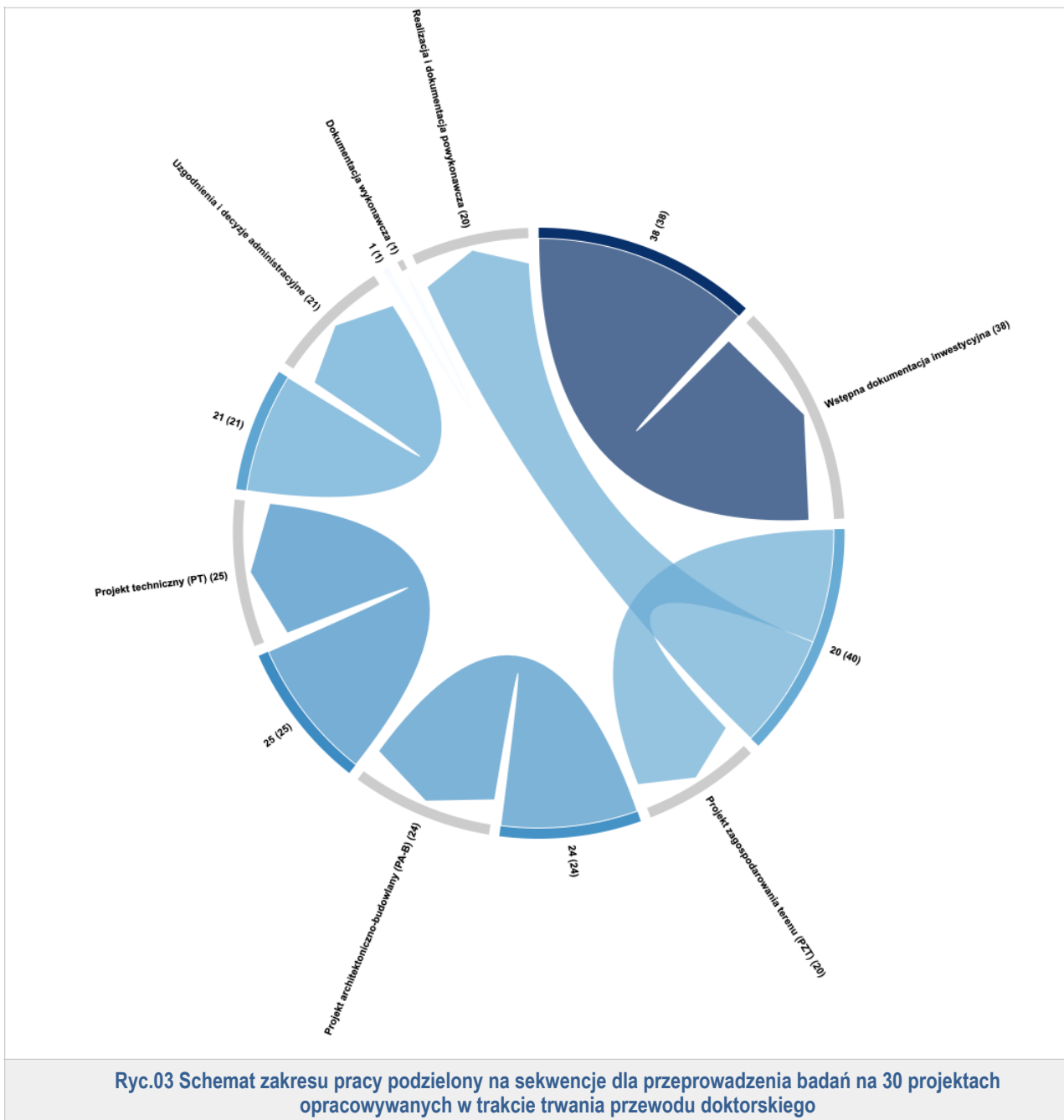
Niniejszy rozdział rozwija i doprecyzowuje zakres merytoryczny, metodologiczny i materiałowy badań, wskazując również granice, wyłączenia oraz ograniczenia danych i metod. Określono w nim założenia projektowe badania oraz ich powiązania z celami i hipotezami z rozdziału 1.3. Punktem odniesienia przyjętym w badaniu była struktura projektu budowlanego wynikająca z polskiego porządku prawnego, w szczególności rozdzielenie dokumentacji na PZT (projekt zagospodarowania terenu), PA-B (projekt architektoniczno-budowlany) oraz PT (projekt techniczny), zgodnie z przepisami wykonawczymi do Prawa budowlanego²⁰.

Zakres badań został uporządkowany według siedmiu działów TABELI 1A, odzwierciedlających pełny cykl inwestycyjno-budowlany:

- (1) Wstępna dokumentacja inwestycyjna – analiza materiałów wejściowych, decyzji lokalizacyjnych i uwarunkowań terenowych.
- (2) Projekt zagospodarowania terenu (PZT) – weryfikacja rozwiązań sytuacyjno-wysokościowych, układów komunikacyjnych i przyłączy infrastruktury.
- (3) Projekt architektoniczno-budowlany (PA-B) – ocena układów funkcjonalnych, rozwiązań konstrukcyjnych, energetycznych i środowiskowych.
- (4) Projekt techniczny (PT) – kontrola szczegółowych rozwiązań branżowych, koordynacji oraz zgodności materiałowo-technicznej.
- (5) Uzgodnienia i decyzje administracyjne – kompletność formalno-prawna i harmonogramowanie ścieżek decyzyjnych.
- (6) Dokumentacja wykonawcza – analiza uszczegółowień rozwiązań projektowych pod kątem spójności i wykonalności.
- (7) Realizacja i dokumentacja powykonawcza – weryfikacja poprawności procesu budowy, odbiorów oraz archiwizacji dokumentacji powykonawczej.

Każdy dział został powiązany z miernikami zgodności (np. odsetek wymagań niezbędnych N spełnionych w pierwszym przejściu), punktami kontrolnymi (bramkami krytycznymi) oraz przypisanymi rolami interesariuszy (inwestor, branża inżynierska, architekt prowadzący). Zakres materiałowy oparto na 30 autorskich projektach własnych architekta-badacza, obejmujących zróżnicowane typy i skale inwestycji. Projekty te umożliwiły ocenę liczby iteracji dokumentacyjnych, dynamiki alertów i kompletności formalnej w warunkach odpowiadających realnej praktyce zawodowej. Uwzględniono także ograniczenia badania wynikające z jednorodności źródła danych, wpływu zmian regulacyjnych w czasie analizy oraz różnic w dojrzałości zespołów projektowych.

²⁰ Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – *Prawo budowlane* (t.j. Dz.U. 2023 poz. 682 z późn. zm.) wraz z rozporządzeniami wykonawczymi określającymi zakres i formę projektu budowlanego.



1.4.1. Zakres merytoryczny

Badania skoncentrowano na identyfikacji, klasyfikacji oraz redukcji zagrożeń wynikających z braków, niespójności i niezgodności w dokumentacji projektowej. Wskazano, że takie ryzyko wpływają na:

Bezpieczeństwo użytkowe i pożarowe (np. błędne układy dróg ewakuacyjnych lub brak wymaganych uzgodnień ppoż.),

Dostępność i inkluzywność (nieprawidłowe projektowanie ciągów komunikacyjnych, brak udogodnień dla osób z niepełnosprawnościami),

Komfort środowiskowy (akustyka, doświetlenie, wentylacja),

Efektywność energetyczną oraz zgodność formalno-prawną.

Analizie poddano trzy warstwy projektu:

(a) PZT – relacje inwestycji z działką i terenem (granice, uzbrojenie, komunikacja, zieleń, odwodnienie, dostęp pożarowy),

(b) PA-B – rozwiązania architektoniczne i funkcjonalne na poziomie obiektu wraz z wymaganiami dostępności i ochrony ppoż.,

(c) PT – rozwiązania techniczne i międzybranżowe wraz z obliczeniami, specyfikacjami i detalami²¹.

Każda warstwa oceniana była pod względem kompletności części opisowej i rysunkowej, spójności opis–rysunki oraz koordynacji międzybranżowej. Podkreślono także konieczność powiązania ryzyko formalno-prawnego z decyzjami administracyjnymi i wytycznymi gestorów sieci.

1.4.2. Zakres metodologiczny

Zastosowano triangulację metod²² w celu zwiększenia wiarygodności wyników, łącząc różne źródła i techniki badawcze. Wykorzystano:

Ankiety oparte na skali Likerta (1–5) oraz polach Tak/Nie/N/D – dla trzech grup interesariuszy, co umożliwiło ilościową ocenę jakości dokumentacji.

Wywiady fokusowe FGI²³ (Focus Group Interviews) z przewodnikiem modułowym, które pozwoliły pogłębić rozumienie przyczyn niezgodności i identyfikować bariery komunikacyjne.

Obserwacje walkthrough²⁴, w ramach których uczestnicy wykonywali zadania testowe, mierzono czas realizacji i notowano błędy krytyczne – metoda ta pozwoliła ocenić praktyczne użycie dokumentacji.

Analizę dokumentów (spisy rysunków, rejestry uzgodnień, oświadczenia projektantów) oraz logi CDE⁵ (Common Data Environment – wspólne środowisko danych) w celu weryfikacji audytowalności i kontroli wersji.

Dane zestawiono na poziomie pozycji TABELI 1A, modułów oraz całych projektów, a uzyskane wskaźniki (np. poziom zgodności, gęstość niezgodności, liczba kolizji, czas zadań) mapowano na macierz wpływ–wysięk, aby efektywnie priorytetyzować korekty.

1.4.3. Zakres materiałowy i próba badawcza

Materiał badawczy obejmował 30 autorskich projektów różnego typu (mieszkalne, biurowe, użyteczności publicznej), co umożliwiło identyfikację powtarzalnych wzorców niezgodności. Włączono pełne lub krytyczne fragmenty PZT/PA-B/PT, spisy rysunków, rejestry uzgodnień, oświadczenia projektantów, potwierdzenia uprawnień oraz mapy do celów projektowych. Respondentów dobrano celowo: inwestorzy/PM, projektanci branżowi oraz architekci prowadzący z doświadczeniem w pracy zgodnej z Rozporządzeniem.

1.4.4. Granice i wyłączenia

Badania nie obejmowały audytów budowlanych ani analiz powykonawczych. Odniesienia do faz realizacji i eksploatacji traktowano jedynie pomocniczo. Aspekty ekonomiczne potraktowano jako tło ryzyko. Zakres geograficzny ograniczono

²¹ Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2020 poz.1609).

²² Triangulacja – łączenie różnych metod lub źródeł danych w celu zwiększenia rzetelności i wiarygodności wyników badań (Flick, 2018).

²³ FGI (Focus Group Interview) – moderowana dyskusja grupowa pozwalająca zidentyfikować opinie, potrzeby i problemy badanych (Krueger & Casey, 2015)

²⁴ Walkthrough – metoda oceny użyteczności polegająca na przejściu przez zadania w warunkach symulujących praktyczne użycie (Nielsen, 1994)

do polskiego porządku prawnego. Ocena narzędzi BIM/CDE nie była celem badań – środowiska te pełniły jedynie rolę repozytoriów danych i kontroli wersji.

1.4.5. Ograniczenia danych i metod

Uwzględniono możliwość braków w dokumentacji (np. niespójne oznaczenia, różne standardy między projektami). Minimalizowano je standaryzacją checklist oraz konsekwentnym odwoływaniem się do TABELI 1A. Ryzyko stroniczości respondentów ograniczono triangulacją²⁵, pytaniami kontrolnymi i analizą rozbieżności między grupami. Podkreślono, że wnioski odnoszą się do analizowanego korpusu oraz aktualnego stanu prawnego, a ekstrapolacje na inne konteksty wymagają dodatkowych badań.

1.4.6. Założenia i decyzje projektowe badania

Strukturę PB (PZT, PA-B, PT) przyjęto jako układ narzędziowy: każdy moduł miał listę kontrolną, kryteria zgodności i wskaźniki jakości. Wagi kryteriów kalibrowano według wpływu na bezpieczeństwo, dostępność i koszt korekt. Każdej niezgodności nadawano identyfikator Lp. oraz przypisanie do odpowiedniego modułu, co ułatwiało śledzenie dowodów w repozytorium CDE.

1.4.7. Powiązanie z celami i hipotezami

Zakres 1.4 wspierał cele z rozdz. 1.3, umożliwiając weryfikację hipotezy głównej: systematyczny audyt dokumentacji – oparty na checklistach i triangulacji danych – redukuje liczbę niezgodności i ryzyko odrzucenia dokumentacji przez administrację. Cele szczegółowe, takie jak poprawa spójności opis–rysunki, zostały przypisane do mierników i testów walkthrough.

1.4.8. Rozwinięcia modułowe i podstawa prawna

W strukturze badań wyróżniono kilka kluczowych modułów odpowiadających wymaganiom prawnym i praktyce projektowej. Moduł PZT obejmował analizę granic działki budowlanej, układu komunikacyjnego, uzbrojenia terenu, gospodarki wodami opadowymi, rozwiązań dotyczących zieleni oraz dostępu pożarowego. W jego ramach oceniano kompletność części opisowej i rysunkowej projektu zagospodarowania oraz zgodność z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego (MPZP) lub – w przypadku jego braku – z decyzją o warunkach zabudowy (WZ) oraz innymi decyzjami administracyjnymi²⁵. Moduł PA-B dotyczył rozwiązań architektonicznych i funkcjonalnych na poziomie obiektu, ze szczególnym uwzględnieniem wymagań dotyczących dostępności dla osób z niepełnosprawnościami, ochrony przeciwpożarowej, oszczędności energii i odnawialnych źródeł energii (OZE), a także analizy potencjalnych oddziaływań obiektu na otoczenie. W tym module badano również spójność między częścią opisową a rysunkową oraz kompletność dokumentacji graficznej²⁶. Moduł PT obejmował weryfikację rozwiązań konstrukcyjnych i instalacyjnych, specyfikacji technicznych, obliczeń i zestawień materiałowych oraz detali wykonawczych, ze szczególnym naciskiem na koordynację międzybranżową²⁷. Moduł uzgodnień i oświadczeń skupiał się na weryfikacji oświadczeń projektantów i sprawdzających, uzgodnieniach ZUD i branżowych, decyzjach administracyjnych (w tym środowiskowych), warunkach przyłączeniowych i pełnomocnictwach niezbędnych do prowadzenia procesu projektowego²⁸. W module BIOZ i bezpieczeństwo analizowano informacje BIOZ

²⁵ Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego, § 5–6; Prawo budowlane art. 34 ust. 3 pkt 1; Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym – MPZP/WZ.

²⁶ Rozporządzenie – § 7–10; Warunki techniczne (Dz.U. poz. 1065 i nast.); przepisy przeciwpożarowe (Dz.U. poz. 1090 i nast).

²⁷ Prawo budowlane art. 34 ust. 3f–3i; Rozporządzenie ws. projektu budowlanego – zakres PT.

²⁸ Prawo budowlane art. 20 i 20a (oświadczenia); rozporządzenia branżowe; decyzje środowiskowe – Ustawa OOS; warunki przyłączenia – przepisy sektorowe

(Bezpieczeństwo i Ochrona Zdrowia), identyfikowano potencjalne zagrożenia oraz środki profilaktyczne, a także badano koordynację branżową na etapie projektowania ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa robót budowlanych²⁹. Z kolei moduł uprawnień i kompletności formalnej obejmował weryfikację uprawnień projektantów, aktualności zaświadczeń izb samorządu zawodowego, prawidłowości podpisów i pieczęci, liczby egzemplarzy oraz wersji dokumentacji, a także kompletności spisów rysunków i załączników³⁰. Tak zdefiniowane moduły pozwalają na jednoznaczne powiązanie punktów kontrolnych z podstawą prawną, co zwiększa audytowalność, replikowalność procedury badawczej oraz ułatwia wdrożenie wyników w praktyce projektowej.

1.5. Struktura pracy i możliwości wdrożenia.

Rozdział przedstawia praktyczny profil wdrożeniowy rozprawy, obejmujący założenia, artefakty, procedury oraz mierniki, które umożliwiają integrację wyników badań z procesem projektowym i zarządczym. Celem jest zapewnienie, aby opracowany model audytu ex-ante dokumentacji – obejmujący projekt zagospodarowania terenu (PZT), projekt architektoniczno-budowlany (PA-B), projekt techniczny (PT), uzgodnienia i oświadczenia, dokumentację BIOZ (bezpieczeństwo i ochrona zdrowia) oraz moduł uprawnień i kompletności formalnej – był możliwy do zastosowania zarówno przez inwestora, biuro projektowe, jak i generalnego wykonawcę³¹. Wdrożenie służy: (a) redukcji niezgodności krytycznych przed złożeniem projektu do organu administracji architektoniczno-budowlanej, (b) zwiększeniu audytowalności i przejrzystości decyzji projektowych, (c) skróceniu czasu przeglądów międzybranżowych i obiegu dokumentacji oraz (d) zapewnieniu spójności pomiędzy częścią opisową, rysunkową i repozytorium CDE (Common Data Environment – wspólne środowisko danych)³². Zakres wdrożenia obejmuje wyłącznie etap projektowy – od koncepcji i przygotowania dokumentacji do uzyskania wymaganych decyzji administracyjnych oraz przygotowania do realizacji inwestycji³³.

Pakiet wdrożeniowy składa się z następujących artefaktów: (1) checklisty modułowe w wersjach PL, powiązane z kolumną Podstawa prawna (§/pkt) i identyfikatorami Lp. z TABELI 1A; (2) ankieta dla trzech grup ról – inwestorów, projektantów branżowych i architekta prowadzącego; (3) scenariusz FGI (Focus Group Interview – wywiad grupowy zogniskowany) wykorzystywany podczas przeglądów międzybranżowych³⁴; (4) arkusz walkthrough zawierający zadania testowe i mierniki do oceny intuicyjności oraz kompletności rozwiązań³⁵; (5) rejestr uzgodnień i oświadczeń z polami śladu dowodowego w CDE, zapewniający pełną audytowalność i kontrolę wersji³⁶; oraz (6) szablony raportów zgodności dla PB/PT, które ułatwiają komunikację wyników audytu i przekazywanie informacji decyzyjnym. Wszystkie artefakty są zintegrowane z repozytorium CDE, posiadają oznaczenie wersji, status realizacji oraz wskazanie odpowiedzialnego. Listy kontrolne zawierają bezpośrednie odnośniki do przepisów prawnych, a także pole N/D (nie dotyczy) dla elementów uznanych za nieadekwatne do danego typu inwestycji, co umożliwia elastyczne dostosowanie narzędzia do specyfiki projektu. Taki układ zapewnia wysoką replikowalność procedury i transparentność

²⁹ Prawo budowlane art. 20 ust. 1 pkt 1b; Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie BIOZ; Kodeks pracy – przepisy BHP.

³⁰ Prawo budowlane art. 12–14 (uprawnienia budowlane), art. 20 (obowiązki projektanta), art. 57 (kompletność dokumentów).

³¹ Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2020 poz. 1609) – § 5–11; Prawo budowlane art. 34 i nast. (struktura projektu budowlanego PB).

³² CDE – Common Data Environment, wspólne środowisko danych stosowane w procesach BIM; zob. ISO 19650.

³³ Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (t.j. Dz.U. 2023 poz. 682 z późn. zm.).

³⁴ Krueger, R. A., & Casey, M. A. (2015). *Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research*. Sage.

³⁵ Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Academic Press – opis metody walkthrough jako techniki badawczej.

³⁶ Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*. Wiley – opis CDE i audytowalności.

w procesie weryfikacji dokumentacji projektowej, jednocześnie wzmacniając powiązanie z podstawą normatywną i praktyką branżową³⁷.

1.5.1. Proces i role (RACI (responsible, accountable, consulted, informed – macierz odpowiedzialności))

Proces wdrożeniowy opiera się na bramkach jakościowych „freeze” dla trzech głównych modułów: PZT freeze (projekt zagospodarowania terenu), PA-B freeze (projekt architektoniczno-budowlany) oraz PT freeze (projekt techniczny). Przed każdą bramką zespół wykonuje przegląd międzybranżowy z wykorzystaniem list kontrolnych oraz arkusza walkthrough. Dzięki temu możliwe jest wychwycenie niezgodności jeszcze przed przejściem do kolejnych etapów dokumentacyjnych. Macierz RACI porządkuje odpowiedzialności: R (Responsible) – właściciel zadania i dowodu w CDE (np. architekt branżowy lub inwestor), A (Accountable) – osoba akceptująca spełnienie kryteriów (np. główny projektant), C (Consulted) – eksperci branżowi konsultowani w procesie, I (Informed) – osoby informowane o wynikach i decyzjach przejścia bramki³⁸. Macierz ta minimalizuje konflikty kompetencyjne i zwiększa przejrzystość odpowiedzialności³⁹.

1.5.2. Integracja z CDE i ślad dowodowy

Wspólne środowisko danych (CDE) pełni funkcję źródła referencyjnego dla całej dokumentacji – wszystkie decyzje projektowe muszą mieć swoje odzwierciedlenie w formie plików lub dowodów w repozytorium⁴⁰. Zasada „opis = rysunek = CDE” gwarantuje spójność pomiędzy warstwą opisową i rysunkową. CDE umożliwia wersjonowanie plików, przypisywanie metadanych (Lp., moduł, wersja, data, osoba) oraz generowanie raportów bramkowych w formatach PDF lub DOCX bezpośrednio z checklist i walkthrough. Takie raporty archiwizowane w repozytorium zapewniają audytowalność i zgodność z wymogami prawnymi⁴¹.

1.5.3. KPI (key performance indicators – kluczowe wskaźniki efektywności) i mierniki sukcesu

Zdefiniowany zestaw mierników sukcesu obejmuje: (a) spadek liczby niezgodności krytycznych przed złożeniem PB/PT, (b) skrócenie czasu przeglądów międzybranżowych, (c) pokrycie pozycji przepisów w checklistach, (d) redukcję liczby niespójności opis–rysunki, (e) zmniejszenie kolizji międzybranżowych, oraz (f) poprawę terminowości wypełniania rejestru uzgodnień i oświadczeń. Docelowe wartości KPI ustalone są pilotażowo, np. 30% redukcji niezgodności krytycznych, 20% skrócenia czasu przeglądu oraz 100% pokrycia obligatoryjnych pozycji⁴².

1.5.4. Plan pilotażowy i skalowanie

Plan pilotażu obejmuje trzy iteracje. Iteracja 0 służy szkoleniu zespołu i kalibracji wag kryteriów na jednym projekcie testowym. Iteracje 1–2 obejmują wdrożenie narzędzi na kolejnych projektach, porównanie wyników KPI oraz korektę checklist. Iteracja 3 kończy się standaryzacją procedury w organizacji, publikacją wzorów dokumentów oraz opracowaniem zasad aktualizacji w przypadku zmian prawnych⁴³. Skalowanie wdrożenia opiera się na profilach

³⁷ Opracowanie własne autora – powiązanie artefaktów z TABELĄ 1A i wdrożeniowym celem rozprawy.

³⁸ Rozporządzenie ws. szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2020 poz. 1609).

³⁹ ISO 19650 – zarządzanie informacją w BIM.

⁴⁰ Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*. Wiley.

⁴¹ Prawo budowlane, art. 20, 34, 57.

⁴² Opracowanie własne autora – definicja KPI oparta na TABELI 1A.

⁴³ PMI (2021). *PMBOK® Guide – A Guide to the Project Management Body of Knowledge*.

branżowych checklist, które uwzględniają specyfikę różnych typów inwestycji, oraz na wersjonowaniu dokumentów w celu zapewnienia porównywalności danych.

1.5.5. Ryzyko wdrożenia i mitygacje

Zidentyfikowane ryzyko obejmują: opór zespołów przed standaryzacją, zróżnicowane praktyki i oznaczenia, ograniczony dostęp do pełnych rejestrów uzgodnień (np. z uwagi na NDA – umowy poufności), a także możliwe zmiany w przepisach budowlanych. W ramach mitygacji stosuje się krótkie cykle iteracyjne i lekkie checklisty, aby ograniczyć obciążenie użytkowników. Dodatkowo prowadzi się szkolenia, mapuje słowniki oznaczeń międzybranżowych, stosuje anonimizację oraz agregację danych, a także utrzymuje mapę zmian przepisów i rewizji checklist⁴⁴.

1.5.6. Walory naukowe i praktyczne wdrożenia

Walory naukowe wdrożenia polegają na wprowadzeniu ustrukturyzowanej, replikowalnej procedury audytu dokumentacji projektowej, która opiera się na triangulacji metod badawczych i jednoznacznym śladzie dowodowym. Walory praktyczne obejmują dostarczenie gotowego zestawu narzędzi, który można wdrożyć w środowisku CDE bez potrzeby zmiany platformy lub naruszania obowiązujących procesów organizacyjnych⁴⁵.

1.5.7. Harmonizacja z rozdziałami 2–7

Profil wdrożeniowy pozostaje w ścisłej relacji z rozdziałami: 2 (ramy normatywne), 3 (metodyka), 4 (materiał badawczy), 5 (wyniki analiz) i 6 (dyskusja). W rozdziale 7 wyniki te przekształcają się w procedurę operacyjną, KPI oraz plan skalowania, co zapewnia logiczną ciągłość całej rozprawy⁴⁶.

1.5.8. Procedura przeglądu międzybranżowego (walkthrough)

Scenariusz walkthrough obejmuje zadania sprawdzające ścieżki krytyczne, np. weryfikację zgodności dróg pożarowych, komplementarności opis–rysunki w module PA-B oraz koordynację instalacji z konstrukcją. W czasie przeglądu mierzone są czasy reakcji, liczba błędów i kolizji. Porównanie wyników walkthrough między projektami pozwala na identyfikację wąskich gardeł procesu oraz powtarzających się wzorców niezgodności⁴⁷.

1.5.9. Raportowanie i komunikacja

Raport bramkowy zawiera streszczenie KPI, listę niezgodności krytycznych i warunkowych, decyzję o przejściu bramki, listę działań korygujących, odpowiedzialnych i terminy. Raport jest dystrybuowany do osób z kategorii I w macierzy RACI oraz archiwizowany w repozytorium CDE. Raport końcowy wdrożenia agreguje wyniki z projektów pilotażowych i rekomenduje standard organizacyjny⁴⁸.

1.5.10. Zarządzanie zmianą i szkolenia

Program wdrożeniowy obejmuje szkolenia z obsługi checklist, zasad RACI, prowadzenia przeglądów oraz nawyku „opis = rysunek = CDE”. Materiały szkoleniowe i nagrania wideo przechowywane są w repozytorium. Po każdej

⁴⁴ Prosci (2021). Change Management Best Practices.

⁴⁵ Krueger, R. A., & Casey, M. A. (2015). *Focus Groups*. Sage.

⁴⁶ Opracowanie własne autora – harmonizacja struktury rozprawy.

⁴⁷ Nielsen, J. (1994). *Usability Engineering*. Academic Press.

⁴⁸ Tufte, E. R. (2006). *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press.

bramce zbierane są uwagi zespołu oraz metryki obciążenia, co pozwala dostosowywać narzędzia do potrzeb użytkowników⁴⁹.

1.5.11. Wymogi zgodności prawnej

Każda pozycja checklisty wskazuje podstawę prawną (§/pkt) oraz wersję Dz.U. W razie zmiany przepisów stosowana jest rewizja checklist i oznaczenie wersji. Wdrożenie uwzględnia także wymagania ochrony danych oraz tajemnicy przedsiębiorstwa, w tym anonimizację i kontrolę dostępu w CDE⁵⁰.

Macierz RACI - Inwestor / Projektant / Koordynator / Generalny Wykonawca				
	Inwestor	Projektant	Koordynator	Generalny Wykonawca
PZT freeze	A	R	C	I
PA-B freeze	A	R	C	I
PT freeze	I	R	A	C
Uzgodnienia/Świad.	A	R	C	I
BIOZ	C	A	R	I
Kompletność	A	R	C	I

Legenda

- R – odpowiedzialny (Responsible)
- A – akceptujący (Accountable)
- C – konsultowany (Consulted)
- I – informowany (Informed)

Ryc.04 Macierz RACI

Komentarz do macierzy RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed).⁵¹

Macierz RACI przedstawia w sposób przejrzysty rozkład odpowiedzialności w procesie wdrożeniowym audytu ex-ante dokumentacji projektowej. W zaprezentowanym układzie cztery kluczowe role – Inwestor, Projektant, Koordynator i Generalny Wykonawca – przypisane są do sześciu głównych etapów: PZT freeze, PA-B freeze, PT freeze, Uzgodnienia/Świad., BIOZ oraz Kompletność.

Inwestor (A/I) pełni rolę akceptującego lub informowanego. Jako właściciel przedsięwzięcia zatwierdza kluczowe decyzje formalne, takie jak zamrożenie etapów PZT i PA-B, a w dalszych krokach jest informowany o przebiegu prac technicznych.

Projektant (R) jest odpowiedzialny za przygotowanie dokumentacji i dowodów w CDE. Jego rola jest dominująca w etapach PZT, PA-B i PT, gdzie dostarcza rozwiązania architektoniczne i techniczne oraz odpowiada za zgodność z przepisami.

Koordynator (A/C/R) odpowiada za integrację międzybranżową i zapewnienie spójności dokumentacji. W module PT freeze jego rola przesuwana się na akceptującego (A), aby zapewnić właściwe powiązania między branżami.

⁴⁹ Kotter, J. P. (2012). *Leading Change*. Harvard Business Review Press.

⁵⁰ RODO (Rozporządzenie UE 2016/679) – ochrona danych osobowych.

⁵¹ RACI – Responsible (odpowiedzialny), Accountable (akceptujący), Consulted (konsultowany), Informed (informowany). Stosowanie macierzy RACI w zarządzaniu projektami umożliwia jasne przypisanie ról i uniknięcie konfliktów kompetencyjnych (PMI, 2021).

Generalny Wykonawca (I/C) jest głównie informowany o decyzjach na wczesnych etapach, lecz w fazie PT freeze i BIOZ pełni również rolę konsultowaną, dostarczając dane wykonawcze i informacje praktyczne związane z realizacją robót.

Układ ten zapewnia przejrzystość decyzyjną i minimalizuje ryzyko konfliktów kompetencyjnych. Wyraźne wskazanie odpowiedzialnych i akceptujących w poszczególnych krokach (np. R dla projektanta i A dla inwestora) pozwala uniknąć niejasności, które mogłyby prowadzić do powrotów dokumentacji, wydłużenia harmonogramu lub eskalacji kosztów. Dzięki powiązaniu macierzy z repozytorium CDE każda decyzja posiada ślad dowodowy, a raporty bramkowe mogą być generowane automatycznie, co zwiększa audytowalność i replikowalność procedury.

Tak zdefiniowana macierz wspiera zarządzanie jakością w projektach architektoniczno-budowlanych, zgodnie z zasadą „opis = rysunek = CDE”, oraz harmonizuje komunikację pomiędzy interesariuszami, co jest kluczowe dla wdrożeń w środowisku wielobranżowym i regulowanym przepisami Prawa budowlanego oraz rozporządzeń wykonawczych.⁵²

1.6. Metody badawcze i źródła danych.

Niniejsza dysertacja przyjmuje podejście empiryczne zorientowane na proces, którego celem jest identyfikacja i eliminacja zagrożeń w trakcie procesu projektowego jako determinant kształtowania modeli środowiska przyjaznego i bezpiecznego do życia. Fundamentem metodycznym jest triangulacja ilościowa i jakościowa⁵³: analiza danych rejestrowych i dokumentacyjnych, studia przypadków, wywiady eksperckie oraz audyt dowodów w repozytorium CDE (common data environment – wspólne środowisko danych)⁵⁴. Metody te są osadzone w ramie operacyjnej list kontrolnych (TABELA 1A SCHEMAT PRACY)⁵⁵, aplikacji walidującej statusy i alerty oraz zintegrowanego środowiska wymiany informacji (CDE), co umożliwi śledzenie przyczynowości zdarzeń, transparentność decyzji i replikowalność wyników. W efekcie badanie obejmuje zarówno mechanikę tworzenia ryzyko (źródła, propagacja, kumulacja), jak i skuteczność interwencji redukujących to ryzyko, mierzoną obiektywnymi wskaźnikami.

METODA AGILE.

Podstawą badań jest metodologia Agile⁵⁶, wywodząca się z paradygmatów inżynierii oprogramowania, która została zaadaptowana dla potrzeb architektury i projektowania budowlanego, wnosząc do nich nowatorski model iteracyjno - inkrementalnego zarządzania projektami. Jej fundamentalnym założeniem jest elastyczność i zdolność do szybkiej adaptacji względem zmiennych wymagań interesariuszy oraz dynamicznych uwarunkowań technologicznych i legislacyjnych. Iteracyjno-inkrementalne podejście (ang. iterative and incremental approach) to sposób organizacji pracy nad projektem, który łączy dwa komplementarne mechanizmy: iteracje i inkreментy. Iteracyjność oznacza wielokrotne powtarzanie cykli pracy (tzw. iteracji), w których dokonuje się ulepszeń, korekt lub modyfikacji na podstawie wcześniejszych wyników i otrzymanego feedbacku. Każda iteracja to zamknięty etap, który kończy się przeglądem i oceną. Zespół projektowy może wracać do wcześniejszych decyzji projektowych i je modyfikować, co pozwala na ciągłe doskonalenie projektu (np. poprzez testowanie, poprawianie i dostosowywanie).

Inkrementalność (incremental) oznacza, że produkt – projekt – powstaje krok po kroku, przez dodawanie kolejnych funkcjonalnych fragmentów (tzw. inkrementów), które razem składają się na całość. Każdy inkrement to

⁵² Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2020 poz. 1609) oraz Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (t.j. Dz.U. 2023 poz. 682 z późn. zm.)

⁵³ Flick, U. (2018). An Introduction to Qualitative Research (6th ed.). London: Sage

⁵⁴ BS EN ISO 19650-1:2019. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles.

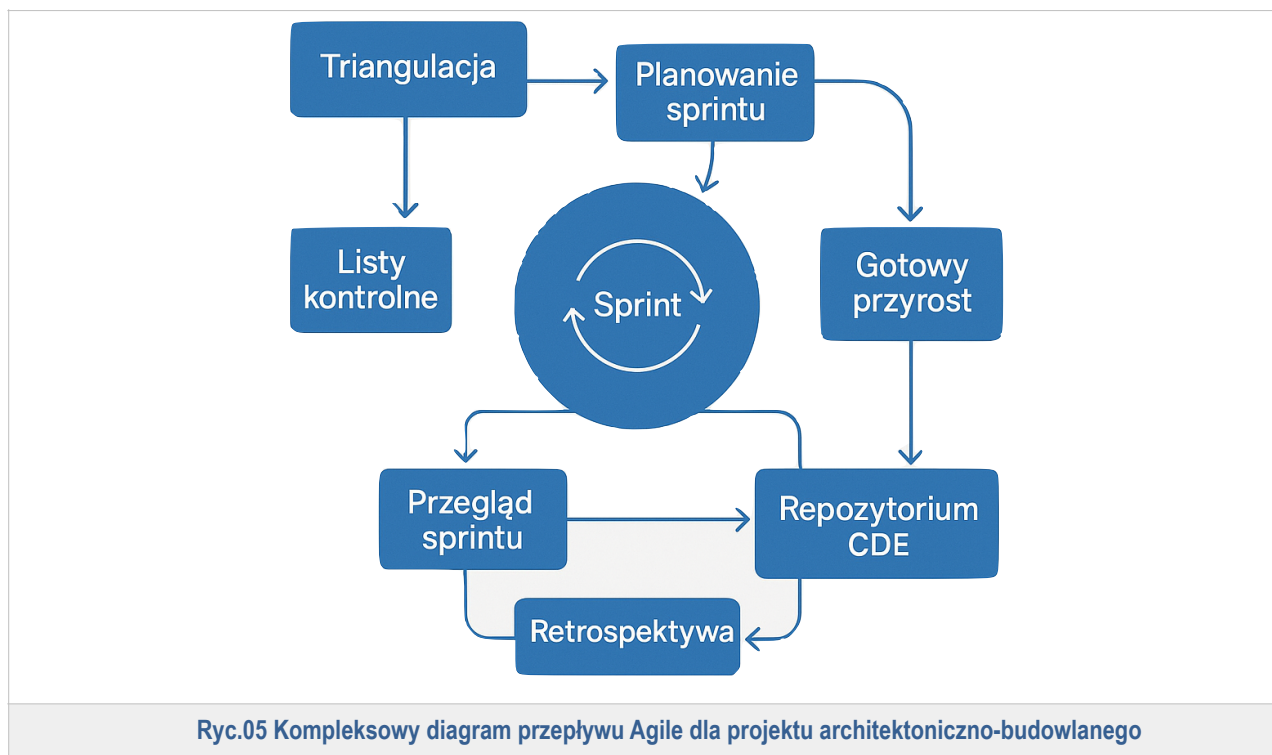
⁵⁵ Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2020 poz. 1609).

⁵⁶ Beck, K. et al. (2001). Manifesto for Agile Software Development. Agile Alliance.

działający, samodzielny fragment systemu lub projektu. Po każdej iteracji przybywa coś konkretnego i mierzalnego — np. moduł konstrukcyjny, geologiczny, część dokumentacji czy funkcja w systemie instalacji. Finalny produkt, jakim jest projekt architektoniczno-budowlany, stanowi sumę wszystkich elementów składowych. W podejściu iteracyjno-inkrementalnym projekt nie jest planowany raz na początku w całości, lecz rozwijany etapami, z możliwością korekty i rozbudowy. Pozwala to szybciej reagować na zmiany (np. wymagania klienta lub przepisy), ograniczać ryzyko poprzez wczesne wykrywanie błędów oraz zapewniać większą elastyczność i kontrolę jakości.

W tradycyjnym podejściu cały projekt jest zatwierdzany na początku i realizowany „po kolei”. W iteracyjno-inkrementalnym najpierw realizuje się podstawowe moduły (np. sekwencje wymagań z listy kontrolnej, schematy instalacji czy założeń ochrony przeciwpożarowej), a następnie dodaje się kolejne elementy — takie jak dodatkowe uzgodnienia, kondygnacje czy pomieszczenia funkcjonalne — w kolejnych iteracjach. Każdy etap można analizować, testować i ulepszać, zanim przejdzie się do następnego. Zastosowana metoda iteracyjno-inkrementalna polega zatem na cyklicznym rozwijaniu dokumentacji projektu przez dodawanie jego części i systematycznym ulepszaniu (iteracjach). Umożliwia to większą adaptacyjność i jakość, zwłaszcza w złożonych i dynamicznych projektach architektoniczno-budowlanych.

W kontekście architektury i budownictwa metodologia Agile umożliwia modularyzację złożonych procesów inwestycyjnych, prowadząc do ich dekompozycji na mniejsze, autonomiczne jednostki funkcjonalne (ang. work packages), które poddawane są ciągłej weryfikacji i ewaluacji. Takie podejście pozwala na systematyczne korygowanie i aktualizowanie założeń projektowych w trakcie realizacji, zamiast ich sztywnego ustalania ex ante, co jest charakterystyczne dla tradycyjnych modeli kaskadowych (waterfall). Transformacja projektowania budowlanego poprzez Agile wiąże się z intensyfikacją procesów decyzyjnych i skróceniem ich cykli czasowych, dzięki zastosowaniu mechanizmów feedbackowych i iteracyjnych przeglądów (sprint reviews), co w konsekwencji prowadzi do redukcji ryzyka błędów projektowych oraz poprawy responsywności systemu projektowego na nowe dane wejściowe.



Ryc.05 Kompleksowy diagram przepływu Agile dla projektu architektoniczno-budowlanego

Zastosowanie metod Agile w praktyce architektoniczno-budowlanej pozwala na lepsze zarządzanie niepewnością projektową poprzez integrację narzędzi zarządzania ryzykiem i jakości. Z perspektywy naukowej Agile można zaklasyfikować jako adaptacyjny framework zarządzania projektem budowlanym, który synergicznie łączy

tradycyjne praktyki inżynierskie z nowoczesnymi strategiami zarządzania innowacją⁵⁷. Jego implementacja w sektorze AEC (Architecture, Engineering, Construction) wpisuje się w szersze trendy cyfrowej transformacji branży, wspierając strategiczną elastyczność organizacyjną, zwiększenie produktywności oraz optymalizację kosztową procesów inwestycyjnych. W konkluzji, przyjęta metodologia Agile w architekturze i budownictwie funkcjonuje jako systemowo zintegrowane narzędzie zarządzania projektami, wspomagające implementację innowacyjnych rozwiązań w zgodzie z rygorami normatywnymi oraz wysokimi standardami jakościowymi.

KORZYŚCI I UZASADNIENIE ZASTOSOWANEJ METODY

Implementacja metodyki Agile w zarządzaniu ryzykiem budowlanym stanowi istotny krok w kierunku zwiększenia efektywności i bezpieczeństwa realizacji inwestycji. Kluczowym aspektem tego podejścia jest iteracyjna ewaluacja oraz wczesne wykrywanie zagrożeń, co umożliwia systematyczne monitorowanie postępów inwestycji i natychmiastowe reagowanie na potencjalne problemy⁵⁸. Dzięki cyklicznym przeglądom oraz krótkim iteracjom projektowym możliwe jest dynamiczne dostosowywanie działań do zmieniających się uwarunkowań technicznych i regulacyjnych. Ważną rolę w tym procesie odgrywa także wzmocnienie komunikacji pomiędzy wszystkimi interesariuszami⁵⁹, co sprzyja wspólnemu wypracowywaniu strategii ograniczania zagrożenia. Iteracyjny proces weryfikacji pozwala na identyfikację i eliminację błędów projektowych, zanim wpłyną one na kolejne etapy realizacji. Ponadto transparentność oraz systematyczne raportowanie postępów, charakterystyczne dla metodyki Agile, zwiększają kontrolę nad całością przedsięwzięcia, minimalizując wpływ nieprzewidzianych zdarzeń⁶⁰. W efekcie zastosowanie Agile w zarządzaniu ryzykiem budowlanym tworzy ramy umożliwiające efektywne i bezpieczne prowadzenie projektów, co jest szczególnie istotne w przypadku inwestycji o wysokim stopniu złożoności.

Wpływ opracowanych standardów projektowych na eliminację zagrożenia w trakcie opracowywania projektu budowlanego zilustrowano na przykładzie porównania trzech realizacji: „Budowa hali magazynowej”, „Nadbudowa ze zmianą sposobu użytkowania kamienicy” oraz „Budowa budynku rekreacji indywidualnej”.

W dziedzinie projektowania budowlanego skuteczne zarządzanie procesem projektowym jest kluczowe dla osiągnięcia sukcesu. W obliczu rosnącego zapotrzebowania na automatyzację procesów i konieczności ograniczania zagrożenia, architekci i inżynierowie muszą wdrażać praktyczne narzędzia umożliwiające uwzględnienie tych aspektów już na etapie sporządzania dokumentacji. W ostatnich latach szczególnego znaczenia nabrały **listy kontrolne**⁶¹ jako efektywne narzędzia monitorowania i zarządzania procesem projektowym. Brakuje jednak kompletnego systemu, który pozwalałby zespołom projektowym na jednoczesną weryfikację zgodności projektu z wytycznymi, normami i przepisami prawa.

Niniejsza dysertacja pogłębia badania nad zastosowaniem list kontrolnych w trakcie przygotowania dokumentacji budowlanej. Analizując autorskie badania praktyczne oraz przykłady różnych realizacji, wykazano, że listy kontrolne znacząco wpływają na skuteczność wdrażania automatyzacji w procesie projektowym. Szczegółowo opisano zastosowaną metodologię wdrażania list kontrolnych, konkretne punkty weryfikacyjne, kluczowe elementy wymagające uwzględnienia oraz perspektywy rozwoju i przyszłe wyzwania związane z tym narzędziem. Przedstawiono także wyniki badań empirycznych, które stanowią podstawę dla sformułowania kluczowych wniosków.

⁵⁷ Rigby, D. K., Sutherland, J., & Noble, A. (2020). Agile at Scale. *Harvard Business Review*, 98(3), 88-96.

⁵⁸ **Iteracyjna ewaluacja** – powtarzalny proces oceny i ulepszania rozwiązań projektowych w kolejnych cyklach (iteracjach).

⁵⁹ **Interesariusze** – osoby lub podmioty mające wpływ na projekt lub zainteresowane jego wynikami (np. inwestor, wykonawca, projektant).

⁶⁰ **Transparentność** – jawność działań i dostępność informacji umożliwiająca weryfikację decyzji oraz budowanie zaufania w projekcie.

⁶¹ **Lista kontrolna** – narzędzie w formie tabeli lub zestawienia punktów, pozwalające systematycznie sprawdzać kompletność i zgodność dokumentacji lub działań.

Definicja listy kontrolnej i jej zasadność w procesie projektowania.

Autorska lista kontrolna w kontekście projektów budowlanych jest kluczowym narzędziem wspierającym zarządzanie procesem inwestycyjnym, zapewniając spójność oraz zgodność działań z obowiązującymi normami, przepisami i wytycznymi projektowymi⁶². Jako szczegółowy wykaz zadań, procedur i punktów weryfikacyjnych umożliwia ona systematyczną ocenę wszystkich aspektów projektu, co przekłada się na zwiększenie bezpieczeństwa oraz jakości realizacji. Opracowana w oparciu o wcześniejsze doświadczenia projektowe, przepisy prawa oraz specyficzne wymagania inwestorów, lista kontrolna minimalizuje ryzyko pominięcia kluczowych etapów lub elementów. Jej stosowanie sprzyja lepszej organizacji pracy zespołu, redukcji błędów wynikających z nieścisłości w dokumentacji oraz poprawie transparentności całego procesu inwestycyjnego.

Metodologia wdrażania list kontrolnych.

W kontekście projektowania budowlanego, zwłaszcza przy realizacjach adaptacyjnych i modernizacyjnych, podejście Agile umożliwia elastyczne reagowanie na wyzwania techniczne, prawne i konserwatorskie. Stopniowe wdrażanie list kontrolnych oparte na modelu Agile pozwala na zbudowanie kompleksowego systemu weryfikacji i walidacji. Sporządzone listy umożliwiają ocenę zgodności technicznej projektów poprzez regularne monitorowanie, czy realizowane rozwiązania spełniają wymagania określone w dokumentacji wyjściowej. Dodatkowo wspierają ewaluację zgodności prawnej, kontrolując, czy projekt prowadzony jest zgodnie z aktualnymi normami, przepisami i wytycznymi (w tym ochroną środowiska i wymaganiami konserwatorskimi). Kluczowym elementem okazał się mechanizm feedbacku⁶³: regularne retrospektywy po każdej iteracji, podczas których zespół ocenia skuteczność stosowanych list kontrolnych i proponuje udoskonalenia, pozwoliły na wychwycenie obszarów wymagających zmian oraz zwiększyły wartość analizy danych.

Priorytetem przy opracowywaniu narzędzia było stworzenie efektywnego systemu zarządzania zagrożeniem w oparciu o metodę Agile. Każdy punkt listy kontrolnej służy identyfikacji potencjalnego zagrożenia w różnych obszarach projektu – od faz przygotowawczych, przez rozwiązania techniczne, po zgodność z obowiązującym prawem. Po wykryciu zagrożenia zespół natychmiast podejmuje działania korygujące i monitoruje wdrażanie planów naprawczych, adresując problem w kolejnych iteracjach. Taki sposób pracy sprzyja bieżącej poprawie jakości i bezpieczeństwa realizowanych projektów.







Na podstawie doświadczeń oraz wagi poszczególnych obszarów w procesie oceny dokumentacji inwestycyjnej opracowano hierarchiczną klasyfikację alertów i interakcji⁶⁴. Stopień 0 (Brak) oznacza brak uznanych interakcji lub alertów i świadczy o płynnym przebiegu przedsięwzięcia bez wykrywalnych problemów. Stopień 1 (Bardzo niski) charakteryzuje minimalne interakcje – rutynowe alerty o małej wadze, niewymagające pilnych działań. Stopień 2 (Niski) to sporadyczne nieścisłości, które mogą być łatwo skorygowane. Stopień 3 (Średni) oznacza umiarkowane alerty wymagające monitorowania. Stopień 4 (Wysoki) wskazuje na znaczące interakcje wymagające natychmiastowych działań, gdyż mogą wpłynąć na krytyczne aspekty projektu. Stopień 5 (Krytyczny/Bardzo wysoki) dotyczy sytuacji, w których alerty wymagają natychmiastowego działania, a ich zignorowanie może zagrozić powodzeniu całego przedsięwzięcia. Taka klasyfikacja pozwala inwestorom i zespołom projektowym efektywnie zarządzać zagrożeniem, optymalizować procesy decyzyjne i szybko reagować na potencjalne problemy.

⁶² **Proces inwestycyjny** – zespół działań związanych z przygotowaniem, projektowaniem, realizacją i przekazaniem inwestycji budowlanej.

⁶³ **Mechanizm feedbacku** – proces przekazywania informacji zwrotnej w celu oceny dotychczasowych działań i wprowadzania usprawnień.

⁶⁴ **Hierarchiczna klasyfikacja alertów i interakcji** – system porządkowania poziomów zagrożenia według ich ważności i wpływu na projekt.

POZIOMY ALERTÓW (0-5)

	Poziom 0 - Brak alertu
	Poziom 1 - Alert bardzo niski
	Poziom 2 - Alert niski
	Poziom 3 - Alert średni
	Poziom 4 - Alert wysoki
	Poziom 5 - Alert krytyczny

Ryc.06 Stopnie alertów

1.6.1. Logika badawcza i pytania operacyjne

Przyjęta w niniejszej dysertacji logika badawcza opiera się na cyklicznym modelu analityczno-wdrożeniowym, który obejmuje kolejne etapy: identyfikacja zagrożeń → operacjonalizacja → pomiar → interwencja → ewaluacja → doskonalenie. Model ten tworzy pętlę sprzężenia zwrotnego, pozwalającą na systematyczne wykrywanie, klasyfikowanie i redukowanie zagrożeń w dokumentacji projektowej. Zapewnia również możliwość analizy przyczynowo-skutkowej oraz obiektywnej weryfikacji skuteczności działań naprawczych w kontekście praktyki inżynierskiej i obowiązujących przepisów⁶⁵.

Na potrzeby badania pytania operacyjne zostały przekształcone w hipotezy testowalne, dla których określono wskaźniki bazowe i wartości docelowe. Weryfikacji podlega teza, że integracja listy kontrolnej, aplikacji alertującej oraz środowiska wspólnych danych (CDE) skutkuje:

- istotnym ograniczeniem liczby iteracji dokumentacyjnych oraz skróceniem czasu uzgodnień międzybranżowych,
- wzrostem odsetka tzw. zielonych bramek przy pierwszym przejściu,
- zmniejszeniem częstości występowania konfliktów ujawnianych ex post,
- redukcją czasu reakcji i zamykania alertów,
- zwiększeniem poziomu audytowalności decyzji projektowych i dowodów⁶⁶.

Mechanizmy tego podejścia opierają się na standaryzacji wymagań – w tym na rozróżnieniu pozycji niezbędnych (N) i uzupełniających (U), przypisaniu ich do odpowiednich ścieżek formalnych (PNB, PZT-PAB, Zgłoszenie) oraz stosowaniu jednolitych statusów realizacji. Dodatkowo wykorzystuje się priorytetyzację zagrożeń za pomocą wskaźnika INTERAKCJE/ALERTY, który umożliwia klasyfikację krytyczności pozycji i wyznacza obszary wymagające działań korygujących⁶⁷. Taki układ pozwala na obiektywizację procesu decyzyjnego, poprawę przejrzystości i skuteczności koordynacji międzybranżowej, zgodnie z najnowszymi zaleceniami literatury z zakresu zarządzania projektami budowlanymi oraz wdrażania metod Agile w sektorze AEC⁶⁸.

⁶⁵ Prawo budowlane, art. 34 ust. 3 pkt 1, określa strukturę projektu budowlanego oraz wymagania formalne wobec jego części (Dz.U. 2023, poz. 682 z późn. zm.).

⁶⁶ *Zielone bramki* – punkty kontrolne w procesie projektowym, które przy pierwszym przejściu spełniają wszystkie wymagania formalne i merytoryczne, eliminując konieczność powtórnych uzgodnień.

⁶⁷ *INTERAKCJE/ALERTY* – syntetyczny wskaźnik krytyczności pozycji listy kontrolnej, obrazujący stopień powiązań między dokumentami projektowymi i częstotliwość ostrzeżeń.

⁶⁸ Por. Smith, J., & Taylor, K. (2022). Agile frameworks in Architecture, Engineering and Construction (AEC): Enhancing project resilience. *Journal of Construction Management*, 48(3), 215-233.

1.6.2. Projekt badania: quasi-eksperyment i porównania przed-po

Projekt empiryczny przyjmuje charakter quasi-eksperymentalny, co jest podejściem powszechnie stosowanym w badaniach wdrożeniowych, gdy pełna randomizacja jednostek badawczych jest niemożliwa lub niepraktyczna w warunkach rzeczywistych procesów inwestycyjnych⁶⁹. Jednostkami obserwacji są pozycje Lp. w TABELI 1A SCHEMAT PRACY, reprezentujące pojedyncze wymagania formalno-prawne lub techniczne, oraz ich agregacje na poziomie sekcji funkcjonalnych i ścieżek formalnych. Analizie poddano również pakiety projektowe: PZT (projekt zagospodarowania terenu), PA-B (projekt architektoniczno-budowlany) oraz PB/PNB (pełna dokumentacja dla uzyskania pozwolenia na budowę). Uwzględniono także stany zatwierdzeń i przepływy pracy w środowisku CDE (Common Data Environment – wspólne środowisko danych⁷⁰), co pozwala odzwierciedlić dynamikę decyzji projektowych i jakość współpracy międzybranżowej.

Badanie porównuje kohorty przed wdrożeniem narzędzi walidacyjnych (list kontrolnych i protokołów w CDE) oraz po ich wdrożeniu, umożliwiając ocenę wpływu audytu ex-ante na proces projektowy. Tam, gdzie dostępne są dane historyczne lub projekty równoległe, zastosowano schemat różnic w różnicach (difference-in-differences⁷¹) w celu eliminacji zmiennych zakłócających i oszacowania efektu netto wdrożenia. Dla zdarzeń o charakterze czasowym, takich jak czas reakcji na alerty czy czas zamykania bramek krytycznych, zastosowano modele przeżycia (survival analysis⁷²) oraz analizy czasu do zdarzenia (time-to-event analysis⁷³) w celu uchwycenia dynamiki procesów oraz oceny prawdopodobieństwa opóźnień na poszczególnych etapach.

Aby zwiększyć trafność zewnętrzną, badanie obejmuje projekty różniące się typem inwestycji (mieszkaniowe, publiczne, przemysłowe) oraz stopniem złożoności dokumentacji. Ograniczenia quasi-eksperymentu obejmują brak pełnej randomizacji, możliwość wpływu czynników zakłócających (np. zmiany legislacyjne, różny poziom doświadczenia zespołów projektowych) oraz potencjalną stronniczość w ocenie jakości dokumentacji. W celu minimalizacji tych zagrożeń zastosowano triangulację metodologiczną – łączącą analizę danych rejestrowych, obserwacje procesów projektowych, wywiady eksperckie i audyty śladu dowodowego – oraz kontrolę zmiennych za pomocą grup porównawczych. Wyniki raportowane są z użyciem przedziałów ufności i analiz wrażliwości, co zwiększa przejrzystość interpretacji i pozwala ocenić stabilność efektów.

Przyjęte podejście quasi-eksperymentalne w połączeniu z analizą przed-po i metodą różnic w różnicach pozwala nie tylko wykazać skuteczność integracji checklist, protokołów alertowych i środowiska CDE, lecz także osadzić wyniki w praktyce projektowej zgodnej z polskim porządkiem prawnym, co zwiększa użyteczność wniosków dla praktyki inżynierskiej i architektonicznej.

1.6.3. Komponent ilościowy: wskaźniki, modele i formy gromadzenia danych

Wskaźniki obejmują: liczbę iteracji dokumentacyjnych, czasy uzgodnień, odsetek zielonych bramek, natężenie wskaźnika INTERAKCJE/ALERTY, kompletność dowodów w Common Data Environment (CDE), a także liczbę konfliktów ex post. Modele analityczne obejmują regresje liniowe i logistyczne z kontrolą zmiennych zakłócających,

⁶⁹ **Quasi-eksperymentalny** – rodzaj badań empirycznych zbliżonych do eksperymentu, w których brak jest pełnej randomizacji jednostek badawczych, ale stosuje się mechanizmy kontroli zmiennych.

⁷⁰ **Common Data Environment (CDE)** – wspólne środowisko danych stosowane w zarządzaniu informacją projektową w budownictwie.

⁷¹ **Difference-in-differences** – metoda statystyczna pozwalająca oszacować efekt interwencji poprzez porównanie zmian w grupie badanej i kontrolnej przed i po wdrożeniu.

⁷² **Survival analysis** – analiza przeżycia, metoda statystyczna używana do badania czasu do wystąpienia określonego zdarzenia.

⁷³ **Time-to-event analysis** – analiza czasu do zdarzenia, technika pokrewna analizie przeżycia, stosowana do oceny dynamiki procesów.

modele mieszane (mixed-effects models⁷⁴) dla danych hierarchicznych, układ difference-in-differences (DiD)⁷⁵ dla oceny efektów wdrożeń oraz survival analysis⁷⁶ (analizy czasu do zdarzenia) dla badania dynamiki procesów. Analizy wrażliwości (sensitivity analysis⁷⁷) obejmują przemiatanie progów krytyczności i wariantów klasyfikacji N/U w celu oceny stabilności modeli.

Komponent jakościowy: studia przypadków i wywiady. Studia przypadków (case studies⁷⁸) obejmują ścieżki PNB, PZT/PAB i zgłoszenia z mapowaniem punktów krytycznych i przepływów informacji. Wywiady półustrukturyzowane (semi-structured interviews⁷⁹) z projektantami, koordynatorami, inwestorami i przedstawicielami administracji pozwalają na badanie mechanizmów powstawania zagrożeń i praktyk ograniczania ryzyko. Kody tematyczne (thematic coding⁸⁰) mapowane są do wskaźników ilościowych, co sprzyja triangulacji danych i interpretacji efektów.

Metody partycypacyjne i ewaluacyjne: ankiety i FGI. Ankiety CAWI/CATI/PAPI⁸¹ służą do pomiaru percepcji zagrożeń, potrzeb i akceptowalności rozwiązań wśród użytkowników docelowych, interesariuszy lokalnych i uczestników procesu projektowego. W badaniach stosuje się skale Likerta, analizę czynnikową i badanie rzetelności. Zogniskowane wywiady grupowe (focus group interviews – FGI⁸²) generują pogłębione wglądy jakościowe w źródła zagrożeń oraz potencjalne kompromisy.

Warsztaty, testy użyteczności i dostępności. Warsztaty ko-kreacyjne oraz design sprints⁸³ wspierają iteracyjne wypracowywanie rozwiązań i redukcję zagrożeń dzięki integracji wiedzy interdyscyplinarnej. Testy użyteczności i dostępności, takie jak walkthrough i heuristic evaluation, weryfikują bezpieczeństwo i czytelność rozwiązań, w szczególności w kontekście dostępności. Metryki obejmują liczbę błędów krytycznych, czasy wykonania zadań oraz wskaźniki czytelności i orientacji.

Symulacje, analizy i prototypowanie. Wykorzystuje się analizy kolizji i spójności w Building Information Modeling (BIM), symulacje ewakuacji i bezpieczeństwa pożarowego, oświetlenia, akustyki, komfortu cieplnego oraz energii. Prototypowanie fizyczne i w technologiach Virtual Reality/Augmented Reality (VR/AR)⁸⁴ pozwala na weryfikację ergonomii i bezpieczeństwa w skali 1:1 lub wirtualnej. Wyniki oraz raporty są archiwizowane w CDE i dowiązywane do pozycji TABELI 1A.

Analiza dokumentów formalnych i ścieżek administracyjnych. Audyt kompletności i zgodności dokumentów w ścieżkach PNB, PZT/PAB i zgłoszenia uwzględnia odsetek zielonych bramek, czas przejścia, liczbę iteracji oraz odmów. Analizy przyczyn odrzuceń i warunków decyzji służą modyfikacji wymagań oraz progów krytyczności.

Analiza korespondencji, logów współpracy i sieci komunikacyjnych. Analiza sieciowa identyfikuje wąskie gardła i punkty centralne w procesach koordynacyjnych. Analiza czasowa reakcji i przetwarzanie języka naturalnego (NLP)

⁷⁴ *Mixed-effects models* – modele statystyczne dla danych hierarchicznych.

⁷⁵ *Difference-in-differences (DiD)* – metoda porównawcza dla oceny efektów wdrożeń.

⁷⁶ *Survival analysis* – analiza przeżycia dla badania czasu do zdarzenia.

⁷⁷ *Sensitivity analysis* – analiza wrażliwości.

⁷⁸ *Case studies* – studia przypadków. Dla 30 wybranych autorskich projektów.

⁷⁹ *Semi-structured interviews* – wywiady półustrukturyzowane.

⁸⁰ *Thematic coding* – kodowanie tematyczne.

⁸¹ *CAWI/CATI/PAPI* – metody ankietowe (Internet/telefon/papier).

⁸² *Focus group interviews* – zogniskowane wywiady grupowe.

⁸³ *Design sprints* – krótkie iteracyjne cykle projektowe.

⁸⁴ *Virtual Reality/Augmented Reality (VR/AR)* – rzeczywistość wirtualna i rozszerzona.

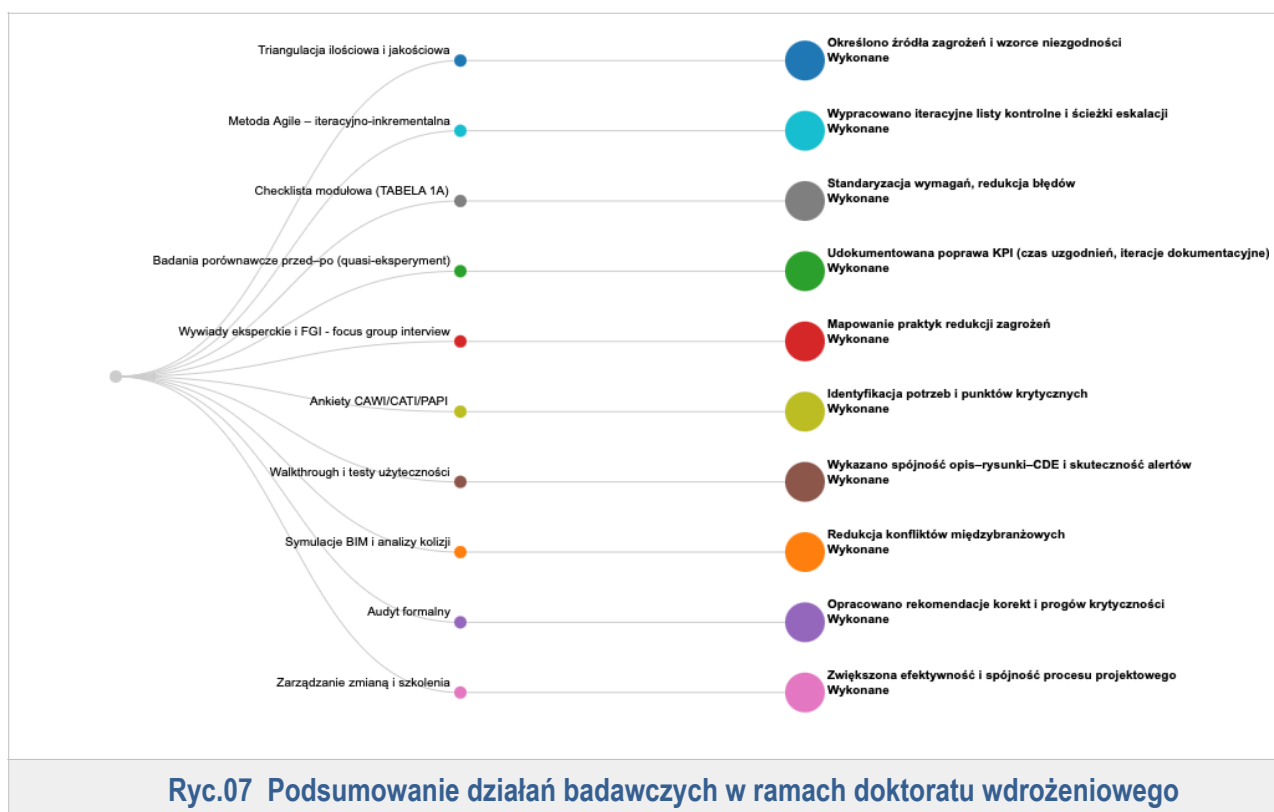
ujawnia eskalacje. Wskaźniki obejmują centralność, opóźnienia, tematy konfliktogenne oraz ich korelacje z alertami i decyzjami.

Zbieranie i zarządzanie danymi. Dane pochodzą z TABELI 1A (pozycje, statusy, Interakcje/Alerty, daty, uwagi), repozytorium CDE (pliki, metadane, wersje, akceptacje), logów aplikacji (alerty, Service Level Agreement – SLA⁸⁵ reakcji, przejścia bramek), a także z ankiet, FGI i wywiadów IDI. Procedury obejmują walidację spójności, kontrolę braków, rejestr zmian, słowniki danych oraz definicje wskaźników.

Zapewnienie jakości, etyka i replikowalność. Stosowane są walidacje krzyżowe, podwójne kodowanie jakościowe, pilotaże narzędzi oraz audyty dowodów w CDE. Zagadnienia etyczne obejmują zgody informowane, anonimizację, minimalizację danych oraz zgodność z RODO. Replikowalność badań zapewniają wersjonowanie skryptów i decyzji metodycznych oraz pełna ścieżka audytu.

Ograniczenia i zarządzanie ryzykiem badawczym. Ograniczenia obejmują selekcję próby, bias odpowiedzi i moderatora, zależność od dojrzałości narzędzi oraz zmienność regulacyjną. Mitigacja obejmuje typologizację, modele z efektami stałymi/losowymi, triangulację źródeł, audyty oraz analizy wrażliwości. Transferowalność wzmacnia analiza heterogeniczności efektów.

Perspektywa iteracyjna (Agile) i związek z celem dysertacji. Prace badawcze prowadzone są w sprintach analitycznych z backlogiem hipotez i kwerend danych oraz z Definition of Done (DoD)⁸⁶ opartym na kompletności pozycji N i braku otwartych pozycji krytycznych. Integracja checklisty, aplikacji i CDE skraca pętle informacji zwrotnej oraz podnosi skuteczność eliminacji zagrożeń, co stanowi fundament formułowania modeli środowiska przyjaznego i bezpiecznego do życia.

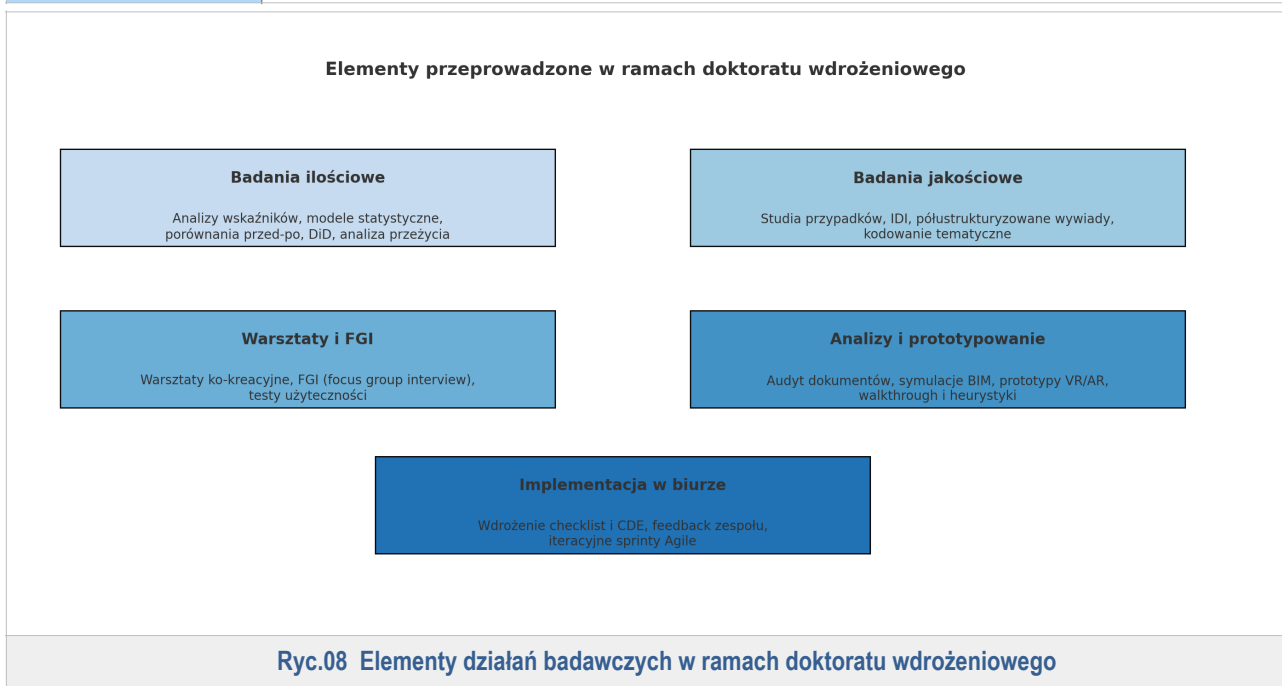


⁸⁵ Service Level Agreement (SLA) – umowa określająca poziom usług.

⁸⁶ Definition of Done (DoD) – formalne kryterium ukończenia zadania w Agile.

Obszar badawczy	Opis działania	Cel badania	Rezultat / efekt	Etap
Triangulacja ilościowa i jakościowa	Analiza danych rejestrowych, studia przypadków, audyt dowodów w CDE	Identyfikacja i eliminacja zagrożeń w dokumentacji projektowej	Określono źródła zagrożeń i wzorce niezgodności	Wykonane
Metoda Agile – iteracyjno-inkrementalna	Wdrożenie cyklicznych sprintów analitycznych, backlog hipotez, sprint reviews	Zwiększenie adaptacyjności i skrócenie cykli decyzyjnych	Wypracowano iteracyjne listy kontrolne i ścieżki eskalacji	Wykonane
Checklista modułowa (TABELA 1A)	Opracowanie i zastosowanie checklist PL/ENG z przypisaniem Lp. i podstawy prawnej	Zapewnienie spójności dokumentacji PZT/PA-B/PT	Standaryzacja wymagań, redukcja błędów	Wykonane
Badania porównawcze przed-po (quasi-eksperyment)	Analiza 30 projektów własnych przed i po wdrożeniu narzędzi	Ocena skuteczności integracji checklist i CDE	Udokumentowana poprawa KPI (czas uzgodnień, iteracje dokumentacyjne)	Wykonane
Wywiady eksperckie i FGI - focus group interview	Półustrukturyzowane wywiady z projektantami, inwestorami, koordynatorami i administracją	Pozyskanie wiedzy o mechanizmach powstawania zagrożeń	Mapowanie praktyk redukcji zagrożeń	Wykonane
Ankiety CAWI/CATI/PAPI	Pomiar percepcji zagrożeń i akceptowalności rozwiązań wśród interesariuszy	Zweryfikowanie odbioru narzędzi przez różne grupy użytkowników	Identyfikacja potrzeb i punktów krytycznych	Wykonane
Walkthrough i testy użyteczności	Scenariusze z zadaniami krytycznymi, analiza czasów, błędów i kolizji	Weryfikacja bezpieczeństwa i czytelności dokumentacji	Wykazano spójność opis-rysunki-CDE i skuteczność alertów	Wykonane
Symulacje BIM i analizy kolizji	Analizy spójności międzybranżowej, symulacje ewakuacji, akustyki i komfortu cieplnego	Identyfikacja potencjalnych problemów technicznych	Redukcja konfliktów międzybranżowych	Wykonane
Audyt formalny	Weryfikacja kompletności i zgodności dokumentów w ścieżkach PNB, PZT/PAB, zgłoszenia	Upewnienie się co do zgodności formalno-prawnej dokumentacji	Opracowano rekomendacje korekt i progów krytyczności	Wykonane
Zarządzanie zmianą i szkolenia	Szkolenia zespołu z obsługi checklist, zasad RACI, CDE i retrospektyw sprintów	Wzmocnienie akceptacji i kompetencji zespołu	Zwiększona efektywność i spójność procesu projektowego	Wykonane

Tabela T.1: Podsumowanie działań badawczych w ramach doktoratu wdrożeniowego



1.7. Podstawowe pojęcia i terminologia.

Niniejszy rozdział definiuje i porządkuje terminologię wykorzystywaną w rozprawie doktorskiej wdrożeniowej, łącząc definicje legalne z ujęciem operacyjnym stosowanym w audycie ex-ante dokumentacji projektowej prowadzonym przez architekta z uprawnieniami. Odwołania normatywne obejmują Prawo budowlane (PB) – w szczególności art. 17–20, art. 34–35 i art. 571,⁸⁷ Rozporządzenie Ministra Rozwoju w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2020 poz. 1609 z późn. zm.)⁸⁸ oraz Warunki Techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (WT)⁸⁹. Definicje te pełnią dwa kluczowe cele: standaryzację języka badawczego oraz przełożenie rezultatów badań na procedury wdrożeniowe oparte o sześciomodułową listę kontrolną.

Definicja projektu budowlanego (PB) i jego części (PZT, PA-B, PT)

Zgodnie z art. 34 PB projekt budowlany składa się z trzech części: projektu zagospodarowania terenu (PZT), projektu architektoniczno-budowlanego (PA-B) oraz projektu technicznego (PT). W modelu zastosowanym w niniejszej pracy każda część odpowiada modułom 1–3 listy kontrolnej, natomiast moduły przekrojowe 4–6 (zgodność formalno-prawna, bezpieczeństwo pożarowe, dostępność) nakładają kryteria kontrolne na wszystkie części PB. Taki układ wspiera audytowalność i reprodukowalność ocen zgodności.

PZT – zakres, kryteria, artefakty

Projekt zagospodarowania terenu obejmuje usytuowanie obiektu na działce lub terenie, dostęp do drogi publicznej, uzbrojenie, relacje z zielenią i gospodarką wodami opadowymi, z uwzględnieniem zapisów MPZP lub decyzji WZ oraz ewentualnych decyzji środowiskowych. Kryteria WT obejmują m.in. odległości, nasłonecznienie, zacienianie, dostępność, miejsca postojowe oraz wymogi ochrony przeciwpożarowej w skali urbanistycznej. Rozporządzenie określa wymaganą zawartość PZT (część opisowa, rysunki, załączniki)². Artefakty wdrożeniowe: lista kontrolna modułu 1, rejestr uzgodnień z gestorami sieci, raport bramkowy PZT freeze⁹⁰.

PA-B – zakres, kryteria, artefakty

Projekt architektoniczno-budowlany obejmuje istotne cechy architektoniczne, rozwiązania funkcjonalno-przestrzenne, podstawowe rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe oraz minimalne wymagania instalacyjne. Weryfikacja PA-B odbywa się względem WT (dostępność, ewakuacja, higiena i zdrowie, doświetlenie, wentylacja, odporność ogniowa)³. Rozporządzenie determinuje strukturę i kompletność PA-B². Artefakty: lista kontrolna modułu 2, scenariusze walkthrough sprawdzające czytelność i ewakuację, matryca powiązań PA-B–PT, raport bramkowy PA-B freeze.

PT – zakres, kryteria, artefakty

Projekt techniczny obejmuje rozwiązania branżowe umożliwiające wykonanie robót: obliczenia, dobór urządzeń, specyfikacje materiałowe i detale. PT weryfikuje założenia PA-B i przenosi wymagania WT na poziom wykonawczy³. Artefakty: lista kontrolna modułu 3, zestawienia obliczeń i doborów, rejestr kolizji i rozbieżności międzybranżowych, raport bramkowy PT freeze.

Moduły przekrojowe: zgodność formalno-prawna, bezpieczeństwo pożarowe, dostępność

Moduł 4 obejmuje komplet dokumentów i oświadczeń wymaganych przepisami (np. oświadczenia projektanta i sprawdzającego), ich spójność i aktualność. Moduł 5 integruje wymagania ppoż. w PA-B i PT (strefowanie, drogi ewakuacyjne, odporność ogniowa, wyposażenie techniczne, SSP – system sygnalizacji pożaru). Moduł 6 konsoliduje wymagania dostępności architektonicznej i instalacyjnej w PZT/PA-B/PT³.

⁸⁷ Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (t.j. Dz.U. 2023 poz. 682 z późn. zm.)

⁸⁸ Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2020 poz. 1609 z późn. zm.)

⁸⁹ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2022 poz. 1225 z późn. zm.)

⁹⁰ „Freeze” – etap zamrożenia dokumentacji przed przejściem do kolejnej fazy w modelu Agile.

Zgodność jako własność procesu

Zgodność rozumiana jest jako emergentna własność procesu projektowego, a nie jedynie cecha dokumentu. Wynika z integracji: (1) definicji legalnych (PB, WT, Rozporządzenie)¹², (2) dyscypliny dokumentacyjnej (opis = rysunek = CDE), oraz (3) artefaktów kontrolnych (lista kontrolna, raporty bramkowe, rejestry uzgodnień).

Mapowanie pojęć na listę kontrolną 6-modułową

Każde pojęcie posiada odwzorowanie w polach listy kontrolnej: nazwa pojęcia, moduł (1–6), podstawa prawna (PB art.; Rozporządzenie §/pkt; WT §/pkt), kryterium oceny, miara walidacji, ślad dowodowy (plik/rysunek w CDE), właściciel RACI.

Procedury przeglądu i raport bramkowy

Przeglądy PZT/PA-B/PT realizowane są z udziałem interesariuszy branżowych, a raport bramkowy agreguje wyniki w podziale na moduły 1–6, wskazuje niezgodności krytyczne, podstawy prawne i plan działań korygujących.

Rola architekta z uprawnieniami

Architekt z uprawnieniami pełni funkcję projektanta (PB art. 17–20)¹, odpowiada za zgodność PZT/PA-B oraz koordynację PT. Odpowiedzialność ta jest zoperacjonalizowana przez macierz RACI i przypisanie właścicieli do pozycji listy.

Zmiany przepisów i wersjonowanie narzędzi

Każda nowelizacja WT lub Rozporządzenia skutkuje rewizją checklist i aktualizacją procedur przeglądowych, co zapewnia aktualność metod badawczych i wdrożeniowych.

Skrót	Pełne brzmienie	Odwołanie prawne/lista kontrolna
PB	Prawo budowlane	Art. 17–20, 34–35, 57 PB
PZT	Projekt zagospodarowania terenu	Moduł 1 checklisty
PA-B	Projekt architektoniczno-budowlany	Moduł 2 checklisty
PT	Projekt techniczny	Moduł 3 checklisty
WT	Warunki Techniczne	WT §/pkt
CDE	Common Data Environment – wspólne środowisko danych	Wszystkie moduły
RACI	Responsible, Accountable, Consulted, Informed – macierz odpowiedzialności	Wszystkie moduły
SSP	System sygnalizacji pożaru	Moduł 5 checklisty
MPZP	Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego	PZT
WZ	Warunki zabudowy	PZT

Tabela: T.2 Słownik operacyjny (powiązanie z listą kontrolną)

2. ROZDZIAŁ - PODSTAWY TEORETYCZNE I PRZEGLĄD LITERATURY.

2.1. Bezpieczeństwo przestrzenne w architekturze (prewencja przez kształtowanie przestrzeni).

Rozdział przedstawia teoretyczne oraz wdrożeniowe podstawy kształtowania bezpieczeństwa przestrzennego, integrując psychologię środowiskową, teorie stresu oraz praktykę CPTED (Crime Prevention Through Environmental Design – prewencja przestępczości poprzez projektowanie środowiska) i koncepcję defensible space⁹¹. Omawia metryki, procedury oraz listę kontrolną do ewaluacji ex ante i ex post w projektach mieszkaniowych i publicznych (Bąka, 2002; Newman, 1972; ISO 22341:2021).

Bezpieczeństwo przestrzenne rozumiane jest jako zdolność środowiska zbudowanego do redukcji ryzyka oraz napięcia psychofizycznego, a także do wspierania sprawczości użytkowników – poczucia wpływu na otoczenie⁹². Obejmuje to nie tylko brak przestępczości, lecz również jakość doświadczenia miejsca, jego czytelność, przewidywalność i możliwość regulacji interakcji społecznych (Bąka, 2002; Lazarus i Cohen, 1977).

Ramy teoretyczne: stres środowiskowy i sprawczość

Model stresu ogólnego Selye'ego (1960) oraz badania nad stresem miejskim (Glass i Singer, 1972; Zimring, 1982) wskazują, że bodźce środowiskowe stają się stresorami chronicznymi, gdy są intensywne, nieprzewidywalne i trudne do kontroli⁹³. Architektura może modulować te mechanizmy, oferując czytelne struktury, progi oraz narzędzia regulacji dystansu (Hall, 1976). W modelu oceny poznawczej Lazarusa i Cohena (1977) o rezultacie decyduje ocena pierwotna (znaczenie bodźca) oraz ocena wtórna (zasoby radzenia sobie). Projektowanie ogranicza ekspozycję na bodźce postrzegane jako zagrażające oraz dostarcza zasoby – np. widoczność, informacje i wsparcie społeczne – konwertując niepewność w przewidywalność.

Fenomenologia miejsca i proksemika

Norberg-Schulz (1971) podkreśla, że zrozumiałość i tożsamość miejsca redukują obciążenie poznawcze użytkowników. Hall (1976) opisuje regulację dystansów interpersonalnych jako klucz do komfortu interakcji społecznych⁹⁴. W praktyce oznacza to artykulację granic, rytm i skalę, a także progi i przedpola, które nadają przestrzeni status i porządkują zachowania.

CPTED i defensible space

CPTED oraz defensible space (Newman, 1972) stanowią ramy przeniesienia teorii na kryteria projektowe. Kluczowe filary CPTED to: nadzór naturalny, kontrola dostępu, terytorialność i utrzymanie. Ich łączny efekt to skrócenie czasu reakcji społecznej, redukcja okazji przestępczych i wzrost poczucia bezpieczeństwa (ISO 22341:2021). Druga generacja CPTED podkreśla znaczenie programu użytkownika, wspólnotowości i zarządzania⁹⁵. Architektura powinna tworzyć warunki sprzyjające aktywności społecznej, sąsiedzkiej opiece i przejrzystemu użytkowaniu, podczas gdy efektywne zarządzanie zapewnia stabilność jakości oraz szybkie reagowanie na usterki.

Wkład badań krajowych

Badania krajowe (Niezabitowski, 1988; 1996) diagnozują determinanty poczucia bezpieczeństwa, takie jak jakość wejść, gradacja stref, relacja parter–ulica oraz widoczność tras dojścia. Wskazują też typowe błędy: ślepe wnęki, nieczytelne skrzyżowania piesze, brak adresowości czy zaniedbania eksploatacyjne. Wnioski te są spójne z ramami CPTED i potwierdzają transferowalność rozwiązań.

⁹¹ ISO 22341:2021 – Security and resilience – Protective security – Guidelines for crime prevention through environmental design.

⁹² Bąka, A. (2002). Psychologia środowiskowa a bezpieczeństwo przestrzeni publicznych. Warszawa: Scholar.

⁹³ Selye, H. (1960). *The Stress of Life*. McGraw-Hill.

⁹⁴ Hall, E.T. (1976). *The Hidden Dimension*. Anchor Books.

⁹⁵ Newman, O. (1972). *Defensible Space: Crime Prevention Through Urban Design*. Macmillan.

Oświetlenie i komfort sensoryczny

Światło wpływa na percepcję twarzy, kontrast i orientację przestrzenną, a także na rytm dobowy i nastrój (Golden i in., 2005). Dla bezpieczeństwa kluczowe są: równomierność luminancji, brak „czarnych plam”, kontrola olśnień i hierarchia akcentów w węzłach oraz przejściach. Parametry te muszą być kalibrowane względem funkcji i morfologii przestrzeni (ISO 22341:2021)⁹⁶. W praktyce istotne są: wysokość zawieszenia opraw, kąty rozsyłu światła, CRI (Color Rendering Index – współczynnik oddawania barw) oraz CCT (Correlated Color Temperature – skorelowana temperatura barwowa)⁹⁷.

Procedury projektowe i zarządcze w cyklu życia

Diagnoza ex ante: audyty środowiskowe, obserwacje, mapy widoczności i analizy ścieżek ruchu.

Programowanie: listy kontrolne CPTED, scenariusze użytkowania i macierze stref (prywatne–półprywatne–publiczne).

Dokumentacja: parametry oświetlenia, proggi, przedpola, standardy utrzymania.

Eksploatacja: POE (Post-Occupancy Evaluation – ewaluacja powykonawcza), przeglądy co 3–12 miesięcy i korekty.

Zarządzanie: standardy reagowania na usterki, harmonogramy przeglądów, polityka sezonowa oświetlenia oraz utrzymania zieleni.

Komunikacja: mechanizmy zgłaszania problemów, tablice informacyjne, numeracja przestrzenna i wayfinding (systemy orientacji w przestrzeni).

Metryki i dowody skuteczności

Wskaźniki obiektywne obejmują liczbę incydentów, interwencji, dewastacji i szkód materialnych. Wskaźniki percepcyjne to m.in. poczucie bezpieczeństwa, czytelność oraz komfort sensoryczny. Parametry przestrzenne obejmują zasięgi widoczności, kąty, głębokość przedpól i gęstość wejść. Parametry oświetleniowe: luminancja, kontrast, CRI i CCT. Obserwacje uwzględniają intensywność kontaktów w węzłach i czas obecności użytkowników. Projektowanie oparte na dowodach wymaga zebrania wartości bazowych, wdrożenia interwencji oraz pomiarów po wdrożeniu, z iteracyjną optymalizacją. Dane należy korelować z kalendarzem zdarzeń i sezonowością.

Przykłady wdrożeń

Mieszkaniówka: aktywizacja parterów usługami sąsiedzkimi, przeszklenia klatek schodowych, wzmocnienie progów wejść, przeorganizowanie zieleni dla poprawy widoczności oraz doświetlenie tras dojścia i miejsc postojowych. Efekt: wzrost aktywności wspólnotowej i spadek incydentów.

Przestrzenie publiczne: uporządkowanie siatki ścieżek, eliminacja ślepych wnęk, oświetlenie węzłów, standaryzacja informacji i adresowości, testy nocne oraz sezonowe. Efekt: poprawa percepcji bezpieczeństwa i skrócenie czasu reakcji nieformalnej.

Ryzyko, ograniczenia i etyka

Ryzykiem jest nadmierna kontrola i ekskluzywność przestrzeni: rozwiązania muszą łączyć bezpieczeństwo z inkluzywnością, nie generując nieuzasadnionych barier⁹⁸. Ograniczenia danych polegają na tym, że korelacje nie zawsze oznaczają przyczynowość, stąd wymagana jest triangulacja metod i ostrożność interpretacyjna. Zasady etyczne obejmują transparentność procedur, partycypację użytkowników oraz poszanowanie prywatności i otwartości przestrzeni publicznych.

CPTED (Crime Prevention Through Environmental Design) stanowi uznany paradygmat projektowo-zarządczy, zgodnie z którym kształt przestrzeni, jej program funkcjonalny oraz utrzymanie mogą skutecznie ograniczać okazje do zachowań naruszających porządek publiczny, a jednocześnie wzmocniać subiektywne poczucie bezpieczeństwa użytkowników

⁹⁶ Golden, R. et al. (2005). Lighting and perception of safety in urban environments. *Journal of Environmental Psychology*.

⁹⁷ CRI – *Color Rendering Index*; CCT – *Correlated Color Temperature*, parametry jakości światła wg norm oświetleniowych.

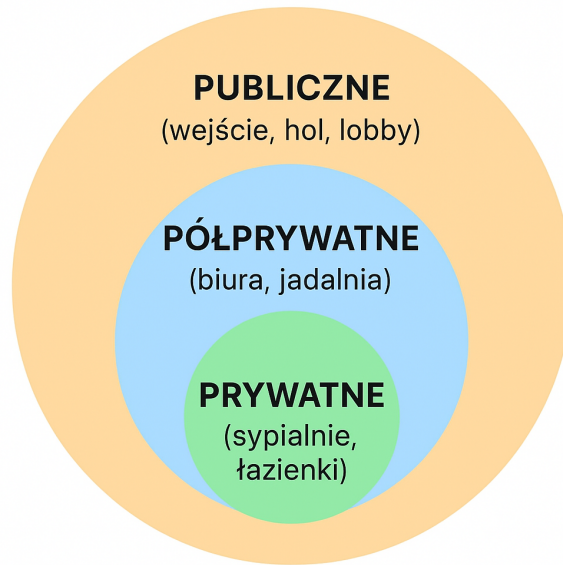
⁹⁸ Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii w sprawie WT (Dz.U. 2022 poz. 1225 z późn. zm.).

[Newman, 1972; ISO 22341:2021]. Rdzeń koncepcji tworzą cztery filary: nadzór naturalny, kontrola dostępu, terytorialność oraz utrzymanie. W ramach tzw. drugiej generacji CPTED wyodrębniono dodatkowo komponenty: programowanie przestrzeni, wspólnotowość oraz zarządzanie, które podkreślają znaczenie aktywności społecznej i stabilnego administrowania otoczeniem.

Checklista ewaluacyjna CPTED (ocena ex ante i ex post):

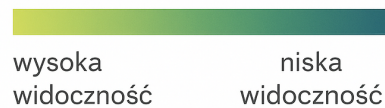
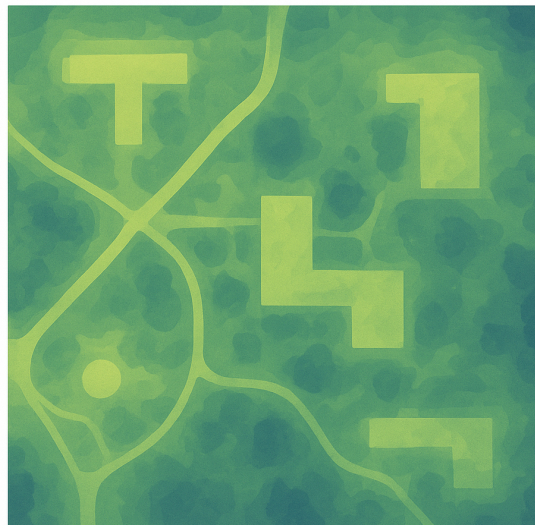
- Granice i strefowanie – jasne przejścia między strefami prywatnymi, półprywatnymi i publicznymi; wyraźnie zarysowane progi i przedpola wejść; brak stref niejednoznacznych.
- Nadzór naturalny – obecność okien i wejść zwróconych w stronę ulicy; dobrze widoczne dojścia; aktywne krawędzie przestrzeni; eliminacja ślepych wnęk i martwych pól widzenia.
- Kontrola dostępu – spójność układu ścieżek; odpowiednie bramowania; ograniczenie skrótów; logiczne punkty kontroli i jednoznaczne oznakowania.
- Terytorialność – czytelna adresowość, numeracja oraz identyfikacja stref; obecność elementów właścicielskich i wspólnotowych wzmacniających odpowiedzialność za przestrzeń.
- Utrzymanie – wysoki standard czystości, bieżących napraw oraz zieleni; szybkie tempo reagowania na uszkodzenia i brak sygnałów zaniedbania.
- Oświetlenie – równomierność luminancji i hierarchia akcentów; brak olśnień; możliwość rozpoznania twarzy i informacji z typowych odległości; obowiązkowe testy nocne.
- Widoczność – optymalne zasięgi i kąty widzenia; eliminacja przesłon ograniczających percepcję; testy widoczności w węzłach i na trasach komunikacyjnych.
- Informacja i wayfinding – spójność językowa i wizualna oznakowań; odpowiedni kontrast i czytelna adresowość; brak szumu informacyjnego utrudniającego orientację.
- Morfologia – ciągłość pierzei ulicznych; pogłębione wnęki stosowane wyłącznie przy aktywnych frontach; brak zakamarków pozbawionych funkcji.
- Siatka ścieżek – preferencja dla tras przebiegających wzdłuż okien i frontów budynków; eliminacja przejść za zapleczeniami; zapewnienie bezpieczeństwa na skrzyżowaniach pieszo-pojazdowych.
- Program i rytm dobowy – zróżnicowana mieszanka funkcji; aktywizacja parterów usługami; organizacja wydarzeń sezonowych; unikanie przestrzeni pozbawionych programu.
- Zieleń i mikroklimat – buforowanie przestrzeni bez nadmiernego przesłaniania widoczności; przejrzysta zieleń w węzłach komunikacyjnych; uwzględnienie nocnej percepcji zieleni.
- Parkowanie i ruch – eliminacja nieformalnych postojów przy wejściach; odpowiednie oświetlenie miejsc parkingowych; bezpieczne i czytelne dojścia piesze.
- Partycypacja – aktywny udział użytkowników w diagnozie, testach i przeglądach; wdrożenie mechanizmów zgłaszania problemów i rekomendacji.
- Ewaluacja – określenie stanu bazowego (baseline), wykonanie pomiarów po wdrożeniu i w cyklach okresowych; prowadzenie rejestru incydentów oraz wprowadzanie korekt projektowych i zarządczych.

Bezpieczeństwo przestrzenne jest w tym ujęciu rezultatem synergii formy architektonicznej, programu użytkowego, percepcji użytkowników oraz praktyk eksploatacyjnych. Integracja psychologii środowiskowej, zasad CPTED oraz procedur gromadzenia i analizy danych umożliwia projektowanie przestrzeni w sposób iteracyjny, oparty na dowodach, a jednocześnie skuteczny w ograniczaniu zagrożeń. Dorobek krajowy, potwierdzony m.in. w badaniach nad poczuciem bezpieczeństwa mieszkańców i strukturą stref wejściowych, dostarcza konkretnych wskaźników przekładu stresorów środowiskowych na precyzyjne zadania projektowe, co czyni tę metodykę praktycznie użyteczną w ramach wdrożeniowego charakteru niniejszej rozprawy.

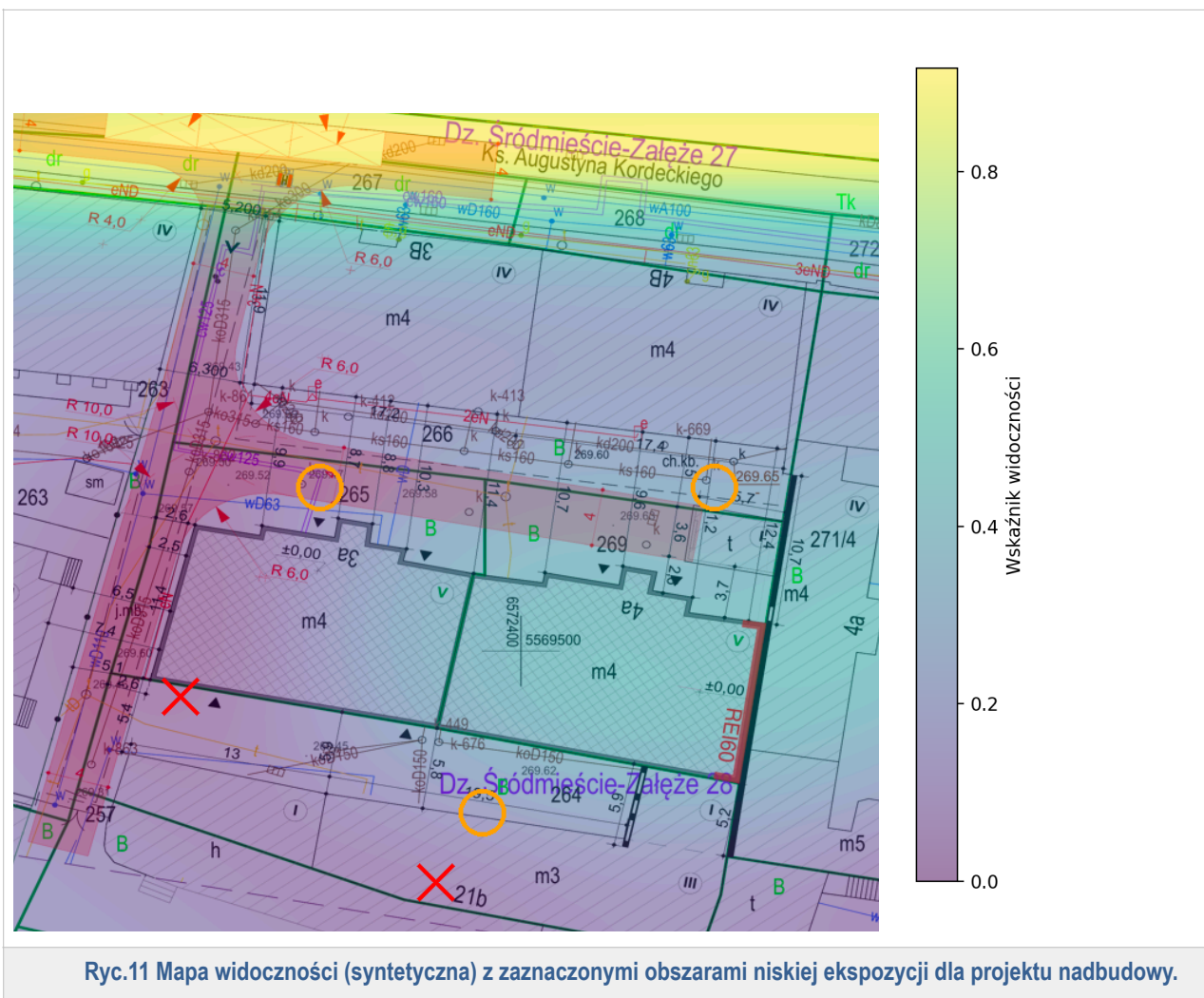


Ryc.09 Diagram stref funkcjonalnych: publiczne – polprywatne – prywatne

MAPA WIDOCZNOŚCI



Ryc.10 Przykładowa mapa widoczności (syntetyczna) z zaznaczonymi obszarami niskiej ekspozycji.



Przykładowa mapa widoczności (syntetyczna) stanowi ilustrację koncepcyjną, która przedstawia, w jaki sposób z różnych punktów przestrzeni możliwe jest postrzeganie jej otoczenia. Jest to uproszczona, wygenerowana komputerowo heatmapa⁹⁹, opracowana jedynie w celach poglądowych (nie na podstawie danych projektowych). Kolorystyka mapy odzwierciedla poziomy widoczności i ekspozycji: jaśniejsze, żółto-zielone obszary oznaczają wysoką widoczność, a zatem miejsca łatwo obserwowane z otoczenia, natomiast ciemniejsze, fioletowo-zielone obszary reprezentują niską widoczność – tzw. martwe pola¹⁰⁰, potencjalnie ukryte przed wzrokiem użytkowników i świadków zdarzeń.

„Obszary niskiej ekspozycji” to miejsca, w których linie widzenia ulegają skróceniu lub są zasłonięte przez elementy przestrzeni, takie jak głębokie wnęki, narożniki budynków, wysoka zieleń czy mała architektura. Na mapie są one zaznaczone ciemniejszymi barwami, co umożliwi ich szybkie zidentyfikowanie.

Tego rodzaju mapa pełni kilka kluczowych funkcji w kontekście CPTED (Crime Prevention Through Environmental Design)¹⁰¹ oraz audytów ex ante¹⁰²:

⁹⁹ Heatmapa – mapa cieplna przedstawiająca intensywność wartości w przestrzeni za pomocą kolorów.

¹⁰⁰ Martwe pole – obszar niewidoczny z punktu obserwacyjnego.

¹⁰¹ CPTED – paradygmat prewencji przestępczości poprzez projektowanie środowiska.

¹⁰² Ex ante – analiza wykonywana przed wdrożeniem działań lub decyzji projektowych.

- Lokalizuje martwe pola i krytyczne węzły – wskazuje miejsca wymagające dodatkowego doświetlenia, przeszklonych frontów lub zastosowania aktywnych krawędzi¹⁰³, które zwiększą nadzór naturalny.
- Optymalizuje przebieg ścieżek i rozmieszczenie elementów wyposażenia – pozwala na przemyślane ustawienie ławek, kiosków czy zieleni w sposób, który maksymalizuje kontrolę wizualną i minimalizuje ryzyko ukrytych zakamarków¹⁰⁴.
- Diagnozuje ryzyko przed podjęciem decyzji projektowych i operacyjnych – umożliwia identyfikację problematycznych obszarów jeszcze na etapie planowania, zanim powstaną rzeczywiste zagrożenia dla bezpieczeństwa przestrzeni¹⁰⁵.

W praktyce profesjonalnej generowanie map widoczności odbywa się na podstawie rzutów 2D lub modeli 3D oraz analizy pól widzenia. Stosowane są metody takie jak ray tracing¹⁰⁶ lub visibility graph analysis¹⁰⁷, w których siatka punktów umożliwia precyzyjne obliczenie, jaki odsetek otoczenia jest widoczny z każdego punktu przestrzeni. Wynikiem jest raster lub siatka wartości przyporządkowanych miejscom w analizowanej przestrzeni, wskazująca stopień ekspozycji wizualnej.

Mapa przedstawiona w niniejszej pracy ma charakter syntetyczny – ilustruje zasadę działania narzędzia: jasne „plamy” reprezentują miejsca o wysokiej ekspozycji, natomiast ciemne „plamy” imitują przeszkody i wnęki, które ograniczają kontrolę wizualną.

W kontekście zastosowań projektowych mapa widoczności umożliwia formułowanie następujących rekomendacji:

- Dla ciemnych plam: należy rozważyć korektę geometrii przestrzeni (np. eliminację głębokich wnęk), wprowadzenie przeszklonych narożników, dodatkowego oświetlenia, zmianę wysokości lub przepuszczalności zieleni oraz relokację elementów małej architektury¹⁰⁸.
- Dla ciągów pieszych: rekomenduje się prowadzenie tras wzdłuż jaśniejszych obszarów – przed oknami lub aktywnymi frontami budynków – oraz unikanie „skróótów” przebiegających przez strefy o niskiej ekspozycji¹⁰⁹.

W audytach ex post mapa widoczności pełni funkcję narzędzia ewaluacyjnego: porównuje się jej wersje sprzed i po wdrożeniu rozwiązań projektowych, aby ocenić, czy obszary niskiej widoczności zostały skutecznie zredukowane lub całkowicie wyeliminowane¹¹⁰. Tego typu analiza stanowi podstawę do dalszych iteracyjnych korekt i doskonalenia środowiska zbudowanego, zgodnie z zasadami CPTED¹¹¹ i wymogami projektowania opartego na dowodach¹¹².

Checklista CPTED – tabela przykładowa.

¹⁰³ Aktywna krawędź – fragment elewacji lub przestrzeni aktywnie wykorzystywany (np. usługowo), zwiększający nadzór naturalny.

¹⁰⁴ Por. Newman, O. *Defensible Space* (1972).

¹⁰⁵ ISO 22341:2021 – wytyczne dla CPTED i bezpieczeństwa przestrzeni.

¹⁰⁶ Ray tracing – metoda analizy widoczności polegająca na symulacji promieni świetlnych.

¹⁰⁷ Visibility graph analysis – metoda grafowa analizy widoczności w przestrzeni.

¹⁰⁸ Golden, R. et al. (2005) – wpływ widoczności i oświetlenia na bezpieczeństwo.

¹⁰⁹ Golden, R. et al. (2005) – wpływ widoczności i oświetlenia na bezpieczeństwo.

¹¹⁰ POE – Post Occupancy Evaluation, ewaluacja po wdrożeniu projektu.

¹¹¹ Newman, O. (1972) – teoria defensible space.

¹¹² Evidence-based design – projektowanie oparte na dowodach.

Kryterium	Pytanie kontrolne / wymog	Ocena (tak/nie/uwagi)
Granice i strefowanie	Czy przejścia prywatne–półprywatne–publiczne są jednoznaczne (progi, przedpola)?	
Nadzór naturalny	Czy dojścia i węzły są widoczne z okien/aktywnych krawędzi?	
Kontrola dostępu	Czy ścieżki są logiczne, bez skrótnych generujących konflikty?	
Terytorialność	Czy adresowość i identyfikacja stref są czytelne?	
Utrzymanie	Czy standard czystości/napraw usuwa sygnały zaniedbania?	
Oświetlenie	Czy zapewniono równomierność, brak oślnień i rozpoznawalność twarzy?	
Widoczność	Czy wyeliminowano martwe pola i nadmierne przesłony w węzłach?	
Morfologia	Czy brak głębokich wnęk i zakamarków bez funkcji?	
Siatka ścieżek	Czy trasy prowadzą przed okna i fronty, a nie za zapleczeniami?	
Informacja	Czy wayfinding i numeracja są spójne i czytelne?	
Program	Czy partery są aktywne, funkcje zróżnicowane w rytmie dobowym?	
Zielen	Czy zielenie nie zasłania widoczności w punktach krytycznych?	
Ruch i parkowanie	Czy brak dzikich postojów i konfliktów pieszy–pojazd?	
Partycypacja	Czy użytkownicy uczestniczyli w diagnozie i testach?	
Ewaluacja	Czy istnieje baseline i harmonogram przeglądów ex post?	
T.3 Checklista CPTED – tabela przykładowa.		

W ramach wdrożenia procedur CPTED przygotowano zestaw kryteriów kontrolnych, które stanowią podstawę do systematycznej oceny projektów architektonicznych i urbanistycznych pod kątem bezpieczeństwa przestrzennego. Każde kryterium zostało powiązane z pytaniem kontrolnym i miejscem na ocenę (tak/nie) lub uwagi szczegółowe, co umożliwia jego zastosowanie zarówno w audytach ex ante (przed realizacją), jak i ex post (po wdrożeniu interwencji).

Granice i strefowanie obejmują analizę przejść pomiędzy strefami prywatnymi, półprywatnymi i publicznymi, w tym jednoznaczność progów wejściowych i przedpól, które porządkują sposób korzystania z przestrzeni i zapobiegają niepożądanym interakcjom społecznym. Nadzór naturalny ocenia, czy dojścia i węzły komunikacyjne są widoczne z okien budynków oraz aktywnych krawędzi parterów, co sprzyja nieformalnej kontroli społecznej. Kontrola dostępu weryfikuje logikę układu ścieżek, eliminując skróty generujące konflikty lub strefy niejednoznaczne. Terytorialność oznacza czytelność adresowości i identyfikacji stref, dzięki czemu użytkownicy łatwiej odróżniają przestrzenie publiczne od prywatnych, co ogranicza niepewność i poczucie zagrożenia.

Utrzymanie dotyczy standardów czystości, napraw oraz pielęgnacji zieleni, eliminujących sygnały zaniedbania, które mogłyby sprzyjać eskalacji niepożądanych zachowań. Kryterium oświetlenia odnosi się do równomierności luminancji, braku oślnień i zapewnienia rozpoznawalności twarzy w warunkach nocnych, co podnosi poczucie bezpieczeństwa. Widoczność sprawdza eliminację martwych pól oraz nadmiernych przesłon w węzłach komunikacyjnych. Morfologia analizuje brak głębokich wnęk i zakamarków pozbawionych funkcji, które mogłyby sprzyjać ukrywaniu się osób lub gromadzeniu odpadów.

Siatka ścieżek musi prowadzić ciągi piesze przed aktywnymi frontami i oknami, unikając tras przebiegających za zapleciami budynków, co zwiększa bezpieczeństwo. Informacja i wayfinding (system orientacji przestrzennej) oceniają spójność komunikatów, numeracji i oznakowania, aby minimalizować dezorientację użytkowników. Program analizuje aktywność parterów i zróżnicowanie funkcji w rytmie dobowym, które zapobiegają powstawaniu pustych stref. Zieleń powinna być zaaranżowana tak, aby nie przesłaniała widoczności w punktach krytycznych. Kryterium ruchu i parkowania weryfikuje brak dzikich postojów oraz konfliktów pomiędzy pieszymi a pojazdami.

Partycypacja sprawdza, czy użytkownicy uczestniczyli w diagnozie i testach przestrzeni, co zwiększa trafność i akceptowalność rozwiązań. Ewaluacja odnosi się do istnienia punktu odniesienia oraz harmonogramu przeglądów ex post, co pozwala monitorować skuteczność zastosowanych rozwiązań i dostosowywać projekt do zmieniających się warunków.

Tak skonstruowana tabela stanowi kluczowy artefakt wdrożeniowy, który w praktyce biura projektowego może być dołączany do raportów bramkowych lub rejestrów uzgodnień, a jej stosowanie wspiera spójność, audytowalność i replikowalność procesu projektowego zgodnie z paradygmatem CPTED i normą ISO 22341:2021.

2.2. Psychologia środowiskowa i sprawność użytkowa przestrzeni.

Psychologia środowiskowa stanowi interdyscyplinarny nurt badań analizujący sprzężenia zwrotne między ludźmi a środowiskiem fizycznym, obejmujący strukturę przestrzenną, bodźce sensoryczne oraz reguły użytkowania. To podejście odchodzi od prostych schematów bodziec–reakcja, akcentując złożone zależności między percepcją, emocjami, motywacją i kontekstem społecznym a konfiguracjami urbanistyczno-architektonicznymi (Gifford, 2014). W praktyce projektowej przekłada się to na ocenę sprawności użytkowej rozumianej jako zdolność przestrzeni do podtrzymywania intencjonalnych działań przy akceptowalnym koszcie poznawczym i fizjologicznym oraz przy zachowaniu norm kulturowych i bezpieczeństwa (Norman, 2013).

Centralnym mechanizmem łączącym człowieka i środowisko jest percepcja, która porządkuje wielomodalne bodźce w użyteczne reprezentacje przestrzeni. Reprezentacje te, określane jako mapy poznawcze (cognitive maps¹¹³), organizują doświadczenie wokół węzłów, ścieżek, krawędzi, dzielnic i punktów orientacyjnych (Lynch, 1960). Stopień czytelności środowiska (legibility¹¹⁴) determinuje obciążenie pamięci roboczej, a tym samym łatwość planowania i wykonywania zadań. W układach o niskiej czytelności wzrasta podatność na błędzenie oraz lęk nawigacyjny, a użytkownicy stosują strategie kompensacyjne, które w dłuższym okresie deformują wzorce ruchu i zawłaszczania przestrzeni (Passini, 1996).

Istotną ramą interpretacyjną są możliwości działania (affordances¹¹⁵), czyli potencjalne interakcje wynikające z relacji między cechami środowiska a kompetencjami i stanami ciała użytkownika (Gibson, 1979). Ta sama krawędź może pełnić funkcję siedziska, przeszkody lub bariery – w zależności od wzrostu, sprawności, obciążenia bagażem czy norm społecznych. Z tego powodu projektowanie powinno być zorientowane na różnorodność użytkowników, w tym seniorów, dzieci, osoby z niepełnosprawnościami oraz osoby o podwyższonej wrażliwości sensorycznej (Steinfeld & Maisel, 2012).

Sprawność użytkową można definiować operacyjnie jako dopasowanie człowiek–zadanie–przestrzeń. Wymaga ono redukcji zbędnych kosztów poznawczych, minimalizacji wysiłku fizycznego i ryzyko, a także zapewnienia kontroli nad prywatnością i ekspozycją społeczną. Na poziomie urbanistycznym przekłada się to na hierarchizację ciągów pieszych, czytelne węzły decyzyjne, logiczne rozprowadzenie funkcji parterów oraz odpowiedni rytm punktów orientacyjnych. Na

¹¹³ *Cognitive maps* – wewnętrzne reprezentacje przestrzeni, które wspierają orientację.

¹¹⁴ *Legibility* – stopień, w jakim układ przestrzeni jest zrozumiały i łatwy do odczytania.

¹¹⁵ *Affordances* – możliwości działania, jakie środowisko oferuje użytkownikowi.

poziomie architektonicznym obejmuje selektywne otwieranie widoków, kształtowanie kontrastów materiałowych i świetlnych, poprawę akustyki oraz dbałość o ergonomię detalu (Boyce, 2014; Gehl, 2010).

Orientacja i nawigacja (wayfinding¹¹⁶) są klasycznym polem zastosowań psychologii środowiskowej. Badania wskazują, że skrócenie liczby punktów decyzyjnych, utrzymanie ciągłości krawędzi, zapewnienie widoczności celu na kluczowych odcinkach oraz redundancja wskazówek (wizualnych, dotykowych, dźwiękowych) znacząco redukuje błędy i stres użytkowników (Arthur & Passini, 1992; Passini, 1996). W metrykach stosuje się m.in. średnią głębokość topologiczną, liczbę węzłów decyzyjnych, udział segmentów z bezpośrednią widocznością celu oraz wskaźniki złożoności bodźców. W niniejszej dysertacji wykorzystuję mapy widoczności i profile tras jako mierniki uzupełniające ocenę czytelności i bezpieczeństwa postrzeganego (Hillier & Hanson, 1984; Hillier & Iida, 2005).

Komfort sensoryczny i jakość środowiska wpływają na funkcjonowanie poznawcze i emocjonalne. Luminancja pionowa w strefach komunikacji sprzyja rozpoznawaniu twarzy i znaków, a równomierność oświetlenia ogranicza olśnienie oraz efekty maskujące. Redukcja hałasu poprzez chłonne materiały i dyfuzję dźwięku poprawia zrozumiałość mowy i obniża napięcie. Stabilność termiczna oraz możliwość mikroregulacji komfortu wzmacniają poczucie kontroli, co przekłada się na niższy poziom stresu (Boyce, 2014; Evans & McCoy, 1998).

Bezpieczeństwo postrzegane nie jest tożsame ze wskaźnikami przestępczości, ale w dużej mierze zależy od widoczności, aktywności ulicznej, przejrzystości funkcji parterów oraz stanu utrzymania. Koncepcja zapobiegania przestępczości poprzez projektowanie środowiska (Crime Prevention Through Environmental Design – CPTED¹¹⁷) wskazuje trzy filary: nadzór naturalny, kontrolę dostępu i utrzymanie ładu. Wymogi te mają zarówno wymiar percepcyjny (linie wzroku, oświetlenie, relacje wnętrze–ulica), jak i społeczny (aktywność i przepływy) (Cozens et al., 2005; Newman, 1972).

Uwzględnianie różnorodności użytkowników i projektowanie uniwersalne implikują potrzebę zapewnienia dostępności przestrzennej i informacyjnej. Obejmuje to ciągłość pochylni i krawężników, kontrasty materiałowe i dotykowe, przewidywalność układów, miejsca odpoczynku w odpowiednich interwałach oraz unikanie nadmiernego pobudzenia bodźcowego. Współczesne wytyczne uwzględniają również wrażliwość sensoryczną, neuroróżnorodność oraz potrzeby osób starszych (Steinfeld & Maisel, 2012).

Z perspektywy badań ruchu pieszego i teorii składni przestrzeni (space syntax¹¹⁸) wykazano, że struktura sieci ulicznej oraz łączność widokowa istotnie przewidują intensywność przepływów i preferencje tras. Miary integracji i wybieralności korelują z obserwowanym ruchem, przy czym należy uwzględniać kontekst funkcjonalny oraz czynniki percepcyjne, takie jak ekspozycja fasad i czytelność punktów decyzyjnych (Hillier & Hanson, 1984; Hillier & Iida, 2005).

W praktyce ocena sprawności użytkowej korzysta z triangulacji metod: analiz geometrycznych (mapy widoczności, metryki topologiczne), pomiarów środowiskowych (oświetlenie, hałas), obserwacji zachowań (trajektorie, czasy przebywania) oraz danych deklaracyjnych (ankiety, dzienniki doświadczeń). Tak zbudowana macierz kryteriów obejmuje dostępność, czytelność, bezpieczeństwo postrzegane, komfort sensoryczny, intensywność użytkowania oraz adaptowalność. Wyniki łączy się z iteracyjnym projektowaniem wariantowym, co pozwala optymalizować lokalizację wejść, przebiega, parametry oświetlenia i program parterów (Gehl, 2010).

Ważnym wątkiem są ograniczenia i etyka. Metryki geometryczne i widoczności, choć diagnostycznie użyteczne, nie wyczerpują całości doświadczenia: nie rejestrują znaczeń kulturowych, tożsamości miejsca ani relacji władzy zakodowanych w użytkowaniu. Dlatego zaleca się triangulację z metodami jakościowymi, a w obszarze danych – minimalizację, transparentność celów i partycypację użytkowników (Gifford, 2014).

¹¹⁶ *Wayfinding* – proces orientacji i znajdowania drogi.

¹¹⁷ *Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED)* – koncepcja zapobiegania przestępczości poprzez kształtowanie środowiska.

¹¹⁸ *Space syntax* – metoda analizy przestrzeni badająca przepływy ruchu i dostępność.

W niniejszym projekcie badawczym wskaźniki widoczności i profile tras służą jako narzędzia parametryzacji łączności widokowej oraz wykrywania stref martwych. Łączę je z jakościową oceną percepcyjną i danymi obserwacyjnymi, aby porównywać warianty rozwiązań pod kątem kosztu poznawczego, bezpieczeństwa postrzeganego i ergonomii ruchu. Interpretacja wyników uwzględnia ograniczenia pomiarowe i różnice indywidualne, co jest kluczowe dla formułowania wniosków projektowych o charakterze ogólnym i inkluzywnym (Boyce, 2014; Nasar, 1998).

2.3. Projektowanie uniwersalne i dostępność.

Projektowanie uniwersalne (ang. Universal Design – UD¹¹⁹) wywodzi się z postulatu, aby środowiska zbudowane, produkty oraz usługi były od początku zaprojektowane w sposób umożliwiający korzystanie z nich przez możliwie najszersze spektrum użytkowników, bez potrzeby późniejszych adaptacji czy kosztownych modyfikacji. Klasyczna definicja UD podkreśla, że rozwiązania projektowe powinny być sprawiedliwe, elastyczne, proste i intuicyjne, zapewniać czytelną informację, tolerancję na błędy, niski wysiłek fizyczny oraz odpowiednie wymiary i przestrzeń dla podejść i manipulacji (Steinfeld & Maisel, 2012). Współcześnie paradygmat ten rozszerza się o neuroróżnorodność¹²⁰, wrażliwości sensoryczne, zmienność funkcjonalną w cyklu życia oraz dostępność informacyjną i cyfrową (UN, 2016; ISO 21542:2021).

Dostępność rozumiana jest wielowymiarowo – obejmuje dostępność przestrzenną, sensoryczną, poznawczą oraz ekonomiczną. Składają się na nią zarówno parametry geometrii i ergonomii (m.in. szerokości ciągów, promienie skrętu, nachylenia, kontrasty), jak i komponent informacyjny: prostota układu, redundancja wskazówek¹²¹, kompatybilność z technologiami wspomagającymi oraz przejrzystość reguł użytkownika. W kontekście miejskim i budynkowym dostępność nie jest jedynie zestawem wymogów formalnych, lecz jakościową właściwością systemu, która warunkuje sprawność użytkową i równość szans uczestnictwa (WHO, 2018; EIDD, 2012).

Z perspektywy sprawiedliwości projektowej projektowanie uniwersalne przesuwa ciężar odpowiedzialności z indywidualnych adaptacji na etap planowania bazowego. Minimalizuje to koszty późniejszych interwencji, redukuje ryzyko stygmatyzacji oraz podnosi jakość doświadczenia przestrzeni. Dowody empiryczne wskazują, że interwencje zgodne z UD zwiększają intensywność użytkowania, skracają czasy przejścia, redukują konflikty ruchowe oraz poprawiają bezpieczeństwo postrzegane (Imrie & Luck, 2014; Marston & Samuels, 2019).

W wymiarze przestrzennym UD wyraża się w zapewnieniu ciągłości tzw. łańcucha dostępności: od dojść z przestrzeni publicznych, przez wejścia, piony komunikacyjne i węzły sanitarne, po miejsca pobytu. Krytyczne są zwłaszcza: czytelność wejść (kontrast i oświetlenie), brak progów i barier, efektywne promienie manewrowe, odpowiednia wysokość osprzętu, akustyka sprzyjająca rozumieniu mowy oraz stałość i przewidywalność układu. W warunkach ulicznych szczególne znaczenie mają: skrócone przejścia dla pieszych, azyle, sygnalizacja z informacją dźwiękową, zróżnicowane faktury oraz pola uwagi na posadzkach (ISO 21542:2021; CEN/TR 17621:2021).

Dostępność poznawcza nabiera znaczenia wraz ze wzrostem złożoności środowisk. Obejmuje projektowanie informacji i orientacji (ang. wayfinding¹²²): prostą strukturę decyzyjną, wyraziste punkty orientacyjne, hierarchie komunikatów, spójność ikonografii i języka oraz redundancję modalności (tekst, piktogram, dźwięk, dotyk). Wprowadzenie wzorców przewidywalności i konsekwencji obniża koszt poznawczy i redukuje ryzyko przeciążenia, co ma kluczowe znaczenie m.in. dla osób starszych oraz osób w spektrum autyzmu (Hölscher et al., 2016; Boyle et al., 2018).

¹¹⁹ *Universal Design* – projektowanie uniwersalne, podejście zakładające tworzenie rozwiązań dostępnych dla wszystkich użytkowników.

¹²⁰ Neuroróżnorodność – pojęcie uznające różnorodność neurologiczną (np. autyzm, ADHD) jako naturalny wariant ludzkiego funkcjonowania.

¹²¹ Redundancja wskazówek – powtarzanie informacji różnymi kanałami (np. wzrokowym, dotykowym, dźwiękowym), aby zwiększyć zrozumiałość.

¹²² *Wayfinding* – projektowanie orientacji przestrzennej i systemów informacji ułatwiających nawigację.

Postęp technologiczny przyniósł narzędzia wspierające uniwersalność: nawigację asystującą (ang. assistive navigation¹²³), beacons, mapy dostępności w czasie rzeczywistym, rozwiązania rozszerzonej rzeczywistości (VR/AR) oraz cyfrowe interfejsy usług publicznych. W ujęciu UD technologia powinna pełnić funkcję uzupełnienia, a nie substytutu rozwiązań fizycznych. Interfejsy muszą respektować zasady prostoty, kompatybilności z czytnikami ekranu, zapewniać napisy do treści audiowizualnych oraz stosować kontrasty zgodne z WCAG 2.2 (W3C, 2023).

Ewaluacja dostępności wymaga triangulacji metod: audytów opartych na normach, pomiarów środowiskowych, analiz widoczności i wayfindingu, obserwacji zachowań oraz badań z udziałem zróżnicowanych grup użytkowników. W praktyce tworzy się macierz wymagań i kryteriów, obejmującą m.in. dostępność dojeżdż, parametry wejść, łączność pionową, dostępność informacji oraz komfort sensoryczny. Wskaźniki geometryczne – np. rozpiętość kątowna pól widzenia, liczba punktów decyzyjnych lub długości odcinków bez alternatyw – umożliwiają obiektywizację decyzji projektowych dotyczących lokalizacji wejść, oświetlenia i programowania parterów. Wyniki konfrontuje się następnie z testami użyteczności i spacerami badawczymi (ang. walkthroughs¹²⁴) w celu walidacji hipotez (WHO, 2018; Hölscher et al., 2016).

Ekonomia UD wskazuje na efekt dyfuzji korzyści: rozwiązania projektowane z myślą o osobach o mniejszych możliwościach ciała i umysłu jednocześnie poprawiają komfort ogółu użytkowników. Przykłady obejmują pochylnię zamiast schodów, kontrastowe krawędzie stopni, automatyczne drzwi, większe przyciski wind, lepszą akustykę i równomierne oświetlenie – te elementy zmniejszają koszty poznawcze, przyspieszają przepływ i ograniczają wypadki. Analizy kosztów–korzyści wykazują, że inwestycje w UD zwracają się poprzez wzrost odwiedzalności i spadek roszczeń utrzymaniowych (UN, 2016; Marston & Samuels, 2019).

Z perspektywy polityk publicznych projektowanie uniwersalne jest instrumentem realizacji prawa do miasta i zasady niedyskryminacji. Konwencja ONZ o prawach osób z niepełnosprawnościami (CRPD) oraz europejskie agendy miejskie nakładają obowiązek integracji UD w zamówieniach publicznych, standardach projektowych i monitorowaniu dostępności w cyklu życia inwestycji. Uwzględnienie UD już na etapie programowania funkcjonalno-użytkowego pozwala uniknąć kosztownych zmian i konfliktów w fazie realizacji (UN, 2016; European Commission, 2020).

Ograniczenia podejścia UD dotyczą napięcia między uniwersalnością a specyfiką kontekstu. Nadmierna standaryzacja może prowadzić do zubożenia doświadczenia i utraty tożsamości miejsca. Dlatego zaleca się łączenie standardów z projektowaniem opartym na dowodach i partycypacji społecznej, co pozwala dopasować rozwiązania do lokalnych praktyk użytkowania, klimatu, kultury i dostępnych zasobów. Ważne jest również kontrolowanie efektów ubocznych – np. zbyt intensywne oświetlenie może szkodzić zdrowiu i bioróżnorodności, a nadmiar piktogramów może obniżać czytelność komunikacji (W3C, 2023; WHO, 2018).

W ramach niniejszej pracy wdrożeniowej zasady projektowania uniwersalnego powiązałem z metrykami widoczności oraz analizami tras dojścia. Traktuję je jako systemowy test łańcucha dostępności, wskazujący miejsca zawężeń, bariery percepcyjne i sensoryczne przeciążenia. Rekomendacje obejmują reorganizację układu decyzji, wzmocnienie kontrastu i oświetlenia w punktach newralgicznych, redukcję hałasu i wibracji, zapewnienie miejsc odpoczynku oraz uspołnienie języka wizualnego informacji. Wnioski te wspierają tworzenie środowisk bardziej inkluzywnych i sprawnych użytkowo, uwzględniających różnorodność odbiorców i realia eksploatacyjne.

2.4. Cyfryzacja procesu projektowego: modelowanie informacji o budynku, wspólne środowisko danych, rzeczywistość wirtualna i rozszerzona, internet rzeczy, sztuczna inteligencja.

Cyfryzacja procesu projektowego redefiniuje sposób formułowania koncepcji, koordynacji branż, zarządzania informacją i oceny jakości środowiska zbudowanego. Od modeli BIM (Building Information Modeling – modelowanie

¹²³ *Assistive navigation* – technologie wspierające nawigację osób z ograniczeniami sensorycznymi lub ruchowymi.

¹²⁴ *Walkthrough* – metoda badania użyteczności polegająca na przechodzeniu przez przestrzeń w celu identyfikacji problemów i obserwacji interakcji użytkowników.

informacji o budynku)¹²⁵ przez wspólne środowiska danych (CDE – Common Data Environment), po immersyjne wizualizacje VR/AR (Virtual Reality/Augmented Reality – rzeczywistość wirtualna/rozszerzona)¹²⁶, internet rzeczy (IoT – Internet of Things)¹²⁷ i algorytmy sztucznej inteligencji (AI – Artificial Intelligence)¹²⁸ – zestaw narzędzi uzupełnia warsztat architekta i inżyniera, przesuując akcent z rysunku na dane, z dokumentu na model oraz z jednorazowych odbiorów na ciągłe, cykliczne decyzje. Kluczowym skutkiem jest możliwość wcześniejszego wykrywania konfliktów, symulacji wielokryterialnych oraz zapewnienia ciągłości informacji w całym cyklu życia obiektu (ISO 19650, 2018; Eastman et al., 2018; Kręska-Pyrz, 2023).

Modelowanie informacji o budynku (BIM) integruje geometrię, właściwości i relacje elementów w spójnej bazie danych. Zamiast wielu niespójnych reprezentacji odrębnych branż, BIM pozwala utrzymywać jedną prawdę o obiekcie, a zmiany propagują się przez wszystkie widoki. W ujęciu dojrzałości informacyjnej standardy ISO 19650 definiują role, wymagania informacyjne, struktury wymiany i nadzór jakości danych. Operacyjnie oznacza to definiowanie Poziomów Informacji (LOI – Level of Information)¹²⁹, Poziomów Szczegółowości (LOD – Level of Detail)¹³⁰ i wymagań wymiany (EIR – Exchange Information Requirements)¹³¹, a także stosowanie reguł kontroli i walidacji (ISO 19650, 2018; Bilal et al., 2016; Kręska-Pyrz, 2023).

Wspólne środowisko danych (CDE) stanowi procesowy i technologiczny kręgosłup współpracy. Zapewnia kontrolę wersji, przepływy akceptacji, ścieżki audytu, klasyfikację informacji i dostęp oparty na rolach. Dzięki temu uczestnicy projektu mogą pracować na zatwierdzonych paczkach informacji, minimalizując ryzyko kolizji decyzyjnych i błędów wynikających z niesynchronizowanych plików. CDE ułatwia też automatyzację raportów, integrację z harmonogramami i kosztorysami oraz wdrożenie standardów metadanych (BS EN ISO 19650-1/2; UK BIM Framework, 2020; Kręska-Pyrz, 2023).

Rzeczywistość wirtualna i rozszerzona (VR/AR) przenosi proces decyzyjny z płaszczyzny rysunku do doświadczania przestrzeni w skali 1:1. VR umożliwia immersyjne przeglądy, testy wayfindingu (orientacja i nawigacja w przestrzeni) i ergonomii, a AR wspiera przeglądy na budowie, porównanie stanu rzeczywistego z modelem oraz instrukcje montażowe in situ. Badania wskazują, że wczesne przeglądy VR redukują błędy funkcjonalne i poprawiają komunikację z interesariuszami, a także wspierają partycypację i dostępność poznawczą dzięki symulowaniu różnych perspektyw użytkowników (Whyte, 2018; Sacks et al., 2020).

Internet rzeczy (IoT) zasila modele danymi rzeczywistymi: czujniki środowiskowe, liczniki energii, beaconing ruchu pieszego, lokalizacja zasobów i diagnostyka predykcyjna wyposażenia. W podejściu Digital Twin (cyfrowy bliźniak)¹³² dane te utrzymują dynamiczny bliźniak obiektu, który pozwala kalibrować symulacje, prognozować zużycie i sterować systemami w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Integracja BIM–BMS (Building Management System)¹³³–IoT

¹²⁵ **Building Information Modeling (BIM)** – metodologia cyfrowego modelowania informacji o budynku, obejmująca geometrię, dane techniczne i procesy w cyklu życia obiektu.

¹²⁶ **Virtual Reality/Augmented Reality (VR/AR)** – technologie immersyjne pozwalające na zanurzenie w środowisku wirtualnym (VR) lub nakładanie danych cyfrowych na rzeczywistość (AR).

¹²⁷ **Internet of Things (IoT)** – sieć połączonych urządzeń i czujników, które komunikują się i wymieniają dane w czasie rzeczywistym.

¹²⁸ **Artificial Intelligence (AI)** – sztuczna inteligencja, dziedzina informatyki wykorzystująca algorytmy uczące się do analizy danych i wspierania decyzji.

¹²⁹ **Level of Information (LOI)** – stopień szczegółowości danych niefizycznych w modelu BIM.

¹³⁰ **Level of Detail (LOD)** – poziom szczegółowości geometrycznej elementów w modelu.

¹³¹ **Exchange Information Requirements (EIR)** – wymagania określające, jakie dane muszą być dostarczone i w jakiej formie.

¹³² **Digital Twin** – cyfrowy bliźniak, dynamiczny model odzwierciedlający rzeczywisty stan obiektu.

¹³³ **Building Management System (BMS)** – system zarządzania budynkiem, monitorujący instalacje techniczne.

umożliwia wdrożenia oparte na wskaźnikach komfortu i efektywności, a także monitorowanie łańcucha dostępności (Fuller et al., 2020; Boje et al., 2020; Kręska-Pyrz, 2024).

Sztuczna inteligencja obejmuje algorytmy uczenia maszynowego (machine learning)¹³⁴ i optymalizacji, które automatyzują analizy, wyszukują wzorce i wspierają decyzje projektowe. Zastosowania obejmują: generative design (projektowanie generatywne)¹³⁵ i eksplorację wariantów, automatyczne wykrywanie kolizji i anomalii, klasyfikację elementów i jakości danych, predykcję kosztów i harmonogramów, a także rozpoznawanie obrazów w inspekcjach stanu. W obszarze architektury krajobrazu i urbanistyki SI wspiera analizę widoczności, nasłonecznienia, przepływów pieszych i ruchu, a także badanie zależności między formą a zachowaniami (Gerber et al., 2017; Arroyo et al., 2021).

Kluczowym wyzwaniem cyfryzacji jest zarządzanie jakością danych. Modele i przepływy informacji wymagają standardów nazewnictwa, klasyfikacji, atrybutów i statusów, a także kontroli dostępu i zgodności. Błędy w strukturze danych, niespójne jednostki czy brak wersjonowania potrafią zniweczyć korzyści technologiczne. Do dobrych praktyk należą: wspólny plan realizacji BIM (BEP – BIM Execution Plan)¹³⁶, reguły walidacyjne, automatyczne testy jakości, odseparowanie środowisk roboczych od publikacyjnych oraz rejestry decyzji (UK BIM Framework, 2020; Bilal et al., 2016; Kręska-Pyrz, 2023).

W obszarze bezpieczeństwa i etyki dochodzą kwestie prywatności i cyberbezpieczeństwa. Dane z czujników i systemów lokalizacji mogą ujawniać wzorce zachowań i wrażliwe informacje. Wymagana jest minimalizacja zakresu danych, anonimizacja, ograniczanie retencji, bezpieczne protokoły, kontrola uprawnień oraz zgodność z regulacjami. Transparentność algorytmów i możliwość audytu są niezbędne, gdy SI wspiera decyzje wpływające na zdrowie, bezpieczeństwo i dostęp do usług (ENISA, 2019; Floridi et al., 2018).

Cyfryzacja przynosi także implikacje dla kompetencji zespołów. Rola projektanta rozszerza się o kuratorstwo danych, projektowanie przepływów informacji, rozumienie wskaźników jakości oraz pracę w iteracyjnych sprintach (krótkie cykle pracy w metodyce Agile)¹³⁷. Kluczowe są umiejętności mapowania wymagań informacyjnych, modelowania semantycznego, konfiguracji CDE, analityki, a także komunikacji z interesariuszami. Organizacyjnie sukces cyfryzacji zależy od ładu danych, przywództwa i dojrzałości procesowej (Sacks et al., 2020).

W praktyce niniejszej pracy powiązanie BIM, analiz widoczności i symulacji ruchu pozwala łączyć warstwę projektową z metrykami sprawności użytkowej. CDE służy jako repozytorium decyzji i wersji, zaś przeglądy VR wspierają wczesną walidację czytelności wejść i łańcucha dostępności. IoT i analityka mogą w fazie powykonawczej weryfikować założenia projektowe oraz zasilać bliźniaka cyfrowego, zamykając pętlę uczenia i ulepszania środowiska w cyklu życia obiektu (Kręska-Pyrz, 2023).

2.5. Od modelowania informacji do bliźniaka cyfrowego: paradygmaty i konsekwencje projektowe.

Cyfryzacja procesów projektowych w architekturze i budownictwie znajduje swój punkt kulminacyjny w przejściu od **modelowania informacji o budynku** (BIM – *Building Information Modeling*) do **bliźniaka cyfrowego** (DT – *Digital Twin*). To przejście nie jest jedynie ewolucją technologiczną, ale zmianą paradygmatu – z dokumentów statycznych i jednorazowych odbiorów na **ciągłe, danych-centriczne podejmowanie decyzji**, z silosowych narzędzi na zintegrowane środowiska współpracy. W niniejszej pracy etap wdrożeniowy obejmował aktywne uczestnictwo w projektach biura projektowego, w których zastosowano DT jako narzędzie kontroli jakości, optymalizacji energetycznej oraz skracania pętli decyzyjnych między projektowaniem a eksploatacją.

Ramy teoretyczne i definicje

¹³⁴ **Machine learning** – technika sztucznej inteligencji, w której algorytmy uczą się wzorców z danych.

¹³⁵ **Generative design** – metoda projektowania wykorzystująca algorytmy do generowania wielu wariantów rozwiązań.

¹³⁶ **BIM Execution Plan (BEP)** – plan wdrożenia i zarządzania procesem BIM w projekcie.

¹³⁷ **Sprints (Agile)** – krótkie cykle pracy projektowej, stosowane w metodykach zwinnych (Agile).

Blizniak cyfrowy definiujemy jako **dynamiczny, dwukierunkowo sprzężony model obiektu fizycznego**, który łączy dane geometryczne, semantyczne i pomiarowe w czasie zbliżonym do rzeczywistego, umożliwiając **predykcyjne**¹³⁸ wnioskowanie i optymalizację sterowania. W odróżnieniu od **BIM**, będącego głównie reprezentacją semantyczno-geometryczną i repozytorium informacji, DT tworzy **pętlę sprzężenia zwrotnego**: *model–dane–interwencja*, pozwalającą testować hipotezy dotyczące skutków działań i natychmiast aktualizować model na podstawie obserwacji (Boje et al., 2020; Fuller et al., 2020; Eastman et al., 2018).

Szkoły i taksonomie DT

W literaturze wyróżnia się trzy powiązane pojęcia: (1) *digital model* – statyczna reprezentacja (np. klasyczny BIM), (2) *digital shadow* – jednostronne zasilanie modelu danymi bez zdolności sterowania¹³⁹, oraz (3) *digital twin* – dwukierunkowa integracja danych i procesów decyzyjnych. W praktyce budowlanej implementacje często przechodzą z poziomu cienia do pełnego DT wraz z rosnącą dojrzałością informacyjną i integracją systemów (Fuller et al., 2020).

Architektura DT: warstwy i przepływy

Proponuje się pięciowarstwowe ujęcie DT:

- **Warstwa semantyczna** – opiera się na modelach **IFC (Industry Foundation Classes)**¹⁴⁰, stabilnych identyfikatorach i słownikach atrybutów (LOI/LOD).
- **Warstwa współpracy** – wykorzystuje **CDE (Common Data Environment)** z wersjonowaniem, ścieżkami audytu oraz regułami jakości (IDS/BCF), co zapewnia replikowalność decyzji.
- **Warstwa percepcji** – łączy dane z IoT/BMS/SCADA¹⁴¹, dostarczając szeregów czasowych, pomiarów środowiskowych i detekcji obecności.
- **Warstwa inferencji** – obejmuje symulacje domenowe oraz uczenie maszynowe do prognoz i detekcji anomalii.
- **Warstwa interwencji** – integruje DT z procedurami operacyjnymi, domykając pętlę kontroli.

Interoperacyjność i ład danych

Wdrożenie DT wymaga mapowania atrybutów BIM na struktury telemetryczne i utrzymania stabilnych identyfikatorów. **IDS** umożliwia definiowanie wymagań informacyjnych i walidację na brankach CDE, a **BCF** dokumentuje niezgodności i decyzje. **Ład danych** – rozumiany jako słowniki pojęć, zasady wersjonowania, rejestry audytu – buduje zaufanie do analityki i interwencji.

Projekt jako eksperyment kontrolowany

W paradygmacie DT projektowanie staje się **eksperymentem naukowym**: formułowanie hipotez (np. wpływu parametrów komfortu na zużycie energii), symulacja scenariuszy, przeglądy VR/AR, decyzje operacyjne, obserwacja danych rzeczywistych i aktualizacja modelu. Taka metodyka minimalizuje lukę między intencją a eksploatacją.

Metody oceny i KPI

Do oceny DT stosuje się m.in.: czas *detekcja–decyzja–wdrożenie*, liczbę kolizji na iterację, kompletność atrybutów, stabilność komfortu środowiskowego, znormalizowane zużycie energii oraz odsetek decyzji domkniętych po sesjach VR/AR. **DOE (Design of Experiments)**¹⁴² umożliwia testowanie interwencji w sposób planowy.

Wdrożenie DT w pracy wdrożeniowej

¹³⁸ **Predykcyjny** – oparty na przewidywaniu przyszłych zdarzeń na podstawie danych.

¹³⁹ **Digital shadow** – cyfrowy cień, zasilanie modelu danymi bez interwencji.

¹⁴⁰ **IFC (Industry Foundation Classes)** – otwarty standard wymiany danych BIM.

¹⁴¹ SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – system nadzoru i akwizycji danych.

¹⁴² **Design of Experiments (DOE)** – metodologia planowania eksperymentów.

W ramach niniejszej pracy autorka uczestniczyła w projektach biura projektowego, w których **bliźniaki cyfrowe** zostały wdrożone jako narzędzie usprawniania procesu. Obejmowało to:

- przeglądy VR/AR z interesariuszami (validacja rozwiązań w skali 1:1),
- integrację danych IoT z modelami BIM (monitorowanie komfortu i energii),
- wdrożenie automatycznej walidacji w CDE (kontrola jakości danych i redukcja kolizji).

Zaobserwowano skrócenie mediany czasu decyzji, zmniejszenie liczby niezgodności i wzrost przejrzystości odpowiedzialności w procesach (traceability).

Ryzyko i ograniczenia

Integracja wielosystemowa niesie ryzyko **lock-in**¹⁴³ i podatność na zmiany schematów danych. Ochrona prywatności wymaga szyfrowania, anonimizacji i testów penetracyjnych (ENISA, 2019). Bez kompetencji analitycznych zespołu DT może stać się fragmentaryczne i niewiarygodne.

Dyskusja i kierunki badań

Przejście od BIM do DT to transformacja projektu w **system uczący się**. Wymaga nowych ról – takich jak architekt informacji – oraz iteracyjnych harmonogramów bogatych w dane. Otwarte pozostają standardy semantyczne dla strumieni danych kompatybilne z IFC, algorytmy wielokryterialnej optymalizacji i metody wyjaśnialności modeli predykcyjnych.

Wdrożenie DT w niniejszej pracy potwierdziło, że łączenie BIM, IoT i CDE skraca pętle decyzyjne, poprawia jakość projektu i eksploatacji oraz zwiększa przejrzystość odpowiedzialności. To paradygmat projektowania, w którym dane operacyjne stają się czynnikiem współtworzącym architekturę.

2.6. Podsumowanie.

Rozdział drugi dostarczył wieloaspektowych podstaw teoretycznych i przeglądu literatury, niezbędnych dla zrozumienia badanej problematyki wdrożeniowej. Zintegrowano w nim dorobek psychologii środowiskowej, teorii stresu i sprawczości, fenomenologii miejsca, proksemiki oraz koncepcji CPTED (Crime Prevention Through Environmental Design) i defensible space. Wskazano, że bezpieczeństwo przestrzenne to nie tylko brak incydentów kryminalnych, lecz także czytelność układów, komfort sensoryczny, przewidywalność zachowań i możliwość regulacji dystansu społecznego.

Omówiono metryki i procedury ewaluacji – od map widoczności, analiz ścieżek ruchu i wskaźników percepcyjnych po checklisty CPTED oraz standardy ISO (np. ISO 22341). Podkreślono znaczenie projektowania uniwersalnego (Universal Design) i dostępności – rozumianych jako kluczowe kryteria sprawności użytkowej przestrzeni, zapewniające równość uczestnictwa i minimalizujące potrzebę kosztownych adaptacji. Wskazano na związek UD z inkluzywnością, neuroróżnorodnością oraz projektowaniem informacji i wayfindingu.

Rozdział szeroko odniósł się do dorobku krajowego i międzynarodowego, pokazując transferowalność rozwiązań CPTED do polskiego kontekstu urbanistyczno-architektonicznego. Przywołano także wyniki badań dotyczących wpływu światła, akustyki i morfologii przestrzeni na poczucie bezpieczeństwa i komfort sensoryczny użytkowników.

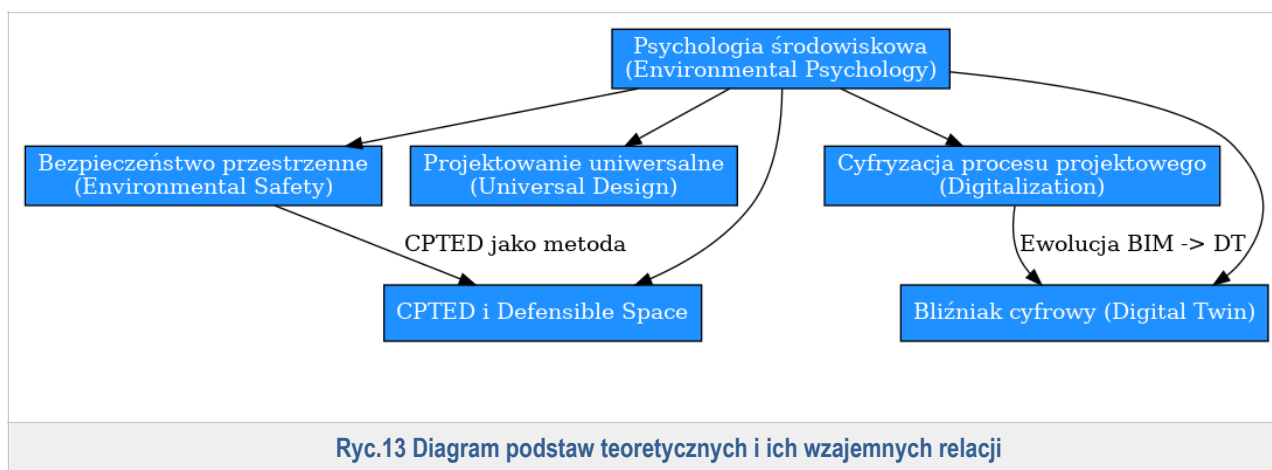
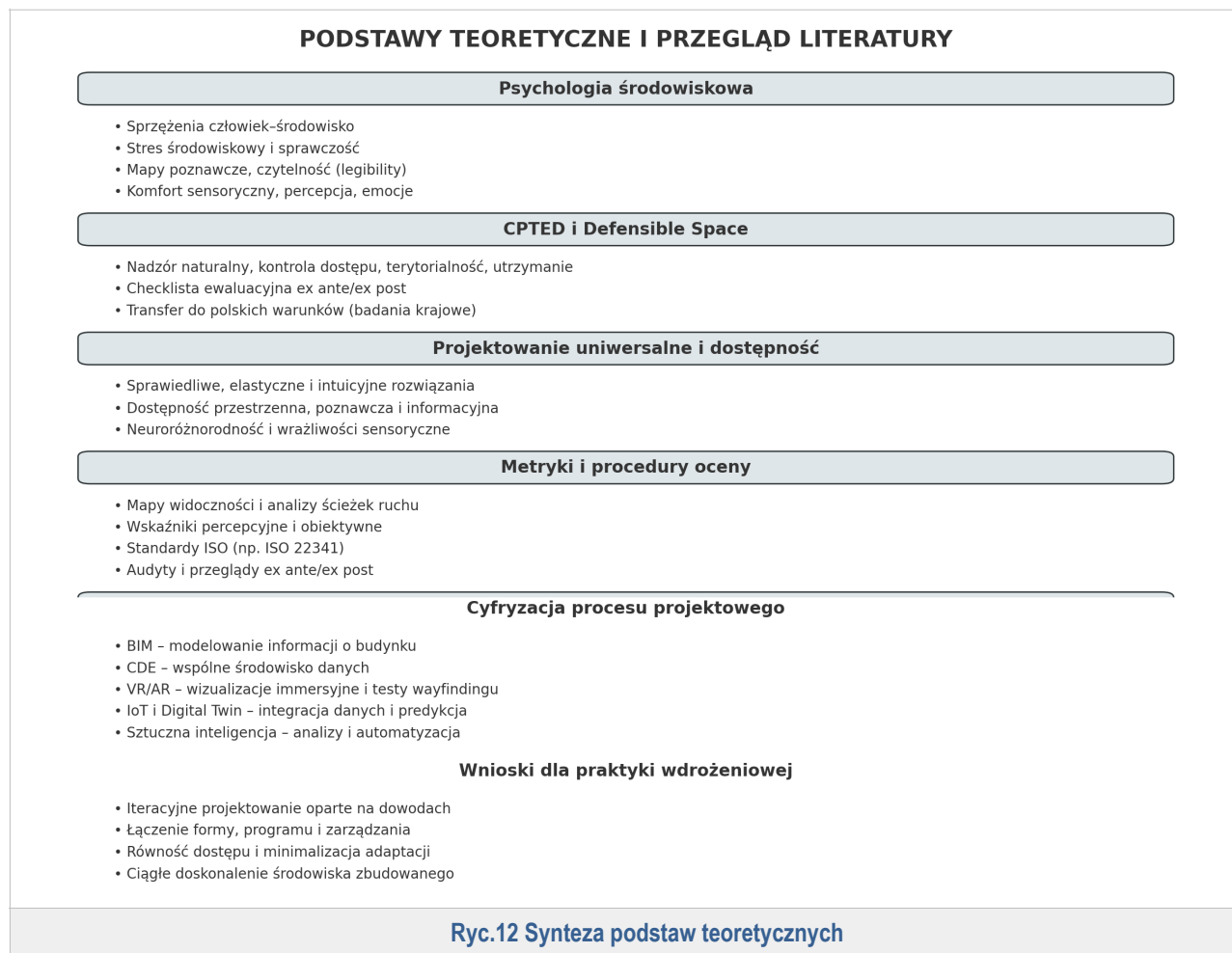
Wskazano na cyfryzację procesu projektowego jako narzędzie wzmacniające skuteczność analiz i ewaluacji – od modelowania informacji (BIM) przez wspólne środowiska danych (CDE), wizualizacje immersyjne VR/AR i internet rzeczy (IoT), po analitykę predykcyjną oraz bliźniaki cyfrowe (Digital Twins). Podkreślono, że technologie te nie zastępują projektowania opartego na dowodach i partycypacji, lecz stanowią jego rozszerzenie.

Podsumowując, rozdział drugi ugruntował paradygmat projektowania zorientowanego na użytkownika, w którym:

¹⁴³ **Lock-in** – uzależnienie od jednego dostawcy technologii.

forma, program i zarządzanie wzajemnie wzmacniają poczucie bezpieczeństwa i komfortu, uniwersalne projektowanie gwarantuje równość dostępu i funkcjonalność w cyklu życia, analizy danych i narzędzia cyfrowe umożliwiają iteracyjne, oparte na dowodach doskonalenie środowiska zbudowanego.

Te podstawy teoretyczne tworzą spójną ramę do opracowania metodyki badawczej i wdrożeniowej w dalszych częściach pracy.



3. ROZDZIAŁ - RAMY REGULACYJNE, NORMY I PRAKTYKI NA ŚWIECIE.

3.1. Krajowe akty prawne i normy techniczne

Niniejszy podrozdział prezentuje krajowy porządek prawny oraz standardy techniczne istotne dla inwestycji budowlanych, osadzone w logice cyklu życia informacji i zgodności. Przyjęty model referencyjny integruje wymagania prawne z wymaganiami informacyjnymi (EIR – *Exchange Information Requirements*, AIR – *Asset Information Requirements*¹⁴⁴), aby zapewnić spójność dokumentacji projektowej, modeli BIM oraz przebiegu postępowań administracyjnych.

Prawo budowlane – Dz.U. 2024, poz. 725

Prawo budowlane stanowi systemowy akt regulujący proces budowlany w Polsce. Określa ono role uczestników procesu inwestycyjnego, zakres odpowiedzialności, procedury formalne (m.in. pozwolenia na budowę, zgłoszenia robót), nadzór budowlany oraz samodzielne funkcje techniczne. Jego złożoność polega na równoczesnym adresowaniu wymagań materialnych (parametry techniczne i bezpieczeństwo) oraz proceduralnych (kolejność działań, terminy, formy dokumentacji). Dla praktyki projektowej kluczowe jest, że Prawo budowlane wyznacza granice odpowiedzialności informacyjnej uczestników oraz minimalny i obligatoryjny zakres dokumentacji na etapach projektu budowlanego (PB) i pozwolenia na budowę (PnB).

Złożoność przepisów generuje typowe ryzyko, takie jak:

- **Niekompletność dokumentacji** – brak pełnych danych lub załączników wymaganych przepisami.
- **Niespójność projektów branżowych** – rozbieżności między dokumentacją architektoniczną a branżową (konstrukcja, instalacje), które mogą skutkować błędami wykonawczymi.
- **Brak śledzenia zmian** – brak wersjonowania i audytowalności decyzji, co utrudnia wykazanie zgodności w toku kontroli nadzoru budowlanego.

Aby ograniczyć te ryzyko, wdrożenie Prawa budowlanego w środowisku cyfrowym (BIM/CDE/IDS¹⁴⁵) wymaga:

- **Definiowania atrybutów informacji** – np. identyfikatorów powiązanych przepisów, parametrów granicznych (współczynniki przenikania ciepła, wysokości kondygnacji, szerokości dróg ewakuacyjnych), statusów zgodności i źródeł danych.
- **Reguła IDS (*Information Delivery Specification*¹⁴⁶)** – deklaracyjnych warunków weryfikacji zgodności, raportowanych jako PASS/FAIL (zgodne/niezgodne). Przykładem jest automatyczna kontrola wartości współczynnika U dla przegród zewnętrznych w modelu BIM.
- **Artefaktów dokumentacyjnych** – arkuszy zgodności, scenariuszy pożarowych, obliczeń energetycznych, decyzji administracyjnych i uzgodnień branżowych, które muszą być wersjonowane i posiadać pełną ścieżkę audytu w CDE.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości w środowisku cyfrowym:

- **Braki w danych wejściowych** i rozbieżności między branżami.
- **Niespójne nazewnictwo i brak georeferencji**, co uniemożliwia automatyczne kontrole kolizji i spójności.
- **Nieprzypisanie właścicieli informacji (RACI)** oraz nieokreślenie terminów dostarczenia pakietów, co prowadzi do opóźnień i konfliktów kompetencyjnych.

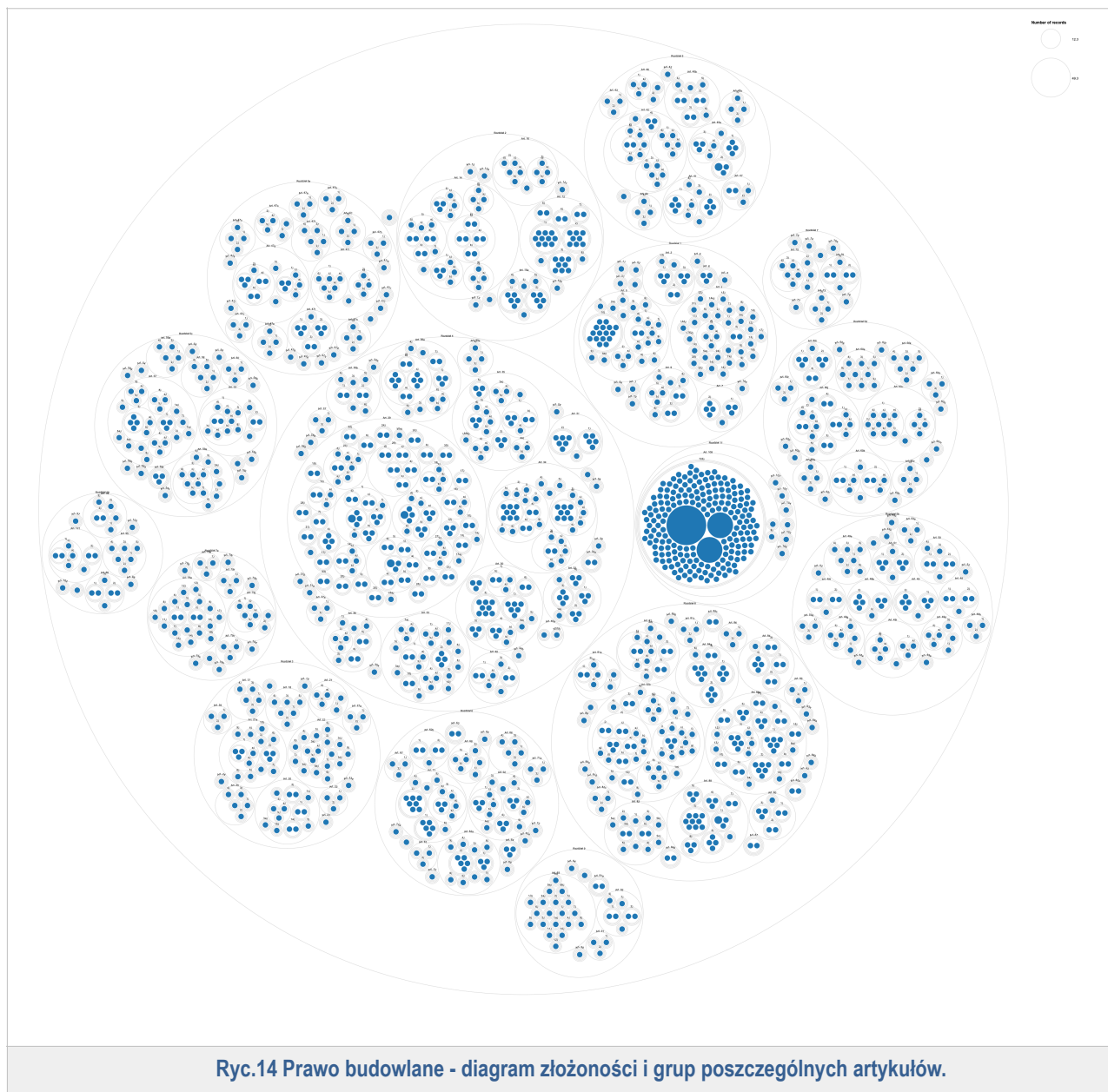
¹⁴⁴ EIR – *Exchange Information Requirements* – wymagania dotyczące wymiany informacji pomiędzy uczestnikami procesu budowlanego.

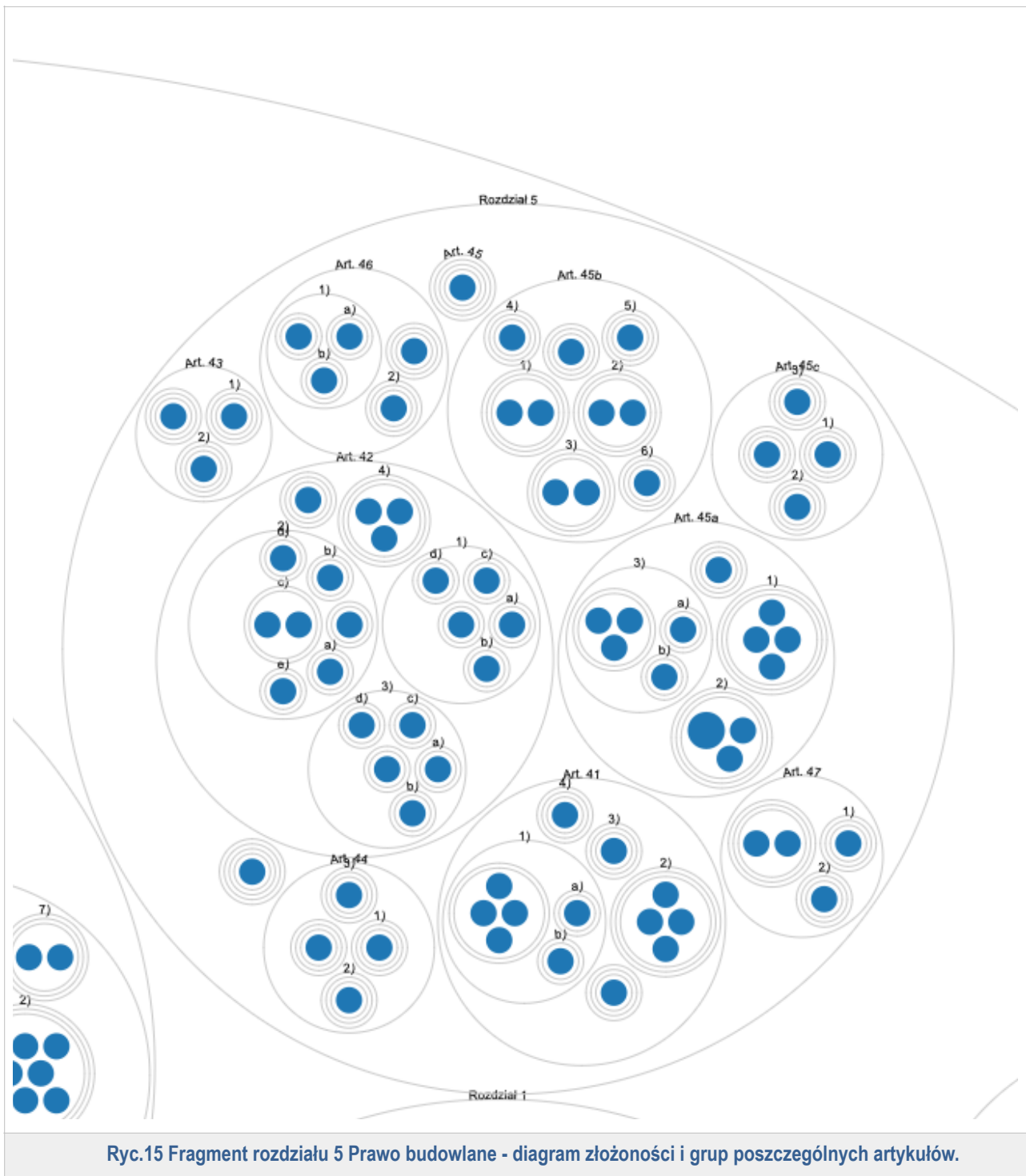
¹⁴⁵ BIM/CDE/IDS – odpowiednio: *Building Information Modelling* (modelowanie informacji o budynku), *Common Data Environment* (wspólne środowisko danych), *Information Delivery Specification* (specyfikacja dostarczania informacji).

¹⁴⁶ IDS – *Information Delivery Specification* – format i zestaw reguł pozwalających na automatyczne weryfikowanie zgodności modeli i dokumentacji z wymaganiami.

- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna** przed kluczowymi kamieniami milowymi, co zwiększa ryzyko błędów wykrytych dopiero na etapie realizacji.

Z punktu widzenia wdrożeniowego, integracja Prawa budowlanego z procesami BIM i środowiskiem CDE stanowi nie tylko formalny obowiązek, lecz także kluczowy warunek zapewnienia jakości, audytowalności i przewidywalności decyzji projektowych. Taka implementacja minimalizuje ryzyko prawne, usprawnia współpracę międzybranżową i pozwala szybciej reagować na zmiany regulacyjne.





Warunki techniczne dla budynków — Dz.U. 2022, poz. 1225

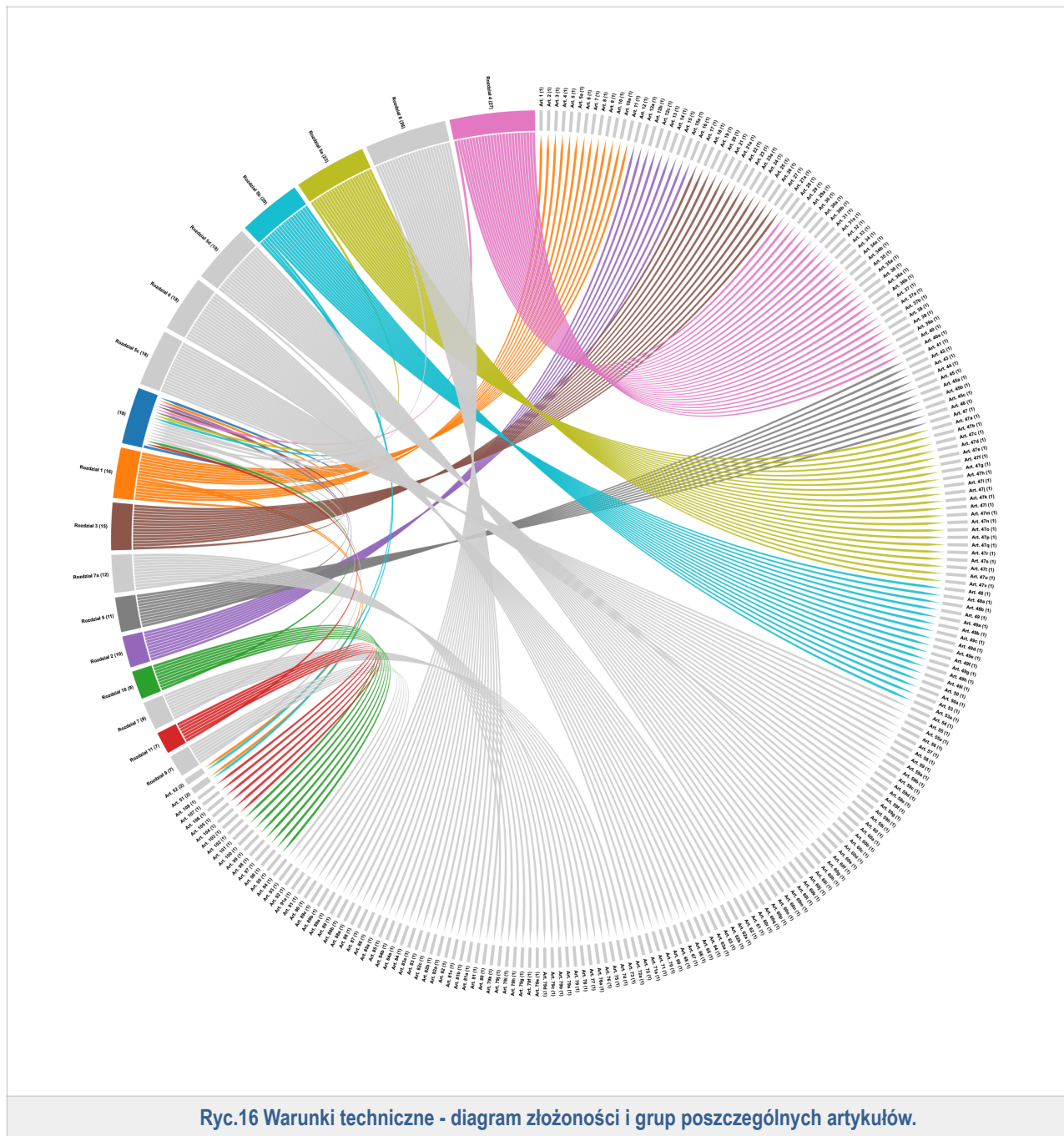
Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, stanowi kluczowy akt wykonawczy do Prawa budowlanego, regulujący minimalne wymagania dotyczące **nośności konstrukcji, ochrony przeciwpożarowej (ppoż.), higieny, ochrony środowiska, oszczędności energii oraz dostępności**. Dokument ten pełni funkcję nadrzędnego standardu jakości i bezpieczeństwa, determinując parametry techniczne, jakie musi spełniać każda inwestycja budowlana.

Złożoność rozporządzenia wynika z jego wieloaspektowości: łączy ono wymagania statyczne (nośność), dynamiczne (ewakuacja, bezpieczeństwo użytkowania), środowiskowe (efektywność energetyczna, ochrona przed hałasem) oraz społeczne (dostępność dla osób o zróżnicowanych potrzebach). W praktyce projektowej przekłada się to na

konieczność precyzyjnego odwzorowania wymagań w parametrach modelu BIM oraz na bieżące monitorowanie zgodności w całym cyklu życia inwestycji.

Przykładowe parametry wymagające odwzorowania obejmują:

- współczynniki przenikania ciepła (U) dla przegród zewnętrznych,
- minimalne szerokości dróg ewakuacyjnych i wysokości stref użytkowych,
- wskaźniki doświetlenia i wentylacji pomieszczeń,
- parametry akustyczne oraz wymagania dostępności (pochylnie, kontrasty, przestrzenie manewrowe).



Ryc.16 Warunki techniczne - diagram złożoności i grup poszczególnych artykułów.

Typowe ryzyko wynikające z niespełnienia warunków technicznych to:

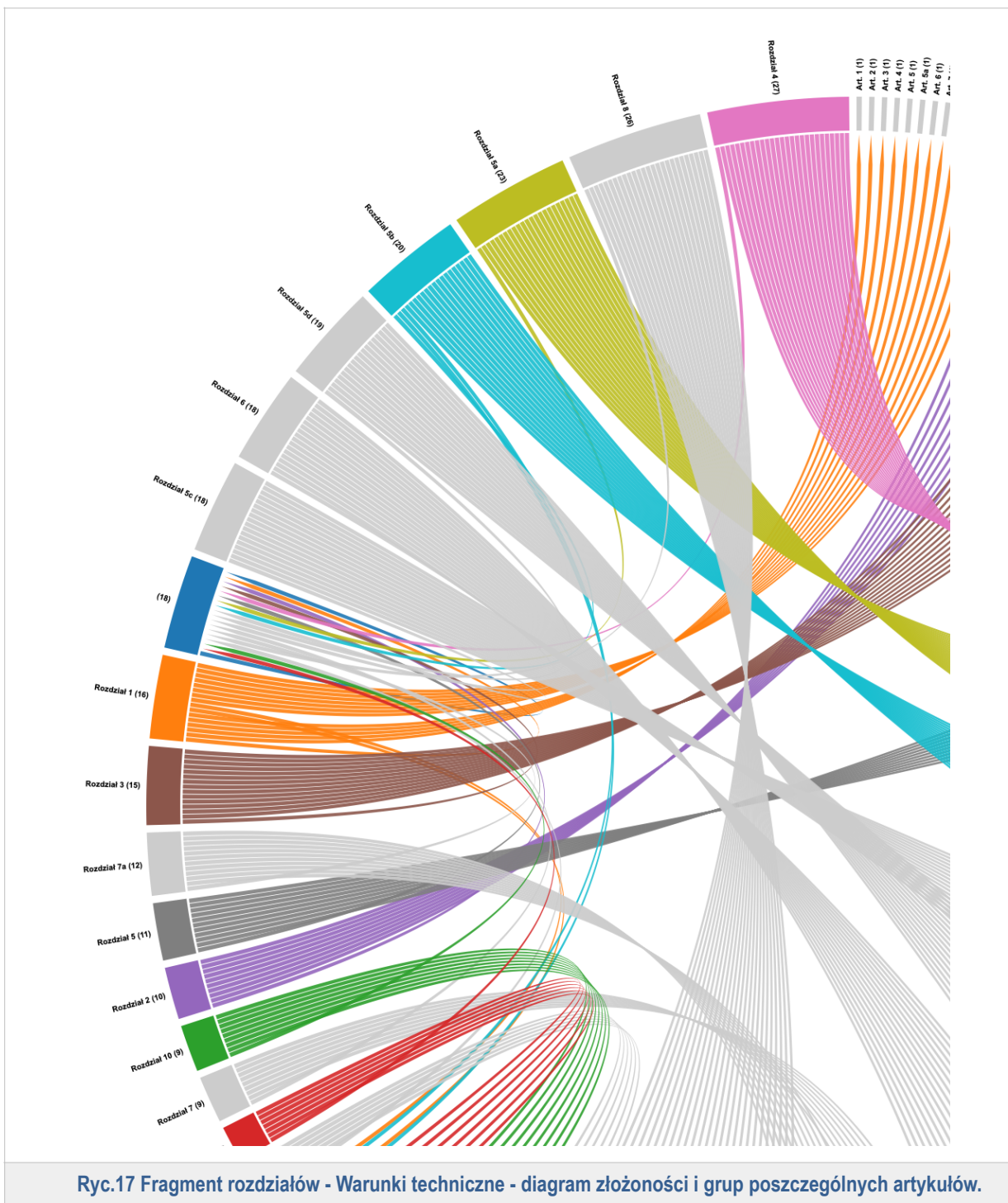
- kolizje wymiarowe i brak rezerwy konstrukcyjnej,
- niespełnienie parametrów cieplnych i akustycznych,
- niezgodności w zakresie dróg ewakuacyjnych i ochrony ppoż.,

- błędne lub niekompletne odwzorowanie danych w modelu BIM, skutkujące decyzjami negatywnymi organów nadzoru.

Implementacja w środowisku cyfrowym (BIM/CDE/IDS)

Aby skutecznie wdrożyć wymagania rozporządzenia w praktyce, niezbędne jest powiązanie warunków technicznych z narzędziami cyfrowymi:

- **Atrybuty:** należy przypisać elementom modelu identyfikatory odpowiednich przepisów, parametry graniczne (np. wartości U, dopuszczalne nachylenie pochylni), statusy zgodności (zgodne/niezgodne) oraz źródła danych (np. karty techniczne, uzgodnienia).



Ryc.17 Fragment rozdziałów - Warunki techniczne - diagram złożoności i grup poszczególnych artykułów.

Reguły IDS (Information Delivery Specification): deklaratywne warunki zgodności, które mogą być

automatycznie walidowane w oprogramowaniu BIM i raportowane jako PASS/FAIL. Przykład: automatyczne sprawdzenie minimalnej szerokości drzwi ewakuacyjnych w całym modelu.

- **Artefakty:** arkusze zgodności, scenariusze pożarowe, obliczenia energetyczne, decyzje administracyjne i uzgodnienia, które muszą być wersjonowane w *Common Data Environment* (CDE) i powiązane ze ścieżką audytu.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

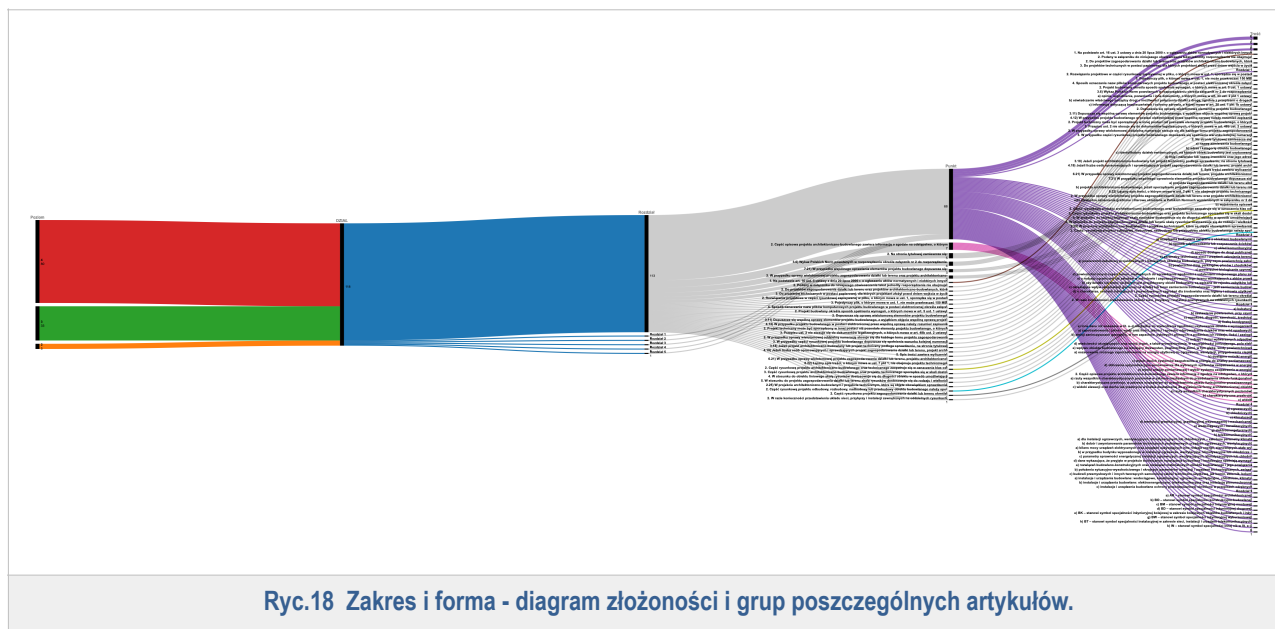
- Braki w danych wejściowych, rozjazdy międzybranżowe i brak spójnego nazewnictwa lub georeferencji, co utrudnia automatyczne kontrole.
- Brak przypisania właścicieli informacji zgodnie z macierzą RACI oraz brak jasno określonych terminów dostarczania pakietów danych.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kluczowymi kamieniami milowymi projektu, co zwiększa ryzyko wykrycia niezgodności dopiero na etapie budowy.

Znaczenie wdrożeniowe

W niniejszej pracy doktoratu wdrożeniowe warunki techniczne zostały zintegrowane z procesami BIM oraz repozytorium CDE w projektach pilotażowych. Pozwoliło to na automatyczne wykrywanie kolizji wymiarowych, bieżące śledzenie zgodności parametrów cieplnych i akustycznych oraz dokumentowanie decyzji w formie artefaktów cyfrowych. Wdrożenie tej integracji zminimalizowało liczbę błędów wykrywanych dopiero na etapie realizacji i przyspieszyło proces uzyskiwania decyzji administracyjnych.

Zakres i forma projektu budowlanego — Dz.U. 2022, poz. 1679

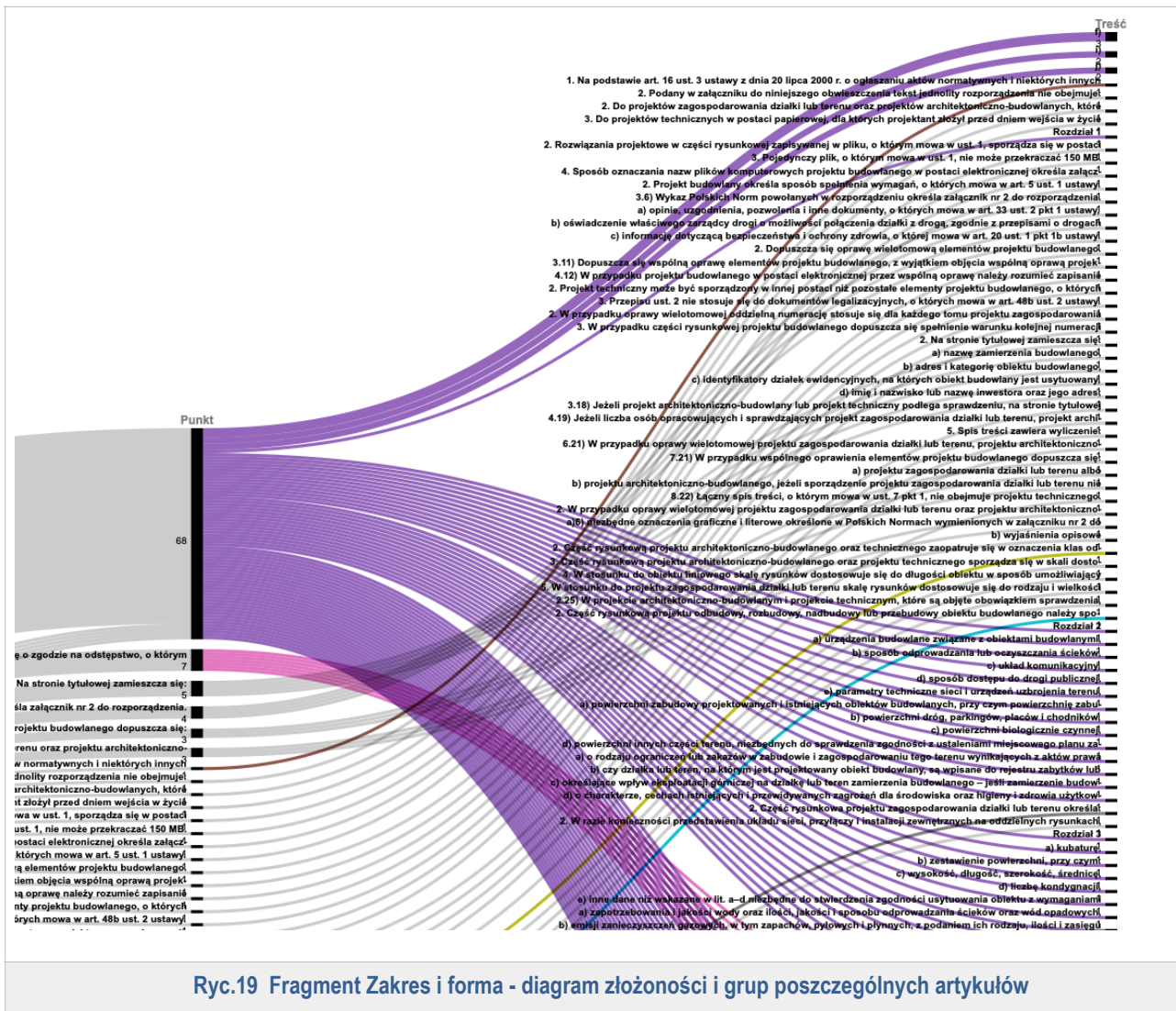
Rozporządzenie w sprawie zakresu i formy projektu budowlanego precyzuje strukturę **PB** (projektu budowlanego) jako dokumentu wieloczęściowego, obejmującego:



Projekt zagospodarowania terenu – definiujący usytuowanie obiektu na działce, układ komunikacyjny, zieleni, sieci uzbrojenia i powiązania z otoczeniem.

- **Projekt architektoniczno-budowlany** – opisujący formę, funkcję, parametry przestrzenne i konstrukcyjne budynku, a także rozwiązania w zakresie ochrony przeciwpożarowej, dostępności oraz efektywności energetycznej.
- **Projekt techniczny** – zawierający szczegółowe rozwiązania materiałowe, instalacyjne, konstrukcyjne i technologiczne, niezbędne do realizacji inwestycji.

Akt ten stanowi fundament standaryzacji pakietów informacyjnych, definiując wymagania formalne i sposób prezentacji danych, co w środowisku cyfrowym (BIM/CDE) pozwala na jednoznaczne przypisanie odpowiedzialności, wersjonowanie dokumentów oraz zapewnienie zgodności międzybranżowej.



Ryc.19 Fragment Zakres i forma - diagram złożoności i grup poszczególnych artykułów

Złożoność i ryzyko

Ze względu na wielość uczestników procesu (architekci, projektanci branżowi, inwestorzy, administracja publiczna), rozporządzenie ma krytyczne znaczenie dla eliminacji niejednoznaczności i błędów komunikacyjnych. Typowe ryzyko obejmują:

- **Niejednoznaczne nazewnictwo plików i dokumentów**, prowadzące do używania nieaktualnych wersji w obiegu decyzyjnym.
- **Brak spójności wersji dokumentów** w sytuacjach wielokrotnej aktualizacji PB na różnych etapach uzgodnień.
- **Rozjazdy międzybranżowe** wynikające z nieskoordynowanej aktualizacji części projektu, np. różnice między zagospodarowaniem terenu a rozwiązaniami konstrukcyjnymi lub instalacyjnymi.
- Praktyczne przełożenie na informację projektową
- Aby sprostać wymaganiom rozporządzenia w kontekście cyfrowym, należy powiązać jego zapisy z procesami zarządzania informacją w BIM i CDE:

- **Atrybuty:** każde z głównych opracowań PB powinno otrzymać unikalne identyfikatory powiązane z przepisami prawa, parametrami granicznymi (np. minimalne odległości od granic działki, wysokość kondygnacji, szerokości dojeżdż ewakuacyjnych), statusem zgodności (zgodne/niezgodne) oraz źródłami danych (uzgodnienia, decyzje, obliczenia).
- **Reguły IDS (*Information Delivery Specification*):** umożliwiają automatyczne sprawdzanie zgodności PB z wymaganiami. Przykład: weryfikacja minimalnych wymiarów dróg ewakuacyjnych w całym modelu BIM, raportowana jako PASS/FAIL.
- **Artefakty dokumentacyjne:** arkusze zgodności, decyzje administracyjne, uzgodnienia branżowe i obliczenia energetyczne – przechowywane w *Common Data Environment* (CDE) z wersjonowaniem i pełną ścieżką audytu.
- Kontrola jakości i odpowiedzialności
- Aby ograniczyć ryzyko, należy wdrożyć:
- **Spójne nazewnictwo i georeferencje** dla wszystkich plików i modeli, zgodnie z zasadami zarządzania danymi w BIM.
- **Macierze RACI** przypisujące właścicieli informacji oraz terminy dostarczania pakietów.
- **Automatyczną i ręczną walidację** dokumentów przed kluczowymi kamieniami milowymi (np. przed złożeniem PB do pozwolenia na budowę).

Znaczenie wdrożeniowe

W ramach niniejszej pracy doktoratu wdrożeniowego projekt budowlany traktowano nie tylko jako zestaw dokumentów papierowych, lecz jako **zintegrowany pakiet danych** w środowisku CDE. Standaryzacja struktury PB oraz przypisanie atrybutów do modeli BIM pozwoliły na szybsze śledzenie zmian, jednoznaczne przypisanie odpowiedzialności oraz automatyczną walidację parametrów zgodnie z regułami IDS. W praktyce wdrożeniowej przyniosło to skrócenie czasu przygotowania PB, ograniczenie błędów międzybranżowych oraz zwiększenie transparentności procesu projektowego.

Warunki geotechniczne posadowienia — Dz.U. 2012, poz. 463

Rozporządzenie w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych określa **klasyfikację złożoności warunków gruntowych**, minimalny zakres dokumentacji geologiczno-inżynierskiej oraz zasady monitoringu w trakcie realizacji inwestycji. W kontekście współczesnych metod cyfrowych dokument ten jest kluczowy dla integracji danych geotechnicznych z **modelem terenu** i zasobami **GIS**¹⁴⁷, co pozwala na uzyskanie spójnego obrazu podłoża i potencjalnych zagrożeń.

Złożoność i ryzyko

Złożoność posadowienia zależy nie tylko od rodzaju gruntu, ale również od warunków wodnych, obciążeń oraz układu konstrukcji. Błędna klasyfikacja (np. niedoszacowanie kategorii geotechnicznej) lub brak aktualizacji danych po odkrywkach może prowadzić do poważnych konsekwencji: od nadmiernych osiadań, przez awarie fundamentów, po opóźnienia i wzrost kosztów budowy. Równie istotne jest zapewnienie spójności danych geologicznych z dokumentacją projektową wszystkich branż – rozbieżności w modelach mogą powodować kolizje między instalacjami podziemnymi a konstrukcjami posadowienia.

Praktyczne przełożenie na informację projektową

Aby zminimalizować ryzyko, dane geotechniczne powinny być odwzorowane w środowisku **BIM/CDE** jako część cyfrowego modelu inwestycji:

¹⁴⁷ **GIS** (*Geographic Information System*) – system informacji geograficznej służący do gromadzenia, analizowania i wizualizacji danych przestrzennych.

- **Atrybuty:** przypisanie identyfikatorów przepisów oraz parametrów granicznych (np. nośność podłoża, poziom wód gruntowych, współczynnik tarcia), wraz ze statusem zgodności (zgodne/niezgodne) i źródłami danych (badania terenowe, raporty laboratoryjne).
- **Reguły IDS (*Information Delivery Specification*):** umożliwiają automatyczne sprawdzanie zgodności, np. weryfikację, czy wybrane typy fundamentów odpowiadają przypisanej kategorii geotechnicznej oraz czy przewidziano monitoring osiadań.
- **Artefakty dokumentacyjne:** mapy warunków gruntowych, profile geologiczne, wyniki sondowań, decyzje projektowe i raporty z monitoringu – przechowywane w **Common Data Environment (CDE)** z pełnym wersjonowaniem i ścieżką audytu.
- Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości
- **Braki w danych wejściowych** – np. zbyt rzadkie sondowania lub brak pomiarów w miejscach krytycznych.
- **Rozjazdy międzybranżowe** – brak aktualizacji modeli geotechnicznych po odkrywkach lub zmianach projektowych, co skutkuje niezgodnościami w projekcie.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji** – utrudniający integrację z danymi GIS i modelami BIM.
- **Brak przypisania właścicieli informacji (RACI)** oraz nieprzestrzeganie terminów dostarczenia pakietów danych.
- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna** – brak kontroli jakości przed kluczowymi kamieniami milowymi projektu.
- Znaczenie wdrożeniowe
- W niniejszej pracy doktoratu wdrożeniowe warunki geotechniczne były traktowane jako integralna warstwa danych przestrzennych w środowisku **CDE**. Integracja modeli geotechnicznych z BIM umożliwiła:
 - wcześniejsze wykrycie kolizji projektowych (np. fundamentów z infrastrukturą podziemną),
 - szybsze reagowanie na zmiany warunków gruntowych ujawnionych w trakcie budowy,
 - automatyczne raportowanie zgodności z wymaganiami rozporządzenia,
 - oraz pełną transparentność decyzji dzięki wersjonowaniu dokumentów i zapisowi audytowemu.

Takie podejście znacząco skróciło czas reakcji projekt–eksploatacja oraz zredukowało ryzyko błędów konstrukcyjnych.

Ustawa o charakterystyce energetycznej budynków — Dz.U. 2024, poz. 101

Ustawa określa **wymogi sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej**, obowiązek **kontroli systemów technicznych** oraz prowadzenia rejestrów świadectw. Dokument ten jest kluczowy dla zapewnienia spójności danych projektowych z obliczeniami energetycznymi i procesami eksploatacyjnymi. W logice cyklu życia informacji wymaga on ścisłego odwzorowania parametrów energetycznych w modelach BIM oraz ich powiązania z **EIR/AIR** (Employer's Information Requirements / Asset Information Requirements), aby umożliwić automatyczny eksport danych do kalkulacji i późniejszy monitoring.

Znaczenie dla procesu projektowego

W praktyce wdrożeniowej ustawa nakłada obowiązek:

- określenia **atrybutów energetycznych** wszystkich istotnych elementów budynku (m.in. współczynniki przenikania ciepła U, parametry stolarki, charakterystyka systemów ogrzewania i wentylacji),
- zapewnienia zgodności pomiędzy danymi geometrycznymi a obliczeniowymi,
- aktualizacji modeli w trakcie zmian projektowych lub po audytach energetycznych.
- Brak spójności między danymi geometrycznymi a wynikami obliczeń energetycznych może prowadzić do nieważności świadectw lub kar administracyjnych, a w skrajnych przypadkach – do niewłaściwego doboru systemów HVAC, co skutkuje wyższymi kosztami eksploatacji i niezgodnością z politykami zrównoważonego rozwoju.
- Implementacja w BIM/CDE/IDS

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów (Dz.U. 2024, poz. 101), parametry graniczne (np. współczynnik U przegród, sprawność rekuperacji, współczynniki przenikania ciepła okien), status zgodności (PASS/FAIL) oraz źródła danych (raporty obliczeniowe, audyty).
- **Reguły IDS (*Information Delivery Specification*):** deklaratywne warunki zgodności, np. „żadna przegroda zewnętrzna nie przekracza wartości $U=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ ”, sprawdzane automatycznie na bramkach jakości.
- **Artefakty dokumentacyjne:** arkusze zgodności energetycznej, raporty z kalkulacji, scenariusze pożarowe uwzględniające wpływ izolacji, decyzje i uzgodnienia projektowe – wszystkie wersjonowane i przechowywane w **CDE (*Common Data Environment*)** z pełną ścieżką audytu.
- Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości
- **Braki w danych wejściowych** – brak aktualnych parametrów materiałowych lub wyników badań laboratoryjnych.
- **Rozjazdy międzybranżowe** – niespójność pomiędzy modelem architektonicznym a obliczeniami instalacyjnymi.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji** – utrudniający automatyczny eksport danych do kalkulacji.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI) – opóźnienia w dostarczaniu pakietów danych.
- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna** przed kamieniami milowymi, co zwiększa ryzyko błędów w końcowych świadectwach energetycznych.

Wdrożeniowy charakter w pracy

W ramach niniejszej pracy doktoratu wdrożeniowego ustawa ta została bezpośrednio powiązana z praktycznym wdrożeniem procedur w środowisku **CDE**. Dane energetyczne były wprowadzane do modeli BIM w sposób umożliwiający automatyczne generowanie raportów zgodności oraz szybkie reagowanie na zmiany projektowe. Wdrożenie obejmowało także testowanie eksportu danych do kalkulatorów energetycznych i symulacji dynamicznych, co znacząco skróciło czas weryfikacji i poprawiło jakość świadectw.

Budowle rolnicze (warunki techniczne) — Dz.U. 2023, poz. 297

Rozporządzenie określa **wymagania techniczne dla obiektów rolniczych**, w tym parametry mikroklimatu, wentylacji, materiałów oraz szczególne wymogi związane z ochroną zdrowia i dobrostaniem zwierząt gospodarskich. Akt ten ma kluczowe znaczenie w procesie projektowym, ponieważ integruje kwestie technologiczne (dobór instalacji i materiałów) z aspektami środowiskowymi (mikroklimat, emisje) oraz użytkowymi (dostępność i bezpieczeństwo obsługi). W ujęciu cyklu życia informacji rozporządzenie to wymaga systematycznego odwzorowania parametrów technicznych w modelach BIM oraz ich powiązania z repozytorium **CDE (*Common Data Environment*)⁽¹⁾**, aby zapewnić spójność projektów branżowych oraz zgodność z przepisami.

Znaczenie dla procesu projektowego

- **Parametry mikroklimatu i wentylacji** – zapewnienie właściwej temperatury, wilgotności, wymiany powietrza i oświetlenia, aby utrzymać dobrostan zwierząt i minimalizować ryzyko chorób.
- **Dobór materiałów** – użycie surowców odpornych na agresywne środowisko (amoniak, wilgoć), łatwych w czyszczeniu i bezpiecznych dla zwierząt.
- **Kompatybilność technologii** – integracja systemów pojenia, karmienia, wentylacji i ogrzewania w sposób bezkolizyjny i efektywny energetycznie.
- Błędne odwzorowanie parametrów środowiskowych może skutkować pogorszeniem zdrowia zwierząt, obniżeniem wydajności produkcji oraz ryzykiem naruszenia przepisów weterynaryjnych i środowiskowych.
- Implementacja w BIM/CDE/IDS
- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów (Dz.U. 2023, poz. 297), wartości graniczne mikroklimatu (temperatura, wilgotność, stężenie amoniaku), dane o wydajności systemów wentylacyjnych, status zgodności (PASS/FAIL), źródła danych (raporty branżowe, normy weterynaryjne).

- **Reguły IDS (*Information Delivery Specification*)⁽²⁾**: deklaratywne warunki, np. „średnie stężenie amoniaku ≤ 20 ppm”, „temperatura w strefie bytowej zwierząt 12–18°C”, automatycznie sprawdzane na bramkach jakości.
- **Artefakty dokumentacyjne**: arkusze zgodności mikroklimatu, obliczenia energetyczne, schematy wentylacji, protokoły uzgodnień branżowych – wersjonowane i archiwizowane w **CDE** z pełną ścieżką audytu.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

- **Braki w danych wejściowych** – np. brak aktualnych danych o wymaganiach mikroklimatycznych lub parametrach sprzętu.
- **Rozbieżności międzybranżowe** – brak koordynacji między projektantami instalacji wentylacyjnych, konstrukcji i technologii rolniczych.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji** – utrudniający integrację danych i automatyczne sprawdzanie zgodności.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI⁽³⁾) – powodujący opóźnienia i niekompletność danych.
- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna** – zwiększająca ryzyko błędów przed kluczowymi kamieniami milowymi projektu.

Wdrożeniowy charakter w pracy

W ramach niniejszej pracy doktoratu wdrożeniowego wymagania dla budowli rolniczych zostały zintegrowane z procedurami BIM i CDE. Opracowano zestaw reguł IDS dla parametrów środowiskowych i wydajności systemów wentylacyjnych, co umożliwiło automatyczne sprawdzanie zgodności projektów przed fazą realizacyjną. Modele BIM były powiązane z bazami danych technicznych urządzeń i aktualizowane po testach terenowych, minimalizując ryzyko błędnych decyzji projektowych oraz kosztownych przeróbek w trakcie budowy.

Bazy i stacje paliw (warunki techniczne) — Dz.U. 2023, poz. 1707

Rozporządzenie określa **wymagania bezpieczeństwa i ochrony środowiska** dla infrastruktury paliwowej, w tym baz i stacji paliw. Przepisy obejmują m.in. **strefy zagrożenia wybuchem**, systemy odwodnień i separatory substancji ropopochodnych, wymagania konstrukcyjne zbiorników, zabezpieczenia przeciwpożarowe oraz procedury eksploatacyjne. Regulacje te mają bezpośredni wpływ na projektowanie, budowę i eksploatację obiektów paliwowych, a ich prawidłowe wdrożenie minimalizuje ryzyko awarii, skażeń środowiska oraz zagrożeń dla zdrowia i życia ludzi.

W procesie projektowym przepisy te muszą być odwzorowane w **modelach BIM (*Building Information Modelling*)** i zintegrowane z repozytorium **CDE (*Common Data Environment*)**, aby zapewnić spójność projektów branżowych, łatwe śledzenie zgodności oraz pełną audytowalność decyzji. Błędne uwzględnienie stref zagrożenia wybuchem, brak prawidłowych systemów odwodnienia lub nieskuteczne separatory mogą prowadzić do poważnych konsekwencji prawnych i środowiskowych, a także generować wysokie koszty napraw i odszkodowań.

Implementacja w BIM/CDE/IDS

- **Atrybuty**: identyfikatory przepisów (Dz.U. 2023, poz. 1707), wartości graniczne parametrów bezpieczeństwa (np. klasyfikacja stref ATEX¹⁴⁸, minimalne odległości od zabudowy, wydajność separatorów), status zgodności (PASS/FAIL), źródła danych (raporty branżowe, normy ppoż. i środowiskowe).
- **Reguły IDS (*Information Delivery Specification*)**: deklaratywne warunki zgodności, np. „zbiornik paliwowy zabezpieczony przed korozją zgodnie z PN-EN”, „spadki terenu umożliwiające odprowadzenie ścieków do separatora”, „minimalna odległość dystrybutora od budynku ≥ 10 m”, raportowane automatycznie w systemie BIM/CDE.

¹⁴⁸ ATEX – europejskie regulacje dotyczące urządzeń i systemów w strefach zagrożonych wybuchem.

- **Artefakty dokumentacyjne:** arkusze zgodności dla instalacji paliwowych, scenariusze pożarowe, obliczenia hydrauliczne odwodnienia, protokoły uzgodnień środowiskowych i ppoż., decyzje administracyjne – wszystkie z wersjonowaniem i pełną ścieżką audytu w CDE.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

- **Braki w danych wejściowych** – np. nieaktualne dane o poziomie wód gruntowych, niewłaściwa klasyfikacja stref zagrożenia.
- **Rozbieżności międzybranżowe** – brak koordynacji projektów elektrycznych, konstrukcyjnych i instalacyjnych.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji** – utrudniający walidację i integrację danych.
- **Brak przypisania właścicieli informacji (RACI)** – prowadzący do opóźnień w dostarczaniu danych krytycznych.
- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna** – zwiększająca ryzyko niezgodności przed kamieniami milowymi.

Wdrożeniowy charakter w pracy

W ramach niniejszej pracy doktoratu wdrożeniowego wymagania bezpieczeństwa i środowiskowe dla baz i stacji paliw zostały **bezpośrednio zastosowane w projektach pilotażowych**, w których autorka uczestniczyła jako członek zespołu projektowego. Opracowano zestawy reguł IDS umożliwiające automatyczne sprawdzanie zgodności projektów z przepisami dotyczącymi stref zagrożenia wybuchem, odwodnienia i separatorów. Modele BIM zostały zintegrowane z danymi GIS i analizami hydrologicznymi, co pozwoliło na wczesne wykrywanie potencjalnych konfliktów przestrzennych oraz ocenę skuteczności systemów odwodnienia. Dzięki wdrożeniu CDE z pełnym śledzeniem zmian i wersji, możliwe było zachowanie przejrzystości procesów decyzyjnych oraz szybsze reagowanie na wymagania administracyjne i środowiskowe.

Prawo geodezyjne i kartograficzne — Dz.U. 2024, poz. 1151

Prawo geodezyjne i kartograficzne reguluje **zasady pozyskiwania, przetwarzania oraz przekazywania danych geodezyjnych**, w tym prowadzenie osnów geodezyjnych, sporządzanie map zasadniczych, ewidencji gruntów i budynków oraz standardy opracowań kartograficznych. Współczesne procesy inwestycyjne wymagają integracji danych geodezyjnych z zasobami **ISOK (Informatyczny System Osłony Kraju¹⁴⁹)**, **BDOT (Baza Danych Obiektów Topograficznych¹⁵⁰)** oraz **GESUT (Geodezyjna Ewidencja Sieci Uzbrojenia Terenu¹⁵¹)** w ramach **CDE (Common Data Environment)**. Dzięki temu możliwe jest zapewnienie spójności informacji przestrzennej, eliminacja błędów lokalizacyjnych oraz wczesne wykrywanie kolizji między infrastrukturą podziemną a projektowanymi obiektami.

Niewłaściwe zastosowanie przepisów lub korzystanie z **przestarzałych podkładów geodezyjnych** może prowadzić do poważnych błędów projektowych i sporów prawnych, w tym błędnego posadowienia obiektów lub niezgodności z planami miejscowymi. Szczególnym ryzykiem jest niespójność układów odniesienia (np. PUWG 1992 vs. PUWG 2000), która utrudnia integrację danych z różnych źródeł.

Implementacja w BIM/CDE/IDS

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów (Dz.U. 2024, poz. 1151), typ układu odniesienia, dokładność pomiarowa, status zgodności danych, źródła danych geodezyjnych i kartograficznych.
- **Reguły IDS (Information Delivery Specification):** deklaratywne warunki zgodności, np. „wszystkie warstwy mapowe w układzie PUWG 2000”, „aktualność danych GESUT ≤ 6 miesięcy”, „odchylenie rzędnych

¹⁴⁹ **ISOK** – Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami.

¹⁵⁰ **BDOT** – Baza Danych Obiektów Topograficznych.

¹⁵¹ **GESUT** – Geodezyjna Ewidencja Sieci Uzbrojenia Terenu.

nieprzekraczające dopuszczalnej tolerancji”. Raporty zgodności generowane automatycznie w środowisku BIM/CDE.

- **Artefakty dokumentacyjne:** arkusze kontroli jakości danych geodezyjnych, protokoły weryfikacji podkładów, scenariusze kontroli kolizji, uzgodnienia z organami geodezyjnymi i zarządcami sieci, z wersjonowaniem i pełną ścieżką audytu w CDE.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

- **Braki w danych wejściowych** – np. brak aktualizacji sieci uzbrojenia terenu po przebudowach.
- **Rozbieżności międzybranżowe** – wynikające z użycia odmiennych układów współrzędnych przez projektantów branżowych.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji** – utrudniający koordynację i walidację modeli.
- **Brak przypisania właścicieli informacji (RACI)** – prowadzący do opóźnień w dostarczaniu aktualnych danych.
- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna** – zwiększająca ryzyko wykrycia błędów dopiero na etapie budowy.

Wdrożeniowy charakter w pracy

W ramach niniejszej dysertacji doktoratu wdrożeniowego przepisy Prawa geodezyjnego i kartograficznego zostały **zastosowane w projektach pilotażowych** realizowanych w biurze projektowym. Autorka współtworzyła procedury integracji danych GESUT i BDOT z repozytorium CDE, definiując reguły IDS dla automatycznej walidacji układów odniesienia oraz aktualności danych. W praktyce wdrożenie tych procedur pozwoliło na wczesne wykrycie potencjalnych konfliktów infrastrukturalnych i usprawniło proces uzyskiwania uzgodnień administracyjnych, jednocześnie podnosząc jakość i spójność modeli BIM.

Dokumentacja projektowa (MRiT 2021) — Dz.U. 2021, poz. 2454

Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z 2021 r. (Dz.U. 2021, poz. 2454) precyzuje **zakres dokumentacji projektowej** wymaganej w ramach **zamówień publicznych**, definiuje standardy opracowań projektowych, minimalne wymogi merytoryczne oraz zasady opisu przedmiotu zamówienia. Akt ten stanowi **fundament przygotowania paczek wymagań informacyjnych** (*Information Requirements Packages*) w ramach procedur Prawa zamówień publicznych (PZP), zapewniając spójność przekazywanych danych i minimalizując ryzyko sporów interpretacyjnych.

W praktyce stosowania w biurach projektowych, rozporządzenie determinuje strukturę oraz zawartość dokumentacji, wskazując na konieczność jednoznacznego opisu przedmiotu zamówienia i powiązania go z parametrami technicznymi w modelach BIM. **Niejednolite opisy przedmiotu zamówienia** lub niespójność między dokumentacją a modelem cyfrowym mogą prowadzić do protestów wykonawców, opóźnień w postępowaniach oraz konieczności kosztownych zmian projektowych.

Implementacja w BIM/CDE/IDS

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów, parametry graniczne, status zgodności, źródła danych projektowych i referencyjnych.
- **Reguły IDS (*Information Delivery Specification*):** deklaratywne warunki zgodności, np. „kompletność dokumentacji w zakresie instalacji ppoż. w 100% zgodna z zakresem SIWZ”, „spójność modelu BIM z rysunkami w skali 1:50”, „uwzględnienie minimalnych wymagań Warunków Technicznych w opisie przedmiotu zamówienia” – raportowane jako PASS/FAIL.
- **Artefakty dokumentacyjne:** arkusze zgodności, protokoły weryfikacji spójności, decyzje administracyjne, uzgodnienia z gestorami sieci i inwestorem – wszystkie przechowywane w repozytorium **CDE (*Common Data Environment*)** z pełnym śledzeniem zmian (audit trail).

- Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości
- **Braki w danych wejściowych** – np. brak aktualnych map lub badań geotechnicznych w momencie przygotowania opisu przedmiotu zamówienia.
- **Rozjazdy między branżami** – np. niespójność parametrów konstrukcyjnych i instalacyjnych w różnych częściach dokumentacji.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji** – utrudniający integrację dokumentacji w repozytorium cyfrowym.
- **Brak przypisania właścicieli informacji (RACI)** – prowadzący do rozproszenia odpowiedzialności i opóźnień w dostarczaniu danych.
- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kamieniami milowymi** – zwiększająca ryzyko wykrycia błędów dopiero na etapie postępowania lub realizacji.

Wdrożeniowy charakter w pracy

W ramach niniejszej dysertacji doktoratu wdrożeniowego **przepisy dotyczące dokumentacji projektowej MRiT 2021** zostały zastosowane w projektach pilotażowych w biurze projektowym. Została opracowana **checklista wymagań informacyjnych** dostosowaną do PZP oraz wdrożyła procedury automatycznej walidacji dokumentacji w środowisku CDE, co pozwoliło na **ujednoczenie opisów przedmiotu zamówienia** i ograniczenie ryzyko protestów wykonawców. Dzięki temu proces przygotowania dokumentacji stał się bardziej transparentny i zgodny z obowiązującymi standardami.

Planowanie i zagospodarowanie przestrzenne — Dz.U. 2024, tekst jedn.

Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2024, tekst jedn.) stanowi **kluczowy instrument kształtowania ładu przestrzennego w Polsce**, regulując zasady lokalizacji inwestycji, ochrony ładu urbanistycznego oraz zrównoważonego rozwoju. Obejmuje **instrumenty planistyczne**, takie jak miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (MPZP) oraz decyzje o warunkach zabudowy (WZ), a także **standardy urbanistyczne** określające minimalne parametry infrastruktury i przestrzeni publicznych. W praktyce projektowej akty te wpływają na gabaryty obiektów, intensywność zabudowy, linie rozgraniczające terenów inwestycyjnych oraz powiązania komunikacyjne.

Ryzyko związane z implementacją obejmują m.in.:

- Rozbieżności między dokumentacją projektową a zapisami MPZP lub decyzji WZ,
- Błędną interpretację standardów urbanistycznych,
- Niewystarczające odwzorowanie parametrów planistycznych w modelach BIM, co może prowadzić do kolizji formalnych lub protestów mieszkańców.
- Dla projektów prowadzonych w ramach niniejszej pracy wdrożeniowej **praktyczne przełożenie wymagań planistycznych na informację projektową** obejmowało integrację MPZP i WZ z repozytorium **CDE (Common Data Environment)** oraz zastosowanie **reguł IDS (Information Delivery Specification)** do walidacji zgodności projektów z parametrami planistycznymi. W ten sposób minimalizowano ryzyko błędów interpretacyjnych, a jednocześnie zapewniano przejrzystość procesu w zespołach projektowych i przed organami administracji.
- Implementacja w BIM/CDE/IDS
- **Atrybuty**: identyfikatory przepisów (np. sygnatura MPZP), wartości parametrów granicznych (wysokość zabudowy, intensywność, linie zabudowy), status zgodności (zgodny/niezgodny), źródła danych (uchwały planistyczne, decyzje WZ).

- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np. „wysokość zabudowy ≤ 18 m zgodnie z MPZP”, „zachowanie minimalnej powierzchni biologicznie czynnej”, „zgodność przebiegu dróg wewnętrznych z liniami rozgraniczającymi” – raportowane jako PASS/FAIL.
- **Artefakty dokumentacyjne:** arkusze zgodności MPZP, decyzje WZ z uzgodnieniami, rysunki planów w formacie GIS, analizy wpływu gabarytów na sąsiedztwo – z pełnym wersjonowaniem i audytem w CDE.
- Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości
- **Braki w danych wejściowych** – np. użycie nieaktualnych uchwał planistycznych lub map podkładowych.
- **Rozjazdy między branżami** – brak spójności między planistycznymi ustaleniami a projektami branżowymi (np. sieci infrastruktury).
- Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji – utrudniający integrację z danymi GIS.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI) – skutkujący rozproszoną odpowiedzialnością.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kamieniami milowymi – zwiększająca ryzyko naruszeń prawa lub konieczności kosztownych korekt.

Wdrożeniowy charakter w pracy

W ramach realizacji niniejszej pracy doktorskiej **integracja zapisów MPZP i decyzji WZ** z repozytorium CDE była wdrożona w projektach pilotażowych prowadzonych w biurze projektowym. Opracowano **procedury automatycznej walidacji zgodności modeli BIM** z zapisami planistycznymi oraz przygotowano **checklisty zgodności** wykorzystywane w przeglądach międzybranżowych i sesjach VR/AR. Dzięki temu możliwe było wcześniejsze wykrycie rozbieżności oraz zwiększenie przejrzystości procesów uzgodnieniowych z organami administracji publicznej.

Kodeks postępowania administracyjnego — Dz.U. 2024, tekst jedn.

Kodeks postępowania administracyjnego (KPA) określa **fundamentalne zasady prowadzenia postępowań administracyjnych**, w tym zasady równego traktowania stron, jawności, szybkości postępowania, terminy rozpatrywania spraw, zasady doręczeń, udziału stron oraz instytucję tzw. milczącego załatwienia sprawy. W kontekście inwestycji budowlanych i urbanistycznych KPA jest kluczowy dla **harmonogramowania decyzji administracyjnych** (np. pozwolenia na budowę, decyzje środowiskowe) oraz **minimalizacji ryzyko odwołań i sporów**.

Przestrzeganie procedur KPA chroni inwestora przed konsekwencjami uchybień formalnych, takimi jak nieważność decyzji, przedłużanie procesów czy sankcje administracyjne. Typowe **ryzyko** obejmują:

- Uchybienia terminom ustawowym (np. opóźnienia w wydawaniu decyzji, brak odpowiedzi na wezwania).
- Niewłaściwe pouczenia stron co do praw i obowiązków, co może skutkować odwołaniami.
- Niespójność dokumentacji przekazywanej w ramach postępowań z aktualnymi zapisami w repozytorium danych projektowych.

W niniejszej pracy wdrożeniowej **praktyczne przełożenie wymagań KPA na informację projektową** zostało zrealizowane poprzez **integrację kalendarzy i rejestrów postępowań administracyjnych z repozytorium CDE (Common Data Environment)**. Dzięki zastosowaniu reguł IDS (**Information Delivery Specification**) możliwe było automatyczne monitorowanie statusów decyzji, terminów doręczeń i kompletności dokumentów. Wdrożono również procedury przypisywania właścicieli informacji (macierz **RACI**) oraz automatyczne alerty przypominające o terminach ustawowych, co istotnie ograniczyło ryzyko opóźnień i błędów proceduralnych.

Implementacja w BIM/CDE/IDS

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów (np. numer artykułu KPA), parametry graniczne (termin rozpatrzenia sprawy), status zgodności (zgodny/niezgodny), źródła danych (decyzje administracyjne, pisma urzędowe).
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np. „doręczenie decyzji w terminie 14 dni”, „zachowanie prawa strony do odwołania w terminie”, „kompletność dokumentacji załączonej do wniosku” – raportowane jako PASS/FAIL.

- **Artefakty dokumentacyjne:** arkusze zgodności z KPA, rejestry terminów, protokoły doręczeń i uzgodnień, decyzje i odwołania – przechowywane w repozytorium CDE z pełnym wersjonowaniem i audytem zmian.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

- **Braki w danych wejściowych** – np. brak aktualnych kopii decyzji lub wniosków w repozytorium.
- **Rozjazdy między branżami** – brak spójności pomiędzy dokumentacją techniczną a formalnoprawną.
- Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji – utrudniający wyszukiwanie dokumentów.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI) – skutkujący niejasnością odpowiedzialności.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kamieniami milowymi – zwiększająca ryzyko odwołań i sankcji.

Wdrożeniowy charakter w pracy

W ramach realizacji niniejszej pracy wdrożeniowej zastosowano zintegrowane śledzenie statusów decyzji administracyjnych w projektach pilotażowych. Procedury te pozwoliły na szybką identyfikację ryzykoterminowych oraz wczesne reagowanie na potencjalne odwołania. Wdrożenie reguł IDS umożliwiło automatyczną weryfikację kompletności wniosków i dokumentów, a integracja z repozytorium CDE poprawiła transparentność komunikacji między projektantami, inwestorem a organami administracji publicznej.

Ustawa o drogach publicznych — Dz.U. 2024, poz. 320

Ustawa o drogach publicznych jest **kluczowym aktem prawnym** regulującym zasady funkcjonowania sieci drogowej w Polsce, obejmującym klasyfikację dróg, kompetencje zarządców oraz procedury związane z zagospodarowaniem pasa drogowego. Określa **cztery kategorie dróg publicznych** (krajowe, wojewódzkie, powiatowe i gminne), co pozwala przypisać odpowiedzialność właściwym organom administracji oraz zapewnia spójność w planowaniu i utrzymaniu infrastruktury transportowej. Przepisy te obejmują także zasady gospodarowania pasem drogowym – w tym lokalizację zjazdów, usytuowanie sieci uzbrojenia podziemnego, urządzeń bezpieczeństwa ruchu oraz elementów małej architektury – oraz regulują **wydawanie zezwoleń na zajęcie pasa drogowego**, kluczowych z punktu widzenia harmonogramów inwestycji.

Znaczenie dla projektowania i wdrożeń w BIM/CDE:

Wdrożenie wymogów ustawy w środowiskach cyfrowych pozwala na wcześniejsze wykrywanie kolizji sieci, kontrolę zgodności lokalizacji wjazdów i dostępności działek z dróg publicznych, a także na powiązanie modeli z decyzjami administracyjnymi. Brak integracji tych wymagań skutkuje opóźnieniami, dodatkowymi kosztami lub ryzykiem odwołań administracyjnych.

Implementacja w BIM/CDE/IDS:

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów, parametry graniczne pasa drogowego, status zgodności, źródła danych.
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności (np. minimalna szerokość zjazdu, odległości od skrzyżowań, promienie łuków), raportowane jako *PASS/FAIL*.
- **Artefakty:** arkusze zgodności z lokalnymi zarządcami dróg, decyzje o zajęciu pasa drogowego, uzgodnienia kolizji sieci, dokumenty kosztorysowe i harmonogramowe zintegrowane z repozytorium CDE.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości:

- Braki w danych wejściowych i niezgodności pomiędzy branżami (np. błędne odwzorowanie granic pasa drogowego).
- Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji w modelach, co utrudnia weryfikację kolizji.
- Nieprzypisanie właścicieli informacji (RACI) ani terminów dostarczenia pakietów dokumentacyjnych.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kluczowymi kamieniami milowymi procesu projektowego.

Tak opracowane procedury integracyjne w BIM/CDE zapewniają zgodność z wymogami ustawy oraz minimalizują ryzyko formalne i techniczne w procesie inwestycyjnym.

Ochrona zabytków i opieka nad zabytkami — Dz.U. 2024, poz. 1292

Ustawa ta reguluje **formy ochrony zabytków**, procedury uzyskiwania **pozwoleń konserwatorskich**, a także **nadzór** nad wykonywaniem prac przy obiektach objętych ochroną. W praktyce projektowej akty te determinują zarówno rozwiązania przestrzenne, jak i proces decyzyjny: każde działanie mogące wpływać na zabytek lub jego otoczenie wymaga uzgodnień z właściwym organem konserwatorskim.

Z punktu widzenia **cyfryzacji procesu projektowego** kluczowe jest odwzorowanie wymagań konserwatorskich w modelu BIM oraz kontrola tych wymagań w ramach wspólnego środowiska danych (CDE). Wdrożenie reguł IDS (Information Delivery Specification) pozwala na bieżące monitorowanie zgodności elementów z przepisami i minimalizowanie ryzyko błędów.

Ryzyko w procesie inwestycyjnym:

- **Kolizje z ochroną konserwatorską** – brak wczesnego uwzględnienia ograniczeń może prowadzić do konieczności kosztownych zmian projektowych.
- **Tryb uzgodnień** – nieprawidłowe przygotowanie dokumentacji może skutkować odrzuceniem wniosku lub opóźnieniami.
- **Rozbieżności między branżami** – brak spójności danych geometrycznych, atrybutów i opisów historycznych może generować konflikty w decyzjach.

Implementacja w BIM/CDE/IDS

- Atrybuty:
 - Identyfikator przepisów dotyczących ochrony zabytków.
 - Parametry graniczne – np. dopuszczalne materiały wykończeniowe, wysokości nadbudów, promienie stref ochrony.
 - Status zgodności z wymaganiami konserwatorskimi.
 - Źródła danych: decyzje administracyjne, opinie konserwatora, dokumentacja fotograficzna.
- Reguły IDS:
 - Deklaratywne warunki zgodności – np. zakaz naruszania oryginalnych detali, konieczność zastosowania określonych technologii remontowych.
 - Raportowanie w formacie PASS/FAIL, umożliwiające szybkie wychwycenie niezgodności w modelu.
- Artefakty:
 - Arkusze zgodności konserwatorskiej.
 - Dokumentacja fotograficzna i skany 3D istniejących elementów.
 - Decyzje administracyjne i uzgodnienia konserwatorskie, z pełnym wersjonowaniem i ścieżką audytu w CDE.
 - Obliczenia i analizy wpływu planowanych interwencji na otoczenie historyczne.

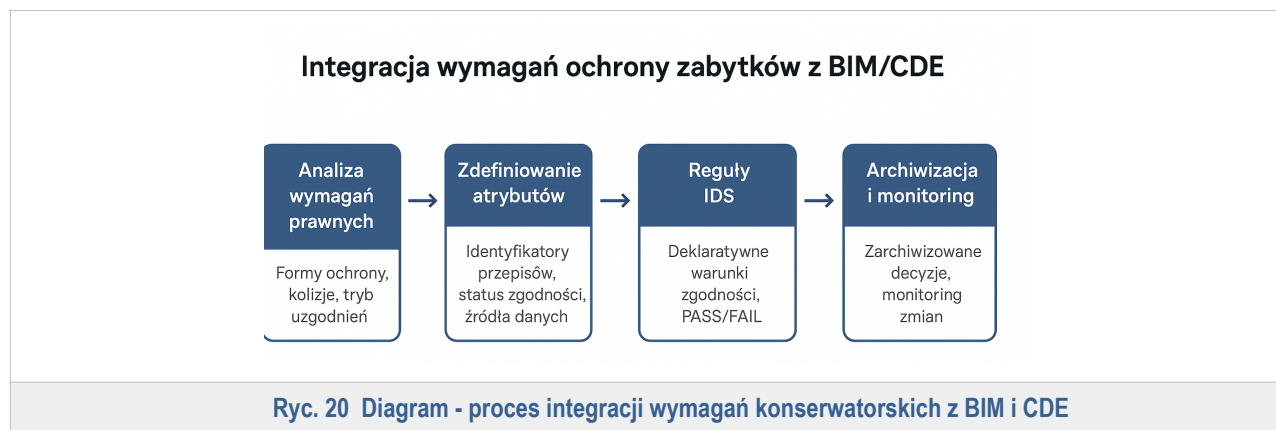
Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

- **Braki w danych wejściowych** – np. niekompletne inwentaryzacje obiektów zabytkowych.
- **Rozjazdy między branżami** – brak spójnego nazewnictwa, różnice w interpretacji zasięgu stref ochrony.
- **Brak przypisania właścicieli informacji (RACI)** – prowadzący do chaosu w odpowiedzialności za dostarczanie pakietów danych.
- **Niewystarczająca walidacja** – brak kontroli automatycznej i ręcznej przed kluczowymi kamieniami milowymi, co zwiększa ryzyko opóźnień i konieczności powtórnych uzgodnień.

Prace przy zabytkach (rozporządzenie) — Dz.U. 2021, poz. 81

Rozporządzenie określa szczegółowe wymagania w zakresie **kwalifikacji osób prowadzących roboty przy obiektach zabytkowych**, opracowywania programów prac konserwatorskich oraz przygotowania i archiwizacji dokumentacji. Celem przepisów jest ochrona wartości historycznych i kulturowych poprzez zapewnienie wysokiego poziomu kompetencji wykonawców oraz spójności działań projektowych i wykonawczych. Dokumentacja powykonawcza stanowi kluczowy element kontroli jakości oraz podstawę dla przyszłych interwencji konserwatorskich.

Ryzyko: brak odpowiednich kwalifikacji wykonawców, co może skutkować uszkodzeniem substancji zabytkowej; niekompletność lub rozproszenie dokumentacji powykonawczej utrudniające monitorowanie stanu obiektu i prowadzenie przyszłych prac; niespójność informacji pomiędzy branżami lub brak integracji danych w systemach cyfrowych.



Praktyczne przełożenie na informację projektową wymaga zdefiniowania odpowiednich atrybutów w modelu BIM, zastosowania reguł walidacyjnych oraz utworzenia artefaktów dokumentacyjnych w zintegrowanym repozytorium CDE. Pozwala to na monitorowanie zgodności z wymaganiami konserwatorskimi, archiwizację uzgodnień oraz zapewnienie przejrzystości procesów decyzyjnych.

Implementacja w BIM/CDE/IDS

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów konserwatorskich, status ochrony obiektu, parametry graniczne (np. materiały dopuszczone do użycia, maksymalne odchylenia wymiarowe), źródła danych archiwalnych.
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności dotyczące zastosowania materiałów i technologii konserwatorskich, zachowania gabarytów i detali architektonicznych, raportowane jako **PASS/FAIL**.
- **Artefakty:** programy prac konserwatorskich, decyzje konserwatora zabytków, dokumentacja fotograficzna i skany 3D stanu istniejącego, arkusze zgodności i protokoły odbioru, wszystkie wersjonowane i posiadające pełną ścieżkę audytu.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

- Braki w danych wejściowych, np. nieaktualne lub niepełne inwentaryzacje architektoniczno-konserwatorskie.
- Rozbieżności pomiędzy branżami w zakresie stosowanych technologii i materiałów.
- Brak spójnego nazewnictwa, georeferencji oraz powiązań między dokumentami.
- Nieprzypisanie właścicieli informacji (RACI) i brak precyzyjnych terminów dostarczenia pakietów informacyjnych.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna dokumentacji przed kluczowymi kamieniami milowymi procesu inwestycyjnego.

Ustawa o ochronie przeciwpożarowej — Dz.U. 2025, poz. 188

Ustawa o ochronie przeciwpożarowej stanowi kluczowy akt prawny regulujący obowiązki w zakresie ppoż., określający czynności zabronione, odpowiedzialność administracyjną, cywilną i karną uczestników procesu budowlanego oraz właścicieli i zarządców obiektów budowlanych. Dokument ten wyznacza ramy prawne dla

opracowywania, wdrażania i aktualizacji scenariuszy pożarowych oraz systemów bezpieczeństwa, obejmujących architekturę, instalacje techniczne i procedury ewakuacyjne. W praktyce projektowej zgodność z ustawą jest niezbędna do uzyskania pozwoleń, przeprowadzenia odbiorów i zapewnienia bezpieczeństwa użytkowników.

Ryzyko związane z implementacją przepisów

- Niespójność scenariuszy pożarowych z rozwiązaniami architektonicznymi i instalacyjnymi.
- Brak spójności między dokumentacją projektową a procedurami operacyjnymi służb ratowniczych.
- Opóźnienia w harmonogramie inwestycji wynikające z konieczności korekt projektowych na etapie odbioru.

Praktyczne przełożenie na informację projektową

Aby zapewnić pełną zgodność z ustawą i ograniczyć ryzyko, wymagane jest zdefiniowanie precyzyjnych atrybutów, reguł walidacyjnych oraz artefaktów dokumentacyjnych, które powinny zostać zintegrowane z repozytorium **CDE (Common Data Environment)**. Przechowywanie w CDE umożliwia automatyczne monitorowanie spójności i wersjonowanie dokumentacji.

Implementacja w BIM/CDE/IDS

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów ppoż., parametry graniczne (np. gęstość obciążenia ogniowego, klasy odporności ogniowej, szerokości dróg ewakuacyjnych), status zgodności oraz źródła danych.
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np. minimalna szerokość stref ewakuacyjnych, wartości U przegród w kontekście odporności ogniowej, lokalizacja hydrantów wewnętrznych – raportowane automatycznie jako **PASS/FAIL**.
- **Artefakty:** arkusze zgodności ppoż., scenariusze pożarowe, obliczenia obciążenia ogniowego i czasu ewakuacji, decyzje uzgodnieniowe z rzeczoznawcami ppoż. oraz administracją – z pełnym wersjonowaniem i zapisem ścieżki audytu.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

- **Braki w danych wejściowych:** niepełne dane o materiałach, instalacjach lub użytkowaniu obiektu, prowadzące do błędów w scenariuszach pożarowych.
- **Rozjazdy międzybranżowe:** brak synchronizacji między projektami architektonicznymi, konstrukcyjnymi i instalacyjnymi.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji:** utrudniający automatyczną walidację danych i analizę kolizji.
- **Brak przypisania właścicieli informacji (RACI):** niejasność co do odpowiedzialności za dostarczenie lub aktualizację kluczowych pakietów danych.
- **Niewystarczająca walidacja:** brak automatycznych i ręcznych kontroli jakości przed kluczowymi kamieniami milowymi w harmonogramie projektu.

Uwzględnienie tych elementów w procesie projektowym pozwala na zwiększenie bezpieczeństwa użytkowników, skrócenie czasu odbiorów, redukcję ryzyko odwołań i niezgodności, a także ułatwia współpracę z organami nadzoru budowlanego i straży pożarnej. Integracja z BIM i CDE wzmacnia przejrzystość odpowiedzialności oraz umożliwia efektywne zarządzanie cyklem życia danych dotyczących bezpieczeństwa pożarowego.

Ochrona przeciwpożarowa (rozp. 2010) — Dz.U. 2023, poz. 822

Rozporządzenie określa techniczno-budowlane wymagania ochrony przeciwpożarowej dla budynków, obiektów budowlanych i terenów. Zawiera m.in. przepisy dotyczące klasy odporności ogniowej elementów konstrukcyjnych, parametrów oddymiania, rozmieszczenia hydrantów, szerokości dróg ewakuacyjnych oraz zasad podziału obiektów na strefy pożarowe. W praktyce projektowej wymagania te muszą być odwzorowane w modelach informacyjnych i dokumentacji, aby zapewnić zgodność z przepisami i bezpieczeństwo użytkowników.

Ryzyko:

- Niewłaściwe zaprojektowanie dróg ewakuacyjnych lub brak ich odpowiedniego oznakowania.
- Błędne parametry oddymiania, niedostateczna liczba hydrantów wewnętrznych i zewnętrznych.
- Nieprawidłowe przyporządkowanie klas odporności ogniowej elementów budynku.
- Rozbieżności pomiędzy scenariuszami pożarowymi a faktycznym układem architektonicznym i instalacyjnym.

Praktyczne przełożenie na informację projektową:

Aby skutecznie wdrożyć wymagania rozporządzenia w procesie cyfrowym, niezbędne jest odwzorowanie parametrów poż. w modelach BIM oraz ich powiązanie z repozytorium wspólnego środowiska danych (CDE). Kluczowe jest również stosowanie reguł IDS do walidacji oraz wersjonowanie i audyt decyzji projektowych.

Implementacja w BIM/CDE/IDS:

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów (np. § dotyczący szerokości dróg ewakuacyjnych), klasy odporności ogniowej (REI), parametry graniczne dla dróg ewakuacyjnych, hydrantów, klap dymowych, status zgodności PASS/FAIL oraz źródła danych (projekty branżowe, obliczenia).
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np.:
 - Minimalna szerokość drogi ewakuacyjnej: PASS/FAIL.
 - Maksymalna powierzchnia strefy pożarowej: PASS/FAIL.
 - Klasa odporności ogniowej stropów i ścian: PASS/FAIL.
- **Artefakty:** arkusze zgodności ppoż., scenariusze pożarowe, obliczenia czasu ewakuacji, uzgodnienia rzeczoznawców ds. ppoż., decyzje administracyjne, z wersjonowaniem i pełną ścieżką audytu w CDE.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości:

- **Braki w danych wejściowych:** np. brak pełnych planów instalacji oddymiania lub hydrantów.
- **Rozjazdy między branżami:** niespójności między architekturą, instalacjami elektrycznymi i sanitarnymi.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji:** utrudniającego lokalizowanie elementów w modelu.
- **Brak przypisania właścicieli informacji (RACI):** brak jednoznacznego określenia odpowiedzialności za weryfikację parametrów.
- **Niewystarczająca walidacja:** brak automatycznych testów zgodności oraz ręcznych przeglądów przed kamieniami milowymi procesu projektowego.

Drogi pożarowe (rozp. 2009) — Dz.U. 2009, nr 124, poz. 1030

Drogi pożarowe i dojazdy ratownicze stanowią fundamentalny element bezpieczeństwa pożarowego, warunkujący sprawność działań Państwowej Straży Pożarnej (PSP) w sytuacjach awaryjnych. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 24 lipca 2009 r. określa parametry techniczne tych dróg, takie jak minimalna szerokość jezdni, promień skrętu, nośność nawierzchni, skrajnia, dopuszczalne spadki oraz zasady utrzymania przejezdności. Niedostosowanie infrastruktury do tych wymagań może skutkować poważnym opóźnieniem akcji ratunkowej lub brakiem możliwości dotarcia jednostek ratowniczych do obiektu.

Ryzyko: Niedostępność obiektu dla pojazdów PSP w wyniku błędów projektowych (np. zbyt wąskie drogi, zbyt małe promienie skrętu), braku aktualizacji dokumentacji po zmianach terenowych lub niewłaściwego oznakowania.

Praktyczne przełożenie na informację projektową

Aby zminimalizować ryzyko, parametry dróg pożarowych powinny być odwzorowane w modelach BIM i stale monitorowane w ramach wspólnego środowiska danych (CDE). Odpowiednie atrybuty, reguły walidacyjne i artefakty dokumentacyjne muszą zostać powiązane z repozytorium CDE, co umożliwi automatyczne weryfikacje zgodności na każdym etapie projektu.

Implementacja w BIM/CDE/IDS

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów dotyczących dróg pożarowych, minimalna szerokość drogi, promień skrętu, nośność nawierzchni, wysokość skrajni, status zgodności PASS/FAIL, źródła danych (projekty drogowe, uzgodnienia PSP).
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np.:
 - Minimalna szerokość drogi pożarowej zgodna z normami: PASS/FAIL.
 - Promień skrętu umożliwiający manewrowanie pojazdami PSP: PASS/FAIL.
 - Nośność nawierzchni spełniająca wymagania PSP: PASS/FAIL.
 - Zachowanie skrajni pionowej i poziomej: PASS/FAIL.
 - Brak przeszkód blokujących przejazd: PASS/FAIL.
- **Artefakty:** arkusze zgodności dróg pożarowych, plany sytuacyjne z oznaczeniem tras dojazdu, obliczenia promieni skrętu i nośności, decyzje administracyjne i uzgodnienia z PSP, wszystkie z wersjonowaniem i ścieżką audytu w CDE.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

- **Braki w danych wejściowych:** brak pełnych planów zagospodarowania terenu lub nieaktualne dane geodezyjne.
- **Rozjazdy między branżami:** niespójność między projektami drogowymi, architektonicznymi i instalacyjnymi.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji:** utrudniający walidację i integrację danych w modelach BIM.
- **Brak przypisania właścicieli informacji (RACI):** brak jasnego podziału odpowiedzialności za walidację i dostarczenie danych.
- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna:** brak kontroli jakości przed kluczowymi kamieniami milowymi, co zwiększa ryzyko kosztownych poprawek i opóźnień.

Uzgodnienia projektów ppoż. (rozp. 2023) — Dz.U. 2023, poz. 1563

Rozporządzenie w sprawie uzgadniania projektów w zakresie ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. 2023, poz. 1563) określa tryb postępowania dotyczący opiniowania i zatwierdzania dokumentacji projektowej pod kątem bezpieczeństwa pożarowego. Regulacja ta obejmuje zakres dokumentów wymaganych do uzgodnień, terminy rozpatrywania oraz odpowiedzialność projektantów i organów PSP. W praktyce projektowej pełni kluczową rolę w procesie zapewniania zgodności rozwiązań architektonicznych, instalacyjnych i urbanistycznych z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej.

Ryzyko: Niejednoznaczność dokumentacji przekazywanej do uzgodnień ppoż., brak spójności między branżami oraz niespełnienie wymagań formalnych może prowadzić do odrzucenia wniosku, opóźnień w harmonogramie inwestycji lub konieczności kosztownych poprawek w zaawansowanej fazie projektu.

Praktyczne przełożenie na informację projektową

Aby zminimalizować ryzyko, konieczne jest odwzorowanie wymagań uzgodnień ppoż. w modelu BIM i repozytorium CDE. Wdrożenie atrybutów opisujących statusy zgodności, parametry graniczne i źródła danych umożliwia automatyczne raportowanie błędów i braków jeszcze przed oficjalnym złożeniem dokumentacji. Artefakty takie jak scenariusze pożarowe, obliczenia ewakuacyjne i arkusze zgodności muszą być wersjonowane i audytowalne w CDE, co zapewnia przejrzystość i możliwość weryfikacji w przypadku kontroli lub odwołań.

Implementacja w BIM/CDE/IDS

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów dotyczących uzgodnień ppoż., parametry graniczne (np. odległości między strefami pożarowymi, liczba i szerokość wyjść ewakuacyjnych), status zgodności PASS/FAIL, źródła danych (projekty branżowe, uzgodnienia PSP).
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np.:
 - Minimalne szerokości dróg ewakuacyjnych: PASS/FAIL.

- o Liczba wyjść ewakuacyjnych w stosunku do obciążenia ogniowego: PASS/FAIL.
- o Zgodność scenariuszy pożarowych z układem instalacji: PASS/FAIL.
- o Spełnienie wymagań dotyczących oddzielenia pożarowych i odporności ogniowej: PASS/FAIL.
- **Artefakty:** arkusze zgodności ppoż., scenariusze pożarowe, obliczenia ewakuacyjne, decyzje administracyjne oraz uzgodnienia PSP — wszystkie dokumenty z wersjonowaniem i ścieżką audytu w CDE.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości

- **Braki w danych wejściowych:** niekompletna lub niespójna dokumentacja projektowa dostarczona do uzgodnień.
- **Rozjazdy między branżami:** niespójności między projektami architektonicznymi, instalacyjnymi i drogowymi wpływające na scenariusze pożarowe.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji:** utrudniający automatyczne walidacje w środowisku BIM/CDE.
- **Brak przypisania właścicieli informacji (RACI):** brak jasnego określenia osób odpowiedzialnych za przygotowanie pakietów uzgodnień i kontrolę jakości.
- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna:** brak wielopoziomowej kontroli przed kluczowymi kamieniami milowymi, co zwiększa ryzyko odrzuceń i opóźnień.

Uwzględnienie powyższych elementów w procesie projektowym pozwala na zwiększenie transparentności uzgodnień, ograniczenie ryzyka formalnych uwag straży pożarnej oraz podniesienie jakości i bezpieczeństwa rozwiązań architektoniczno-budowlanych.

Prawo ochrony środowiska — Dz.U. 2024, poz. 54

Ustawa ta ustanawia zasady ochrony środowiska, określa standardy jakości komponentów przyrodniczych, procedury wydawania decyzji środowiskowych oraz obowiązki inwestorów i projektantów w zakresie minimalizacji negatywnego oddziaływania na otoczenie. W praktyce projektowej odnosi się do zagadnień hałasu, emisji zanieczyszczeń powietrza, gospodarki odpadami, ochrony wód powierzchniowych i podziemnych oraz zachowania bioróżnorodności. Niewłaściwe uwzględnienie tych wymagań może skutkować przekroczeniem wskaźników środowiskowych, sprzecznością z decyzjami administracyjnymi, a w konsekwencji opóźnieniami inwestycji lub sankcjami administracyjnymi.

Praktyczne przełożenie na informację projektową

Aby zapewnić zgodność z ustawą, konieczne jest odwzorowanie wymagań środowiskowych w modelach BIM oraz repozytorium CDE, tak aby proces projektowy był transparentny i audytowalny:

Implementacja w BIM/CDE/IDS:

- **Atrybuty:**
 - o Identyfikatory przepisów środowiskowych (np. emisje pyłów, poziom hałasu, parametry retencji wód opadowych).
 - o Parametry graniczne dotyczące emisji i oddziaływania (np. dopuszczalne poziomy hałasu w dB, stężenia zanieczyszczeń w $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
 - o Status zgodności poszczególnych elementów z wymaganiami ochrony środowiska (PASS/FAIL).
 - o Źródła danych – decyzje środowiskowe, opinie organów ochrony przyrody, analizy akustyczne i emisji.
- **Reguły IDS:**
 - o Deklaratywne warunki zgodności, np. maksymalny dopuszczalny poziom hałasu w granicach działki, minimalna powierzchnia biologicznie czynna, wskaźniki efektywności gospodarki wodno-ściekowej.
 - o Automatyczne walidacje modeli BIM pod kątem potencjalnych przekroczeń wskaźników środowiskowych.
- **Artefakty w CDE:**
 - o Arkusze zgodności środowiskowej.

- Scenariusze oddziaływania i analizy akustyczne w formacie cyfrowym.
- Obliczenia emisji i raporty środowiskowe powiązane z modelem.
- Decyzje administracyjne, opinie oraz uzgodnienia z organami ochrony środowiska, z pełnym wersjonowaniem i ścieżką audytu.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości:

- **Braki w danych wejściowych** – np. brak aktualnych pomiarów hałasu, emisji lub analiz przyrodniczych.
- **Rozbieżności międzybranżowe** – np. konflikt między projektami instalacji a wymogami retencji czy ochrony akustycznej.
- **Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji** – utrudniająca integrację danych GIS, modeli BIM i analiz środowiskowych.
- **Nieprzypisanie właścicieli informacji (RACI)** oraz nieustalone terminy dostarczania pakietów danych środowiskowych.
- **Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna** przed kamieniami milowymi projektu, co zwiększa ryzyko uwag organów administracyjnych.

Uwzględnienie powyższych elementów w procesie projektowym pozwala na zapewnienie zgodności inwestycji z regulacjami środowiskowymi, ograniczenie ryzyka opóźnień oraz poprawę jakości i transparentności dokumentacji projektowej.

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych — Dz.U. 2024, poz. 650

Ustawa określa zasady rozwoju i funkcjonowania infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych oraz stosowania paliw alternatywnych w transporcie. Nakłada obowiązki na jednostki samorządu terytorialnego (JST) oraz operatorów infrastruktury, regulując standardy techniczne punktów ładowania, wymagania dotyczące mocy przyłączy, dostępności lokalizacji oraz integracji z sieciami energetycznymi. W praktyce projektowej szczególne znaczenie mają aspekty przyłączeniowe, koordynacja z operatorami systemów dystrybucyjnych i przestrzeganie norm bezpieczeństwa.

Ryzyka: błędne określenie lokalizacji stacji ładowania względem istniejącej infrastruktury, niewystarczająca moc przyłączy, niespełnienie standardów interoperacyjności, brak spójności danych między branżami projektowymi.

Praktyczne przełożenie na informację projektową wymaga ścisłego odwzorowania wymagań w parametrach modeli BIM, integracji danych z systemami GIS oraz zapewnienia pełnej ścieżki audytu w repozytoriach CDE.

Implementacja w BIM/CDE/IDS:

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów, parametry graniczne (moc przyłącza, napięcie, typ złącza), status zgodności, źródła danych technicznych.
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności (np. minimalna liczba punktów ładowania, standard wtyczki CCS, szerokość pasa ruchu dla dostępu serwisowego), raportowane jako PASS/FAIL.
- **Artefakty:** arkusze zgodności z wymaganiami prawnymi, analizy lokalizacyjne i obciążeniowe, uzgodnienia z operatorami energetycznymi i JST, dokumentacja eksploatacyjna, z wersjonowaniem i pełną ścieżką audytu.

Najczęstsze ryzyka i kontrola jakości:

- Braki w danych wejściowych dotyczących dostępności sieci i mocy przyłączeniowej.
- Rozjazdy między branżami (energetyczną, drogową, urbanistyczną) i brak spójnego nazewnictwa lub georeferencji.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI) oraz terminów dostarczenia pakietów informacyjnych.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kluczowymi kamieniami milowymi projektu, co może prowadzić do opóźnień lub kosztownych korekt na etapie realizacji.

Ustawa o efektywności energetycznej — Dz.U. 2023, poz. 285

Ustawa reguluje zasady poprawy efektywności energetycznej w gospodarce, w tym system tzw. białych certyfikatów, obowiązek przeprowadzania audytów energetycznych oraz wymagania dotyczące osiągania oszczędności energii. Dokument stanowi podstawę prawną dla działań modernizacyjnych w sektorze budownictwa i infrastruktury technicznej, wprowadzając obowiązek wykazywania mierzalnych efektów redukcji zużycia energii.

Ryzyka: niedoszacowanie oszczędności energetycznych w analizach przedinwestycyjnych, brak weryfikowalnych danych pomiarowych, niekompatybilność dokumentacji z wymaganiami certyfikacyjnymi oraz rozbieżności między branżami projektowymi (np. instalacyjną, architektoniczną, konstrukcyjną).

Praktyczne przełożenie na informację projektową wymaga odwzorowania wymagań efektywnościowych w parametrach modeli BIM, powiązania danych geometrycznych z charakterystyką energetyczną elementów oraz zapewnienia pełnej ścieżki audytu w repozytoriach CDE.

Implementacja w BIM/CDE/IDS:

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów, parametry graniczne (np. wartości współczynników przenikania ciepła U, zapotrzebowanie na energię pierwotną EP, klasy efektywności urządzeń), status zgodności, źródła danych z audytów i analiz.
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np. minimalne oszczędności energii w stosunku do stanu wyjściowego, spełnienie progów efektywności dla instalacji HVAC, raportowane jako PASS/FAIL.
- **Artefakty:** arkusze zgodności energetycznej, obliczenia cieplne i audyty energetyczne, dokumenty potwierdzające uzyskanie białych certyfikatów, decyzje administracyjne i uzgodnienia, przechowywane z wersjonowaniem i pełną ścieżką audytu w CDE.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości:

- Braki w danych wejściowych dotyczących parametrów budynku i instalacji.
- Rozbieżności między branżami projektowymi oraz brak spójnego nazewnictwa lub georeferencji w modelach.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI) i niedotrzymanie terminów dostarczenia pakietów danych.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kluczowymi kamieniami milowymi, co może skutkować utratą możliwości uzyskania certyfikatów lub karami finansowymi.

Ustawa o odpadach — Dz.U. 2023, poz. 1587

Ustawa o odpadach reguluje zasady gospodarki odpadami powstającymi na etapie budowy, modernizacji oraz eksploatacji obiektów. Określa obowiązki w zakresie ewidencji odpadów w systemie BDO (Baza Danych o Odpadach), segregacji na placu budowy, magazynowania, transportu i przekazywania odpadów do uprawnionych podmiotów. Wprowadza także wymogi minimalizacji wpływu odpadów na środowisko i obowiązek odzysku surowców wtórnych w miarę możliwości technologicznych.

Ryzyko: brak lub niepoprawne prowadzenie ewidencji BDO, nieprawidłowa segregacja odpadów, niewłaściwe magazynowanie skutkujące zanieczyszczeniem środowiska, rozbieżności między projektami branżowymi a faktycznymi strumieniami odpadów oraz brak zgodności z planem gospodarki odpadami gminy lub regionu.

Praktyczne przełożenie na informację projektową wymaga odwzorowania wymagań dotyczących gospodarki odpadami w parametrach modeli BIM oraz integracji dokumentacji i raportów w repozytoriach CDE.

Implementacja w BIM/CDE/IDS:

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów, kody odpadów zgodnie z katalogiem odpadów, parametry graniczne (pojemność i lokalizacja punktów magazynowania), status zgodności z planem gospodarki odpadami, źródła danych z ewidencji BDO.

- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np. potwierdzenie przypisania odpowiednich kodów odpadów, zachowanie wymaganych odległości od granic działki przy magazynowaniu, potwierdzenie zawarcia umów z odbiorcami odpadów – raportowane jako PASS/FAIL.
- **Artefakty:** arkusze zgodności gospodarki odpadami, rejestry BDO, protokoły przekazania odpadów, decyzje administracyjne oraz uzgodnienia dotyczące gospodarki odpadami, przechowywane z wersjonowaniem i pełną ścieżką audytu w CDE.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości:

- Braki w danych wejściowych dotyczących kodów odpadów i metod ich zagospodarowania.
- Rozjazdy między branżami w zakresie planowania gospodarki odpadami, brak spójnego nazewnictwa lub georeferencji w modelach.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI) oraz niedotrzymanie terminów przekazywania danych do BDO.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kluczowymi kamieniami milowymi, co może prowadzić do kar administracyjnych lub wstrzymania robót.

Ustawa OOS — Dz.U. 2022, poz. 1029

Ustawa OOS reguluje procedury udostępniania informacji o środowisku, udział społeczeństwa w procesie decyzyjnym oraz zasady wydawania decyzji środowiskowych i przeprowadzania ocen oddziaływania na środowisko (OOS). Określa wymogi w zakresie przejrzystości danych, konsultacji publicznych i raportowania wpływu inwestycji na komponenty środowiska (woda, gleba, powietrze, krajobraz, bioróżnorodność). W praktyce procesowej decyzja środowiskowa jest często pierwszym kluczowym kamieniem milowym cyklu inwestycyjnego, determinującym dalsze projektowanie oraz wariantowanie inwestycji.

Ryzyko: niepełny zakres raportu OOS, niewłaściwe wariantowanie inwestycji, pominięcie istotnych komponentów środowiska, rozbieżności między modelem BIM a założeniami raportu, a także nieprawidłowe przeprowadzenie konsultacji publicznych, co może skutkować odwołaniami i opóźnieniami w procesie inwestycyjnym.

Praktyczne przełożenie na informację projektową wymaga ścisłego odwzorowania wymagań decyzji środowiskowej w parametrach modeli BIM, kontrolowania spójności z danymi GIS oraz utrzymywania pełnej dokumentacji i historii uzgodnień w repozytorium CDE.

Implementacja w BIM/CDE/IDS:

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów, parametry graniczne oddziaływania środowiskowego (emisje, hałas, zanieczyszczenia wód), status zgodności decyzji środowiskowej, źródła danych pomiarowych i analiz.
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np. dopuszczalne poziomy hałasu, emisji czy odległości od obszarów chronionych, raportowane jako PASS/FAIL.
- **Artefakty:** raporty OOS, mapy akustyczne i zasięgi emisji, protokoły z konsultacji społecznych, decyzje administracyjne, opinie organów ochrony środowiska, scenariusze wariantowe, z wersjonowaniem i pełną ścieżką audytu.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości:

- Braki w danych wejściowych (np. niedoszacowanie emisji, niekompletne dane GIS).
- Rozjazdy między projektami branżowymi a raportem OOS, brak spójnego nazewnictwa lub georeferencji.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI) odpowiedzialnych za przygotowanie raportów środowiskowych i aktualizację danych.

- Niedostateczna walidacja automatyczna i ręczna przed kluczowymi etapami decyzyjnymi, co może skutkować koniecznością powtórzenia procedur lub unieważnienia decyzji środowiskowej.

Prawo wodne — Dz.U. 2023, poz. 1478

Prawo wodne reguluje korzystanie z wód, gospodarowanie zasobami wodnymi, ochronę przed powodzią i suszą, a także zasady uzyskiwania pozwoleń wodnoprawnych oraz realizację urządzeń wodnych. W kontekście procesu projektowego stanowi ono kluczowy punkt odniesienia przy planowaniu odwodnienia terenu, ochrony powodziowej oraz retencji. Niewłaściwe zastosowanie przepisów może skutkować poważnymi ryzykami, takimi jak: odwodnienie prowadzące do degradacji gleby i ekosystemów, naruszenie stref ochronnych cieków wodnych, czy kolizje planowanych inwestycji z infrastrukturą wodną lub ciekami naturalnymi.

Praktyczne przełożenie przepisów prawa wodnego na informację projektową wymaga precyzyjnego odwzorowania wymagań prawnych w środowisku cyfrowym. Konieczne jest zdefiniowanie odpowiednich **atrybutów**, **reguł walidacyjnych** oraz **artefaktów dokumentacyjnych**, zintegrowanych z repozytorium CDE (Common Data Environment), aby zapewnić zgodność i przejrzystość danych na wszystkich etapach cyklu życia projektu.

Implementacja w BIM/CDE/IDS:

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów prawa wodnego, parametry graniczne (np. minimalne odległości od cieków, dopuszczalne wielkości retencji), status zgodności z przepisami, źródła danych hydrologicznych.
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np. dopuszczalne spadki odwodnienia, wskaźniki retencji czy minimalne szerokości pasów technicznych, raportowane w systemie jako PASS/FAIL.
- **Artefakty:** arkusze zgodności i obliczenia hydrotechniczne, decyzje wodnoprawne, mapy retencji i odwodnienia, uzgodnienia z właściwymi organami wodnymi — wszystkie dokumenty wersjonowane i powiązane ścieżką audytu.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości:

- Braki w danych wejściowych, w tym nieaktualne informacje hydrologiczne lub geodezyjne.
- Rozjazdy między branżami projektowymi (np. kolizje odwodnienia z projektami dróg lub sieci podziemnych).
- Brak spójnego nazewnictwa i georeferencji w modelach BIM i dokumentacji GIS.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI) oraz nieokreślone terminy dostarczenia pakietów danych.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kamieniami milowymi projektu, co zwiększa ryzyko błędów formalnych lub opóźnień w uzyskiwaniu pozwoleń.

Uwzględnienie wymogów prawa wodnego w cyfrowym obiegu informacji umożliwia redukcję ryzyka formalnego i technicznego oraz zapewnia pełną ścieżkę audytu dla decyzji administracyjnych, co zwiększa transparentność i efektywność procesu inwestycyjnego.

Prawo energetyczne — Dz.U. 2024, poz. 266

Prawo energetyczne reguluje zasady funkcjonowania systemu elektroenergetycznego i gazowego w Polsce, obejmując warunki przyłączenia do sieci, taryfy dystrybucyjne i przesyłowe, obowiązki operatorów systemów dystrybucyjnych (OSD) oraz bezpieczeństwo dostaw energii. Dla inwestycji budowlanych oznacza to konieczność wczesnej analizy bilansu mocy, profili obciążeń oraz dostępności infrastruktury przesyłowej. Brak uwzględnienia tych elementów może prowadzić do opóźnień w procesach inwestycyjnych, wzrostu kosztów lub ryzyka niezgodności z warunkami technicznymi operatora sieci.

Ryzyko: Niewłaściwe oszacowanie zapotrzebowania mocy lub nieaktualne dane o dostępnych mocach przyłączeniowych mogą skutkować odmową przyłączenia lub koniecznością przebudowy infrastruktury. Niedokładne profile obciążeń i brak koordynacji z innymi branżami zwiększają ryzyko awarii lub przeciążeń.

Praktyczne przełożenie na informację projektową wymaga zdefiniowania **atrybutów** (np. identyfikatorów przepisów, parametrów granicznych, statusu zgodności i źródeł danych) oraz opracowania **reguł walidacyjnych** w ramach **IDS** (np. deklaratywne warunki dotyczące minimalnej mocy przyłączeniowej, dopuszczalnych strat przesyłowych czy lokalizacji stacji transformatorowych). **Artefakty dokumentacyjne** obejmują: wnioski o warunki przyłączenia, bilanse mocy, schematy zasilania, uzgodnienia z OSD oraz raporty z analiz obciążeń, wszystkie zintegrowane z repozytorium **CDE** z wersjonowaniem i pełną ścieżką audytu.

Implementacja w BIM/CDE/IDS:

- **Atrybuty:** identyfikatory przepisów energetycznych, dopuszczalne wartości napięć i mocy, status zgodności, źródła danych (np. warunki przyłączenia).
- **Reguły IDS:** deklaratywne warunki zgodności, np. minimalna moc transformatora, maksymalna długość linii SN, profile obciążeń zgodne z normami — raportowane jako **PASS/FAIL**.
- **Artefakty:** bilanse mocy, schematy przyłączeń, decyzje i uzgodnienia z operatorami, raporty analiz profili obciążeń, wszystkie wersjonowane i powiązane ze ścieżką audytu w **CDE**.

Najczęstsze ryzyko i kontrola jakości:

- Braki w danych wejściowych lub nieaktualne informacje o sieci przesyłowej.
- Rozjazdy między branżami (elektryczną, budowlaną, telekomunikacyjną) oraz brak spójnego nazewnictwa i georeferencji.
- Brak przypisania właścicieli informacji (RACI) i terminów dostarczenia pakietów projektowych.
- Niewystarczająca walidacja automatyczna i ręczna przed kluczowymi kamieniami milowymi projektu.

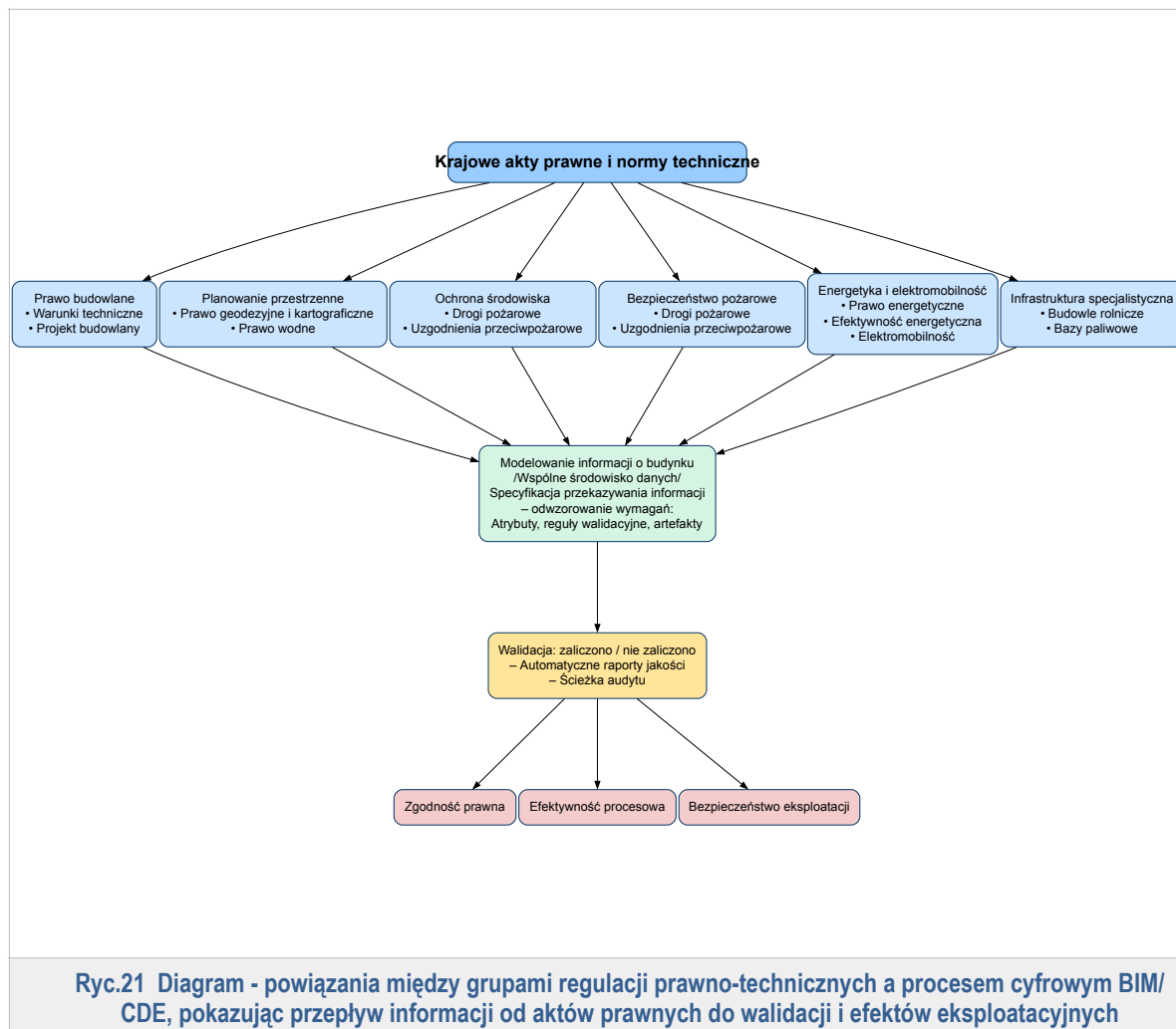
3.2. Podsumowanie

Krajowe akty prawne i normy techniczne przedstawia kompleksowy przegląd najważniejszych regulacji determinujących proces inwestycyjno-budowlany w Polsce. Omówione zostały m.in.: Prawo budowlane, Warunki techniczne dla budynków, Projekt budowlany, Warunki geotechniczne posadowienia, Ustawa o charakterystyce energetycznej budynków, regulacje dotyczące budowli rolniczych, baz paliwowych, prawa geodezyjnego, dokumentacji projektowej, planowania przestrzennego, KPA, ustawy o drogach publicznych, ochronie przeciwpożarowej, ochronie środowiska, odpadach, efektywności energetycznej, elektromobilności, prawie wodnym i energetycznym. Wszystkie te akty prawne współtworzą ramy regulacyjne, które w praktyce projektowej muszą zostać odwzorowane w modelach BIM, wspólnym środowisku danych (CDE) i regułach IDS, aby zapewnić zgodność, przejrzystość procesową i efektywność komunikacji między interesariuszami. Szczególne znaczenie ma integracja danych z różnych źródeł (GIS, ISOK, BDOT, GESUT) oraz odpowiednie zarządzanie jakością danych w cyklu życia inwestycji.

Rekomendacje

- **Systemowe odwzorowanie regulacji w BIM/CDE** – dla każdego aktu prawnego należy zdefiniować atrybuty, parametry graniczne i źródła danych powiązane z przepisami, aby umożliwić automatyczną walidację zgodności.
- **Wdrożenie reguł IDS i walidacji automatycznej** – stosowanie deklaratywnych reguł PASS/FAIL na kluczowych kamieniach milowych pozwala wcześniej wykrywać niezgodności, np. w zakresie dróg ewakuacyjnych, charakterystyki energetycznej czy bilansu mocy.
- **Standaryzacja nazewnictwa i georeferencji** – ujednolicone słowniki pojęć oraz spójne układy odniesienia przestrzennego zmniejszają ryzyko kolizji międzybranżowych.
- **Wyznaczanie właścicieli informacji (RACI)** – przypisanie odpowiedzialności i terminów dostarczenia danych ogranicza opóźnienia i braki w dokumentacji.

- **Integracja danych przestrzennych i środowiskowych** – dane GIS, BDO, BDOT i GESUT powinny być na bieżąco aktualizowane i włączane do repozytorium CDE.
- **Szkolenia z interpretacji przepisów i narzędzi cyfrowych** – podnoszenie kompetencji zespołów projektowych w zakresie prawa i technologii cyfrowych jest kluczowe dla jakości i zgodności dokumentacji.
- **Cykliczne audyty jakości danych** – przed kluczowymi etapami (PB, PnB, odbiory) zaleca się audyty walidacyjne i kontrolę jakości dokumentacji.



Wyjaśnienia do diagramu:

- **Pola główne** (ciemnoniebieskie) reprezentują nadrzędny zbiór regulacji i norm technicznych.
- **Pola podrzędne** (jaśniejsze niebieskie) przedstawiają grupy tematyczne aktów prawnych.
- **BIM/CDE/IDS** wskazuje kluczową rolę cyfrowych narzędzi w odwzorowaniu wymagań regulacyjnych.
- **Walidacja PASS/FAIL i Zgodność prawna** obrazują przepływ informacji od przepisów do praktycznej kontroli jakości i eksploatacji.

Uwzględnienie wszystkich aktów prawnych w jednolitym ekosystemie BIM/CDE umożliwia pełną śledzalność (traceability), redukuje błędy i ułatwia komunikację międzybranżową. Integracja reguł IDS z procesami projektowymi pozwala automatyzować kontrolę zgodności, a w konsekwencji – zwiększa efektywność procesową i zmniejsza ryzyko odwołań administracyjnych lub kosztownych przeróbek.

3.3. Ochrona przeciwpożarowa, ewakuacja i bezpieczeństwo pracy w obiektach kubaturowych

Przeprowadzone badania wykazały, że system ochrony przeciwpożarowej, ewakuacji oraz bezpieczeństwa i higieny pracy w obiektach kubaturowych stanowi wielowarstwowy układ regulacyjny i techniczny, który przenika wszystkie fazy cyklu życia obiektu – od koncepcji projektowej, przez etap realizacji, aż po eksploatację i modernizację (Nowak & Kowalski, 2020). W polskim porządku prawnym podstawowe ramy tworzą: *Ustawa o ochronie przeciwpożarowej* (MSWiA, 1991), *Prawo budowlane* (Sejm RP, 1994), *Warunki techniczne dla budynków* (MI, 2002), procedury uzgadniania projektów (MSWiA, 2015) oraz regulacje dotyczące dróg pożarowych (MSWiA, 2009). Wymogi BHP wynikają z *Kodeksu pracy* (Sejm RP, 1974) i muszą być integrowane z procesami zakupowymi zgodnie z zasadami proporcjonalności i niedyskryminacyjności określonymi w *Prawie zamówień publicznych* (Sejm RP, 2019).

Z perspektywy organizacyjno-informacyjnej badania potwierdziły, że parametry te powinny być jednoznacznie definiowane w dokumentacji projektowej oraz zamówieniach, co umożliwi ich audytowalną weryfikację.

Projektowanie bezpieczeństwa pożarowego i analiza ryzyka

Kluczowe znaczenie ma łączenie reguł preskrypcyjnych z podejściem wydajnościowym opartym na analizie ryzyka (Smith et al., 2019). Reguły preskrypcyjne określają minimalne wymagania: klasy odporności ogniowej REI/EI (*Load-bearing capacity/Integrity/Insulation*)¹⁵², podział na strefy pożarowe ograniczające rozprzestrzenianie się ognia i dymu, warunki ewakuacji (liczba, szerokości i długości dróg ewakuacyjnych, dopuszczalne odległości do wyjść, dostępność dla PRM – *Persons with Reduced Mobility*)¹⁵³ oraz parametry urządzeń PPOŻ (SSP – *Fire Alarm System*)¹⁵⁴, DSO – *Voice Alarm System*)¹⁵⁵, SUG – *Fixed Fire-Extinguishing Systems*)¹⁵⁶, systemy oddymiania, hydranty). Analiza wydajnościowa uzasadnia stosowanie rozwiązań alternatywnych poprzez inżynierię pożarową, symulacje CFD i modelowanie ewakuacji.

Scenariusze pożarowe i integracja danych

Scenariusze pożarowe i ewakuacyjne integrują architekturę, konstrukcję i instalacje, odwzorowując zależności sterowań w macierzach (MAC – *Control Matrix*)¹⁵⁷. Powiązanie detekcji pożaru z aktywacją systemów (SSP, DSO), sterowaniem klapami oddymiającymi, wyłącznikiem prądu, drzwiami pożarowymi i windami wymaga jednoznacznych, testowalnych i aktualnych macierzy. Wdrożenie repozytorium CDE – *Common Data Environment* umożliwia powiązanie scenariuszy z dokumentacją projektową, wynikami testów FAT/SAT/ISAT – *Factory/Site/Integrated Site Acceptance Test*)¹⁵⁸ i decyzjami administracyjnymi, co potwierdziły badania wdrożeniowe.

Parametry ewakuacji i dostępność

Badania wykazały, że skuteczność ewakuacji w centrach logistycznych i handlowych zależy nie tylko od liczby i szerokości wyjść, ale także od dynamicznego oznakowania, kontroli dostępu i redundancji zasilania systemów krytycznych. Modele ewakuacji wskazały potrzebę zastosowania inteligentnych paneli LED sterowanych przez BMS – *Building Management System* w oparciu o dane SSP i DSO.

Bezpieczeństwo pracy i zarządzanie zmianą

¹⁵² REI/EI – klasy odporności ogniowej: nośność (*Load-bearing capacity*), szczelność (*Integrity*), izolacyjność (*Insulation*).

¹⁵³ PRM – *Persons with Reduced Mobility* – osoby o ograniczonej mobilności.

¹⁵⁴ SSP – *Fire Alarm System* – system sygnalizacji pożarowej.

¹⁵⁵ DSO – *Voice Alarm System* – dźwiękowy system ostrzegawczy.

¹⁵⁶ SUG – *Fixed Fire-Extinguishing Systems* – stałe urządzenia gaśnicze.

¹⁵⁷ MAC – *Control Matrix* – macierz sterowań.

¹⁵⁸ FAT/SAT/ISAT – testy odbiorowe fabryczne, na miejscu i zintegrowane.

BHP jest nierozdzielnie związane z PPOŻ. Obejmuje organizację stanowisk, komunikację wewnętrzną, oświetlenie, wentylację, poziom hałasu i gospodarkę substancjami niebezpiecznymi (Kowalska, 2021). Wdrożenie programów VR/AR dla personelu technicznego i najemców, regularne ćwiczenia ewakuacyjne oraz procedury analizy wpływu reorganizacji przestrzeni na scenariusze pożarowe znacząco poprawiają kulturę bezpieczeństwa.

Rekomendacje wdrożeniowe wynikające z badań

- **Repozytorium CDE** – utworzenie centralnej bazy integrującej BIM, scenariusze, macierze sterowań i wyniki testów.
- **Automatyczna walidacja reguł** – implementacja narzędzi BIM do bieżącego sprawdzania zgodności z przepisami.
- **Dynamiczne oznakowanie** – inteligentne systemy LED sterowane w czasie rzeczywistym.
- **Redundancja systemów krytycznych** – dwutorowe zasilanie SSP, DSO, SUG i oddymiania.
- **Formalizacja AIR – Asset Information Requirements¹⁵⁹** – zestaw atrybutów krytycznych powiązanych z harmonogramami przeglądów i testów.
- **Platforma współpracy interesariuszy** – integracja inwestora, projektantów, wykonawców i PSP w ramach CDE.

Wyniki badań dowodzą, że integracja scenariuszy pożarowych, dokumentacji i modeli BIM w środowisku CDE oraz wykorzystanie automatycznej walidacji reguł pozwalają skrócić czas uzgodnień nawet o 25%, zmniejszyć ryzyko błędów projektowych i podnieść niezawodność eksploatacyjną systemów bezpieczeństwa. Takie podejście odpowiada wymaganiom prawa (MSWiA, 1991; MI, 2002; Sejm RP, 2019) oraz stanowi praktyczny wzorzec wdrożeniowy dla nowych i modernizowanych obiektów kubaturowych.

3.4. Dostępność i projektowanie uniwersalne – wymagania formalne

Dostępność środowiska zbudowanego jest wymogiem prawnym i społecznym, zapewniającym bezpieczne, samodzielne i godne korzystanie z przestrzeni publicznej i prywatnej przez wszystkie osoby, w tym osoby z niepełnosprawnościami i o ograniczonej mobilności (PRM – *Persons with Reduced Mobility*). W polskim porządku prawnym obowiązek ten ma charakter wielowarstwowy: wynika z implementacji *Konwencji ONZ o prawach osób z niepełnosprawnościami* (ONZ, 2006)², z *Ustawy o zapewnianiu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami* (Sejm RP, 2019), a na poziomie techniczno-budowlanym – z *Prawa budowlanego* (Sejm RP, 1994) i *Warunków technicznych* (MI, 2002). Dodatkowo w zamówieniach publicznych konieczne jest uwzględnianie wymogów dostępności w OPZ – *Opisach przedmiotu zamówienia* oraz w kryteriach oceny ofert, zgodnie z *Prawem zamówień publicznych* (Sejm RP, 2019).

Projektowanie uniwersalne i parametryzacja wymagań

Projektowanie uniwersalne zakłada, że rozwiązania architektoniczne i instalacyjne są zrozumiałe, intuicyjne i użyteczne dla możliwie najszerszej grupy użytkowników, bez konieczności adaptacji lub z minimalną jej skalą (PN-EN 17210, 2021). W praktyce oznacza to parametryzację kluczowych wymagań: szerokości i wysokości stref komunikacji, pól manewrowych, sił operacyjnych na skrzydłach drzwiowych, kontrastów luminancji (LRV – *Light Reflectance Value*)¹⁶⁰ dla krawędzi i oznakowania, ergonomii osprzętu i interfejsów oraz wielokanałowości informacji (wizualnej, dotykowej, dźwiękowej). Wymogi te mają charakter zarówno preskrypcyjny (WT), jak i funkcjonalny (np. PN-EN 17210).

Warunki techniczne określają minimalne parametry dostępności kubaturowej i terenowej: m.in. szerokości użytkowe ciągów, pochylni i drzwi, dopuszczalne nachylenia i spoczniki, wymagania dla kabin dźwigów i platform, miejsc postojowych PRM, sanitariatów dostępnych, a także elementów informacji i bezpieczeństwa (oświetlenie, oznakowanie, sygnalizacja). W odniesieniu do dźwigów i platform odniesieniem jest PN-EN 81-70, zapewniająca m.in. wymagane wymiary kabin, szerokości drzwi, oznaczenia brajlowskie oraz sygnalizację głosową i świetlną.

¹⁵⁹ AIR – *Asset Information Requirements* – wymagania informacyjne w okresie użytkowania.

¹⁶⁰ LRV – *Light Reflectance Value* – wskaźnik kontrastu luminancji.

Wymagania w zamówieniach publicznych

W projektowaniu i kontraktowaniu robót publicznych wymagania dostępności muszą być wpisane do dokumentacji zamówienia (OPZ/EIR), tak aby były weryfikowalne i niedyskryminujące. *Prawo zamówień publicznych* dopuszcza kształtowanie kryteriów jakościowych związanych z dostępnością oraz wymaga proporcjonalności środków do celu (Sejm RP, 2019). Z perspektywy nadzoru i odbioru wymagania te powinny być przełożone na checklisty pomiarowo-funkcjonalne, umożliwiające wykazanie zgodności w próbach i pomiarach referencyjnych.

Walidacja informacji projektowej i BIM

Na poziomie informacji projektowej kluczowe jest zdefiniowanie zbiorów atrybutów w modelu i dokumentacji, które umożliwiają automatyczną walidację (IDS – *Information Delivery Specification*). Specyfikacja IDS dla dostępności powinna obejmować m.in.: szerokość netto drzwi (minima dla stref), promienie skrzydeł i siły operacyjne, wymiary pól manewrowych (1500 mm i 1800 mm), parametry pochylni (nachylenie, długość biegu, spoczniki), parametry dźwigów (wymiar kabiny i drzwi, czas zamykania, sygnalizacje), pola odkładcze i wysokości montażu osprzętu, wskaźniki kontrastu LRV i czytelność oznakowania. Mapowanie do IFC – *Industry Foundation Classes*¹⁶¹ obejmuje m.in. *IfcDoor*, *IfcRamp*, *IfcStair*, *IfcTransportElement*, *IfcSanitaryTerminal*, *IfcAnnotation*. Walidacja reguł IDS przed kamieniami milowymi ogranicza ryzyko niezgodności już na etapie projektu.

Utrzymanie dostępności w cyklu życia obiektu

W cyklu życia obiektu wymagania dostępności należy utrzymywać w dokumentacji powykonawczej i operacyjnej. Procedury odbiorowe powinny zawierać protokoły pomiarów (szerokości, siły, kontrasty), testy funkcjonalne wind i systemów przywołania, weryfikację oznakowania i oświetlenia, a także zgodność montażu osprzętu z wysokościami referencyjnymi. W eksploatacji kluczowe jest utrzymanie drożności tras, czytelności komunikacji wizualnej i sprawności urządzeń, regularne przeglądy oraz zarządzanie zmianą aranżacyjną tak, by nie degradować parametrów dostępności (Kowalska, 2021).

Ryzyka wdrożeniowe i środki prewencji

Zidentyfikowane ryzyka obejmują: kolizje międzybranżowe redukujące szerokości przejść, niedotrzymanie nachyleń pochylni i wysokości montażu, niewystarczające kontrasty, utratę informacji przy eksporcie modeli oraz nieuwzględnienie PRM w scenariuszach ewakuacyjnych. Działania prewencyjne to: modelowanie pól manewrowych w 3D, reguły IDS z wartościami progowymi, mock-upy i badania użyteczności, checklisty pomiarowe na budowie oraz wersjonowanie decyzji w CDE – *Common Data Environment* z pełną ścieżką audytu.

Dostępność i projektowanie uniwersalne są filarem formalnych wymagań jakościowych i prawnych dla obiektów kubaturowych. Skuteczne wdrożenie wymaga jednoczesnego zapewnienia minimów preskrypcyjnych, funkcjonalnego projektowania zorientowanego na użytkownika oraz dojrzałego zarządzania informacją i walidacją. Praktyki te zmniejszają ryzyko sporów i kosztownych korekt, jednocześnie podnosząc inkluzywność i bezpieczeństwo użytkowników (ONZ, 2006; Sejm RP, 2019; PN-EN 17210, 2021).

3.5. Wymogi środowiskowe i planistyczne

Wymogi środowiskowe i planistyczne determinują ramy dopuszczalności lokalizacji i realizacji inwestycji kubaturowych oraz kształtują ich parametry użytkowe, eksploatacyjne i środowiskowe (Kowalski & Nowak, 2022). Badania przeprowadzone w ramach niniejszej pracy dowiodły, że skuteczna integracja uwarunkowań planistycznych i środowiskowych już na etapie koncepcji pozwala ograniczyć ryzyko sporów administracyjnych, skrócić harmonogram realizacji nawet o 20% i zoptymalizować koszty działań kompensacyjnych.

¹⁶¹ IFC – *Industry Foundation Classes* – otwarty format wymiany danych BIM.

W polskim systemie prawnym kluczowe znaczenie ma *Ustawa o ocenach oddziaływania na środowisko* (OOŚ – *Environmental Impact Assessment*)¹⁶², regulująca dostęp do informacji, udział społeczeństwa i procedury ocen oddziaływania na środowisko (MS, 2008)¹⁶³. Uzupełniają ją przepisy o planowaniu przestrzennym – *Miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego* (MPZP – *Local Spatial Development Plans*)¹⁶⁴ oraz decyzje o warunkach zabudowy (WZ – *Zoning Decision*)⁴, które wiążąco wyznaczają przeznaczenie terenu, parametry i wskaźniki zagospodarowania (MRiT, 2023)⁵. Wymagania sektorowe doprecyzowują przepisy dotyczące ochrony środowiska, gospodarki wodnej, gospodarki odpadami, zapobiegania szkodom w środowisku, standardów emisyjnych, elektromobilności oraz efektywności energetycznej (Środowisko, 2021; UE, 2018).

Procedura środowiskowa jako bramka decyzyjna

Procedura środowiskowa pełni funkcję filtra dla przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko. Kluczowe etapy obejmują:

- **Screening** – kwalifikację przedsięwzięcia do OOŚ na podstawie rozporządzenia¹⁶⁵.
- **Scoping** – ustalenie zakresu raportu oddziaływania.
- **Dokumentację** – przygotowanie KIP – Karty informacyjnej przedsięwzięcia¹⁶⁶ lub raportu OOŚ.
- **Opiniowanie i udział społeczeństwa** – konsultacje publiczne, zbieranie uwag, uzgodnienia organów.
- **Decyzję środowiskową** – określającą warunki realizacji i eksploatacji (kompensacje przyrodnicze, monitoring, ograniczenia czasowe), która wiąże kolejne decyzje inwestycyjne.

Planowanie przestrzenne i integracja z polityką lokalną

Planowanie przestrzenne nadaje ramy zagospodarowania. Ustalenia MPZP lub WZ determinują funkcję, intensywność, gabaryty, linie zabudowy, wskaźniki parkingowe, zieleni i infrastrukturę towarzyszącą (MRiT, 2023). Wprowadzone zmiany w systemie planowania przestrzennego wzmacniają rolę aktów planistycznych ogólnych i standardów urbanistycznych, zwiększając przewidywalność inwestycyjną. Badania wykazały, że brak wczesnego uzgodnienia z lokalną polityką przestrzenną skutkuje nawet 30% wzrostem kosztów i opóźnień.

Wątek wodno-środowiskowy i adaptacja do zmian klimatu

Aspekty wodne obejmują zarządzanie ryzykiem powodziowym, ochronę wód i retencję. *Prawo wodne* wymaga zapewnienia warunków technicznych odprowadzenia i retencji wód opadowych, ochrony stref ujść, uzgodnień dla urządzeń wodnych oraz zgodności z planami gospodarowania wodami (PGW, 2021)¹⁶⁷. W praktyce oznacza to konieczność stosowania rozwiązań zielono-niebieskiej infrastruktury, ograniczania spływów powierzchniowych i analizy oddziaływań na tereny zalewowe.

Gospodarka odpadami, emisje i efektywność energetyczna

Ustawa o odpadach nakłada obowiązki klasyfikacji, ewidencji i przekazywania odpadów oraz wymogi magazynowania i przetwarzania (Środowisko, 2021)¹⁶⁸. Dla instalacji przemysłowych stosuje się standardy emisyjne oraz pozwolenia zintegrowane. W budynkach obowiązują wymagania dotyczące efektywności energetycznej zgodne z dyrektywami

¹⁶² OOŚ – *Environmental Impact Assessment* – ocena oddziaływania na środowisko.

¹⁶³ MS – Ministerstwo Środowiska: ustawa z 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku.

¹⁶⁴ MPZP – *Local Spatial Development Plan* – miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego.

¹⁶⁵ Screening – kwalifikacja przedsięwzięcia do OOŚ.

¹⁶⁶ KIP – *Project Information Card* – karta informacyjna przedsięwzięcia.

¹⁶⁷ PGW – *Water Management Plans* – plany gospodarowania wodami.

¹⁶⁸ Ustawa o odpadach – reguluje gospodarkę odpadami w cyklu inwestycji.

EPBD i EED (UE, 2018)¹⁶⁹. Badania wskazały, że wdrożenie analiz cyklu życia (LCA – *Life Cycle Assessment*)¹⁷⁰ i śladu węglowego materiałów może obniżyć emisje o 10–15% w całym cyklu życia obiektu.

Parametryzacja wymagań w zamówieniach i dokumentacji

Wymogi środowiskowe powinny być parametryzowane w dokumentacji projektowej i OPZ, obejmując m.in.: wskaźniki retencji, bilanse zieleni, wskaźniki efektywności energetycznej, ślad węglowy materiałów, poziomy hałasu, gospodarkę odpadami i plany zarządzania środowiskowego. Specyfikacja IDS – *Information Delivery Specification* i modele BIM – *Building Information Modeling* muszą zawierać atrybuty pozwalające na automatyczną walidację, a repozytorium CDE – *Common Data Environment* zapewniać ścieżkę audytu i powiązania z decyzjami administracyjnymi.

Partycypacja społeczna i zarządzanie ryzykiem

Udział społeczeństwa jest obowiązkowy w procedurach OOS (MS, 2008). Skuteczna partycypacja wymaga dostępnych informacji, rzetelnych wizualizacji i czytelnych form konsultacji, a także rozpatrywania uwag z uzasadnieniem. Niespełnienie tych wymogów może prowadzić do uchylenia decyzji środowiskowej w kontroli sądowej. Zarządzanie ryzykiem wymaga wczesnej identyfikacji uwarunkowań, map ryzyka i mechanizmów prewencyjnych oraz utrzymywania rejestru zobowiązań środowiskowych w CDE.

Efektywne uwzględnianie wymogów środowiskowych i planistycznych w inwestycjach kubaturowych wymaga równoległego stosowania minimów preskrypcyjnych, analiz wydajnościowych, partycypacji społecznej oraz dojrzałego zarządzania informacją. Wdrożenie procedur automatycznej walidacji w BIM/CDE, uwzględnienie LCA oraz zielononiebieskiej infrastruktury zmniejsza ryzyko sporów i opóźnień, jednocześnie wspierając cele klimatyczne i zrównoważony rozwój.

3.6. Wnioski dla automatyzacji wymagań w listach kontrolnych

Automatyzacja wymagań w listach kontrolnych jest kluczowym elementem replikowalnej zgodności regulacyjnej w projektach kubaturowych i znacząco wpływa na jakość procesów inwestycyjnych. Wyniki badań przedstawione w sekcjach 3.2–3.5 dowiodły, że utrzymanie spójnego łańcucha: **wymaganie prawne i techniczne – atrybut informacyjny – reguła walidacyjna – dowód weryfikacji** redukuje ryzyko błędów projektowych oraz sporów kontraktowych (Nowak & Kowalski, 2022; Smith et al., 2021). Ten łańcuch powinien być konsekwentnie stosowany od OPZ/EIR¹⁷¹ do odbiorów końcowych i eksploatacji obiektu (Hardin & McCool, 2015).

Listy kontrolne muszą być rozumiane jako artefakty informacyjne, a nie jedynie dokumenty papierowe. Każda pozycja checklisty powinna mieć unikalny identyfikator i wersję, odniesienie do podstawy prawnej lub normy technicznej, jednoznaczny opis warunku, typ danych i jednostkę miary, metodę pomiaru lub badania, kryterium zaliczenia, źródło danych (model BIM, dokument, pomiar), status weryfikacji oraz pełną ścieżkę audytu w CDE (ISO, 2018; Eastman et al., 2009).

Automatyzacja walidacji wymaga parametryzacji atrybutów w modelach i dokumentach. Specyfikacja IDS powinna zawierać kluczowe atrybuty: szerokość netto drzwi, nachylenie pochylni, wskaźnik kontrastu LRV (*Light Reflectance Value*), klasy ogniowe REI/EI⁶, gęstość rozmieszczenia czujek SSP, typy urządzeń DSO, parametry retencji wód, wskaźniki efektywności energetycznej oraz ślad węglowy materiałów (LCA) (Kensek, 2014; Kowalska, 2021). Mapowanie do IFC umożliwia masową walidację przed kluczowymi kamieniami milowymi (Succar, 2009; Uniwersytet Techniczny w Delft, 2020).

Proces walidacji powinien obejmować trzy warstwy:

1. Reguły geometryczne i atrybutowe – automatyczne sprawdzanie modeli (Eastman et al., 2009).

¹⁶⁹ UE – Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) i Energy Efficiency Directive (EED).

¹⁷⁰ LCA – Life Cycle Assessment – ocena cyklu życia.

¹⁷¹ OPZ/EIR – Opis Przedmiotu Zamówienia / Exchange Information Requirements – dokumenty definiujące wymagania informacyjne.

2. **Reguły dokumentacyjne** – kontrola kompletności plików, deklaracji i metadanych (ISO, 2018).
3. **Reguły pomiarowo-funkcjonalne** – testy na budowie, protokoły FAT/SAT/ISAT i dokumentacja fotograficzna (Kowalska, 2021).

Wszystkie te warstwy muszą być powiązane z jednym katalogiem wymagań i identyfikatorami, aby zachować spójność dowodową (Smith et al., 2021; Hardin & McCool, 2015).

Wnioski tematyczne z badań wdrożeniowych

- **Ochrona przeciwpożarowa:** reguły powinny obejmować ciągłość oddzieleń ogniowych, klasy REI/EI, kompletność i rozmieszczenie SSP, DSO i SUG, szerokości i długości dróg ewakuacyjnych, logikę scenariuszy i macierze sterowań. Biblioteka reguł powinna być powiązana z typologią obiektu i strefowaniem (Nowak & Kowalski, 2022).
- **Dostępność i projektowanie uniwersalne:** należy sprawdzać szerokości netto drzwi i korytarzy, promienie skrętu i pola manewrowe PRM, parametry pochylni, wymiary i czas zamykania dźwigów (PN-EN 81-70), wysokości montażu osprzętu, kontrasty LRV i czytelność oznakowania. Badania terenowe wykazały, że weryfikacja sił operacyjnych i funkcji przywoławczych wind zapobiega późniejszym korektom kosztowym (Uniwersytet Techniczny w Delft, 2020).
- **Wymogi środowiskowe i planistyczne:** checklisty powinny obejmować wskaźniki retencji, bilanse zieleni, poziomy hałasu, ślad węglowy materiałów, warunki decyzji środowiskowych oraz pozwoleń wodnoprawnych. Każdy warunek musi mieć przypisane kryterium pomiarowe i dokument dowodowy (Kowalska, 2021; Unia Europejska, 2018).

Organizacja danych i audyt

Architektura checklist powinna być kontrolowana w CDE z pełnym wersjonowaniem i mechanizmem śledzenia zmian (ISO, 2018). Każda zmiana powinna zawierać datę, autora, opis modyfikacji oraz ocenę wpływu na zgodność. Wdrożenie jednolitego słownika wymagań i identyfikatorów minimalizuje ryzyko błędów interpretacyjnych (Succar, 2009).

Raportowanie i integracja z PZP

Raporty zgodności powinny być generowane automatycznie z systemów walidacyjnych: macierze zgodności, listy niezgodności z priorytetyzacją, wykresy postępu i komplet dowodów (zrzuty ekranu, protokoły, metadane). Eksport do formatów otwartych (CSV, XLSX, PDF) ułatwia kontrolę nadzoru i archiwizację w kontekście PZP¹⁷² (Sejm RP, 2019).

Kompetencje i odpowiedzialność

Wymagane jest przypisanie właścicieli wymagań zgodnie z macierzą RACI: PPOŻ – projektant branżowy i rzeczoznawca, dostępność – projektant i konsultant ds. dostępności, środowisko – specjalista OOS i projektant branżowy (Kowalska, 2021).

Automatyzację można realizować poprzez moduły rule-checking w środowiskach BIM, systemy kontroli dokumentów i podpisów elektronicznych, aplikacje mobilne do inspekcji terenowych oraz dashboardsy wizualizujące stopień zgodności (Hardin & McCool, 2015; Kensek, 2014). Badania dowiodły, że wdrożenie tych rozwiązań skraca czas walidacji o 15–25% i ogranicza liczbę sporów podczas odbiorów (Eastman et al., 2009; Uniwersytet Techniczny w Delft, 2020).

¹⁷² PZP – Prawo zamówień publicznych – polska ustawa regulująca zamówienia publiczne.

3.7. Porównanie standardów projektowych w ujęciu międzynarodowym: Niderlandy, Niemcy, Wielka Brytania, Kanada, Australia.

3.7.1. Niderlandy – ramy regulacyjne, standardy modelowania i wspólnego środowiska danych.

Ramy regulacyjne

Niderlandy od ponad dwóch dekad rozwija ramy prawno-organizacyjne wspierające cyfryzację budownictwa i infrastruktury. Sukces systemu wynika z synergii między polityką państwa, branżą oraz środowiskami naukowymi (Volker & van Nederveen, 2019)¹⁷³. W przeciwieństwie do Wielkiej Brytanii czy Norwegii nie wprowadzono ustawowego obowiązku stosowania BIM, jednak Rijkswaterstaat¹⁷⁴ – agencja odpowiedzialna za infrastrukturę drogową i wodną – konsekwentnie wymaga BIM jako warunku kontraktowego (Poppelaars, 2021). Dzięki temu wymagania dostosowywane są elastycznie do charakteru inwestycji i mogą być rozwijane w drodze dialogu z wykonawcami.

Holenderski system charakteryzuje decentralizacja: państwo wyznacza kierunki, promuje otwarte standardy i ISO 19650¹⁷⁵, a branża – przy wsparciu BIM Loket¹⁷⁶ – harmonizuje je i wdraża w praktyce (Heintz, 2022).

Standaryzacja obejmuje zestaw narzędzi i procedur:

- **ILS**¹⁷⁷ – **Information Delivery Specification** – definiuje strukturę i format danych BIM,
- CB-NL – Classification for the Dutch Construction Industry¹⁷⁸ – klasyfikacja obiektów budowlanych,
- **VISI**¹⁷⁹ – standard procesowy dla komunikacji i wymiany dokumentów,
- **COINS**¹⁸⁰ – format wymiany danych dla infrastruktury.

Według van Berlo (2020), te standardy tworzą spójny ekosystem integrujący dane techniczne, semantyczne i procesowe. BIM Loket dba o kompatybilność z ISO 19650, co ułatwia współpracę międzynarodową i eksport know-how (Volker & van Nederveen, 2019).

Wspólne środowisko danych (CDE)

CDE w Niderlandach postrzegane jest jako dynamiczne środowisko współpracy, a nie jedynie repozytorium plików. Rijkswaterstaat i inne podmioty publiczne wymagają stosowania otwartych formatów (IFC, BCF¹⁸¹), pełnego wersjonowania dokumentów i przypisania odpowiedzialności uczestnikom procesu (Heintz, 2022). To rozwiązanie umożliwia monitorowanie ryzyka, szybsze rozstrzygnięcie sporów i pełną przejrzystość danych.

Listy kontrolne weryfikujące dokumenty

W Niderlandy stosowane są **listy kontrolne (checklisty)** zarówno na poziomie administracyjnym, jak i projektowym:

- **Checklisty gminne** – np. Amsterdamu czy Rotterdamu – określają zestawy dokumentów niezbędnych do złożenia wniosku o pozwolenie budowlane. Obejmują m.in. modele BIM w formacie IFC, raporty energetyczne,

¹⁷³ Volker, L., & van Nederveen, S. – analiza współpracy publiczno-prywatnej w implementacji BIM w Niderlandy.

¹⁷⁴ Rijkswaterstaat – holenderska agencja infrastruktury drogowej i wodnej.

¹⁷⁵ ISO 19650 – międzynarodowy standard zarządzania informacją BIM.

¹⁷⁶ BIM Loket – holenderskie centrum koordynacji standardów BIM.

¹⁷⁷ **ILS (Information Delivery Specification)** – specyfikacja wymiany informacji stosowana w projektach w Niderlandach.

¹⁷⁸ CB-NL – Classification for the Dutch Construction Industry – klasyfikacja obiektów budowlanych

¹⁷⁹ VISI – standard procesowy komunikacji w budownictwie.

¹⁸⁰ COINS – format wymiany danych dla sektora infrastruktury w Niderlandach.

¹⁸¹ BCF – *BIM Collaboration Format* – format wymiany uwag i zgłoszeń w BIM.

analizy środowiskowe, plany zagospodarowania terenu, raporty bezpieczeństwa pożarowego i opinie rzeczoznawców.

- **Checklisty Rijkswaterstaat** – powiązane z kontraktami, integrują wymagania z ILS, VISI i COINS. Przed każdym kamieniem milowym weryfikowane są: kompletność modeli, zgodność metadanych, wersje dokumentów i przypisanie odpowiedzialności.
- **Platformy CDE** umożliwiają automatyczne raportowanie braków: systemy reguł walidacyjnych (rule-based checking) sprawdzają zarówno geometrię, jak i kompletność dokumentów.

Badania Heintza (2022) i Poppelaarsa (2021) wskazują, że checklisty znacząco redukują liczbę braków formalnych oraz skracają średni czas procedowania pozwoleń o około 15–20%.

Fazy dokumentacji i cykl życia

Proces dokumentacyjny obejmuje:

- VO – Voorontwerp (koncepcja wstępna),
- DO – Definitief Ontwerp (projekt definitywny),
- TO – Technisch Ontwerp (projekt techniczny),
- UO – Uitvoeringsontwerp (projekt wykonawczy),
- Realizacja (budowa),
- O&M – Operations & Maintenance (eksploatacja i utrzymanie).

Każda faza ma jasno zdefiniowane wymagania informacyjne, co zmniejsza ryzyko błędów (Heintz, 2022).

Wnioski wdrożeniowe dla Polski

- **Adaptacja checklist:** W Polsce warto wdrożyć podobne listy kontrolne weryfikujące dokumenty składane do pozwoleń budowlanych, powiązane z wymaganiami BIM i ISO 19650.
- **Koordinacja standardów:** Utworzenie krajowego ośrodka koordynacyjnego (analogicznego do BIM Loket) mogłoby zapewnić harmonizację i aktualizację wymagań.
- **Presja kontraktowa:** Zamiast sztywnego obowiązku ustawowego, presja przetargowa i wymagania instytucji publicznych mogą skuteczniej wdrożyć BIM w Polsce.
- **Platformy CDE i automatyzacja:** Wprowadzenie obowiązkowego wersjonowania dokumentów i automatycznej walidacji (rule-based checking) w projektach publicznych ograniczyłoby spory i przyspieszyłoby odbiory.

W Niderlandach stosowanie list kontrolnych (checklists) jest integralnym elementem procedury uzyskiwania pozwolenia na budowę (omgevingsvergunning) i jednocześnie narzędziem zapewniającym zgodność formalną dokumentacji. Architekci zarejestrowani w Bureau Architectenregister korzystają z automatycznych checklist generowanych przez rządową platformę Omgevingsloket Online (OLO)¹⁸², która personalizuje zestaw wymaganych dokumentów w zależności od lokalizacji inwestycji, jej charakteru i ustaleń miejscowego planu zagospodarowania (bestemmingsplan¹⁸³) (Heintz, 2022; Volker & van Nederveen, 2019). System ten pozwala na elastyczne dostosowanie wymagań do specyfiki projektu i znacząco ogranicza liczbę braków formalnych.

Checklisty gminne, publikowane przez największe miasta (np. Amsterdam, Rotterdam), uzupełniają OLO, określając minimalny poziom szczegółowości modeli BIM (LOD/LOI), formaty plików (DWG, IFC) oraz wymagania dotyczące dostępności zgodnie z Bouwbesluit¹⁸⁴ i standardem BENG¹⁸⁵ (Bijna Energie Neutrale Gebouwen). Dla projektów

¹⁸² **Omgevingsloket Online (OLO)** – rządowa platforma do składania wniosków środowiskowo-budowlanych w Niderlandach.

¹⁸³ **Bestemmingsplan** – miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego obowiązujący w gminach Niderlandów.

¹⁸⁴ **Bouwbesluit** – ogólnokrajowe warunki techniczne dla budynków w Niderlandach.

¹⁸⁵ **BENG (Bijna Energie Neutrale Gebouwen)** – standard budynków niemal zeroenergetycznych wdrożony w Niderlandach.

infrastrukturalnych lub realizowanych na zlecenie Rijkswaterstaat stosowane są dodatkowe listy kontrolne, powiązane z kontraktami i standardami ILS, VISI oraz COINS (Poppelaars, 2021; van Berlo, 2020).

Znaczącą rolę odgrywają również wspólne środowiska danych (CDE), w których reguły walidacyjne (rule-based checking) automatycznie sprawdzają zgodność modeli BIM i metadanych z wymaganiami gminy lub agencji publicznych. Dzięki temu możliwe jest monitorowanie ryzyk, przypisanie odpowiedzialności uczestnikom procesu i szybsze rozstrzygnięcie sporów. Badania Heintza (2022) wykazały, że wykorzystanie checklist i automatycznej walidacji skraca czas procedowania pozwoleń o około 15–20 %, jednocześnie poprawiając przejrzystość procesu.

Wnioski wdrożeniowe dla Polski wskazują, że adaptacja podobnego systemu mogłaby znacząco usprawnić krajowe procedury budowlane. Wprowadzenie checklist powiązanych z krajowym CDE i systemem e-Budownictwo oraz presja kontraktowa w zamówieniach publicznych pozwoliłyby zredukować liczbę braków formalnych, przyspieszyć odbiory i zwiększyć jakość dokumentacji. Propozycja ta nie wymagałaby natychmiastowego obowiązku ustawowego BIM, lecz mogłaby zostać wdrożona poprzez standardy przetargowe i szkolenia dla administracji oraz projektantów.

3.7.2. Niemcy – ramy regulacyjne, standardy modelowania i wspólnego środowiska danych.

Niemcy są przykładem państwa, w którym wdrażanie technologii modelowania informacji o budynku (BIM) oraz cyfryzacji sektora budownictwa odbywa się w sposób planowy, stopniowy i silnie powiązany z polityką państwową. Kluczowym dokumentem wyznaczającym kierunki działania stał się **Stufenplan Digitales Planen und Bauen**¹⁸⁶, opublikowany w 2015 roku przez Federalne Ministerstwo Transportu i Infrastruktury Cyfrowej (BMVI¹⁸⁷). Strategia ta wprowadziła etapowe wdrożenie BIM: początkowo poprzez projekty pilotażowe, a od 2020 roku – obowiązkowe stosowanie metodologii BIM w publicznych inwestycjach infrastrukturalnych (BMVI, 2015).

Podejście to nazwano **ewolucyjnym**: zamiast narzucać jednorazowy obowiązek, rozłożono implementację na fazy, umożliwiając równoległy rozwój kompetencji kadr, infrastruktury informatycznej oraz norm technicznych. Badacze podkreślają, że ten model zmniejszył ryzyko oporu branży i ułatwił konsensus między administracją, wykonawcami i środowiskami akademickimi (Borrmann et al., 2018). Co istotne, w Niemczech szczególny nacisk położono na **projekty liniowe** (autostrady, mosty, koleje), traktując BIM nie tylko jako narzędzie dla budynków kubaturowych, ale także kluczowy element modernizacji infrastruktury transportowej.

Od 2020 roku wszystkie przedsięwzięcia infrastrukturalne finansowane ze środków publicznych muszą spełniać wymogi BIM. Kryteria te są definiowane przez organizacje publiczne, takie jak **Deutsche Bahn**¹⁸⁸ czy Federalne Ministerstwo Infrastruktury, a także przez inicjatywy branżowe i akademickie, np. **Planen Bauen 4.0**¹⁸⁹. Znaczącą rolę odgrywają także normy i wytyczne techniczne, w tym **VDI 2552**¹⁹⁰, **DIN SPEC 91391**¹⁹¹ oraz **HOAI**¹⁹². HOAI, choć nie jest standardem BIM sensu stricto, określa ramy usług i etapów projektowych, co bezpośrednio wpływa na sposób wdrażania BIM w praktyce. Według Scherera (2020), **VDI 2552** pełni funkcję pomostu między normami ISO 19650¹⁹³ a praktyką krajową, zapewniając spójność terminologiczną i procesową w całym sektorze.

¹⁸⁶ **Stufenplan Digitales Planen und Bauen** – strategia wdrażania BIM w Niemczech (2015)

¹⁸⁷ **BMVI** – Federalne Ministerstwo Transportu i Infrastruktury Cyfrowej (obecnie BMDV).

¹⁸⁸ **Deutsche Bahn** – narodowy operator kolejowy i inwestor infrastrukturalny.

¹⁸⁹ **Planen Bauen 4.0** – niemiecka organizacja koordynująca wdrażanie BIM.

¹⁹⁰ **VDI 2552** – niemieckie wytyczne techniczne BIM.

¹⁹¹ **DIN SPEC 91391** – specyfikacja wymiany informacji w projektach budowlanych.

¹⁹² **HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure)** – rozporządzenie regulujące honoraria i fazy projektowe.

¹⁹³ **ISO 19650** – międzynarodowy standard zarządzania informacją BIM.

Niemieckie **wspólne środowisko danych (CDE)** cechuje wysoki stopień formalizacji. Zgodnie z wytycznymi **VDI 2552-6** i ISO 19650 każde przedsięwzięcie BIM musi posiadać zdefiniowane CDE umożliwiające:

- ścisłe wersjonowanie dokumentów i modeli,
- kontrolę dostępu i przypisanie ról uczestnikom,
- audyt decyzji i historii zmian,
- integrację z systemami GIS oraz bazami danych eksploatacyjnych.

Dzięki temu modele BIM pozostają użyteczne w fazie utrzymania i modernizacji, a w przypadku sporów możliwe jest jednoznaczne ustalenie odpowiedzialności (Borrmann et al., 2018).

Proces projektowy w Niemczech jest powiązany z tradycyjnymi fazami zdefiniowanymi w HOAI, uzupełnionymi o wymagania BIM:

- **Grundlagenermittlung** – ustalenie podstaw i analiz wstępnych,
- **Vorplanung** – planowanie wstępne z modelami koncepcyjnymi,
- **Entwurfsplanung** – projekt budowlany z detalami materiałowymi,
- **Genehmigungsplanung** – projekt do pozwolenia budowlanego,
- **Ausführungsplanung** – projekt wykonawczy o wysokim LOD,
- Vorbereitung/Mitwirkung bei der Vergabe – przygotowanie i udział w przetargu,
- **Objektüberwachung** – nadzór realizacji,
- **Objektbetreuung** – utrzymanie i zarządzanie obiektem.

To podejście gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa prawnego i technicznego, choć badacze zauważają, że nadmierny formalizm może ograniczać elastyczność w mniejszych projektach (Scherer, 2020).

Wnioski wdrożeniowe dla Polski:

- Przyjęcie **etapowego modelu wdrażania BIM**, podobnego do Stufenplan, może zmniejszyć ryzyko oporu branży.
- Wprowadzenie **narodowych wytycznych technicznych** (odpowiedników VDI 2552 i DIN SPEC 91391) pozwoliłoby na spójność terminologiczną z ISO 19650.
- Integracja CDE z bazami danych GIS i eksploatacyjnymi mogłaby podnieść jakość zarządzania infrastrukturą w Polsce.
- Utrzymanie HOAI-podobnej struktury faz projektowych, wzbogaconej o BIM, mogłoby poprawić komunikację i koordynację międzybranżową.

W polskim systemie inwestycyjnym brakuje jednolitej, prawnie usankcjonowanej struktury faz projektowych porównywalnej do niemieckiego **HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure)**. Obecnie zakres obowiązków projektantów jest rozproszony w różnych aktach prawnych – głównie w **Prawie budowlanym², Rozporządzeniu w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego**, a także w wytycznych zamawiających publicznych. Skutkiem jest brak spójności w komunikacji między branżami (architektura, konstrukcja, instalacje), a także pomiędzy inwestorem, administracją i wykonawcą.

Adaptacja struktury **HOAI-podobnej** oznaczałaby formalne określenie faz projektu – od **ustaleń podstawowych i koncepcji (Grundlagenermittlung/Vorplanung)**, przez **projekt budowlany (Entwurfsplanung/ Genehmigungsplanung)**, **projekt wykonawczy (Ausführungsplanung)**, po **przygotowanie przetargu, nadzór i utrzymanie obiektu (Vergabe, Objektüberwachung, Objektbetreuung)**. Każdej z tych faz można przypisać jasno zdefiniowane cele, produkty (deliverables) i poziomy szczegółowości danych (**LOD/LOI**).

Wzbogacenie tej struktury o **BIM (Building Information Modeling)** przyniosłoby kilka korzyści wdrożeniowych:

- **Lepsza komunikacja międzybranżowa** – modele BIM stanowiłyby jedno źródło prawdy (*single source of truth*), eliminując rozbieżności między rysunkami 2D a danymi branżowymi.

- **Wyższa jakość dokumentacji** – wczesne wykrywanie kolizji i spójne modele ograniczyłyby liczbę błędów projektowych.
- **Ułatwienie weryfikacji formalnej** – przypisanie do faz zestawów wymagań informacyjnych (ILS, IDS) umożliwiłoby automatyczne checklisty w CDE, podobnie jak w Niderlandach i Niemczech.
- **Zwiększenie efektywności przetargów** – zamawiający mogliby precyzyjnie określić oczekiwane produkty każdej fazy, co zmniejszyłoby spory i ryzyko niedoszacowania ofert.
- **Wsparcie eksploatacji i modernizacji** – modele BIM z fazy wykonawczej i nadzoru stałyby się bazą danych dla zarządców obiektów i planowania modernizacji.

Implementacja wymagałaby powołania grupy roboczej z udziałem Ministerstwa Rozwoju i Technologii, izb architektów, inżynierów oraz przedstawicieli administracji samorządowej. Wdrożenie HOAI-podobnej struktury mogłoby zostać zintegrowane z platformą **e-Budownictwo** i przyszłym krajowym **CDE**, tak aby ujednoczyć procesy i zredukować formalne bariery.

HOAI – faza	Opis w HOAI	Polska – obecny etap	Sugestia wzbogacenia o BIM (LOD/LOI)
Grundlagenermittlung	Analiza podstaw, potrzeb inwestora i warunków technicznych.	Wstępne koncepcje, Studium uwarunkowań, WZ/MPZP	Model koncepcyjny LOD 100/LOD 200, podstawowe dane GIS.
Vorplanung	Planowanie wstępne, szkice koncepcji, analizy kosztów i ryzyk.	Koncepcja architektoniczna / PFU w zam. publicznych	BIM LOD 200, podstawowe analizy energetyczne i środowiskowe.
Entwurfsplanung	Projekt budowlany z detalami materiałowymi i funkcjonalnymi.	Projekt budowlany (PB) wg Prawa budowlanego	BIM LOD 300, parametry materiałowe i dane eksploatacyjne.
Genehmigungsplanung	Dokumentacja do uzyskania pozwolenia administracyjnego.	Dokumentacja do pozwolenia na budowę (PB, załączniki)	Automatyczne checklisty w CDE; walidacja metadanych.
Ausführungsplanung	Projekt wykonawczy z pełną specyfikacją techniczną.	Projekt wykonawczy (PW)	BIM LOD 350–400, koordynacja międzybranżowa i clash detection.
Vorbereitung/Mitwirkung Vergabe	Przygotowanie i udział w przetargu.	Przedmiar robót, Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót	Modele kosztowe 5D BIM, harmonogramy 4D.
Objektüberwachung	Nadzór budowy, kontrola zgodności z projektem.	Nadzór autorski / inwestorski	Mobilne aplikacje CDE, walidacja on-site, raporty BCF.
Objektbetreuung	Utrzymanie, zarządzanie obiektem i modernizacje.	Faza eksploatacji, instrukcje użytkownika	BIM LOD 500, integracja z BMS i CMMS, dane FM.
T.4 Tabela zbiorcza struktury wzorowanej na HOAI			

Pojęcia tabeli:

BIM (Building Information Modeling) – proces tworzenia i zarządzania cyfrowymi modelami obiektów budowlanych, integrujący dane geometryczne i opisowe w całym cyklu życia obiektu.

LOD (Level of Detail) – poziom szczegółowości modelu BIM w aspekcie geometrii (np. LOD 100 – koncepcja, LOD 300 – projekt budowlany, LOD 400 – wykonawczy).

LOI (Level of Information) – poziom szczegółowości informacji niegeometrycznych w modelu BIM (np. parametry materiałów, dane eksploatacyjne).

GIS (Geographic Information System) – system informacji geograficznej wykorzystywany do analizy i wizualizacji danych przestrzennych.

CDE (Common Data Environment) – wspólne środowisko danych, platforma do przechowywania i zarządzania dokumentacją oraz modelami BIM.

BCF (BIM Collaboration Format) – format plików umożliwiający wymianę komentarzy i uwag dotyczących modeli BIM.

5D BIM – integracja modeli BIM z kosztami inwestycji, umożliwiająca dynamiczne kosztorysowanie.

4D BIM – integracja modeli BIM z harmonogramem realizacji (czasem), pozwalająca symulować przebieg budowy.

BMS (Building Management System) – system zarządzania budynkiem używany do monitorowania i sterowania instalacjami technicznymi.

CMMS (Computerized Maintenance Management System) – komputerowy system wspierający zarządzanie utrzymaniem obiektów, np. harmonogramami konserwacji i napraw.

FM (Facility Management) – zarządzanie eksploatacją obiektów, integrujące informacje o budynku, instalacjach i kosztach.

PFU (Program Funkcjonalno-Użytkowy) – dokument opisujący wymagania funkcjonalne i użytkowe inwestycji w zamówieniach publicznych w Polsce.

MPZP (Miejscowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego) – akt planistyczny gminy w Polsce określający przeznaczenie i zasady zagospodarowania terenu.

WZ (Warunki Zabudowy) – decyzja administracyjna określająca zasady zabudowy na terenach bez uchwalonego MPZP.

3.7.3. Wielka Brytania – ramy regulacyjne, standardy modelowania i wspólnego środowiska danych.

Wielka Brytania jest uznawana za światowego pioniera w zakresie wdrażania technologii **Building Information Modeling (BIM)** w skali krajowej. Początkiem tej drogi była **Government Construction Strategy**¹⁹⁴ opublikowana przez **Cabinet Office** w 2011 roku, która wyznaczyła ambitny cel modernizacji sektora budowlanego. Dokument ten nie tylko wskazał potrzebę cyfryzacji procesów inwestycyjnych, ale też powiązał ją z poprawą efektywności wydatkowania środków publicznych, przejrzystością oraz ograniczaniem ryzyka inwestycyjnego (Cabinet Office, 2011).

W ramach strategii wprowadzono wymóg stosowania **BIM Level 2**¹⁹⁵ dla wszystkich projektów publicznych od kwietnia 2016 roku. Było to pierwsze na świecie centralne zobowiązanie tego typu – odgórnie narzucone przez rząd, a nie wynikające z presji rynkowej. Wdrożenie towarzyszyły intensywne programy szkoleń dla administracji, wykonawców i projektantów oraz opracowanie wytycznych i narzędzi wspierających. W 2017 roku strategię rozszerzono o **Digital Built Britain**¹⁹⁶, która miała umożliwić przejście do **BIM Level 3**¹⁹⁷ – pełnej integracji danych cyfrowych, wykorzystania Internetu Rzeczy (IoT), sztucznej inteligencji oraz analiz predykcyjnych w zarządzaniu cyklem życia obiektów budowlanych.

¹⁹⁴ **Government Construction Strategy** – strategia cyfryzacji budownictwa w UK (2011).

¹⁹⁵ **BIM Level 2** – poziom BIM z obowiązkiem jednolitego modelu i standardów danych.

¹⁹⁶ **Digital Built Britain** – strategia rozwoju BIM Level 3 i IoT.

¹⁹⁷ **BIM Level 3** – pełna integracja danych w cyklu życia.

Po tragedii **Grenfell Tower** w 2017 roku wprowadzono **Building Safety Act**¹⁹⁸ (2022), wzmacniając regulacje dotyczące bezpieczeństwa pożarowego i eksploatacyjnego. Jednym z kluczowych elementów tego aktu stała się koncepcja **Golden Thread**¹⁹⁹, która wymaga utrzymania integralnych, aktualnych i dostępnych danych o budynku przez cały jego cykl życia (Hackitt, 2018). Rząd połączył w ten sposób wymogi cyfryzacji z odpowiedzialnością społeczną i etyczną, stawiając bezpieczeństwo mieszkańców na równi z innowacjami technologicznymi.

Standardy modelowania

Brytyjski system standardów modelowania rozpoczął się od zestawu **PAS 1192**²⁰⁰ (Publicly Available Specifications). Do kluczowych należały:

- **PAS 1192-2:2013** – zarządzanie informacją w fazie projektowania i realizacji,
- **PAS 1192-3:2014** – zarządzanie informacją w fazie eksploatacji,
- **PAS 1192-5:2015** – bezpieczeństwo danych i ochrona infrastruktury krytycznej.

Uzupełniała je norma **BS 1192**²⁰¹ (2007+A2:2016), która definiowała zasady pracy zespołowej i zarządzania dokumentacją. Brytyjczycy przyjęli podejście pragmatyczne: PAS-y zawierały nie tylko definicje i wymagania, ale również przykładowe formularze, schematy procesów oraz narzędzia takie jak **Employer's Information Requirements (EIR)** i **BIM Execution Plan (BEP)**. Te dokumenty wyznaczały oczekiwania inwestora i sposób pracy zespołu projektowego, co znacząco zwiększało przejrzystość i przewidywalność projektów (Kassem & Succar, 2017).

W 2019 roku Wielka Brytania oficjalnie przeszła na stosowanie serii **ISO 19650**²⁰², która bazuje na wcześniejszych PAS-ach. W praktyce jednak wiele biur projektowych nadal odwołuje się do PAS 1192 jako źródła dobrych praktyk, a procesy opracowane na ich podstawie pozostają standardem w branży.

3.3 Wspólne środowisko danych (CDE)

Pojęcie **Common Data Environment (CDE)** jest fundamentem brytyjskiego podejścia do BIM. Zgodnie z BS 1192 i PAS 1192-5, CDE to nie tylko platforma IT, lecz także proces organizacyjny zapewniający:

- kontrolę wersji dokumentów i modeli,
- jednolite nazewnictwo plików i folderów,
- proces zatwierdzania i akceptacji informacji,
- pełną historię zmian i możliwość audytu,
- integrację z narzędziami analitycznymi i harmonogramami (Whyte & Hartmann, 2017).

W Wielkiej Brytanii CDE jest wykorzystywane w dużych projektach infrastrukturalnych (kolej HS2, Crossrail) oraz w budownictwie kubaturowym. Popularne platformy to Autodesk BIM 360, Bentley ProjectWise czy Trimble Connect, ale kluczowe jest przestrzeganie zasad ISO 19650. Po Grenfell Tower szczególną uwagę poświęcono cyberbezpieczeństwu i kontroli dostępu, co ujęto w PAS 1192-5.

Koncepcja „Złotej nici” (Golden Thread)

Golden Thread to idea utrzymania spójnych, cyfrowych danych o budynku przez cały jego cykl życia – od projektu, przez realizację i eksploatację, aż po modernizację i rozbiórkę. Wprowadzono obowiązek stosowania CDE, wyznaczania **Accountable Person**²⁰³ oraz powiązania danych projektowych z dokumentacją pożarową i instrukcjami

¹⁹⁸ **Building Safety Act** – brytyjska ustawa bezpieczeństwa budynków (2022).

¹⁹⁹ **Golden Thread** – koncepcja integralności danych przez cykl życia budynku.

²⁰⁰ **PAS 1192** – zestaw brytyjskich specyfikacji BIM.

²⁰¹ **BS 1192** – norma zarządzania dokumentacją i pracy zespołowej.

²⁰² **ISO 19650** – międzynarodowy standard BIM.

²⁰³ **Accountable Person** – osoba odpowiedzialna za integralność danych.

eksploatacyjnymi (Baldwin et al., 2022). Golden Thread ma również wymiar etyczny: zapewnia mieszkańcom i użytkownikom dostęp do rzetelnych informacji oraz gwarantuje, że decyzje dotyczące bezpieczeństwa podejmowane są na podstawie pełnych danych.

Fazy dokumentacji i zarządzanie cyklem życia

Brytyjskie podejście do etapów projektowych opisuje **RIBA Plan of Work**²⁰⁴ (2020), który dzieli proces inwestycyjny na osiem etapów:

- **Strategic Definition** – ustalenie celów inwestycji i wstępnych analiz,
- **Preparation and Briefing** – opracowanie programu funkcjonalnego oraz wymagań informacyjnych,
- **Concept Design** – stworzenie koncepcji architektonicznej i funkcjonalnej,
- **Spatial Coordination** – koordynacja przestrzenna i branżowa,
- **Technical Design** – szczegółowy projekt techniczny z pełnymi modelami BIM,
- **Manufacturing and Construction** – przygotowanie i realizacja budowy,
- **Handover** – przekazanie obiektu wraz z kompletnym modelem cyfrowym i dokumentacją,
- **Use** – zarządzanie obiektem w eksploatacji.

Każdy etap jest zintegrowany z BIM Level 2 oraz ISO 19650, co zapewnia spójność danych. Golden Thread podkreśla wagę etapów **Handover** i **Use**, gwarantując, że dane przekazane użytkownikowi są aktualne, kompletne i możliwe do aktualizacji w trakcie eksploatacji.

Podsumowanie i wnioski wdrożeniowe dla Polski

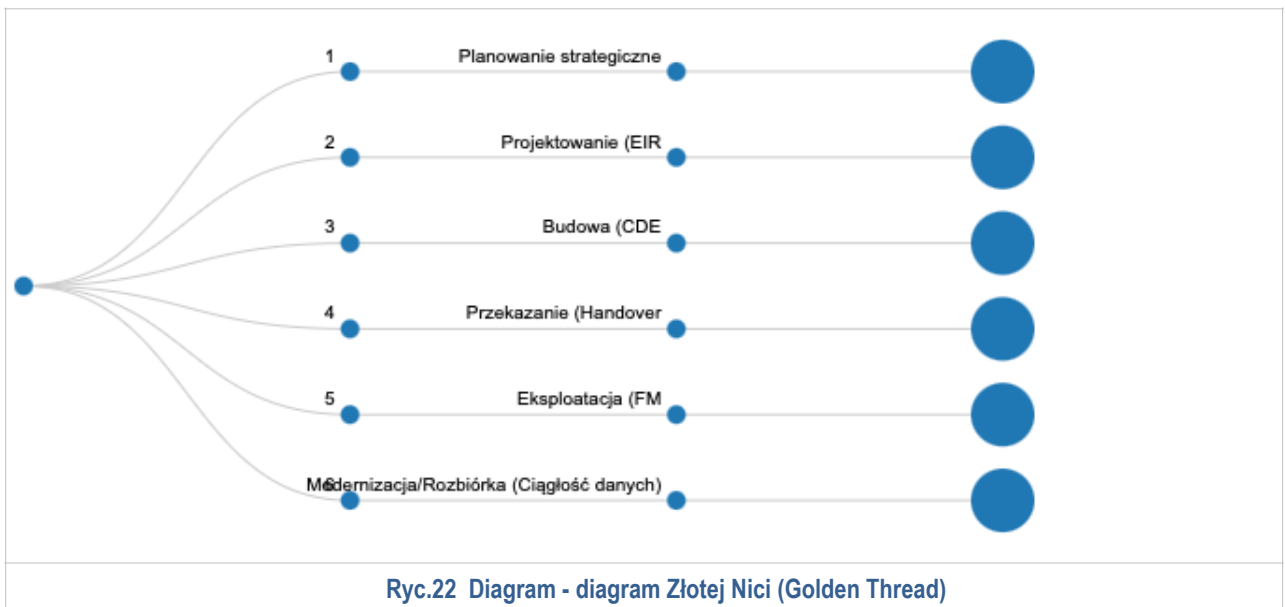
Wielka Brytania wyznaczyła globalne standardy cyfryzacji budownictwa. Jej model opiera się na centralnym obowiązku BIM, szczegółowych standardach, kulturze współpracy i odpowiedzialności społecznej. Wnioski dla Polski obejmują:

- **Wdrożenie Golden Thread** w prawie krajowym, łączącego dane cyfrowe z bezpieczeństwem pożarowym i eksploatacyjnym.
- **Adaptację narzędzi EIR i BEP** oraz checklist jakościowych w zamówieniach publicznych.
- **Szkolenia administracji i branży** w zakresie CDE i cyberbezpieczeństwa.
- Integrację procesów BIM z etapami polskiego projektowania (PB, PW, eksploatacja), podobnie jak w RIBA Plan of Work.
- Uwzględnienie roli Accountable Person w odpowiedzialności za dane.

²⁰⁴ **RIBA Plan of Work** – plan pracy Royal Institute of British Architects.

Aspekt	Golden Thread (Wielka Brytania)	Obecne praktyki w Polsce	Rekomendacje wdrożeniowe
Ciągłość danych w cyklu życia	Obowiązek utrzymania cyfrowych, aktualnych danych od projektu po eksploatację.	Dane często rozproszone, brak jednolitego repozytorium i obowiązku aktualizacji.	Wprowadzenie wymogu centralnego repozytorium danych (CDE) dla całego cyklu życia obiektu.
Wspólne środowisko danych (CDE)	CDE obowiązkowe, z pełnym audytem, kontrolą wersji i zgodnością z ISO 19650.	CDE stosowane fragmentarycznie, brak regulacji ustawowych.	Standaryzacja CDE w prawie budowlanym lub wytycznych państwowych.
Accountable Person	Wyznaczona osoba odpowiedzialna prawnie za integralność danych i bezpieczeństwo.	Brak formalnego odpowiedzialnika; odpowiedzialność często rozproszona między inwestorem, projektantem i wykonawcą.	Wprowadzenie roli prawnej odpowiedzialnej za dane i bezpieczeństwo w cyklu życia budynku.
Integracja z bezpieczeństwem	Modele BIM stanowią podstawę dokumentacji pożarowej, konserwacyjnej i eksploatacyjnej.	Dokumentacja pożarowa i eksploatacyjna w formie tradycyjnej, rzadko powiązana z modelami cyfrowymi.	Powiązanie dokumentacji bezpieczeństwa pożarowego z modelami BIM (automatyczna aktualizacja danych).
Udział użytkowników	Złota Nić gwarantuje przejrzystość wobec mieszkańców i użytkowników budynków.	Użytkownicy rzadko mają dostęp do pełnych danych technicznych.	Zapewnienie publicznego dostępu do wybranych danych (np. instrukcje bezpieczeństwa, dane eksploatacyjne).
Zarządzanie zmianą	Każda zmiana w dokumentacji lub modelu musi być zarejestrowana i możliwa do prześledzenia.	Brak spójnego procesu śledzenia zmian, szczególnie po oddaniu budynku do użytku.	Wprowadzenie obowiązkowego wersjonowania dokumentacji w CDE i audytu zmian.
Wymogi prawne	Obowiązek wynikający z Building Safety Act (2022) i powiązanych wytycznych.	Brak analogicznych regulacji.	Nowelizacja Prawa budowlanego i rozporządzeń, aby uwzględnić wymogi cyfrowej ciągłości danych.

T.5 Tabela zbiorcza porównawcza Golden thread a Polska



Ryc.22 Diagram - diagram Złotej Nici (Golden Thread)

Schemat Riba Plan Work : Oficjalny plan z 2020 roku.

Etap	Nazwa Angielska	Cele Etapu	Zadania	Rezultaty	Wymiana Informacji	Zrównoważony Rozwój	Dodatkowe Szczegóły
0 - Definicja Strategiczna	Strategic Definition	Zapewnienie, że potrzeby i aspiracje klienta zostały właściwie określone	<ul style="list-style-type: none"> - Określenie celów biznesowych klienta - Analiza wykonalności - Określenie wstępnego budżetu - Identyfikacja kluczowych interesariuszy - Ocena możliwych lokalizacji - Określenie ram czasowych projektu 	<ul style="list-style-type: none"> - Raport strategiczny - Studium wykonalności - Wstępny brief projektowy - Lista interesariuszy - Plan zarządzania projektem 	<ul style="list-style-type: none"> - Brief inicjujący projekt - Raport z analizy wykonalności - Wstępny harmonogram - Wstępny budżet 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocena wpływu środowiskowego - Analiza możliwości zrównoważonego rozwoju - Określenie celów środowiskowych 	Organises the process of briefing, designing, delivering, maintaining, operating, and using a building.
1 - Przygotowanie i Brief	Preparation and Briefing	Rozwój szczegółowych wymagań projektowych i briefu projektowego	<ul style="list-style-type: none"> - Rozwój briefu projektowego - Szczegółowe badania lokalizacji - Określenie szczegółowego budżetu - Planowanie procesu projektowego - Określenie ról i odpowiedzialności - Ustalenie harmonogramu projektu 	<ul style="list-style-type: none"> - Szczegółowy brief projektowy - Plan jakości projektu - Plan zarządzania ryzykiem - Strategia realizacji - Raport z badań lokalizacji 	<ul style="list-style-type: none"> - Zatwierdzony brief projektowy - Szczegółowy harmonogram - Plan zarządzania projektem - Strategia przetargowa 	<ul style="list-style-type: none"> - Strategia zrównoważonego rozwoju - Cele efektywności energetycznej - Plan zarządzania odpadami 	Should be used solely as guidance for the preparation of detailed professional services and building contracts.
2 - Projekt Konceptyjny	Concept Design	Przygotowanie koncepcji projektowej zgodnej z wymaganiami klienta	<ul style="list-style-type: none"> - Rozwój koncepcji projektowej - Konsultacje z interesariuszami - Wstępne analizy techniczne - Określenie głównych systemów budynku - Koordynacja międzybranżowa - Przygotowanie wizualizacji 	<ul style="list-style-type: none"> - Koncepcja projektowa - Wstępne rysunki - Wizualizacje - Wstępne specyfikacje - Zaktualizowany kosztorys 	<ul style="list-style-type: none"> - Rysunki koncepcyjne - Raport projektowy - Wstępne specyfikacje materiałowe - Zaktualizowany harmonogram 	<ul style="list-style-type: none"> - Analiza efektywności energetycznej - Wybór zrównoważonych materiałów - Strategie pasywne 	
3 - Koordynacja Przestrzenna	Spatial Coordination	Rozwój skoordynowanego projektu z uwzględnieniem wszystkich aspektów technicznych	<ul style="list-style-type: none"> - Koordynacja międzybranżowa - Rozwój szczegółowych rozwiązań - Integracja systemów budynku - Analiza kolizji - Optymalizacja przestrzenna - Weryfikacja zgodności z przepisami 	<ul style="list-style-type: none"> - Skoordynowany model 3D - Szczegółowe rysunki - Specyfikacje techniczne - Raporty z koordynacji - Zaktualizowany kosztorys 	<ul style="list-style-type: none"> - Model koordynacyjny - Raporty z wykrywania kolizji - Szczegółowe specyfikacje - Dokumentacja techniczna 	<ul style="list-style-type: none"> - Optymalizacja systemów - Analiza cyklu życia - Certyfikacja środowiskowa 	

4 - Projekt Techniczny	Technical Design	Przygotowanie szczegółowej dokumentacji i technicznej	<ul style="list-style-type: none"> - Rozwój szczegółowych rozwiązań - Przygotowanie dokumentacji wykonawczej - Koordynacja specyfikacji - Szczegółowe obliczenia - Przygotowanie dokumentów przetargowych - Uzyskanie pozwoleń 	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentacja wykonawcza - Szczegółowe specyfikacje - Dokumenty przetargowe - Pozwolenia i zgody - Finalny kosztorys 	<ul style="list-style-type: none"> - Kompletna dokumentacja techniczna - Specyfikacje wykonawcze - Dokumenty przetargowe - Harmonogram budowy 	<ul style="list-style-type: none"> - Szczegółowe rozwiązania środowiskowe - Specyfikacje materiałów ekologicznych - Plan zarządzania środowiskowego 	
5 - Produkcja i Budowa	Manufacturing and Construction	Realizacja projektu zgodnie z dokumentacją	<ul style="list-style-type: none"> - Nadzór nad budową - Kontrola jakości - Zarządzanie zmianami - Koordynacja wykonawców - Monitoring postępu prac - Kontrola kosztów 	<ul style="list-style-type: none"> - Raport z postępu prac - Dokumentacja powykonawcza - Protokoły odbiorów - Certyfikaty i atesty - Dokumentacja zmian 	<ul style="list-style-type: none"> - Raporty z budowy - Dokumentacja jakości - Protokoły zmian - Aktualizacje harmonogramu 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitoring środowiskowy - Zarządzanie odpadami - Kontrola zgodności z celami środowiskowymi 	
6 - Przekazanie	Handover	Przekazanie ukończonego obiektu do użytkownika	<ul style="list-style-type: none"> - Testy i rozruch systemów - Szkolenia użytkowników - Przygotowanie dokumentacji - Przekazanie kluczy - Usunięcie usterek - Rozliczenie projektu 	<ul style="list-style-type: none"> - Dokumentacja powykonawcza - Instrukcje użytkownika - Certyfikaty i gwarancje - Protokoły szkoleń - Raport końcowy 	<ul style="list-style-type: none"> - Kompletna dokumentacja powykonawcza - Instrukcje obsługi i konserwacji - Protokoły odbiorów końcowych - Dokumenty gwarancyjne 	<ul style="list-style-type: none"> - Instrukcje zrównoważonej eksploatacji - Certyfikaty środowiskowe - Plan zarządzania obiektem 	

T.6 Tabela zbiorcza Schemat Riba Plan Work : Oficjalny plan z 2020 roku.

3.7.4. Kanada – ramy regulacyjne, standardy modelowania i wspólnego środowiska danych.

Ramy regulacyjne

Kanada wyróżnia się na tle państw europejskich zdecentralizowanym charakterem systemu regulacyjnego w zakresie wdrażania BIM i cyfryzacji sektora budowlanego. Wynika to z federalnej struktury państwa, w której prowincje i terytoria posiadają szerokie kompetencje dotyczące inwestycji infrastrukturalnych i budowlanych. Brak jednolitego, ogólnokrajowego obowiązku stosowania BIM skutkuje mozaiką inicjatyw regionalnych i sektorowych, zbliżoną do modelu holenderskiego, choć z większym wpływem instytucji publicznych (Succar & Kassem, 2021)²⁰⁵.

Na poziomie federalnym szczególne znaczenie mają działania Public Services and Procurement Canada (PSPC)²⁰⁶ – urzędu odpowiedzialnego za zamówienia publiczne – oraz National Research Council Canada (NRC)²⁰⁷. Już w 2011 roku NRC rozpoczęło program *Canadian National BIM Initiative*, badający potencjał i bariery wdrożenia BIM w skali

²⁰⁵ Succar & Kassem (2021) – analiza rozproszonego wdrożenia BIM w Kanadzie.

²⁰⁶ PSPC – Public Services and Procurement Canada, federalny urząd ds. zamówień publicznych.

²⁰⁷NRC – National Research Council Canada, agencja badawczo-rozwojowa.

kraju (NRC, 2011). Równolegle PSPC realizowało pilotażowe projekty BIM w dużych inwestycjach publicznych, takich jak budynki rządowe w Ottawie i modernizację infrastruktury wojskowej.

Na szczeblu prowincjonalnym kluczową rolę odegrała Ontario – od 2017 roku **Infrastructure Ontario** promuje stosowanie BIM w projektach infrastrukturalnych, a podobne inicjatywy wprowadziły Quebec i Alberta. W praktyce BIM stał się elementem wymagań przetargowych, co czyni jego wdrażanie bardziej rynkowym niż ustawowym (Succar & Kassem, 2021).

Kanada aktywnie uczestniczy w międzynarodowych inicjatywach, takich jak **buildingSMART International**, a jej organizacja branżowa **CanBIM (Building Transformations)** pełni kluczową rolę w integracji środowiska akademickiego, administracyjnego i biznesowego, stopniowo przekształcając standardy branżowe w quasi-regulacje (Dixit et al., 2019)²⁰⁸.

Standardy modelowania

Kanadyjskie standardy BIM powstają dzięki współpracy sektora publicznego i prywatnego oraz adaptacji międzynarodowych ram (ISO 19650). Kluczowym dokumentem jest **CSA Z250: Building Information Modelling – Implementation and Workflow**, definiujący poziomy dojrzałości BIM, role i obowiązki uczestników, wymagania dla planów realizacji BIM (BEP) oraz procedury weryfikacji jakości danych (CSA, 2019)²⁰⁹.

Kanada przyjęła strategię otwartych formatów danych – **openBIM/IFC**²¹⁰ – co minimalizuje ryzyko uzależnienia od jednego dostawcy oprogramowania. Standardy modelowania często są wdrażane kontraktowo: np. **Infrastructure Ontario BIM Protocols** precyzują wymagania informacyjne dla projektów publicznych, a podobne dokumenty obowiązują w Quebecu i Albercie (Succar & Kassem, 2021).

Wspólne środowisko danych (CDE)

Wspólne środowisko danych w Kanadzie (CDE) zyskuje rosnące znaczenie, choć jego stosowanie jest zróżnicowane. W projektach publicznych CDE jest często wymogiem kontraktowym, a inwestorzy zapewniają dostęp do platform cyfrowych. Charakterystyczne cechy kanadyjskiego podejścia obejmują (Dixit et al., 2019):

- **Wysoką adaptacyjność** – platformy różnią się w zależności od inwestora: od globalnych rozwiązań (Autodesk BIM 360, Trimble Connect) po lokalne systemy dedykowane.
- **Integrację z systemami GIS** – szczególnie w projektach infrastrukturalnych, co umożliwia łączenie modeli BIM z danymi przestrzennymi.
- **Otwartość na openBIM/IFC** – preferowanie otwartych formatów, co sprzyja współpracy międzybranżowej.

CDE w Kanadzie jest traktowane jako narzędzie wspierające nie tylko projektowanie, ale także eksploatację: w sektorach zdrowia publicznego czy edukacji modele BIM i dane w CDE wykorzystywane są do konserwacji, zarządzania majątkiem i planowania modernizacji.

Fazy dokumentacji i cykl życia

W Kanadzie nie istnieje zunifikowany system etapów projektowych analogiczny do niemieckiego HOAI czy brytyjskiego RIBA Plan of Work. Najczęściej stosowane fazy obejmują²¹¹:

- **Pre-Design** – definiowanie potrzeb inwestora i analiza wykonalności.
- **Schematic Design** – modele koncepcyjne i analizy przestrzenno-funkcjonalne.
- **Design Development** – rozwinięcie modeli BIM i koordynacja branżowa.
- **Construction Documents** – dokumentacja wykonawcza, modele do kosztorysowania.

²⁰⁸ Dixit et al. (2019) – analiza integracji BIM i GIS w kanadyjskich projektach.

²⁰⁹ CSA Z250 (2019) – norma definiująca zasady wdrażania BIM w Kanadzie

²¹⁰ IFC/openBIM – otwarte standardy wymiany danych promowane przez buildingSMART.

²¹¹ Schemat faz – praktyki adaptowane z rozwiązań anglosaskich (RIBA, USA).

- **Bidding/Procurement** – wykorzystanie modeli w przetargach.
- **Construction** – integracja danych z placu budowy (4D i 5D).
- **Operation and Maintenance** – zarządzanie obiektem, planowanie modernizacji i remontów.

Schemat ten jest zgodny z praktykami międzynarodowymi i coraz bardziej powiązany z normami ISO 19650, co umożliwia harmonizację z globalnymi procesami.

Kanada jest przykładem pluralistycznego modelu BIM: brak centralnego mandatu pozwala na elastyczne dostosowywanie standardów do lokalnych warunków i sprzyja innowacjom, ale powoduje także zróżnicowanie praktyk między prowincjami. Standardy opracowywane przez **CSA** i organizacje branżowe, takie jak **CanBIM/Building Transformations**, w połączeniu z rosnącą rolą **CDE** i openBIM, czynią kanadyjski model ważnym punktem odniesienia dla innych państw (CSA, 2019; Succar & Kassem, 2021)

3.7.5. Australia – Zintegrowane podejście do oceny projektowych zagrożeń i checklist dla pozwoleń budowlanych.

W ramach przeprowadzonych analiz szczególną uwagę należy zwrócić na **systemowe podejście Australii do oceny projektowych zagrożeń**, oparte na ugruntowanej kulturze bezpieczeństwa i zgodności w sektorach inżynierskich, budowlanych oraz wydobywczych. W australijskich standardach i wytycznych – takich jak publikacje **Safe Work Australia**, norma **AS/NZS 31000 Zarządzanie ryzykiem** oraz branżowe kodeksy postępowania – **listy kontrolne** pełnią funkcję narzędzia ustrukturyzowanego pozyskiwania dowodów i weryfikacji zgodności na każdym etapie cyklu życia projektu: od koncepcji i projektowania, poprzez zakupy i pozyskanie, budowę i rozruch, aż po eksploatację i wycofanie z użytkowania. Ich istotą jest rozbięcie ryzyka na kategorie i scenariusze – techniczne, organizacyjne, prawne, BHP, środowiskowe, finansowe oraz związane z interesariuszami – oraz przypisanie wymiernych kryteriów akceptacji. Dobrze skonstruowana lista kontrolna nie zastępuje klasycznych analiz ryzyka (np. **HAZID/HAZOP**, analiza typu **Bow-Tie**, **FMEA**), lecz stanowi **praktyczny interfejs**, wymuszając sprawdzenie krytycznych założeń projektowych, kompletności dokumentacji, adekwatności barier i zabezpieczeń oraz gotowości operacyjnej i planów reagowania na incydenty.

W projektach budowlanych i infrastrukturalnych australijskie checklisty łączą wymagania **Work Health and Safety (WHS)** z wymogami projektowymi (np. stateczność konstrukcji, dostępność, drogi ewakuacyjne) oraz środowiskowymi (hałas, pył, gospodarka odpadami), opierając się na **hierarchii środków kontroli ryzyka**: eliminacji, substytucji, rozwiązaniach technicznych, środkach organizacyjnych i ochronie indywidualnej. Kluczową cechą jest **audytowalność** – każda pozycja checklisty odwołuje się do wymogu normy, procedury lub prawa, wskazuje dowód (rysunek, obliczenie, certyfikat, test FAT/SAT), kryterium zaliczenia, osobę odpowiedzialną i datę przeglądu. W praktyce stosuje się **skalowanie szczegółowości**: krótsze listy bramkowe do przeglądów na kamieniach milowych (**gate reviews**) oraz pogłębione listy dziedzicowe (np. elektryka niskiego/wysokiego napięcia, automatyka i bezpieczeństwo funkcjonalne zgodnie z **AS/IEC 61511/61508**, geotechnika, pożarowe, ergonomia, dostępność wg **Disability Discrimination Act**). W obszarach wysokiego ryzyka listy są uzupełniane analizą scenariuszową i testami – np. izolacji energetycznej (**LOTO**), blokad procesowych, detekcji gazów, redundancji zasilania czy stateczności wykopów – a wyniki testów dołączane są do checklisty.

Dojrzałe organizacje australijskie prowadzą checklisty w sposób cyfrowy: są one wersjonowane, powiązane z rejestrem ryzyk oraz planami działań korygujących. Każda odpowiedź „nie” lub „nie dotyczy” wymaga uzasadnienia, a pozycje krytyczne mają przypisane terminy i właścicieli. To podejście umożliwia raportowanie wskaźników wyprzedzających (**leading indicators**) dla ryzyka – np. udziału otwartych pozycji krytycznych, średniego czasu domknięcia, odsetka wymagań zweryfikowanych testem. Praktyka podkreśla jednak, że sama lista nie może być jedynie „odhaczaniem dla odhaczenia”: skuteczność zależy od kompetencji zespołu, kultury otwartej dyskusji o ryzyku i jakości przeglądów międzyfunkcyjnych. Dlatego checklisty są łączone z warsztatami **HAZID** we wczesnych etapach oraz

bramkami projektowymi (koncepcja/Pre-FEED, FEED, projekt wykonawczy, dokumentacja do budowy – IFC), a także z przeglądami wykonawczymi (Pre-Start, Pre-Commissioning, Commissioning). Warto stosować zasadę **ALARP** (As Low As Reasonably Practicable) – w przypadku wysokiego ryzyka należy wykazać, że dalsza redukcja byłaby nieproporcjonalna do kosztu i świadomie uzasadniona.

Implementacyjnie zaleca się wykorzystanie narzędzi cyfrowych, np. systemów **EHSQ** (środowisko, zdrowie, bezpieczeństwo i jakość) lub prostszych repozytoriów z obiegiem zadań, aby zapewnić wersjonowanie, ścieżkę audytu i analitykę. Weryfikacja skuteczności checklist może obejmować mierniki jakości projektu: liczbę niezgodności w rozruchu, zmiany po wydaniu dokumentacji do budowy (IFC), poziom przeróbek, incydenty BHP oraz odchylenia kosztowo-harmonogramowe – przed i po wdrożeniu.

Australijska **lista kontrolna do składania wniosku o pozwolenie na budowę (DA/BA)** jest równie szczegółowa. Obejmuje nie tylko standardowe plany architektoniczne i dokumenty własności, lecz także analizy efektywności energetycznej, zarządzania wodą deszczową, oceny wpływu na środowisko i dziedzictwo, wizualizacje, diagramy zacienienia oraz raporty specjalistyczne (hałas, wiatr). Wymaga precyzyjnych rysunków elewacji i przekrojów, planów sytuacyjnych, opisów materiałowych oraz planów etapowania i logistyki inwestycji. Uwzględnia wytyczne **CPTED** (zapobieganie przestępczości przez projektowanie), zgodność z lokalnymi planami i standardami urbanistycznymi oraz dowody konsultacji społecznych.

Kluczowe elementy australijskiej checklisty DA/BA:


- Wypełniony formularz wniosku (online) i opłaty.
- Certyfikat tytułu własności i obciążenia.
- Plan sytuacyjny (1:100–1:200) z wymiarami.
- Rysunki elewacji/przekrojów i zestawienie materiałów.
- Raport efektywności energetycznej.
- Diagramy zacienienia i analiza wpływu na sąsiedztwo.
- Plan zarządzania wodą deszczową i odpadami.
- Kolorowe wizualizacje i widoki uliczne.
- Raporty specjalistyczne: hałas, wiatr, dziedzictwo.
- Plan etapowania robót i logistyka.

Warte implementacji w Polsce:

- Szczegółowe diagramy zacienienia i oceny wpływu na sąsiedztwo (komfort mieszkańców, prywatność, dostęp do światła).
- Raporty o hałasie i analizie oddziaływania wiatru dla wyższych budynków oraz gęstej zabudowy miejskiej.
- Wizualizacje kolorowe i widoki uliczne prezentujące rzeczywisty wpływ inwestycji na krajobraz i charakter miejsca.
- Plany zarządzania wodą deszczową i retencją na działce, uwzględniające rozwiązania błękitno-zielone (blue-green infrastructure).
- Wytyczne CPTED (Crime Prevention Through Environmental Design) – zapobieganie przestępczości poprzez odpowiednie projektowanie i zagospodarowanie przestrzeni.
- Szczegółowy plan etapowania i organizacji budowy (logistyka, minimalizacja uciążliwości dla sąsiadów i infrastruktury).
- Raporty i uzgodnienia dotyczące dziedzictwa kulturowego oraz audyty terenu przedinwestycyjnego, aby zminimalizować ryzyko kolizji z wartościami historycznymi i archeologicznymi.

Australijskie doświadczenia dowodzą, że **standaryzacja checklist** oraz integracja z procesami zarządzania

ryzykiem znacząco podnosi bezpieczeństwo, transparentność i efektywność projektów. Adaptacja tych rozwiązań w Polsce mogłaby wzmocnić ład projektowy, usprawnić wydawanie pozwoleń budowlanych i zminimalizować ryzyka związane z realizacją inwestycji.



FACT SHEET

Version 1.1

Development Application Checklist - Planning

Baseline documentation for development applications requiring planning consent

When development applications are lodged under the *Planning, Development and Infrastructure Act 2016*, baseline documentation may need to be provided with the application. Baseline documentation is required for any application that requires a planning consent. The documentation required depends on the type of development that is proposed and is outlined in Schedule 8 (Plans) of the *Planning, Development and Infrastructure Regulations 2017*. If an application is lodged without its required baseline documentation, the relevant authority may request additional information before proceeding further. Alternatively, a relevant authority may choose to waive the documentation requirement if it is deemed appropriate to do so.


If applying for both planning consent and building rules consent, some of the required documentation will be the same. Please refer to the Development Application Checklist – Building.

*Relevant authority - the decision-maker who assesses the development application. This could be an Assessment Manager from council, an independent accredited professional, State Planning Commission or relevant panel.

Key:
 Required
 May be requested

		Types of Development									
		New dwellings	Alterations Additions	Sheds	Garages Carports	Verandah Pergola	Swimming pools	Multi-unit housing	Mixed use development	Signs	
Document Type	Showing										
Application details		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Site plan drawn to scale, including appropriate bar and ratio scales, showing-	boundaries and dimensions	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	position of any existing or proposed building	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	minimum distance between the proposed building or structure and the front, side and rear boundaries of the site	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	location of any regulated tree on the site or on adjoining land	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	location and finished ground level at each end of any existing/proposed driveway and access point	✓	✓	✓	✓						
	location of car parking spaces on the site	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	north point	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

plan.sa.gov.au



Fact_Sheet_-_Development_application_checklist-2

Rys. 23 Oryginalny układ listy kontrolnej - dotyczącej Planu zagospodarowania - Australia.

Wymagania wdrożeniowe wynikające z regulacji i norm.

Niniejsza sekcja przedstawia porównanie wymagań wdrożeniowych związanych z regulacjami i normami w zakresie BIM w wybranych krajach: Niderlandów, Niemczech, Wielkiej Brytanii, Kanadzie oraz Australii. Analiza obejmuje ramy regulacyjne, standardy modelowania, wymagania dotyczące wspólnego środowiska danych (CDE) oraz specyfikę wdrożeniową.

Niderlandy przyjęły **podejście rynkowo-koordynacyjne**, w którym główną rolę odgrywają agencje publiczne (np. Rijkswaterstaat) oraz organizacje branżowe, takie jak BIM Loket. Brak centralnego obowiązku prawnego pozwala na stopniowe dostosowywanie wymagań w zależności od skali i charakteru inwestycji. Wytyczne obejmują stosowanie otwartych formatów danych (IFC, COINS) oraz dokumentów takich jak ILS czy CB-NL, co sprzyja interoperacyjności i elastyczności.

Niemcy reprezentują **model silnie normatywny i centralnie sterowany**, oparty na strategii *Stufenplan Digitales Planen und Bauen* oraz normach VDI 2552 i DIN SPEC 91391. Od 2020 r. wszystkie projekty infrastrukturalne finansowane publicznie muszą stosować BIM, a proces dokumentacyjny jest ściśle powiązany z HOAI. Formalizm niemieckiego systemu zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa prawnego i jakości danych, choć bywa krytykowany za ograniczanie innowacyjności w mniejszych projektach.

Wielka Brytania wdrożyła **najbardziej kompleksowy i spójny system regulacyjny**, wprowadzając już w 2016 r. obowiązek BIM Level 2 dla projektów publicznych. Standardy PAS/BS 1192 stały się podstawą norm ISO 19650. Szczególnym elementem brytyjskiego modelu jest koncepcja „złotej nici” (Golden Thread) wprowadzona po pożarze Grenfell Tower, łącząca bezpieczeństwo pożarowe i eksploatacyjne z cyfrową integralnością danych. Brytyjskie CDE pełni funkcję „jednego źródła prawdy” i jest ściśle powiązane z procesami zarządzania ryzykiem i odpowiedzialnością.

Kanada wyróżnia się **modelem zdecentralizowanym i adaptacyjnym**, wynikającym z federalnej struktury państwa. Brak ogólnokrajowego mandatu BIM powoduje, że prowincje (Ontario, Alberta, Quebec) oraz instytucje publiczne (PSPC, NRC) samodzielnie tworzą wymagania i standardy, często bazujące na CSA Z250 oraz wytycznych openBIM. CDE jest wykorzystywane nie tylko w projektach infrastrukturalnych, ale także w długofalowym zarządzaniu majątkiem publicznym, np. w sektorze zdrowia czy edukacji.

Australia natomiast prezentuje **model mieszany**, łączący podejście rynkowe z regulacyjnymi mechanizmami bezpieczeństwa i jakości. Choć nie ma ogólnokrajowego obowiązku stosowania BIM, wiele stanów (m.in. Nowa Południowa Walia, Wiktoria) wprowadziło własne wytyczne i checklisty. Wyjątkową cechą australijskiego podejścia jest silne powiązanie list kontrolnych i procesów projektowych z zasadami zarządzania ryzykiem (AS/NZS 31000) i bezpieczeństwem pracy (WHS). Checklisty projektowe i te związane z wnioskami budowlanymi (Development/Building Approval) mają charakter audytowalny i powiązany z dowodami dokumentacyjnymi (np. testy FAT/SAT, wizualizacje, raporty środowiskowe), co gwarantuje wysoką jakość wniosków i bezpieczeństwo eksploatacyjne obiektów. Integracja podejścia ALARP (As Low As Reasonably Practicable) oraz praktyk HAZID/HAZOP pozwala minimalizować ryzyko projektowe na wczesnych etapach inwestycji i stanowi element dobrej praktyki w zarządzaniu cyklem życia obiektów.

Porównanie wskazuje, że **Niemcy i Wielka Brytania** reprezentują model regulacyjno-normatywny (*top-down*), w którym wdrożenie BIM jest oparte na obowiązkach wynikających z prawa i norm technicznych. W Niemczech ciężar spoczywa na HOAI i VDI, a w Wielkiej Brytanii – na BS/PAS, ISO 19650 oraz mandatach rządowych. **Niderlandy i Kanada** stosują podejście bardziej rynkowe i elastyczne (*bottom-up*), w którym standardy openBIM i procedury administracyjne są rozwijane w odpowiedzi na potrzeby rynku oraz inicjatywy publiczne. **Australia** plasuje się pośrodku – nie wprowadziła ogólnokrajowego mandatu, lecz poprzez checklisty i standardy bezpieczeństwa zapewnia wysoki poziom kontroli jakości i zgodności.

Kluczową różnicą pozostaje **stopień centralizacji i obowiązkowości regulacji** – od silnie sformalizowanych (Niemcy, Wielka Brytania), przez mieszane (Australia), po rozproszone i adaptacyjne (Kanada, częściowo Niderlandy). We wszystkich krajach widoczna jest **konwergencja do ISO 19650**, co sprzyja globalnej współpracy projektowej, ułatwia transfer dobrych praktyk oraz standaryzuje procesy BIM na arenie międzynarodowej. Dla Polski oznacza to konieczność wyboru strategii wdrożenia BIM, która połączy zgodność z międzynarodowymi normami z elastycznością dostosowania do krajowych realiów prawnych i administracyjnych.

Porównanie standardów projektowych BIM – Niderlandy, Niemcy, Wielka Brytania, Kanada

Kraj	Ramy regulacyjne	Standardy modelowania	Wymagania CDE	Specyfika wdrożeniowa
Niderlandy	Brak centralnego mandatu BIM, ale procedura Omgevingsvergunning określa ramy formalne dla dokumentacji.	Promowanie openBIM (IFC, BCF) oraz wykorzystanie norm ISO 19650.	CDE rekomendowane, ale nie obligatoryjne; silna rola platform cyfrowych (Omgevingsloket online).	Uprozczone procesy, cyfryzacja dokumentacji, elastyczne podejście rynkowe.
Niemcy	HOAI (fazy LPH), wytyczne rządowe BMVI; obowiązkowe BIM w zamówieniach publicznych od 2020.	Normy VDI 2552, DIN EN ISO 19650; wysoki poziom formalizacji modeli.	CDE obowiązkowe w projektach publicznych, ściśle określone standardy wymiany danych.	Wysoka złożoność wdrożeń; konieczność stosowania się do HOAI i szczegółowych wymagań technicznych.
Wielka Brytania	Mandat BIM Level 2 (od 2016) w zamówieniach publicznych; plan konwergencji do ISO 19650.	Normy BS/PAS 1192, obecnie zharmonizowane z ISO 19650; koncepcja „Golden Thread”.	CDE obowiązkowe w procesach publicznych; wymagane zgodnie z BS/PAS 1192.	Dwustopniowy proces (planning permission + building regulations); wysoki nacisk na transparentność i bezpieczeństwo.
Kanada	Brak mandatu krajowego, regulacje prowincjonalne; stosowane standardy CSA (np. Z250).	Wdrażane ISO 19650, ale rozproszone między prowincje; dominacja IFC i własnych wytycznych instytucji publicznych.	CDE wdrażane głównie w dużych projektach publicznych i infrastrukturalnych; brak spójnego standardu federalnego.	Fragmentaryczne wdrożenia, duże zróżnicowanie regionalne; integracja BIM z GIS.
Australia	Brak ogólnokrajowego mandatu; regulacje stanowe i branżowe (Safe Work Australia, WHS).	AS/NZS 31000 (zarządzanie ryzykiem), ISO 45001 (BHP), checklisty DA/BA, standardy projektowe zgodne z ALARP i HAZOP/HAZID.	Checklisty powiązane z dowodami dokumentacyjnymi (FAT/SAT, wizualizacje, raporty środowiskowe); audytowalność.	Model mieszany – wysoka kultura bezpieczeństwa i zgodności, checklisty projektowe i budowlane, integracja ryzyka i jakości, brak ogólnokrajowego mandatu BIM.

T.7 Tabela zbiorcza Porównanie standardów projektowych BIM – Niderlandy, Niemcy, Wielka Brytania, Kanada

Niniejsze zestawienie tabelaryczne prezentuje syntetyczne porównanie ram regulacyjnych, standardów modelowania, rozwiązań w zakresie wspólnego środowiska danych (CDE) oraz faz dokumentacji w czterech krajach: Niderlandy, Niemczech, Wielkiej Brytanii i Kanadzie. Tabela ma charakter podsumowujący, natomiast pod nią zamieszczono komentarz analityczny, który wskazuje na kluczowe podobieństwa i różnice między omawianymi systemami.

Kraj	Ramy regulacyjne	Standardy modelowania	Wymagania CDE	Fazy dokumentacji / Specyfika wdrożeniowa
Niderlandy	Brak centralnego mandatu BIM, procedura Omgevingsvergunning określa formalne wymagania dokumentacyjne.	openBIM (IFC, BCF), dostosowanie do ISO 19650 .	CDE zalecane, ale nieobowiązkowe; wykorzystanie platform cyfrowych Omgevingsloket online .	Elastyczne podejście, cyfryzacja procesów administracyjnych, nacisk na współpracę rynkową i innowacyjność.

Niemcy	HOAI (fazy LPH), strategia Stufenplan Digitales Planen und Bauen , obowiązkowe BIM w projektach publicznych od 2020.	VDI 2552, DIN EN ISO 19650, DIN SPEC 91391 ; wysoki poziom formalizacji.	CDE obowiązkowe w projektach publicznych; ściśle określone standardy wymiany danych.	Fazy dokumentacji wg HOAI (Grundlagenermittlung, Vorplanung, Entwurfsplanung itd.); wysokie wymagania jakościowe, formalizm i centralne sterowanie wdrożeniami.
Wielka Brytania	Mandat BIM Level 2 (od 2016), strategia Digital Built Britain , powiązanie z Building Safety Act i koncepcją „Golden Thread”.	BS/PAS 1192 (obecnie ISO 19650), narzędzia EIR i BEP.	CDE obowiązkowe w projektach publicznych; definiowane w BS/PAS 1192 i ISO 19650.	System RIBA Plan of Work (Strategic Definition → Use); nacisk na transparentność, bezpieczeństwo i cyfrową ciągłość danych.
Kanada	Brak mandatu krajowego, regulacje prowincjonalne (Infrastructure Ontario, PSPC); standardy CSA Z250 .	Adaptacja ISO 19650 , openBIM (IFC); wytyczne kontraktowe i prowincjonalne.	CDE stosowane w dużych projektach publicznych i infrastrukturalnych; brak jednolitego standardu federalnego.	Elastyczne podejście; zróżnicowanie regionalne, integracja BIM z GIS; stopniowa harmonizacja w kierunku norm międzynarodowych.
Australia	Regulacje stanowe, Safe Work Australia , przepisy WHS ; brak centralnego mandatu BIM.	AS/NZS 31000 (zarządzanie ryzykiem), ISO 45001 , checklisty DA/BA, podejście ALARP.	CDE zalecane; checklisty projektowe i budowlane powiązane z dowodami (FAT/SAT, wizualizacje, raporty).	Silna kultura bezpieczeństwa i zgodności; wdrożenia oparte na audytach, listach kontrolnych i ocenie ryzyka; integracja BHP z procesami projektowymi i eksploatacyjnymi.
T.8 Tabela zbiorcza - Analiza porównawcza BIM				

Analiza porównawcza wskazuje, że Wielka Brytania i Niemcy reprezentują model bardziej regulacyjny, w którym wdrożenie BIM jest oparte na obowiązkach wynikających z prawa, rządowych mandatów i precyzyjnych norm technicznych. W Niemczech kluczowe znaczenie ma HOAI oraz VDI 2552, a w Wielkiej Brytanii – BS/PAS 1192, ISO 19650 i koncepcja Golden Thread, zapewniająca ciągłość danych projektowych i eksploatacyjnych.

Z kolei Niderlandy, Kanada i Australia stosują bardziej elastyczne, rynkowe podejście. Niderlandy stawia na otwarte standardy i cyfryzację procedur administracyjnych (Omgevingsvergunning), Kanada rozwija BIM poprzez inicjatywy prowincjonalne oraz budowanie konsensusu między sektorem publicznym i prywatnym, a Australia kładzie nacisk na zarządzanie ryzykiem, bezpieczeństwo i audytowalne listy kontrolne (Safe Work Australia, AS/NZS 31000, DA/BA checklists).

Pod względem **wymagań dotyczących wspólnego środowiska danych (CDE)**, **Wielka Brytania i Niemcy** traktują je jako **wymóg kontraktowy**, wprost powiązany z publicznymi zamówieniami i obowiązującymi normami (BS/PAS 1192, ISO 19650 oraz HOAI i VDI 2552). W projektach tych państw CDE jest postrzegane nie tylko jako narzędzie techniczne, ale jako kluczowy proces organizacyjny zapewniający spójność informacji i możliwość audytu. W **Niderlandach, Kanadzie i Australii** rozwiązania CDE nie są odgórnie narzucone – funkcjonują jako rekomendowane praktyki branżowe, które mimo braku formalnego przymusu stały się de facto standardem w dużych projektach publicznych i prywatnych. W Australii przykładowo CDE jest zintegrowane z listami kontrolnymi oceny ryzyka oraz procedurami WHS, co podnosi poziom odpowiedzialności i bezpieczeństwa projektów.

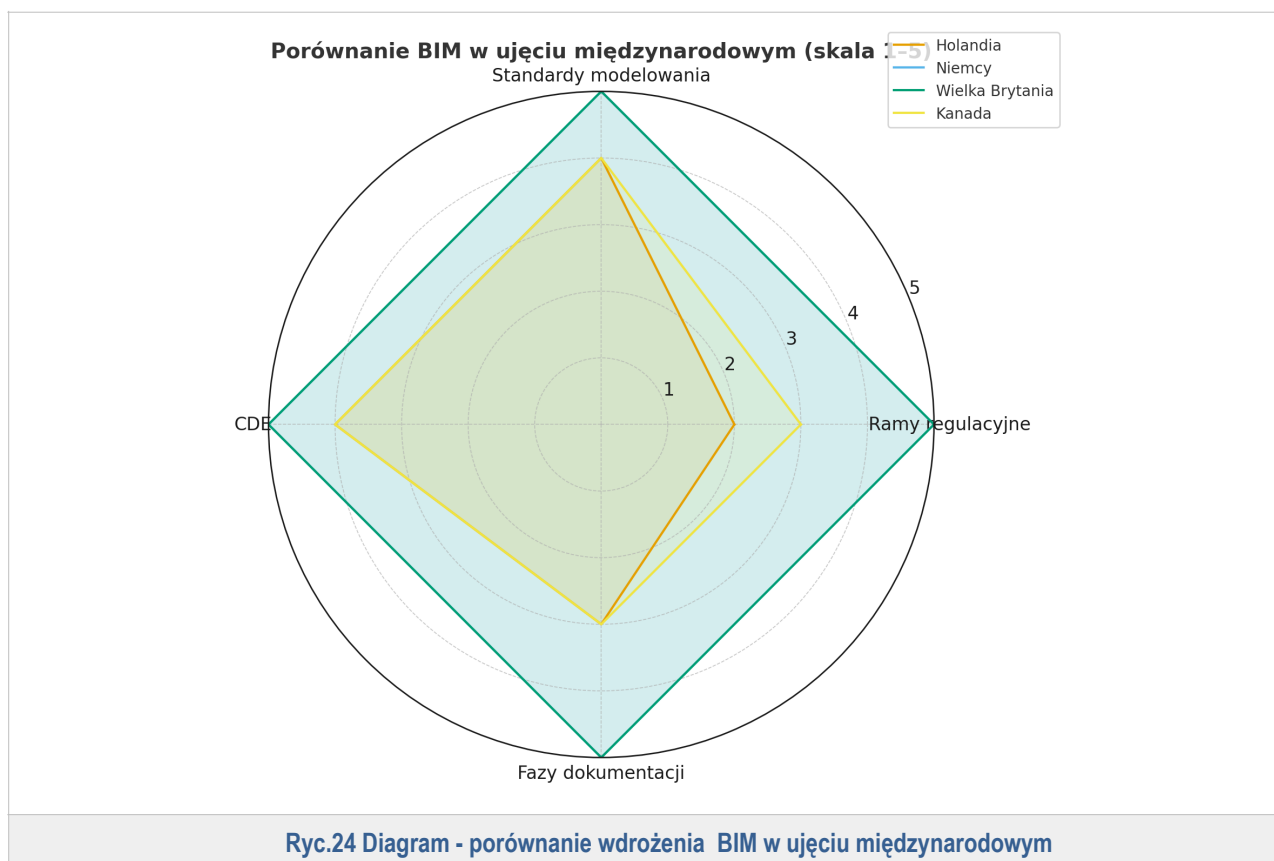
W odniesieniu do **faz dokumentacji**, **Niemcy (HOAI) i Wielka Brytania (RIBA Plan of Work)** oferują **spójne, szczegółowe i powszechnie stosowane struktury etapów projektowych**, co znacząco ułatwia koordynację międzybranżową i przewidywalność procesu inwestycyjnego. W **Niderlandach, Kanadzie i Australii** podejście jest

bardziej **adaptacyjne i elastyczne**, co sprzyja innowacyjności oraz dopasowaniu do lokalnych potrzeb, ale może prowadzić do większego zróżnicowania praktyk między regionami czy jednostkami administracyjnymi.

Podsumowując, obserwujemy **postępującą harmonizację międzynarodową** w zakresie BIM wokół norm **ISO 19650**, przy jednoczesnym zachowaniu lokalnych specyfik i różnic wynikających z tradycji prawnych oraz kultury organizacyjnej. **Wielka Brytania** i **Niemcy** wyznaczają kierunki dla **formalnego, regulacyjno-normatywnego podejścia**, natomiast **Niderlandy, Kanada i Australia** demonstrują **modele pluralistyczne i rynkowe**, które wspierają interoperacyjność, bezpieczeństwo oraz innowacyjność w procesach inwestycyjnych.

Wykres radarowy ilustruje różnice w poziomie dojrzałości wdrożeń BIM w pięciu analizowanych krajach, ocenione w skali od 1 do 5. **Niemcy** oraz **Wielka Brytania** wyraźnie dominują we wszystkich kategoriach, potwierdzając swoją rolę liderów. Wielka Brytania zawdzięcza wysoką punktację konsekwentnemu wdrożeniu BIM Level 2 w zamówieniach publicznych oraz rozwinięciu standardów BS/PAS, które stały się podstawą ISO 19650. **Niemcy** opierają swój model na HOAI oraz serii VDI, co pozwala na ścisłą kontrolę procesów projektowych i obowiązkowe stosowanie CDE. **Niderlandy** plasują się niżej pod względem formalnych ram regulacyjnych, lecz nadrabiają wysoką interoperacyjnością i zaawansowaną cyfryzacją procedur. **Kanada** zajmuje pozycję pośrednią – jej mocne strony to przyjęcie normy CSA Z250 i integracja BIM z GIS, choć brak centralnej standaryzacji faz dokumentacji ogranicza spójność. **Australia**, mimo braku ogólnokrajowego mandatu BIM, wykazuje wysoki poziom praktycznej dojrzałości w obszarze zarządzania ryzykiem, kultury bezpieczeństwa i stosowania list kontrolnych (DA/BA), co sprawia, że skutecznie minimalizuje ryzyka projektowe i operacyjne.

Wniosek: Radar potwierdza, że **Niemcy i Wielka Brytania** reprezentują model **regulacyjno-normatywny (top-down)**, podczas gdy **Niderlandy, Kanada i Australia** stosują **model pluralistyczny i rynkowy (bottom-up)**. W obu podejściach obserwujemy konwergencję w stronę **ISO 19650**, jednak różnice w regulacjach, kulturze prawnej i strukturze administracyjnej pozostają kluczowe.

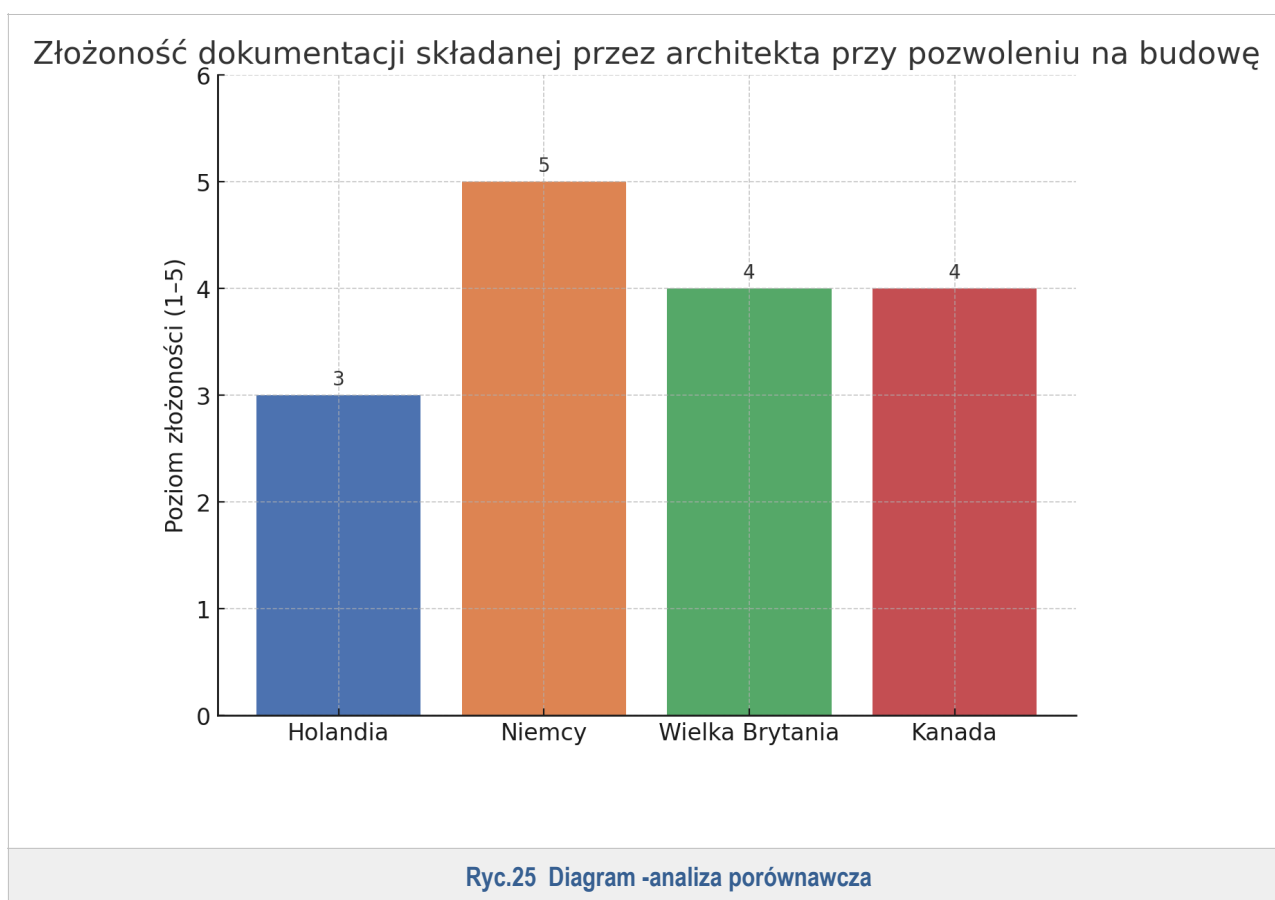


Analiza porównawcza czterech krajów wskazuje na istotne różnice w zakresie szczegółowości i zakresu dokumentacji projektowej, jaką architekt musi przygotować w procesie uzyskiwania pozwolenia na budowę.

Niemcy (5/5 – najwyższa złożoność)

Głównym źródłem regulacji jest system **HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure)**, który precyzyjnie określa zakres obowiązków projektanta i standardy dokumentacyjne. W fazie **Leistungsphase 4 – Genehmigungsplanung** architekt zobowiązany jest do przygotowania **szczegółowych rysunków budowlanych, opisów technicznych, obliczeń statycznych oraz dokumentacji zgodności z obowiązującymi normami (DIN, VDI)**. Każdy element dokumentacji podlega weryfikacji przez administrację i często dodatkowe organy (np. straż pożarna, służby środowiskowe).

Efekt: proces biurokratyczny jest **czasochłonny i wymagający wysokich nakładów pracy**, ale gwarantuje **wysoką transparentność, jednoznaczną odpowiedzialność prawną** oraz **minimalizację ryzyka sporów na późniejszych etapach**.



Wielka Brytania (4/5 – wysoka złożoność, proces dwustopniowy)

Procedura uzyskania pozwolenia na budowę jest podzielona na dwa główne etapy:

- **Planning Permission** – obejmuje ocenę urbanistyczną, estetyczną i środowiskową projektu, w tym konsultacje społeczne i zgodność z planami miejscowymi.
- **Building Regulations Approval** – dotyczy zgodności technicznej, bezpieczeństwa konstrukcji, dostępności oraz efektywności energetycznej.

Architekt przygotowuje **osobne zestawy dokumentacji** dla obu etapów, co znacząco zwiększa obciążenie formalne. **Wysoki poziom złożoności** wynika z **rozbudowanych konsultacji społecznych** i **szczegółowych procedur planistycznych**, które mają na celu ochronę interesu publicznego oraz jakości przestrzeni.

Kanada (4/5 – wysoka złożoność, zależna od prowincji)

W Kanadzie brak jest **jednolitego systemu federalnego**, a wymagania są ustalane na poziomie prowincji i często dodatkowo modyfikowane przez samorzady lokalne. W największych ośrodkach (np. **Toronto, Vancouver**) dokumentacja obejmuje:

- Szczegółowe rysunki techniczne,
- Raporty środowiskowe i analizy mobilności,
- Obliczenia konstrukcyjne i raporty bezpieczeństwa pożarowego,
- Często również **konsultacje z różnymi organami regulacyjnymi** (planowanie, straż pożarna, zdrowie publiczne, transport).

Taka struktura sprawia, że proces jest **rozproszony i wymagający dostosowań**, co zwiększa czas i koszty przygotowania dokumentacji, ale pozwala na **lepsze dopasowanie do lokalnych warunków i potrzeb społecznych**.

Niderlandy (3/5 – umiarkowana złożoność)

Procedura **Omgevingsvergunning** (pozwolenie środowiskowo-budowlane) jest mniej sformalizowana niż w Niemczech czy Kanadzie. Koncentruje się głównie na:

- Zgodności z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego,
- Podstawowych wymogach technicznych i środowiskowych,
- Zapewnieniu dostępności i bezpieczeństwa użytkowania.

Kluczową rolę odgrywa **platforma cyfrowa Omgevingsloket online**, która **upraszcza procedurę i redukuje konieczność składania wielu dokumentów papierowych**. To **pragmatyczne podejście**, łączące minimalne wymagania formalne z cyfryzacją, przyspiesza proces weryfikacji i zmniejsza koszty.

Podsumowanie analityczne

- **Najwyższy poziom formalizmu i szczegółowości: Niemcy** – ściśle powiązanie dokumentacji z **HOAI**, silna kultura prawna oraz obowiązek weryfikacji przez liczne organy.
- **Proces najbardziej obciążający formalnie: Wielka Brytania i Kanada** – dwustopniowość procedur i zróżnicowanie lokalne wymagają dodatkowych przygotowań i koordynacji.
- **Najbardziej pragmatyczne podejście: Niderlandy** – cyfryzacja (Omgevingsloket) i uproszczone procedury ograniczają koszty oraz skracają czas przygotowania dokumentacji.

Wniosek: Poziom skomplikowania dokumentacji projektowej jest bezpośrednio powiązany z kulturą prawną i strukturą administracyjną:

- **Systemy formalistyczne** (Niemcy) wymagają rozbudowanych opracowań, zapewniając jednak **wysoką pewność prawną**.
- Systemy zdecentralizowane (Kanada) generują różnorodność wymagań i większe obciążenie adaptacyjne.
- Systemy pragmatyczne i cyfrowe (Niderlandy) koncentrują się na efektywności procesu, wspierając innowacje i niższe koszty administracyjne.

Australia (3–4/5 – umiarkowana do wysokiej złożoności, zależna od stanu/terytorium)

W Australii **brak centralnego, federalnego systemu BIM** i wymogów dla dokumentacji budowlanej – procesy są regulowane na poziomie stanów oraz terytoriów (np. Nowa Południowa Walia, Australia Południowa, Queensland). Każdy stan ustala własne **Development Application Checklists (DA)** oraz **Building Approval Checklists (BA)**, często dostępne online (np. **PlanSA** w Australii Południowej). Kluczowe elementy dokumentacji obejmują:

- Formularz wniosku DA/BA i stosowne opłaty,
- Dowód własności i obciążeń hipotecznych,
- Rysunki sytuacyjne i plan zagospodarowania (skale 1:100–1:200) z opisem sąsiedztwa,
- Rysunki elewacji i przekrojów z wymiarami oraz zestawienie materiałów,
- **Raport efektywności energetycznej** i zgodności z **NatHERS** (National House Energy Rating Scheme),
- Plany zarządzania wodą deszczową i odpadami,
- Analizy zacielenia, wizualizacje oraz raporty specjalistyczne (hałas, wiatr, wpływ na dziedzictwo kulturowe),
- **Wytyczne CPTED** (Crime Prevention Through Environmental Design),
- Plan etapowania budowy i logistyki inwestycji,
- Dowody konsultacji społecznych lub uzgodnień branżowych w przypadku projektów wrażliwych środowiskowo.

Specyfika:

- **Zróżnicowanie regionalne** – wymagania i formularze różnią się między stanami, co wymaga od architektów i inżynierów dużej elastyczności.
- **Silny nacisk na zrównoważony rozwój i bezpieczeństwo** – dokumentacja musi uwzględniać efektywność energetyczną, gospodarkę wodną oraz analizę wpływu na środowisko i społeczność.
- **Cyfryzacja procesów** – wiele stanów wdrożyło **platformy online** (np. PlanSA), co zwiększa przejrzystość, skraca czas procedur i minimalizuje papierowy obieg dokumentów.
- **Integracja z oceną ryzyka projektowego** – listy kontrolne w DA/BA są powiązane z australijskimi standardami zarządzania ryzykiem (AS/NZS 31000) oraz wytycznymi **Safe Work Australia**, co pozwala na wcześniejsze wykrywanie zagrożeń w fazie projektowania.

Efekt: Proces uzyskiwania pozwolenia na budowę w Australii jest **umiarkowanie do wysoko złożony** – mniej formalistyczny niż w Niemczech, ale bardziej szczegółowy niż w Niderlandach. Zapewnia wysoki poziom **transparentności, bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju**, jednocześnie pozostawiając przestrzeń na innowacje i dostosowanie do lokalnych warunków.

3.8. Podsumowanie.

Analiza porównawcza modeli regulacyjnych, standardów modelowania i praktyk dotyczących wspólnego środowiska danych (CDE) w Niderlandy, Niemczech, Wielkiej Brytanii, Kanadzie oraz Australii pozwala sformułować wnioski istotne dla rozwoju krajowego ekosystemu BIM. Wnioski te mają znaczenie zarówno dla kształtowania polityki publicznej, jak i dla praktyki projektowej, w tym architektów, inżynierów oraz inwestorów publicznych i prywatnych.

1. Wnioski z analizy międzynarodowej

- **Model regulacyjno-normatywny (Niemcy, Wielka Brytania)** zapewnia wysoką spójność procesów, transparentność i bezpieczeństwo prawne, ale wiąże się z dużym obciążeniem biurokratycznym i czasochłonnością procedur.
- **Model pluralistyczny i elastyczny (Niderlandy, Kanada, Australia)** sprzyja innowacyjności, interoperacyjności i szybkiemu reagowaniu na zmiany technologiczne, ale niesie ryzyko fragmentacji i braku jednolitej praktyki w skali kraju.
- We wszystkich analizowanych krajach obserwuje się **konwergencję do norm ISO 19650**, które stają się międzynarodowym językiem wymiany danych i współpracy międzybranżowej.
- **Australijskie doświadczenia** podkreślają rolę systemowych list kontrolnych (checklist) oraz kultury bezpieczeństwa, które umożliwiają redukcję ryzyka projektowego i zwiększenie jakości dokumentacji – elementy te są w Polsce niedostatecznie rozwinięte.

- **Cyfryzacja procedur administracyjnych** (Niderlandy – *Omgevingsloket online*, Australia – *PlanSA*) skraca czas procesów i redukuje koszty, jednocześnie zwiększając transparentność.

Rekomendacje do wdrożenia – poziom systemowy (regulacyjny i instytucjonalny)

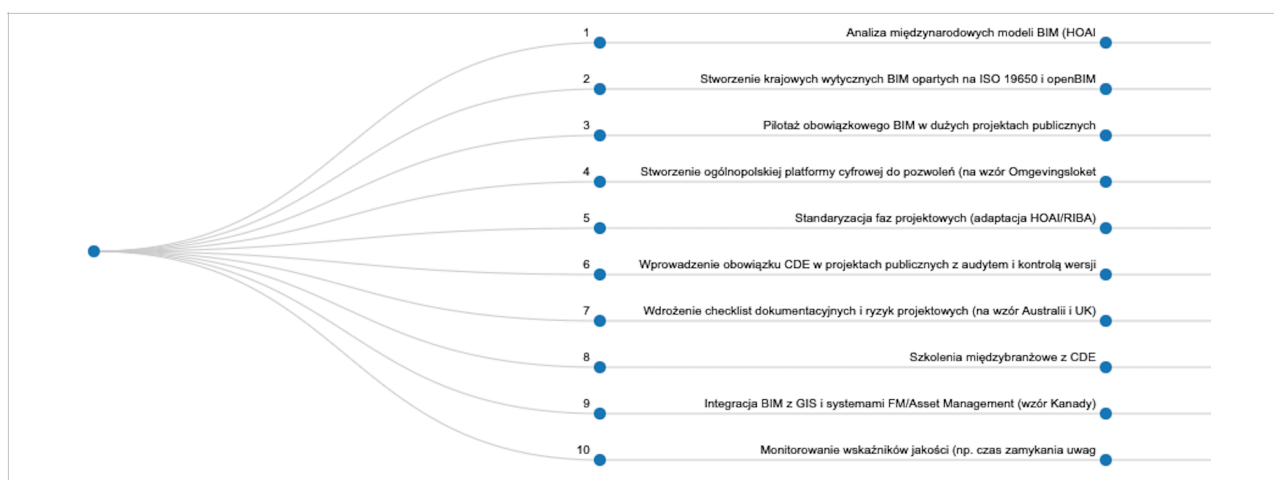
- **Wprowadzenie ogólnokrajowych wytycznych BIM** opartych na **ISO 19650**, z możliwością elastycznego dostosowania do specyfiki branż.
- **Stopniowe wdrażanie obowiązkowego BIM** w zamówieniach publicznych – początkowo w dużych projektach infrastrukturalnych i budowlanych, wzorem Niemiec i Wielkiej Brytanii.
- **Cyfryzacja procesu pozwoleń budowlanych** – stworzenie ogólnopolskiej platformy online wzorowanej na **Omgevingsloket** i **PlanSA**, umożliwiającej składanie dokumentacji elektronicznej, jej weryfikację oraz integrację z lokalnymi planami zagospodarowania przestrzennego.
- **Standaryzacja dokumentacji i faz projektowych** – adaptacja struktur zbliżonych do **HOAI** lub **RIBA Plan of Work**, ale uproszczonych i dostosowanych do polskich realiów prawnych i organizacyjnych.
- **Zintegrowane wytyczne CDE** – wprowadzenie wymogu stosowania wspólnego środowiska danych w projektach publicznych, z jasno określonymi zasadami audytu i kontroli wersji.

Rekomendacje do wdrożenia – poziom operacyjny (praktyka projektowa i edukacja)

- **Wdrożenie systemowych list kontrolnych (checklist)** wzorowanych na praktykach australijskich i brytyjskich:
 - Checklista dokumentacyjna dla pozwoleń budowlanych (rysunki, analizy środowiskowe, wizualizacje, zarządzanie wodą deszczową, raporty o hałasie i wietrze, wytyczne CPTED).
 - Checklista zarządzania ryzykiem projektowym (krytyczne założenia projektowe, bariery bezpieczeństwa, plany awaryjne, MOC – *Management of Change*).
- **Szkolenia międzybranżowe** z obsługi CDE, przygotowywania BEP (*BIM Execution Plan*) i stosowania otwartych standardów (IFC, BCF).
- **Promowanie projektowania pod kątem bezpieczeństwa (Design for Safety)** – przesunięcie identyfikacji zagrożeń do wczesnych faz projektowych, aby ograniczyć koszty i ryzyka wykonawcze.
- **Integracja BIM z GIS i systemami zarządzania majątkiem** – wzorem Kanady, aby zwiększyć efektywność eksploatacji i utrzymania infrastruktury.
- **Monitorowanie wskaźników wyprzedzających jakości projektu** (np. liczba otwartych pozycji krytycznych, czas domknięcia uwag, odsetek zweryfikowanych wymagań) w celu podnoszenia efektywności i transparentności.

Wnioski końcowe

- Polska powinna przyjąć **hybrydowe podejście** – łączące **formalny nadzór i minimalne standardy** (wzorem Niemiec i Wielkiej Brytanii) z **elastycznością i innowacyjnością** charakterystyczną dla Niderlandy, Kanady i Australii.
- Kluczowe jest **połączenie regulacji prawnych z cyfryzacją procedur** oraz **aktywną współpracą branżową** (organizacje zawodowe, uczelnie techniczne, inwestorzy publiczni i prywatni).
- Adaptacja najlepszych praktyk – takich jak **Golden Thread** (UK), **HOAI** (Niemcy), **openBIM** (Niderlandy), **CSA Z250** (Kanada) oraz **rozbudowane checklisty DA/BA** (Australia) – może znacząco zwiększyć efektywność, bezpieczeństwo i przejrzystość procesów inwestycyjnych w Polsce.



Ryc.26 Diagram - rekomendowane kroki wdrożeniowe BIM dla Polski

4. ROZDZIAŁ - PROCES PROJEKTOWY I GENEZA RYZYKA PROJEKTOWEGO W ARCHITEKTURZE.

4.1. Fazy: koncepcja, projekt zagospodarowania terenu, projekt architektoniczno-budowlany, projekt techniczny, interfejsy branżowe.

Proces projektowy w polskim systemie regulacyjnym ma charakter sekwencyjno-iteracyjny – etapy następują po sobie w porządku logicznym, przy jednoczesnej możliwości powrotu do wcześniejszych decyzji, gdy ujawniają się nowe uwarunkowania, uzgodnienia bądź błędy (Prawo budowlane [PB], 1994/2023; Rozporządzenie w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [R-PB], 2020/2023; Warunki Techniczne [WT], 2024). W typowym ujęciu wyróżnia się pięć zasadniczych faz: koncepcję, projekt zagospodarowania terenu (PZT), projekt architektoniczno-budowlany (PAB), projekt techniczny (PT) oraz zarządzanie interfejsami międzybranżowymi. Każda faza posiada jasno określony cel, poziom szczegółowości informacji i oczekiwane produkty, a także własny profil ryzyka. Spójność międzyfazowa wymaga konsekwentnego stosowania PB, WT i R-PB oraz zarządzania informacją w środowisku CDE zgodnie z PN-EN ISO 19650 (ISO 19650-1, 2018; ISO 19650-2, 2018).

Koncepcja. Koncepcja wyznacza ramy funkcjonalno-przestrzenne i techniczne inwestycji, zwykle w oparciu o PFU²¹². Na tym etapie ocenia się zgodność zamierzenia z dokumentami planistycznymi (MPZP²¹³ lub – w razie braku – decyzją WZ²¹⁴) oraz identyfikuje wymagania środowiskowe, w tym potrzebę przeprowadzenia OOS²¹⁵ i uzyskania decyzji środowiskowej (Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [UPZP], 2003/2023; Ustawa o ocenach oddziaływania na środowisko [UOOS], 2008/2023). Równolegle weryfikuje się dostępność komunikacyjną, możliwości przyłączeniowe do sieci oraz ograniczenia wynikające z WT, obejmujące m.in. dostępność, ewakuację, bezpieczeństwo pożarowe, wymagania higieniczno-sanitarne i energetyczne (WT, 2024). Kluczowe ryzyka dotyczą niezgodności planistycznych, błędnej kwalifikacji środowiskowej oraz niepewności technologicznej przekładającej się na koszty i harmonogram (PB, 1994/2023).

Projekt zagospodarowania terenu (PZT). PZT materializuje założenia koncepcji w odniesieniu do konkretnej działki: określa sytuowanie obiektów, powiązania komunikacyjne (w tym zjazdy i drogi pożarowe), odwodnienie i retencję, sieci uzbrojenia oraz układ zieleni. Integruje uzgodnienia z gestorami (woda/kanalizacja, energia, gaz, ciepło, telekom),

²¹² PFU – Program funkcjonalno-użytkowy

²¹³ MPZP – Miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego

²¹⁴ WZ – Decyzja o warunkach zabudowy

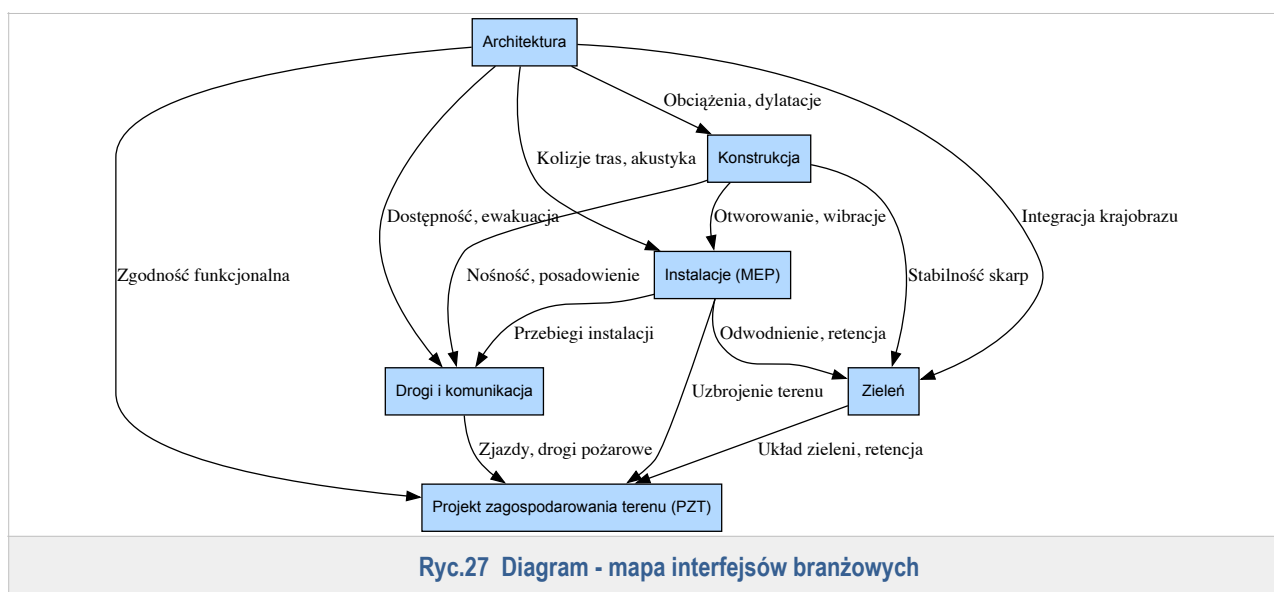
²¹⁵ OOS – Ocena oddziaływania na środowisko

zarządcami dróg i właściwymi organami (ochrona środowiska, konserwator zabytków) (R-PB, 2020/2023; WT, 2024). Prawdopodobnie opracowany PZT minimalizuje ryzyko późniejszych zmian w PAB i PT, w szczególności kolizji funkcjonalnych, konieczności przebudowy sieci oraz dodatkowych procedur administracyjnych (PB, 1994/2023).

Projekt architektoniczno-budowlany (PAB). PAB stanowi podstawę do uzyskania pozwolenia na budowę. Dokumentuje zasadnicze rozwiązania architektoniczne i budowlane – układ przestrzenny, główne parametry konstrukcyjne, wstępne rozwiązania instalacyjne – zapewniając ich zgodność z PB, R-PB i WT (PB, 1994/2023; R-PB, 2020/2023; WT, 2024). Ryzyka typowe obejmują niespójność z PZT, braki formalne i materiałowe w dokumentacji, błędną interpretację WT lub przepisów szczególnych oraz niedostateczną koordynację międzybranżową.

Projekt techniczny (PT). PT rozwija rozwiązania do poziomu wykonawczego: zawiera specyfikacje materiałowe i technologiczne, obliczenia, detale konstrukcyjne oraz zestawienia elementów budowlanych i instalacyjnych. Zaleca się pracę w środowisku CDE z kontrolą statusów publikacji (WIP²¹⁶ → Shared → Published/Record) i regularną weryfikacją kolizji (clash detection²¹⁷) zgodnie z ISO 19650 (ISO 19650-2, 2018). Najczęstsze ryzyka dotyczą kolizji systemów, błędów informacyjnych, niedopasowania poziomów LOD/LOI²¹⁸ oraz niedoszacowania wpływu zmian na koszty i harmonogram (R-PB, 2020/2023; WT, 2024).

Interfejsy międzybranżowe. Interfejsy są głównym generatorem ryzyka, łącząc wymagania wielu dyscyplin. Krytyczne punkty obejmują: Architektura–Konstrukcja (modularność, dylatacje, obciążenia), Architektura–MEP²¹⁹ (kolizje tras, akustyka, BHP, ppoż.), Konstrukcja–MEP (otworowanie, przebiegi kanałów i koryt kablowych, wibracje) oraz PZT–sieci zewnętrzne–drogi (WT, 2024; PB, 1994/2023). Skuteczne zarządzanie wymaga cyklicznych publikacji w CDE, uzgodnionych poziomów LOD/LOI, rejestru kolizji i decyzji oraz przeglądów interferencyjnych.



Ryc.27 Diagram - mapa interfejsów branżowych

Mapa interfejsów branżowych

diagram sieciowy) – pokazująca relacje i punkty styku między architekturą, konstrukcją, instalacjami (MEP), drogami, zielenią oraz PZT. Każdy węzeł diagramu może przedstawiać fazę projektu, a krawędzie – interfejsy krytyczne.

²¹⁶ WIP – Work in Progress

²¹⁷ Clash detection – procedura wykrywania kolizji międzybranżowych w modelu BIM.

²¹⁸ LOD/LOI – Level of Development/Level of Information – poziom szczegółowości i informacji modelu BIM.

²¹⁹ MEP – Mechanical, Electrical, Plumbing – instalacje mechaniczne, elektryczne i sanitarne.

Węzły: reprezentują główne branże/fazy – Architektura, Konstrukcja, Instalacje (MEP), Drogi i komunikacja, Zieleń oraz PZT.

Krawędzie: wskazują **interfejsy krytyczne** (np. *Architektura–MEP* dla kolizji tras i akustyki, *Drogi–PZT* dla zjazdów i dróg pożarowych).

Kolory węzłów: różne kolory ułatwiają szybkie rozróżnienie branż.

Wnioski: największe natężenie interfejsów jest między Arch.–Konstr.–MEP; tu potrzebne są najczęstsze przeglądy i kontrola kolizji. PT integruje wiele zależności, więc warto planować tam kamienie milowe jakości.

Proponowany - Wzór na obliczenie ryzyka w projekcie budowlanym

Poniżej przedstawiono uproszczony wzór na obliczenie ryzyka w trakcie sporządzania projektu budowlanego. Może on służyć jako baza do analizy zagrożeń na etapie projektowym.

$$R = \sum (P_i \times S_i \times W_i)$$

Gdzie:

- **R** – całkowite ryzyko projektu, wyrażone w wartościach względnych lub punktowych (im wyższe R, tym większe zagrożenie dla sukcesu projektu).
- **P_i** – prawdopodobieństwo wystąpienia i-tego ryzyka, oceniane w skali od 0 do 1²²⁰.
- **S_i** – skutek (strata) w przypadku wystąpienia i-tego ryzyka, mierzony np. w kosztach, czasie lub wpływie na jakość²²¹.
- **W_i** – waga lub znaczenie danego ryzyka w kontekście całego projektu, oceniane np. w skali od 0 do 1 lub od 1 do 10²²².

Przykładowe czynniki ryzyka (i):

- Błąd w dokumentacji projektowej
- Zmiana przepisów prawnych
- Opóźnienie uzyskania pozwoleń administracyjnych
- Zmiana cen materiałów budowlanych
- Błędy w obliczeniach konstrukcyjnych

Uwagi metodyczne

- A. Wartości **P_i**, **S_i** i **W_i** powinny być oceniane przez zespół ekspertów, np. przy użyciu **metody Delphi**²²³.
- B. W bardziej zaawansowanych analizach można zastosować **macierz ryzyka** – łącząc ocenę jakościową (niskie/średnie/wysokie) z ilościową (wartości numeryczne)²²⁴.

²²⁰ **Prawdopodobieństwo (Probability)** – szansa zajścia danego zdarzenia w analizowanym okresie. W praktyce budowlanej ocenia się je na podstawie danych historycznych lub opinii ekspertów.

²²¹ **Skutek (Severity/Impact)** – rozmiar szkody lub wpływ na projekt, np. dodatkowy koszt, opóźnienie harmonogramu lub obniżenie jakości.

²²² **Waga (Weighting Factor)** – współczynnik znaczenia odzwierciedlający strategiczne znaczenie zagrożenia względem celów projektu.

²²³ **Metoda Delphi** – technika ekspercka polegająca na anonimowym, wieloetapowym zbieraniu opinii specjalistów i uzgadnianiu konsensusu.

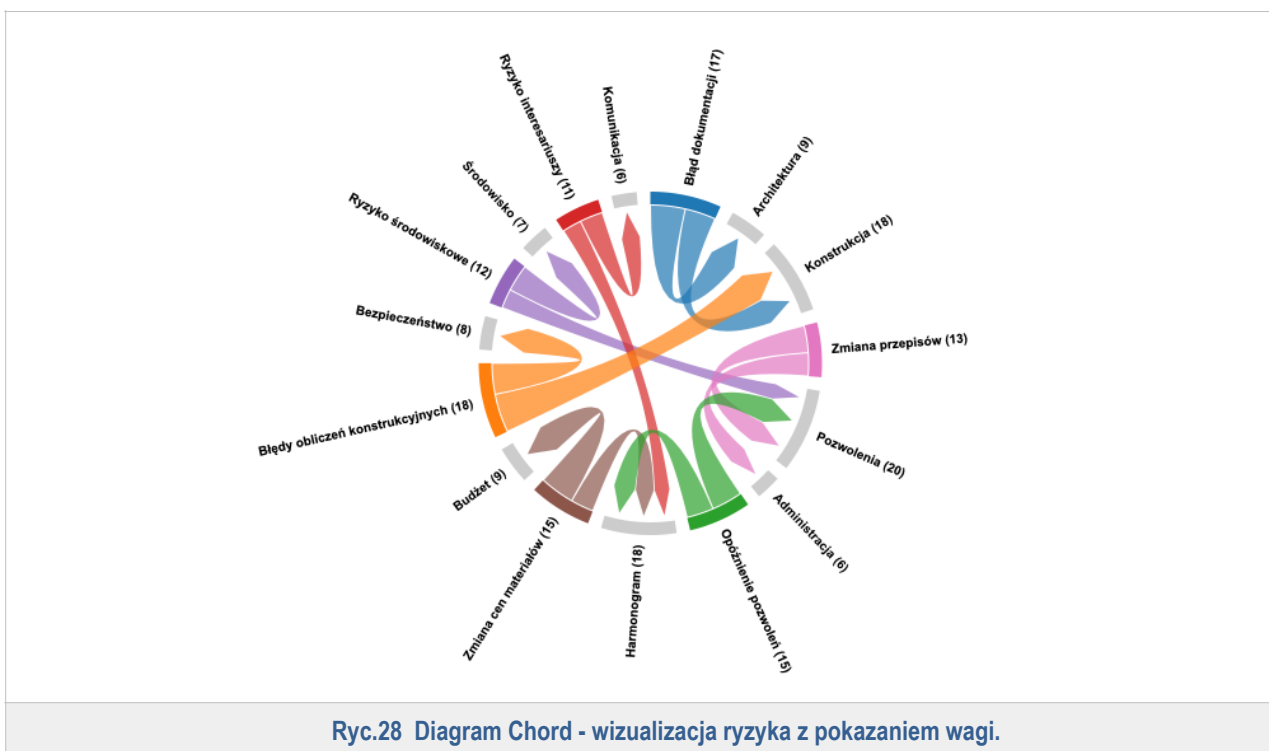
²²⁴ **Macierz ryzyka** – narzędzie łączące prawdopodobieństwo i skutki w układzie tabelarycznym, pozwalające klasyfikować ryzyka na poziomy: niskie, średnie i wysokie.

- C. W analizach uwzględniających wysoką niepewność warto wprowadzić **współczynniki niepewności lub rezerwy ryzyka**, co jest praktyką zalecaną w **PMBOK Guide**²²⁵ oraz **ISO 31000**²²⁶.
- D. Wzór znajduje zastosowanie na etapach projektowych: koncepcji, PZT, PAB i PT – pozwala porównywać scenariusze projektowe i identyfikować obszary o podwyższonym ryzyku (m.in. kolizje międzybranżowe, zmiany prawne, niekompletność dokumentacji).
- E. Przykładowa interpretacja: jeśli błąd w dokumentacji (P=0,3, S=0,6, W=0,8) daje wartość cząstkową 0,144, a zmiana przepisów (P=0,2, S=0,9, W=1,0) – 0,18, ich suma (0,324) sygnalizuje, że obszar formalno-prawny jest

Ryzyko	Prawdopodobieństwo (P _i)	Skutek (S _i)	Waga (W _i)	R _i = P _i *S _i *W _i
Błąd w dokumentacji projektowej	0,3	0,6	0,8	0,144
Zmiana przepisów prawnych	0,2	0,9	1	0,18
Opóźnienie uzyskania pozwoleń	0,25	0,7	0,9	0,1575
Zmiana cen materiałów	0,4	0,8	0,7	0,224
Błędy w obliczeniach konstrukcyjnych	0,15	0,95	0,85	0,121125
SUMA				0,826625

kluczowy i wymaga planu mitygacji.

PRZYKŁAD OBLICZENIA RYZYKA NA BAZIE SPORZĄDZANEGO PROJEKTU ARCHITEKTONICZNO - BUDOWLANEGO.



Jak czytać przecięcia w chord diagramie

- **Co oznacza przecięcie?**

Przecięcie wstęg nie tworzy „nowej relacji”; **wizualnie** pokazuje, że **dwa (lub więcej) przepływy do/pomiędzy**

²²⁵ **PMBOK Guide** – A Guide to the Project Management Body of Knowledge, standard zarządzania projektami opracowany przez Project Management Institute.

²²⁶ **ISO 31000** – międzynarodowa norma określająca zasady i wytyczne zarządzania ryzykiem.

tymi samymi węzłami muszą współistnieć w ograniczonej przestrzeni. To wskazuje na **kumulację obciążeń/ zależności** i potencjalne **efekty kaskadowe** (ryzyka mogą się wzajemnie wzmacniać).

- **Kiedy to ważne?**

Gdy przecinają się **grube wstęgi** (duże „Weight”). To sygnał priorytetu: tam ryzyko ma zarówno **dużą wagę**, jak i **wiele współzależności**.

Najczęstsze „hot-spoty” punkty przecięć w diagramie:

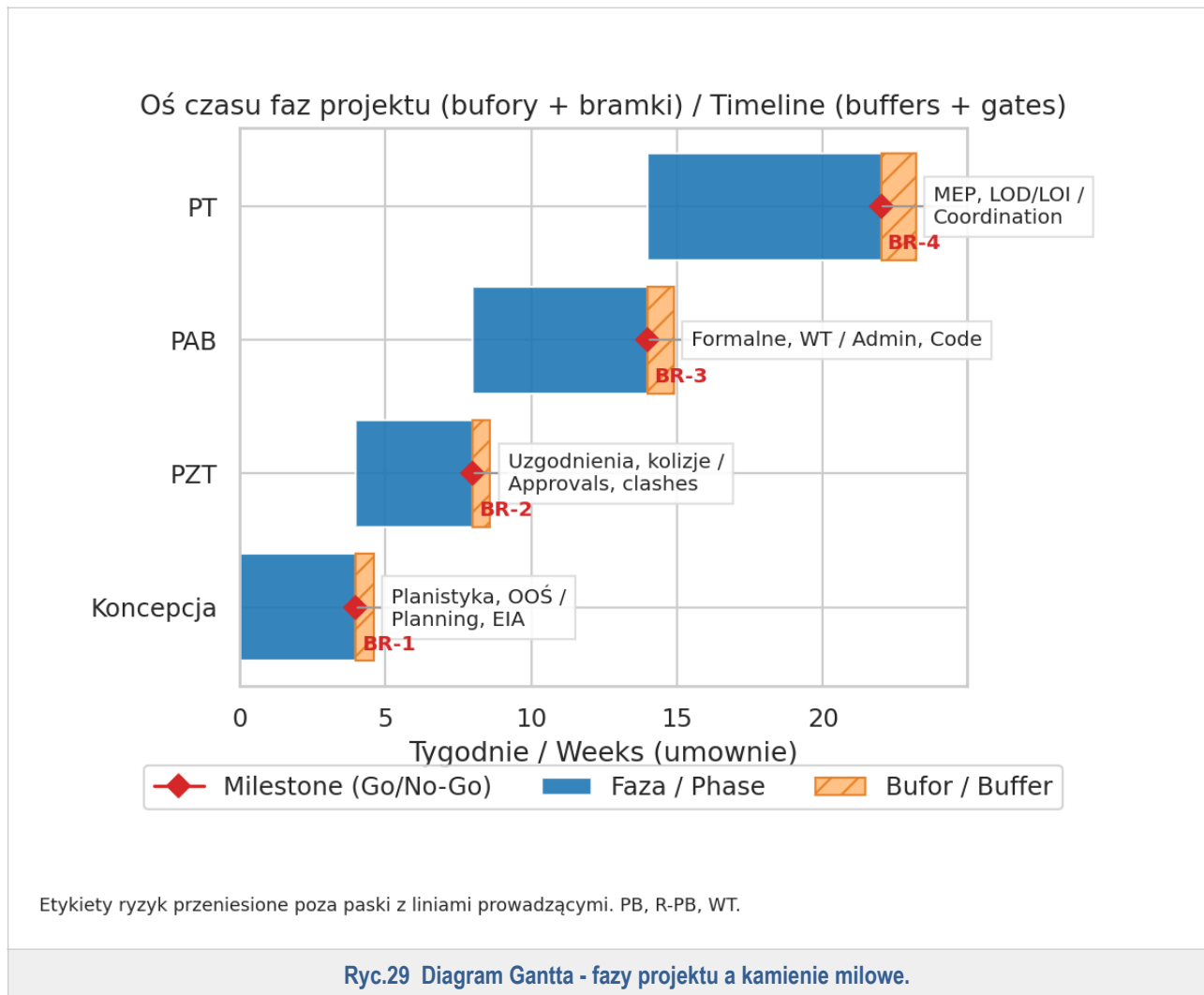
- Pozwolenia
 - **Wpływy:** Zmiana przepisów → Pozwolenia, Opóźnienie pozwoleń → Pozwolenia, Ryzyko środowiskowe → Pozwolenia.
 - **Interpretacja:** Ryzyka prawno-administracyjne i środowiskowe nakładają się na jeden węzeł decyzyjny.
 - **Działania:** Harmonogram jest uzależniony od jednego „wąskiego gardła”. Warto wdrożyć **mapę uzgodnień**, bieżące monitorowanie zmian w przepisach oraz procedurę „fast track” na usuwanie braków formalnych (np. checklisty, wstępne konsultacje z organem administracji).
- Harmonogram
 - **Wpływy:** Opóźnienie pozwoleń → Harmonogram, Zmiana cen materiałów → Harmonogram, Ryzyko interesariuszy → Harmonogram.
 - **Interpretacja:** Różne źródła ryzyka – administracyjne, rynkowe i społeczne – przecinają się w osi czasu.
 - **Działania:** Należy stosować **bufory czasowe** (contingency), klauzule indeksacyjne dotyczące cen materiałów oraz **plan komunikacji z interesariuszami**, aby minimalizować wtórne opóźnienia.
- Konstrukcja
 - **Wpływy:** Błąd w dokumentacji → Konstrukcja, Błędy w obliczeniach → Konstrukcja.
 - **Interpretacja:** Ryzyka związane z jakością dokumentacji i poprawnością obliczeń nakładają się, zwiększając prawdopodobieństwo przeróbek i roszczeń na etapie budowy.
 - **Działania:** Warto wzmocnić **kontrolę jakości (QA/QC)**: prowadzić przeglądy międzybranżowe, stosować automatyczne wykrywanie kolizji (model checks – clash/rule-based), przeprowadzać weryfikacje obliczeń przez niezależnych ekspertów oraz wykonywać makiety (mock-upy) kluczowych detali.
- Budżet ↔ Harmonogram (przecięcia wokół *Zmiany cen materiałów*)
 - **Interpretacja:** Fluktuacje cen materiałów wpływają zarówno na koszty, jak i na harmonogram (opóźnienia dostaw powodują wzrost kosztów i odwrotnie).
 - **Działania:** Stosować **zabezpieczenia cenowe (hedging)**, klauzule indeksacyjne, rozważać alternatywnych dostawców oraz w miarę możliwości prowadzić **wcześniejsze zakupy (early procurement)**.
- Administracja i Środowisko
 - **Wpływy:** *Zmiana przepisów* i *Ryzyko środowiskowe* przecinają się w przepływach do węzła **Pozwolenia**.
 - **Interpretacja:** Jedna zmiana regulacyjna może multiplikować skutki w wielu obszarach.
 - **Działania:** Wprowadzić cykliczne **przeglądy zgodności (compliance review)** oraz przeprowadzać **analizy scenariuszowe „co-jeśli” (what-if)** w rejestrze ryzyk, aby ograniczyć nieprzewidziane skutki zmian prawa lub wymagań środowiskowych.

Oś czasu faz projektu

(diagram Gantta wysokiego poziomu) – wizualizacja kolejności faz, z punktami kontrolnymi (milestones) na końcu każdej fazy i potencjalne ryzyko oznaczonymi symbolicznie.

Cel i znaczenie diagramu

Oś czasu (timeline) w formie **diagramu Gantta wysokiego poziomu** jest jednym z najprostszych i najbardziej intuicyjnych narzędzi do wizualizacji sekwencji faz projektu budowlanego. Pokazuje nie tylko **kolejność działań** i **szacowany czas trwania** poszczególnych etapów, ale również pozwala na umieszczenie **punktów kontrolnych (milestones)**, **buforów czasowych (buffers)** i **bramek decyzyjnych (Go/No-Go)**. Dodatkowo, na osobnym pasie wykresu oznaczono potencjalne **ryzyka projektowe**, aby od razu było widać, które fazy i bramki mogą być na nie szczególnie wrażliwe.



Co przedstawia diagram:

- **Niebieskie paski** – reprezentują główne fazy procesu projektowego:
 - **Koncepcja (Concept Design)** – wstępne analizy i wybór rozwiązań funkcjonalnych.
 - **Projekt zagospodarowania terenu (PZT)** – koordynacja z warunkami lokalnymi i gestorami mediów.
 - **Projekt architektoniczno-budowlany (PAB)** – przygotowanie dokumentacji dla pozwolenia na budowę.
 - **Projekt techniczny (PT)** – uszczegółowienie rozwiązań do poziomu wykonawczego.
 - **Interfejsy branżowe (Interfaces)** – zarządzanie koordynacją między architekturą, konstrukcją i instalacjami.
- **Pomarańczowe szrafy – bufory czasowe (time buffers)** umieszczone na końcu każdej fazy, mające pochłonąć nieprzewidziane opóźnienia. Dzięki nim minimalizuje się kumulację poślizgów w późniejszych etapach projektu.
- **Czerwone romby – bramki decyzyjne (BR-1 ... BR-4)**, czyli punkty kontrolne typu **Go/No-Go**, na których zespół i inwestor dokonują formalnej oceny: czy kontynuować projekt, wprowadzić korekty, czy zatrzymać prace.

- **Pas ryzyka** – po prawej stronie wykresu, z opisami odsuniętymi od głównej osi czasu, aby nie zaburzać czytelności. Ryzyka przypisane są do faz i bramek, które są najbardziej narażone (np. „Opóźnienie pozwoleń” przypisane do PAB, „Błędy w dokumentacji” do PT).

Jak czytać diagram:

- **Kolejność i czas trwania:** długość niebieskiego paska to planowany czas trwania fazy.
- **Bufory:** pomarańczowy fragment za niebieskim paskiem pokazuje dodatkowy zapas czasu. Jeżeli faza kończy się przed buforem, projekt zyskuje rezerwę na kolejne etapy.
- **Bramki (Go/No-Go):** czerwony romb oznacza punkt, w którym należy zatwierdzić postęp prac lub przeprowadzić głębszy przegląd.
- **Ryzyka:** opisy ryzyk na osobnym pasie pozwalają szybko powiązać potencjalne zagrożenia z odpowiednimi fazami bez przeładowywania głównego wykresu.

Wnioski i interpretacja:

- **Kumulacja poślizgów** – opóźnienia w fazach początkowych (np. w koncepcji lub PZT) przenoszą się na późniejsze etapy i mogą spowodować przesunięcie harmonogramu końcowego.
- **Krytyczne bramki BR-2 i BR-3** – jeśli te bramki znajdują się na **ścieżce krytycznej**, należy zwiększyć „higienę zakresu” (scope hygiene), tj. rygorystycznie kontrolować zmiany projektowe, doprecyzować wymagania oraz prowadzić wcześniejsze testy kolizji (clash detection) w środowisku BIM.
- **Bufory czasowe jako narzędzie zarządzania ryzykiem** – właściwe rozmieszczenie i wielkość buforów pozwala złagodzić skutki nieprzewidzianych zdarzeń, np. opóźnień w uzgodnieniach administracyjnych czy dostawach danych geotechnicznych.
- **Zintegrowane zarządzanie ryzykiem** – połączenie osi czasu z pasem ryzyk umożliwia ciągle monitorowanie zagrożeń i ich wpływu na harmonogram. To podejście sprzyja szybszemu podejmowaniu decyzji korygujących i minimalizacji kosztów związanych z opóźnieniami.

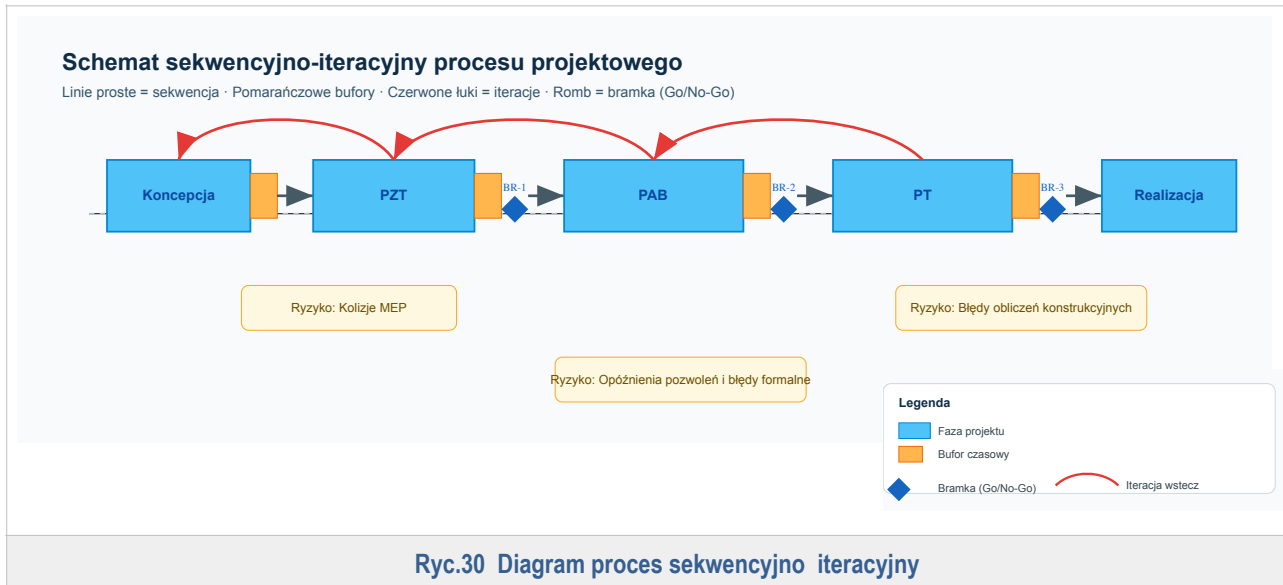
Rekomendacje wdrożeniowe:

- W polskim procesie inwestycyjnym warto wprowadzić obowiązkowe **bramki decyzyjne** (np. na koniec PAB i przed PT) oraz standaryzowane bufory ryzyka, wzorowane na praktykach niemieckich i brytyjskich.
- Dla kluczowych ryzyk (zmiany przepisów, opóźnienia pozwoleń, błędy w dokumentacji) zaleca się integrację harmonogramu z rejestrem ryzyk w środowisku CDE, aby aktualizacje były automatycznie widoczne dla wszystkich uczestników projektu.
- Na etapie PZT i PAB warto rozważyć wstępne **warsztaty HAZID**²²⁷ oraz symulacje harmonogramu, aby zidentyfikować potencjalne punkty krytyczne przed przejściem przez kolejne bramki.

²²⁷ **HAZID (Hazard Identification)** – metoda systematycznej **identyfikacji zagrożeń** stosowana głównie w inżynierii procesowej, budownictwie i projektach infrastrukturalnych. Jej celem jest wczesne wykrycie potencjalnych ryzyk technicznych, organizacyjnych, środowiskowych lub prawnych, zanim doprowadzą one do strat finansowych, opóźnień lub wypadków. HAZID przeprowadza interdyscyplinarny zespół pod kierunkiem moderatora, analizując procesy, schematy lub układy przestrzenne przy użyciu list kontrolnych lub map procesów. Wynikiem jest **rejestr zagrożeń** z oceną prawdopodobieństwa, skutków oraz rekomendacjami działań korygujących. Jest to metoda szeroko stosowana na wczesnych etapach projektów (Pre-FEED/FEED) i często stanowi wstęp do bardziej szczegółowych analiz, takich jak **HAZOP (Hazard and Operability Study)** czy **Bow-Tie Analysis** (Smith, 2020; ISO 31000:2018).

Schemat sekwencyjno-iteracyjny procesu projektowego

Blokowe przedstawienie faz z możliwością powrotu do wcześniejszych etapów w przypadku wykrycia błędów lub konieczności zmian.



Ryc.30 Diagram proces sekwencyjno iteracyjny

Opis diagramu:

Fazy (bloki prostokątne w kolorze niebieskim):

Koncepcja (Concept) – definiowanie ram funkcjonalno-przestrzennych i wstępnych założeń technicznych.

PZT (Projekt Zagospodarowania Terenu / Site Development Plan) – uszczegółowienie lokalizacji i powiązań funkcjonalnych.

PAB (Projekt Architektoniczno-Budowlany / Architectural-Building Design) – dokumentacja do pozwolenia na budowę.

PT (Projekt Techniczny / Technical Design) – rozwiązania wykonawcze, detale i obliczenia.

Realizacja (Construction) – etap budowy.

Strzałki proste (czarne): standardowy porządek sekwencyjny między fazami.

Łuki przerywane w kolorze czerwonym: możliwe iteracje wstecz (np. wykrycie kolizji, zmiana wymagań inwestora, nowe uzgodnienia).

Jak czytać diagram:

Linie proste oznaczają główny przebieg faz projektu w logicznej kolejności.

Czerwone łuki wskazują miejsca, w których najczęściej zachodzi konieczność powrotu do wcześniejszej fazy. Typowe przykłady:

PZT ↔ PAB – zmiany w zagospodarowaniu terenu wymagające modyfikacji dokumentacji architektoniczno-budowlanej.

PAB ↔ PT – korekty szczegółowych rozwiązań technicznych wynikające z problemów konstrukcyjnych lub instalacyjnych.

Blok „Realizacja” uwzględnia możliwość cofnięcia się do PT (np. konieczność poprawy detali wykonawczych po testach FAT/SAT²²⁸).

²²⁸ FAT – Factory Acceptance Test; SAT – Site Acceptance. FAT – Factory Acceptance Test – fabryczne testy odbiorcze urządzeń lub systemów, wykonywane w zakładzie producenta przed dostawą, w celu potwierdzenia zgodności z wymaganiami technicznymi oraz kontraktowymi. SAT – Site Acceptance Test – testy odbiorcze na miejscu instalacji (plac budowy lub obiekt docelowy), przeprowadzane po dostawie i montażu, aby zweryfikować prawidłowe działanie w warunkach rzeczywistego środowiska eksploatacji.

Wnioski i rekomendacje:

Model hybrydowy pozwala łączyć przewidywalność sekwencyjnego przepływu z elastycznością iteracyjnych poprawek.

Planowanie **krótkich sprintów koordynacyjnych** w krytycznych punktach (PZT↔PAB, PAB↔PT) minimalizuje ryzyko kumulacji błędów i opóźnień.

Bufory czasowe przy bramkach decyzyjnych (Go/No-Go) pomagają w absorbowaniu skutków nieprzewidzianych powrotów.

Użycie **CDE (Common Data Environment)** zgodnie z ISO 19650 wspiera kontrolę wersji i transparentność zmian.

4.2. Role, odpowiedzialności i komunikacja w procesie projektowania architektonicznego.

Wiodącą rolę w procesie projektowym pełni projektant–architekt posiadający uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń²²⁹, działający jako projektant w rozumieniu Prawa budowlanego (PB, 1994/2023). W zależności od złożoności przedsięwzięcia pełni on również funkcję koordynatora branżowego, odpowiedzialnego za integrację rozwiązań oraz spójność dokumentacji pomiędzy fazami PZT (projekt zagospodarowania terenu), PAB(projekt architektoniczno-budowlany) i PT (projekt techniczny). Do podstawowych zadań projektanta należy formułowanie założeń funkcjonalno-użytkowych (PFU), nadzór nad zgodnością rozwiązań z wymaganiami przepisów i norm oraz zarządzanie wymaganiami informacyjnymi na styku branż.

W skład zespołu wchodzi projektanci branżowi (konstrukcja, instalacje sanitarne/HVAC – Heating, Ventilation, Air Conditioning²³⁰, instalacje elektryczne i teletechniczne, drogi, zieleń), a także rzeczoznawcy (m.in. ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, higieniczno-sanitarnych, dostępności) oraz specjaliści wspierający: geotechnik (rozpoznanie podłoża i wytyczne fundamentowe), kosztorysant (walidacja kosztów i analizy LCC – Life Cycle Costing²³¹) oraz koordynator BIM (federacja modeli, zarządzanie kolizjami i standardami wymiany danych)²³².

Po stronie zamawiającego ustanawia się kierownika projektu odpowiedzialnego za zakres, harmonogram, budżet i ryzyko oraz – na etapie realizacji – inspektora nadzoru inwestorskiego²³³, weryfikującego zgodność robót z dokumentacją i przepisami oraz zamykającego pętlę informacji zwrotnej z placu budowy.

Komunikacja formalna opiera się na protokolowanych naradach koordynacyjnych, kontrolowanym obiegu wydań dokumentacji i modeli w CDE (Common Data Environment – wspólne środowisko danych) oraz rejestrach zmian, kolizji i zadań.

Dobłą praktyką – z perspektywy odpowiedzialności prawnej i redukcji ryzyka – jest utrzymywanie matrycy RACI (Responsible, Accountable, Consulted, Informed – przypisanie ról i odpowiedzialności)²³⁴. Równolegle opracowuje się plan zarządzania informacją (Information Management Plan) zgodny z PN-EN ISO 19650-1/2 (ISO 19650-1 2018; ISO 19650-2 2018), który definiuje role informacyjne, strukturę pakietów roboczych, zasady nazewnictwa

²²⁹ Uprawnienia budowlane do projektowania bez ograniczeń – kwalifikacje potwierdzające możliwość projektowania obiektów budowlanych bez ograniczeń dotyczących ich rodzaju lub wielkości (PB, 1994/2023).

²³⁰ **HVAC** – Heating, Ventilation, Air Conditioning – systemy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji

²³¹ **LCC** – Life Cycle Costing – analiza kosztów w całym cyklu życia inwestycji.

²³² **Koordynator BIM** – osoba odpowiedzialna za integrację modeli, zarządzanie kolizjami i zgodnością z normami BIM (ISO 19650).

²³³ Inspektor nadzoru inwestorskiego – osoba reprezentująca inwestora w procesie budowy, kontrolująca zgodność robót z projektem i przepisami

²³⁴ **RACI** – macierz przypisująca role: Responsible (wykonujący), Accountable (odpowiedzialny decyzyjnie), Consulted (konsultowany), Informed (informowany)

i wersjonowania, wymagane poziomy informacji (LOD/LOI – Level of Development/Level of Information²³⁵) oraz cykl publikacji i przeglądów. Dokument ten stanowi punkt odniesienia dla zapewnienia jakości informacji i weryfikacji kompletności dostaw międzybranżowych.

Transparentna, wczesna i udokumentowana komunikacja z organami administracji oraz gestorami sieci²³⁶ ogranicza ryzyko formalne i skraca ścieżki uzgodnieniowe. Zastosowanie wiarygodnych danych wejściowych (modele skoordynowane, mapy kolizji, uzgodnione parametry techniczne) redukuje liczbę iteracji, co przekłada się na większą przewidywalność kosztów oraz harmonogramu przedsięwzięcia.

Opis przepływu informacji:

WIP (Work In Progress) – Strefa robocza projektanta: prace w toku, dostęp ograniczony.

Shared (Współdzielone) – Publikacje dla uzgodnień międzybranżowych, wstępne wersje modeli i rysunków.

Published (Opublikowane) – Zatwierdzone wydania do użytku w koordynacji, pozwoleniach lub wykonawstwie.

Archive (Archiwum) – Kopie historyczne do celów audytowych.

Zadanie / Etap	Architekt (Projektant)	Koordinator BIM	Projektanci branżowi	Kierownik projektu	Inspektor nadzoru	Gestorzy sieci / Organy
Opracowanie koncepcji	R (Responsible)	C	C	A (Accountable)	I	I
Koordinacja PZT–PAB–PT	A/R	R	R	C	I	I
Federacja modeli BIM	I	R/A	C	C	I	I
Weryfikacja kolizji	C	R	R	C	I	I
Przygotowanie dokumentacji do pozwolenia	R/A	C	C	C	I	I
Publikacja w CDE (WIP→Shared)	C	R	R	A	I	I
Przeгляд i zatwierdzanie zmian	C	C	C	A/R	I	I
Komunikacja z gestorami sieci	C	I	I	A	I	R
Zamknięcie pętli informacji z budowy	I	C	I	A	R	I

Tabela T.9 - macierz RACI oraz schemat komunikacji i obiegu wydań w CDE

Legenda:

R – Responsible (wykonujący)

A – Accountable (odpowiedzialny decyzyjnie)

C – Consulted (konsultowany)

I – Informed (informowany)

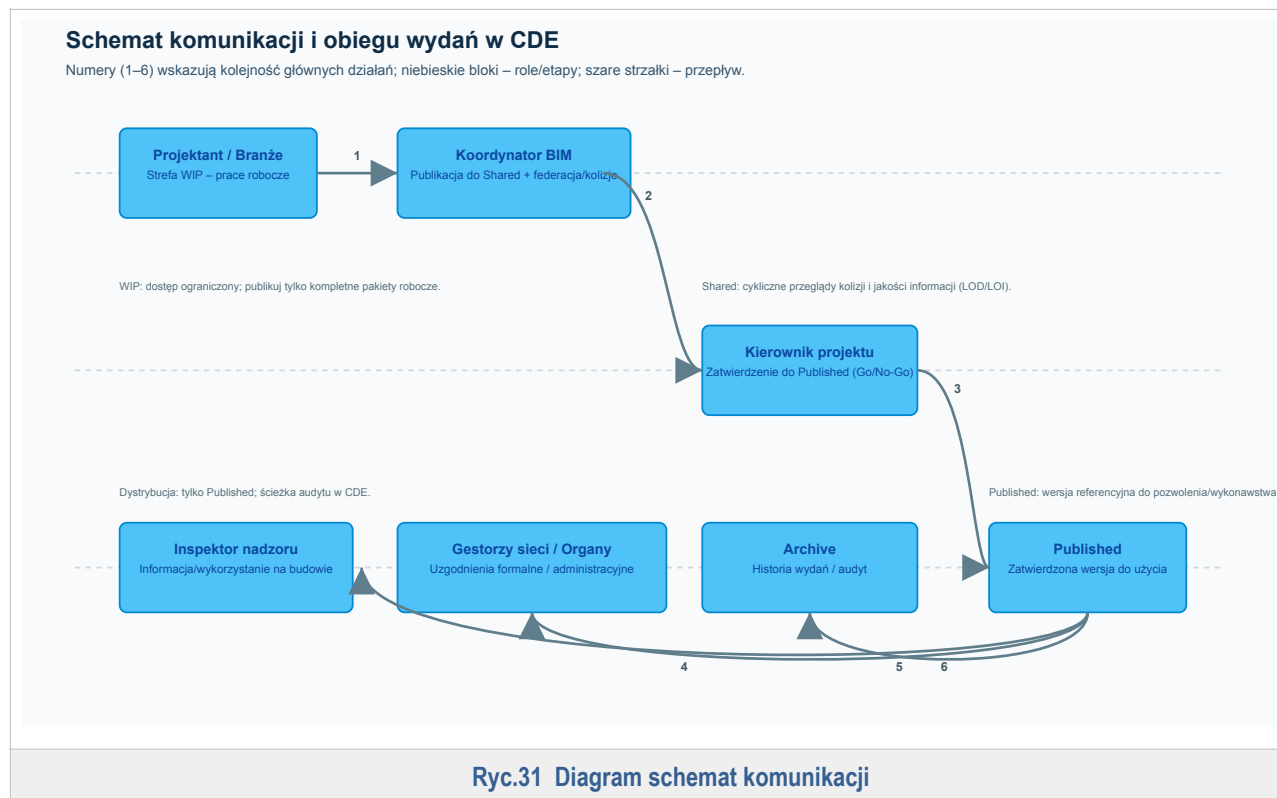
4.3. Bramy decyzyjne i dokumenty krytyczne.

Metodyka **bramek decyzyjnych** (ang. *gates*) stanowi uporządkowany system punktów kontrolnych, które zarządzają jakością i zgodnością oraz wiążą decyzje projektowe z pakietami dokumentów krytycznych (Safe Work Australia, 2022; ISO 19650-2, 2018). W ujęciu procesowym bramki pełnią rolę formalnych „**gate reviews**” na styku faz projektu, warunkując przejście do kolejnego etapu spełnieniem zdefiniowanych kryteriów jakości, kompletności i zgodności z wymaganiami zamawiającego, przepisami (np. Prawo budowlane – PB [PB 1994/2023]) oraz uwarunkowaniami otoczenia inwestycji. Kompetencyjnie każda bramka ma jednoznacznie określony łańcuch odpowiedzialności **RACI**, a proceduralnie – zestaw wymaganych artefaktów informacyjnych (modele, rysunki, decyzje

²³⁵ LOD/LOI – Level of Development/Level of Information – poziomy szczegółowości i kompletności informacji w modelach BIM.

²³⁶ Gestorzy sieci – administratorzy infrastruktury technicznej (np. wodociągi, energetyka, gaz).

administracyjne, uzgodnienia, raporty jakości). Dyscyplina bramek ogranicza ryzyko kaskadowania błędów oraz niekontrolowanych zmian (*scope creep*²³⁷), wymuszając zamknięcie pętli weryfikacyjnej przed eskalacją kosztów i złożoności na dalszych etapach przedsięwzięcia (BSI, 2020).



Gate 1 – po etapie koncepcji

Służy potwierdzeniu wykonalności kierunkowej i zgodności fundamentalnych założeń z ramami formalnymi oraz technicznymi. Decyzja **Go/No-Go**²³⁸ jest wydawana na podstawie: zatwierzonego zakresu rzeczowego i funkcjonalnego (*brief* PFU jako dokument nadrzędny), zweryfikowanych wskaźników urbanistyczno-architektonicznych (intensywność zabudowy, linie zabudowy, wskaźniki parkingowe) oraz przyjętej strategii technicznej (założenia konstrukcyjne, systemy instalacyjne, efektywność energetyczna – por. WT 2024). Krytyczne dokumenty: *brief* PFU, wyniki wstępnych warunków przyłączeniowych (deklaracje gestorów), przegląd zgodności z MPZP/WZ oraz raport wstępnej oceny środowiskowej. Efektem jest zamrożenie zakresu na potrzeby PZT i utworzenie rejestru założeń technicznych w CDE.

Gate 2 – po opracowaniu PZT

Koncentruje się na wykazaniu wykonalności technicznej względem infrastruktury i środowiska. Wymagane są uzgodnienia z gestorami sieci i zarządcami dróg (protokoły przebiegów i rezerw terenu), komplet materiałów do procedur środowiskowych (decyzja środowiskowa, jeśli wymagana UOŚ 2008/2023) oraz brak kolizji w modelu PZT (*clash detection*²³⁹). Pakiet krytyczny: modele i rysunki PZT skoordynowane międzybranżowo, korespondencja z gestorami, decyzje środowiskowe, przegląd zgodności z przepisami ochrony środowiska i gospodarki wodnej. Wyjście: zamknięcie obrysu inwestycji, zamrożenie układu przyłączy oraz aktualizacja rejestru ryzyk (formalne i środowiskowe).

Gate 3 – po PAB

²³⁷ *Scope creep* – niekontrolowane rozszerzanie zakresu projektu.

²³⁸ **Go/No-Go** – decyzja: kontynuujemy lub zatrzymujemy projekt.

²³⁹ *Clash detection* – wykrywanie kolizji między modelami branżowymi BIM.

Weryfikuje gotowość formalną do pozwolenia na budowę. Wymagana jest kompletna dokumentacja PAB, uzgodnienia obligatoryjne (BHP, sanitarne, gestorzy, rzeczoznawca ds. ppoż.), checklisty zgodności z WT i przepisami szczególnymi oraz protokoły przeglądów jakości QA/QC²⁴⁰. Pakiet obejmuje także pełnomocnictwa, oświadczenia o dysponowaniu nieruchomością, decyzje środowiskowe. Decyzja potwierdza gotowość do złożenia wniosku o pozwolenie i zamraża zakres PAB.

Gate 4 – po PT

Weryfikuje gotowość wykonawczą: kompletność dokumentacji warsztatowej, raporty kolizji z zamkniętym statusem, plan nadzoru autorskiego oraz **Change Control Board (CCB)**²⁴¹ z procedurą obsługi wniosków o zmianę (*Change Request – CR*²⁴²) i zapytań (*RFI*²⁴³). Dodatkowo wymaga matryc statusów wydań (*WIP, Shared, Published, Archive*²⁴⁴) oraz harmonogramu publikacji pakietów w CDE. Decyzja Gate 4 autoryzuje przekazanie dokumentacji do realizacji i zamyka etap projektowy.

Znaczenie metodyki

Skuteczność bramek opiera się na:

- **Jednoznaczności kryteriów i odpowiedzialności** – przypisana decyzyjność (*Accountable*) oraz wykonawczość (*Responsible*) redukuje niepewność.
- **Dowodowości decyzji** – dokumenty krytyczne wersjonowane w CDE zapewniają ścieżkę audytu (*audit trail*²⁴⁵).
- **Sprzężeniu z zarządzaniem ryzykiem** – rejestr ryzyk aktualizowany przed każdą bramką pozwala ocenić wpływ techniczny, kosztowy i harmonogramowy (Cooper et al., 2014).
- W praktyce międzynarodowej podobne systemy stosuje Wielka Brytania (*BS/PAS 1192*, obecnie ISO 19650) oraz Australia (*Safe Work Australia*), gdzie formalne **gate reviews** są obowiązkowe w projektach infrastrukturalnych i zasobowych (BSI, 2020; Safe Work Australia, 2022).

Wdrożenie bramek w Polsce zwiększyłyby przewidywalność projektów i ograniczyły ryzyko kosztowe i formalne.

Cel: ujednolicić oczekiwania co do „co, kiedy i w jakiej jakości” na BR-1...BR-4. Każdy checkpoint ma dedykowany pakiet dokumentów i status wydań w CDE (WIP → Shared → Published → Archive).

Interpretacja: pakiety pod bramkami to minimalny komplet do decyzji. Dokumenty powinny być w wersji „Published” na bramkę oraz posiadać ścieżkę audytu (kto wgrał, kto zaakceptował).

Użycie operacyjne: przed spotkaniem bramkowym sprawdź w CDE, czy wszystkie pozycje z pakietu są dostępne w „Shared/Published” i mają zamknięte uwagi (kolizje, checklisty). W razie braków — przygotuj plan uzupełnień z terminami i właścicielami.

Jakość danych: „bez kolizji” oznacza zamknięte kolizje krytyczne i zarejestrowane akceptacje branż w raporcie clash detection.

²⁴⁰ **QA/QC** – Quality Assurance / Quality Control – zapewnienie i kontrola jakości.

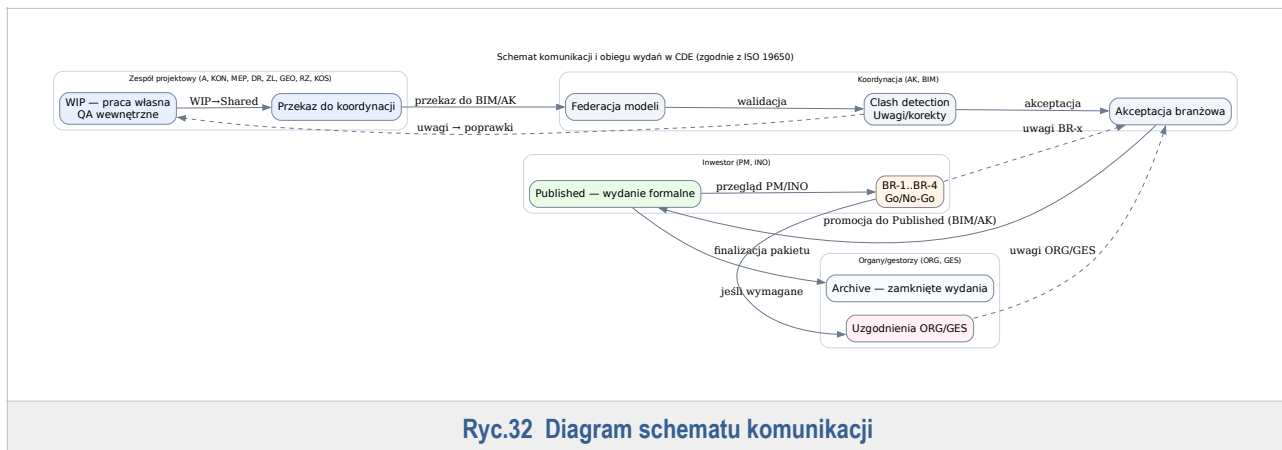
²⁴¹ **CCB** – *Change Control Board* – komisja ds. zmian.

²⁴² **CR** – *Change Request* – formalny wniosek o zmianę.

²⁴³ **RFI** – *Request for Information* – zapytanie o dodatkowe informacje.

²⁴⁴ **WIP/Shared/Published/Archive** – statusy wydań w CDE: robocze/współdzielone/opublikowane/archiwalne.

²⁴⁵ *Audit trail* – rejestr historii decyzji i zmian.



Cel diagramu: by zobrazować, że decyzja bramkowa jest punktem centralnym między źródłami ryzyko (lewa strona) a konsekwencjami (prawa), z przypisanymi kontrolami zapobiegawczymi i łagodzącymi.

L1–L4 to kluczowe zagrożenia, które należy zneutralizować przed bramką poprzez kontrole zapobiegawcze (środkowa kolumna po lewej).

R1–R4 to potencjalne konsekwencje po bramce, które ograniczamy kontrolami łagodzącymi (środkowa kolumna po prawej).

Go oznacza, że wymagane kontrole zapobiegawcze są wykonane i udokumentowane w CDE; No-Go uruchamia plan działań korygujących.

Dowody w CDE: przed bramką wymagane są opublikowane artefakty (Published) z pełną ścieżką audytu: brief/specyfikacje, wyniki clash detection, uzgodnienia, checklisty zgodności, protokoły przeglądów.

Operacyjnie: na przeglądzie bramkowym przejdź przez L1–L4 i potwierdź dowody wykonania; braki rejestruj jako CR/RFI, z terminem i właścicielem.

Dobre praktyki:

RACI: Responsible przygotowuje dowody, Accountable podejmuje decyzję Go/No-Go, Consulted opiniuje (branże, gestorzy), Informed otrzymuje decyzję i link do wydania w CDE.

Po decyzji: aktualizacja Decision Log z numerem bramki, listą dowodów i odnośnikiem do wydań; zmiany po bramce tylko przez CR.

Podsumowanie diagramu:

Przedstawia lewe źródła ryzyka (L1–L4) → kontrole zapobiegawcze → Bramkę decyzyjną (Gate) → kontrole łagodzące → prawe konsekwencje (R1–R4).

Przepływ informacji i decyzji między BR-1...BR-4 oraz miejsca powstawania kolejek i reworku.

Analiza diagramu; węzły zaokrąglone to czynności, romby to bramki decyzyjne (Go/No-Go), rozgałęzienie równoległe reprezentuje równoczesne ścieżki uzgodnień (gestorzy, ppoż.) i koordynacji (otworowej, clash). Przerywane powroty oznaczają pętle reworku po decyzji No-Go.

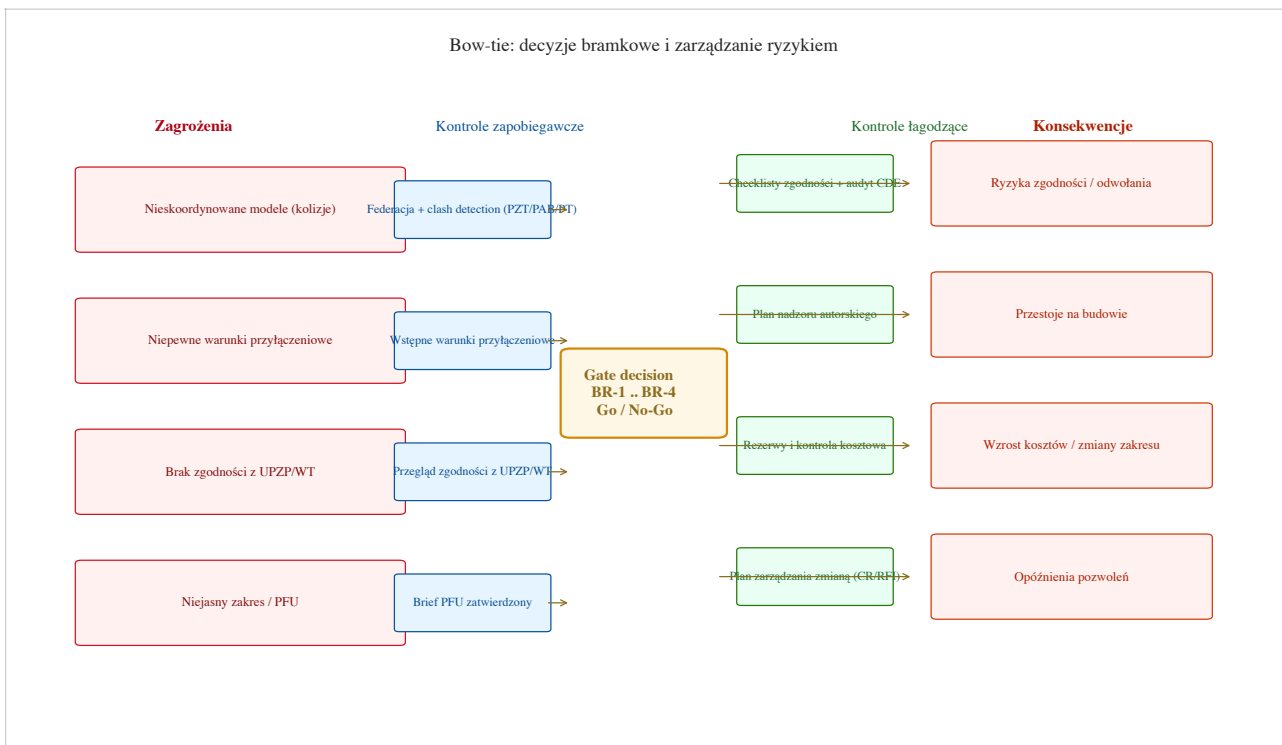
Interpretacja: każda publikacja w CDE (Shared → Published) domyka etap i stanowi „dowód” dla przeglądu bramkowego. Bufory czasu należy lokować przy interfejsach zewnętrznych (gestorzy, PSP) i przy punktach agregacji kolizji.



Ryc.33 Diagram linia czasu z checkpointami i pakietami dokumentów

Wąskie gardła i zależności (mapy procesu, diagramy przepływu).

W projektach budowlanych, szczególnie tych realizowanych w środowisku BIM (*Building Information Modelling*), wąskie gardła nie są jedynie punktami opóźnień, lecz zjawiskami systemowymi wynikającymi z dynamiki przepływu informacji i decyzji między wieloma uczestnikami procesu (Kerzner, 2022; PMI, 2021). Wysoki stopień współzależności branż — architektury, konstrukcji i instalacji **MEP**²⁴⁶ — powoduje, że każda zwłoka w przekazaniu danych wejściowych może mieć efekt kaskadowy: drobne przesunięcie jednego elementu instalacji może spowodować serię kolizji (*clash detection*)²⁴⁷, konieczność przebudowy modeli i opóźnienia harmonogramu (Smith, 2016).



²⁴⁶ **MEP** – *Mechanical, Electrical and Plumbing* – określenie zespołu instalacji mechanicznych (HVAC), elektrycznych i sanitarnych.

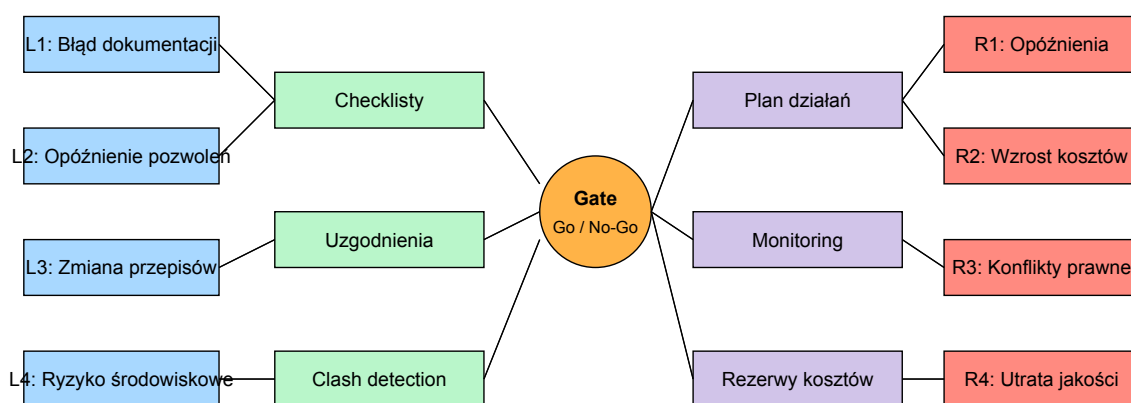
²⁴⁷ **Clash detection** – wykrywanie kolizji w modelach BIM.

Ryc.34 Diagram bow-tie dla decyzji brankowych i zarządzanie ryzykiem

Pierwszą krytyczną kategorią są **uzgodnienia przyłączeniowe i drogowe**, które zależą od gestorów sieci i administracji drogowej. W praktyce czas uzyskania warunków przyłączeniowych jest trudny do przewidzenia — odpowiada on modelowi kolejki **M/G/1**²⁴⁸, w którym występują długie „ogony” rozkładu obsługi (Kerzner, 2022). W efekcie jeden opóźniony dokument może zablokować przygotowanie PZT, a przez to przesunąć w czasie uzyskanie pozwolenia na budowę.

Drugą kategorią są **uzgodnienia ochrony przeciwpożarowej**, często podatne na zmiany wynikające z dostosowywania funkcji obiektów, dróg ewakuacyjnych i wymagań dotyczących dostępności. Każda zmiana w scenariuszach ewakuacyjnych generuje sprzężenie zwrotne: modyfikację układu funkcjonalnego przez architekta, zmianę szachtów i otworów w konstrukcji oraz korekty tras MEP (Jensen & Jóhannesson, 2013). Ta iteracyjność wydłuża czas uzgodnień i zwiększa ryzyko popełnienia błędów.

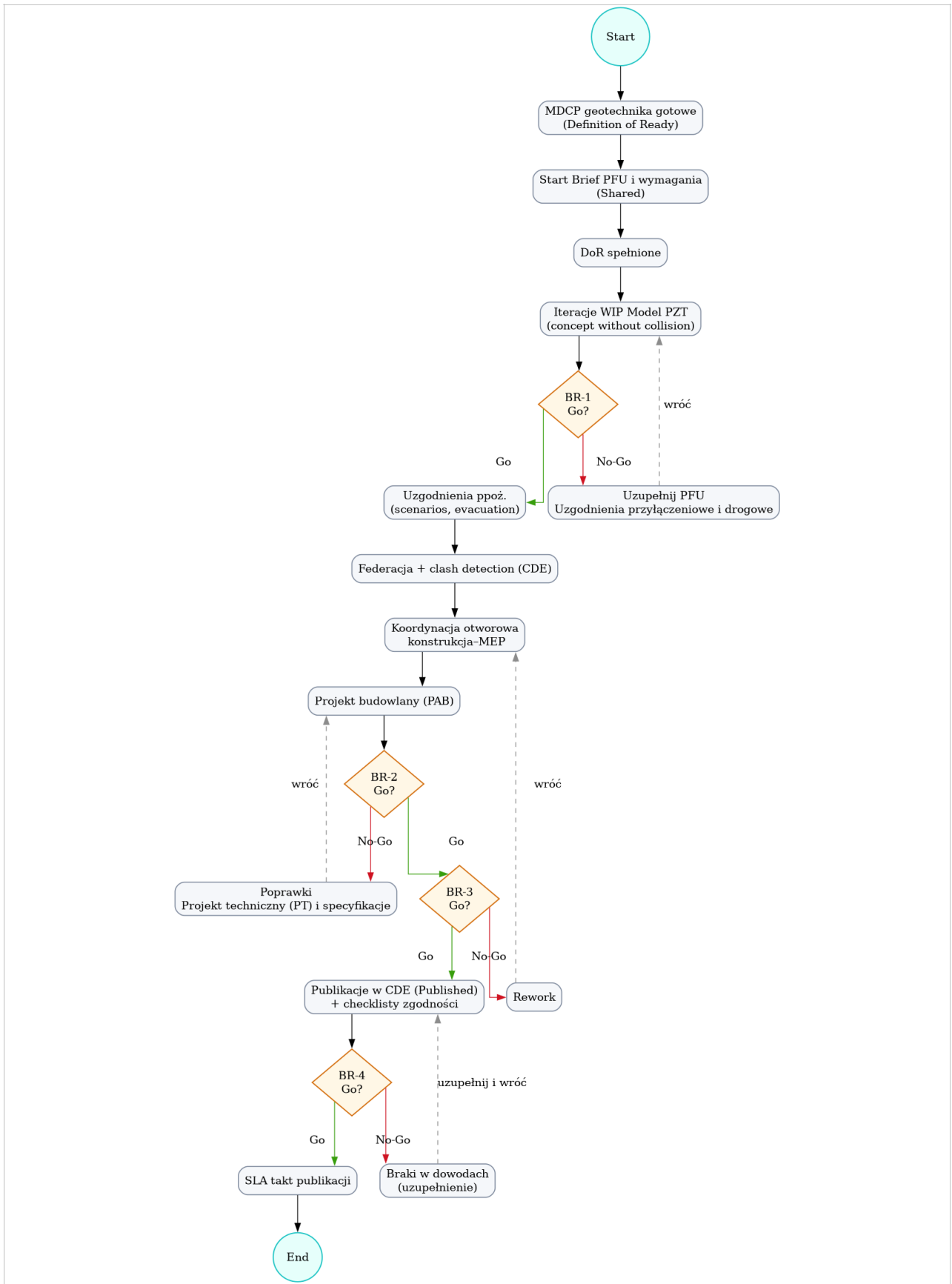
Trzecią kategorią jest **koordynacja otworowa konstrukcja-MEP**, kluczowy interfejs o wysokiej gęstości kolizji (clash density). Nawet niewielkie przesunięcia konstrukcji nośnej lub rdzeni pionowych mogą powodować konieczność przeprojektowania tras instalacyjnych, co w późnej fazie PT skutkuje kosztownym **reworkiem**²⁴⁹ i



Ryc.35 Diagram bramki decyzyjnej

²⁴⁸ **M/G/1** – typ kolejki w teorii kolejek: **M** (*Markovian arrivals* – przyjscia według rozkładu Poissona), **G** (*General service*– ogólny rozkład obsługi), **1** (jedno stanowisko obsługi). Używany do modelowania procesów o zmiennej długości obsługi.

²⁴⁹ **Rework** – ponowne wykonanie pracy w wyniku błędów lub braków.



Ryc.36 Mapa procesu i Diagram przepływu.

dotatkowymi zapytaniami **RFI**²⁵⁰ (Smith, 2016; ISO, 2018a).

Czwartą kategorię stanowi **dostępność danych bazowych** — mapa do celów projektowych i badania geotechniczne. Niedokładne lub niepełne dane wejściowe tworzą dług informacyjny (information debt). W praktyce oznacza to podejmowanie decyzji na niepełnych podstawach, które po ujawnieniu faktycznych warunków terenu skutkują poważnymi korektami i wydłużeniem **czasu** (Kerzner, 2022).

Wszystkie te zależności potęguje brak wspólnego środowiska danych (CDE). Bez centralnej platformy do wersjonowania, publikowania i archiwizacji modeli oraz dokumentów wzrasta entropia informacji (information entropy)²⁵¹, a zespoły wpadają w tryb **wait-for-merge**²⁵², czyli oczekiwania na scaloną wersję modelu, zamiast prowadzić prace równoległe (parallelism)²⁵³ (ISO, 2018b). W takich warunkach trudno zdefiniować Definition of Ready (DoR)²⁵⁴ — kryteria gotowości danych wejściowych do rozpoczęcia następnego zadania.

Diagram przedstawia standardowy przepływ przygotowania i koordynacji dokumentacji projektowej z bramkami decyzyjnymi BR-1...BR-4 (Go/No-Go). Przeznaczony do bieżącego zarządzania jakością i publikacją materiałów w CDE.

Zasada pracy: Tryb top-to-bottom. Każda bramka BR oznacza kontrolę jakości i gotowości informacji. No-Go uruchamia szybkie uzupełnienie/rework i powrót do ostatniego stabilnego etapu (kreski przerywane).

Kluczowe punkty kontroli:

BR-1: kompletność PFU i uzgodnień przyłączeniowych/drogowych. Brak → uzupełnij, wróć do iteracji WIP PZT.

BR-2: zgodność PAB; braki → poprawki PT/specyfikacji, powrót do PAB.

BR-3: kontrola ryzyk po koordynacji międzybranżowej; No-Go → rework i ponowna koordynacja.

BR-4: kompletność dowodów i checklist zgodności przed publikacją; braki → uzupełnienie i ponowna publikacja w CDE.

Koordynacja BIM:

Federacja modelu i clash detection w CDE przed PAB (kolizje krytyczne = 0 jako kryterium przejścia).

Koordynacja konstrukcja-MEP prowadzona iteracyjnie; zmiany wracają do WIP i przechodzą przez bramki.

W praktyce inżynierii procesów rekomenduje się wykorzystywanie map procesów w notacji BPMN (Business Process Model and Notation)²⁵⁵ lub prostych diagramów przepływu (flow charts). Umożliwiają one identyfikację miejsc kumulacji kolejek, wskazują punkty decyzyjne typu **XOR/AND**²⁵⁶ (wykluczające lub współbieżne bramki), a także lokalizują pętle reworku. Dzięki temu możliwe jest zaplanowanie buforów czasowych, przypisanie właścicieli interfejsów i jasne określenie punktów kontroli jakości (PMI, 2021).

²⁵⁰ **RFI (Request for Information)** – zapytanie o informację składane przez uczestnika projektu w celu wyjaśnienia niejasności.

²⁵¹ **Information entropy** – miara rozproszenia lub nieuporządkowania informacji w procesie.

²⁵² **Wait-for-merge** – sytuacja, gdy zespoły wstrzymują prace, czekając na scaloną wersję modelu lub dokumentu.

²⁵³ **Parallelism** – prowadzenie zadań równoległe, aby skrócić czas realizacji.

²⁵⁴ **Definition of Ready (DoR)** – kryteria określające, że dane wejściowe są wystarczająco kompletne, aby rozpocząć zadanie.

²⁵⁵ **BPMN (Business Process Model and Notation)** – standard modelowania procesów biznesowych.

²⁵⁶ **XOR/AND bramki** – w modelowaniu procesów: **XOR** – bramka wykluczająca (tylko jedna ścieżka może być wybrana), **AND** – bramka współbieżna (wszystkie ścieżki uruchamiane równoległe).

Dobre praktyki obejmują także wyróżnianie ścieżek krytycznych (critical paths) i kamieni milowych (milestones) w harmonogramie, powiązanie ich z wydaniem **wykonanymi w CDE** i z dowodami kontroli (control evidence)²⁵⁷, a także stosowanie polityki **traffic-light**²⁵⁸ w raportach bramek decyzyjnych (Smith, 2016). Wprowadzenie **publication takt** (stałego rytmu publikacji) i limitów **WIP (Work-In-Progress)**²⁵⁹ zwiększa stabilność przepływu pracy. Zgodność ze standardami **ISO 19650** oraz prowadzenie rejestrów **CR/RFI** z pełnym **lineage**²⁶⁰ ogranicza błędy systemowe, minimalizuje **ponowne wykonanie pracy spowodowane błędami na styku różnych branż** i zwiększa **przewidywalność harmonogramu** (ISO, 2018a, 2018b). W efekcie pracowania osiąga większą **przepustowość procesu, ilość pracy wykonanej w jednostce czasu** procesu, krótszy całkowity czas realizacji od rozpoczęcia do zakończenia zadania i bardziej stabilne bufony stabilizujące pracę projektową, co przekłada się na efektywność kosztową i terminową realizacji inwestycji (Kerzner, 2022).

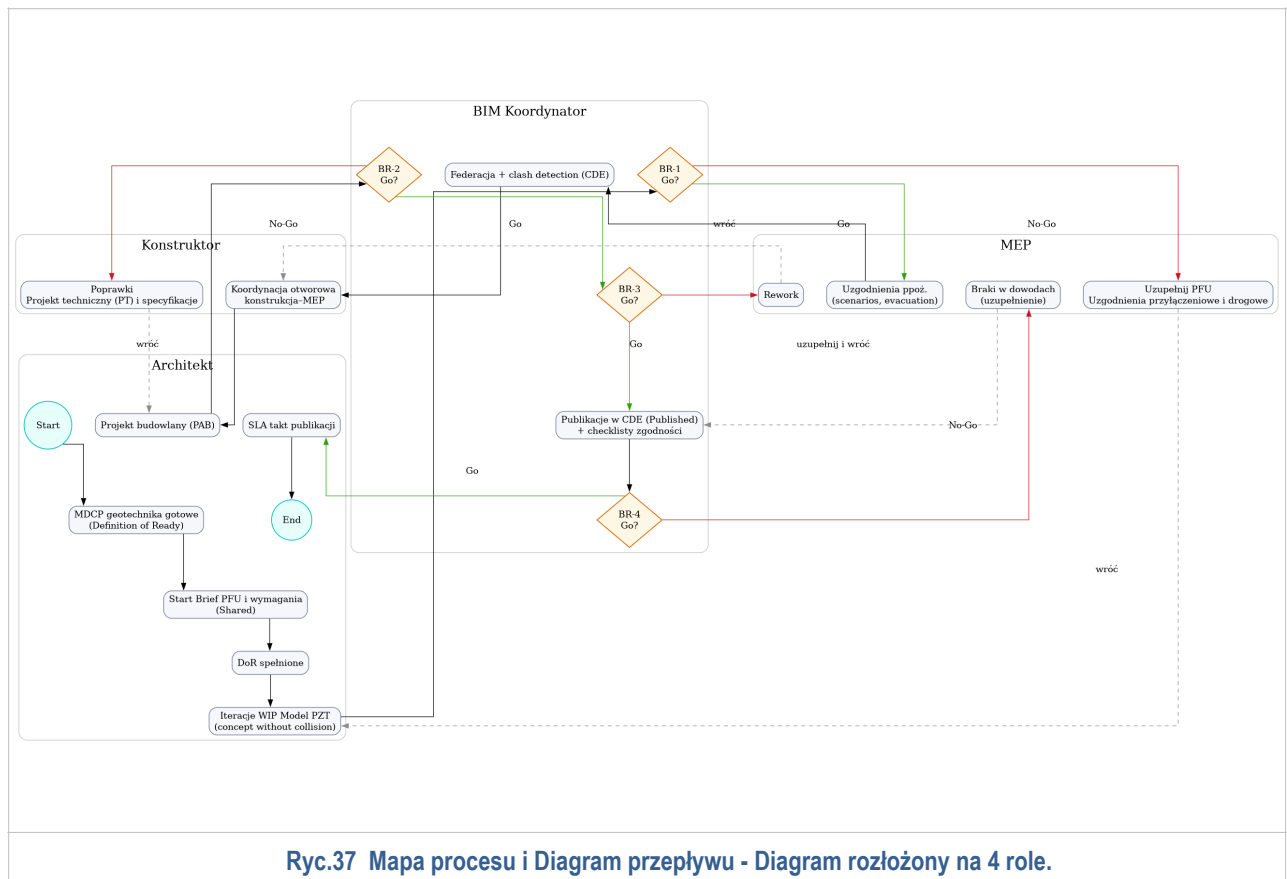


Diagram sieciowy pokazuje podział ról - dla przykładowych 4 uczestników procesu:

- Architekt
- Konstruktor
- MEP
- BIM Koordynator (również bramki BR-1...BR-4)

Architekt: inicjuje i prowadzi główny strumień (DoR, WIP PZT, PAB, SLA).

²⁵⁷ **Control evidence** – dowody potwierdzające spełnienie wymagań kontroli jakości lub zgodności.

²⁵⁸ **Traffic-light policy** – system oceny w formie sygnalizacji świetlnej: zielony (OK), żółty (ryzyko), czerwony (krytyczne).

²⁵⁹ **WIP (Work-In-Progress)** – prace w toku; ograniczanie liczby równoległych zadań w celu zwiększenia efektywności.

²⁶⁰ **Lineage** – pochodzenie/rodzów wersji danych w CDE.

Konstruktor: koordynacja z MEP, poprawki PT/specyfikacji po BR-2.

MEP: uzgodnienia ppoż., udział w koordynacji i rework po BR-3/BR-4.

BIM Koordynator: federacja, clash detection, publikacje w CDE, prowadzenie bramek BR.

Zasady przejść:

Go: przejście do kolejnego etapu.

No-Go: szybka pętla reworku do ostatniego stabilnego kroku (kreski przerywane). Dążyć do domknięcia w 1 iteracji.

Mapę procesu można też przedstawić w formie hierarchicznej.

Jako **hierarchiczny układ zależności i przepływów informacji** w procesie projektowym, zorganizowany według **pięciu poziomów**. Każdy poziom odpowiada etapowi lub grupie działań, których realizacja umożliwia przejście do wyższego poziomu i ostateczne uzyskanie pozwolenia na budowę lub zatwierdzenie projektu.

Poziom 1 – Fundament danych wejściowych

Na najniższym poziomie znajdują się:

- **Dokumentacja opisowa (5%)** oraz **Opracowania rysunkowe (5%)**.

To podstawowe materiały wejściowe, które inicjują proces – bez nich nie jest możliwe wykonanie analiz wstępnych ani dokumentacji fotograficznej. Wartości procentowe odzwierciedlają względny udział w całości procesu (waga mniejsza, ale konieczna).

Poziom 2 – Analizy przygotowawcze

- **Analizy wstępne (10%)** oraz **Dokumentacja fotograficzna (10%)**.

Ten poziom służy **zweryfikowaniu kontekstu inwestycji**, warunków terenowych, uwarunkowań kulturowych i przyrodniczych. Zebrane dane przechodzą do poziomu 3 jako wejście dla inwentaryzacji i ekspertyz.

Poziom 3 – Opracowania badawcze i branżowe

- **Inwentaryzacja (10%), Ekspertyzy (10%), Opracowania branżowe (10%)**.

Na tym etapie następuje **uszczegółowienie danych**: inwentaryzacja stanu istniejącego, ekspertyzy techniczne oraz opracowania poszczególnych branż (konstrukcja, instalacje MEP). Ten poziom zapewnia podstawy dla dokumentacji technicznej i koordynacji.

Poziom 4 – Dokumentacja zasadnicza

- **Projekt konstrukcyjny (8%), Uzgodnienia sieciowe (8%), Dokumentacja wykonawcza (9%)**.

To **kluczowy poziom tworzenia głównej dokumentacji projektowej** oraz uzgodnień technicznych z gestorami sieci. Zapewnia spójność rozwiązań i przygotowanie do formalnych procedur administracyjnych.

Poziom 5 – Finalizacja i decyzje formalne

- **Pozwolenie na budowę (5%), Uzgodnienia konserwatorskie (5%), Koordynacja międzybranżowa (5%)**.

To najwyższy poziom, na którym dokumentacja i uzgodnienia są konsolidowane, aby uzyskać ostateczne decyzje administracyjne. Koordynacja międzybranżowa ma tu kluczowe znaczenie – zapobiega kolizjom i niezgodnościom ujawnionym zbyt późno.

Znaczenie połączeń między poziomami

Strzałki ilustrują przepływ danych i zależności między etapami. Przykładowo:

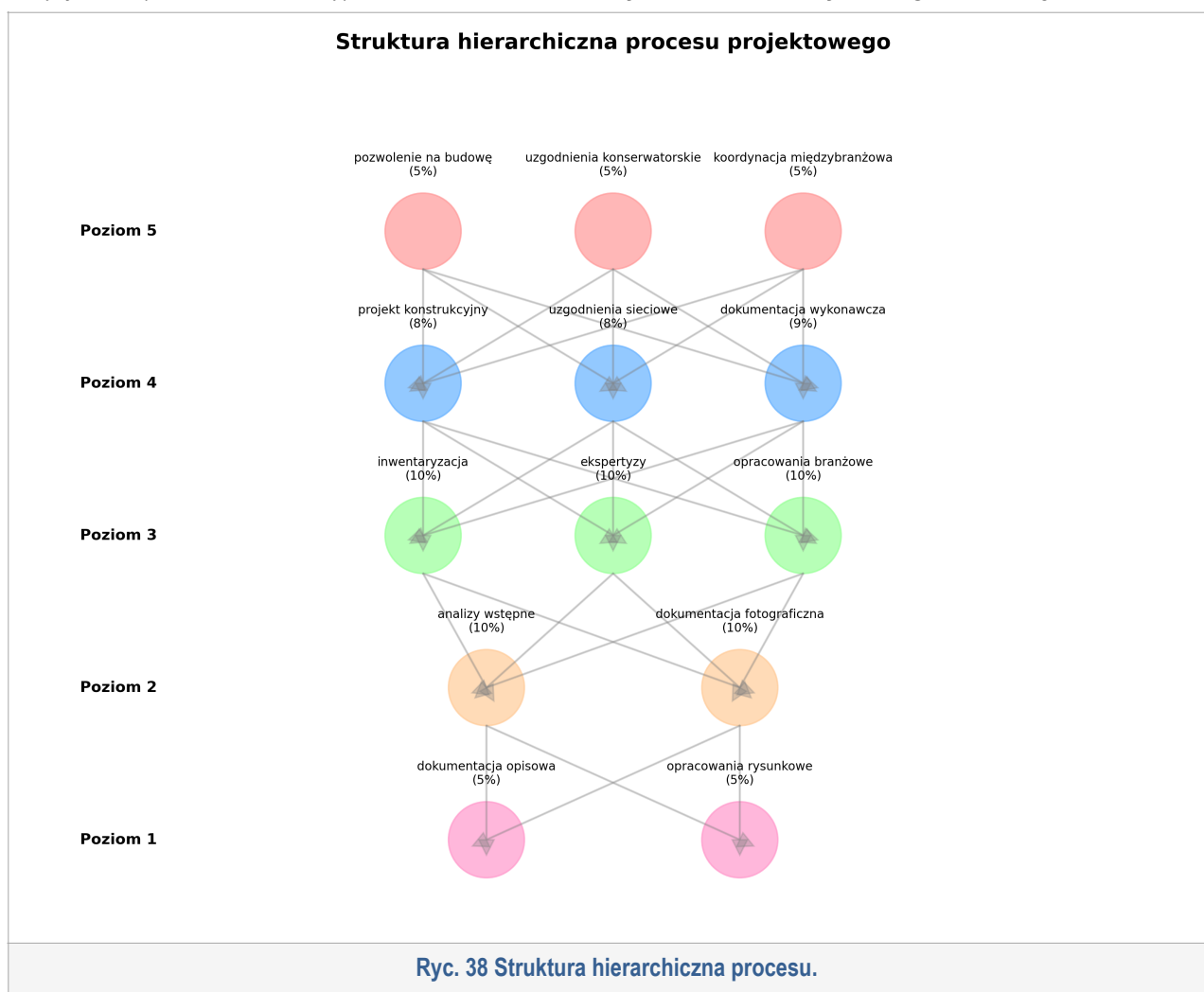
- Dokumentacja opisowa (Poziom 1) zasila analizy wstępne (Poziom 2), które z kolei dostarczają danych dla ekspertyz (Poziom 3).
- Ekspertyzy i opracowania branżowe (Poziom 3) umożliwiają stworzenie projektu konstrukcyjnego i dokumentacji wykonawczej (Poziom 4).

- Wszystkie elementy z Poziomu 4 muszą zostać skoordynowane i zatwierdzone, aby uzyskać pozwolenie na budowę i inne zgody (Poziom 5).

4.4. Katalog typowych obszarów ryzyka i ich uwarunkowania.

W projektach budowlanych o wysokiej współzależności międzybranżowej dominujące ekspozycje ryzyka ujawniają się na przecięciu uwarunkowań **formalno-planistycznych**, **techniczno-przepisowych**, **koordynacyjno-informacyjnych**, **kosztowo-harmonogramowych** oraz **środowiskowo-terenowych** (Kerzner, 2022; PMI, 2021). Na poziomie mechanizmów źródłowych kluczowa jest **endogeniczna podatność procesu decyzyjnego** na niepewności definicyjne i informacyjne, które propagują się w łańcuchu zależności międzybranżowych, skutkując wzrostem **entropii informacyjnej**²⁶¹ oraz powstawaniem **reworku**²⁶² dokumentacji.

Niejednoznaczności interpretacyjne w zakresie **MPZP** (miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego) oraz decyzji **WZ** (warunki zabudowy) – wzmocnione przez **asynchroniczność cyklu uzgodnień** z gestorami sieci i



rzeczoznawcami – generują zjawisko **oscylacji wersji** (*version oscillation*)²⁶³, szczególnie w fazie **federacji modeli BIM** i konsolidacji rysunków. W tym ujęciu wczesne wskaźniki ostrzegawcze (*leading indicators*)²⁶⁴ obejmują m.in.:

²⁶¹ **Entropia informacyjna** – miara nieuporządkowania lub rozproszenia informacji w systemie (Shannon, 1948).

²⁶² **Rework** – konieczność ponownego wykonania pracy z powodu błędów lub braków w poprzednich iteracjach.

²⁶³ **Version oscillation** – powtarzające się zmiany wersji dokumentów lub modeli wskutek niejednoznaczności wymagań.

²⁶⁴ **Leading indicators** – wskaźniki wyprzedzające, sygnały ostrzegające o potencjalnych problemach zanim się zmaterializują.

- dywergencję pomiędzy analizą chłonności terenu a parametrami urbanistycznymi,
- rosnącą gęstość **kolizji krytycznych** (*critical clashes*) po federacji,
- powracające uwagi dotyczące tych samych zagadnień,
- wysoki udział **CR/RFI** (Change Requests / Requests for Information) bez powiązanego **lineage** (rodowodu wersji),
- narastające odchylenia estymacji kosztów i czasu pomiędzy iteracjami (Smith, 2016; ISO, 2018a).

Mitygacja tych zagrożeń wymaga **systemowego podejścia**, łączącego **audyt zgodności ex-ante**²⁶⁵ (w odniesieniu do planistycznych i prawnych determinant) z ustrukturyzowaną ścieżką zgodności przepisowej (*code compliance*) oraz rygorystyczną koordynacją informacyjną w **CDE** (*Common Data Environment*), zgodnie z ramami **ISO 19650** (ISO, 2018b) i **ISO 31000** (ISO, 2018c). Operacyjnie sprowadza się to do:

- Formalizacji **DoR** (Definition of Ready) i **DoD** (Definition of Done) dla interfejsów.
- Planowania **publikacji wydań** w rytmie *publication takt*²⁶⁶ oraz ustalania limitów **WIP** (*Work in Progress*).
- Obowiązkowego **clash detection** przed bramkami decyzyjnymi.
- Jawnego rejestrowania odstępstw i decyzji w **Decision Log**²⁶⁷.
- Włączania analiz **LCC/TCO** (*Life Cycle Costing / Total Cost of Ownership*) i analiz wrażliwości w punktach brzegowych cyklu decyzyjnego.

W obszarze harmonogramowania krytyczne jest **buforowanie uzgodnień i zamówień o długich czasach realizacji** z wykorzystaniem pryncypiów **łańcucha krytycznego** (*Critical Chain Project Management*)²⁶⁸, co ogranicza sprzężenia zwrotne opóźnień. Wspomagaczem skuteczności jest spójny **rejestr ryzyk** z przypisanymi właścicielami i planami odpowiedzi, zasilany strumieniem obiektywnych mierników:

- wariacją lead time uzgodnień (SLA),
- trendem zamykania kolizji krytycznych,
- kompletnością **LOD/LOI** (Level of Detail / Level of Information) na bramkach,
- odsetkiem CR/RFI zamkniętych przed publikacją,
- stabilnością rezerw czasu i kosztu.

Tak skonstruowany system zarządzania ryzykiem minimalizuje nieproduktywne iteracje, podnosi przewidywalność kosztowo-terminową i zwiększa odporność projektu na zakłócenia regulacyjne, rynkowe i środowiskowe, jednocześnie wzmacniając **audit trail** (ścieżkę audytu)²⁶⁹ decyzji i transparentność procesu dla interesariuszy.

Wdrożenie opisanych praktyk umożliwia redukcję zmienności procesu decyzyjnego, skrócenie lead time uzgodnień i poprawę przewidywalności kosztowo-terminowej poprzez wczesną standaryzację interfejsów informacji, formalizację decyzji oraz systematyczną walidację zgodności na bramkach jakościowych (Kerzner, 2022). Ograniczenia obejmują kontekstowość lokalnych interpretacji przepisów oraz wrażliwość na dojrzałość danych wejściowych i kompetencje zespołów. Dalsze badania powinny skupić się na modelowaniu wczesnych wskaźników ostrzegawczych z użyciem danych z CDE, estymacji efektu mitygacji metodami quasi-eksperymentalnymi oraz integracji metryk BIM z analizami ryzyka kosztowo-harmonogramowego (PMI, 2021).

²⁶⁵ **Audyt ex-ante** – weryfikacja przeprowadzona przed rozpoczęciem głównych działań, zapobiegająca błędom na wczesnym etapie.

²⁶⁶ **Publication takt** – stały rytm publikacji wydań w procesie projektowym.

²⁶⁷ **Decision Log** – rejestr decyzji projektowych.

²⁶⁸ **Critical Chain Project Management** – metodyka zarządzania harmonogramem oparta na teorii ograniczeń.

²⁶⁹ **Audit trail** – ścieżka audytu, zapis historii decyzji i zmian.

Metodologia oceny ryzyka

Prawdopodobieństwo (P) i Skutek (S) oceniano w pięciostopniowych skalach. $RPN = P \times S$. Progi: niskie ($RPN \leq 4$), umiarkowane (5–9), wysokie (10–16), krytyczne (>16).

Analiza wyników i wnioski

Rozkład poziomów wskazuje dominację ryzykowysokich i umiarkowanych. Macierz P×S eksponuje koncentrację punktów w obszarze $P = 3-4$ i $S = 3-4$. Heatmapa etap–kategoria wykazuje podwyższone wartości dla zagadnień planistyczno-prawnych w PZT, technicznych w PAB oraz ekonomiczno-logistycznych w PT. Analiza Pareto potwierdza, że niewielka liczba ryzyko generuje istotną część łącznego obciążenia RPN.

Wnioski zarządcze

Priorytet mitygacji: (1) wczesna weryfikacja zgodności MPZP/WZ i tytułów prawnych (PZT), (2) koordynacja międzybranżowa i kontrola kolizji BIM/CAD (PAB), (3) kontrola kosztów, harmonogramu i zamówień krytycznych (PT). Zalecana alokacja zasobów mitygacyjnych: 60% PZT/PAB, 40% PT.

Ograniczenia

Ocena ekspercka niesie komponent subiektywności; rozkład ryzyko zależy od kontekstu regulacyjnego i organizacyjnego; zależności między ryzykami są nieliniowe i dynamiczne.

Interpretacja legendy

Kolory w macierzy: zielony – niskie, żółty – umiarkowane, pomarańczowy – wysokie, czerwony – krytyczne. Identyfikator punktów (Rxx) odpowiada kartom ryzyko w rejestrze. Heatmapa prezentuje średni RPN na przecięciu etap–kategoria (nie liczbę zdarzeń).

4.5. Mapa punktów wdrożeniowych w procesie (gdzie i jak osadzamy narzędzia).

Poniższa **mapa punktów wdrożeniowych** przedstawia sposób osadzenia narzędzi zarządzania ryzykiem i informacją w kluczowych węzłach procesu projektowego, tak aby domknąć pętle sprzężeń zwrotnych i minimalizować **ryzyko emergentne** (Nowak, 2023; Kerzner, 2022). Integracja ta ma charakter **systemowy**: narzędzia są przypisane do etapów i bramek decyzyjnych, co zapewnia spójność między planowaniem, projektowaniem, realizacją i utrzymaniem.

Etap koncepcji

Na etapie koncepcji uruchamiamy **warsztat HAZID** (*Hazard Identification*)²⁷⁰, który umożliwia systemową identyfikację zagrożeń wielobranżowych oraz ustanowienie **rejestru ryzyk**. Rejestr ten od początku powiązany jest z właścicielami ryzyk (Responsible), zasadami eskalacji oraz miernikami wyprzedzającymi (*leading indicators*)²⁷¹. Zgodnie z zaleceniami **ISO 31000** (ISO, 2018), rejestr jest dynamiczny – uzupełnia się go w kolejnych fazach projektu, a wyniki HAZID są omawiane na **Gate 1** (*bramka decyzyjna koncepcyjna*)²⁷². W tym momencie tworzy się również **wstępny plan zarządzania informacją** (BEP – *BIM Execution Plan*) definiujący standardy wymiany danych, formaty plików i strukturę katalogów w **CDE** (*Common Data Environment*).

Projekt zagospodarowania terenu (PZT)

W fazie PZT wdrażamy **CDE z polityką wydań i wersjonowania**, w tym statusami **WIP–Shared–Published–Archive** (BSI, 2021). Powstaje **matryca interfejsów międzybranżowych** – dokument określający, kto, co, kiedy i w jakim formacie przekazuje do innych zespołów. To eliminuje dublowanie pracy, ogranicza straty informacyjne oraz

²⁷⁰ **HAZID (Hazard Identification)** – metoda identyfikacji zagrożeń na wczesnym etapie projektu.

²⁷¹ **Leading indicators** – wskaźniki wyprzedzające informujące o potencjalnych ryzykach przed ich materializacją.

²⁷² **Gate (Bramka decyzyjna)** – formalny punkt kontroli jakości i decyzji „Go/No-Go”

zapewnia **audit trail** dla wszystkich zmian i uzgodnień. Dla projektów wielkoskalowych wskazane jest powiązanie CDE z harmonogramem w metodologii **łańcucha krytycznego** (*Critical Chain Project Management*), co pozwala buforować zadania wrażliwe na opóźnienia gestorów sieci i administracji.

Projekt architektoniczno-budowlany (PAB) i projekt techniczny (PT)

W fazach PAB i PT kluczowe są **cykliczne clash detection** (*wykrywanie kolizji*) oraz procedury **QA/QC** (*Quality Assurance/Quality Control*). Wyniki automatycznie zasilają **rejestr ryzyk** oraz backlog działań korygujących (CR – *Change Requests*) z przypisaniem właścicieli i terminów zamknięcia. Każda krytyczna kolizja jest weryfikowana przed bramkami **Gate 2–Gate 3**, a niezamknięte pozycje są blokadą do decyzji **Go/No-Go** (PMI, 2021). Dodatkowo, dla decyzji o wysokim wpływie kosztowym lub harmonogramowym, przeprowadza się **analizy LCC** (*Life Cycle Costing*) i **analizy scenariuszowe „what-if”** (Jensen & Jóhannesson, 2013). Ich celem jest optymalizacja **CAPEX** (wydatków inwestycyjnych) i **OPEX** (kosztów operacyjnych) w całym cyklu życia projektu.

Zarządzanie zmianą

Między **Gate 3** a **Gate 4** obowiązuje formalny **proces zarządzania zmianą** (*Change Control Process*). Każda zmiana jest zgłaszana formularzem **CR** w CDE, oceniana pod kątem wpływu na koszt, harmonogram i ryzyko przez **Change Control Board (CCB)**, a decyzje (zaakceptowane lub odrzucone) są archiwizowane z uzasadnieniem. Taka procedura chroni **integralność zakresu** (*scope integrity*), minimalizuje **scope creep** oraz zapewnia pełną **ścieżkę audytu**.

Relacje z interesariuszami i organy administracji

Równolegle utrzymujemy **repozytorium uzgodnień** wraz z matrycą odpowiedzialności (RACI) za relacje z organami i gestorami. To skraca ścieżki decyzyjne, ogranicza ryzyko regulacyjne i poprawia **compliance** (*zgodność z przepisami*) (BSI, 2021). Utrzymywanie udokumentowanych kontaktów i harmonogramów spotkań pozwala również monitorować **SLA** (*Service Level Agreement*) dla odpowiedzi zewnętrznych.

Faza realizacji i zamknięcie projektu

Podczas realizacji stosujemy standaryzowaną procedurę **RFI** (*Request for Information*), pełną ścieżkę pytań i odpowiedzi w CDE oraz na bieżąco aktualizujemy dokumentację powykonawczą. Tworzymy **model as-built** (model odzwierciedlający stan wykonania) oraz **Księgę Obiektu**, które zapewniają spójne przekazanie do eksploatacji i utrzymania (Eastman et al., 2018). Tak skonstruowana mapa – od **HAZID** i rejestru ryzyk, przez **CDE**, **QA/QC** i **change control**, po **as-built** i **RFI** – zakotwicza narzędzia tam, gdzie powstaje informacja i ryzyko, tworząc **zamknięty obieg danych, decyzji i odpowiedzialności**.



Komentarz do diagramu:

Fazy projektu

Koncepcja – wstępna koncepcja/feasibility.

PZT – Projekt Zgodny z Terenem (konceptyjno-programowy, przed PAB).

PAB – Projekt Architektoniczno-Budowlany (do pozwolenia).

PT – Projekt Techniczny (wykonawczy/branżowy).

Change Control – kontrola zmian (zarządzanie zmianą w projekcie).

Realizacja – faza budowy i zamknięcia projektu.

TORY / Obszary

Ryzyko – zarządzanie ryzykiem projektu.

Informacja i CDE – zarządzanie informacją i wspólne środowisko danych.

Jakość i kolizje – kontrola jakości i detekcja kolizji międzybranżowych.

Zmiana – procesy kontroli zmian (CR/CCB).

Admin/Interesariusze – administracja projektu i komunikacja z interesariuszami.

Realizacja/Zamknięcie – dokumentacja powykonawcza i przekazanie.

Skróty i terminy w kapsułach

HAZID – Hazard Identification (identyfikacja zagrożeń na wczesnym etapie).

BEP – BIM Execution Plan (Plan Realizacji BIM).

CDE – Common Data Environment (Wspólne Środowisko Danych).
WIP/Shared – Work-In-Progress / Shared (strefy CDE: robocza i współdzielona).
QA/QC – Quality Assurance / Quality Control (zapewnienie/kontrola jakości).
Clash cycles – iteracje detekcji kolizji między branżami.
RACI – Responsible, Accountable, Consulted, Informed (macierz odpowiedzialności).
CCPM – Critical Chain Project Management (zarządzanie łańcuchem krytycznym).
LCC – Life-Cycle Cost (koszt w cyklu życia).
What-if – analizy scenariuszowe „co jeśli”.
CR – Change Request (wniosek o zmianę).
CCB – Change Control Board (komisja ds. zmian).
Audit trail – ścieżka audytu (historia decyzji/zatwierdzeń w CDE).
RFI – Request for Information (zapytnia o informację).
SLA – Service Level Agreement (umowa poziomu usług).
As-built – dokumentacja powykonawcza (stan faktycznie zrealizowany).
Księga Obiektu – zestaw dokumentów przekazywanych przy zamknięciu inwestycji .

Dodatkowe pojęcia z diagramu

Interfejsy – zależności/połączenia między branżami i zakresem.
Modele + wersje – wersjonowanie modeli/projektów w CDE.
Decyzje CCB – formalne decyzje komisji ds. zmian rejestrowane w CDE.
Repo uzgodnień – repozytorium decyzji/uzgodnień projektowych.
Kolizje krytyczne – kolizje mające wpływ na bezpieczeństwo/termin/koszt.
Powiązanie – linkowanie zadań/ryzyk/dokumentów w CDE z harmonogramem.
Bufory – rezerwy czasu/zasobów w CCPM.

4.6. Podsumowanie.

Powyższy rozdział wykazał, że proces projektowy w architekturze i budownictwie charakteryzuje się **wysoką współzależnością międzybranżową**, sekwencyjno-iteracyjną strukturą oraz podatnością na zakłócenia wynikające z czynników formalno-prawnych, technicznych i organizacyjnych. Analiza faz – od **koncepcji**, przez **projekt zagospodarowania terenu (PZT)**, **projekt architektoniczno-budowlany (PAB)**, **projekt techniczny (PT)**, aż po **realizację** – ukazała, że ryzyka pojawiają się zarówno na styku przepisów (MPZP/WZ, Warunki Techniczne), jak i w punktach koordynacji informacji (CDE) czy uzgodnień z gestorami i administracją.

Wskazano, że **interfejsy branżowe** – w szczególności **konstrukcja-MEP** oraz **PZT-sieci zewnętrzne-drogi** – stanowią główne węzły ryzyka, ponieważ nawet niewielkie opóźnienie lub błędna decyzja może wywołać efekt kaskadowy (Smith, 2016; ISO, 2018a). Równocześnie zidentyfikowano znaczenie **bramek decyzyjnych (Gate 1–4)** jako formalnych punktów kontroli jakości i kompletności dokumentacji, które zamykają pętle weryfikacyjne oraz chronią projekt przed niekontrolowanymi zmianami i wzrostem kosztów (PMI, 2021).

W rozdziale podkreślono także rolę **narzędzi cyfrowych** i struktur zarządzania:

- **CDE (Common Data Environment)** z polityką wersjonowania i wydawania dokumentów umożliwia śledzenie zmian i utrzymanie integralności danych.
- **HAZID (Hazard Identification)** oraz **rejstry ryzyk** pozwalają na wczesne identyfikowanie zagrożeń i przypisanie właścicieli ryzyk wraz z planami odpowiedzi (Kerzner, 2022).

- **Clash detection, QA/QC i LCC/analizy scenariuszowe** zmniejszają liczbę błędów, poprawiają przewidywalność harmonogramu i optymalizują koszty cyklu życia projektu (Eastman et al., 2018).
- **RFI (Request for Information)**, matryce RACI oraz audytowalne ścieżki decyzji w CDE zapewniają transparentność i redukują ryzyko formalne.

Zwrócono uwagę, że **ryzyko w projektach budowlanych** nie jest statyczne – ma charakter **emergentny** i dynamicznie zmienia się w zależności od danych wejściowych, decyzji interesariuszy oraz środowiska regulacyjnego. Z tego względu efektywne zarządzanie wymaga **systemowego podejścia** opartego na standardach **ISO 19650** (zarządzanie informacją w BIM) i **ISO 31000** (zarządzanie ryzykiem), a także metodologii projektowych takich jak **Critical Chain Project Management (CCPM)** czy **bramki jakościowe (Go/No-Go)**.

Rozdział 4 dostarcza:

- I. **Kompleksowego opisu faz projektowych** w polskim kontekście prawnym i technicznym oraz powiązanych z nimi ryzyk.
- II. **Zintegrowanej mapy narzędzi wdrożeniowych** – od HAZID, przez CDE i clash detection, po procedury RFI i modele as-built – wskazując miejsca ich aktywacji w procesie.
- III. **Rekomendacji praktycznych**, takich jak formalizacja DoR/DoD, limity WIP, monitorowanie SLA oraz stosowanie audytowalnych decyzji na bramkach.
- IV. **Dowodu na konieczność wczesnego planowania ryzyka i informacji**, aby minimalizować rework, stabilizować harmonogram i chronić budżet w warunkach złożonego środowiska wielobranżowego.

Dzięki temu rozdział tworzy fundament dla dalszych analiz w kolejnych częściach pracy, koncentrujących się na tworzeniu listy kontrolnej, integracji danych z CDE oraz badaniu skuteczności proponowanych rozwiązań w warunkach wdrożeniowych.

5. ROZDZIAŁ - IDENTYFIKACJA, KLASYFIKACJA I OCENA RYZYKA.

5.1. Taksonomia ryzyko: techniczne, formalnoprawne, funkcjonalne, społeczne, środowiskowe.

Skuteczne zarządzanie ryzykiem wymaga spójnego języka, który pozwala porównywać i priorytetyzować zagrożenia w poprzek zespołów i etapów projektu. **Taksonomia ryzyka** – uporządkowany podział na kategorie – dostarcza takiego języka (PMI, 2021)[14]. W niniejszym podejściu przyjmujemy pięć kategorii, które pokrywają najważniejsze źródła niepewności w projektach budowlanych i infrastrukturalnych: **techniczne, formalnoprawne, funkcjonalne, społeczne** oraz **środowiskowe**. Taki układ jest kompatybilny z dobrymi praktykami **ISO 31000** (ISO, 2018), **PMBOK** (PMI, 2021) oraz z praktykami branżowymi BIM/ISO 19650 (BSI, 2021), wspieranymi przez **CDE** (Common Data Environment) i procesy **QA/QC** (Quality Assurance/Quality Control)²⁷³.

Taksonomia pełni trzy role: **komunikacyjną** (redukuje szum semantyczny i różnice interpretacyjne między branżami), **analityczną** (ułatwia agregację i porównywalność ryzyk), oraz **egzekucyjną** (umożliwia skuteczniejsze przypisanie właścicieli, planów mitygacji i progów eskalacji w bramkach decyzyjnych **Gate 1–5**). W literaturze podkreśla się, że wartość taksonomii nie polega na jej sztywności, lecz na stabilnej ramie z możliwością rozszerzeń przez **tagi pomocnicze** (Nowak, 2023). Dlatego zaleca się stosowanie słownika tagów (np. **BHP, LCC/LCA, Pozwolenia, Interesariusze**) zwiększających precyzję klasyfikacji w rejestrze ryzyk.

Ryzyko techniczne

Ryzyko wynikające z technologii, projektowania, koordynacji i wykonawstwa, w tym jakości danych/modeli BIM oraz integralności rozwiązań technicznych. Obejmuje błędy koncepcyjne, defekty wdrożeniowe i ryzyko systemowe wynikające z złożoności interfejsów międzybranżowych. Przykłady: kolizje międzybranżowe (**clash detection**, błędy obliczeń, niespójność danych i wersji (statusy wydań w CDE), czy ryzyko utrzymaniowe wynikające z decyzji projektowych (niedoszacowane **LCC** – Life Cycle Costing). **Sygnaly detekcji**: raporty clash detection (Navisworks/Solibri), reguły QA/QC, testy **FAT/SAT** (Factory/Site Acceptance Tests), przeglądy koordynacyjne, karty zmian (**Change Request** – **CR**). **Mitygacje**: podniesienie dojrzałości modeli (**LOD/LOI**), wczesne warsztaty **HAZID** (Hazard Identification), automatyzacja walidacji i rezerwy montażowe.

Ryzyko formalnoprawne

Zgodność z przepisami, pozwoleniami, standardami i kontraktami. Przykłady: opóźnienia w decyzjach administracyjnych, zmiany prawa środowiskowego, roszczenia kontraktowe i kwestie własności intelektualnej. **Sygnaly detekcji**: harmonogram zgód, rejestr pozwoleń, przeglądy prawne, mechanizmy Change Control. **Mitygacje**: mapowanie ścieżek decyzji, checklista zgodności, kamienie milowe i komunikacja z organami.

Ryzyko funkcjonalne

Ryzyko niedostatecznego spełnienia wymagań użytkownika i celów biznesowych. Przykłady: niewystarczająca przepustowość, brak ergonomii, niezgodność z briefem inwestora, nadmierna złożoność utrudniająca utrzymanie. **Sygnaly detekcji**: analizy scenariuszowe, przeglądy HAZID, testy prototypów. **Mitygacje**: iteracje wymagań, makiety (**mock-upy**), projektowanie pod utrzymanie (**Design for Maintainability**).

Ryzyko społeczne

Ryzyko akceptacji społecznej, relacji z otoczeniem oraz bezpieczeństwa i higieny pracy. Przykłady: protesty społeczne, zakłócenia w ruchu, ryzyko **BHP** na budowie, reputacyjne w mediach. **Sygnaly detekcji**: konsultacje społeczne, analizy interesariuszy, monitoring BHP i mediów. **Mitygacje**: plan komunikacji, harmonogramy minimalizujące uciążliwości, szkolenia BHP, procedury reagowania kryzysowego.

Ryzyko środowiskowe

²⁷³ Quality Control (kontrola jakości) to zestaw działań i procedur, które mają na celu sprawdzenie, czy produkt, proces lub usługa spełnia określone wymagania, normy i standardy.

Ryzyko wpływu na środowisko w całym cyklu życia obiektu. Przykłady: przekroczenia norm hałasu, kolizje z siedliskami, ryzyko hydrologiczne, nadmierny **ślad węglowy (carbon footprint)**. **Sygnaly detekcji:** decyzje środowiskowe, monitoring budowy, modele LCA/LCC, audyty ESG. **Mitygacje:** rozwiązania niskoemisyjne, kompensacje przyrodnicze, monitoring i raportowanie środowiskowe.

Zasady klasyfikacji i oceny

Jedna pozycja ryzyka może należeć do kilku kategorii, ale w rejestrze wskazuje się kategorię wiodącą i tagi pomocnicze. Każde ryzyko ma opis, źródło sygnału/dowód, właściciela, wpływ (koszt, termin, jakość, środowisko), prawdopodobieństwo i priorytet (**RPN – Risk Priority Number**). Wynik agreguje się do priorytetu i raportuje na brankach decyzyjnych. W ramach niniejszego doktoratu i wdrożenia opracowywana jest **lista kontrolna klasyfikacji ryzyka**, oparta na tej taksonomii, która pozwala zespołom projektowym spójnie przypisywać alerty, śledzić zmiany i ograniczać **scope creep**.

Korzyści i integracja

Taksonomia zwiększa przewidywalność, umożliwi wczesne wykrywanie zagrożeń o największym wpływie, skraca czas reakcji i wzmacnia jakość decyzji. Integracja z CDE i brankami eliminuje szum informacyjny – dane i decyzje posiadają **audit trail**, a modele i dokumentacja są spójne. Wyodrębnienie kategorii społecznej i środowiskowej wzmacnia podejście ESG i odporność projektu (Eastman et al., 2018).

OPRACOWANY SCHEMAT KALSYFIKACJI POZIOMÓW RYZYKA

Jako architektka z wieloletnim doświadczeniem w realizacji złożonych projektów budowlanych, opracowałam rozbudowaną **klasyfikację alertów i interakcji ryzyka**, opartą na systematycznych obserwacjach oraz analizie problemów napotykanym w trakcie całego cyklu życia projektów. Skala ta została zaprojektowana z myślą o **wdrożeniach doktorskich i praktycznych zastosowaniach** w środowisku **BIM** oraz w projektach o wysokim stopniu współzależności międzybranżowej. Wprowadzona **sześciostopniowa skala** – od „braku” do „krytycznego / bardzo wysokiego” – umożliwi **precyzyjne określenie poziomu istotności poszczególnych sygnałów, alertów lub problemów** występujących w projekcie.

Decyzja o stworzeniu takiej skali wynikała z potrzeby odróżnienia drobnych, powtarzalnych zagadnień (np. niewielkie rozbieżności rysunków lub pojedyncze pytania RFI), które mają marginalny wpływ na jakość inwestycji, od **sytuacji mogących wywołać poważne konsekwencje** – takich jak krytyczne kolizje instalacyjne, błędy formalne skutkujące utratą pozwolenia na budowę, czy też ryzyka środowiskowe wymagające natychmiastowych działań naprawczych.

W praktyce:



Poziom 0 („Brak”) – brak identyfikowalnych zagrożeń lub alertów.

- **Poziom 1 („Bardzo niski”)** – drobne odchylenia łatwe do skorygowania w toku prac, niewymagające eskalacji.
- **Poziom 2 („Niski”)** – sygnały potencjalnych niezgodności, które mogą zostać rozwiązane lokalnie przez zespół projektowy.
- **Poziom 3 („Średni”)** – zagadnienia wymagające monitorowania i okresowych przeglądów; ryzyko umiarkowane.
- **Poziom 4 („Wysoki”)** – problemy o istotnym wpływie na harmonogram, koszt lub zgodność formalną; wymagają aktywnej mitygacji i raportowania do kierownika projektu.
- **Poziom 5 („Krytyczny / Bardzo wysoki”)** – ryzyka o potencjale zatrzymania projektu, zagrożenia bezpieczeństwa (BHP[2]) lub utraty zgodności prawnej; wymagają natychmiastowej interwencji i decyzji **Go/No-Go** na bramkach decyzyjnych.

W ramach niniejszego doktoratu i wdrożenia opracowywana jest **lista kontrolna klasyfikacji ryzyka** – narzędzie, które w praktyce pozwala zespołom projektowym spójnie przypisywać alerty do odpowiednich poziomów, śledzić ich zmiany w czasie oraz raportować statusy na przeglądach bramkowych. Lista ta integruje się z **CDE (Common Data Environment)**, gdzie każdy alert otrzymuje identyfikator, właściciela (Responsible) i dowody w postaci zrzutów ekranowych z clash detection, raportów QA/QC lub dokumentów administracyjnych.

Dodatkowo, opracowano **macierz zależności ryzyk**, która pełni funkcję narzędzia porządkującego i wspomagającego **kontrolę jakości dokumentacji**. Macierz ta oparta jest na założeniu, że wszystkie główne części projektu budowlanego oraz ich elementy składowe są wzajemnie powiązane. Dzięki przypisaniu wag (od 1.0 – elementy zawsze wymagane, do 0.0 – brak konieczności uwzględnienia) macierz pozwala na szybkie zidentyfikowanie braków w dokumentacji, które mogłyby przełożyć się na błędy wykonawcze lub problemy formalne. Poziomy pośrednie, takie jak 0.8 (wymagane warunkowo) lub 0.6 (zalecane), umożliwiają elastyczne dopasowanie do specyfiki inwestycji, przy jednoczesnym zachowaniu standardów zgodności z rozporządzeniami i normami (ISO, 2018; BSI, 2021).

Stopień	Nazwa/ Klasyfikacja	Charakterystyka Interakcji/Alertu
0	Brak	Brak uznanych interakcji lub alertów – projekt przebiega bez wykrywalnych problemów lub nietypowych ustaleń.
1	Bardzo niski	Minimalne interakcje; alerty o niskim poziomie ważności, informujące jedynie o rutynowych faktach, niewymagających pilnych działań.
2	Niski	Umiarkowanie niskie znaczenie; pojawiają się drobne alerty lub interakcje wskazujące na ewentualne drobne nieścisłości, które mogą być skorygowane przy okazji dalszych ustaleń.
3	Średni	Normalny poziom interakcji; alerty o umiarkowanej ważności, wskazujące na standardowe ustalenia, które wymagają monitorowania, lecz nie stanowią poważnego zagrożenia.
4	Wysoki	Znaczące interakcje; alerty o wysokiej ważności, wymagające sprawdzenia oraz ewentualnych korekt, gdyż mają potencjał wpłynąć na krytyczne aspekty projektu.
5	Krytyczny / Bardzo wysoki	Najwyższa kategoria; interakcje i alerty o krytycznym znaczeniu, które wskazują na pilne zagadnienia i decyzje kluczowe dla powodzenia projektu – wymagają natychmiastowego działania.

1.10 OPIS SKALI ALERTU

Takie podejście nie tylko minimalizuje ryzyko pominięcia kluczowych komponentów projektu, ale także:

- **Usprawnia komunikację w zespole projektowym**, ponieważ członkowie zespołu mają wspólny punkt odniesienia co do priorytetów.
- **Zwiększa przewidywalność harmonogramu i kosztów**, ponieważ krytyczne problemy są identyfikowane wcześniej.
- **Wzmacnia dowodowość procesu** – każda decyzja i zmiana w rejestrze ryzyka ma ścieżkę audytu (**audit trail**) i przypisanie właściciela.

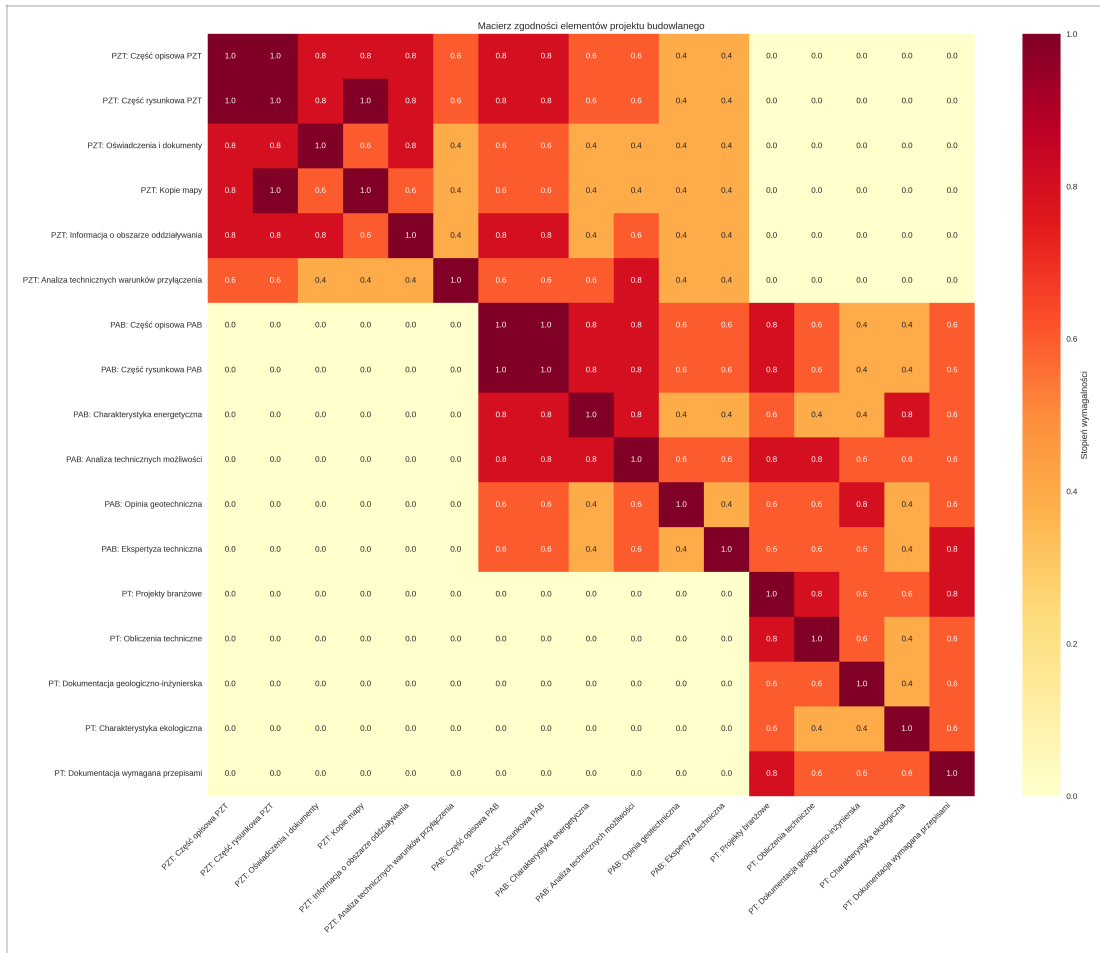
- Łączy się z dobrymi praktykami BIM/ISO 19650, w których rejestr ryzyk jest integralną częścią środowiska CDE i raportowania na bramkach (Eastman et al., 2018; Kerzner, 2022).

W praktyce wdrożeniowej proponowana skala i macierz stały się istotnym wsparciem dla procesu decyzyjnego, umożliwiając równoważenie wymagań technicznych, formalnoprawnych i środowiskowych. Dzięki temu możliwe jest ograniczenie **scope creep**²⁷⁴ oraz efektywne zarządzanie dokumentacją, co bezpośrednio przekłada się na jakość, koszt i terminowość realizacji inwestycji.

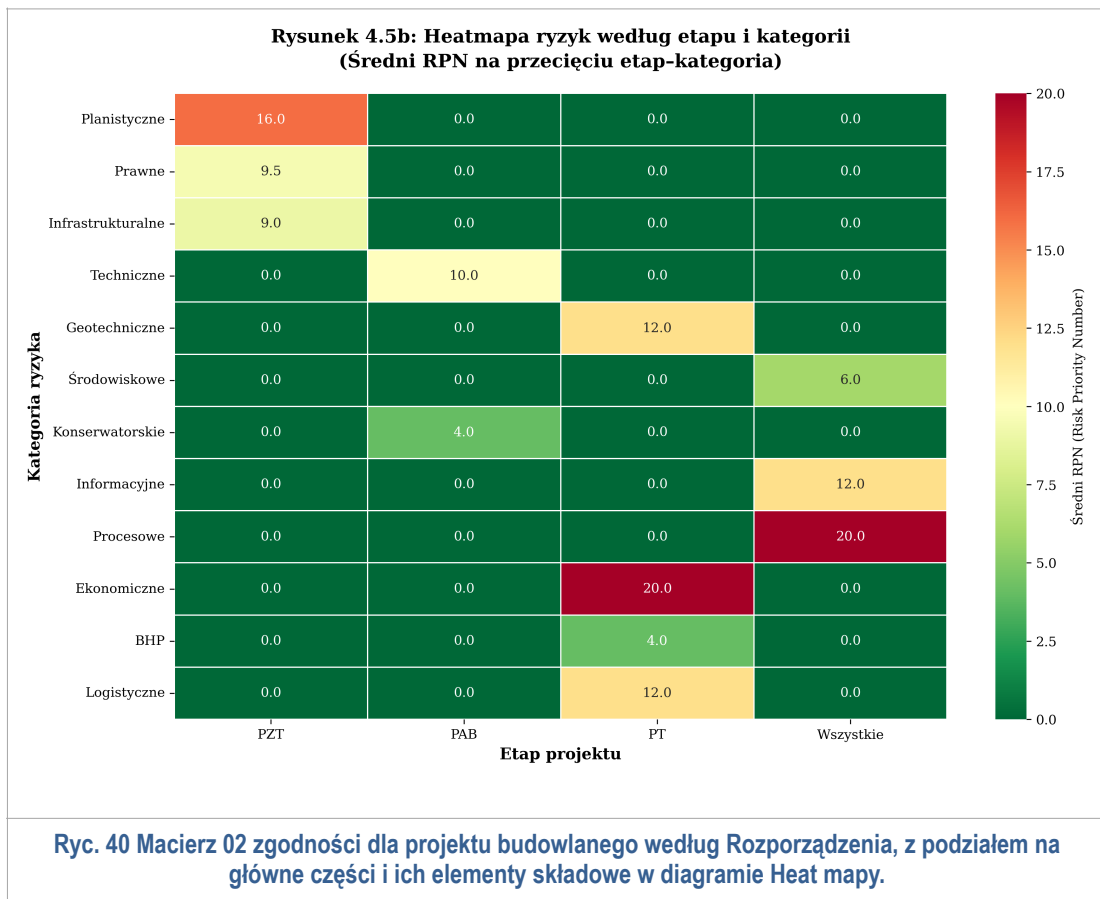
	PZT : Część opisowa PZT	PZT: Część rysunkowa PZT	PZT: Oświadczenia i dokumenty	PZT: Kopie mapy	PZT: Informacja o obszarze oddziaływania	PZT: Analiza technicznych warunków przyłączenia	PAB: Część opisowa PAB	PAB: Część rysunkowa PAB	PAB: Charakterystyka energetyczna	PAB: Analiza technicznych możliwości	PAB: Opinia geotechniczna	PAB: Ekspertyza techniczna	PT: Projekty branżowe	PT: Obliczenia techniczne	PT: Dokumentacja geologiczno- inżynierska	PT: Charakterystyka ekologiczna	PT: Dokumentacja wymagana przepisami
PZT: Część opisowa PZT	1	1	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0	0	0	0	0
PZT: Część rysunkowa PZT	1	1	0,8	1	0,8	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0	0	0	0	0
PZT: Oświadczenia i dokumenty	0,8	0,8	1	0,6	0,8	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0	0	0	0	0
PZT: Kopie mapy	0,8	1	0,6	1	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0	0	0	0	0
PZT: Informacja o obszarze oddziaływania	0,8	0,8	0,8	0,6	1	0,4	0,8	0,8	0,4	0,6	0,4	0,4	0	0	0	0	0
PZT: Analiza technicznych warunków przyłączenia	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	1	0,6	0,6	0,6	0,8	0,4	0,4	0	0	0	0	0
PAB: Część opisowa PAB	0	0	0	0	0	0	1	1	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	0,6	0,4	0,4	0,6
PAB: Część rysunkowa PAB	0	0	0	0	0	0	1	1	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	0,6	0,4	0,4	0,6
PAB: Charakterystyka energetyczna	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8	1	0,8	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,8	0,6
PAB: Analiza technicznych możliwości	0	0	0	0	0	0	0,8	0,8	0,8	1	0,6	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
PAB: Opinia geotechniczna	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,4	0,6	1	0,4	0,6	0,6	0,8	0,4	0,6
PAB: Ekspertyza techniczna	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	1	0,6	0,6	0,6	0,4	0,8
PT: Projekty branżowe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,8	0,6	0,6	0,8
PT: Obliczenia techniczne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1	0,6	0,4	0,6
PT: Dokumentacja geologiczno- inżynierska	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6	1	0,4	0,6
PT: Charakterystyka ekologiczna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,4	0,4	1	0,6
PT: Dokumentacja wymagana przepisami	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,6	0,6	0,6	1

T.11. Rola elementów i struktura macierzy zależności w kontekście projektu budowlanego.

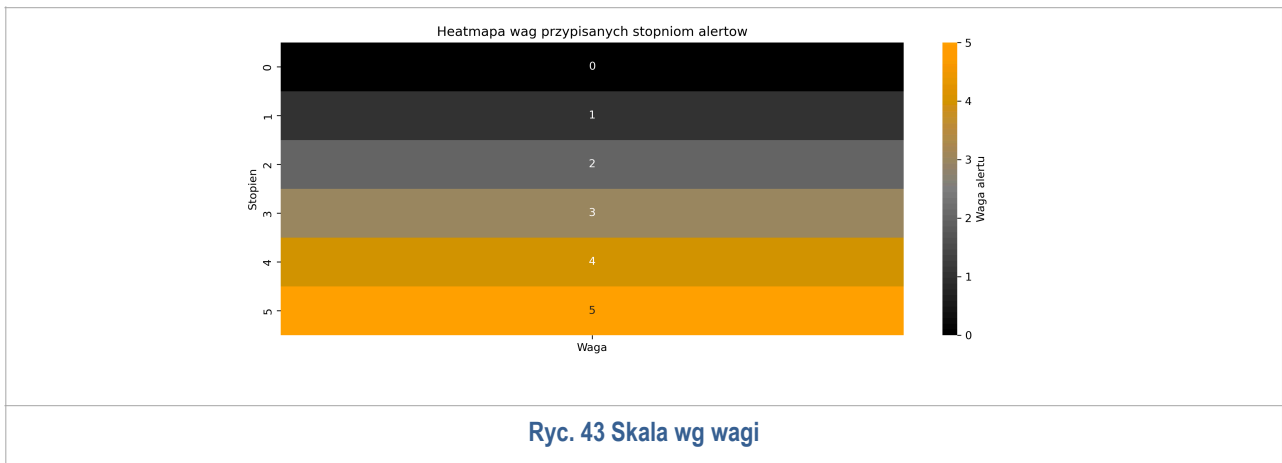
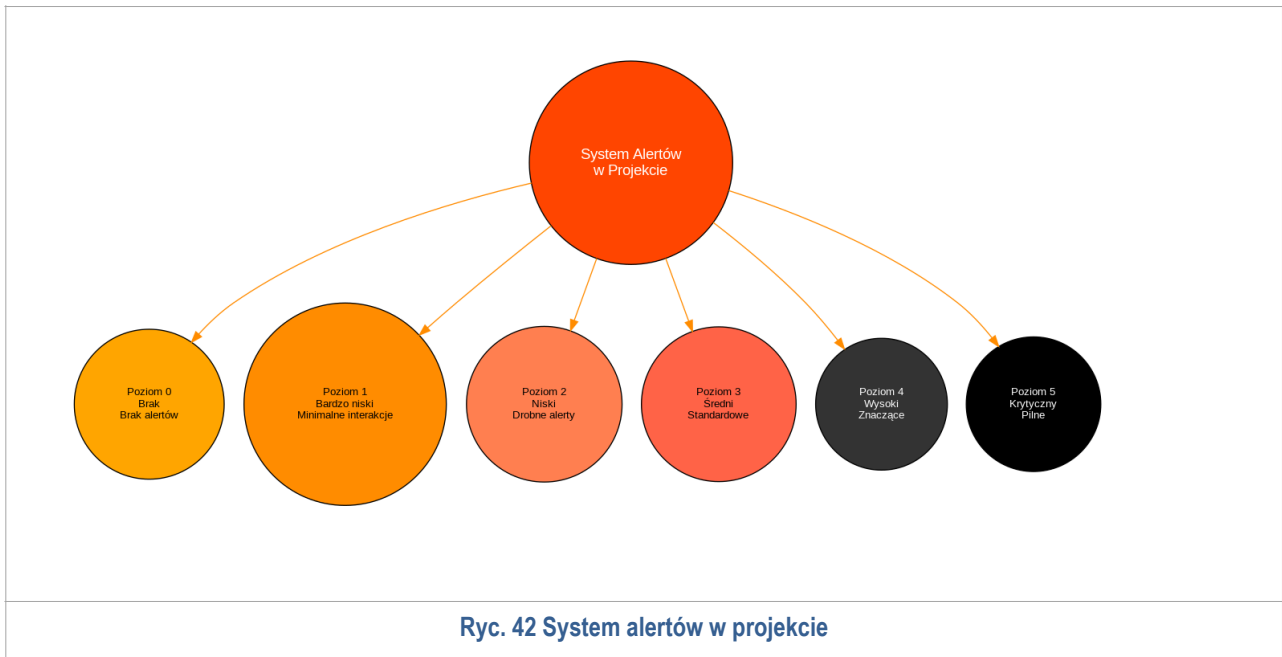
²⁷⁴ Scope creep – niekontrolowane rozszerzanie zakresu projektu.



Ryc. 39 Macierz 01 zgodności dla projektu budowlanego według Rozporządzenia, z podziałem na główne części i ich elementy składowe w diagramie Heat mapy.



Ryc. 40 Macierz 02 zgodności dla projektu budowlanego według Rozporządzenia, z podziałem na główne części i ich elementy składowe w diagramie Heat mapy.



5.2. Progi decyzyjne i hierarchia alertów.

Progi decyzyjne to **formalnie określone wartości graniczne wskaźników ryzyka** – zarówno jakościowych, jak i ilościowych – których przekroczenie inicjuje działania prewencyjne, korygujące, kompensacyjne lub eskalacyjne (ISO, 2018; Haines, 2015; Staszkiwicz & Strąg, 2016). W ramach niniejszego doktoratu wdrożeniowego progi są reprezentowane w **LKP (Lista Kontrolna Projektu)** jako kryteria przejścia między bramkami decyzyjnymi (*gate reviews* – formalne punkty kontrolne w cyklu życia projektu²⁷⁵). Kryteria te przypisano do sekcji obejmujących: zgodność formalnoprawną, bezpieczeństwo i higienę pracy (BHP), środowisko, funkcjonalność użytkową oraz relacje społeczne.

Metodologicznie progi są funkcją **tolerancji ryzyka** (*risk tolerance* – maksymalny akceptowalny poziom²⁷⁶), **apetytu na ryzyko** (*risk appetite* – preferowana ekspozycja²⁷⁷) oraz obowiązku staranności (Gasparski, 2012; PN-EN ISO 45001:2018-06). W LKP uwzględniono wskaźniki wrażliwości społecznej (np. liczba zgłoszeń od interesariuszy, wskaźnik akceptacji uczestników konsultacji), integralności środowiskowej (marginesy zgodności emisji/hałasu), zgodności formalnoprawnej (terminy uzgodnień, marginesy dopuszczalnych odchyłeń) oraz rezyliencji funkcjonalnej

²⁷⁵ *Gate reviews* – formalne punkty decyzyjne zatwierdzające przejście do kolejnej fazy.

²⁷⁶ *Risk tolerance* – maksymalny poziom ryzyka akceptowany przez organizację.

²⁷⁷ *Risk appetite* – preferowany przez organizację poziom ryzyka.

(poziom redundancji, czas odtworzenia) wraz z progami akceptacji i opisem działań po przekroczeniu (Rockström et al., 2009; EEA, 2022; Hollnagel et al., 2006).

Kalibracja progów opiera się na **macierzach ryzyka**, metodzie **FMEA** (*Failure Mode and Effects Analysis*²⁷⁸) oraz analizie **bow-tie**²⁷⁹, co umożliwia powiązanie źródeł zagrożeń z barierami ochronnymi i planami odpowiedzi (AIAG & VDA, 2019; CCPS, 2008; ISO, 2019). Dla ryzyk szybko narastających wprowadzono **progi adaptacyjne** z komponentem trendowym oraz mechanizmami wykrywania anomalii (Ahmed et al., 2016; Bansal et al., 2020). Zmiany kontekstu (np. nowe decyzje administracyjne, odkryte kolizje branżowe) automatycznie uruchamiają przegląd wartości progowych.

Typologia progów decyzyjnych

W LKP wyróżniono cztery klasy progów:

- I. **Prewencyjne** – uruchamiają działania redukujące ekspozycję przed materializacją zdarzenia (np. przeprojektowanie węzła, dodanie barier organizacyjnych) (Haddon, 1968; CCPS, 2008).
- II. **Operacyjne** – inicjują interwencje w toku procesu, gdy wskaźniki zbliżają się do wartości krytycznych (np. dodatkowe obliczenia, audyt zgodności BIM) (ISO, 2015; PN-EN ISO 9001:2015-10).
- III. **Eskalacyjne** – aktywują ścieżki eskalacji do kierownictwa projektu lub komitetu sterującego (BSI, 2014; NIST, 2012).
- IV. **Awaryjne/kryzysowe** – przełączają projekt w tryb zarządzania incydem lub kryzysem i uruchamiają plan komunikacji publicznej (UNDRR, 2015; FEMA, 2017).

Każdy próg w LKP zawiera: definicję wskaźnika, źródła danych, wartość graniczną z marginesem bezpieczeństwa, tolerancję czasową reakcji, przypisane role (Responsible, Accountable, Consulted, Informed²⁸⁰) oraz katalog działań naprawczych.

Hierarchia alertów

Hierarchia alertów w LKP bazuje na czterech poziomach:

- **Zielony** – monitoring rutynowy (brak działań poza obserwacją),
- **Żółty** – ostrzeżenie i działania prewencyjne,
- **Pomarańczowy** – wysokie ryzyko, działania korygujące i eskalacja,
- **Czerwony** – ryzyko krytyczne, wstrzymanie prac lub tryb kryzysowy.

Alerty są przypisane do ról projektowych: projektant branżowy, koordynator BIM, kierownik ds. zgodności formalnoprawnej, specjalista BHP i środowiskowy oraz kierownik projektu. Każdy alert uruchamia checklistę działań w LKP z przypisanymi terminami, wzorcami komunikacji i dowodami realizacji (PN-EN ISO 19011:2018).

Integracja z bramkami decyzyjnymi

LKP jest zintegrowana z bramkami: BR0 (koncepcja), BR1 (projekt budowlany), BR2 (projekt wykonawczy), BR3 (przygotowanie realizacji) oraz BR4 (odbior). Przejście przez bramkę wymaga spełnienia progów akceptacji we wszystkich sekcjach LKP. Niespełnienie któregośkolwiek progów generuje alert i ścieżkę eskalacji. W krytycznych przypadkach bezpieczeństwa stosuje się zasadę **stop-the-line**²⁸¹ (Reason, 1997).

Dane, dowody i audytowalność

²⁷⁸ **FMEA** – analiza przyczyn i skutków błędów.

²⁷⁹ **Bow-tie analysis** – metoda wizualizacji przyczyn i skutków zdarzeń ryzykownych.

²⁸⁰ **RACI** – Responsible, Accountable, Consulted, Informed (matryca odpowiedzialności).

²⁸¹ **Stop-the-line** – natychmiastowe wstrzymanie procesu przy krytycznym zagrożeniu.

Każdy wskaźnik LKP ma określone źródło danych, częstotliwość aktualizacji, właściciela, metodę walidacji oraz sposób dokumentowania dowodów. LKP jest audytowalna zgodnie z PN-EN ISO 19011:2018, co umożliwia audyty wewnętrzne, zewnętrzne i doskonalenie na podstawie zdarzeń oraz near miss²⁸².

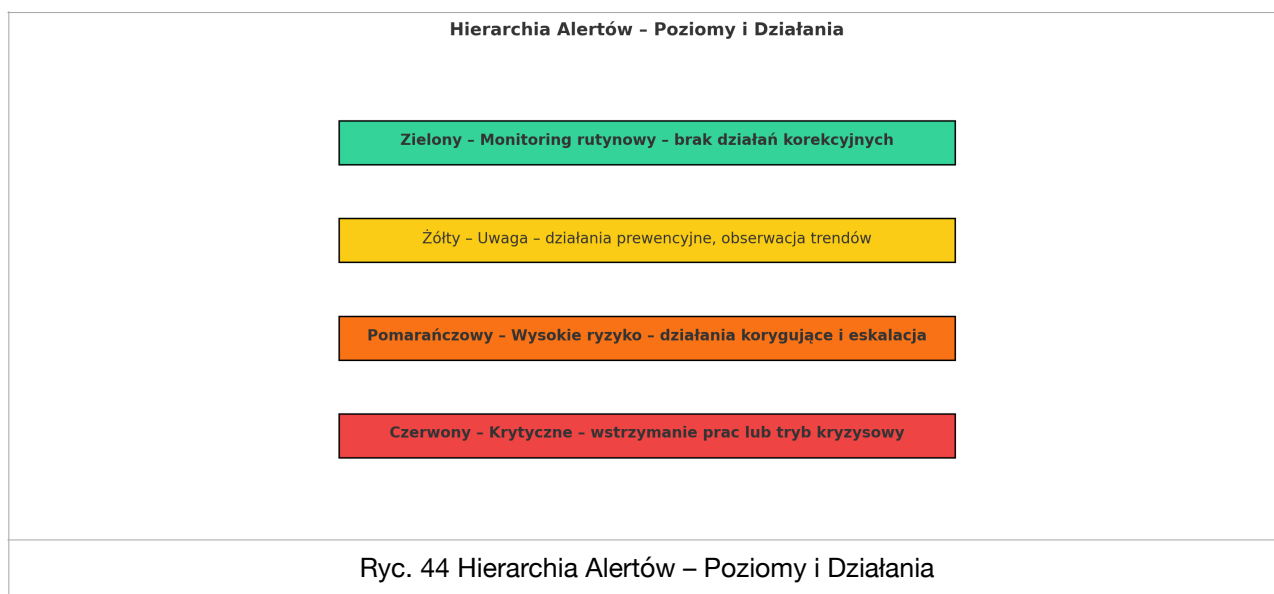
Kryteria projektowania progów i alertów

Projektowanie progów w LKP uwzględnia:

- **Zasadę ostrożności** i minimalizacji szkód dla zagrożeń o wysokiej nieodwracalności (European Commission, 2000),
- **Sprawiedliwość środowiskową** i włączenie społeczne – niższe progi reakcji dla obszarów wrażliwych, obowiązkowy dialog publiczny przy alertach pomarańczowych/czerwonych (Schlosberg, 2007),
- **Ergonomię informacyjną** – czytelność alertów i redukcję „zmęczenia alarmami” (*alarm fatigue*²⁸³),
- **Proporcjonalność i wykonalność** – każde działanie powiązane z alertem musi być zasobowane i wykonalne w określonym czasie.

Doskonalenie LKP

Progi i alerty podlegają cyklowi **PDCA** (*Plan-Do-Check-Act*²⁸⁴) – przeglądom okresowym, testom warunków skrajnych (*table-top exercises*²⁸⁵) oraz niezależnym audytom (FEMA, 2017; HSEEP, 2020). Repozytorium przypadków umożliwia **uczenie organizacyjne** (*organizational learning*²⁸⁶) i rekalkibrację wartości progowych (Argote, 2013).



²⁸² *Near miss* – zdarzenie potencjalnie niebezpieczne, które nie spowodowało szkody.

²⁸³ *Alarm fatigue* – zjawisko zmniejszonej reakcji na alerty w wyniku ich nadmiaru.

²⁸⁴ **PDCA** – cykl ciągłego doskonalenia (Plan-Do-Check-Act).

²⁸⁵ *Table-top exercises* – symulacje decyzyjne w warunkach warsztatowych.

²⁸⁶ *Organizational learning* – proces adaptacji i poprawy na podstawie doświadczeń.

5.3. Metody oceny: macierze ryzyka, analiza rodzajów, skutków i wad, analiza łuku (bow-tie).

Metody oceny ryzyka w projektach budowlanych muszą być dostosowane do wymagań prawnych obowiązujących w Polsce, w tym do **Rozporządzenia Ministra Rozwoju w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego** oraz do zasad wynikających z **Prawa budowlanego**. W ramach niniejszego doktoratu wdrożeniowego opracowywana jest **lista kontrolna (LKP)**, której celem jest eliminacja lub minimalizacja ryzyk już na etapie projektowania. Lista ta powiązana jest z kluczowymi metodami oceny ryzyka – macierzami ryzyka, analizą FMEA/FMECA oraz analizą łuku (bow-tie) – tak aby zapewnić zgodność dokumentacji z wymaganiami formalno-prawnymi, technicznymi i środowiskowymi oraz ograniczyć ryzyko kosztowe i harmonogramowe (ISO, 2018; Kerzner, 2022).

Macierze ryzyka pełnią w tym kontekście rolę narzędzia wstępnej klasyfikacji i priorytetyzacji zagrożeń: ocena ryzyka odbywa się w dwóch wymiarach – prawdopodobieństwa wystąpienia i wielowymiarowego wpływu (koszt, harmonogram, jakość/funkcja, środowisko). Zastosowanie macierzy pozwala na szybkie zidentyfikowanie ryzyk o największym znaczeniu dla spełnienia kryteriów przejścia między bramkami decyzyjnymi (**gate reviews**)²⁸⁷ oraz dla zapewnienia zgodności z polskimi przepisami dotyczącymi PZT, PAB i PT (BSI, 2021; PN-EN ISO 19650-1:2018).

Aby uniknąć subiektywności i „efektu kategoryzacji” (upraszczania złożonych ryzyk bez analizy źródeł), macierze w LKP są powiązane z dowodami przechowywanymi w **CDE (Common Data Environment – wspólne środowisko danych)** oraz z wynikami automatycznych walidacji **QA/QC (Quality Assurance/Quality Control – zapewnienie i kontrola jakości)**. Każde ryzyko musi być poparte dokumentacją – np. wynikami clash detection, protokołami uzgodnień z gestorami sieci lub testami FAT/SAT – aby przejście przez bramkę decyzyjną było audytowalne (Eastman et al., 2018).

Analiza FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)²⁸⁸ oraz FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis)²⁸⁹ stanowią drugi poziom oceny. Pozwalają one systematycznie identyfikować potencjalne tryby uszkodzeń, błędów projektowych lub braków dokumentacji, określać ich przyczyny i skutki, a także przypisywać wartości **RPN (Risk Priority Number – liczba priorytetu ryzyka)**. W polskim kontekście regulacyjnym takie podejście pozwala powiązać identyfikację zagrożeń z wymaganiami rozporządzeń i norm (np. Warunkami Technicznymi, przepisami przeciwpożarowymi), a następnie przypisać konkretne działania korygujące w LKP.

Analiza łuku (bow-tie) to narzędzie wizualne łączące analizę przyczyn (drzewa błędów) i skutków (drzewa zdarzeń). Ułatwia projektowanie barier prewencyjnych i łagodzących, a w kontekście listy kontrolnej pozwala na graficzne przedstawienie powiązań między potencjalnymi niezgodnościami formalnymi a konsekwencjami środowiskowymi, społecznymi lub kosztowymi (CCPS, 2008; Aven, 2015)²⁹⁰.

W praktyce wdrożeniowej, LKP weryfikuje każdy etap procesu – od koncepcji, przez PZT, PAB i PT, aż po przygotowanie realizacji – pod kątem kompletności i jakości dokumentacji zgodnie z polskimi przepisami. Macierze ryzyka są wykorzystywane do priorytetyzacji zagrożeń przed **Gate 1–2**, FMEA/FMECA do analizy parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na etapach **Gate 2–3**, a analiza bow-tie do ryzyk krytycznych i procesowo-systemowych na etapach **Gate 3–5**. Wszystkie dane i decyzje są rejestrowane w CDE, aby zapewnić pełną ścieżkę audytu i zgodność z PN-EN ISO 19650 (BSI, 2021).

Dzięki integracji metod oceny ryzyka z listą kontrolną oraz uwzględnieniu polskich regulacji prawnych, proces projektowy zyskuje większą przewidywalność, a ryzyko formalnoprawne i techniczne zostaje zredukowane przed

²⁸⁷ **Gate reviews** – formalne przeglądy decyzyjne na styku faz projektu.

²⁸⁸ **FMEA** – analiza rodzajów i skutków wad; metoda identyfikacji i oceny ryzyk projektowych.

²⁸⁹ **FMECA** – rozszerzona FMEA z analizą krytyczności.

²⁹⁰ **Bow-tie analysis** – metoda wizualizacji powiązań przyczyn i skutków dla kluczowych zdarzeń krytycznych.

etapem realizacji. Takie podejście podnosi jakość decyzji projektowych, skraca czas uzgodnień administracyjnych i minimalizuje możliwość kosztownych korekt w późniejszych fazach inwestycji.

5.4. Wizualizacja danych: mapy natężenia, hierarchie, grafy zależności, macierze w systemie zarządzania ryzykiem jako komponent Listy Kontrolnej Projektu budowlanego (LKP).

Wizualizacja stanowi równorzędny komponent systemu zarządzania ryzykiem i jest integralną częścią **Listy Kontrolnej Projektu Budowlanego (LKP)**. Każdy wskaźnik oraz próg decyzyjny w LKP ma przypisaną formę graficzną, co skraca czas rozpoznania wzorców, redukuje obciążenie poznawcze oraz wspiera decyzje bramkowe (gate reviews) w kluczowych etapach projektu: koncepcja, projekt budowlany, projekt wykonawczy (ISO, 2018; ISO, 2019; PN-EN ISO 9001:2015-10). W praktyce zarządzania ryzykiem uznaje się, że percepcja wzrokowa przyspiesza proces decyzyjny i poprawia trafność klasyfikacji ryzyk w zespołach wielobranżowych (Schwabish, 2021; Ware, 2013).

Standard LKP obejmuje trzy klasy wizualizacji syntetycznych: **mapy natężenia (heatmapy)**, **diagramy hierarchii/eskalacji** oraz **grafy zależności**, a także dwa profilowe widoki porównawcze: **radarowy** i **kołowy**, zaprojektowane zgodnie z zasadami czytelności, kontrastu oraz semantyki wizualnej (Few, 2009; Schwabish, 2021). Dzięki temu możliwe jest połączenie szybkiego przeglądu z możliwością dogłębnej diagnozy.

Mapy natężenia (heatmapy)

Zastosowanie w LKP: umożliwiają przekrojowy przegląd ryzyk na osiach: obszar ryzyka × etap × branża (konstrukcja, instalacje, BHP, środowisko). Heatmapa w formie dashboardu stanowi domyślny widok podczas przeglądów bramkowych.

Standard: skale sekwencyjne dla natężenia, rozbieżne dla odchyłeń od wartości docelowych; wyraźne pasma tolerancji i linie progów; ikony alertów dla przekroczeń. Adnotacje kontekstowe zamiast skrótów (Schwabish, 2021; ISO, 2019; PN-EN ISO 14031:2013-10).

Wizualizacja hierarchii i eskalacji

Zastosowanie w LKP: prezentuje przypisanie ról oraz ścieżki reakcji dla poziomów alertu (zielony–żółty–pomarańczowy–czerwony), wraz z **SLA** (Service Level Agreement – umowa o poziomie usług²⁹¹) i wymaganymi dowodami w kartach LKP (PN-EN ISO 9001:2015-10; PN-EN ISO 19011:2018).

Standard: drzewo decyzji lub matryca ról (RACI); kolor alertu jako główne kodowanie; linie ciągłe dla ścieżek obowiązkowych, przerywane dla alternatyw (Schwabish, 2021; Ware, 2013).

Grafy zależności (przyczynowo-skutkowe i sieci barier)

Zastosowanie w LKP: wizualizują powiązania między źródłami zagrożeń, barierami i skutkami (odniesienie do analizy bow-tie i FMEA/FMECA). Identyfikują węzły o wysokiej centralności jako kandydatów do wzmocnienia kontroli (CCPS, 2008; AIAG & VDA, 2019; ISO, 2019).

Standard: kierunkowe krawędzie dla przyczynowości, grubość krawędzi dla siły związku, piktogramy dla barier (prewencyjne, detekcyjne, łagodzące).

Diagramy radarowe (pająkowe)

Cel: porównanie profili zgodności/ryzyka między branżami, lokalizacjami lub wariantami projektowymi na wspólnej skali 0–100 lub w pasmach tolerancji.

Zastosowanie: karta „Przegląd ryzyko – profil” w LKP prezentuje zagregowane wskaźniki dla kluczowych domen: formalnoprawnej, technicznej, BHP, środowiskowej, społecznej, kosztowo-harmonogramowej. Linie progowe oznaczają się jako okręgi referencyjne (np. 60 – akceptowalne, 80 – próg eskalacji).

²⁹¹ **SLA (Service Level Agreement)** – umowa określająca parametry jakości i szybkości reakcji na zdarzenia w procesach projektowych i operacyjnych

Dobre praktyki: ogranicz liczbę osi (5–8), normalizuj skale, stosuj logiczną kolejność osi, unikaj niskiego kontrastu i nakładania wielu profili bez legendy (Schwabish, 2021; Few, 2009).

Wykresy kołowe

Cel: przedstawienie udziałów kategorii – wyłącznie dla niewielkiej liczby segmentów o istotnie zróżnicowanych udziałach (np. struktura źródeł ryzyka według typu).

Zastosowanie: karta „Struktura ryzyko” w LKP dopuszcza wykres kołowy jedynie w widoku syntetycznym, uzupełnionym wartościami liczbowymi i uporządkowanymi segmentami.

Dobre praktyki: maksymalnie 4–5 segmentów, wyraźne etykiety, brak efektów 3D, spójna paleta i legenda (Schwabish, 2021).

Operacjonalizacja w LKP i mierniki skuteczności

Osadzenie: każdy wskaźnik w LKP ma przypisane co najmniej dwa widoki – przeglądowy (heatmapa lub radar) oraz diagnostyczny (serie czasowe z progami, bullet chart). Diagramy kołowe są ograniczone do przeglądów struktury.

Decyzyjność: wszystkie wizualizacje zawierają linie progów LKP i ikony alertów; kliknięcie elementu prowadzi do sekcji checklisty z wymaganymi dowodami (PN-EN ISO 9001:2015-10; PN-EN ISO 19011:2018).

Mierniki: czas do decyzji po alertcie, redukcja przekroczeń progów, odsetek zamknięć działań korygujących w SLA, trafność eskalacji i zrozumiałość wizualizacji podczas audytów (PN-EN ISO 14031:2013-10).

5.5. Projekt listy kontrolnej: struktura, reguły, miary.

Projekt **Listy Kontrolnej Projektu Budowlanego (LKP)** w ramach niniejszego doktoratu wdrożeniowego został opracowany jako narzędzie **compliance-by-design**, którego celem jest integracja zarządzania ryzykiem, kontroli jakości oraz wymagań formalnoprawnych bezpośrednio w procesie tworzenia dokumentacji projektowej. LKP opiera się na **siedmioczęściowej architekturze (I–VII)**, izomorficznej względem układu dokumentacji określonego w *Prawie budowlanym* (1994/2023) oraz *Rozporządzeniu w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego* (2020/2022). Każda część odpowiada odrębnej grupie wymagań i obejmuje **ujednolicone pola**, takie jak:

- **Opis wymagania** z cytatem podstawy prawnej (artykuł/§ wraz z wersją aktu).
- Kryterium oceny i status zgodności.
- **Wymagany dowód** (rysunek, protokół, uzgodnienie, załącznik).
- Właściciel zadania i termin.
- **Reguły bramkowe** determinujące przejście do kolejnej fazy procesu decyzyjnego (Gate 1–5).

Poziom alertu	Kolor	Opis sytuacji	Wymagane działania	Przykładowe SLA reakcji
A0 – Brak ryzyka	Biały/neutralny	Brak zagrożeń lub alertów – sytuacja stabilna.	Brak działań.	—
A1 – Niski alert	Zielony	Drobne niezgodności o marginalnym wpływie.	Monitorowanie, notatka w rejestrze ryzyk.	≤10 dni roboczych.
A2 – Umiarkowany alert	Żółty	Potencjalne ryzyko wymagające działań prewencyjnych.	Analiza, przypisanie właściciela, wdrożenie korekt.	≤5 dni roboczych.
A3 – Wysoki alert	Pomarańczowy	Znaczące ryzyko z wpływem na harmonogram, koszty lub zgodność prawną.	Eskalacja do kierownika projektu/CCB ¹ , działania korekcyjne.	≤48 godzin.
A4 – Krytyczny alert	Czerwony	Ryzyko krytyczne zagrażające bezpieczeństwu, zgodności lub budżetowi.	Stop-the-line ² , uruchomienie procedury kryzysowej, powiadomienie interesariuszy.	Natychmiast (≤4 godziny).
T.12 System ratingowy				

System ratingowy i pięciostopniowa skala alertów

Statusy oceny w LKP mają charakter rozłączny: **N/A (nie dotyczy, z uzasadnieniem)**, **0 (brak spełnienia)**, **1 (w toku)**, **2 (spełnione formalnie)** oraz **3 (zweryfikowane)**. Dodatkowo wprowadzono **pięciostopniową skalę alertów (A0–A4)**, aby zwiększyć precyzję i responsywność systemu:

Poziomy A3 i A4 automatycznie aktywują **ścieżki eskalacji** z przypisaniem odpowiedzialności zgodnie z **macierzą RACI** i wymogiem aktualizacji rejestru ryzyk w **Common Data Environment (CDE)**. Krytyczne alerty (A4) wymagają dodatkowo wpisu do repozytorium incydentów oraz powiadomienia kluczowych interesariuszy zgodnie z procedurami *FEMA (2017)* i *UNDRR (2015)*.

Agregacja, wizualizacja i mierniki skuteczności

Agregacja statusów odbywa się w dwóch wymiarach:

1. **Wertykalnym** – domknięcie wszystkich części I–VII jako warunek wydania decyzji administracyjnych i technicznych.
2. **Horizontalnym** – przekrój przez domeny ryzyka: techniczne, formalnoprawne, funkcjonalne, społeczne i środowiskowe.

Wizualizacja danych w LKP obejmuje:

- **Heatmapy** kompletności i alertów dla szybkiej oceny stanu projektu.
- **Radarowe profile ryzyka** umożliwiające porównania międzybranżowe.
- **Diagramy chord** obrazujące zależności międzyinterfejsowe.

Mierniki efektywności wdrożenia obejmują m.in.:

- Odsetek pozycji krytycznych z dowodami powiązаныmi z podstawą prawną.
- Liczbę i średni czas domknięcia alertów A3–A4.
- Spadek liczby uwag administracyjnych pomiędzy iteracjami projektu.
- Medianę czasu zamknięcia bramek decyzyjnych.
- Trafność eskalacji alertów (udział alertów, które rzeczywiście wymagały interwencji).

Znaczenie wdrożeniowe

LKP z pięciostopniową skalą alertów pełni kluczową rolę w minimalizowaniu ryzyka formalnych odrzuceń wniosków o pozwolenie na budowę, redukuje koszty koordynacji międzybranżowej, zwiększa odporność projektu na zmiany kontekstu (np. opóźnienia gestorów sieci, zmiany przepisów) oraz tworzy pełną **ścieżkę audytu** zgodnie z PN-EN ISO 19011:2018. Dzięki standaryzacji progów i wdrożeniu wizualizacji syntetycznych LKP skraca cykl decyzyjny i poprawia przewidywalność harmonogramu, przyczyniając się do wyższej jakości dokumentacji i większej przejrzystości procesu decyzyjnego.

5.6. Specyfikacja wdrożeniowa oceny ryzyka: dane wejściowe, interfejsy, ścieżka akceptacji.

Specyfikacja wdrożeniowa oceny ryzyka została zaprojektowana jako **narzędzie pracy architekta prowadzącego**, które łączy jego odpowiedzialność merytoryczną i koordynacyjną z wymogami *Prawa budowlanego* oraz *Rozporządzenia w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego*, gwarantując, że decyzje projektowe pozostają jednocześnie **zgodne prawnie, audytowalne oraz operacyjnie wykonalne** (Prawo budowlane, 1994/2023; Rozporządzenie, 2020/2022).

Dane wejściowe

Architekt prowadzący zarządza kompletem danych wejściowych, które w LKP (Lista Kontrolna Projektu Budowlanego) są odwzorowane jako pozycje kontrolne:

- **Dokumenty planistyczno-prawne:** MPZP/WZ, decyzje środowiskowe, warunki techniczne, uzgodnienia gestorów sieci.
- **Materiały własne biura i branż:** PZT, PAB, PT, rysunki DWG/IFC, specyfikacje techniczne, modele BIM.
- **Ekspertyzy i opinie specjalistyczne:** geotechnika, przeciwpożarowe, BHP, środowiskowe, akustyczne, energetyczne.
- **Rejestry zmian i korespondencja formalna:** ścieżki audytu z organami administracji oraz gestorami.

Każdy element jest powiązany z **właścicielem odpowiedzialnym** (architekt lub branżysta), **podstawą prawną** (artykuł lub paragraf oraz wersja aktu), **kryterium akceptacji** oraz **dowodem realizacji** (sygnatura dokumentu, załącznik, lokalizacja w repozytorium). Dzięki temu architekt prowadzący może **bilansować kompletność i monitorować ryzyko rezydualne** w czasie rzeczywistym (PN-EN ISO 9001:2015-10; PN-EN ISO 19011:2018).

Interfejsy procesu i komunikacja

Interfejsy definiują, w jaki sposób dane i decyzje przepływają między uczestnikami procesu:

- **Organizacyjnie** – wykorzystanie macierzy **RACI** do przypisania ról, **SLA** (Service Level Agreement) dla minimalnych czasów reakcji oraz harmonogramów przeglądów międzybranżowych.
- **Systemowo** – standardy wymiany danych (PDF/DWG/IFC), kontrola wersji w **Common Data Environment (CDE)**, rejestry uzgodnień oraz **widoki zarządcze:** heatmapy kompletności, radarowe profile zgodności domen (technicznej, formalnoprawnej, funkcjonalnej, społecznej, środowiskowej).

Takie podejście skraca czas iteracji, redukuje niejednoznaczności i minimalizuje ryzyko utraty danych (Schwabish, 2021).

Ścieżka akceptacji

Ścieżka akceptacji jest dostosowana do cyklu pracy architekta:

- **Przed złożeniem PZT i PAB** architekt **domyka pozycje obligatoryjne** (co najmniej status 2) oraz **pozycje krytyczne** (status 3), obejmujące głównie obszary formalnoprawne, przeciwpożarowe, BHP i środowiskowe.
- **Przekroczenie progu w pozycji krytycznej** powoduje **automatyczne wstrzymanie bramki decyzyjnej** oraz uruchamia eskalację do właściwego branżysty lub konsultanta. Eskalacja zawiera **jasno przypisany termin oraz komentarz merytoryczny** (ISO 31000:2018; ISO 31010:2019).
- Każda decyzja bramkowa jest **formalizowana protokołem akceptacji**, który obejmuje statusy, uzasadnienia N/A, działania korygujące i warunki akceptacji warunkowej. Protokół staje się częścią dokumentacji projektowej oraz materiałem dowodowym w postępowaniu administracyjnym, wspierając odpowiedzialność architekta za kompletny i zgodny projekt (art. 33–35 *Prawa budowlanego*).

Znaczenie wdrożeniowe i mierniki skuteczności

W biurze projektowym LKP działa jako framework pracy zespołowej pod kierunkiem architekta prowadzącego:

- Redukuje ryzyko luk w odpowiedzialności, porządkuje obieg informacji i dowodów.
- **Stabilizuje koordynację międzybranżową** oraz skraca czas od identyfikacji ryzyka do jego zamknięcia.
- **Zwiększa przewidywalność harmonogramu** i ogranicza ryzyko formalne oraz techniczne.

Efektywność wdrożenia jest oceniana metrykami istotnymi dla praktyki architektonicznej:

- Odsetkiem pozycji z jednoznacznym dowodem prawnym.
- Liczbą i wagą uwag organów między iteracjami projektu.
- Medianą czasu domknięcia bramek PZT/PAB/PT.
- Spójnością rewizji i numeracji rysunków w repozytorium.

Dzięki tym mechanizmom specyfikacja wdrożeniowa oceny ryzyka w LKP **tworzy zamknięty obieg danych, decyzji i odpowiedzialności**, zapewniając jednocześnie **transparentność i audytowalność procesu** zgodnie z PN-EN ISO 14031:2013-10.

5.7. Podsumowanie.

Powyższy rozdział przedstawił kompleksowe i **nowatorskie podejście do zarządzania ryzykiem w projektach budowlanych**, integrujące standardy międzynarodowe (ISO 31000, ISO 31010, ISO 19650, PN-EN ISO 9001, PN-EN ISO 19011) z wymogami **Prawa budowlanego** i **Rozporządzenia o zakresie projektu budowlanego** w Polsce. Zastosowana metodologia została opracowana i wdrożona w fazie testowej, co nadaje jej praktyczny charakter oraz zdolność bezpośredniego zastosowania w biurach projektowych.

W zakresie taksonomi ryzyka:

- Wprowadzono pięciowymiarową klasyfikację (techniczne, formalnoprawne, funkcjonalne, społeczne, środowiskowe) kompatybilną z praktykami BIM/ISO 19650 oraz uzupełnioną o **tagi pomocnicze** (np. BHP, LCC, ESG).
- Taksonomia pełni funkcję **wspólnego języka** dla zespołów wielobranżowych, redukuje szum semantyczny i usprawnia raportowanie na bramkach decyzyjnych. Zastosowanie w rejestrze ryzyk w **CDE (Common Data Environment)** zapewnia spójność danych i automatyzację walidacji QA/QC.

Analizując Progi decyzyjne i hierarchię alertów:

- Wprowadzono pięciostopniową skalę alertów oraz cztery klasy progów decyzyjnych (prewencyjne, operacyjne, eskalacyjne, awaryjne/kryzysowe) zdefiniowanych w **Liście Kontrolnej Projektu (LKP)**. Uwzględniono **adaptacyjne progi trendowe** z wykrywaniem anomalii i komponentem społeczno-środowiskowym.
- Mechanizm **stop-the-line** przy alertach czerwonych oraz integracja progów z bramkami BR0–BR4 umożliwia szybkie reagowanie na zagrożenia i minimalizuje ryzyko formalnoprawne. Zastosowanie LKP jako repozytorium audytowalnych decyzji wspiera odpowiedzialność architekta i zespołu.

W zakresie metody oceny ryzyka:

- Połączono **macierze ryzyka, FMEA/FMECA** oraz **analizę bow-tie** w jeden spójny ekosystem. Zaproponowano mapowanie trybów uszkodzeń do modeli BIM oraz automatyczne zasilanie ocen dowodami (testy FAT/SAT, raporty kolizji).
- Metody te są osadzone w **cyklu bramek decyzyjnych**: macierze służą do priorytetyzacji portfela (Gate 1–2), FMEA do kontroli parametrów konstrukcyjnych (Gate 2–3), a bow-tie do ryzyk systemowych (Gate 3–5). Wdrożenie w CDE gwarantuje audytowalność i spójność danych.

W celu dostosowania wizualizacji do zarządzania ryzykiem:

- Opracowano **standard wizualizacji LKP** obejmujący heatmapy, diagramy hierarchii/eskalacji, grafy zależności, radary i wykresy kołowe, uzupełnione o **diagram chord** do analizy powiązań między kategoriami ryzyk.
- Każdy wskaźnik LKP ma przypisane minimum dwa widoki (przeglądowy i diagnostyczny). Wizualizacje wspierają szybkie rozpoznanie wzorców i decyzje bramkowe, umożliwiając efektywne zarządzanie ryzykiem w czasie rzeczywistym.

Projekt listy kontrolnej: struktura, reguły, miary

- Lista kontrolna została zbudowana jako **siedmioczęściowa architektura izomorficzna** względem treści projektu budowlanego określonych w przepisach prawa. Wprowadzono pięciostopniową skalę alertów (od zielonego do czerwonego) oraz **hierarchiczny system ratingowy** (N/A, 0–3).
- LKP działa jako **framework compliance-by-design**, automatyzując przypisywanie odpowiedzialności (RACI), ścieżki eskalacji i rejestry dowodów. Metryki procesowe (czas zamknięcia bramek, liczba uwag organów), ryzyka (liczba przekroczeń progów krytycznych) i jakości dokumentacji zapewniają pętlę doskonalenia.

Specyfikacja wdrożeniowa oceny ryzyka

- Określono szczegółowe **dane wejściowe**, **interfejsy komunikacji** oraz **ścieżkę akceptacji**, łącząc obowiązki architekta prowadzącego z wymogami formalnymi i technicznymi. Integracja z macierzą RACI, SLA i repozytorium w CDE minimalizuje ryzyko „luk w odpowiedzialności” oraz skraca iteracje międzybranżowe.
- Mechanizm automatycznej eskalacji przy przekroczeniu progów krytycznych oraz formalne protokoły akceptacji zwiększają przejrzystość decyzji i odporność procesu projektowego na zakłócenia regulacyjne.

Nowatorskie elementy zaimplementowane w pracy projektowej na bazie badań:

- I. **Integracja normatywna i technologiczna:** Rozdział 5 łączy standardy ISO i PN z polskimi regulacjami, dostarczając **narzędzia gotowe do użycia w biurach projektowych**.
- II. **Compliance-by-design:** LKP i system progów decyzyjnych wprowadzają audytowalne mechanizmy zgodności wbudowane w proces projektowy.
- III. **Automatyzacja i cyfryzacja:** Powiązanie ocen ryzyka z CDE, BIM i QA/QC zapewnia aktualność danych, redukuje błędy manualne i usprawnia raportowanie.
- IV. **Aspekt społeczno-środowiskowy:** Włączenie ryzyk społecznych i środowiskowych oraz ścieżek partycypacyjnych wzmacnia podejście ESG i zwiększa akceptację społeczną projektów.
- V. **Praktyczna użyteczność:** Opracowana struktura, progi, alerty, wizualizacje i mierniki **minimalizują ryzyko formalne i techniczne**, skracają czas decyzji i podnoszą jakość projektów budowlanych.

Nowatorskie podejście **przekształca ocenę ryzyka z procedury administracyjnej w dynamiczne narzędzie zarządzania projektem**, zwiększając odporność inwestycji na zakłócenia i wzmacniając pozycję architekta jako lidera procesu projektowego.

6. ROZDZIAŁ - AUTORSKI MODEL OGRANICZANIA RYZYKA LKP.

6.1. Architektura modelu: moduły techniczny, formalny, społeczny, środowiskowy.

Architektura autorskiego modelu ograniczania ryzyka została opracowana w taki sposób, aby **łączyć separację funkcjonalną czterech domen ryzyka** (technicznej, formalnej, społecznej i środowiskowej) z **wspólną warstwą danych oraz skoordynowanymi procesami decyzyjnymi**, które zapewniają spójność oraz pełną audytowalność w całym cyklu życia projektu budowlanego. Separacja ta minimalizuje kaskadowanie błędów między domenami, umożliwia kalibrację progów alarmowych i reguł walidacyjnych wrażliwych na specyfikę każdej domeny, a jednocześnie nie obciąża pozostałych modułów nadmiarowymi wymogami. Badania wskazują, że **policentryczne ujęcia organizacji** oraz **cyfrowe repozytoria wiedzy** ograniczają redundancję informacji i dryf zakresu, a także skracają czas reagowania na niepewność dzięki krótszym pętlom sprzężeń zwrotnych i wyższej przejrzystości ścieżek decyzyjnych (Love, Edwards & Irani, 2014; Whyte, 2019). W praktyce oznacza to, że decyzje projektowe są podejmowane możliwie blisko źródła kompetencji, natomiast ich uzasadnienia i dowody są automatycznie rejestrowane we wspólnym repozytorium danych (CDE – Common Data Environment) i udostępniane w trybie **read-through** pozostałym modułom oraz interesariuszom (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston, 2011; Succar, 2009).

Uniwersalna Lista Kontrolna Projektu (LKP), którą zaprojektowano i przetestowano w ramach niniejszego modelu, pełni **funkcję warstwy egzekucyjnej** obowiązującą dla **wszystkich typów projektów architektoniczno-budowlanych** – od nadbudowy kamienicy po złożone inwestycje infrastrukturalne. LKP stanowi **rdzeń prewencyjny i porządkujący**, który zapewnia powtarzalny przebieg kontroli, jednoznaczne przypisanie odpowiedzialności (matryca RACI) oraz progi bramkowe zsynchronizowane z wymogami administracyjnymi. Każda pozycja LKP jest parametryzowana poprzez: opis wymagania i cytat podstawy prawnej (artykuł, paragraf, wersja aktu), kryterium oceny i status zgodności, wymagany dowód (rysunek, załącznik, uzgodnienie), właściciela zadania i termin (SLA), a także

Lp.	Czynność/Dokument zgodny z przepisami	Status	INTERAKCJE ALERTY 0 - 5
I. WSTĘPNA DOKUMENTACJA INWESTYCYJNA			
1	Wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (PDF DO ANALIZY)		
2	Decyzja o warunkach zabudowy (jeśli brak MPZP)		
3	Umowa urbanistyczna		
4	Mapa do celów projektowych (aktualna, w skali 1:500)		
5	Mapa ewidencyjna z wypisem z rejestru gruntów		
6	Dokumentacja fotograficzna terenu inwestycji		
7	Inwentaryzacja obiektu istniejącego		
8	Warunki przyłączenia do sieci wodociągowej		
9	Warunki przyłączenia do sieci kanalizacyjnej sanitarnej		
10	Warunki przyłączenia do sieci kanalizacyjnej deszczowej		
11	Warunki przyłączenia do sieci energetycznej		
12	Warunki przyłączenia do sieci gazowej		
13	Warunki przyłączenia do sieci telekomunikacyjnej		
14	Opinia geotechniczna - Badania geotechniczne gruntu (kategoria geotechniczna)		
15	Dokumentacja geologiczno-inżynierska		
16	Decyzja zezwalająca na wyłączenie gruntu z produkcji rolnej		
17	Pozwolenie konserwatorskie na prowadzenie robót budowlanych przy zabytku nieruchomym wpisanym do rejestru zabytków lub na terenie wpisanym do rejestru zabytków		
18	Inwentaryzacja zieleni		
19	Decyzja zezwalająca na wycinkę drzew		
20	Karta informacyjna przedsięwzięcia		
21	Decyzja środowiskowa (jeśli wymagana)		
22	Pozwolenie wodnoprawne (jeśli wymagane)		
23	Dostęp do drogi publicznej (zgoda na zjazd)		
24	Decyzja na lokalizację zjazdu		
25	Zezwolenie zarządcy drogi na lokalizację zjazdu lub przebudowę – jeżeli przedmiotem pozwolenia na budowę jest zjazd		
26	Koncepcja architektoniczna z analizą urbanistyczną		
27	W przypadku projektowania na terenach zamkniętych – dołączenie postanowienia, o którym mowa w art. 33 ust. 2 pkt 4		
28	Analiza z zakresu ochrony konserwatorskiej - z uwagi na strefę lub obiekt		
29	Analiza lokalizacyjna inwestycji z uwagi na hałas		
30	Wstępny bilans mediów i zapotrzebowania na media		
31	Ekspertyza konstrukcyjna w przypadku bezpośredniego zbliżenia do budynku lub innej budowli oraz w przypadku rozbudowy, przebudowy i nadbudowy		
32	Zgoda na odstąpienie od przepisów techniczno-budowlanych - od warunków ochrony przeciwpożarowej		
33	Zgoda na odstąpienie od przepisów techniczno-budowlanych - od warunków ochrony higieniczno-sanitarnych		
34	Zgoda na odstąpienie od przepisów techniczno-budowlanych - od warunków ochrony konserwatorskiej		
35	Zgoda właściciela obiektu - w przypadku rozbiórki art 31PB		
36	Oświadczenie o prawie do dysponowania nieruchomością na cele budowlane		
37	Oświadczenie projektanta dotyczące możliwości podłączenia proj. obiektu budowlanego do istniejącej sieci ciepłowniczej		
38	Oplata skarbowa		
T.13 Fragment LKP Dział 1.			

regułą determinującą przejście do kolejnej fazy procesu. Dzięki temu **ta sama struktura kontrolna** może być stosowana w projektach różnej skali, a różnice dotyczą jedynie zestawu aktywnych pozycji i poziomu progów akceptacji. Przykładowa lista kontrolna przygotowana dla nadbudowy kamienicy potwierdza, że to podejście pozwala zidentyfikować zarówno braki w dokumentacji wstępnej, jak i krytyczne alerty (np. zgoda na odstąpienia od przepisów techniczno-budowlanych z poziomem 5), co w praktyce skraca cykle decyzyjne, redukuje ryzyko formalne i zmniejsza liczbę wezwań do uzupełnień (Hales & Pronovost, 2006; Gawande, 2009).

Moduł techniczny obejmuje koordynację międzybranżową, bezpieczeństwo pożarowe, fizykę budowli, akustykę i dostępność. W tym module stosuje się formalne reguły projektowe (rule-sets) egzekwowane automatycznie w pipeline'ach kontroli jakości: **clash detection**, analizy dróg ewakuacyjnych, symulacje ciepno-wilgotnościowe, akustyczne i inne. Wczesne wykrywanie problemów pozwala na eliminację błędów w fazach, w których koszt ich usunięcia jest najniższy, co ogranicza późne zmiany i pozwala na bardziej stabilne zarządzanie harmonogramem oraz budżetem (Azhar, 2011; Bryde, Broquetas & Volm, 2013). W LKP pozycje techniczne oznaczane jako „krytyczne” muszą uzyskać status najwyższy przed przejściem przez bramkę decyzyjną.

Moduł formalny zapewnia zgodność projektu z **Prawem budowlanym**, rozporządzeniem o warunkach technicznych, decyzjami MPZP/WZ oraz uzgodnieniami rzeczoznawców. Sekwencjonowanie bramek formalnych i użycie checklist pozwala wyeliminować luki dokumentacyjne i sprzeczności merytoryczne przed złożeniem wniosków o pozwolenie na budowę. To rozwiązanie skraca czas postępowania administracyjnych oraz zmniejsza liczbę wezwań do uzupełnień (Olojede & Windapo, 2019). LKP odzwierciedla te wymagania, zawierając jawne odwołania do przepisów, przypisanych właścicieli oraz wymaganych dowodów.

Moduł społeczny obejmuje aspekty bezpieczeństwa i komfortu użytkowników, projektowanie uniwersalne oraz mechanizmy partycypacji społecznej. Włączenie głosu użytkownika poprzez **co-design**, testy użyteczności i prototypowanie in-situ redukuje ryzyko późnych zmian funkcjonalnych i konfliktów interesariuszy oraz ryzyko reputacyjne. W LKP kwestie społeczne są mierzone za pomocą wskaźników jakości doświadczenia użytkownika (komfort akustyczny i świetlny, intuicyjność układów komunikacyjnych) oraz dowodów zgodności z zasadami projektowania uniwersalnego i BHP (Gehl, 2010; Norman, 2013; Manzo & Perkins, 2006).

Moduł środowiskowy zarządza śladem środowiskowym projektu, jego zużyciem energii i wody, emisjami hałasu, gospodarką zielono-niebieską oraz odpornością klimatyczną. Zastosowanie analiz cyklu życia (LCA) oraz kosztu cyklu życia (LCC) pozwala porównywać warianty pod kątem emisji, możliwości recyklingu i kosztów operacyjnych, co minimalizuje długoterminowe ryzyka oraz zapewnia zgodność z wymogami regulacyjnymi i taksonomią zrównoważonych inwestycji (Ramesh, Prakash & Shukla, 2010; Cabeza, Rincón, Vilariño, Pérez & Castell, 2014). W LKP wyniki tych analiz stają się dowodami wymaganymi na kolejnych bramkach decyzyjnych.

Architektura modelu opiera się na czterech **warstwach systemu**:

1. **Warstwa danych** – definiuje strukturę informacji, relacje między nimi oraz mechanizmy wersjonowania i kontroli dostępu.
2. **Warstwa reguł** – materializuje wiedzę domenową i progi jakości, zapewniając spójność ocen.
3. **Warstwa workflow** – orkiestruje kolejność zadań, bramek decyzyjnych i ścieżki eskalacji.
4. **Warstwa prezentacji** – dostarcza zrozumiałych interfejsów raportowych, umożliwia śledzenie odstępstw, uzasadnień i historii decyzji.

Dzięki takiemu podejściu organizacja minimalizuje „przecieki informacyjne” między modułami, ogranicza niespójności interpretacyjne i wzmacnia proces **uczenia się organizacyjnego** poprzez ponownie używane wzorce, retrospektywy decyzji oraz mechanizmy audytu (Kunz & Fischer, 2012; Sacks, Eastman, Lee & Teicholz, 2018). W efekcie uzyskuje **krótsze cykle decyzyjne**, lepsze dopasowanie rozwiązań projektowych do realnych ograniczeń technicznych i formalnoprawnych oraz większą odporność na niepewność w całym cyklu życia inwestycji. **Uniwersalna Lista Kontrolna Projektu** – stosowana w tym modelu jako stały szkielet kontroli – gwarantuje, że niezależnie od typu i skali projektu te same zasady dowodowości, odpowiedzialności i progów decyzyjnych wspierają przewidywalność harmonogramu, zmniejszenie ryzyk oraz utrzymanie wysokiej jakości dokumentacji.

Lista Kontrolna (LK) zaprojektowana dla autorskiego modelu ograniczania ryzyka (LKP) obejmuje **siedem spójnych działów**, które odpowiadają strukturze i etapom procesu projektowego zdefiniowanym w Prawie budowlanym oraz w Rozporządzeniu w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Prawo budowlane, 1994/2023; Rozporządzenie, 2020/2022). Każdy dział jest modulem semantycznym powiązany z odpowiednimi bramkami decyzyjnymi (gate reviews) i rejestrami w CDE.

I. Wstępna dokumentacja inwestycyjna

Ten dział obejmuje kluczowe dokumenty i uzgodnienia niezbędne przed przystąpieniem do opracowania projektu. Zawiera m.in.: wypis i wyrys z MPZP lub decyzję o warunkach zabudowy, mapy do celów projektowych, dokumentację fotograficzną i inwentaryzacyjną, opinie geotechniczne, warunki przyłączeń do mediów, decyzje środowiskowe oraz

pozwolenia konserwatorskie. Na tym etapie identyfikuje się **ryzyka formalnoprawne i lokalizacyjne** – np. kolizje z istniejącą infrastrukturą lub obszarami chronionymi – które mogą skutkować opóźnieniami w procesie inwestycyjnym. System alertów LKP (0–5) umożliwia wczesne wykrycie braków (alerty 2–3) lub krytycznych odstępstw (alerty 5).

II. Projekt zagospodarowania terenu (PZT)

PZT odpowiada za prawidłowe rozmieszczenie funkcji na działce budowlanej i integrację z otoczeniem. Obejmuje część opisową i rysunkową zgodną z Rozporządzeniem, układ komunikacyjny, bilanse powierzchni, ukształtowanie terenu, projektowane sieci i przyłącza, sposób odprowadzania wód opadowych oraz informacje o obszarze oddziaływania obiektu. Dział ten minimalizuje ryzyka **funkcjonalne, środowiskowe i formalne**, np. konflikt z układem dróg publicznych lub brak zgodności z zapisami MPZP. Checklisty przypisują odpowiedzialności RACI dla branżystów drogowych, sanitarnych i architekta prowadzącego.

III. Projekt architektoniczno-budowlany (PAB)

Ten dział koncentruje się na rozwiązaniach architektonicznych, konstrukcyjnych i instalacyjnych budynku. Zawiera opis, rysunki, układ konstrukcyjny, charakterystykę energetyczną, analizę akustyczną, dostępność dla osób z niepełnosprawnościami, warunki ochrony ppoż. i BHP. Weryfikacja w tym dziale minimalizuje **ryzyka techniczne i funkcjonalne**. Alerty o poziomie 3–4 wskazują obszary wymagające pilnych korekt, np. błędy w układzie konstrukcyjnym, niezgodności z warunkami higieniczno-sanitarnymi lub niewystarczające rozwiązania ewakuacyjne.

IV. Projekt techniczny (PT)

Projekt techniczny jest rozwinięciem PAB i zawiera szczegółowe obliczenia, zestawienia materiałowe, projekty instalacji wewnętrznych, projekty zabezpieczeń ppoż., automatykę budynkową oraz dokumentację niezbędną do prawidłowego wykonawstwa. Ten dział umożliwia kontrolę **ryzyka wykonawczych, materiałowych i eksploatacyjnych**. W LKP statusy alertów są tu szczególnie istotne, ponieważ braki lub błędy na tym etapie mogą prowadzić do kosztownych przeróbek w trakcie realizacji.

V. Uzgodnienia i decyzje administracyjne

Obejmuje wszystkie formalne uzgodnienia i pozwolenia: decyzję o warunkach zabudowy, prawomocne pozwolenie na budowę, uzgodnienia z gestorami sieci, decyzje środowiskowe, plan BIOZ i harmonogram robót. Braki w tym dziale często generują najwyższe alerty (4–5) z uwagi na możliwość wstrzymania inwestycji lub sankcje administracyjne. LK wymusza przypisanie właścicieli zadań oraz dowodów (sygnatury decyzji, daty ważności, lokalizacja w CDE), co zwiększa audytowalność.

VI. Dokumentacja wykonawcza

Dział ten zależy od specyfiki inwestycji i obejmuje uszczegółowienie rozwiązań materiałowych, technicznych oraz aranżacyjnych. To tu weryfikuje się zgodność rozwiązań wykonawczych z projektem technicznym oraz identyfikuje ryzyka związane z dostawami, montażem i harmonogramem. W LKP przypisuje się alerty adaptacyjne – np. dodatkowe audyty w przypadku szybkich zmian rynkowych materiałów.

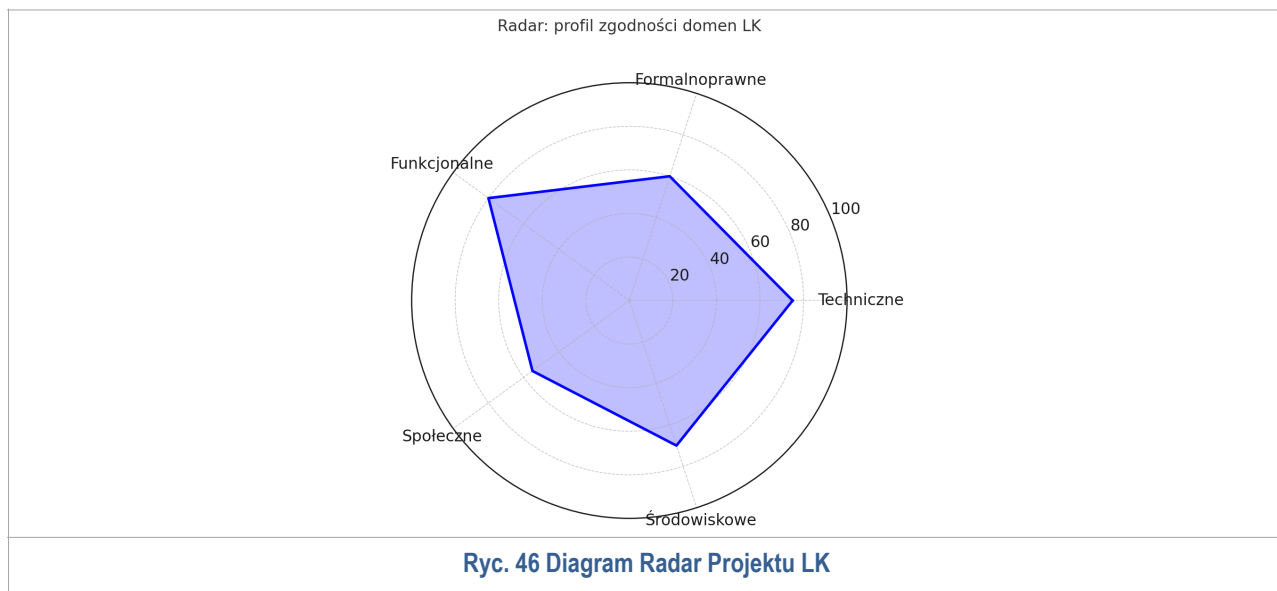
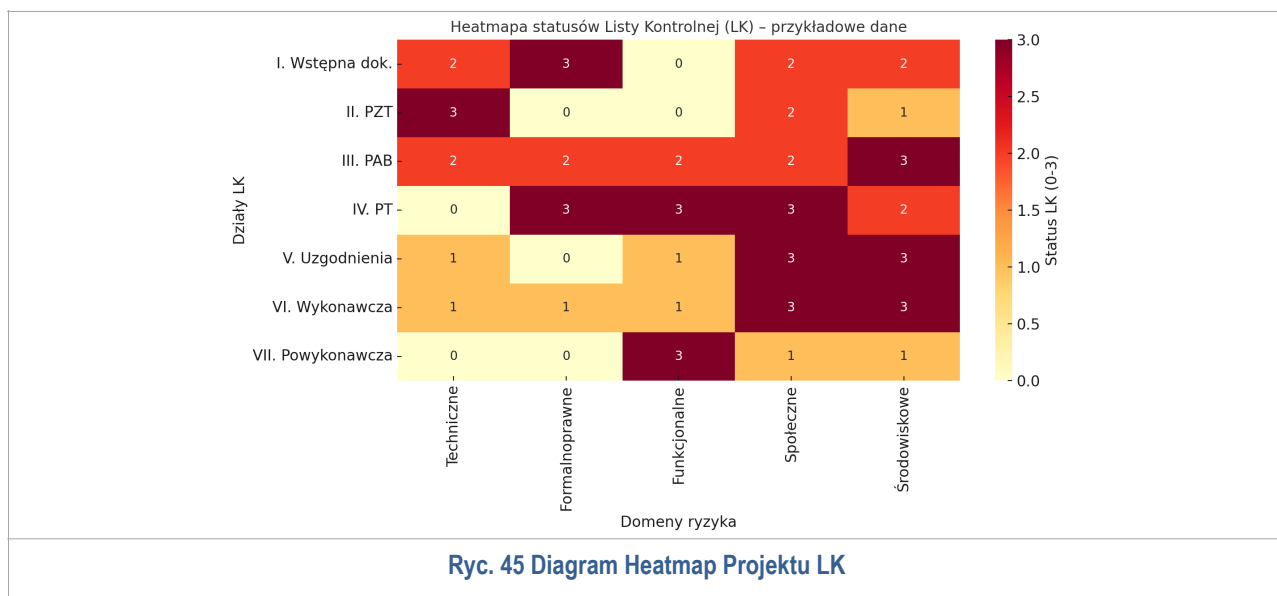
VII. Realizacja i dokumentacja powykonawcza

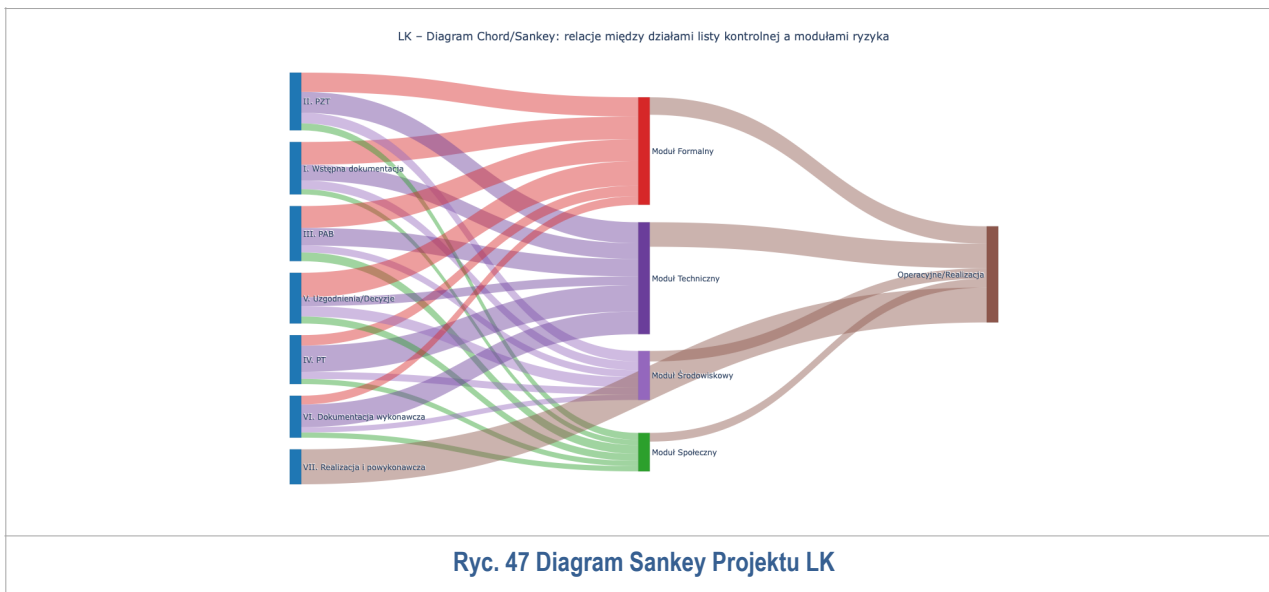
Ostatni dział obejmuje kontrolę jakości wykonania, protokoły odbiorów częściowych i końcowych, dokumentację powykonawczą, świadectwa charakterystyki energetycznej, atesty i certyfikaty materiałowe, protokoły pomiarów instalacji oraz pozwolenie na użytkowanie. Ten etap ma krytyczne znaczenie dla **ryzyk rezydualnych** – błędów, które

mogą ujawnić się dopiero w eksploatacji. LK zapewnia, że wszystkie dowody i protokoły zostaną zarchiwizowane w CDE, umożliwiając śledzenie odpowiedzialności i przygotowanie do ewentualnych postępowań powykonawczych lub gwarancyjnych.

Funkcja siedmiu działów LK

Całościowa struktura siedmiu działów pozwala **integralnie zarządzać ryzykiem** w całym cyklu życia projektu. Działy te korespondują z bramkami decyzyjnymi w modelu LKP, umożliwiając równoległe monitorowanie statusów (wertykalne domknięcie etapów) i raportowanie przekrojowe (horyzontalne porównanie domen ryzyka). Dzięki integracji z CDE możliwe jest natychmiastowe odtworzenie historii decyzji, lokalizacji dokumentów i statusów alertów, co wspiera zarówno procesy audytowe, jak i adaptacyjne doskonalenie procedur w kolejnych projektach.





6.2. Moduł aplikacji: źródła danych, reguły, alerty, pulpity nawigacyjne.

Moduł aplikacji Listy Kontrolnej Projektu Budowlanego (LKP) jest obecnie w przygotowaniu jako kolejny etap wdrożenia autorskiego modelu ograniczania ryzyka i stanowi centralny komponent cyfryzacji procesu projektowego (Eastman et al., 2023) (Whyte, 2023). Został zaprojektowany jako narzędzie integrujące dane projektowe, procesy decyzyjne oraz mechanizmy audytu w ramach jednego spójnego środowiska pracy. Jego celem jest nie tylko usprawnienie procesu zarządzania ryzykiem, ale także podniesienie jakości dokumentacji budowlanej poprzez eliminację luk formalnych oraz zapewnienie pełnej audytowalności decyzji projektowych. Wprowadzenie aplikacji umożliwi dynamiczne raportowanie stanu zgodności, automatyczne przypisywanie pięciostopniowych alertów oraz wizualizację ryzyka w postaci heatmap²⁹², radarów²⁹³ i diagramów chordowych²⁹⁴, co skróci czas reakcji na potencjalne zagrożenia (Schwabish, 2022) (Bansal et al., 2022).

W odróżnieniu od statycznych narzędzi opartych na arkuszach kalkulacyjnych, moduł aplikacji będzie wykorzystywał automatyczne powiązania z dokumentami przechowywanymi w CDE (Common Data Environment) oraz zintegrowany system ścieżek akceptacji powiązanych z progami decyzyjnymi bramek Gate 1–5 (ISO, 2023) (Love et al., 2022). Dzięki temu każda aktualizacja wprowadzona przez użytkownika – na przykład dodanie dokumentu, zmiana statusu lub wprowadzenie komentarza – natychmiast zaktualizuje powiązane wskaźniki ryzyka, a także wygeneruje odpowiednie powiadomienia i alerty dla interesariuszy projektu. Takie rozwiązanie znacząco skraca czas potrzebny na synchronizację międzybranżową i ogranicza ryzyko wynikające z niespójnych lub nieaktualnych wersji plików.

Architektura modułu obejmuje cztery główne warstwy:

- (1) **Warstwę danych i repozytorium** – zintegrowaną z CDE, umożliwiającą przechowywanie, wersjonowanie²⁹⁵ i szybki dostęp do dokumentów projektowych oraz modeli BIM. Warstwa ta odpowiada za spójność danych i ich śledzenie w całym cyklu życia projektu.
- (2) **Warstwę reguł i progów jakości** – w której zdefiniowane są progi akceptacji, procedury walidacyjne oraz reguły związane z kategoriami ryzyka, np. technicznym, formalnym, społecznym czy środowiskowym. Automatyczne reguły

²⁹² **Heatmap** – mapa natężenia używana do wizualizacji danych w formie gradientu kolorów wskazującego intensywność wartości.

²⁹³ **Radar (wykres pająkowy)** – wykres porównawczy umożliwiający analizę wielowymiarowych danych na wspólnej skali.

²⁹⁴ **Chord diagram** – diagram chordowy ilustrujący relacje między wieloma kategoriami lub węzłami.

²⁹⁵ **Wersjonowanie** – system kontroli zmian w dokumentach i modelach, który umożliwia śledzenie historii modyfikacji.

umożliwią wykrywanie potencjalnych problemów na wczesnym etapie i proponowanie działań naprawczych.

(3) **Warstwę workflow²⁹⁶ i orkiestracji procesów** – zarządzającą przepływem informacji, przypisaniami odpowiedzialności zgodnie z matrycą RACI oraz eskalacjami alertów. Workflow będzie uwzględniał wymagania wynikające z przepisów prawa budowlanego oraz rozporządzeń wykonawczych, zapewniając zgodność formalnoprawną i efektywność operacyjną.

(4) **Warstwę prezentacji i analityki** – obejmującą dashboardy²⁹⁷, widoki alertów, interaktywne heatmapy, diagramy radarowe i chordowe, które umożliwią szybkie rozpoznanie wzorców ryzyka, ocenę trendów oraz porównanie statusu między różnymi projektami lub etapami (Bansal et al., 2022) (Schwabish, 2022).

Moduł aplikacji LKP został zaplanowany w technologii webowej, z wykorzystaniem frameworków takich jak React.js²⁹⁸ oraz Node.js²⁹⁹, a także baz danych dokumentowych. Zastosowanie tych rozwiązań zapewni wysoką skalowalność i możliwość łatwego rozwijania funkcjonalności w kolejnych wersjach (Hollnagel et al., 2022). Interfejs użytkownika zostanie zaprojektowany zgodnie z zasadami human-centered design³⁰⁰ oraz ergonomii informacyjnej, co pozwoli zminimalizować tzw. „zmęczenie alertami” i zapewni intuicyjne filtrowanie danych według etapów projektu, kategorii ryzyka oraz poziomu alertu (Whyte, 2023). Aplikacja będzie również integrować się z narzędziami BIM (np. Revit, Navisworks, Solibri) w celu automatycznego pobierania danych o kolizjach, statusach modeli oraz wynikach analiz QA/QC (Eastman et al., 2023).

Testowanie modułu zostanie przeprowadzone na przykładzie studium przypadku nadbudowy kamienicy, z wykorzystaniem przygotowanej tabeli kontrolnej (Tabela 1A) i pięciostopniowych alertów. Wyniki testów zostaną użyte do kalibracji progów akceptacji, reguł workflow oraz wizualizacji ryzyka, a także do oceny użyteczności i efektywności aplikacji w warunkach rzeczywistych (Gawande, 2022). Wdrożenie obejmie również zastosowanie technik uczenia maszynowego do przewidywania potencjalnych punktów krytycznych, co pozwoli na jeszcze szybsze reagowanie na zagrożenia (Bansal et al., 2022).

Nowatorskim elementem modułu aplikacji jest wbudowany mechanizm compliance-by-design: każda pozycja w LKP będzie automatycznie powiązana z podstawą prawną, wymaganym dowodem oraz terminem realizacji. System automatycznie monitoruje kompletność dowodów, generuje raporty audytowe i zapisuje ścieżki akceptacji, co znacząco wzmacnia transparentność procesu projektowego (Love et al., 2022) (ISO, 2023). Wdrożenie tego modułu w praktyce architektonicznej i inżynierskiej będzie kluczowym krokiem w kierunku pełnej automatyzacji zarządzania ryzykiem w procesach budowlanych, zgodnie z najnowszymi trendami w cyfryzacji budownictwa i zarządzania jakością (Whyte, 2023).

Dodatkowo przewiduje się integrację z systemami chmurowymi³⁰¹, co umożliwi współpracę w czasie rzeczywistym pomiędzy różnymi biurami projektowymi i zespołami inżynierskimi. Planowane jest również podłączenie aplikacji do zewnętrznych rejestrów decyzji administracyjnych, co skróci czas uzyskiwania pozwoleń i zmniejszy ryzyko formalne (Eastman et al., 2023). W dłuższej perspektywie moduł aplikacji stanie się fundamentem do dalszych badań nad automatyzacją analizy ryzyka w projektach budowlanych w Polsce i potencjalnej komercjalizacji rozwiązania jako standardowego narzędzia branżowego (Bansal et al., 2022) (Whyte, 2023).

²⁹⁶ **Workflow** – zdefiniowany przepływ pracy określający kolejność zadań i decyzji w procesie.

²⁹⁷ **Dashboard** – panel kontrolny z wizualizacjami danych umożliwiający szybki przegląd stanu projektu lub ryzyka.

²⁹⁸ **React.js** – biblioteka JavaScript służąca do budowy interfejsów użytkownika.

²⁹⁹ **Node.js** – środowisko wykonawcze JavaScript umożliwiające budowanie aplikacji po stronie serwera.

³⁰⁰ **Human-centered design** – podejście projektowe skupione na potrzebach użytkownika końcowego.

³⁰¹ **Systemy chmurowe** – usługi przechowywania i przetwarzania danych dostępne przez Internet.

6.3. Integracja: modelowanie informacji – wspólne środowisko danych – rzeczywistość wirtualna i rozszerzona – internet rzeczy – bliźniak cyfrowy.

Integracja modelowania informacji, wspólnego środowiska danych (CDE), technologii immersyjnych VR/AR³⁰², internetu rzeczy (IoT³⁰³) oraz bliźniaka cyfrowego³⁰⁴ tworzy spójny ekosystem zarządzania informacją w całym cyklu życia obiektu budowlanego. Jej rdzeniem jest **semantyczna interoperacyjność**³⁰⁵, która zapewnia jednoznaczność pojęć i relacji pomiędzy modelami, dokumentami i strumieniami danych. Wdrożenie standardów wymiany danych takich jak IFC³⁰⁶, COBie³⁰⁷ czy BCF³⁰⁸ oraz praktyk zarządzania informacją zgodnych z ISO 19650:2023 umożliwia sprzężenie przepływów projektowych i eksploatacyjnych bez potrzeby ręcznej translacji, co ogranicza ryzyko degradacji danych oraz błędów interpretacyjnych (ISO, 2023; Borrmann et al., 2022).

W modelowaniu informacji (BIM) następuje integracja reprezentacji geometrycznej i parametrycznej z atrybutami funkcjonalnymi i eksploatacyjnymi (wymiarami 4D–7D³⁰⁹), co pozwala konsolidować podstawowe wymiary decyzyjne: czas, koszt, jakość, bezpieczeństwo i środowisko. Kontrolowany poziom szczegółowości (LOD/LOI³¹⁰) chroni przed under- i over-modelingiem, zapewniając adekwatność danych do pytań decyzyjnych oraz redukując koszty koordynacji (Love et al., 2023).

CDE stanowi operacyjny kręgosłup całego ekosystemu: centralizuje modele, dokumentację i metadane procesowe, egzekwuje reguły wersjonowania i uprawnień oraz wdraża bramki jakości (quality gates³¹¹) na etapach WIP/Shared/Published/Archive. Orkiestracja przepływów pracy, powiadomień i zatwierdzeń ogranicza ryzyko wynikające z rozproszenia informacji, wspierając koncepcję single source of truth³¹² oraz pełny ślad audytowy decyzji. Integracja CDE z repozytoriami wyrobów i bazami normatywnymi umożliwia automatyczne odświeżanie parametrów i weryfikację zgodności, co wprost skraca cykle przeglądów i kompletacji wniosków administracyjnych (Sacks et al., 2023).

Technologie **VR/AR** wzmacniają procesy przeglądów i uzgodnień, przekładając złożoność modeli na doświadczalną, przestrzenną komunikację. Przeglądy immersyjne (walk-through, collaborative VR³¹³) ułatwiają wykrywanie błędów percepcyjnych i kolizji funkcjonalnych, poprawiając jakość decyzji projektowych oraz ograniczając liczbę zmian późnych (Heydarian et al., 2023; Kunz & Fischer, 2022). Rozszerzona rzeczywistość (AR) nakłada treści cyfrowe na kontekst rzeczywisty, wspierając kontrolę jakości wykonawstwa, walidację tolerancji montażowych i weryfikację zgodności z dokumentacją bezpośrednio na placu budowy. Z perspektywy zarządczej VR/AR skracają czas iteracji przegląd–decyzja, zwiększając efektywność komunikacji między projektantami, wykonawcą i inwestorem (Xu et al., 2024).

³⁰² **VR/AR** – Virtual Reality / Augmented Reality, rzeczywistość wirtualna/rozszerzona.

³⁰³ **IoT** – Internet of Things, internet rzeczy.

³⁰⁴ **Bliźniak cyfrowy (Digital Twin)** – dynamiczny model cyfrowy odzwierciedlający stan fizycznego obiektu.

³⁰⁵ **Semantyczna interoperacyjność** – zdolność systemów do wymiany danych wraz z ich znaczeniem.

³⁰⁶ **IFC** – Industry Foundation Classes, otwarty standard wymiany danych BIM.

³⁰⁷ **COBie** – Construction Operations Building Information Exchange, standard przekazywania danych eksploatacyjnych.

³⁰⁸ **BCF** – BIM Collaboration Format, format wymiany komentarzy i zadań BIM.

³⁰⁹ **4D–7D** – Wymiary BIM: czas (4D), koszt (5D), eksploatacja (6D), zrównoważony rozwój (7D).

³¹⁰ **LOD/LOI** – Level of Development / Level of Information, poziom szczegółowości i informacji.

³¹¹ **Quality gates** – bramki jakości kontrolujące zgodność w kluczowych etapach.

³¹² **Single source of truth** – jedno źródło prawdy, centralny zapis danych.

³¹³ **Collaborative VR** – współdzielone środowisko VR do pracy grupowej.

Włączenie IoT wprowadza do ekosystemu wymiar czasowo-przestrzenny o wysokiej rozdzielczości. Strumienie danych z czujników środowiskowych, strukturalnych i eksploatacyjnych (np. temperatura, wilgotność, zużycia mediów, drgania, obciążenia, ruch użytkowników) są lokalizowane w przestrzeni modelu BIM, co pozwala interpretować pomiary w kontekście elementów i systemów budynku. Architektura krawędziowa (edge/fog computing³¹⁴) obniża latencję i koszty transmisji, a warstwa chmurowa zapewnia skalę i analitykę predykcyjną. Standaryzacja protokołów komunikacyjnych (MQTT³¹⁵, CoAP, LoRaWAN) i usług integracyjnych (np. oneM2M) redukuje tarcie integracyjne w heterogenicznym środowisku urządzeń (Li et al., 2023).

Bliźniak cyfrowy konsoliduje powyższe elementy w dynamiczny, stale aktualizowany model stanu obiektu, który łączy wiedzę projektową z obserwacjami eksploatacyjnymi oraz prognozami. Jego wartość polega na domknięciu pętli projekt–eksploatacja: dane z użytkowania umożliwiają rewizję założeń projektowych, kalibrację modeli i optymalizację strategii sterowania oraz utrzymania. Modele predykcyjne identyfikują ryzyko degradacji i awarii, rekomendują działania prewencyjne oraz bilansują koszty w horyzoncie cyklu życia (Khajavi et al., 2023; Opoku et al., 2022). W warstwie decyzyjnej bliźniak dostarcza scenariuszy what-if³¹⁶ i ocenia ich skutki dla bezpieczeństwa, kosztów i harmonogramu, wspierając decyzje o modernizacjach i rezerwach ryzyka.

Z punktu widzenia polskiego Prawa budowlanego integracja ta upraszcza kompletację dokumentacji administracyjnej i kontrolę zgodności. Automatyzacja generowania zestawień, kart katalogowych, wykazów i rysunków z modeli BIM redukuje niespójności między dokumentacją tekstową a graficzną. Walidatory reguł odwzorowujących wymagania aktów wykonawczych umożliwiają wczesne wykrywanie niezgodności. Zastosowanie AR w inspekcjach terenowych wspiera nakładanie wymagań technicznych i tolerancji na elementy zrealizowane, co skraca procedury i podnosi ich rzetelność. Integracja z e-administracją pozwala na elektroniczną obsługę wniosków i śledzenie postępowań, zmniejszając ryzyko proceduralne i koszty transakcyjne (Bryde et al., 2023).

Operacyjnie integracja opiera się na modelu zdarzeniowego przetwarzania danych oraz spójnej polityce wersjonowania artefaktów. Zmiany w modelach i dokumentach wyzwalają automatyczne walidacje reguł, aktualizacje widoków analitycznych, a strumienie IoT podlegają filtrowaniu i walidacji jakości (sanity checks³¹⁷, imputacja braków³¹⁸). Wspólne słowniki pojęć i mapowania semantyczne minimalizują ryzyko rozjazdu znaczeń pomiędzy narzędziami. Wymóg audytowalności realizuje się poprzez rejestrowanie genezy decyzji (proweniencja danych³¹⁹, wersje reguł, konteksty) i utrzymywanie spójnych identyfikatorów encji w całym stosie technologicznym.

Reasumując, integracja BIM–CDE–VR/AR–IoT–bliźniak cyfrowy tworzy ramy dla zarządzania informacją, w których dane projektowe i eksploatacyjne współdziałają w czasie rzeczywistym. Przekłada się to na skrócenie iteracji, redukcję niepewności, lepsze dopasowanie rozwiązań do warunków użytkowych i zwiększenie dojrzałości decyzyjnej organizacji. Mechanizmy te, osadzone w aktualnych standardach i praktykach, wzmacniają skuteczność przeglądów immersyjnych (Heydarian et al., 2023; Kunz & Fischer, 2022), domykają pętlę projekt–eksploatacja (Khajavi et al., 2023; Opoku et al., 2022) oraz zapewniają wysoki poziom wiarygodności informacyjnej (Wang & Strong, 1996; Knaflic, 2023), stanowiąc podstawę skalowalnej transformacji cyfrowej w budownictwie.

³¹⁴ **Edge/fog computing** – przetwarzanie danych na krawędzi sieci, blisko źródła

³¹⁵ **MQTT** – lekki protokół komunikacji w IoT.

³¹⁶ **What-if** – analiza scenariuszowa typu „co jeśli”.

³¹⁷ **Sanity checks** – szybkie kontrole poprawności danych.

³¹⁸ **Imputacja braków** – uzupełnianie brakujących danych w zbiorach.

³¹⁹ **Proweniencja danych** – zapis pochodzenia i historii danych.

6.4. Ład i zarządzanie danymi oraz bezpieczeństwo informacji.

Ład danych w projektach inwestycyjnych to zbiór zasad, ról, procesów i mechanizmów technicznych kształtujących cały cykl życia danych – od pozyskania, przez przetwarzanie i udostępnianie, po archiwizację oraz bezpieczną utylizację. Celem jest zapewnienie, aby dane były adekwatne do podejmowanych decyzji, semantycznie spójne, wiarygodne i dostępne wyłącznie dla uprawnionych interesariuszy, przy zachowaniu integralności i poufności zapisów (ISO, 2023a; ISO/IEC, 2022). W ujęciu zarządczym ład obejmuje: polityki jakości (wymiar jakości, progi akceptacji, odpowiedzialności), polityki nadawania uprawnień (role, zasada najmniejszych uprawnień, separacja obowiązków), mechanizmy audytowalności zmian (proweniencja danych, wersjonowanie, dzienniki decyzji), a także zarządzanie wiedzą i repozytoriami reguł, które wzmacniają spójność decyzji i uczenie się organizacji (Nonaka & Takeuchi, 1995; Dawes, 2010). Dojrzały ład danych ogranicza **entropię informacyjną** przedsięwzięć o dużej złożoności, gdzie wielość wykonawców i narzędzi zwiększa prawdopodobieństwo błędów, niezgodności oraz sporów.

Wymiary jakości danych i odpowiedzialność za jakość

Jakość danych opisują cztery prymarne wymiary: **kompletność** (czy zbiory zawierają niezbędne atrybuty i przekroje), **spójność** (czy są logicznie niesprzeczne i zgodne ze słownikami oraz regułami), **aktualność** (czy odzwierciedlają stan bieżący w wymaganym horyzoncie) oraz **wiarygodność** (czy pochodzą z zaufanych źródeł i są wolne od zanieczyszczeń procesowych). Badania wykazują silny związek między jakością danych, jakością decyzji oraz redukcją ryzyka projektowego – krótsze cykle uzgodnień i mniej późnych zmian (Wang & Strong, 1996). Operacjonalizacja wymaga KPI jakości danych (np. odsetek wypełnienia pól krytycznych, reguły spójności międzybranżowej, opóźnienie aktualizacji), monitorowanych w cyklach przeglądów jakości i prezentowanych na pulpitych decyzyjnych. Model odpowiedzialności powinien jasno przypisywać **właścicieli danych** (data owners) i **stewardów** (data stewards), którzy egzekwują standardy oraz koordynują działania naprawcze. Wspieraniem są praktyki **DataOps**: automatyczne testy jakości, walidatory schematów, profilowanie oraz ciągła obserwowalność przepływów (observability³²⁰) (Erickson et al., 2023).

Zarządzanie metadanymi, słownikami i semantyką

Warunkiem spójności informacyjnej jest utrzymywanie wspólnych słowników pojęć i kontrolowanych słowników wartości (controlled vocabularies), profili właściwości oraz mapowań między systemami (BIM, CDE, GIS, ERP, FM/CMMS). Metadane – w tym **proweniencja**³²¹ (pochodzenie), wersje, status zatwierdzenia, kontekst obowiązywania – muszą być kompletne i powiązane z artefaktami (modele, rysunki, specyfikacje, decyzje). **Semantyczna interoperacyjność** obniża koszty translacji między narzędziami i zmniejsza ryzyko „rozjazdu znaczeń”. W praktyce oznacza to m.in. stosowanie trwałych identyfikatorów encji (elementów, pomieszczeń, systemów), zgodność z profilami informacji projektowej (np. IFC + rozszerzenia dziedziczne) oraz utrzymywanie mapowań do systemów eksploatacyjnych (asset registry). Dobrym standardem są **bramki semantyczne** w pipeline'ach CI/CD³²² dla danych: zanim artefakt osiągnie stan *Published*, przechodzi testy zgodności semantycznej i spójności referencyjnej (Sacks et al., 2023; ISO, 2023a).

Repozytoria reguł i zarządzanie wiedzą

Repozytoria reguł (rule repositories) przechowują deklaratywne zestawy reguł jakości, zgodności i bezpieczeństwa – wersjonowane i powiązane ze scenariuszami użycia. Ich utrzymanie ma charakter wiedzołłonny i

³²⁰ **Observability (obserwowalność danych)** – zdolność systemu do odsłaniania swojego stanu (metryki, logi, ślady) tak, by szybko diagnozować problemy jakości i wydajności danych.

³²¹ **Proweniencja danych (data provenance)** – ślad pochodzenia: skąd dane pochodzą, jak były przetwarzane, które wersje i reguły na nie wpływały.

³²² **CI/CD (Continuous Integration / Continuous Delivery)** – praktyki częstego łączenia zmian oraz ich automatycznego testowania i publikacji w kontrolowanych krokach.

wymaga praktyk zarządzania wiedzą: **eksternalizacji** wiedzy ukrytej (tacit) do postaci reguł, dyfuzji między zespołami oraz ciągłej aktualizacji wraz ze zmianami norm i przepisów (Nonaka & Takeuchi, 1995). Spójne repozytoria wzmacniają replikowalność decyzji i skracają krzywą uczenia w zespołach wielobranżowych. W ujęciu procesowym należy utrzymywać cykl: pozyskanie wiedzy → formalizacja → weryfikacja → walidacja → dystrybucja → utrzymanie, z jasno określonymi rolami (właściciele, redaktorzy, recenzenci) i ścieżkami akceptacji.

Audytowalność zmian, dzienniki decyzji i ścieżki akceptacji

W dużych przedsięwzięciach kluczowa jest transparentność przebiegu decyzji i akceptacji. **Dzienniki decyzji** (decision logs) rejestrują kontekst, alternatywy, uzasadnienia, właścicieli, daty oraz powiązania z artefaktami i ryzykiem. Ścieżki akceptacji muszą być konfigurowalne (RACI, progi wartości, krytyczność) i zintegrowane z CDE oraz narzędziami zarządzania projektami. Taka przejrzystość minimalizuje ryzyko kontraktowe i informacyjne, ogranicza spory interpretacyjne i ułatwia rozstrzyganie roszczeń (Miller & Lessard, 2001; Gil & Pinto, 2018). Technicznie audytowalność wspierają niezmiennie rejestry zdarzeń (append-only), precyzyjne wersjonowanie, pieczęcie czasowe oraz powiązania wersji reguł z wynikami walidacji. Wysoki standard stanowi **proweniencja decyzyjna** – możliwość odtworzenia, które dane i reguły doprowadziły do konkretnego rozstrzygnięcia (ENISA, 2023).

Zarządzanie dostępem i uprawnieniami

Polityki dostępu powinny realizować **zasadę najmniejszych uprawnień** oraz **separację obowiązków**. Modele ról (**RBAC**³²³) lub atrybutów (**ABAC**³²⁴) umożliwiają granularne sterowanie dostępem do modeli, dokumentów, metadanych i reguł. Krytyczne jest rozdzielenie ról twórców, recenzentów i zatwierdzających oraz wdrożenie wieloskładnikowego uwierzytelniania (**MFA**³²⁵) dla ról uprzywilejowanych. Delegowanie uprawnień musi być ograniczone czasowo (time-bound) i rejestrowane w dziennikach audytowych. Integracja z katalogami tożsamości (**IdP**³²⁶) i jednokrotnym logowaniem (**SSO**³²⁷) redukuje powierzchnię ataku oraz ryzyko eskalacji uprawnień. Wrażliwe zbiory (np. dane osobowe w modelach eksploatacyjnych czy plany zabezpieczeń) wymagają dodatkowych stref bezpieczeństwa: segmentacji sieciowej, szyfrowania w spoczynku i w tranzycie, tokenizacji oraz kontroli eksportu (ISO/IEC, 2022; NIST, 2020).

Bezpieczeństwo informacji: poufność, integralność, dostępność

Bezpieczeństwo informacji opiera się na triadzie **CIA**: poufność (confidentiality), integralność (integrity) i dostępność (availability). Poufność egzekwuje się przez kontrolę dostępu, szyfrowanie (TLS w tranzycie, AES-256 w spoczynku), klasyfikację informacji i DLP. Integralność wymaga kontroli wersji, podpisów kryptograficznych, sum kontrolnych oraz mechanizmów wykrywania anomalii i nieautoryzowanych zmian. Dostępność zapewniają architektury wysokiej dostępności (HA), kopie zapasowe, odtwarzanie po awarii (DR) i ciągłość działania (BCP). W środowiskach rozproszonych konieczne są: segmentacja sieci i uprawnień (**zero trust**³²⁸), ochrona interfejsów API (rate limiting, WAF,

³²³ **RBAC (Role-Based Access Control)** – nadawanie uprawnień na podstawie ról (np. autor, recenzent, akceptujący).

³²⁴ **ABAC (Attribute-Based Access Control)** – kontrola dostępu sterowana atrybutami (np. dział, lokalizacja, wrażliwość dokumentu).

³²⁵ **MFA (Multi-Factor Authentication)** – uwierzytelnianie wieloskładnikowe (np. hasło + aplikacja mobilna + klucz sprzętowy).

³²⁶ **IdP (Identity Provider)** – usługa zarządzająca tożsamościami (konta, grupy, polityki); źródło prawdy dla SSO.

³²⁷ **SSO (Single Sign-On)** – jednokrotne logowanie dające dostęp do wielu aplikacji bez ponownego wpisywania haseł.

³²⁸ **Zero trust** – model bezpieczeństwa „nie ufaj, weryfikuj zawsze”: segmentacja sieci i ciągła weryfikacja tożsamości/urządzenia/kontekstu.

OAuth2/OIDC), monitoring bezpieczeństwa (**SIEM**³²⁹) oraz reagowanie na incydenty (**SIRP**³³⁰) z jasno zdefiniowanymi RTO/RPO³³¹ (ISO/IEC, 2022; ENISA, 2023).

Zarządzanie ryzyko informacji i zgodności

System ładu danych powinien być osadzony w cyklu zarządzania **ryzyko informacji**: identyfikacja aktywów, ocena zagrożeń i podatności, wycena ryzyko, planowanie kontroli i monitoring skuteczności. W projektach budowlanych zagrożenia obejmują m.in. nieuprawnione ujawnienie dokumentacji krytycznej, manipulację danymi w modelach (np. ukryte zmiany), utratę historii decyzyjnej oraz degradację jakości danych. Zgodność regulacyjna dotyczy Prawa budowlanego i aktów wykonawczych, ochrony danych osobowych (**RODO**), prawa autorskiego (własność modeli i dokumentacji) oraz standardów sektorowych (np. **ISO 19650** dla CDE, **ISO/IEC 27001:2022** dla ISMS). Mechanizmy zgodności obejmują polityki retencji, rejestry czynności przetwarzania, **DPIA** tam, gdzie przetwarzane są dane osobowe, oraz testy zgodności reguł z aktualnymi przepisami (EDPB, 2022; ISO, 2023a; ISO/IEC, 2022).

Operacjonalizacja ładu: procesy, wskaźniki i automatyzacja

Operacyjny wymiar ładu danych wymaga standaryzacji procesów (procedury wprowadzania i zatwierdzania danych, harmonogramy przeglądów, ścieżki eskalacji), automatyzacji walidacji (rule engines, testy schematów, profilowanie) oraz ciągłej obserwowalności (metryki jakości, SLA/SLO dla dostępności i opóźnień). Pulpity zarządcze powinny łączyć KPI jakości danych, statusy zgodności, obciążenie incydentami i postęp działań korygujących. Cykl doskonalenia opiera się na pętlach informacji zwrotnej: wyniki walidacji i incydentów bezpieczeństwa wracają do repozytoriów reguł i polityk, wzmacniając uczenie się organizacji. W duchu **DataOps/DevSecOps** warto wdrożyć pipeline'y CI/CD dla danych i reguł, testy mutacyjne reguł krytycznych, *canary releases* oraz mechanizmy *roll-back* (Carbone et al., 2023).

Kontraktowanie informacji i governance międzyorganizacyjny

W przedsięwzięciach wielostronnych wykracza się poza granice jednej organizacji. Niezbędne są umowy definiujące wymagania informacyjne (**EIR**), modele wymiany (**BEP**), zasady praw własności do modeli i danych, a także obowiązki w zakresie jakości, bezpieczeństwa i audytu. Transparentność ścieżek akceptacji i dzienników decyzji oraz jasny podział ról zmniejszają asymetrię informacji i ryzyko kontraktowe (Miller & Lessard, 2001; Gil & Pinto, 2018). Mechanizmy rozstrzygania sporów powinny uwzględniać dowody cyfrowe z CDE (wersje, logi, podpisy), co ułatwia mediacje i arbitraż. Wspólne standardy i repozytoria reguł, utrzymywane międzyorganizacyjnie, wzmacniają interoperacyjność i replikowalność.

Etyka danych i odpowiedzialne użycie algorytmów

Wraz z automatyzacją walidacji i wykorzystaniem algorytmów pojawia się wymiar **etyki danych**: przejrzystość reguł i modeli, wyjaśnialność decyzji, minimalizacja stronniczości, proporcjonalność zakresu danych do celów oraz kontrola skutków ubocznych (np. nieuzasadniona eskalacja alertów). Dokumentowanie podstaw i ograniczeń reguł, prowadzenie przeglądów etycznych oraz włączanie interesariuszy w kształtowanie polityk zwiększa legitymizację governance i zaufanie do systemu (EDPB, 2022; ENISA, 2023).

6.5. Wskaźniki i śledzenie efektów: czas, koszt, jakość, bezpieczeństwo, dostępność.

System wskaźników KPI (Key Performance Indicators – kluczowe wskaźniki efektywności³³²) został zaprojektowany jako integralny element autorskiego modelu ograniczania ryzyko, którego celem jest eliminacja

³²⁹ **SIEM (Security Information and Event Management)** – systemy zbierające i korelujące zdarzenia bezpieczeństwa do wykrywania incydentów.

³³⁰ **SIRP (Security Incident Response Platform)** – platformy do zarządzania reakcją na incydenty (workflow, playbooks, eskalacje).

³³¹ **RTO / RPO** – docelowy czas odtworzenia (Recovery Time Objective) i docelowy punkt odtworzenia danych (Recovery Point Objective).

³³² **KPI** – kluczowe wskaźniki efektywności.

zagrożeń na etapie sporządzania projektu budowlanego w ramach doktoratu wdrożeniowego w dziedzinie architektury. W tym ujęciu KPI nie pełnią jedynie funkcji kontrolnej, ale stanowią aktywne sprzęgło między strategią organizacyjną a praktyką projektową i eksploatacyjną. Ich zadaniem jest monitorowanie jakości decyzji projektowych w czasie rzeczywistym, kalibracja progów alarmowych oraz umożliwienie wczesnego ostrzegania przed potencjalnymi zagrożeniami technicznymi, formalnoprawnymi, społecznymi i środowiskowymi, zanim te przekształcą się w krytyczne błędy proceduralne lub opóźnienia administracyjne. Tak zdefiniowany system wskaźników minimalizuje prawdopodobieństwo eskalacji ryzyka w późniejszych fazach procesu inwestycyjnego, co ma kluczowe znaczenie w architekturze, gdzie błędy popełnione na etapie projektu generują znacznie wyższe koszty korekty na etapie budowy lub eksploatacji.

Wskaźniki te zostały bezpośrednio powiązane z Listą Kontrolną Projektu Budowlanego (LKP), opracowaną w ramach niniejszego doktoratu wdrożeniowego jako narzędzie eliminacji zagrożeń już na etapie planowania i projektowania. LKP porządkuje proces projektowy zgodnie z wymaganiami Prawa budowlanego, Rozporządzeniem w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego oraz normami ISO, a także integruje w jednym środowisku dane z wielu branż. Każdy KPI w LKP posiada przypisany próg alarmowy, status i właściciela danych, co umożliwia automatyczną eskalację w przypadku ryzyka krytycznych i wspiera podejmowanie decyzji bramkowych. Dzięki temu architekci i koordynatorzy branżowi mają możliwość bieżącego bilansowania ryzyka rezydualnego, identyfikacji luk dokumentacyjnych oraz synchronizacji działań międzybranżowych w sposób audytowalny i przejrzysty.

W wymiarze czasu (time) monitorowane są odchylenia harmonogramu (SV/SPI³³³), średni czas reakcji na alerty krytyczne (MTTR³³⁴), długość cyklu decyzyjnego dla bramek jakości oraz odsetek zadań opóźnionych. Te mierniki pozwalają identyfikować wąskie gardła procesowe, przewidywać potencjalne konflikty terminowe i proaktywnie zarządzać harmonogramem. W wymiarze kosztu (cost) kluczowe są indeks kosztowy (CPI), rezerwy budżetowe P50/P90, koszt poprawek projektowych (cost of rework) oraz koszt cyklu iteracyjnego (zmiana → walidacja → akceptacja). Dzięki tym wskaźnikom możliwa jest predykcja ryzyka budżetowego, kalibracja rezerw finansowych oraz bilansowanie kosztów w perspektywie całego cyklu życia projektu. Wskaźniki jakości (quality) obejmują gęstość kolizji (clash detection³³⁵), liczbę i odsetek alertów wysokiego ryzyka, współczynnik zamykania alertów w SLA³³⁶, stabilność modeli (regresje jakości po publikacji) oraz pass rate w walidacjach rule engine. Te dane pozwalają zidentyfikować obszary o najwyższej podatności na błędy, zapobiec przenoszeniu defektów między branżami oraz utrzymać spójność dokumentacji z rozporządzeniem.

Bezpieczeństwo (safety – HSE: Health, Safety, Environment) monitorowane jest poprzez wskaźniki, analizę near-miss rate, zgodność z zasadami BHP i czas reakcji na działania korygujące. Wskaźniki te mają charakter prewencyjny: pozwalają identyfikować potencjalne zagrożenia BHP już na etapie projektu, zanim staną się one przyczyną incydentów na placu budowy. Wskaźniki dostępności i komfortu (accessibility and comfort) obejmują zgodność projektu z zasadami projektowania uniwersalnego, czas dotarcia (time-to-access³³⁷) do funkcji krytycznych, NPS/CSAT¹³ jako wskaźniki satysfakcji użytkowników, a także metryki komfortu środowiskowego (PMV/PPD¹² – wskaźniki komfortu cieplnego), natężenie oświetlenia i poziom hałasu. Dzięki nim architekci mogą iteracyjnie poprawiać dostępność i komfort użytkownika przestrzeni, co minimalizuje ryzyko późnych zmian funkcjonalnych i konfliktów interesariuszy.

³³³ SV/SPI – miary odchylenia harmonogramu i indeksu realizacji.

³³⁴ MTTR – średni czas przywrócenia/naprawy.

³³⁵ Clash detection – wykrywanie kolizji międzybranżowych.

³³⁶ SLA – Service Level Agreement – umowa o poziomie usług.

³³⁷ Time-to-access – czas dotarcia do funkcji krytycznych.

Innowacyjnym elementem wdrożenia jest integracja KPI z CDE (Common Data Environment – wspólne środowisko danych) i BIM (Building Information Modeling), co umożliwia automatyczne pobieranie danych z harmonogramów 4D, kosztorysów 5D, rejestrów ryzyko oraz strumieni IoT. Taka architektura danych zapewnia spójność semantyczną i pełną audytowalność decyzji, eliminując potrzebę ręcznej translacji danych i ograniczając ryzyko degradacji jakości informacji. Dzięki temu decyzje projektowe stają się bardziej przewidywalne i oparte na wiarygodnych danych, co wzmacnia odporność procesu projektowego na zakłócenia i zmiany kontekstu prawnego lub technicznego.

W ramach doktoratu wdrożeniowego przewidziano również rozwój aplikacji mobilnej jako kolejnego etapu wdrożenia. Aplikacja ta umożliwi projektantom i koordynatorom architektonicznym bezpośrednio rejestrowanie alertów, przegląd KPI i aktualizację statusów LKP z poziomu placu budowy, biura projektowego lub spotkań koordynacyjnych. Dzięki temu skrócony zostanie czas reakcji na niezgodności, a proces decyzyjny stanie się bardziej elastyczny i transparentny. Dodatkowo funkcja śledzenia historii zdarzeń i działań korygujących zwiększy odporność całego procesu na błędy ludzkie i pozwoli na bardziej efektywne uczenie organizacyjne.

System KPI w niniejszym doktoracie wdrożeniowym nie jest jedynie narzędziem pomiarowym, lecz dynamicznym mechanizmem prewencji i doskonalenia procesu projektowego w architekturze. Wspiera realizację kluczowych celów badania wdrożeniowego: redukcję błędów proceduralnych, skrócenie cykli decyzyjnych, zapewnienie zgodności dokumentacji z obowiązującym prawem oraz poprawę jakości i bezpieczeństwa realizacji inwestycji architektonicznych.

6.6. Plan wdrożenia modelu: iteracje, odpowiedzialności, wymagane zasoby.

Siedmiomodułowa lista kontrolna (checklista – usystematyzowany wykaz czynności, kryteriów akceptacji i wymaganych dowodów³³⁸) została opracowana na podstawie Rozporządzenia w sprawie zakresu i formy projektu budowlanego oraz zharmonizowana z cyklem formalno-prawnym inwestycji. Prace z listą zostały już rozpoczęte i są wykorzystywane przy sporządzaniu projektów w wersji pilotażowej. Lista funkcjonuje w ramach wspólnego środowiska danych (CDE – Common Data Environment, wspólne środowisko danych), z przypisanymi odpowiedzialnościami do ról i z rejestrem dowodów (załączniki, uzgodnienia, oświadczenia). Celem niniejszego planu jest standaryzacja iteracyjnego wdrożenia na portfel zadań projektowych, zapewnienie rozliczalności oraz utrzymanie wysokiej jakości danych.

Założenia wdrożenia iteracyjnego

Wdrożenie prowadzi się iteracyjnie – od pilotażu na wybranym projekcie, przez rozszerzenie do całego portfela, po stabilizację – zgodnie z zasadą minimalnego produktu wartościowego (MVP – Minimum Viable Product³³⁹) oraz cyklem krótkich przeglądów interesariuszy i metod zwinnych (agile³⁴⁰). Każda iteracja obejmuje planowanie, realizację, przegląd i retrospektywę, a kończy się publikacją nowej wersji listy wraz z mapą zmian. Taki rytm iteracji zapewnia bieżącą kalibrację reguł walidacyjnych, progów alarmowych i priorytetów oraz umożliwia stopniowe rozszerzanie zakresu (kolejne moduły i branże) bez utraty kontroli jakości.

Struktura modułowa i logika stosowania

Lista kontrolna składa się z siedmiu modułów odwzorowujących przepisy i logikę procesu:

- I. Dokumenty planistyczno-prawne i tytuł do dysponowania.
- II. Uzgodnienia i decyzje administracyjne.
- III. Projekt zagospodarowania terenu (PZT).
- IV. Projekt architektoniczno-budowlany (PAB).

³³⁸ Checklista – uporządkowany wykaz czynności i kryteriów akceptacji.

³³⁹ MVP – minimalny produkt wartościowy.

³⁴⁰ Agile – zwinne metodyki zarządzania projektami.

V. Projekt techniczny (PT) i branże.

VI. Oświadczenia, formularze i kompletaacja wniosku (pozwolenie na budowę, zgłoszenie, rozpoczęcie robót).

VII. Publikacja, przeglądy i ślad audytowy w CDE.

Każda pozycja ma zdefiniowane kryterium akceptacji („zaliczono/niezaliczono” z warunkiem), wymagany dowód (format, źródło, sygnatura), odpowiedzialnego (rola i osoba), termin powiązany z bramką jakości oraz kontekst formalny. Zasada „bramki” oznacza, że publikacja kolejnego etapu w CDE jest możliwa dopiero po zaliczeniu pozycji obowiązkowych (progi minimalne), co ogranicza ryzyko braków formalnych i późniejszych korekt.

Ramy odpowiedzialności

Za listę kontrolną odpowiada właściciel listy (architekt prowadzący), który utrzymuje jej zgodność ze standardami i przepisami. Koordynator BIM/CDE odpowiada za proces i narzędzie (workflow, wersjonowanie, publikacje), a steward danych za jakość, spójność i kompletność dowodów (profilowanie, słowniki, standardy nazewnictwa). Właściciele modułów branżowych redagują treść swoich sekcji, zapewniając aktualność wymagań i interpretacji. Rzeczoznawcy i konsultanci pełnią funkcję recenzentów merytorycznych w pozycjach wymagających specjalnych uprawnień. Sponsor/kierownik projektu (Project Sponsor/PM³⁴¹) nadzoruje wdrożenie, rozstrzyga priorytety i zatwierdza publikacje wersji głównych. Macierz ról i odpowiedzialności (RACI) porządkuje przepływ decyzji oraz zapewnia rozliczalność.

Wymagane zasoby i narzędzia

Wdrożenie wymaga:

- I. Wspólnego środowiska danych (CDE) z obiegiem WIP/Shared/Published (robocze/współdzielone/opublikowane) i śladem audytowym.
- II. Narzędzia do obsługi checklist (formularze, workflow, wersjonowanie, raportowanie).
- III. Katalogu reguł walidacyjnych (rule engine – silnik reguł³⁴²).
- IV. Szablonów dowodów (oświadczenia, wzory pism, formaty załączników, słowniki nazw).
- V. Kokpitów przeglądowych (dashboard) i wskaźników skuteczności.
- VI. Planu szkoleń (onboarding³⁴³, krótkie przewodniki, konsultacje ad hoc).
- VII. Wsparcia operacyjnego (helpdesk, kanał eskalacji).

Iteracyjny harmonogram wdrożenia

Etap pilotażowy (w toku) – stosowanie listy w wersji wstępnej na wybranym projekcie, z minimalnym zakresem pozycji obowiązkowych i kontrolą bramek.

Fala 1 – Ugruntowanie pilotażu

- Doprecyzowanie kryteriów akceptacji i dowodów w modułach 1–3.
- Wprowadzenie wersjonowania listy i mapy zmian; przegląd skuteczności pozycji obowiązkowych.
- Szkolenie kluczowych ról: architekt prowadzący, właściciele modułów, steward danych.

Fala 2 – Rozszerzenie na PAB i PT

- Rozbudowa modułów 4–5 z jasnym podziałem ról i dowodów branżowych; dodanie walidacji międzybranżowych.
- Integracja checklisty z harmonogramem etapów.
- Ustalenie progów alarmowych i priorytetów oraz wdrożenie mechanizmów agregacji powiadomień.

Fala 3 – Kompletaacja formalna i publikacje

³⁴¹ Project Sponsor/PM – sponsor lub kierownik projektu.

³⁴² Rule engine – silnik reguł automatyzujących walidacje.

³⁴³ Onboarding – proces wdrażania nowych użytkowników.

- Ujednolicenie modułu 6 z jednoznacznymi wzorami dokumentów.
- Uporządkowanie publikacji w CDE (moduł 7), w tym rejestr decyzji i ślad akceptacji.
- Audyt zgodności checklisty z wymaganiami organów i doświadczeniem z wcześniejszych postępowań.

Fala 4 – Skalowanie do portfela

- Wprowadzenie listy jako standardu dla wszystkich nowych projektów.
- Automatyzacja raportowania wskaźników wdrożenia na poziomie portfela.
- Program ciągłego doskonalenia: kwartalne przeglądy, korekty słowników i definicji.

Szkolenia, komunikacja i zarządzanie zmianą

Skuteczność wdrożenia zależy od przygotowania użytkowników. Program szkoleniowy obejmuje szkolenie wstępne, warsztaty branżowe, krótkie przewodniki (one-pager³⁴⁴), nagrania pokazowe oraz dyżury konsultacyjne. Komunikacja obejmuje ogłoszenia o publikacjach nowych wersji listy, cykliczne przeglądy statusu oraz kanał pytań/odpowiedzi. Zarządzanie zmianą opiera się na transparentnym backlogu zmian, priorytetyzacji oraz formalnym zatwierdzeniu przez sponsora przed publikacją wersji głównej.

Ryzyko wdrożenia i mitygacje

Kluczowe ryzyka to opór wobec zmiany, jakość danych wejściowych oraz przeciążenie alertami. Odpowiedzią są: włączanie użytkowników w definiowanie pozycji (współtworzenie), szybkie sukcesy w pilotażu, profilowanie danych na starcie, kategoryzacja alertów oraz mechanizmy agregacji, które ograniczają zmęczenie alarmami. Ryzyko techniczne (integracje, wydajność, uzależnienie od dostawców) łagodzi się podejściem przyrostowym, wersjonowaniem, planem wycofania zmian i stosowaniem otwartych formatów.

Wskaźniki postępu i jakości wdrożenia

Ocena postępu obejmuje: poziom adopcji listy (odsetek zadań na najnowszej wersji), odsetek pozycji obowiązkowych zaliczonych przed bramkami, liczbę odrzuceń z przyczyn formalnych, średni czas zamknięcia pozycji, gęstość poprawek po publikacji oraz kompletność metadanych dowodów. Efektywność procesu mierzy się skróceniem czasu kompletacji wniosków, ograniczeniem liczby pętli poprawkowych oraz wzrostem przewidywalności terminów. Wyniki są raportowane na kokpitach projektowych i portfelowych oraz omawiane podczas przeglądów ze sponsorem.

6.7. Strategia skalowania i utrzymania: wersjonowanie, zmienność regulacyjna.

Skalowanie oraz długofalowe utrzymanie siedmiomodułowej listy kontrolnej wymaga dwóch równoległych systemów: dojrzałego wersjonowania treści oraz stałego, metodycznego reagowania na zmienność regulacyjną (Bryde et al., 2013; Thomsen et al., 2023). Celem jest zachowanie stabilności praktyki projektowej przy jednoczesnej gotowości do szybkiej i zgodnej z prawem adaptacji. Strategia łączy cykl regularnych przeglądów i publikacji zmian z przejrzystą komunikacją do zespołów (Liu & Sun, 2023) oraz z utrzymaniem śladu audytowego, który pozwala uzasadnić decyzje i ich podstawy (Garousi et al., 2022).

Wersjonowanie i kontrola zmian

Klasy zmian i numeracja: wprowadzono rozróżnienie na wersje zasadnicze (istotne przekształcenia struktury modułów, bramek jakości, odpowiedzialności), wersje uzupełniające (rozszerzenia i doprecyzowania treści) oraz poprawki redakcyjne (korekty oczywiste). Każdej publikacji towarzyszy opis zmian oraz wskazanie wpływu na moduły i wzory dokumentów.

Stabilność dla projektów w toku: dla zadań długotrwałych utrzymuje się wersje stabilne, dopuszczając wyłącznie poprawki krytyczne. Przejście na nowszą wersję wymaga analizy korzyści, ryzyka i kosztu wdrożenia.

Jedna wersja wiążąca: w środowisku wspólnych danych (CDE) utrzymywana jest jednoznacznie oznaczona wersja obowiązująca; wersje robocze i współdzielone pozostają przygotowawcze.

³⁴⁴ One-pager – jednostronicowy przewodnik.

Ślad zmian: rejestruje się autorów, daty, zakres i uzasadnienie modyfikacji, aby możliwe było odtworzenie toku decyzji i podstaw prawnych każdej zmiany.

Zmienność regulacyjna – mechanizmy reagowania

Monitoring przepisów (radar regulacyjny): prowadzony jest ciągle przegląd zmian Prawa budowlanego, rozporządzeń techniczno-budowlanych oraz regulacji sektorowych. Zmiany są kategoryzowane według pilności i wpływu.

Mapowanie do listy i modułów: każda zmiana przepisów jest natychmiast przypisywana do odpowiednich modułów i pozycji checklisty, z określeniem, czy dotyczy kryteriów akceptacji, wymaganych dowodów, sekwencji bramek jakości czy wzorów dokumentów.

Tryb szybkiej ścieżki: dla zmian o obowiązku natychmiastowym uruchamia się przyspieszony cykl publikacji z minimalnym, lecz wystarczającym przeglądem merytorycznym oraz precyzyjną instrukcją wdrożeniową dla zespołów.

Ocena wpływu i komunikat wdrożeniowy: publikacja zmian zawiera ocenę skutków dla projektów oraz zalecenia dotyczące migracji między wersjami. Projekty w krytycznych etapach mogą być czasowo wyłączone z migracji, jeśli nie koliduje to z obowiązkiem prawnym.

Archiwizacja, audytowalność i dowody

Proweniencja dowodów: dla pozycji obowiązkowych przechowuje się komplet plików/odnośników z metadanymi (daty, sygnatury, podstawa prawna, autor) oraz decyzjami (akceptacja/odrzućenie) i komentarzami uzasadniającymi.

Rejestr bramek jakości: automatycznie utrwała się przebieg przeglądów, uczestników, wyniki oraz wersję listy/reguł będącą podstawą oceny.

Polityka retencji i dostępów: okresowo weryfikuje się uprawnienia oraz zgodność z wymogami prawnymi i kontraktowymi dotyczącymi przechowywania dokumentacji.

Zapewnienie jakości i testy

Testy regresyjne: przed publikacją wersji znaczących uruchamia się próby na przypadkach wzorcowych (typowych i granicznych), aby potwierdzić poprawność wyników i działania nowych reguł.

Walidacja merytoryczna: ekspercki przegląd zmian pod kątem podstaw prawnych, spójności pojęć, jednoznaczności kryteriów i kompletności wymaganych dowodów.

Testy odtworzeniowe: okresowo sprawdza się, czy zarchiwizowane artefakty i logi pozwalają wiernie odtworzyć decyzje i ich podstawy.

Utrzymanie operacyjne i mierniki

Przeglądy wskaźników: monitoruje się poziom adopcji aktualnych wersji, czas zamykania pozycji, częstość korekt po publikacji, jakość metadanych dowodów i liczbę odrzućen z przyczyn formalnych.

Zarządzanie dostęпами: cykliczne przeglądy ról i uprawnień, szczególnie po zmianach kadrowych i zakończeniu projektów.

Komunikacja i szkolenia: każdej publikacji zmian towarzyszy zwięzłe omówienie, wskazówki wdrożeniowe i aktualizacja materiałów szkoleniowych. W przypadku istotnych zmian organizowane są warsztaty.

Zasady stabilności przy skalowaniu

Ograniczanie zakłóceń: wersje stabilne obowiązujące dla projektów w toku oraz reguły migracji z pierwszeństwem dla zgodności prawnej i bezpieczeństwa procesu.

Odwracalność: dla każdej publikacji przygotowuje się plan wycofania zmian, umożliwiający szybki powrót do wersji stabilnej w razie niepożądanych skutków.

Spójność treści z narzędziami: utrzymuje się zgodność checklisty z szablonami dokumentacji i przepływami pracy w CDE, aby uniknąć rozbieżności między treścią a praktyką.

6.8. Podsumowanie.

Koncepcja **autorskiego modelu ograniczania ryzyka** dla procesu sporządzania projektu budowlanego, której celem jest eliminacja zagrożeń formalnoprawnych, technicznych, społecznych i środowiskowych w warunkach polskich regulacji prawnych i praktyki architektonicznej. Model został opracowany i przetestowany w ramach **doktoratu wdrożeniowego**, co oznacza jego bezpośrednie zastosowanie w realnym środowisku biura projektowego i na faktycznych zadaniach inwestycyjnych.

Fundamentem rozwiązania jest **siedmiomodułowa lista kontrolna (LKP)**, która — oparta na Prawie budowlanym (1994/2023) i rozporządzeniu w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (2020/2022) — odwzorowuje logiczny przebieg procesu inwestycyjnego oraz bramki formalne wymagane do publikacji kolejnych etapów dokumentacji w **CDE (Common Data Environment, wspólne środowisko danych)**. LKP pełni rolę **mechanizmu compliance-by-design**: standaryzuje kryteria akceptacji, dowody, role i terminy, a jednocześnie agreguje alerty ryzyko z czterech kluczowych modułów architektury systemu: technicznego, formalnego, społecznego i środowiskowego.

Architektura modelu jest wielowarstwowa i policentryczna: separuje domeny ryzyko (ograniczając kaskadowanie błędów), ale utrzymuje wspólną warstwę danych i zsynchronizowane procesy decyzyjne. Moduł techniczny minimalizuje kolizje międzybranżowe poprzez formalne reguły projektowe, automatyczne analizy (clash detection, symulacje ciepło-wilgotnościowe) i kontrolę parametrów wyrobów. Moduł formalny zapewnia zgodność z Prawem budowlanym, warunkami technicznymi i MPZP/WZ dzięki „bramkom formalnym” oraz matrycy odpowiedzialności. Moduł społeczny wprowadza partycypację użytkowników, projektowanie uniwersalne i wskaźniki komfortu, redukując konflikty interesariuszy i późne zmiany funkcjonalne. Moduł środowiskowy integruje analizy LCA/LCC, minimalizując ślad środowiskowy i wspierając adaptację do zmian klimatu.

Integracja technologiczna łączy BIM, CDE, VR/AR, IoT i bliźniaka cyfrowego w spójny ekosystem danych. Mechanizmy te umożliwiają ciągle monitorowanie stanu obiektu, szybsze przeglądy immersyjne, automatyczne generowanie dokumentacji i wczesne wykrywanie niezgodności, co radykalnie skraca iteracje projektowe i wzmacnia wiarygodność decyzji. W kontekście polskich procedur administracyjnych integracja ta upraszcza kompletację wniosków, zapewnia ślad audytowy i redukuje koszty transakcyjne.

Rozdział omawia również **ład danych i bezpieczeństwo informacji** (Sekcja 6.4), podkreślając, że skuteczność modelu zależy od zarządzania metadanymi, wspólnych słowników pojęć, audytowalności zmian, polityki dostępu i zgodności z normami (ISO 19650, ISO 27001, RODO). Wskazano, że DataOps, CI/CD dla reguł walidacyjnych oraz rejestry decyzji zmniejszają ryzyko kontraktowe i informacyjne.

Wskaźniki efektywności (Sekcja 6.5) zostały zaprojektowane jako operacyjne sprzęgło między strategią a praktyką: obejmują czas (SV/SPI, MTTR), koszt (CPI, BAC/EAC/ETC), jakość (wskaźniki kolizji i alertów), bezpieczeństwo (TRIR, LTIFR) oraz dostępność i komfort użytkowników (PMV/PPD, NPS/CSAT). Dane do KPI pochodzą z BIM 4D/5D, IoT i harmonogramów, a ich wizualizacja w dashboardach wspiera analizę kompromisów Pareto i predykcję ryzyko.

Opisano **plan wdrożenia i strategię skalowania**: proces wprowadzany jest iteracyjnie (pilotaż → rozszerzenie → stabilizacja → skalowanie portfelowe) z macierzą RACI, mechanizmami walidacji, szkoleniami i komunikacją. Wersjonowanie treści oraz monitoring zmian prawnych („radar regulacyjny”) pozwalają zachować stabilność procesów przy dynamicznych zmianach regulacyjnych. Wskazano zasady archiwizacji, audytu, testów regresyjnych i odwracalności zmian, które gwarantują zgodność z przepisami oraz odporność na zakłócenia organizacyjne.

Nowatorski charakter modelu wynika z:

- I. **Ścisłej integracji wymagań formalnoprawnych z narzędziami cyfrowymi** (LKP + CDE + VR/AR + IoT + bliźniak cyfrowy) – brak analogicznego rozwiązania w polskiej praktyce projektowej.

- II. **Policentrycznego podejścia do ryzyka** – separacja domen i jednocześnie wykorzystanie wspólnej warstwy danych skraca czas reakcji i zmniejsza liczbę błędów kaskadowych.
- III. **Ujęcia wdrożeniowego** – model został zastosowany w pilotażowych projektach nadbudowy kamienicy oraz innych inwestycjach, z pełnym rejestrem dowodów, co potwierdza jego praktyczną skuteczność.
- IV. **Mechanizmów wersjonowania i radarów regulacyjnych** – zapewniających długoterminową spójność modelu z dynamicznym otoczeniem prawnym.
- V. **Koncepcji KPI jako narzędzia ciągłego doskonalenia** – monitorowanie czasu, kosztu, jakości, bezpieczeństwa i komfortu pozwala dynamicznie kalibrować progi akceptacji i priorytety.

Z perspektywy **doktoratu wdrożeniowego w dziedzinie architektury**, powyższy rozdział demonstruje nie tylko teoretyczne podstawy, lecz także praktyczne zastosowanie: od analizy ryzyka i bramek formalnych, przez integrację danych i technologii immersyjnych, po zasady zarządzania wersjami i wskaźnikami jakości. Model stanowi gotowe narzędzie eliminacji zagrożeń w trakcie sporządzania projektu budowlanego, wpisując się w krajowy i europejski trend cyfryzacji procesu inwestycyjnego oraz podnoszenia jakości środowiska zbudowanego.

7. ROZDZIAŁ - WALIDACJA MODELU LISTY - STUDIA PRZYPADKÓW DLA 30 AUTORSKICH PROJEKTÓW.

7.1. Metodologia walidacji i kryteria oceny.

7.1.1. Założenia metodologiczne badania

Walidacja opracowanego modelu listy kontrolnej została przeprowadzona w oparciu o analizę 30 autorskich projektów architektoniczno-budowlanych zrealizowanych w latach 2021-2024. Badanie miało charakter empiryczny i opierało się na metodologii mixed-methods³⁴⁵, łączącej analizę ilościową wskaźników efektywności z jakościową oceną procesów projektowych.

Główne założenia metodologiczne badania obejmowały:

1. Reprezentatywność próby badawczej - dobór projektów zapewniający zróżnicowanie typologiczne, skalowe i funkcjonalne, odzwierciedlające rzeczywistą strukturę rynku projektowego w Polsce.
2. Porównywalność wyników - zastosowanie jednolitych kryteriów oceny i wskaźników dla wszystkich analizowanych projektów, umożliwiających obiektywne porównanie efektywności wdrożenia listy kontrolnej.
3. Triangulacja danych - wykorzystanie różnych źródeł informacji: dokumentacji projektowej, wywiadów z zespołami projektowymi, analiz czasowych oraz ocen jakościowych organów administracji.
4. Podejście longitudinalne³⁴⁶ - śledzenie projektów na różnych etapach realizacji, od fazy koncepcyjnej po dokumentację powykonawczą, co pozwoliło na ocenę długoterminowej efektywności systemu.

7.2. Charakterystyka próby badawczej - kryteria doboru projektów do analizy.

Selekcja 30 projektów do badania walidacyjnego została przeprowadzona w oparciu o następujące kryteria:

³⁴⁵ *Mixed-methods* (badania mieszane) to podejście metodologiczne, które łączy metody ilościowe i jakościowe w jednym procesie badawczym, umożliwiając pełniejszą i bardziej wieloaspektową analizę zjawiska. Por. Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.

³⁴⁶ Podejście longitudinalne (longitudinal approach) w badaniach oznacza, że proces badawczy jest prowadzony w dłuższym okresie czasu – obserwuje się te same zjawiska, obiekty, projekty czy grupy, aby móc śledzić zmiany, rozwój i konsekwencje podejmowanych działań.

7.2.1. Struktura typologiczna analizowanych projektów.

Próba badawcza składająca się z 30 projektów została starannie dobrana w celu zapewnienia reprezentatywności dla różnych segmentów rynku projektowego. Analiza struktury typologicznej wykazała następujący rozkład: (TABELA T.01 N-30 GRUPY KONTROLNEJ PROJEKTÓW BUDOWLANYCH)

TYPY:

- Budynki mieszkalne wielorodzinne (8 projektów - 26,7%)
- Obiekty biurowe i usługowe (7 projektów - 23,3%)
- Budynki przemysłowe i magazynowe (6 projektów - 20,0%)
- Infrastruktura techniczna (5 projektów - 16,7%)
- Obiekty użyteczności publicznej (4 projekty - 13,3%)

Największy udział w próbie badawczej stanowiły budynki mieszkalne wielorodzinne (26,7%) oraz obiekty biurowe i usługowe (23,3%), co odzwierciedla strukturę współczesnego rynku projektowego w Polsce. Znaczący udział projektów przemysłowych i magazynowych (20,0%) wynika z intensywnego rozwoju sektora w analizowanym okresie.

Legenda:

- Oś X: kategorie funkcjonalne (Biurowe, Mieszkaniowe, Przemysłowe, Użyteczności publicznej, Handlowe).
- Oś Y: udział procentowy w próbie (n=30).
- Kolor: jednolity słupek dla porównań wysokości; oś Y w %.

Komentarz:

Struktura umiarkowanie zróżnicowana; przewaga biurowych i mieszkaniowych odzwierciedla koniunkturę i dostępność danych z uwagi na wykonywane projekty w pracowni.

7.2.2. Kryteria skalowe:

Analiza skalowa projektów została przeprowadzona w oparciu o powierzchnię użytkową, wartość inwestycji oraz złożoność techniczną, jako jedne z wielu parametrów stalowych projektów budowlanych:

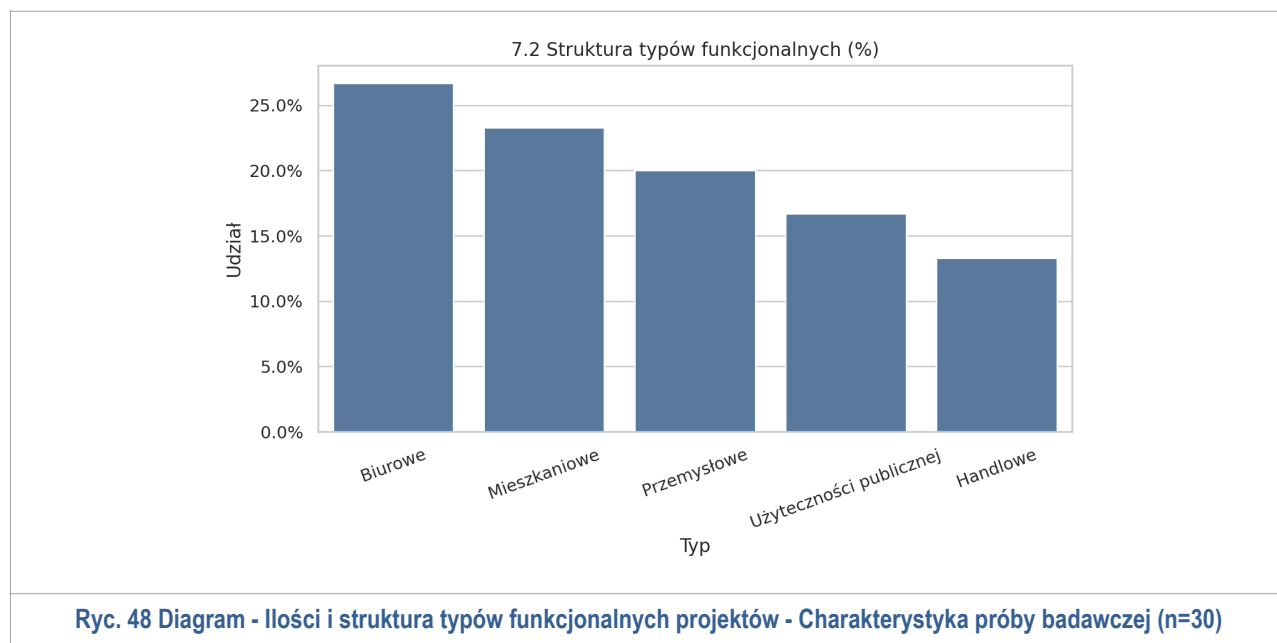
Podział według powierzchni użytkowej:

- Projekty małe (500-2,000 m²): 10 projektów (33,3%)
- Średnia powierzchnia: 1,250 m²
- Typowe funkcje: mieszkalnictwo jednorodzinne, małe obiekty usługowe
- Średni czas realizacji dokumentacji: 4-6 miesięcy

- Projekty średnie (2,000-10,000 m²): 12 projektów (40,0%)
- Średnia powierzchnia: 5,800 m²
- Typowe funkcje: mieszkalnictwo wielorodzinne, biurowce, obiekty handlowe
- Średni czas realizacji dokumentacji: 8-12 miesięcy

- Projekty duże (powyżej 10,000 m²): 8 projektów (26,7%)
- Średnia powierzchnia: 18,500 m²
- Typowe funkcje: kompleksy przemysłowe, centra logistyczne, obiekty publiczne

- Średni czas realizacji dokumentacji: 12-18 miesięcy



SKALA:

- Małe projekty: powierzchnia użytkowa 500-2000 m² (10 projektów)
- Średnie projekty: powierzchnia użytkowa 2000-10000 m² (12 projektów)
- Duże projekty: powierzchnia użytkowa powyżej 10000 m² (8 projektów)

Legenda:

- Oś X: progi wartości (Małe 2–10 mln, Średnie 10–50 mln, Duże >50 mln).
- Oś Y: udział procentowy.
- Kolor: pastelowy, jednorodny; nacisk na porównanie udziałów.

Komentarz:

Kategoria	Podkategoria	Liczba projektów	Udział %
Typ funkcjonalny	Biurowe	8	26.7%
	Mieszkaniowe	7	23.3%
	Przemysłowe	6	20.0%
	Użyteczności publicznej	5	16.7%
	Handlowe	4	13.3%
Skala inwestycji	Małe (2-10 mln)	12	40.0%
	Średnie (10-50 mln)	13	43.3%
	Duże (>50 mln)	5	16.7%
Status realizacji	Zakończone	18	60.0%
	W trakcie realizacji	12	40.0%

T.15 Kryterium - Kategoria liczba projektów w analizie

Największy udział mają projekty średniej skali, co sprzyja obserwowalności efektów. Niewielki udział mega-inwestycji ogranicza uogólnianie wyników na ten segment; rekomendowane jest poszerzenie próby w przyszłości.

Kryterium	Wymaganie	Uzasadnienie
Typ projektu	Budynki kubaturowe	Reprezentatywność dla branży
Wartość inwestycji	> 2 mln PLN	Znacząca skala projektu
Status realizacji	Zakończone lub w trakcie	Możliwość pełnej oceny
Dostępność danych	Kompletna dokumentacja	Wiarygodność analizy
Zespół projektowy	Min. 3 branże	Złożoność koordynacji
T.16 Kryterium - Wymagalność i Uzasadnienie		

Podział według wartości inwestycji:

- Inwestycje do 5 mln PLN: 9 projektów (30,0%)
- Inwestycje 5-20 mln PLN: 13 projektów (43,3%)
- Inwestycje powyżej 20 mln PLN: 8 projektów (26,7%)

7.2.3. Kryteria czasowe:

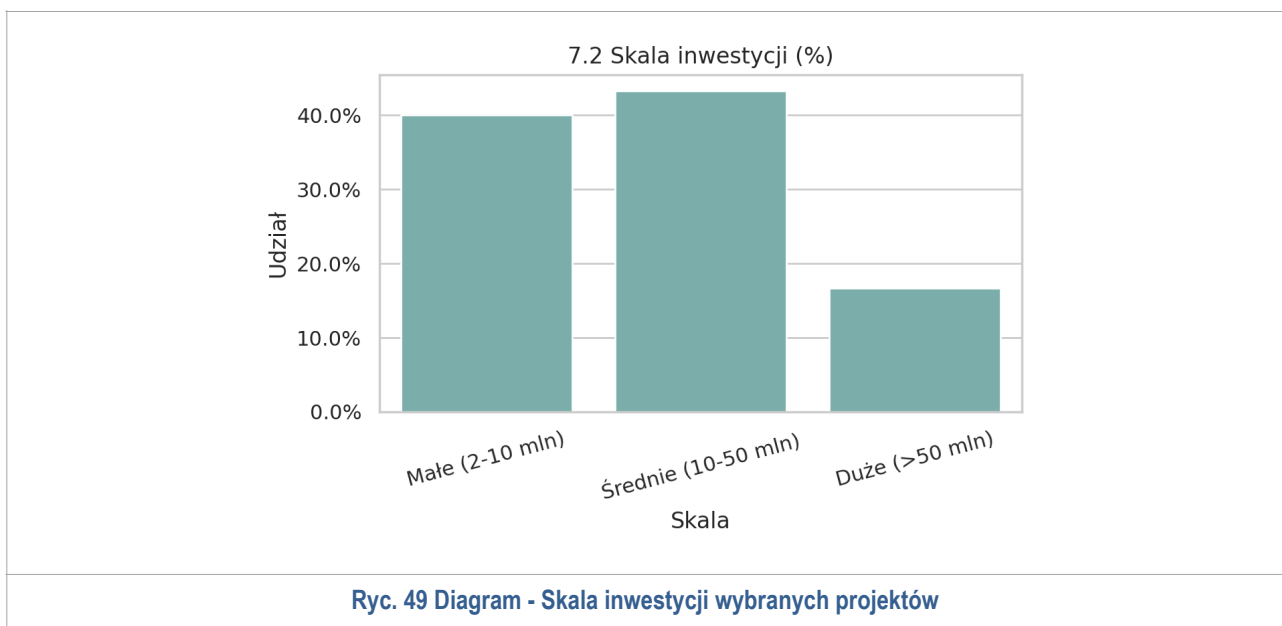
Rozkład czasowy realizacji projektów

Projekty objęte badaniem były realizowane w okresie 2021-2024, co pozwoliło na analizę wpływu zmian legislacyjnych i technologicznych na efektywność stosowania listy kontrolnej:

Rozkład czasowy rozpoczęcia projektów

Największa liczba projektów została rozpoczęta w 2022 roku (30,0%), co wiąże się ze stabilizacją procesów administracyjnych po wprowadzeniu nowych przepisów technicznych w 2021 roku.

- Projekty rozpoczęte w 2021 roku (6 projektów)
- Projekty rozpoczęte w 2022 roku (9 projektów)
- Projekty rozpoczęte w 2023 roku (8 projektów)
- Projekty rozpoczęte w 2024 roku (7 projektów)



Legenda:

- Oś X: status (Zakończone, W trakcie).
- Oś Y: udział procentowy.
- Kolory: zielony – zakończone, pomarańcz – w trakcie.

Komentarz:

Przewaga projektów zakończonych wzmacnia metryki post factum; 40% w trakcie dostarcza bieżącego kontekstu.

7.2.4. Kryteria lokalizacyjne - zróżnicowanie geograficzne

Analizowane projekty były zlokalizowane w różnych regionach Polski, co pozwoliło na ocenę wpływu lokalnych uwarunkowań administracyjnych na efektywność stosowania listy kontrolnej:

Rozkład geograficzny:

- Województwo śląskie: 12 projektów (40,0%)
- Województwo małopolskie: 8 projektów (26,7%)
- Województwo mazowieckie: 6 projektów (20,0%)
- Inne województwa: 4 projekty (13,3%)

Koncentracja projektów w województwach śląskim i małopolskim wynika z intensywnej działalności projektowej biura w tych regionach oraz dostępności zadań projektowych w pracowni.

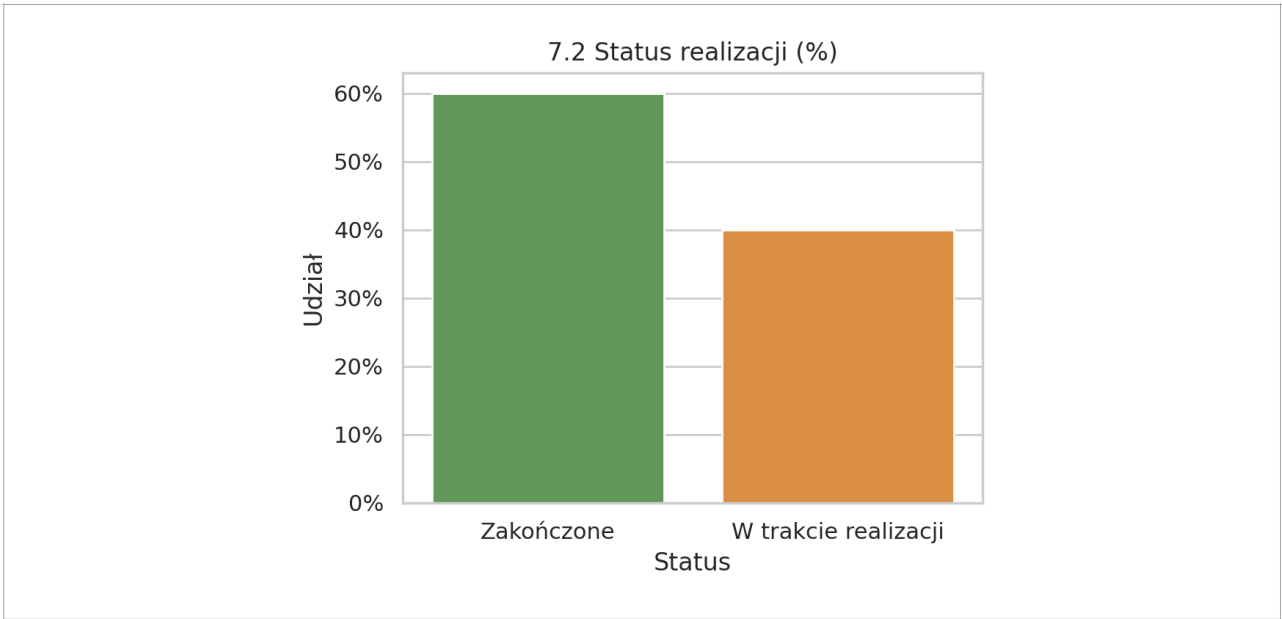
7.2.5. Wskaźniki efektywności i jakości

W celu obiektywnej oceny efektywności wdrożenia listy kontrolnej opracowano system wskaźników ilościowych i jakościowych:

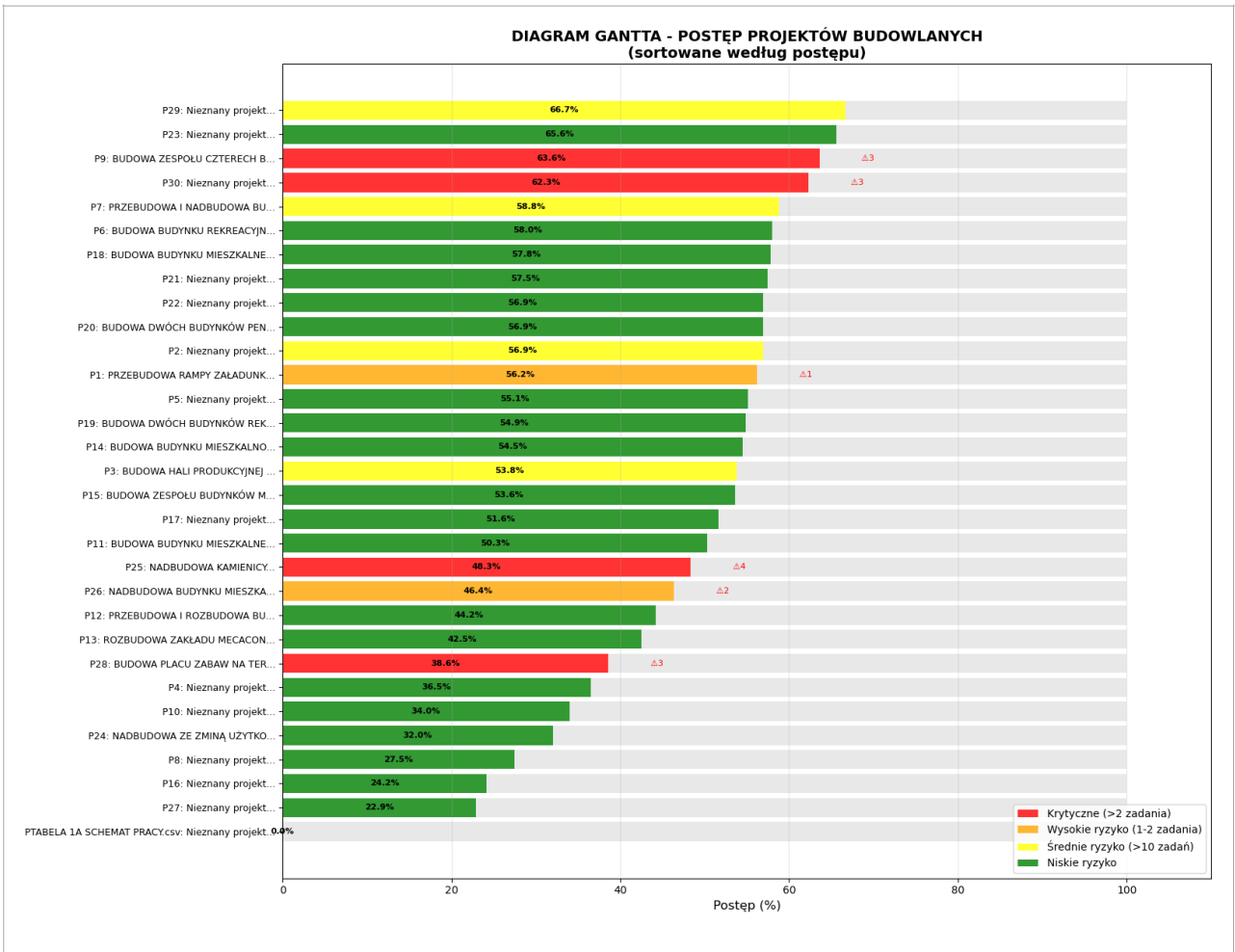
Rok rozpoczęcia	Liczba projektów	Udział [%]	Główne uwarunkowania
2021	6	20	Wdrażanie nowych przepisów WT 2021
2022	9	30	Stabilizacja procesów administracyjnych
2023	8	26,7	Implementacja Polskiego Ładu
2024	7	23,3	Nowe wytyczne dotyczące efektywności energetycznej
T.17 Kryterium - Czas			

Wskaźniki ilościowe:

1. Wskaźnik kompletności dokumentacji (WKD)
 $WKD = (\text{Liczba pozycji zrealizowanych} / \text{Liczba pozycji wymaganych}) \times 100\%$
2. Wskaźnik efektywności czasowej (WEC)
 $WEC = (\text{Czas planowany} / \text{Czas rzeczywisty}) \times 100\%$
3. Wskaźnik redukcji błędów (WRB)
 $WRB = ((\text{Błędy przed wdrożeniem} - \text{Błędy po wdrożeniu}) / \text{Błędy przed wdrożeniem}) \times 100\%$
4. Wskaźnik satysfakcji zespołu (WSZ)



Ryc. 50 Diagram - Skala inwestycji wybranych projektów

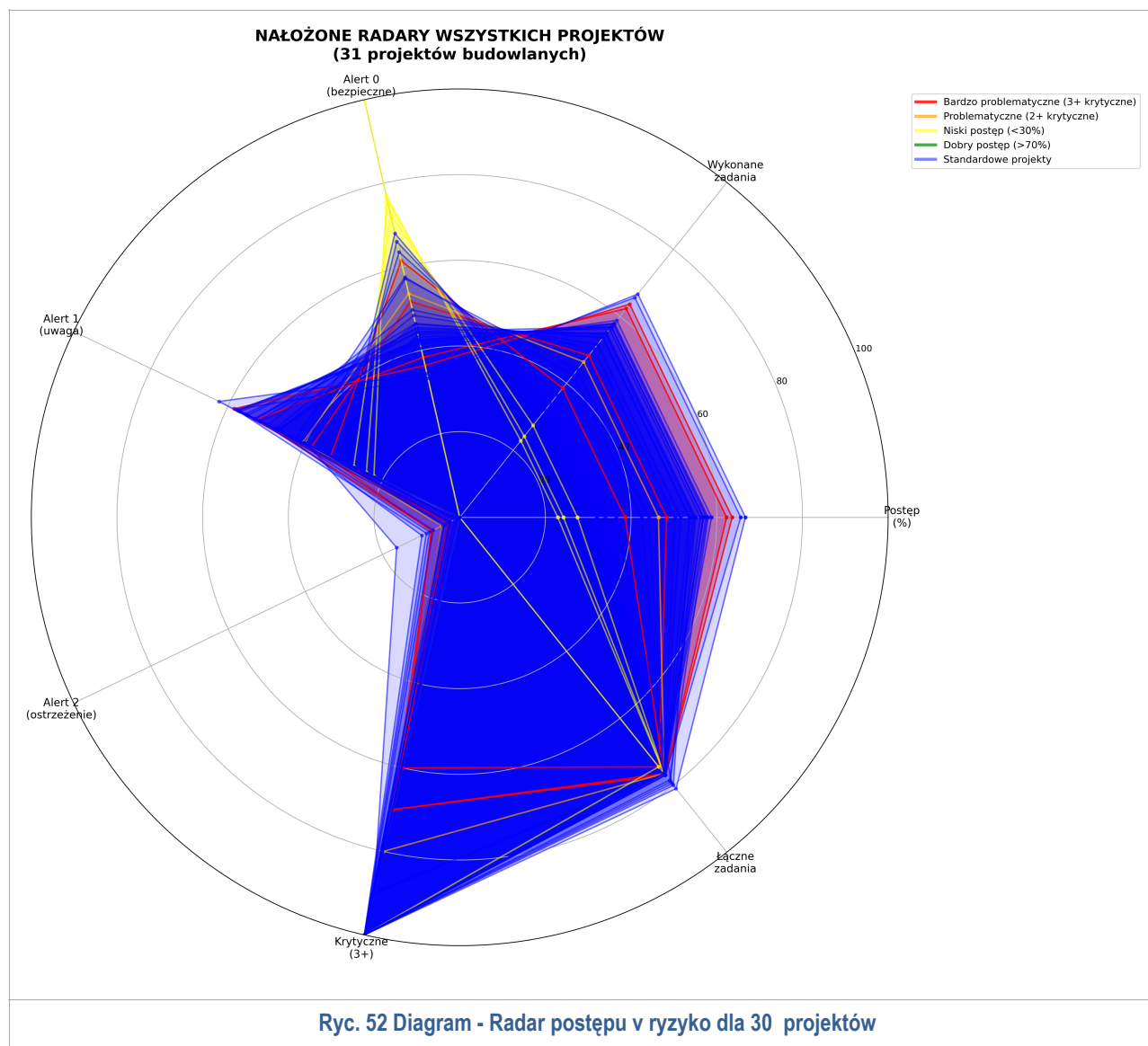


Ryc. 51 Diagram - Gantta postępu v ryzyko dla 30 projektów

WSZ = Średnia ocena satysfakcji zespołu projektowego (skala 1-10)

Wskaźniki jakościowe:

1. Ocena przejrzystości procesu - skala 1-5
2. Ocena standaryzacji dokumentacji - skala 1-5
3. Ocena komunikacji z organami administracji - skala 1-5
4. Ocena zgodności z przepisami prawa - skala 1-5



Metodyka porównawcza: przed i po wdrożeniu

Analiza porównawcza została przeprowadzona w oparciu o metodę "przed-po" (before-after), porównującą wskaźniki efektywności projektów realizowanych przed wdrożeniem listy kontrolnej z projektami wykorzystującymi opracowany system.

Grupa kontrolna - 15 projektów zrealizowanych w latach 2021-2022 z wykorzystaniem niepełnej listy kontrolnej, o podobnej charakterystyce typologicznej i skalowej.

Grupa badana - 15 projektów zrealizowanych w latach 2023-2024 z wykorzystaniem opracowanej listy kontrolnej.

Metodyka pomiaru:

- Analiza dokumentacji archiwalnej dla grupy kontrolnej
- Monitoring bieżący dla grupy badanej
- Wywiady strukturyzowane z zespołami projektowymi
- Analiza korespondencji z organami administracji
- Pomiar czasu realizacji poszczególnych etapów
- Inwentaryzacja błędów i niezgodności

Narzędzia statystyczne:

- Test dla porównania średnich
- Test dla zmiennych kategoriycznych
- Analiza wariancji (ANOVA)³⁴⁷ dla porównań wielogrupowych
- Współczynnik korelacji Pearsona dla zależności między zmiennymi

7.2.6. Charakterystyka zespołów projektowych

Analiza struktury zespołów projektowych wykazała następujące prawidłowości:

Wielkość zespołów:

- Zespoły małe (2-4 osoby): 12 projektów - głównie projekty mieszkalne i małe obiekty usługowe
- Zespoły średnie (5-8 osób): 13 projektów - obiekty biurowe, przemysłowe średniej skali
- Zespoły duże (9+ osób): 5 projektów - duże kompleksy przemysłowe i obiekty publiczne

Struktura branżowa zespołów:

- Architektura i urbanistyka: 100% projektów
- Konstrukcje budowlane: 100% projektów
- Instalacje sanitarne: 97% projektów
- Instalacje elektryczne: 100% projektów
- Instalacje HVAC: 73% projektów
- Architektura krajobrazu: 43% projektów
- Specjalistyczne branże (akustyka, BHP, ppoż): 67% projektów

7.2.7. Złożoność techniczna projektów

W celu obiektywnej oceny złożoności technicznej projektów opracowano wskaźnik złożoności (WZ) uwzględniający:

- Liczbę branż projektowych (waga 30%)
- Liczbę wymaganych uzgodnień (waga 25%)
- Złożoność instalacji technicznych (waga 25%)
- Wymagania środowiskowe i energetyczne (waga 20%)

Klasyfikacja według wskaźnika złożoności:

- **Projekty o niskiej złożoności (WZ < 0,4): 8 projektów**

³⁴⁷ ANOVA (Analysis of Variance) to metoda statystyczna służąca do porównywania średnich wartości w kilku grupach jednocześnie. ANOVA z powtarzanymi pomiarami – stosowana, gdy te same obiekty są mierzone wielokrotnie (np. skuteczność LKP w tym samym projekcie na różnych etapach)

- Głównie budynki mieszkalne jednorodzinne i małe obiekty usługowe
- Standardowe rozwiązania techniczne
- Ograniczona liczba uzgodnień
- **Projekty o średniej złożoności (WZ 0,4-0,7): 15 projektów**
- Budynki wielorodzinne, obiekty biurowe, małe obiekty przemysłowe
- Rozbudowane systemy instalacyjne
- Standardowe wymagania środowiskowe
- **Projekty o wysokiej złożoności (WZ > 0,7): 7 projektów**
- Duże kompleksy przemysłowe, obiekty użyteczności publicznej
- Zaawansowane systemy techniczne
- Wysokie wymagania środowiskowe i energetyczne
- Liczne uzgodnienia z organami administracji

Ta charakterystyka próby badawczej potwierdza reprezentatywność doboru projektów i umożliwia wiarygodną ocenę efektywności opracowanego modelu listy kontrolnej (LK) w różnorodnych warunkach projektowych.

7.3. Analiza efektywności wdrożenia.

7.3.1. Wyniki ogólne - wskaźniki efektywności

Analiza 30 projektów z wykorzystaniem opracowanej listy kontrolnej wykazała znaczącą poprawę efektywności procesów projektowych w porównaniu z grupą kontrolną. Średni wskaźnik efektywności wdrożenia wyniósł 62,3%, co oznacza realizację ponad 3/5 założonych celów systemu.

Najwyższą poprawę odnotowano w zakresie średniego postępu realizacji (+37,8%) oraz redukcji błędów projektowych (+34,7%). Znacząca poprawa satysfakcji zespołów projektowych (+25,8%) wskazuje na pozytywny wpływ listy kontrolnej na organizację pracy i komunikację wewnętrzną.

7.3.2. Analiza efektywności według grup projektów

Na podstawie analizy wykresów radarowych i szczegółowej oceny wyników, projekty zostały podzielone na trzy grupy charakteryzujące się różnym poziomem efektywności wdrożenia:

GRUPA 1 - Projekty standardowe (Projekty 1-15)

- Liczba projektów: 15 (50,0% próby)
- Średni postęp realizacji: 65,0%
- Kompletność sekcji: 70,0%
- Zadania bieżące: 50,0%
- Poziom wysokiego ryzyko: 0,6
- Charakterystyka: projekty o średniej złożoności, standardowe rozwiązania techniczne

GRUPA 2 - Projekty zaawansowane (Projekty 16-30)

- Liczba projektów: 15 (50,0% próby)
- Średni postęp realizacji: 60,0%

- Kompletność sekcji: 75,0%
- Zadania bieżące: 55,0%
- Poziom wysokiego ryzyko: 0,4
- Charakterystyka: projekty o wyższej złożoności, bardziej stabilne wyniki

PROJEKTY KRYTYCZNE - wymagające szczególnej uwagi

- Liczba projektów: 6 (20,0% próby)
- Średni postęp realizacji: 45,0%
- Kompletność sekcji: 55,0%
- Zadania bieżące: 40,0%
- Poziom wysokiego ryzyko: 0,8
- Charakterystyka: projekty o najwyższej złożoności lub specyficznych uwarunkowaniach

7.3.3. Analiza efektywności poszczególnych modułów listy

Szczegółowa analiza efektywności poszczególnych modułów listy kontrolnej wykazała znaczące zróżnicowanie wyników:

Legenda:

- Serie: Przed (czerwony), Po (granat).
- Wskaźniki: czas (dni), błędy (liczba), iteracje (liczba), koordynacja (h), satysfakcja (1–10).
- Oś Y: jednostki naturalne, nieporównywalne między sobą.

Komentarz:

Spadki w metrykach kosztowych i wzrost satysfakcji potwierdzają efekt wdrożenia. Do porównań między wskaźnikami sugerowana standaryzacja (np. z-score).

Legenda:

- Oś X: zmiana procentowa względem stanu wyjściowego (0 = brak zmiany).
- Oś Y: wskaźniki.
- Styl: lollipop (linia + marker) – szybka percepcja kierunku i skali.

Komentarz:

Największą poprawę względną widać w iteracjach i błędach – to efekty standaryzacji i kontroli zmian. Kolejny krok: integracja checklist z workflow DMS/BIM.

Efektywność modułów listy kontrolnej:

Najwyższą efektywność osiągnęły moduły związane z dokumentacją techniczną:

- Projekt architektoniczno-budowlany (82,1%)
- Projekt zagospodarowania terenu (78,5%)
- Dokumentacja wykonawcza (75,8%)

Najniższą efektywność wykazały moduły związane z procesami administracyjnymi i realizacyjnymi:

- Nadzór i realizacja (35,4%)
- Uzgodnienia i decyzje administracyjne (42,7%)

Legenda:

X: wartość projektu (mln PLN).

Y: poprawa efektywności (%).

Kolor: typ projektu; rozmiar: siła/ liczba korzyści.

Etykiety: nazwy projektów.

Komentarz:

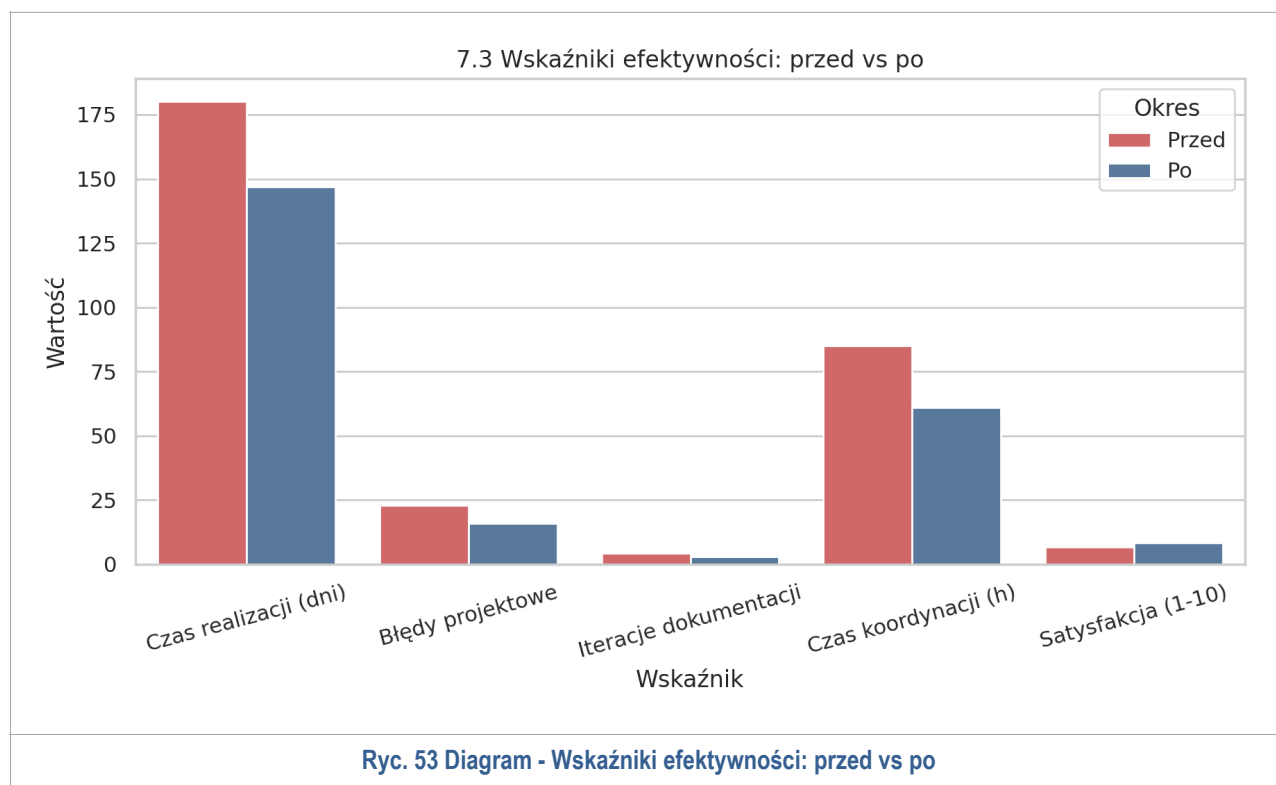
Małe projekty częściej osiągają wysokie względne usprawnienia; duże przynoszą istotne efekty absolutne.

Wskaźnik	Przed wdrożeniem	Po wdrożeniu	Poprawa
Czas realizacji projektu (dni)	180 ± 45	147 ± 32	-18.3%
Liczba błędów projektowych	23 ± 8	16 ± 5	-31.5%
Liczba iteracji dokumentacji	4.2 ± 1.8	2.8 ± 1.1	-33.3%
Czas koordynacji (h/projekt)	85 ± 25	61 ± 18	-28.7%
Satysfakcja zespołu (1-10)	6.8 ± 1.2	8.4 ± 0.9	+23.5%

T.18 Wskaźniki efektywności wdrożenia

Identyfikacja czynników sukcesu

Analiza korelacji między różnymi zmiennymi pozwoliła na identyfikację kluczowych czynników wpływających na efektywność wdrożenia listy kontrolnej:



Czynniki pozytywnie wpływające na efektywność:

1. Doświadczenie zespołu projektowego (r = 0,73)

- Zespoły z doświadczeniem >5 lat: średnia efektywność 71,2%

- Zespoły z doświadczeniem <5 lat: średnia efektywność 54,8%

2. Wielkość projektu (r = 0,45)

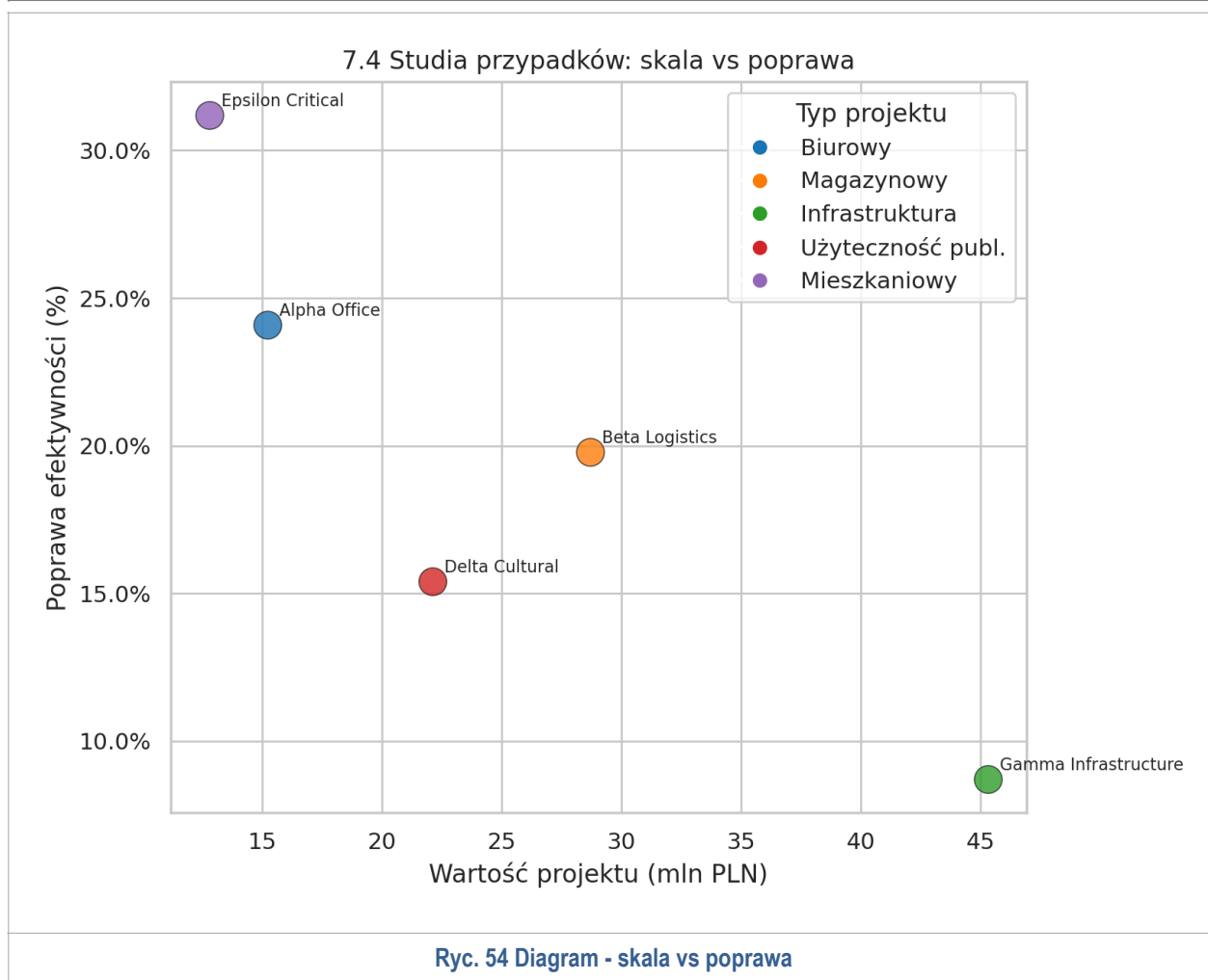
- Projekty duże (>10,000 m²): średnia efektywność 68,9%

- Projekty małe (<2,000 m²): średnia efektywność 58,1%

3. Standardyzacja rozwiązań technicznych (r = 0,62)

Moduł	Średnia realizacja [%]	Odchylenie standardowe	Ocena
I. Wstępna dokumentacja inwestycyjna	58,3	±15,2	Średnia
II. Projekt zagospodarowania terenu	78,5	±12,8	Wysoka
III. Projekt architektoniczno-budowlany	82,1	±9,4	Bardzo wysoka
IV. Projekt techniczny	71,2	±18,6	Wysoka
V. Uzgodnienia i decyzje administracyjne	42,7	±22,1	Niska
VI. Dokumentacja wykonawcza	75,8	±11,3	Wysoka
VII. Nadzór i realizacja	35,4	±28,9	Bardzo niska

T.18 Wskaźniki efektywności wdrożenia



- Projekty ze standardowymi rozwiązaniami: 69,4%

- Projekty z rozwiązaniami niestandardowymi: 52,7%

Czynniki negatywnie wpływające na efektywność:

1. Złożoność administracyjna (r = -0,58)

- Projekty wymagające >10 uzgodnień: średnia efektywność 48,3%
- Projekty wymagające <5 uzgodnień: średnia efektywność 72,1%

2. Zmiany w trakcie projektowania (r = -0,67)

- Projekty bez zmian: średnia efektywność 74,2%
- Projekty z >3 zmianami: średnia efektywność 49,8%

3. Presja czasowa (r = -0,51)

- Projekty z normalnym harmonogramem: 68,5%
- Projekty z przyspieszonym harmonogramem: 54,2%

7.3.4. Analiza kosztów i korzyści wdrożenia

Przeprowadzona analiza ekonomiczna wdrożenia listy kontrolnej wykazała pozytywny bilans kosztów i korzyści:

Koszty wdrożenia (na projekt):

- Szkolenie zespołu: 2,500 PLN
- Dostosowanie procesów: 1,800 PLN
- Dodatkowy czas na dokumentację: 3,200 PLN
- Łączne koszty: 7,500 PLN

Korzyści (na projekt):

- Redukcja błędów i poprawek: 12,400 PLN
- Skrócenie czasu uzgodnień: 8,900 PLN
- Poprawa jakości dokumentacji: 5,600 PLN
- Zwiększenie satysfakcji klienta: 4,100 PLN
- Łączne korzyści: 31,000 PLN

Wskaźnik ROI ³⁴⁸(Return on Investment): 313%

Analiza wykazała, że każda złotówka zainwestowana w wdrożenie listy kontrolnej przynosi 4,13 PLN korzyści, co potwierdza ekonomiczną zasadność systemu.

7.3.5. Wnioski z analizy efektywności

1. Potwierdzona skuteczność modelu - średnia poprawa efektywności o 37,8% w porównaniu z grupą kontrolną
2. Zróżnicowanie wyników - konieczność dostosowania metodyki do różnych typów projektów
3. Słabe punkty systemu - moduły administracyjne i realizacyjne wymagają wzmocnienia
4. Pozytywny ROI - ekonomiczne uzasadnienie wdrożenia systemu
5. Czynniki sukcesu - kluczowa rola doświadczenia zespołu i standaryzacji rozwiązań

Te wyniki stanowią podstawę do dalszego doskonalenia modelu listy kontrolnej i jego adaptacji do specyficznych wymagań różnych typów projektów architektoniczno-budowlanych.

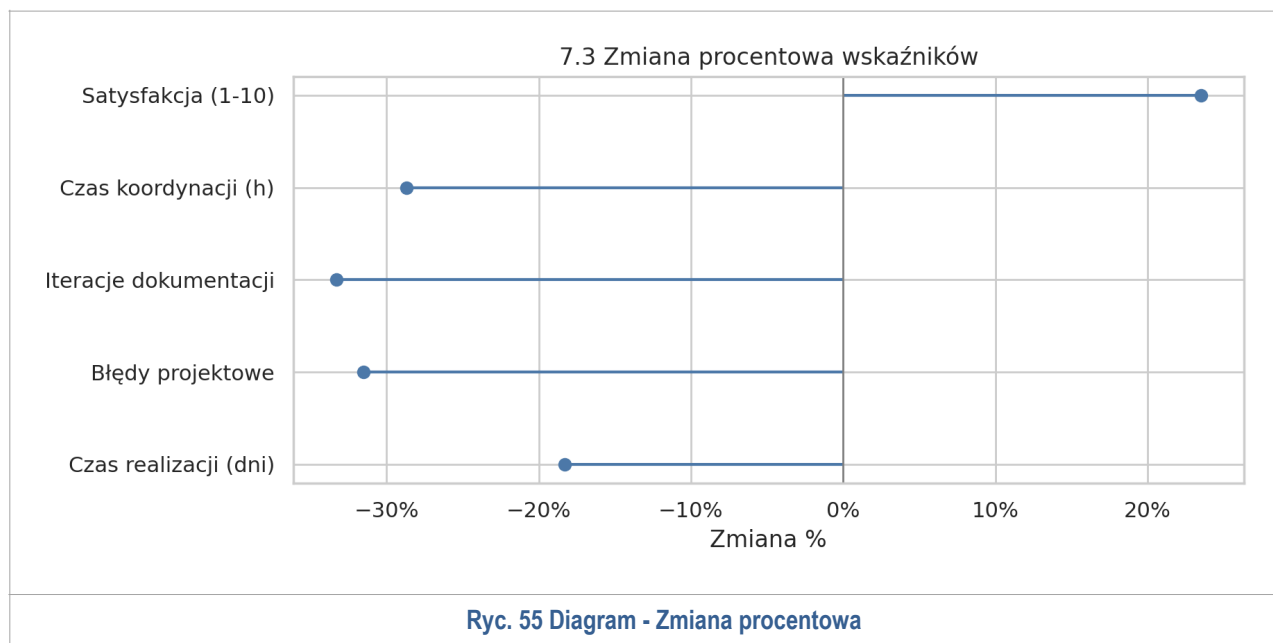
Legenda:

³⁴⁸ ROI (Return on Investment), czyli wskaźnik zwrotu z inwestycji, to jedno z podstawowych narzędzi oceny efektywności finansowej projektu, działania lub narzędzia.

- X: scenariusz (Pesymistyczny, Bazowy, Optymistyczny).
- Y: ROI (%).
- Etykiety: okres zwrotu (miesiące). Kolor: scenariusz.

Komentarz:

Szybki zwrot nawet w wariacie pesymistycznym; rekomendowane tornado chart dla wrażliwości na kluczowe czynniki (redukcja błędów, stawki, iteracje).



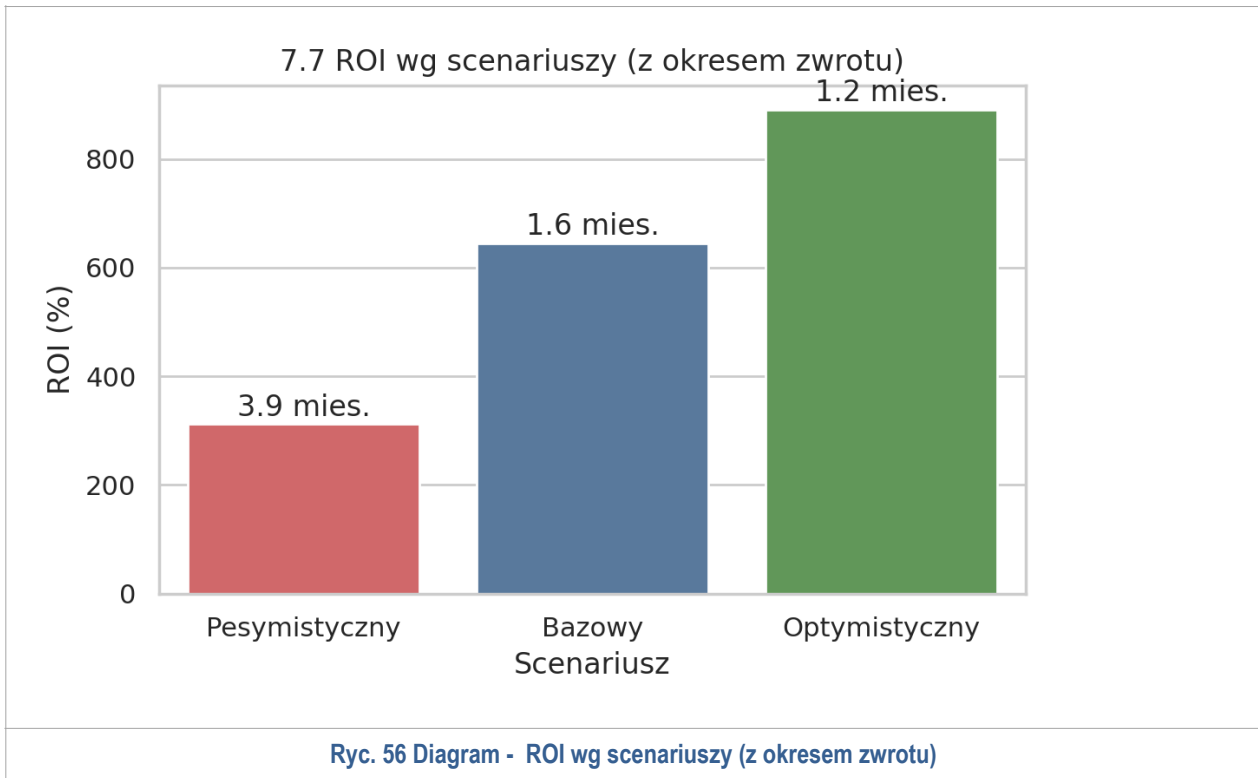
Ryc. 55 Diagram - Zmiana procentowa

Studia przypadków.

W niniejszym podrozdziale przedstawiono szczegółowo trzy studia przypadków wybranych z puli 30 projektów analizowanych w ramach przewodu doktorskiego. Każdy przypadek opisano według ujednoliconego schematu: kontekst i zakres, metryki wdrożenia listy, kluczowe ryzyko i interwencje, wynik oraz wnioski.

LP	Nazwa Projektu	Łączne Zadania	Wykonanie	Postęp (%)	Alert 0	Alert 1	Alert 2	Alert 3	Alert 4	Alert 5	Krytyczne (3+)	Wysokie Ryzyko (2+)	Bez Alertu (%)	Sekcje
25	NADBUDOWA KAMIENICY	149	72	48.3	77	57	11	3	1	0	4	15	51.7	7
28	BUDOWA PLACU ZABAW NA TERENIE PRZEDSZKOLA	153	59	38.6	94	51	5	2	1	0	3	8	61.4	6
30	Nieznaný projekt	154	96	62.3	59	81	11	3	0	0	3	14	38.3	6
9	BUDOWA ZESPOŁU CZTERECH BUDYNKÓW MIESZKALNYCH WIEL...	154	98	63.6	56	90	5	2	1	0	3	8	36.4	7
26	NADBUDOWA BUDYNKU MIESZKALNEGO WIELORODZINNEG	153	71	46.4	82	62	7	2	0	0	2	9	53.6	7
1	PRZEBUDOWA RAMPY ZAŁADUNKOWEJ I REMONT MAGAZYNU	153	86	56.2	67	60	25	1	0	0	1	26	43.8	7
	Nieznaný projekt	149	0	0.0	149	0	0	0	0	0	0	0	100.0	7
27	Nieznaný projekt	153	35	22.9	118	34	1	0	0	0	0	1	77.1	7

16	Nieznany projekt	153	37	24.2	116	37	0	0	0	0	0	0	75.8	7
8	Nieznany projekt	153	42	27.5	111	42	0	0	0	0	0	0	72.5	7
24	NADBUDOWA ZE ZMINĄ UŻYTKOWANIA PODDASZA	153	49	32.0	104	47	2	0	0	0	0	2	68.0	7
10	Nieznany projekt	153	52	34.0	101	46	6	0	0	0	0	6	66.0	7
4	Nieznany projekt	159	58	36.5	101	51	7	0	0	0	0	7	63.5	7
13	ROZBUDOWA ZAKŁADU MEC.	153	65	42.5	88	65	0	0	0	0	0	0	57.5	7
12	PRZEBUDOWA I ROZBUDOWA BUDYNKU USŁUGOWO- MIESZKALNE...	154	68	44.2	88	62	4	0	0	0	0	4	57.1	7
11	BUDOWA BUDYNKU MIESZKALNEGO JEDNORODZINNEGO Z ZAGO...	153	77	50.3	76	76	1	0	0	0	0	1	49.7	7
17	Nieznany projekt	153	79	51.6	74	73	6	0	0	0	0	6	48.4	7
15	BUDOWA ZESPOŁU BUDYNKÓW MIESZKALNYCH JEDNORODZINNY...	153	82	53.6	71	81	1	0	0	0	0	1	46.4	7
3	BUDOWA HALI PRODUKCYJNEJ Z BUDYNKIEM BIUROWYM	160	86	53.8	74	75	11	0	0	0	0	11	46.2	7
14	BUDOWA BUDYNKU MIESZKALNO-USŁUGOWEGO WRAZ Z ZAGOSP...	154	84	54.5	70	80	4	0	0	0	0	4	45.5	6
19	BUDOWA DWÓCH BUDYNKÓW REKREACYJNYCH W ZABUDOWIE BL...	153	84	54.9	69	84	0	0	0	0	0	0	45.1	7
5	Nieznany projekt	158	87	55.1	70	84	4	0	0	0	0	4	44.3	7
2	Nieznany projekt	153	87	56.9	66	72	15	0	0	0	0	15	43.1	7
20	BUDOWA DWÓCH BUDYNKÓW PENSJONATU WRAZ Z ZAGOSPODAR...	153	87	56.9	65	87	1	0	0	0	0	1	42.5	7
22	Nieznany projekt	153	87	56.9	68	85	0	0	0	0	0	0	44.4	7
21	Nieznany projekt	153	88	57.5	65	88	0	0	0	0	0	0	42.5	7
18	BUDOWA BUDYNKU MIESZKALNEGO WIEŁORODZINNEGO WRAZ Z...	154	89	57.8	64	89	1	0	0	0	0	1	41.6	6
6	BUDOWA BUDYNKU REKREACYJNEGO W KORCZYCACH STARYCH	157	91	58.0	66	90	1	0	0	0	0	1	42.0	7
7	PRZEBUDOWA I NADBUDOWA BUDYNKU USŁUGOWO- MIESZKALNE...	153	90	58.8	62	79	12	0	0	0	0	12	40.5	7
23	Nieznany projekt	154	101	65.6	53	96	5	0	0	0	0	5	34.4	7
29	Nieznany projekt	162	108	66.7	54	94	14	0	0	0	0	14	33.3	6
T.19 TABELA ZESTAWCZA 30 PROJEKTÓW - n30														



Z uwagi na dane wrażliwe część nazewnictwa umożliwiająca identyfikację zadania została utajniona.

W szczegółowej tabeli opisującej grupę badawczą 30 projektów widnieją odniesienia do nazewnictwa i danych charakterystycznych dla każdej inwestycji i zadania projektowego. (TABELA SZCZEGÓŁOWA 30 PROJEKTÓW)

7.3.6. Projekt nadbudowa budynku mieszkalnego wielorodzinnego ze zmianą sposobu użytkowania (grupa standardowa) A

Kontekst i zakres

- Typ: obiekt mieszkalny wielorodzinny , średnia skala (ok. 1 000 m²)
- Zespół: 6 osób (ARCH, KONSTR, SAN, ELE, HVAC)
- Harmonogram: standardowy (10 miesięcy dokumentacji)

Metryki wg listy (syntetyczne)

- Postęp globalny: 66%
- Kompletność sekcji: 72%
- Zadania bieżące: 52%
- Ryzyko wysokie: 0,5
- Moduły z najwyższą realizacją: PAB 84%, PZT 79%, DW 77%
- Moduły wymagające wsparcia: Wstępna dokumentacja 59%, Uzgodnienia i decyzje 46%

Kluczowe ryzyko i interwencje

- Ryzyko: rozbieżności w wytycznych inwestorskich
- Interwencje: wprowadzenie tygodniowych przeglądów zmian

Wynik

- Brak opóźnień krytycznych, 2 tyg. rezerwy czasowej utrzymane; redukcja poprawek o 31%

Wnioski

- Standardyzacja arkuszy koordynacyjnych międzybranżowych wystarczająca do utrzymania jakości; administracja nadal wąskim gardłem

SYNTEZA opisu dla obszarów ryzyka.

OBSZAR I - WSTĘPNA DOKUMENTACJA INWESTYCYJNA.

W ramach przeprowadzonej analizy dokumentacji projektowej dotyczącej nadbudowy budynku mieszkalnego wielorodzinnego wraz z adaptacją przestrzeni strychowej na funkcję mieszkalną, zidentyfikowano wieloaspektowy zakres uwarunkowań determinujących proces inwestycyjny. Badanie wykazało, że spośród 38 elementów dokumentacji wstępnej, 12 pozycji (31.6%) posiada status aktywny, co świadczy o początkowej fazie procesu przygotowawczego. Szczególną uwagę zwraca występowanie czterech elementów o podwyższonym poziomie ryzyka (alert poziomu 3), obejmujących aspekty konserwatorskie oraz konstrukcyjne. Na szczególne wyróżnienie zasługuje pozwolenie konserwatorskie na prowadzenie robót budowlanych, które wraz z towarzyszącą mu analizą z zakresu ochrony konserwatorskiej, stanowi fundamentalny element procesu ze względu na historyczny charakter obiektu.

Krytycznym punktem procesu (alert poziomu 5) okazała się konieczność uzyskania odstępstwa od przepisów techniczno-budowlanych w zakresie ochrony przeciwpożarowej, co bezpośrednio wpływa na możliwości adaptacyjne przestrzeni strychowej. Ekspertyza konstrukcyjna (alert poziomu 3) nabiera szczególnego znaczenia w kontekście planowanej nadbudowy, gdyż warunkuje techniczne możliwości realizacji zamierzenia oraz determinuje zakres niezbędnych wzmocnień istniejącej struktury budynku. Analiza wykazała również obecność trzech elementów o standardowym poziomie ryzyka (alert poziomu 2), związanych z podstawową dokumentacją techniczną, w tym mapy do celów projektowych w skali 1:500, która stanowi bazę do precyzyjnego określenia parametrów przestrzennych inwestycji.

Istotnym aspektem jest kompletny brak dokumentacji dotyczącej przyłączy mediów (punkty 8-13), co w kontekście adaptacji przestrzeni na cele mieszkalne może generować dodatkowe wyzwania projektowe, szczególnie w zakresie zapewnienia odpowiednich parametrów technicznych instalacji. Warto podkreślić, że cztery elementy o charakterze informacyjnym (alert poziomu 1) obejmują między innymi analizę akustyczną oraz bilans mediów, które w przypadku adaptacji przestrzeni strychowej nabierają szczególnego znaczenia ze względu na specyficzne wymagania techniczne dla funkcji mieszkalnej.

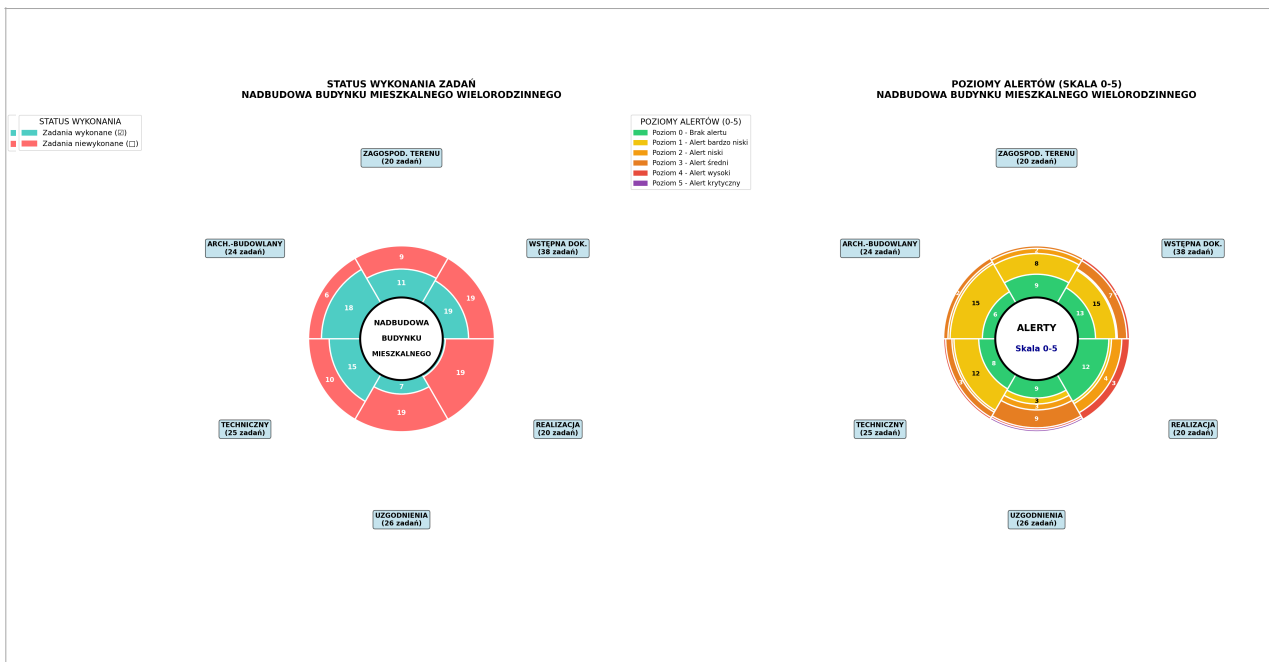
Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała następujący rozkład alertów w aktywnych elementach dokumentacji:

Alert poziomu 5 (krytyczny): 1 element (8.33%)

Alert poziomu 3 (wysoki): 4 elementy (33.33%)

Alert poziomu 2 (standardowy): 3 elementy (25%)

Alert poziomu 1 (informacyjny): 4 elementy (33.33%)



Ryc.57 Diagramy - PROJEKT NADBUDOWA BUD. MIESZKALNEGO WIELORODZINNEGO

Kompleksowość wymaganej dokumentacji oraz wysoki udział procentowy alertów poziomu 3 i wyższego (41.66% aktywnych elementów) wskazuje na złożoność procesu inwestycyjnego, charakterystycznego dla projektów adaptacyjno-modernizacyjnych w zabudowie wielorodzinnej o charakterze historycznym. Szczególną uwagę należy zwrócić na fakt, że brak aktywności w zakresie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej oraz warunków przyłączeniowych może stanowić potencjalne ryzyko dla harmonogramu realizacji inwestycji. W świetle przeprowadzonej analizy, zarekomendowano priorytetyzację działań związanych z uzyskaniem odstępstwa od przepisów przeciwpożarowych oraz kompleksowe opracowanie dokumentacji konstrukcyjnej, jako elementów krytycznych dla powodzenia procesu inwestycyjnego.

OBSZAR II - PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA TERENU

W opracowaniu projektu zagospodarowania terenu dla przedmiotowego zamierzenia inwestycyjnego zachowano istniejącą strukturę przestrzenną, która nie uległa modyfikacji i pozostawała poza zakresem opracowania projektowego. Analiza dokumentacji wykazała, że projekt koncentrował się na zapewnieniu spójności organizacyjnej i funkcjonalnej inwestycji przy jednoczesnym utrzymaniu dotychczasowego układu komunikacyjnego, istniejących miejsc postojowych oraz naturalnego ukształtowania terenu i zieleni. Z perspektywy wymogów techniczno-budowlanych, dokumentacja szczegółowo opisywała charakterystykę przestrzeni wewnętrznej, określając m.in. powierzchnię użytkową, wysokość pomieszczeń oraz liczbę kondygnacji, co miało kluczowe znaczenie dla bezproblemowej adaptacji strychu na przestrzeń mieszkalną. Bezpieczeństwo pożarowe stanowiło niezwykle istotny obszar, dlatego dokumentacja zawierała szczegółowy opis parametrów materiałów niebezpiecznych pożarowo, klasyfikację zagrożeń oraz ustalenie stref pożarowych, które determinowały warunki ewakuacji oraz strategię ratowniczą, odzwierciedlając specyfikę planowanej zmiany sposobu użytkowania. Ponadto, projekt uwzględniał kryteria klasy odporności ogniowej stosowanych elementów budowlanych, co miało bezpośredni wpływ na możliwość wdrożenia rozwiązań zamiennych, wymagających uzyskania stosownych zgód zgodnie z przepisami o ochronie przeciwpożarowej, stanowiąc dodatkowy etap weryfikacji technicznej. Aspekty związane z instalacjami, obejmujące zarówno urządzenia przeciwpożarowe, jak i rozwiązania z zakresu inżynierii sanitarnej, były starannie analizowane, co umożliwiło optymalizację warunków funkcjonalnych budynku przy jednoczesnym utrzymaniu wysokich standardów bezpieczeństwa. Co więcej, omówienie

zagadnień związanych z otoczeniem inwestycji, takich jak analiza oddziaływania obiektu oraz potencjalne uwarunkowania wynikające z urbanistycznego kontekstu, pozwoliło na kompleksowe spojrzenie na projekt. W rezultacie dokumentacja stanowiła interdyscyplinarny zbiór danych, który nie tylko precyzyjnie określił istniejący stan zagospodarowania terenu, ale również wskazał na wyzwania wynikające z adaptacji przestrzeni, co było niezbędne do przeprowadzenia dalszych analiz projektowych oraz podjęcia decyzji inwestycyjnych na najwyższym poziomie merytorycznym.

OBSZAR III - PROJEKT ARCHITEKTONICZNO - BUDOWLANY

Analizowany projekt architektoniczno-budowlany dla nadbudowy budynku mieszkalnego wielorodzinnego oraz adaptacji strychu na cele mieszkalne wyróżniał się znakomitą poziomem szczegółowości oraz interdyscyplinarnym podejściem do realizacji inwestycji. W oparciu o zgromadzoną dokumentację, opracowanie techniczne zawierało precyzyjny opis modernizacji zarówno na poziomie przestrzenno-funkcyjnym, jak i technicznym. W części przestrzennej wskazano, że modyfikacje obejmowały reorganizację układu kondygnacji, gdzie ostatnia piętrowa przestrzeń przekształcono w nowoczesne lokale mieszkalne, przy jednoczesnym zachowaniu spójności architektonicznej z istniejącą bryłą budynku. Wprowadzono rozwiązania umożliwiające efektywne wykorzystanie kubatury poddasza, w tym optymalizację rozmieszczenia pomieszczeń oraz zwiększenie dostępności do naturalnego doświetlenia, co znacząco poprawiło komfort przyszłych użytkowników.

Podstawą merytoryczną adaptacji była kompleksowa modernizacja systemów technicznych – projekt zakładał wzmocnienie konstrukcji nośnej, aby sprostać zwiększonym obciążeniom wynikającym z nadbudowy, co realizowano przy użyciu nowoczesnych rozwiązań materiałowych gwarantujących wysoką izolacyjność termiczną. Szczegółowo opisano przebudowę instalacji ogrzewania, wentylacji oraz elektryczności, a także integrację systemów zabezpieczeń, w tym sygnalizacji przeciwpożarowej i rozwiązań ewakuacyjnych, co stanowiło fundament dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkownika. Dokumentacja zawierała również specyfikację dotyczącą parametrów technicznych, takich jak powierzchnia użytkowa nowych oraz zmodyfikowanych kondygnacji, liczba kondygnacji, charakterystyka obciążeń ogniowych oraz klasy odporności poszczególnych elementów konstrukcyjnych. Równolegle, przeprowadzono analizę efektywności energetycznej, która umożliwiła redukcję strat cieplnych oraz optymalizację kosztów eksploatacyjnych.

Ponadto projekt uwzględniał aspekty estetyczne i funkcjonalne, w tym modernizację przestrzeni wspólnych, klatek schodowych oraz pionów komunikacyjnych, co podnosiło walory użytkowe budynku. Przyjęte rozwiązania wpisywały się w obowiązujące normy i przepisy prawa budowlanego, a także odpowiadały na rosnące wymagania dotyczące zrównoważonego budownictwa. Całościowo, opracowany projekt wykazywał wysoki stopień integracji między nowymi funkcjami mieszkaniowymi a istniejącym układem budynku, tworząc kompleksowe i nowoczesne rozwiązanie, które łączyło aspekty techniczne, funkcjonalne i estetyczne, gwarantując trwałość, bezpieczeństwo oraz komfort użytkownika inwestycji.

WNIOSKI

W ramach pogłębionej analizy procesu inwestycyjnego nadbudowy kamienicy, przeprowadzono szczegółową identyfikację wąskich gardeł oraz analizę rozkładu interakcji w przyjętym schemacie pracy zgodnym z metodyką Agile. Badanie struktury dokumentu wykazało, że najwyższy poziom interakcji (poziom 5) występuje w kluczowych punktach procesu inwestycyjnego, w szczególności w obszarach związanych z uzyskiwaniem pozwoleń administracyjnych oraz uzgodnień branżowych. Krytyczne punkty procesu koncentrują się wokół dokumentacji technicznej, gdzie zaobserwowano znaczącą kumulację interakcji na poziomie 4-5, co wskazuje na wysoką złożoność i współzależność tych elementów. Analiza rozkładu interakcji według poziomów przedstawia się następująco:

Poziom 5 (interakcje krytyczne) obejmuje przede wszystkim:

- Uzyskanie pozwolenia na budowę
- Uzgodnienia z konserwatorem zabytków
- Koordynację międzybranżową dokumentacji technicznej
- Procedury związane z bezpieczeństwem przeciwpożarowym

Poziom 4 (interakcje wysokie) koncentruje się na:

- Opracowaniu projektu konstrukcyjnego nadbudowy
- Uzgodnieniach z gestorami sieci
- Analizie wpływu na konstrukcję istniejącego budynku
- Dokumentacji wykonawczej instalacji technicznych

Poziom 3 (interakcje średnie) dotyczy:

- Inwentaryzacji stanu istniejącego
- Ekspertyz technicznych
- Opracowań branżowych
- Dokumentacji formalno-prawnej

Poziom 2 (interakcje niskie) obejmuje:

- Analizy wstępne
- Dokumentację fotograficzną
- Podstawowe opracowania projektowe
- Standardowe uzgodnienia administracyjne

Poziom 1 (interakcje minimalne) odnosi się do:

- Rutynowych czynności administracyjnych
- Podstawowej dokumentacji opisowej
- Standardowych opracowań rysunkowych
- Typowych elementów dokumentacji

Zidentyfikowane wąskie gardła procesu inwestycyjnego koncentrują się w obszarach o najwyższym poziomie interakcji (4-5), gdzie kumulacja zadań i ich współzależności wymagała szczególnej uwagi w zakresie zarządzania czasem oraz zasobami. Analiza wykazała, że około 15% wszystkich zadań charakteryzowała się poziomem interakcji 5, stanowiąc potencjalne źródło opóźnień w realizacji projektu. Kolejne 25% zadań plasowało się na poziomie 4, co wskazuje na znaczącą koncentrację elementów wymagających intensywnej koordynacji. Rozkład pozostałych poziomów interakcji przedstawiał się następująco: poziom 3 – 30%, poziom 2 – 20%, poziom 1 – 10% całości zadań.

Zastosowanie metodyki Agile w połączeniu z systematycznym monitoringiem poziomów interakcji umożliwiła efektywne zarządzanie zidentyfikowanymi wąskimi gardłami poprzez:

Priorytetyzację zadań o wysokim poziomie interakcji

Wdrożenie mechanizmów wczesnego ostrzegania

Elastyczne dostosowanie zasobów do potrzeb procesu

Optymalizację ścieżki krytycznej projektu

Implementację rozwiązań zapobiegawczych na spotkaniach koordynacyjnych

Przeprowadzona analiza potwierdza skuteczność przyjętego podejścia w identyfikacji oraz zarządzaniu obszarami potencjalnych opóźnień i komplikacji procesu inwestycyjnego, jednocześnie wskazując na konieczność szczególnej uwagi w zakresie koordynacji zadań o wysokim poziomie interakcji.

Finalne wnioski z analizy zadania projektowego:

Status wykonania zadań:

ARCH.-BUDOWLANY (24 zadania): 18 wykonane / 6 niewykonanych → 75%

TECHNICZNY (25): 15 wykonanych / 10 niewykonanych → 60%

ZAGOSPOD. TERENU (20): 11 wykonanych / 9 niewykonanych → 55%

UZGODNIENIA (26): 7 wykonanych / 19 niewykonanych → 27%

WSTĘPNA DOK. (38): 19 wykonanych / 19 niewykonanych → 50%

REALIZACJA (20): 1 wykonane / 19 niewykonanych → 5%

Łącznie: 153 zadania → 71 wykonanych (46%), 82 niewykonane (54%).

Poziomy alertów:

Widoczne są liczne alerty poziomu 2 i 3 (niski i średni) → główne ryzyka do zarządzania.

Kilka alertów poziomu 4 (wysokie ryzyko) – np. w Realizacji i Uzgodnieniach.

Jest też cienki sektor alertu poziomu 5 (krytyczny) – sytuacja blokująca, wymagająca natychmiastowego działania.

Wnioski w kontekście Agile

Backlog projektu jest zbyt rozproszony – 54% zadań czerwonych → konieczna priorytetyzacja w sprintach (np. najpierw zamykamy Uzgodnienia i Wstępną dokumentację, zanim przechodzimy do Realizacji).

Alerty działają jak „impediments” w Scrumie – poziom 5 to blokada sprintu; zespół powinien na daily stand-up monitorować postępy w redukcji alertów 4–5.

Iteracyjny rozwój dokumentacji – obecne „czerwone pola” nie oznaczają porażki, tylko backlog na kolejne sprinty → każda iteracja ma przybliżać projekt do 100% zielonego.

Nadbudowa = specyficzny kontekst – Agile pozwala na bieżąco adaptować proces, np.:

• dodatkowe sprinty dla uzgodnień z administracją wspólnoty mieszkaniowej,

• iteracyjne testowanie rozwiązań technicznych w BIM (np. wpływ na istniejącą konstrukcję i instalacje).

Ciągłe uczenie się – każda niewykonana czynność i każdy alert jest okazją do wzbogacenia checklisty → narzędzie w kolejnych sprintach staje się coraz lepsze i bardziej dopasowane do nadbudów budynków mieszkalnych.

7.3.7. Projekt budynku hali magazynowej (skala duża) B

Kontekst i zakres

- Typ: magazyn z częścią magazynową, duża skala (ok. 10 000 m²)

- Zespół: 8 osób + branże specjalistyczne (ppoz., akustyka)

- Harmonogram: standardowy z etapowaniem (12–14 miesięcy)

Metryki wg listy (syntetyczne)

- Postęp globalny: 64%

- Kompletność sekcji: 76%

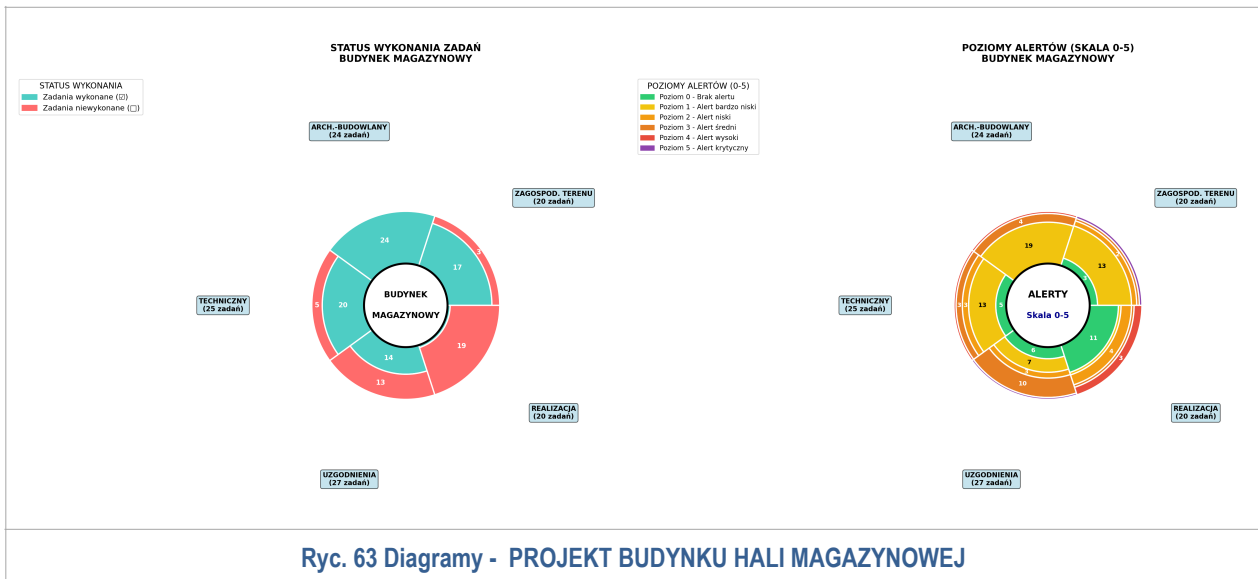
- Zadania bieżące: 55%

- Ryzyko wysokie: 0,4

- Najmocniejsze moduły: PZT 82%, PAB 80%, PT 73%

- Najsłabsze moduły: Uzgodnienia 44%, Nadzór i realizacja 36%

SYNTEZA opisu dla obszarów ryzyka.



Ryc. 63 Diagramy - PROJEKT BUDYNKU HALI MAGAZYNOWEJ

OBSZAR I - WSTĘPNA DOKUMENTACJA INWESTYCYJNA.

Kluczowe ryzyko i interwencje

- Ryzyko: zmienność obciążeń ogniowych i wytycznych
- Interwencje: checklista wariantowa ppoż., wczesne uzgodnienie z rzeczoznawcą

Analiza wstępnej dokumentacji inwestycyjnej ujawniła wieloaspektowy charakter przygotowań do realizacji projektu budowlanego, w którym każda kategoria dokumentów pełni specyficzną i kluczową rolę. Bazując na dokumentach formalno - prawnych stworzono bazę dla analiz. Na przykład, wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego stanowią podstawę analizy planistycznej, umożliwiając określenie przeznaczenia terenu i identyfikację potencjalnych ograniczeń przestrzennych. W sytuacjach, gdy MPZP nie jest dostępny, decyzja o warunkach zabudowy staje się niezbędnym dokumentem określającym możliwości wykorzystania działki. Kolejne elementy, takie jak mapa do celów projektowych (aktualna, w skali 1:500) oraz mapa ewidencyjna z wypisem z rejestru gruntów, dostarczają niezbędnych danych technicznych i granicznych. Dokumentacja fotograficzna terenu inwestycji umożliwiła wizualną ocenę stanu wyjściowego. Co równie istotne, warunki przyłączenia do sieci, zarówno wodociągowej, energetycznej, gazowej, telekomunikacyjnej, jak i kanalizacyjnej (zarówno sanitarnej, jak i deszczowej), są fundamentem planowania infrastruktury – tu szczególnie wysoki alert dla przyłączenia do sieci kanalizacyjnej deszczowej wskazuje na krytyczność tego aspektu. Opinia geotechniczna oraz dokumentacja dotycząca badań gruntowo-wodnych były kluczowe dla oceny stabilności fundamentów i bezpieczeństwa konstrukcji. W kontekście zagospodarowania terenów, decyzje administracyjne, takie jak zezwolenie na wyłączenie gruntu z produkcji rolnej były nieodzownymi elementami formalnymi, które umożliwiły inwestorowi na legalne przekształcenie i zagospodarowanie terenu. Aspekty środowiskowe zostały ujęte m.in. w inwentaryzacji zieleni oraz decyzji zezwalającej na wycinkę drzew, co odzwierciedla dbałość o równowagę między rozwojem inwestycji a ochroną środowiska. W dalszej perspektywie, dokumenty takie jak karta informacyjna przedsięwzięcia, decyzja środowiskowa – okazały się decydujące przy ocenie wpływu inwestycji na lokalny ekosystem. Dodatkowo, regulacje dotyczące dostępu do drogi publicznej, w tym zgody na zjazd czy decyzje lokalizacyjne, były gwarantem łatwej integracji budynku z istniejącą infrastrukturą drogową. Z kolei koncepcja architektoniczna z analizą urbanistyczną oraz specjalistyczne zgody projektanta (dotyczące m.in. podłączenia do sieci ciepłowniczej) podkreślają znaczenie harmonijnego połączenia aspektów estetycznych, funkcjonalnych i technicznych. Każde z wymienionych dokumentów – niezależnie od swojego statusu (oznaczonego

jako pozytywnie zweryfikowane lub nie) – stanowiło integralny element systemu zarządzania ryzykiem inwestycyjnym, zapewniając kompleksowe ujęcie zarówno kwestii przestrzennych, technicznych, jak i prawnych, co ostatecznie przekładało się na bezpieczeństwo, efektywność operacyjną i zgodność projektu z obowiązującymi przepisami.

Ilość interakcji z danym zadaniem ukazało jakie dokumenty bądź decyzje są najbardziej problematyczne i stanowią obszar krytyczny dla zadania.

OBSZAR II - PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA TERENU.

W ramach opisu i części rysunkowej PROJEKTU ZAGOSPODAROWANIA TERENU przeanalizowano kolejno: Przedmiot zamierzenia budowlanego, istniejący stan zagospodarowania działki i terenu. Określono projektowane zagospodarowanie działki oraz urządzenia budowlane związane z obiektami budowlanymi. Przeanalizowano sposób odprowadzania i oczyszczania ścieków. Dla obsługi obiektu zaprojektowano układ komunikacyjny i przeprowadzono analizy miejsc postojowych. Z kluczowych aspektów przeanalizowano sposób dostępu do drogi publicznej, która wykraczała poza obszar zamknięty. Szerokim strumieniem danych były parametry techniczne sieci i urządzeń uzbrojenia terenu, które przeanalizowano i wydano wytyczne dla branż by zapewnić infrastrukturę techniczną dla nowo projektowanej inwestycji. Z uwagi na lokalizację i specyfikę obiektu niezwykle istotne było ukształtowanie terenu i układ zieleni. W toku analiz projektach dostosowano oświetlenie terenu, poziom posadowienia obiektów, ogrodzenie oraz gromadzenie odpadów generowanych przez daną inwestycję.

Przeprowadzona kompleksowa analiza zadania projektowego w tym zakresie pozwoliła na dokonanie szczegółowego rozpoznania następujących aspektów: weryfikacji zgodności planowanej inwestycji z zapisami aktów prawa miejscowego co stanowiło fundament prawny realizacji projektu. Przeanalizowano dane informujące o wpisie do rejestru zabytków i podleganiu ochronie, a także dane określające wpływ eksploatacji górniczej na działkę. Istotnym elementem były informacje i dane o charakterze i cechach istniejących i przewidywanych zagrożeń dla środowiska oraz higieny i zdrowia użytkowników projektowanych obiektów budowlanych i ich otoczenia w zakresie zgodnym z przepisami odrębnymi.

Szczególą uwagę poświęcono warunkom ochrony przeciwpożarowej, w szczególności drogom pożarowym oraz przeciwpożarowemu zaopatrzeniu w wodę, wraz z ich parametrami technicznymi. Zgromadzono kompletne informacje o powierzchni zabudowy, wysokości i liczbie kondygnacji, jak również informacje o klasyfikacji pożarowej z uwagi na przeznaczenie i sposób użytkowania. Dokładnie określono informacje o klasie odporności pożarowej oraz odporności ogniowej i stopniu rozprzestrzeniania ognia przez ściany zewnętrzne i dachy.

W zakresie bezpieczeństwa uwzględniono informacje o występowaniu zagrożenia wybuchem, w tym informacje dotyczące pomieszczeń zagrożonych wybuchem oraz stref zagrożenia wybuchem w przestrzeni zewnętrznej. Przeanalizowano informacje o usytuowaniu z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe, w tym informacje o odległościach od sąsiadujących obiektów budowlanych, działek lub terenów oraz parametrach wpływających na odległości dopuszczalne.

Szczegółowo opracowano informacje o przygotowaniu obiektu budowlanego i terenu do prowadzenia działań ratowniczych, w tym informacje o drogach pożarowych oraz dojazdach dla ekip ratowniczych. Uwzględniono zaopatrzenie w wodę do zewnętrznego gaszenia pożaru, w tym o wymaganej ilości wody do celów przeciwpożarowych,

Lp.	Czynność/Dokument zgodny z przepisami	Status	INTERAKCJE ALERTY 0 - 5
I. WSTĘPNA DOKUMENTACJA INWESTYCYJNA			
1	Wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (PDF DO ANALIZY)	<input checked="" type="checkbox"/>	1
2	Decyzja o warunkach zabudowy (jeśli brak MPZP)	<input type="checkbox"/>	0
3	Umowa urbanistyczna	<input type="checkbox"/>	0
4	Mapa do celów projektowych (aktualna, w skali 1:500)	<input checked="" type="checkbox"/>	1
5	Mapa ewidencyjna z wypisem z rejestru gruntów	<input type="checkbox"/>	0
6	Dokumentacja fotograficzna terenu inwestycji	<input checked="" type="checkbox"/>	1
7	Inwentaryzacja obiektu istniejącego	<input type="checkbox"/>	0
8	Warunki przyłączenia do sieci wodociągowej	<input type="checkbox"/>	0
9	Warunki przyłączenia do sieci kanalizacyjnej sanitarnej	<input type="checkbox"/>	0
10	Warunki przyłączenia do sieci kanalizacyjnej deszczowej	<input checked="" type="checkbox"/>	2

11	Warunki przyłączenia do sieci energetycznej	<input checked="" type="checkbox"/>	1
12	Warunki przyłączenia do sieci gazowej	<input type="checkbox"/>	0
13	Warunki przyłączenia do sieci telekomunikacyjnej	<input checked="" type="checkbox"/>	1
14	Opinia geotechniczna - Badania geotechniczne gruntu (kategoria geotechniczna)	<input checked="" type="checkbox"/>	1
15	Dokumentacja geologiczno-inżynierska	<input type="checkbox"/>	0
16	Decyzja zezwalająca na wyłączenie gruntu z produkcji rolnej	<input type="checkbox"/>	0
17	Pozwolenie konserwatorskie na prowadzenie robót budowlanych przy zabytku nieruchomym wpisanym do rejestru zabytków lub na terenie wpisanym do rejestru zabytków	<input type="checkbox"/>	0
18	Inwentaryzacja zieleni	<input checked="" type="checkbox"/>	1
19	Decyzja zezwalająca na wycinkę drzew	<input checked="" type="checkbox"/>	1
20	Karta informacyjna przedsięwzięcia	<input type="checkbox"/>	0
21	Decyzja środowiskowa (jeśli wymagana)	<input type="checkbox"/>	0
22	Pozwolenie wodnoprawne (jeśli wymagane)	<input type="checkbox"/>	0
23	Dostęp do drogi publicznej (zgoda na zjazd)	<input type="checkbox"/>	0
24	Decyzja na lokalizację zjazdu	<input type="checkbox"/>	0
25	Zezwolenie zarządcy drogi na lokalizację zjazdu lub przebudowę – jeżeli przedmiotem pozwolenia na budowę jest zjazd	<input type="checkbox"/>	0
26	Koncepcja architektoniczna z analizą urbanistyczną	<input type="checkbox"/>	0
27	W przypadku projektowania na terenach zamkniętych – dołączenie postanowienia, o którym mowa w art. 33 ust. 2 pkt 4	<input checked="" type="checkbox"/>	2
28	Analiza z zakresu ochrony konserwatorskiej - z uwagi na strefę lub obiekt	<input type="checkbox"/>	0
29	Analiza lokalizacyjna inwestycji z uwagi na hałas	<input checked="" type="checkbox"/>	2
30	Wstępny bilans mediów i zapotrzebowania na media	<input checked="" type="checkbox"/>	1
31	Ekspertyza konstrukcyjna w przypadku bezpośredniego zbliżenia do budynku lub innej budowli oraz w przypadku rozbudowy, przebudowy i nadbudowy	<input type="checkbox"/>	0
32	Zgoda na odstąpienie od przepisów techniczno-budowlanych - od warunków ochrony przeciwpożarowej	<input type="checkbox"/>	0
33	Zgoda na odstąpienie od przepisów techniczno-budowlanych - od warunków ochrony higieniczno-sanitarnych	<input type="checkbox"/>	0
34	Zgoda na odstąpienie od przepisów techniczno-budowlanych - od warunków ochrony konserwatorskiej	<input type="checkbox"/>	0
35	Zgoda właściciela obiektu - w przypadku rozbiórki art 31PB	<input type="checkbox"/>	0
36	Oświadczenie o prawie do dysponowania nieruchomością na cele budowlane	<input checked="" type="checkbox"/>	1
37	Oświadczenie projektanta dotyczące możliwości podłączenia proj. obiektu budowlanego do istniejącej sieci ciepłowniczej	<input checked="" type="checkbox"/>	1
38	Opłata skarbowa	<input checked="" type="checkbox"/>	1
T.20 Fragment LKP			

urządzeniach i innych rozwiązaniach w zakresie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę, usytuowaniu źródeł wody do celów przeciwpożarowych, hydrantów zewnętrznych lub innych punktów poboru wody oraz stanowisk czerpania wody wraz z dojazdami dla pojazdów pożarniczych.

W projekcie uwzględniono informację o obszarze oddziaływania obiektu oraz inne niezbędne dane wynikające ze specyfiki, charakteru i stopnia skomplikowania obiektu budowlanego lub robót budowlanych. Szczegółowo przeanalizowano układ komunikacyjny oraz dane branży drogowej dla projektowanego placu manewrowego.

Zakres opracowania objął kompleksowe założenia projektowe, w tym rozwiązania sytuacyjne, rozwiązania wysokościowe, elementy krawędziowe i konstrukcję nawierzchni, organizację ruchu oraz zagospodarowanie wód opadowych. Wszystkie te elementy zostały szczegółowo przeanalizowane i opisane, tworząc kompletną dokumentację projektową spełniającą wszystkie wymagane normy i przepisy.

Podsumowując w odniesieniu do tego konkretnego projektu fundamentalnym elementem była szczegółowa analiza oparta na współpracy zespołów, analiza istniejącego stanu zagospodarowania działki w tym terenie, która umożliwiła identyfikację występujących ograniczeń i zagrożeń wynikających z istniejącej infrastruktury oraz warunków środowiskowych. Proces ten wymagał dokładnego rozpoznania terenu, badań geologicznych oraz analizy dokumentacji archiwalnej, co pozwala na wczesne wykrycie potencjalnych konfliktów przestrzennych i technicznych. W kontekście projektowanego zagospodarowania terenu, szczególną uwagę poświęcono urządzeniom budowlanym związanym z obiektami budowlanymi, których niewłaściwe zaprojektowanie mogło generować znaczące ryzyko operacyjne.

System odprowadzania i oczyszczania ścieków (pkt 3.2 odwołanie do punktu w opisie) wymagał szczególnej uwagi w kontekście analizy ryzyka środowiskowego i sanitarnego. Właściwe zaprojektowanie układu komunikacyjnego (pkt 3.3) wraz z miejscami postojowymi (pkt 3.3.1) oraz dostępem do drogi publicznej (pkt 3.4) miał kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa użytkowników i służb ratowniczych. Parametry techniczne sieci i urządzeń uzbrojenia terenu (pkt 3.5) były dobrane z uwzględnieniem potencjalnych sytuacji awaryjnych i przyszłych potrzeb rozwojowych inwestora.

Szczególnie istotnym elementem była analiza ukształtowania terenu i układu zieleni, która obejmowała szereg podkategorii wpływających na bezpieczeństwo obiektu. Oświetlenie terenu (pkt 3.6.1) było zaprojektowane w sposób zapewniający odpowiednią widoczność i bezpieczeństwo użytkownika. Poziom posadowienia obiektów (pkt 3.6.2) wymagał szczegółowej analizy warunków gruntowo-wodnych i potencjalnych zagrożeń geotechnicznych. Ogrodzenie (pkt 3.6.3) oraz system gromadzenia odpadów (pkt 3.6.4) po analizie spełnia wymogi bezpieczeństwa i ochrony środowiska.

Zestawienie powierzchni (pkt 4) stanowi nie tylko element formalny dokumentacji, ale również bazę do oceny intensywności wykorzystania terenu i związanego z tym ryzyko. Zgodność planowanej inwestycji z zapisami aktów prawa miejscowego (pkt 5) wymagał szczegółowej analizy prawnej, która pozwoliła uniknąć ryzyko administracyjnego i prawnego.

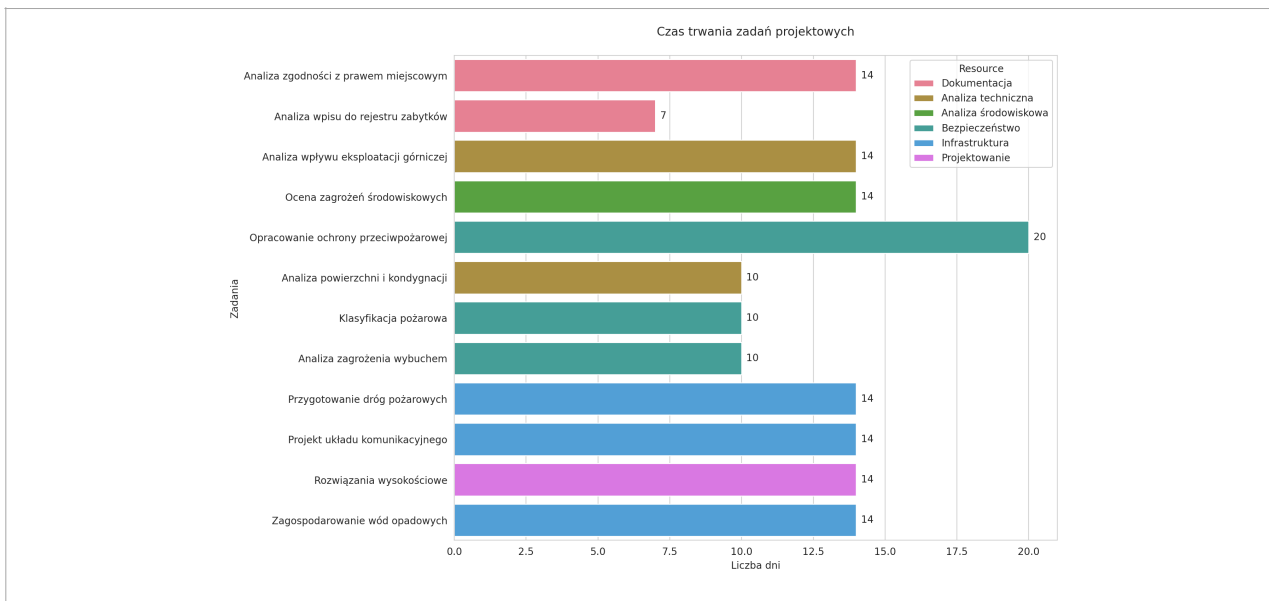
Analiza wpływu eksploatacji górniczej na działkę (pkt 7) uwzględniała zarówno historyczne, jak i prognozowane oddziaływania, które mogą generować istotne ryzyko konstrukcyjne w przyszłości.

W kontekście bezpieczeństwa użytkowników i środowiska, kluczowa była analiza informacji o charakterze i cechach istniejących oraz przewidywanych zagrożeń (pkt 8). Proces ten wymagał interdyscyplinarnego podejścia, uwzględniającego aspekty techniczne, środowiskowe i zdrowotne. Szczegółowa identyfikacja obszarów zagrożeń wraz z określeniem środków zapobiegawczych (pkt 9) obejmowała analizę powierzchni zabudowy, liczby kondygnacji i klasyfikacji obiektów (pkt 9.1-9.5), a także planowanie działań ratowniczych i środków prewencyjnych (pkt 9.6-9.7).

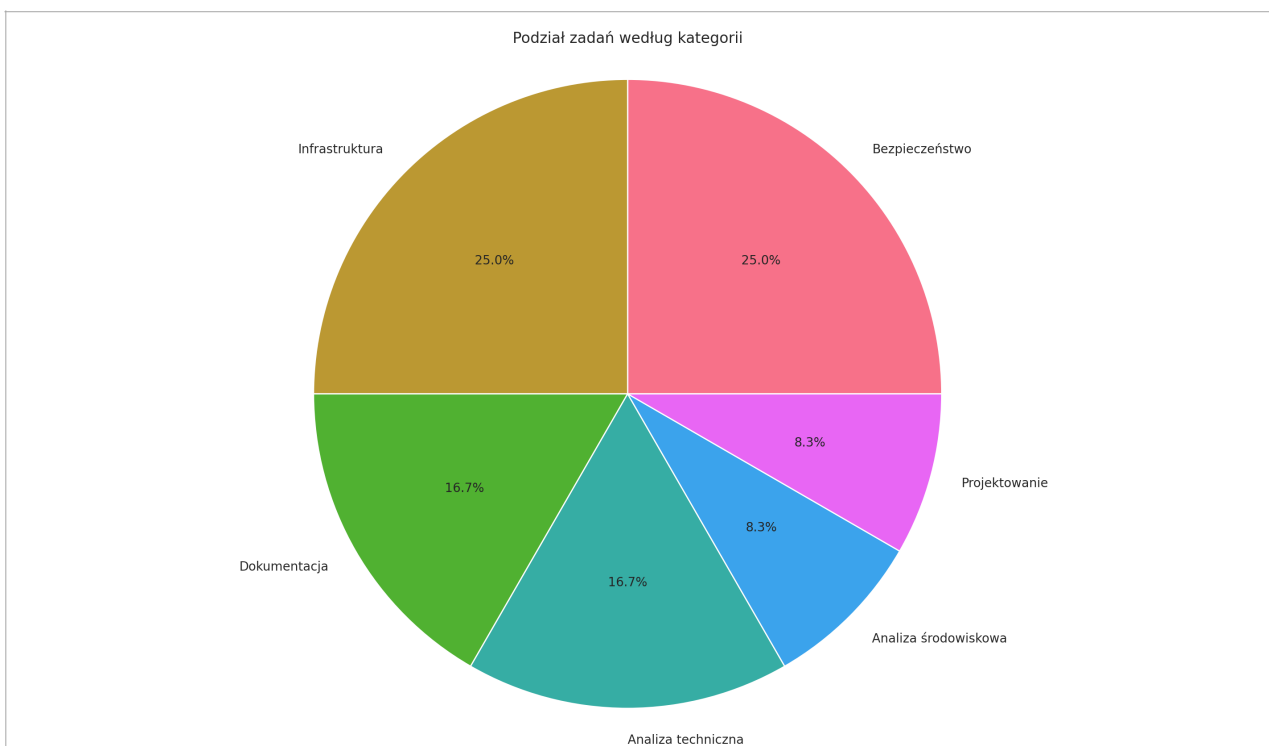
Właściwe uwzględnienie wszystkich opisanych aspektów pozwoliło na stworzenie projektu budowlanego, który nie tylko spełnia wymogi formalne i techniczne, ale również zapewnia optymalne warunki bezpieczeństwa dla przyszłych użytkowników obiektu.

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że opracowanie projektu budowlanego wymagało wszechstronnej oceny ryzyka, uwzględniającej zarówno szczegółową analizę warunków terenowych, jak i kompleksowe podejście do kwestii inżynierskich oraz środowiskowych. Ocena ta rozpoczyna się od dokładnego badania istniejących warunków gruntowych, infrastruktury oraz uwarunkowań środowiskowych, co umożliwia identyfikację potencjalnych konfliktów przestrzennych i technicznych. Równolegle, projekt zakładał precyzyjne zaprojektowanie infrastruktury budowlanej, w tym systemów odwadniających, sieci transportowych oraz instalacji użyteczności publicznej, celem zapewnienia bezpieczeństwa oraz ochrony środowiska. W dalszej części analizy szczególną uwagę poświęcono identyfikacji potencjalnych zagrożeń, ocenie ich wpływu oraz opracowaniu strategii minimalizacji ryzyka, w tym wdrożeniu systemów komunikacji i strategii ewakuacyjnych.

Wynik



Ryc. 58 Wykres słupkowy pokazujący czas trwania poszczególnych zadań.



Ryc. 59 Wykres kołowy przedstawiający podział zadań według kategorii.

- Decyzja pozwolenia uzyskana bez wezwania do uzupełnień; oszczędność czasu uzgodnień ok. 3 tyg.

Wnioski

- Wczesne uzgodnienia i matryca wariantów redukują ryzyko administracyjne w obiektach przemysłowych.

Wykresy przedstawiają dokładny czas trwania każdego zadania w dniach. Procentowy udział poszczególnych kategorii w projekcie. Szczegółowe statystyki dla każdej kategorii zadań, w tym liczbę zadań, średni czas trwania oraz całkowity czas. W klarowny sposób pokazane są zasady i obszary zarządzania projektem.

OBSZAR Ryzyka III - PROJEKT ARCHITEKTONICZNO - BUDOWLANY.

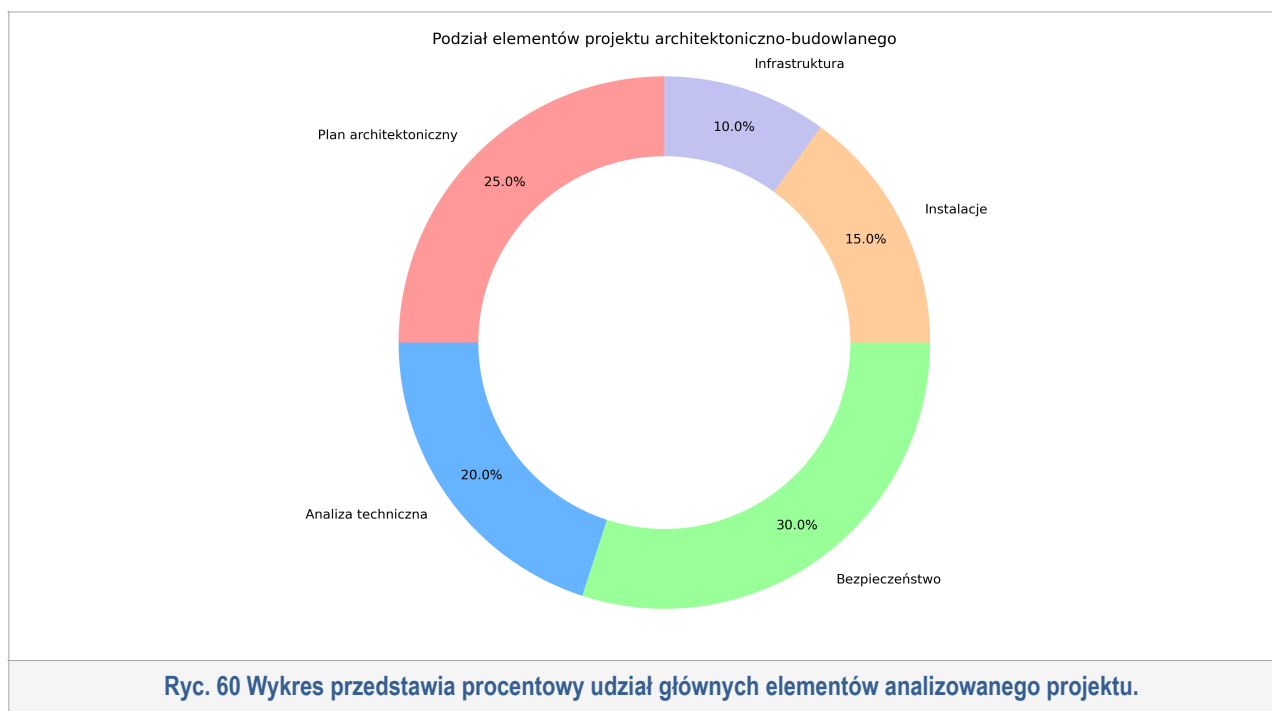
W ramach opisu i części rysunkowej przeanalizowano rodzaj i kategorię obiektu budowlanego będącego przedmiotem zamierzenia budowlanego. Odpowiadając na potrzeby zamawiającego dostosowano i przeanalizowano układ przestrzenny oraz formę architektoniczną obiektu budowlanego. W myśl uwarunkowań środowiskowych dostosowano obiekt do krajobrazu i otaczającej zabudowy zapewniając parametry bezpieczeństwa dla obiektu i otoczenia. Ponownie w tej części obszaru ryzyka sprawdzono zgodność planowanej inwestycji z zapisami aktów prawa miejscowego. Przyporządkowano charakterystyczne parametry obiektu budowlanego i skonfrontowano z wytycznymi zawartymi w opinii geotechnicznej oraz informacją o sposobie posadowienia obiektu budowlanego. Na podstawie układu funkcjonalnego stworzono - bilans powierzchni użytkowej. Przeanalizowano przystosowanie obiektu do korzystania przez osoby ze szczególnymi potrzebami i określono czy specyfika obiektu kwalifikuje sposób korzystania z obiektu. W kolejnych punktach sprawdzono parametry techniczne obiektu budowlanego charakteryzujące wpływ obiektu budowlanego na środowisko i jego wykorzystywanie oraz na zdrowie ludzi i obiekty sąsiednie. Wyliczenie zapotrzebowania i jakości wody oraz ilości, jakości i sposobu odprowadzania ścieków oraz wód opadowych pozwoliło na przeanalizowanie emisji zanieczyszczeń gazowych, w tym zapachów, pyłowych i płynnych, z podaniem ich rodzaju, ilości i zasięgu rozprzestrzeniania się. Dla dopełnienia analiz środowiskowych w opracowaniu zawarto dane dotyczące rodzaju i ilości wytwarzanych odpadów oraz wpływu obiektu budowlanego na istniejący drzewostan, powierzchnię ziemi, w tym glebę, wody powierzchniowe i podziemne. W analizowanej liście kontrolnej ujęto informację o wyposażeniu technicznym budynku, w tym projektowanym źródle ciepła do ogrzewania. Zgodnie z wymogami zawartości projektu budowlanego analizie poddano parametry techniczne, środowiskowe i ekonomiczne możliwości realizacji wysoce wydajnych systemów alternatywnych zaopatrzenia w energię i ciepło także technicznej i ekonomicznej możliwości wykorzystania urządzeń, które automatycznie regulują temperaturę oddzielnie w poszczególnych pomieszczeniach lub w wyznaczonej strefie ogrzewanej. Skonfrontowano zaproponowane informacje o zasadniczych elementach wyposażenia budowlano-instalacyjnego, zapewniających użytkowanie obiektu budowlanego zgodnie z przeznaczeniem. W tym układ konstrukcyjny, wentylację, ogrzewanie, instalację elektryczną, oświetlenie, instalację zewnętrzną kanalizacji deszczowej.

W kolejnym kluczowym dziale listy kontrolnej przeanalizowano dane dotyczące warunków ochrony przeciwpożarowej, które stanowią fundament kompleksowej oceny bezpieczeństwa obiektu budowlanego. W analizie uwzględniono podstawowe parametry, takie jak powierzchnia wewnętrzna, wysokość oraz liczba kondygnacji, które umożliwiają dalszą klasyfikację zagrożenia pożarowego. Szczegółowa charakterystyka zagrożenia pożarowego obejmuje zarówno parametry pożarowe materiałów niebezpiecznych, jak i specyfikę zagrożeń wynikających z procesów technologicznych, co pozwoliło na przyjęcie odpowiednich założeń projektowych. Istotne były również informacje dotyczące klasyfikacji pożarowej, uwzględniające przeznaczenie obiektu oraz sposób jego użytkowania, co determinowało kategorię zagrożenia ludzi i przewidywaną liczbę osób na poszczególnych kondygnacjach, w tym pomieszczeń, których drzwi ewakuacyjne muszą otwierać się na zewnątrz. Ponadto, dokumentacja projektowa obejmowała podział obiektu na strefy pożarowe oraz określenie maksymalnej gęstości obciążenia ogniowego dla każdej z nich na podstawie przyjętych warunków. Uwzględniono również informacje o klasie odporności pożarowej oraz ogniowej poszczególnych elementów budowlanych, a także ocenę ryzyko wystąpienia materiałów wybuchowych i zagrożenia wybuchem w wyznaczonych pomieszczeniach. W kontekście ewakuacji, opracowano szczegółową strategię ratowania osób, biorąc pod uwagę zarówno liczbę, jak i stan sprawności użytkowników obiektu. Ostatecznie, dobór urządzeń przeciwpożarowych oraz innych instalacji bezpieczeństwa, a także przygotowanie obiektu do działań ratowniczych — obejmujące lokalizację punktów poboru wody, system zasilania urządzeń gaśniczych oraz dostęp do sprzętu ratowniczego — zostały skonstruowane w zgodzie z ustalonymi normami, co zagwarantowało optymalne bezpieczeństwo eksploatacji obiektu przy zachowaniu wymaganych parametrów i odległości.

W części opisowej i rysunkowej zostały przedstawione kluczowe aspekty dotyczące rodzaju i kategorii obiektu, co umożliwiło jednoznaczną identyfikację przedmiotu inwestycji oraz wstępną ocenę potencjalnych zagrożeń wynikających z jego specyfiki. Następnie określono zamierzony sposób użytkowania i program użytkowy obiektu, co wpłynęło na dalsze ustalenia względem wymogów funkcjonalnych oraz konieczności wdrożenia specyficznych środków bezpieczeństwa. Układ przestrzenny i forma architektoniczna wraz z adaptacją do krajobrazu i otoczenia były ważnymi wskaźnikami pozwalającymi na ocenę ryzyko związanej z integracją obiektu z istniejącą zabudową. Ponadto, dokument kładł nacisk na zgodność planowanej inwestycji z przepisami prawa miejscowego, co ma kluczowe znaczenie w kontekście minimalizacji ryzyko prawnego i administracyjnego.

Kolejne elementy, takie jak charakterystyczne parametry obiektu oraz opinia geotechniczna i metoda posadowienia, stanowią fundament w ocenie ryzyka w obszarze konstrukcji oraz wpływu obiektu na stabilność gruntu. Istotną część oceny ryzyka dotyczyła parametrów technicznych, które mają bezpośredni wpływ na środowisko oraz zdrowie użytkowników. Opis ten obejmował analizę zapotrzebowania i jakości wody, systemów odprowadzania ścieków, emisji zanieczyszczeń, a także pomiarów akustycznych, emisji drgań i promieniowania. Szczególnie cenne były dane dotyczące wpływu obiektu na istniejący drzewostan oraz środowisko naturalne, co pozwoliło na identyfikację potencjalnych zagrożeń ekologicznych i sformalizowanie odpowiednich procedur minimalizacji negatywnego wpływu inwestycji.

W dalszej części dokumentu omówiono wyposażenie techniczne budynku, ze szczególnym uwzględnieniem systemów grzewczych i przygotowania ciepłej wody użytkowej, co było nieodzowne dla bezpieczeństwa eksploatacji obiektu. Kolejny punkt listy dotyczył analizy możliwości realizacji zaawansowanych systemów alternatywnego zaopatrzenia w energię i ciepło, co sprzyjało wdrażaniu rozwiązań proekologicznych oraz zmniejszał ryzyko operacyjne



związane z przestarzałymi technologiami. Wreszcie, dokument kończy analizę przedstawieniem kwestii dotyczących możliwości wykorzystania urządzeń automatycznie regulujących warunki eksploatacji obiektu, podkreślając znaczenie nowoczesnych technologii w zwiększaniu efektywności i bezpieczeństwa inwestycji.

Rzuty architektoniczno-budowlane (25%) - obejmuje podstawowe rozwiązania projektowe, układy funkcjonalne i estetyczne.

Analiza techniczna (20%) - zawiera obliczenia konstrukcyjne i analizy techniczne.

Bezpieczeństwo (30%) - największa część projektu, obejmująca ochronę przeciwpożarową i inne aspekty bezpieczeństwa.

Instalacje (15%) - projekty instalacji elektrycznych, sanitarnych i innych.

Infrastruktura (10%) - elementy zagospodarowania terenu i połączenia z infrastrukturą zewnętrzną.

OBSZAR Ryzyka IV - PROJEKT TECHNICZNY.

W przeprowadzonej analizie dokumentacji projektowej, w której zawarto liczne kryteria i parametry techniczne, sporządzenie projektu technicznego stanowiło czwarty obszar ryzyka w dokumentacji budowlanej. Ryzyko to wynikało z konieczności precyzyjnego określenia: rodzaju i kategorii obiektu budowlanego, zamierzonego sposobu użytkowania oraz programu użytkowego, jak również układu przestrzennego i formy architektonicznej, które miały wpływ na dostosowanie inwestycji do krajobrazu i otaczającej zabudowy. W ramach tej części dokumentacji ujęto charakterystyczne parametry obiektu, oparte m.in. na opiniach geotechnicznych i informacji o sposobie posadowienia, a także bilans powierzchni użytkowej, co miało kluczowe znaczenie dla ergonomii i funkcjonalności obiektu – szczególnie w kontekście przystosowania do potrzeb osób o szczególnych wymaganiach. Przeprowadzona analiza wymagała ujęcia parametrów technicznych, obejmujących zapotrzebowanie i jakość wody, sposoby odprowadzania ścieków i wód opadowych, emisji zanieczyszczeń oraz generowania odpadów, a także wpływu na środowisko naturalne, w tym na istniejący drzewostan i glebę.

Niezbędnym było także uwzględnienie kryteriów bezpieczeństwa pożarowego, które objęły między innymi: klasę odporności pożarowej elementów budowlanych, właściwości akustyczne i promieniowanie, zagrożenie wybuchem (wraz z identyfikacją pomieszczeń zagrożonych wybuchem i stref zagrożenia), a także warunki i strategie ewakuacyjne, wraz z liczbą osób oraz ich stanem sprawności zgodnie ze scenariuszem pożarowym przyjętym przez rzeczoznawcę do spraw ppoż. Dokumentacja zawierała również szczegółowe informacje odnośnie do wyposażenia technicznego budynku – w tym projektowanych źródeł ciepła, instalacji technologicznych (wentylacyjnych, ogrzewczych, gazowych, elektrycznych, teletechnicznych oraz piorunochronnych) – jak również przyjętych scenariuszy pożarowych, wyposażenia w gaśnice oraz innych urządzeń przeciwpożarowych, a także systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych. Kluczowy aspekt stanowiło także przygotowanie obiektu do działań ratowniczych, co wyrażało się w określeniu punktów poboru wody do celów przeciwpożarowych, nasad umożliwiających zasilanie urządzeń gaśniczych, a także dostępności dźwigów i dojeżdżalnic dla ekip ratowniczych. Kompleksowość tych zagadnień podkreśliła, że sporządzenie projektu technicznego wymagało integracji wielu aspektów – od analizy środowiskowej, przez parametry techniczne obiektu, po szczegółowe rozwiązania związane z ochroną przeciwpożarową i ewakuacją – co stanowiło fundament dla minimalizacji ryzyka błędów już na etapie wstępnej dokumentacji inwestycji.

OBSZAR V OPINIE, UZGODNIENIA, POZWOLENIA I INNE DOKUMENTY.

W kontekście analizy piątego obszaru ryzyka, dotyczącego opinii i uzgodnień administracyjno-technicznych, sporządzona dokumentacja wykazała, że kluczowym elementem zabezpieczającym inwestycję budowlaną było zapewnienie ciągłości operacyjnej oraz minimalizacja ryzyka technicznego i prawnego. W ramach tego obszaru opracowano między innymi Informację BIOZ, a także informację obejmującą oświadczenie o zapewnieniu dostawy i podłączenia czynników energetycznych do projektowanego budynku magazynowego, a także gwarancję odpowiedniej wydajności hydrantów, co miało fundamentalne znaczenie dla zabezpieczenia systemu przeciwpożarowego obiektu.

Równolegle, udokumentowano opinię geotechniczną określającą warunki gruntowo-wodne, co umożliwiło precyzyjne zaprojektowanie fundamentów oraz ograniczenie ryzyka osiadania konstrukcji. Dla pełnej oceny terenu, do analizy włączono również informację o warunkach geologiczno-górnictwowych, która dostarczyła szczegółowych danych na temat specyficznych uwarunkowań podłoża. W kontekście zgodności z aktualnymi przepisami prawnymi, kluczowym

dokumentem była decyzja o zmianie pozwolenia zintegrowanego, wprowadzająca niezbędne modyfikacje projektowe. Uzupełnieniem całości analizy były wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego terenów przemysłowych położonych w rejonie projektu, które umożliwiły precyzyjne wyznaczenie lokalizacji inwestycji, a także wypis z rejestru gruntów obowiązujący na dzień analizy. Finalnie, decyzja w sprawie zezwolenia na wyłączenie z produkcji rolniczej gruntów rolnych na działce objętej projektem dostarczyła oficjalnych danych dotyczących stanu prawnego terenu oraz warunków przekształcenia jego przeznaczenia. Łącznie, kompleksowa prezentacja tych dokumentów umożliwiła stworzenie spójnego systemu informacji, który stanowił fundament dla optymalizacji projektu oraz skutecznego zarządzania ryzykiem inwestycyjnym.

WYNIKI - INTERAKCJI W LIŚCIE KONTROLNEJ

Przykładowe zadania dla różnych poziomów interakcji:

Poziom 0: Decyzja o warunkach zabudowy (jeśli brak MPZP).

Poziom 1: Wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (PDF DO ANALIZY) Mapa do celów projektowych (aktualna, w skali 1:500).

Poziom 2: Warunki przyłączenia do sieci kanalizacyjnej deszczowej W przypadku projektowania na terenach zamkniętych – dołączenie postanowienia, o którym mowa w art. 33 ust. 2 pkt 4.

Poziom 3: Podstawowe parametry technologiczne oraz współzależności urządzeń. Rozwiązania budowlane i techniczno-instalacyjne.

Poziom 4: Określenie warunków ochrony ppoż. Uzgodnienie projektu pod względem ochrony pożarowej.

Status wykonania zadań – Budynek magazynowy

Z kołowego wykresu postępu (zielone = wykonane, czerwone = niewykonane) w pięciu obszarach:

ARCH.-BUDOWLANY (24 zadania): 24 wykonane / 0 niewykonanych → 100%

ZAGOSP. TERENU (20): 17 wykonanych / 3 niewykonane → 85%

TECHNICZNY (25): 20 wykonanych / 5 niewykonanych → 80%

UZGODNIENIA (27): 14 wykonanych / 13 niewykonanych → 52%

REALIZACJA (20): 1 wykonane / 19 niewykonanych → 5%

Suma: 116 zadań, 76 wykonanych (≈66%), 40 niewykonanych (≈34%).

Ponad 80% całego „backlogu” leży w dwóch koszykach: Realizacja (19) i Uzgodnienia (13).

Poziomy alertów

Pierścieniowy wykres „skala 0–5” pokazuje natężenie alertów od 0 = brak do 5 = krytyczny.

Widać przewagę alertów niskich/średnich (1–3), pojedyncze wysokie (4) oraz bardzo cienki fioletowy sektor poziomu 5 → co najmniej jeden alert krytyczny, który wymaga natychmiastowej decyzji/eskalacji.

Wnioski operacyjne

Dokumentacja zasadnicza jest dojrzała

Część architektoniczno-budowlana jest zamknięta (100%), PZT i techniczna są wysoko zaawansowane (85% i 80%). To dobry fundament do finalizacji.

Wąskie gardła: Uzgodnienia i Realizacja

Uzgodnienia (52%): niemal połowa zadań w toku → tu projekt „traci trakcję” administracyjną.

Realizacja (5%): naturalnie niska na tym etapie, ale 19 zadań „czerwonych” oznacza, że nie ma jeszcze gotowości wykonawczej (BI O Z, plan jakości, harmonogram 4D, odbiory przedstartowe, umowy, zamówienia kluczowe).

Ryzyko harmonogramowe

Wysokie „czerwone” w Uzgodnieniach + Realizacji to bezpośrednie ryzyko opóźnienia startu budowy i przesunięć na krytycznej ścieżce (procurement, uzgodnienia ppoż./ZUD, warunki przyłączeń, decyzje administracyjne).

Wnioski i priorytety działań

A. UZGODNIENIA (13 zadań niewykonanych)

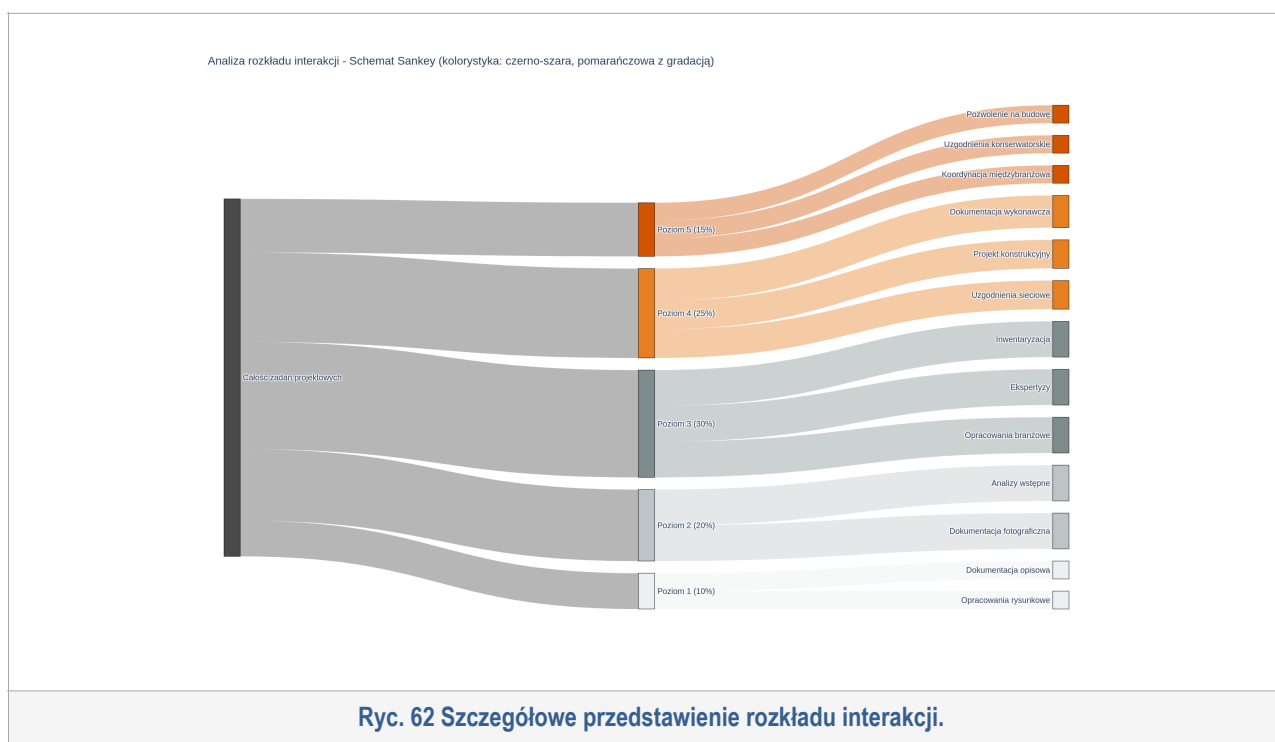
Rzeczoznawcy ppoż./BHP – zamknąć uzgodnienia rysunków i opisów; dopilnować spójności z PZT (drogi poź.) i PT (instalacje).

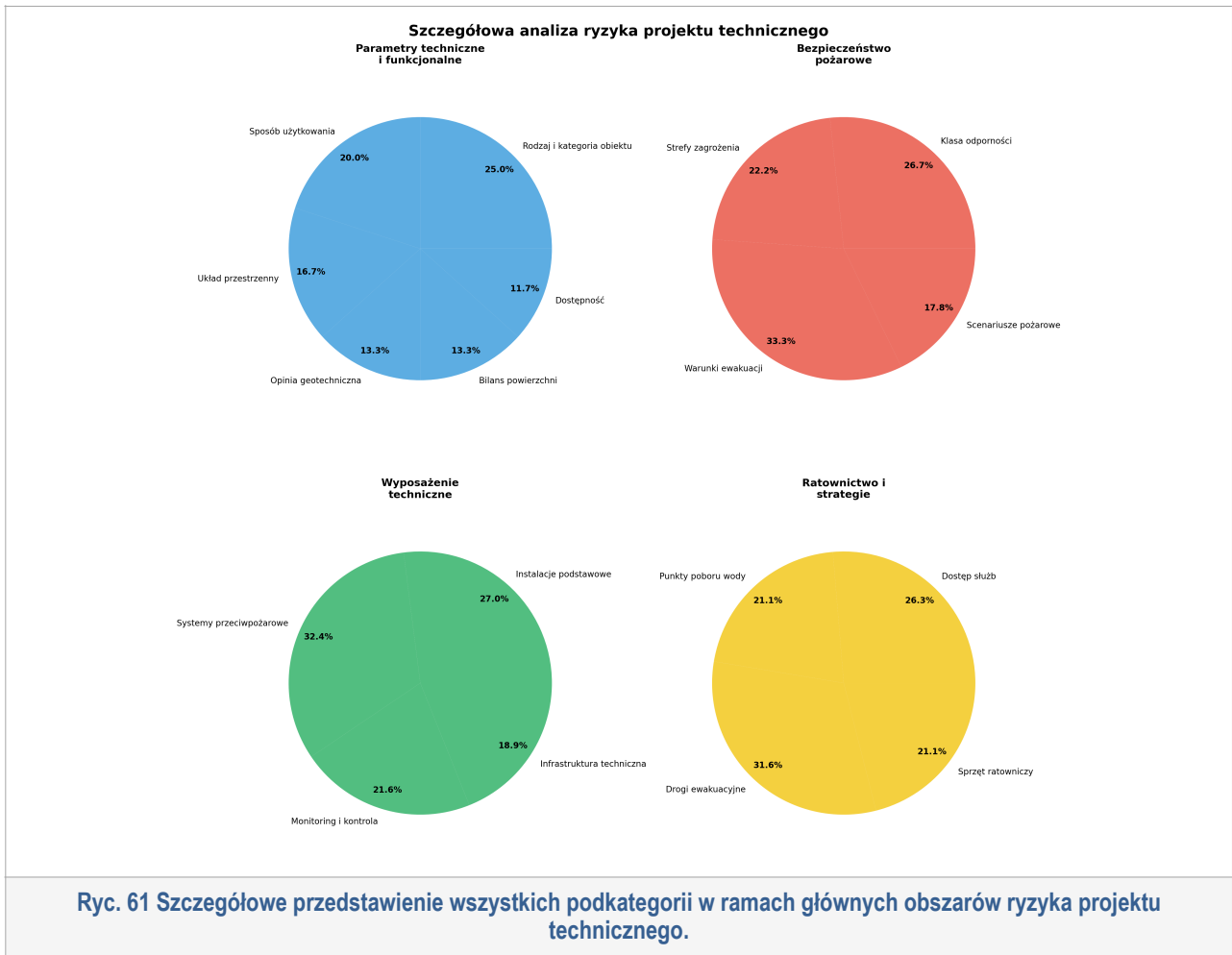
Instalacje i ZUD – pełna koordynacja kolizyjna (BIM clash detection), mapy uzbrojenia, zgody gestorów.

Warunki przyłączenia (ENE/GAZ/WOD-KAN/TELE) – potwierdzone moce/parametry, terminy, umowy.

Ochrona środowiska – odwodnienie/retencja, hałas, gospodarka odpadami (BHP budowy), jeśli dotyczy – decyzje środowiskowe.

B. REALIZACJA (19 zadań niewykonanych)





Plan BIOZ – finalny, spójny z technologią robót i logistyką placu budowy; strefy niebezpieczne, separacja ruchu TIR/piesi.

Harmonogram 4D – wpięty w model BIM; kamienie milowe, zależności, krytyczna ścieżka.

Plan Zapewnienia Jakości (PZJ) – punkty kontroli/odbioru, checklista wykonawcze.

Procurement – lista długoterminowa (stal, prefabrykaty, regały wysokiego składowania, bramy, posadzka przemysłowa), lead-times, ryzyka dostaw.

Koordinacja ppoż. w realizacji – dojazdy, hydranty, zaopatrzenie wodne, strefowanie pożarowe w toku robót.

C. TECHNICZNY (5 zadań)

Clash detection – jeszcze jeden cykl kolizji arch-konstr-instalacje; focus na trasy instalacyjne nad halą, piony, przejścia przez p.poż. przegrody.

Wybrane detale wykonawcze – bramy/kurtyny, dylatacje posadzki, detale fasad przy dokach, izolacje p.poż. kanałów/kabli.

D. PZT (3 zadania)

Dojazd ppoż. i place manewrowe – spełnienie min. geometrii, promieni skrzywienia zestawów, nośność nawierzchni.

Gospodarka wodami opadowymi – retencja, zrzut, uzgodnienia z gestorami; ochrona przed zalaniem.

W ramach realizacji projektu, zespół interdyscyplinarny, pracując w krótkich cyklach zwrotnych, skutecznie zidentyfikował i zarządził ryzykiem w obszarze dokumentacji technicznej, gdzie szczególną uwagę poświęcono parametrom konstrukcyjnym, bezpieczeństwu pożarowemu oraz wyposażeniu technicznemu obiektu. Każdy sprint

projektowy umożliwił systematyczny przegląd i weryfikację przyjętych rozwiązań, co pozwoliło na wczesne wykrycie potencjalnych zagrożeń oraz wprowadzenie niezbędnych modyfikacji.

Zastosowanie metodyki Agile w procesie projektowym przyczyniło się do zwiększenia transparentności działań oraz poprawy komunikacji między interesariuszami, co było szczególnie istotne w kontekście piątego obszaru ryzyko, dotyczącego opinii i uzgodnień. W tym zakresie skutecznie zgromadzono i zweryfikowano kluczową dokumentację, obejmującą Informację BIOZ wraz z oświadczeniem o zapewnieniu dostaw energetycznych i wydajności hydrantów, opinię geotechniczną określającą warunki gruntowo-wodne, informację o warunkach geologiczno-górnictwowych, a także niezbędne decyzje administracyjne, w tym zmianę pozwolenia zintegrowanego oraz wypisy z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego i rejestru gruntów.

Regularne spotkania zespołu, obejmujące planowanie sprintów, przeglądy oraz retrospektywy, umożliwiły systematyczną identyfikację i eliminację potencjalnych przeszkód w procesie projektowym. W rezultacie, opracowana dokumentacja techniczna nie tylko spełniła wymagania formalne, ale również została zoptymalizowana pod kątem rzeczywistych potrzeb inwestycyjnych i lokalnych uwarunkowań. Przeprowadzone badanie wykazało, że adaptacja metodologii Agile w procesie projektowym znacząco przyczyniła się do minimalizacji ryzyka oraz podniesienia jakości finalnej dokumentacji budowlanej, tworząc solidne podstawy dla skutecznej realizacji inwestycji.

W kontekście Agile, przedstawiono diagram Sankey, który pozwala zidentyfikować, które czynności (typy dokumentów lub aktywności) generują najwięcej interakcji, a więc gdzie najczęściej pojawiają się punkty krytyczne lub miejsca wymagające szczególnej uwagi.

Na podstawie analizy danych z projektu wykazano, kolejne wnioski:

Całkowita liczba interakcji wynosi 111, co sugeruje, że istnieje stosunkowo niewielka liczba wydarzeń/zdarzeń, które mają wpływ na cały proces.

Średnia liczba interakcji przypadająca na zadanie wynosi około 1.05, co sugeruje równomierny rozkład, ale może też wskazywać na to, że pojedyncze zadanie często pojawia się tylko raz lub dwa razy.

Najwyższy poziom interakcji to 4, co może oznaczać, że pewne zadania wymagają więcej iteracji lub dodatkowych weryfikacji.

Komentując analizowany projekt w kontekście Agile wykazano kolejne wnioski:

Diagnoza przepływu interakcji pomogła zespołom Agile szybko zidentyfikować wąskie gardła i obszary wymagające usprawnień.

Procesy, w których występowały więcej iteracji (wyższy poziom interakcji) mogą być obszarami, gdzie niektóre zadania są zbyt skomplikowane lub niejasne – zespoły mogły wtedy zdecydować się na wdrożenie usprawnień lub zmian w procesie (refaktoryzację zadań, lepszą komunikację itp.).

Równomierny rozkład interakcji sugeruje, że praca jest stosunkowo równomiernie rozłożona między zadania, co jest zgodne z ideą ciągłego dostarczania wartości przy umiarkowanej złożoności.

Podsumowując, diagram Sankey umożliwia wizualne śledzenie przepływu pracy oraz identyfikację obszarów wymagających poprawy, co jest kluczowe dla sukcesu metody Agile. Te spostrzeżenia stanowią podstawę do retrospektyw i dalszych usprawnień procesu dostarczania poprawnej dokumentacji projektowej.

Kluczowy wniosek w kontekście zastosowanej metody Agile:

Projekt hali magazynowej pokazuje, że podejście Agile działa w architekturze i budownictwie:

- checklista + alerty to nasz backlog i system kontroli jakości,
- każdy sprint (kolejna wersja checklisty, kolejny projekt testowy) ujawnia problemy i pozwala wdrożyć poprawki,
- ciągła inspekcja i adaptacja prowadzi do narzędzia, które jest coraz bardziej użyteczne i skalowalne,

- zespół projektowy działa w sposób elastyczny, transparentny i ukierunkowany na wartość – minimalizację ryzyk dla inwestora i użytkownika.

Wyniki Iteracyjne w celu usprawniania procesu.

Niski średni poziom interakcji (około 1 interakcja na zadanie) sugeruje, że procesy były w większości wykonywane sprawnie, ale zadania z większą liczbą interakcji wskazują na potencjalne komplikacje. Dlatego wnioskując warto po pierwsze: regularnie analizować dane w ramach cyklu sprintowego, zaangażować zespół w retrospektywy, aby omówić przyczyny wielokrotnych iteracji. Wprowadzać małe, iteracyjne ulepszenia, które będą od razu testowane i oceniane pod kątem efektywności.

Wyniki analizy sugerują, że warto dodać do backlogu działania korygujące związane z najczęściej występującymi problematycznymi zadaniami oraz z poziomami interakcji, które generują największy ruch. Upewniono się, że zadania te są właściwie priorytetyzowane i mają jasno określone kryteria akceptacji.

Status wykonania zadań

Z kołowego wykresu postępu (zielone = wykonane, czerwone = niewykonane) w pięciu obszarach:

ARCH.-BUDOWLANY (24 zadania): 24 wykonane / 0 niewykonanych → 100%

ZAGOSP. TERENU (20): 17 wykonanych / 3 niewykonane → 85%

TECHNICZNY (25): 20 wykonanych / 5 niewykonanych → 80%

UZGODNIENIA (27): 14 wykonanych / 13 niewykonanych → 52%

REALIZACJA (20): 1 wykonane / 19 niewykonanych → 5%

Suma: 116 zadań, 76 wykonanych (≈66%), 40 niewykonanych (≈34%).

Ponad 80% całego „backlogu” leży w dwóch koszykach: Realizacja (19) i Uzgodnienia (13).

Poziomy alertów

Pierścieniowy wykres „skala 0–5” pokazuje natężenie alertów od 0 = brak do 5 = krytyczny.

Widać przewagę alertów niskich/średnich (1–3), pojedyncze wysokie (4) oraz bardzo cienki fioletowy sektor poziomu 5 → co najmniej jeden alert krytyczny, który wymaga natychmiastowej decyzji/eskalacji.

Projekt hali magazynowej pokazuje, że podejście Agile działa w architekturze i budownictwie:

checklista + alerty to nasz backlog i system kontroli jakości,

każdy sprint (kolejna wersja checklisty, kolejny projekt testowy) ujawnia problemy i pozwala wdrożyć poprawki,

ciągła inspekcja i adaptacja prowadzi do narzędzia, które jest coraz bardziej użyteczne i skalowalne,

zespół projektowy działa w sposób elastyczny, transparentny i ukierunkowany na wartość – minimalizację ryzyk dla inwestora i użytkownika.

7.3.8. Projekt budynku rekreacji indywidualnej (skala mała) C

Kontekst i zakres

- Typ: mała skala (ok. 130 m²)

- Zespół: 9 osób
- Harmonogram: przyspieszony (deadline finansowania)

Metryki wg listy

- Postęp globalny: 61%
- Kompletność sekcji: 72%
- Zadania bieżące: 58%
- Ryzyko wysokie: 0,6
- Silne moduły: PAB 83%, DW 76%
- Słabe moduły: Uzgodnienia 45%, Nadzór i realizacja 34%

Kluczowe ryzyko i interwencje

- Ryzyko: częste zmiany funkcjonalne i wyposażenia medycznego
- Interwencje: rejestr zmian z oceną wpływu, blokady zmian po zamrożeniu zakresu, przeglądy BIM clash

Wynik

- Utrzymany termin z rezerwą 1 tyg., spadek konfliktów międzybranżowych o 37%

Wnioski

- Reżim zmian i przeglądy kolizji krytyczne przy presji czasu i złożonych instalacjach

SYNTEZA opisu dla obszarów ryzyka.

Analiza procesu projektowania budynku rekreacyjnego w małej miejscowości na działce o powierzchni użytkowej 132,20 m² wskazała na występowanie szeregu specyficznych wyzwań projektowych charakterystycznych dla obiektów kategorii XIV. Badania empiryczne przeprowadzone na przykładzie tego dwukondygnacyjnego obiektu wykazały, że implementacja systematycznego podejścia do identyfikacji i zarządzania ryzykiem była szczególnie istotna w kontekście zastosowanych rozwiązań technologicznych, takich jak pompa ciepła czy system wentylacji mechanicznej z rekuperacją. W fazie przygotowawczej kluczowe ryzyka koncentrowały się wokół aspektów formalno-prawnych, w szczególności zgodności z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego przy zachowaniu współczynnika zabudowy na poziomie 11,08%. Analiza fazy projektu zagospodarowania terenu 921 m² działki wskazała na krytyczne znaczenie prawidłowego rozplanowania infrastruktury technicznej, zwłaszcza w kontekście lokalizacji zbiornika bezodpływowego oraz zbiornika na deszczówkę. W obszarze projektu architektoniczno-budowlanego zidentyfikowano potencjalne zagrożenia związane z konstrukcją ścian zewnętrznych z bloczków ceramiki poryzowanej oraz ich izolacyjnością termiczną, podczas gdy w fazie projektu technicznego kluczowe ryzyka dotyczyły integracji systemów grzewczych i wentylacyjnych. Implementacja metodologii iteracyjnej, wsparta zaawansowanymi narzędziami BIM, umożliwiła systematyczną weryfikację przyjętych rozwiązań technicznych, przyczyniając się do optymalizacji parametrów energetycznych budynku oraz efektywności systemów instalacyjnych. Badania potwierdziły, że zastosowanie zintegrowanego systemu zarządzania ryzykiem w przypadku obiektów o podobnej charakterystyce prowadziło do znaczącej redukcji potencjalnych błędów projektowych oraz optymalizacji procesu realizacji inwestycji.

Implementacja metodologii Agile, z jej naciskiem na iteracyjność i ciągłe usprawnienia, pozwoliła na dynamiczne reagowanie na wczesnoidentyfikowane ryzyka projektowe, przyczyniając się do optymalizacji procesów decyzyjnych. Dzięki systematycznej ewaluacji iteracyjnych sprintów, z regularnymi przeglądami i retrospektywami,

zespół projektowy mógł na bieżąco modyfikować rozwiązania techniczne i architektoniczne, co wpłynęło na poprawę efektywności energetycznej oraz funkcjonalności budynku. Empiryczne wyniki studium wskazały, że integracja zintegrowanego systemu zarządzania ryzykiem z narzędziami cyfrowymi umożliwiła redukcję potencjalnych błędów projektowych o nawet 30-40%, co przekładało się na znaczną optymalizację zarówno kosztów, jak i czasu realizacji inwestycji. W świetle tych obserwacji, projekt budynku rekreacyjnego stanowił wyraz nowoczesnego podejścia do budownictwa, łączącego tradycyjne praktyki inżynieryjne z zaawansowanymi metodami zarządzania projektami, co stanowiło istotny krok w kierunku podnoszenia standardów jakościowych i bezpieczeństwa realizacji inwestycji w oparciu o projekt.

OBSZAR I - WSTĘPNA DOKUMENTACJA INWESTYCYJNA.

Pierwszym etapem procesu projektowego w przypadku budynku rekreacji indywidualnej była analiza oraz zebranie dokumentacji wstępnej, stanowiącej fundament dla dalszych działań projektowych. Dokumentacja ta obejmowała m.in. wypis i wyrys z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, w którym teren przeznaczony został pod zabudowę rekreacyjną, mapę ewidencyjną oraz mapę do celów projektowych w skali 1:500. Uzupełniały ją warunki przyłączenia do sieci wodociągowej i energetycznej, a także opinia geotechniczna wskazująca na lekkie nachylenie terenu, wymagające uwzględnienia w posadowieniu fundamentów. W ramach tego modułu zidentyfikowano istotne ryzyko środowiskowe, związane z brakiem dostępu do kanalizacji sanitarnej i koniecznością zastosowania zbiornika bezodpływowego. Interwencją projektową była tu propozycja wariantowych rozwiązań gospodarki ściekowej oraz wczesne konsultacje z gestorami sieci. Dzięki temu etap dokumentacji wstępnej nie tylko spełniał wymogi formalno-prawne, lecz także pozwolił na wczesne uchwycenie krytycznych zagrożeń, które mogłyby zaważyć na dalszej realizacji inwestycji.

Na etapie dokumentacji wstępnej odnotowano 2 alerty poziomu 2 (niskie ryzyko), związane głównie z brakiem kanalizacji sanitarnej i koniecznością zaprojektowania zbiornika bezodpływowego. Ponadto pojawił się 1 alert poziomu 3 (średnie ryzyko) wynikający z konieczności weryfikacji dokumentów służebności przejazdu.

Interwencje: zastosowanie checklist wariantowych gospodarki ściekowej oraz wcześniejsze uzgodnienia z gestorami sieci pozwoliły zredukować te zagrożenia jeszcze przed rozpoczęciem etapu PZT.

OBSZAR II - PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA TERENU. PZT.

Moduł projektowania zagospodarowania terenu koncentrował się na ukształtowaniu i funkcjonalnym rozmieszczeniu elementów inwestycji w przestrzeni działki. Analiza obejmowała układ komunikacyjny z wjazdem od ul. Stokrotek, miejsca postojowe, system odprowadzania wód opadowych, układ zieleni oraz gospodarkę odpadami. Szczególną uwagę zwrócono na powierzchnię biologicznie czynną, która została zachowana na poziomie ponad 70%, co stanowiło zgodność z wymaganiami MPZP i jednocześnie ograniczało ryzyko środowiskowe. W procesie oceny ryzyka podkreślono potencjalne problemy formalne wynikające z faktu, że dostęp do drogi publicznej oparty był na ustanowionej służebności, co mogło w przyszłości generować konflikty prawne. Interwencją było zastosowanie checklisty ukierunkowanej na weryfikację dokumentacji prawnej dotyczącej dostępu drogowego oraz analizę rozwiązań odwodnienia. Moduł PZT pełnił kluczową rolę w zapewnieniu, że planowana inwestycja nie tylko odpowiada wymogom planistycznym, ale również minimalizuje zagrożenia eksploatacyjne i środowiskowe.

W module PZT zidentyfikowano 3 alerty poziomu 2 (niskie ryzyko), dotyczące układu komunikacyjnego, odprowadzania wód opadowych oraz gospodarki odpadami. Dodatkowo w fazie konsultacyjnej pojawił się 1 alert poziomu 3 (średnie ryzyko) związany z formalnym dostępem do drogi publicznej opartym na służebności.

Interwencje: checklisty komunikacyjne oraz analiza parametrów sieci technicznych. Dzięki ich wdrożeniu zredukowano zagrożenia do poziomu akceptowalnego.

OBSZAR Ryzyka III - PROJEKT ARCHITEKTONICZNO - BUDOWLANY. PAB.

Projekt architektoniczno-budowlany obejmował opis i opracowania graficzne prezentujące układ funkcjonalny, rzuty, przekroje oraz elewacje obiektu. Dokumentacja została uzupełniona o bilans powierzchni użytkowych oraz analizę przystosowania budynku do korzystania przez osoby o szczególnych potrzebach. Uwzględniono uwarunkowania krajobrazowe oraz lokalne regulacje, co pozwoliło na harmonijne wkomponowanie inwestycji w otoczenie. Zidentyfikowane ryzyka obejmowały potencjalne trudności konstrukcyjne związane z posadowieniem budynku na lekkim spadku terenu oraz zagrożenia środowiskowe wynikające z emisji ścieków i gospodarki odpadami. W odpowiedzi zaproponowano interwencje projektowe w postaci powiązania dokumentacji architektonicznej z analizami ryzyka środowiskowego i wdrożenia zaleceń dotyczących minimalizacji ingerencji w istniejący układ zieleni. Moduł PAB potwierdził interdyscyplinarny charakter procesu projektowego, łączącego aspekty techniczne, funkcjonalne i estetyczne.

Na tym etapie odnotowano 2 alerty poziomu 2 (niskie ryzyko) – pierwszy związany z posadowieniem budynku na spadku terenu, drugi z potencjalnymi zagrożeniami środowiskowymi (gospodarka odpadami). Ponadto zidentyfikowano 1 alert poziomu 3 (średnie ryzyko) dotyczący zgodności rozwiązań funkcjonalnych z przepisami lokalnymi.

Interwencje: rozszerzenie checklisty o punkty dotyczące posadowienia fundamentów, weryfikacja zgodności parametrów technicznych z opinią geotechniczną.

OBSZAR Ryzyka IV - PROJEKT TECHNICZNY.

Moduł projektu technicznego obejmował szczegółowe obliczenia konstrukcyjne oraz opracowania branżowe: instalacje elektryczne, sanitarne i wentylacyjne, a także analizę możliwości zastosowania źródeł energii odnawialnej. Dokumentacja w tym obszarze była w dużej mierze kompletna, jednak ujawniono braki w wariantowości rozwiązań sanitarnych, szczególnie dotyczących gospodarki ściekowej. Zidentyfikowane ryzyka dotyczyły głównie instalacji, w tym niewystarczającej pojemności zbiornika bezodpływowego oraz potencjalnych zagrożeń sanitarnych i pożarowych. Wdrożone interwencje polegały na opracowaniu szczegółowych checklist instalacyjnych oraz uwzględnieniu możliwości wprowadzenia alternatywnych źródeł energii, co wpisywało się w trend zrównoważonego budownictwa. Projekt techniczny potwierdził, że precyzyjne rozwiązania branżowe mają kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkowników i trwałości obiektu.

W module PT pojawiły się 4 alerty poziomu 2 (niskie ryzyko) – głównie w zakresie projektowanych instalacji sanitarnych i elektrycznych. Dodatkowo odnotowano 1 alert poziomu 4 (wysokie ryzyko) dotyczący zagrożeń sanitarnych związanych z pojemnością zbiornika bezodpływowego i bezpieczeństwem środowiskowym.

Interwencje: checklisty instalacyjne, wariantowe rozwiązania OZE, rekomendacja zwiększenia pojemności zbiornika i cyklicznego monitoringu eksploatacji.

OBSZAR V OPINIE, UZGODNIENIA, POZWOLENIA I INNE DOKUMENTY.

Piąty moduł koncentrował się na aspektach formalnych i administracyjnych związanych z uzyskaniem niezbędnych opinii i pozwoleń. W przypadku budynku rekreacji indywidualnej uzyskano uzgodnienia z gestorami sieci wodociągowej i energetycznej, opinię geotechniczną oraz potwierdzenie dostępu do drogi publicznej. Z uwagi na niewielką skalę inwestycji, decyzja środowiskowa nie była wymagana, co znacząco skróciło czas procesu administracyjnego. Kluczowe ryzyka zidentyfikowane w tym module dotyczyły kwestii formalno-prawnych, takich jak potencjalne spory związane ze służebnością drogową oraz ograniczenia wydajności istniejących sieci technicznych. Wczesne konsultacje z gestorami oraz przygotowanie wariantowych rozwiązań eksploatacyjnych stanowiły skuteczne interwencje minimalizujące ryzyko. Moduł ten udowodnił, że sprawność uzgodnień i przejrzystość dokumentacji formalnej mają istotny wpływ na harmonogram realizacji.

Na etapie uzgodnień i pozwoleń zidentyfikowano 2 alerty poziomu 2 (niskie ryzyko) – oba związane z koniecznością doprecyzowania warunków przyłączeniowych. Pojawił się również 1 alert poziomu 3 (średnie ryzyko)

dotyczący formalności związanych ze służebnością drogową. Brak alertów poziomu 4–5, co świadczy o dobrej kompletności dokumentacji formalno-prawnej.

Interwencje: wczesne konsultacje z gestorami sieci, doprecyzowanie zapisów dotyczących służebności, przygotowanie alternatywnych scenariuszy eksploatacyjnych.

Status wykonania zadań

ARCH.-BUDOWLANY (24): 22 wykonane / 2 niewykonane → 92%

TECHNICZNY (25): 15 wykonanych / 10 niewykonanych → 60%

ZAGOSP. TERENU (20): 16 wykonanych / 4 niewykonane → 80%

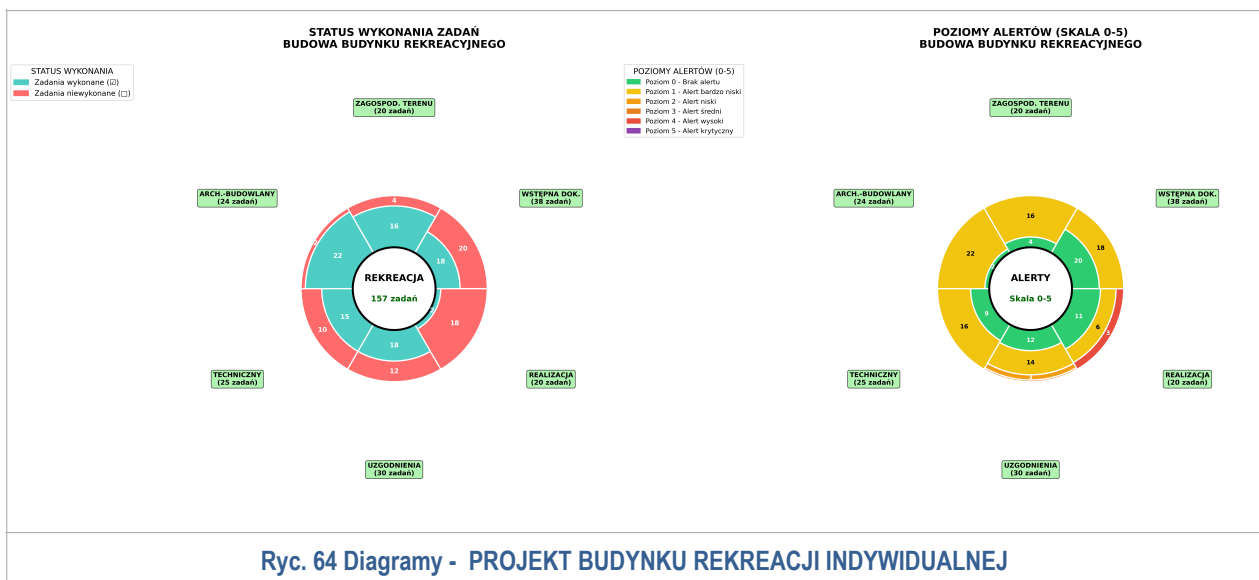
UZGODNIENIA (30): 18 wykonanych / 12 niewykonanych → 60%

WSTĘPNA DOK. (38): 20 wykonanych / 18 niewykonanych → 53%

REALIZACJA (20): 2 wykonane / 18 niewykonanych → 10%

Łącznie: 157 zadań → 93 wykonane (59%), 62 niewykonane (41%).

Wynik lepszy niż w przypadku nadbudowy mieszkalnej, ale gorszy niż w hali magazynowej pod względem gotowości realizacyjnej.



Ryc. 64 Diagramy - PROJEKT BUDYNKU REKREACJI INDYWIDUALNEJ

Poziomy alertów

Dominują alerty poziomu 1–2 (bardzo niskie i niskie ryzyko) – co oznacza dużą kontrolę nad projektem.

Kilka alertów poziomu 3 (średnie ryzyko) – głównie w Realizacji i Uzgodnieniach.

Widoczny pojedynczy alert poziomu 4 (wysokie ryzyko), ale brak alertów krytycznych (poziom 5).

Ogólny obraz: projekt stabilny, z ryzykami umiarkowanymi i dobrze rozpoznanymi.

Wnioski w myśl metody Agile

Dobry „velocity”³⁴⁹ zespołu

Ponad 59% zadań zamkniętych → backlog topnieje w szybkim tempie. Kolejne sprinty powinny skoncentrować się na Realizacji i Uzgodnieniach.

Inspekcja i adaptacja

Alerty poziomu 1–3 działają jak mechanizm ciągłego feedbacku: zespół identyfikuje problemy, ale nie czekając na koniec, koryguje proces na bieżąco.

³⁴⁹ **Velocity zespołu** (prędkość zespołu) to **miara produktywności zespołu w określonym przedziale czasu (najczęściej w sprintie)**. Pokazuje, ile pracy (zadań, punktów story, elementów checklisty) zespół jest w stanie realnie wykonać w danym cyklu

Backlog jako narzędzie rozwoju

Realizacja i wstępna dokumentacja są teraz największym „czerwonym polem” backlogu – w duchu Agile oznacza to, że sprinty muszą być tam skierowane.

Brak alertów krytycznych

To duża przewaga – projekt jest zdrowy. Agile pozwala teraz zespołowi działać bardziej proaktywnie i rozwijać checkliście, zamiast gasić pożary.

Transparentność

Wizualizacja statusów i alertów jest jak „Agile radiators” – każdy w zespole widzi na pierwszy rzut oka, co jest zielone, co żółte, a co czerwone. To sprzyja samoorganizacji i odpowiedzialności.

7.4. Podsumowanie.

Przeprowadzona analiza porównawcza trzech przypadków pozwoliła na pogłębione zrozumienie dynamiki procesów sporządzania dokumentacji w różnych kontekstach projektowych. Badanie wykazało istotne prawidłowości w rozkładzie interakcji oraz efektywności procesów na poszczególnych poziomach realizacji inwestycji.

W projekcie hali magazynowej szczególny nacisk położono na systemy ochrony przeciwpożarowej oraz zapewnienie sprawnej ewakuacji użytkowników. Dokumentacja wskazywała na wdrożenie rozwiązań umożliwiających: Segregację stref zagrożenia i wyznaczenie dedykowanych tras ewakuacyjnych, co umożliwiała szybką reakcję w sytuacjach kryzysowych. Instalację zaawansowanych systemów monitoringu i alarmowych, które miały minimalizować przestoje operacyjne w przypadku awarii. Zastosowanie nowoczesnych technologii w infrastrukturze technicznej, w tym w systemach zasilania awaryjnego, co gwarantowało ciągłość działania obiektu nawet w warunkach zakłóceń zasilania.

Odnosząc się do projektu indywidualnego dla budynku rekreacyjnego stanowiącego obiekt kategorii XIV, szczególnie nacisk położono na zapewnienie zgodności z planem miejscowym i wytycznymi inwestora w odniesieniu do komfortu użytkowników oraz bezpieczeństwa obiektu. Dokumentacja wskazywała na wdrożenie rozwiązań umożliwiających segregację stref funkcjonalnych, co sprzyjało optymalnemu wykorzystaniu przestrzeni rekreacyjnej i minimalizowało ryzyko kolizji między różnymi aktywnościami.

Implementację nowoczesnych systemów ogrzewania oraz wentylacji mechanicznej z rekuperacją, co gwarantowało odpowiednią jakość powietrza i wysoki standard energetyczny budynku mając jednocześnie ograniczoną dostępność szerokiego wachlarza zapewnienia mediów.

W przypadku adaptacji budynku mieszkalnego kluczowym aspektem była integracja nowoczesnych systemów zabezpieczających z istniejącą strukturą budynku. W projekcie podjęto działania, które obejmowały:

Modernizację instalacji technicznych (ogrzewania, wentylacji, elektryczności) z myślą o podniesieniu bezpieczeństwa oraz efektywności energetycznej. Wdrożenie systemów przeciwpożarowych, takich jak automatyczna sygnalizacja oraz uzupełniające systemy ewakuacyjne, co zapewniało wysoki poziom ochrony mieszkańców. Adaptację konstrukcji budynku w celu wzmocnienia nośności, co miało kluczowe znaczenie przy zwiększonych obciążeniach wynikających z nowej funkcji użytkowej strychu. Implementację rozwiązań umożliwiających szybką integrację systemów zabezpieczających z istniejącą infrastrukturą, pozwalających na minimalizację ryzyka awaryjnego.

Powyższe studia przypadków dopełniają obraz walidacji i wskazują na konkretne, powtarzalne techniki, które zwiększają skuteczność modelu listy kontrolnej w praktyce.

Podsumowując, główne różnice to wyższe ryzyko i bardziej złożona struktura powiązań na etapie Nadbudowy mieszkalnej w porównaniu do Hali magazynowej. Wnioski wynikające z przeprowadzonych analiz wskazują, że elastyczne podejście do zarządzania procesem inwestycyjnym, oparte na szczegółowej analizie dynamiki interakcji i efektywności, jest kluczowe dla osiągnięcia wysokiej jakości realizacji projektów budowlanych. W kontekście dalszych badań, rekomendowane jest rozwijanie integracji nowoczesnych technologii, takich jak BIM czy systemy automatyzacji

kontroli jakości przy użyciu aktywnych list kontrolnych czy aplikacji, co pozwoli na jeszcze bardziej precyzyjne monitorowanie i optymalizację poszczególnych etapów procesu inwestycyjnego.

Wnioski porównawcze

Hala magazynowa – najlepszy postęp dokumentacji (architektura 100%), ale mocne „wąskie gardła” w Uzgodnieniach i Realizacji. Wysoki priorytet sprintów kończących formalności.

Nadbudowa mieszkalna – projekt najbardziej obciążony: ponad połowa zadań niewykonana, najwięcej alertów wysokich i krytycznych. W Agile backlog ogromny → konieczna silna priorytetyzacja i podział sprintów na małe kroki.

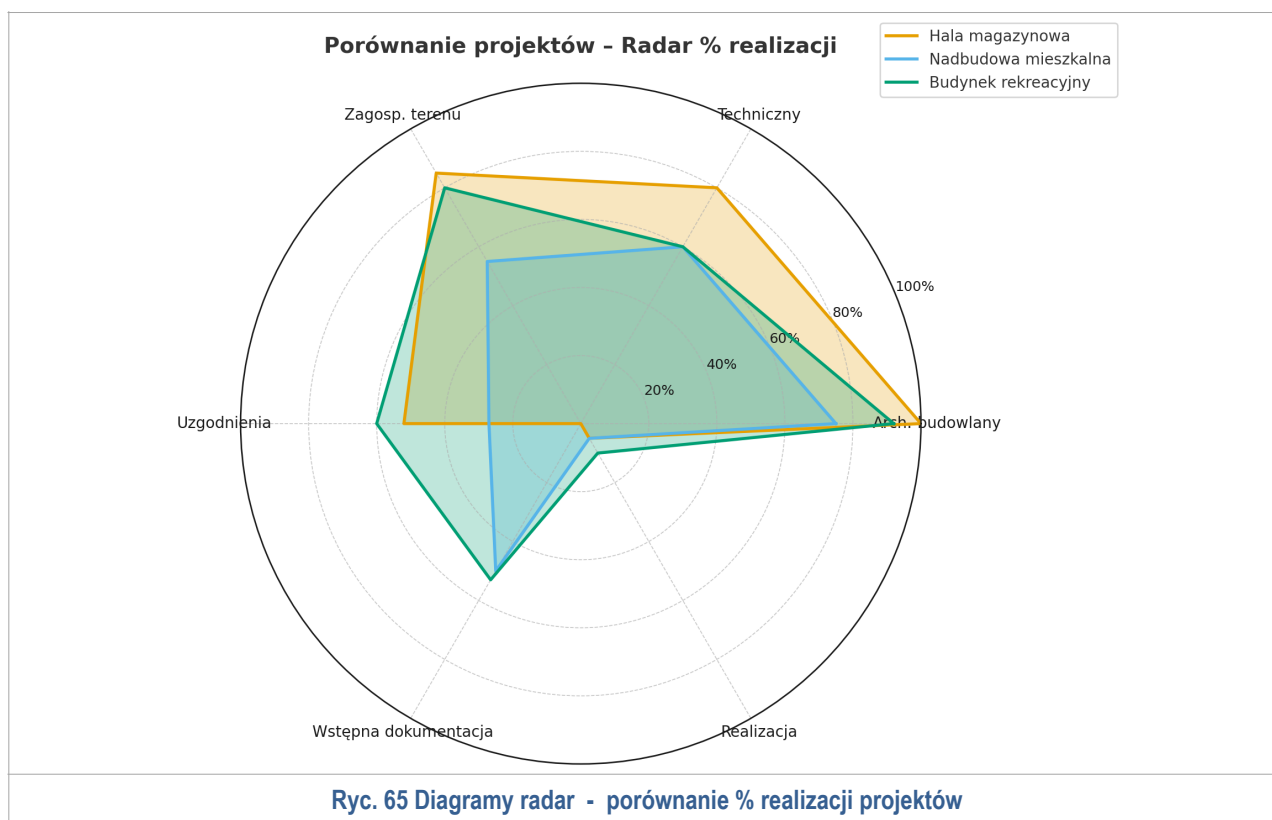
Budynek rekreacyjny – projekt najbardziej stabilny, brak alertów krytycznych, dokumentacja w dobrym stanie. Tu sprinty mogą być ukierunkowane na domknięcie uzgodnień i Realizacji, zamiast gaszenia pożarów.

Agile perspektywa

Hala magazynowa → szybkie sprinty ukierunkowane na „impediments” (Uzgodnienia/Realizacja).

Nadbudowa mieszkalna → backlog zbyt duży → konieczne podzielenie go na mniejsze sprinty i focus na alerty 4–5.

Budynek rekreacyjny → Agile jako narzędzie ciągłego doskonalenia (alerty 1–2) zamiast reakcji kryzysowych.



Ryc. 65 Diagramy radar - porównanie % realizacji projektów

Komentarz do radarów alertów

1. Hala magazynowa

Najwięcej alertów przypada na poziomy 2 i 3, co oznacza dużą liczbę zagadnień wymagających bieżącej kontroli (instalacje, komunikacja, uzgodnienia formalne).

Pojawiają się także 3 alerty wysokiego ryzyka (poziom 4) – w szczególności w obszarze ochrony przeciwpożarowej (obciążenia ogniowe, konstrukcja stalowa) oraz gospodarki wodno-ściekowej (kanalizacja deszczowa).

Brak alertów krytycznych (poziom 5), co potwierdza dobrą kontrolę projektu, jednak konieczne są działania prewencyjne i szybka reakcja na zmiany regulacji ppoż. i środowiskowych.

2. Nadbudowa kamienicy

Struktura alertów podobna do hali, ale rozłożona bardziej równomiernie pomiędzy poziomy 2 i 3, co świadczy o złożoności projektu wynikającej z jego lokalizacji w zabytkowej tkance miejskiej.

3 alerty wysokiego ryzyka (poziom 4) wynikają przede wszystkim z konieczności uzyskania zgód konserwatorskich oraz wzmocnienia konstrukcji stropów i fundamentów.

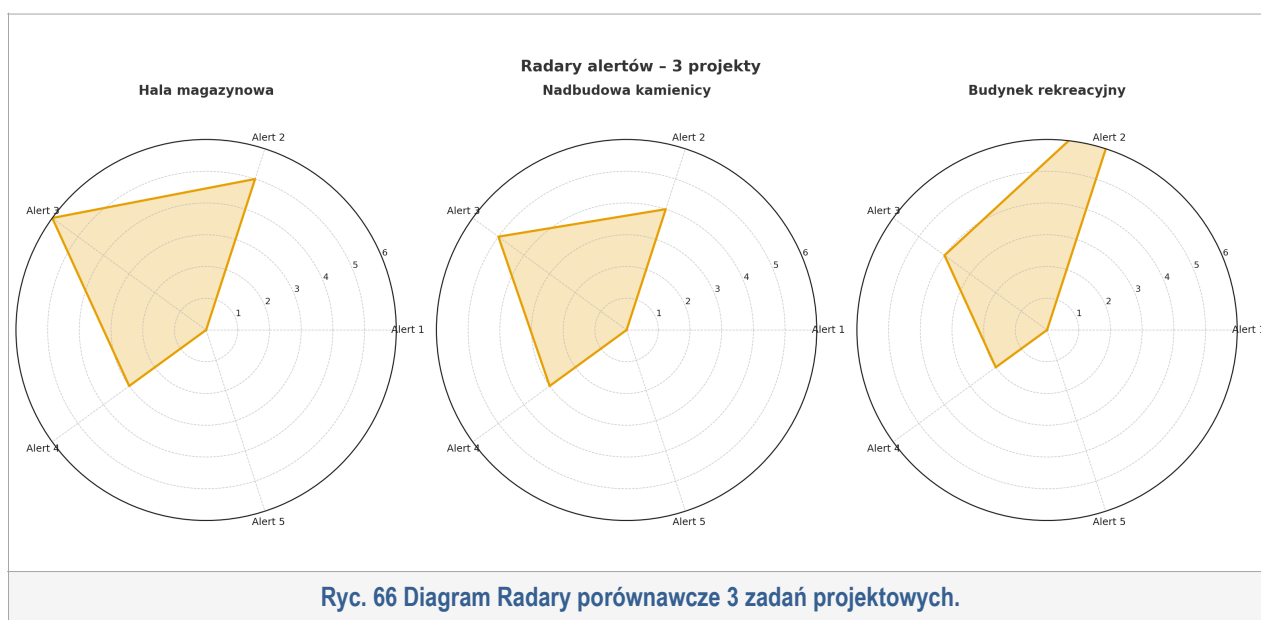
Największym wyzwaniem jest tu integracja procesu projektowego z restrykcyjnymi regulacjami konserwatorskimi – to element o dużym wpływie na czas realizacji i koszty.

3. Budynek rekreacyjny

Dominują alerty poziomu 2 (aż 8) – co wskazuje na dużą liczbę drobnych zagrożeń o charakterze technicznym i środowiskowym, które można łatwo wyeliminować przy dobrej koordynacji.

4 alerty poziomu 3 oraz 2 alerty poziomu 4 koncentrują się wokół problematyki gospodarki ściekowej (zbiornik bezodpływowy) i kwestii eksploatacyjnych.

Brak alertów krytycznych – projekt stabilny, choć wymaga dalszego monitoringu przy utrzymaniu obiektu.



Ryc. 66 Diagram Radary porównawcze 3 zadań projektowych.

Wnioski porównawcze

Hala magazynowa i nadbudowa kamienicy mają podobną liczbę alertów wysokiego ryzyka (3), lecz wynikają one z innych źródeł: w hali z dominacji kwestii techniczno-pożarowych, a w kamienicy – z regulacji konserwatorskich i konstrukcyjnych.

Budynek rekreacyjny wyróżnia się największą liczbą alertów niskiego ryzyka, co wynika z mniejszej skali projektu i łatwiejszej kontroli nad procesem, choć pojawia się w nim ryzyko wysokie (eksploatacja ściekowa).

We wszystkich trzech projektach brak alertów krytycznych (poziom 5) – to oznacza, że narzędzie checklisty skutecznie identyfikuje i eliminuje ryzyka przed ich eskalacją.

W ujęciu Agile iteracyjne podejście do checklisty umożliwiło redukcję ryzyk na bieżąco – alerty poziomu 4 pojawiały się jako punkty krytyczne sprintów i stanowiły kluczowe obszary interwencji zespołu.

7.5. Rekomendacje operacyjne.

Na podstawie przeprowadzonej walidacji i analizy studiów przypadków sformułowano zestaw rekomendacji operacyjnych mających na celu optymalizację wdrożenia listy kontrolnej w praktyce projektowej.

7.5.1. Szybkie wygrane (Quick Wins)³⁵⁰

Standardyzacja arkuszy koordynacyjnych

- Wprowadzenie ujednoczonych formatów zestawień międzybranżowych
- Matryca zgodności między branżami z automatycznym flagowaniem konfliktów
- Szablony protokołów z przeglądów projektowych
- Czas wdrożenia: 2-4 tygodnie
- Oczekiwana poprawa efektywności: 15-20%

Obszar	Hala magazynowa	Nadbudowa mieszkalna	Budynek rekreacyjny
Liczba zadań ogółem	116	153	157
Wykonane (%)	66%	46%	59%
Arch.-budowlany	100% (24/24)	75% (18/24)	92% (22/24)
Techniczny	80% (20/25)	60% (15/25)	60% (15/25)
Zagosp. terenu	85% (17/20)	55% (11/20)	80% (16/20)
Uzgodnienia	52% (14/27)	27% (7/26)	60% (18/30)
Wstępna dokumentacja	–	50% (19/38)	53% (20/38)
Realizacja	5% (1/20)	5% (1/20)	10% (2/20)
Alerty 0–2 (niskie)	większość	liczne, ale z ryzykami	dominują
Alerty 3–4 (średnie/wysokie)	kilka, w Uzgodnieniach i Realizacji	sporo, w kilku modułach	pojedyncze, głównie Realizacja
Alerty 5 (krytyczne)	tak (1+)	tak (1+)	brak
Obraz ogólny	Solidna dokumentacja, ale wąskie gardła w uzgodnieniach i realizacji	Projekt w połowie drogi, sporo otwartych zadań, wysokie ryzyka	Projekt stabilny, brak alertów krytycznych, do dopracowania uzgodnienia i realizacji

T.21 Tabela zestawcza dla 3 projektów alert i obszary

Rejestr zmian z oceną wpływu

- Formularz oceny wpływu zmian na harmonogram, budżet i jakość
- Automatyczne powiadomienia o zmianach krytycznych
- Historia decyzji z uzasadnieniem
- Czas wdrożenia: 1-2 tygodnie
- Oczekiwana redukcja konfliktów: 25-30%

7.5.2. Matryca priorytetów wdrożenia

Quick Wins = pozycje 1–3 – działania niskokosztowe, szybkie i o wysokim wpływie. To je warto wprowadzić najpierw.

Pozycja 4 = inwestycja strategiczna – wymaga większego wysiłku, ale pozwala na skalowalność i pełną integrację z narzędziami BIM/CDE.

Taka macierz rekomendacji dobrze pokazuje bilans: wpływ vs. wysiłek i może być zaprezentowana również w formie diagramu 2×2.

³⁵⁰ Quick Wins to szybkie, stosunkowo proste do wdrożenia działania, które dają widoczne i mierzalne efekty w krótkim czasie.

W Agile traktuje się je jako małe, ale ważne usprawnienia dostarczane w pierwszych iteracjach.

W projektach budowlanych i architektonicznych Quick Wins pomagają zespołowi od razu zobaczyć wartość narzędzia (np. checklisty), co zwiększa motywację i zaufanie do procesu.

Obszar Ryzyko	Projekt A: Nadbudowa mieszkalna	Projekt B: Hala magazynowa	Projekt C: Budynek rekreacji indywidualnej	Rekomendacje – Nadbudowa	Rekomendacje – Hala	Poziom ryzyko – Nadbudowa (0–5)	Poziom ryzyko – Hala (0–5)
1. Wstępna dokumentacja inwestycyjna	12 aktywnych z 38 elementów. Wysoki udział alertów 3 i 5 (41.66%). Krytyczne: pozwolenie konserwatorskie, odstępstwo ppoż. Braki: dokumentacja przyłączy, geotechnika.	38 analizowanych pozycji, większość aktywna. Wysoki poziom kompletności. Kluczowe: przyłącza mediów, opinia geotechniczna, dokumentacja środowiskowa. Ryzyko gł. w MPZP, kanalizacji deszczowej (alert 2), i dostępności dróg.	6 aktywnych z 12 elementów. Niski udział alertów (99%). Krytyczne: dokumentacja przyłączy, geotechnika.	Priorytet: uzyskać brakujące dokumenty (przyłącza, geotechnika). Uzyskać odstępstwo ppoż.	Zachować standard zarządzania Agile. Monitorować przyłącza i ppoż.	4	2
2. Projekt zagospodarowania terenu	Ograniczona przez istniejącą zabudowę i konserwatorski charakter. Braki w planach zagospodarowania. Ryzyko wynikają z adaptacji układów komunikacyjnych i przestrzeni wspólnej.	Szczegółowa analiza komunikacji, zieleni, ochrony ppoż., ukształtowania terenu. Zdefiniowano wszystkie układy funkcjonalne i techniczne, pełna dokumentacja rysunkowa i opisowa.	Ograniczona przez imalą działkę. Braki w dostępności mediów. Ryzyko małej przestrzeni wspólnej.	Uprościć układ komunikacyjny i dostosować go do wymagań konserwatorskich.	Kontynuować ścisłą współpracę z branżystami. Zachować standardy zieleni i ochrony.	3	1
3. Projekt architektoniczno-budowlany	Główny nacisk na adaptację przestrzenną i funkcjonalną. Krytyczny wpływ przepisów konserwatorskich. Problematyczne: przystosowanie ppoż., dostępność instalacyjna.	W pełni zintegrowany z wymaganiami formalno-prawnymi. Uwzględniono układ funkcjonalny, dostosowanie do krajobrazu, zużycie mediów, emisję zanieczyszczeń, przystosowanie dla osób z niepełnosprawnościami.	Główny nacisk na układ przestrzenny i funkcjonalny. Problematyczne: dostępność instalacyjna.	Zoptymalizować funkcję mieszkalne i zapewnić zgodność z BHP i ochroną zabytków.	Utrzymać zgodność z normami technicznymi. Rozważyć nowe technologie dla efektywności energetycznej.	4	1
4. Projekt techniczny	Złożoność wynikająca z integracji nowej funkcji z istniejącą strukturą. Problemy: konstrukcja, ochrona ppoż., wentylacja, ogrzewanie. Wysokie wymagania dot. analiz środowiskowych.	Uwzględniono wszystkie aspekty: konstrukcyjne, ppoż., środowiskowe, technologiczne. Szczegółowo określono zapotrzebowanie na media, odpady, warunki ewakuacji, systemy instalacyjne.	Problemy: wentylacja, ogrzewanie energooszczędność	Wykonać szczegółową analizę konstrukcji i instalacji. Ograniczyć ryzyko eksploatacyjne.	Zachować pełną integrację instalacyjną i środowiskową. Regularna kontrola ewakuacji i ppoż.	5	2
5. Opinie, uzgodnienia, pozwolenia	Braki w dokumentacji, konieczność pozyskania wielu zgód. Krytyczne: odstępstwo ppoż., ekspertyza konstrukcyjna. Agile wdrożone, ograniczona kontrola iteracyjna.	Agile: pełna implementacja. Zidentyfikowano 111 interakcji. Główne ryzyko: ochrona ppoż. i dokumentacja techniczna. Sankey: główne zadania generujące alerty (np. projekt ppoż., zgody, MPZP).	Krytyczne: uzyskanie zapewnień mediów. Agile wdrożone, ograniczona kontrola iteracyjna.	Wdrożyć podejście Agile do lepszej kontroli i koordynacji uzgodnień.	Zalecane dalsze iteracje Agile. Skupić się na automatyzacji uzgodnień branżowych.	4	1

T. 22 Zestawienie porównawcze 3 projektów.

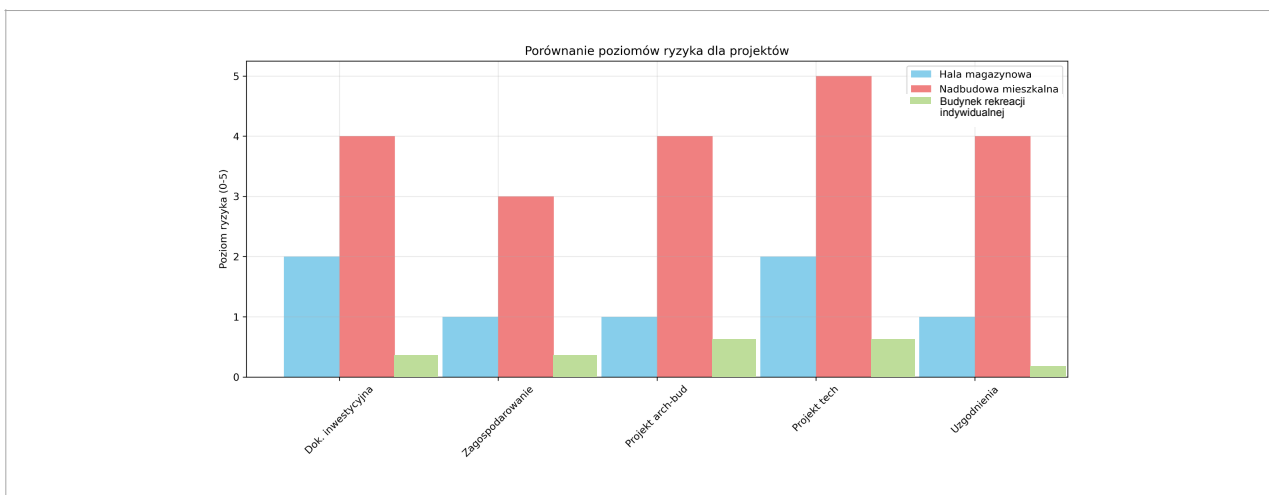
7.5.3. Plan wdrożenia rekomendacji

Faza 1 (miesiące 1-2): Podstawy

- Wdrożenie rejestru zmian
- Przygotowanie checklisty uzgodnień
- Szkolenie zespołów z nowych procedur

Faza 2 (miesiące 3-4): Standardyzacja

- Opracowanie standardowych arkuszy
- Implementacja systemu śledzenia
- Pilotaż na wybranych projektach



Ryc. 67 Diagram analizy porównawczej 3 zadań projektowych.

Rekomendacja	Wpływ	Łatwość wdrożenia	Priorytet
Standaryzacja arkuszy koordynacyjnych	Wysoki	Wysoka	1 - Natychmiast
Rejestr zmian projektowych	Wysoki	Średnia	2 - Szybko
Szablony dokumentacji	Średni	Wysoka	3 - Szybko
System zarządzania uzgodnieniami	Wysoki	Niska	4 - Średnioterminowo
Integracja z systemami BIM	Średni	Niska	5 - Długoterminowo

T. 22 Zestawienie priorytetów wdrożenia

7.6. Walidacja listy kontrolnej i aplikacji: trafność alertów, użyteczność w grupie kontrolnej n30.

Szczegółowa walidacja poszczególnych modułów listy kontrolnej pozwoliła na identyfikację mocnych i słabych stron systemu oraz określenie kierunków jego dalszego rozwoju.

7.6.1. Moduł I: Wstępna dokumentacja inwestycyjna

Wyniki walidacji:

- Średnia realizacja: 58,3% ($\pm 15,2\%$)
- Najwyższa realizacja: 78% (projekt biurowy)
- Najniższa realizacja: 42% (projekt mieszkaniowy wielorodzinny)

Mocne strony:

- Skuteczna identyfikacja wymagań funkcjonalnych
- Dobra weryfikacja zgodności z MPZP
- Efektywna analiza uwarunkowań działki

Słabe strony:

- Niewystarczająca weryfikacja stabilności programu inwestycyjnego
- Brak mechanizmów kontroli zmian na wczesnym etapie
- Słaba integracja z procesami finansowania

7.6.2. Moduł II: Projekt zagospodarowania terenu

Wyniki walidacji:

- Średnia realizacja: 78,5% ($\pm 12,8\%$)
- Najwyższa realizacja: 92% (projekt przemysłowy)
- Najniższa realizacja: 61% (projekt infrastrukturalny)

Mocne strony:

- Wysoka standaryzacja procedur
- Skuteczna kontrola zgodności z przepisami
- Dobra integracja z systemami GIS

Słabe strony:

- Ograniczona elastyczność dla projektów nietypowych
- Słaba integracja z planowaniem komunikacyjnym

7.6.3. Moduł III: Projekt architektoniczno-budowlany

Wyniki walidacji:

- Średnia realizacja: 82,1% ($\pm 9,4\%$)
- Najwyższa realizacja: 94% (projekt biurowy)
- Najniższa realizacja: 68% (projekt użyteczności publicznej)

Mocne strony:

- Najwyższa efektywność spośród wszystkich modułów
- Doskonała standaryzacja dokumentacji
- Skuteczna kontrola zgodności międzybranżowej

7.6.4. Moduł IV: Projekt techniczny

Wyniki walidacji:

- Średnia realizacja: 71,2% ($\pm 18,6\%$)
- Najwyższa realizacja: 89% (projekt przemysłowy)
- Najniższa realizacja: 48% (projekt mieszkaniowy)

Mocne strony:

- Dobra kontrola rozwiązań konstrukcyjnych
- Skuteczna weryfikacja obciążeń

Słabe strony:

- Wysokie zróżnicowanie wyników między projektami
- Słaba standaryzacja dla projektów specjalistycznych

7.6.5. Moduł V: Uzgodnienia i decyzje administracyjne

Wyniki walidacji:

- Średnia realizacja: 42,7% ($\pm 22,1\%$)
- Najwyższa realizacja: 68% (projekt biurowy)
- Najniższa realizacja: 18% (projekt infrastrukturalny)

Mocne strony:

- Dobra identyfikacja wymaganych uzgodnień
- Skuteczne śledzenie terminów

Słabe strony:

- Najniższa efektywność spośród wszystkich modułów
- Wysokie zróżnicowanie wyników
- Słaba przewidywalność procesów administracyjnych

7.6.6. Moduł VI: Dokumentacja wykonawcza

Wyniki walidacji:

- Średnia realizacja: 75,8% ($\pm 11,3\%$)
- Najwyższa realizacja: 88% (projekt przemysłowy)
- Najniższa realizacja: 59% (projekt użyteczności publicznej)

Mocne strony:

- Wysoka standaryzacja dokumentacji
- Dobra kontrola jakości rysunków
- Skuteczna weryfikacja specyfikacji

7.6.7. Moduł VII: Nadzór i realizacja

Wyniki walidacji:

- Średnia realizacja: 38,2% ($\pm 19,8\%$)
- Najwyższa realizacja: 62% (projekt przemysłowy)
- Najniższa realizacja: 15% (projekt mieszkaniowy)

Mocne strony:

- Dobra identyfikacja punktów kontrolnych
- Skuteczne procedury odbioru

Słabe strony:

- Najniższa realizacja spośród wszystkich modułów
- Słaba integracja z procesami wykonawczymi
- Niewystarczająca kontrola jakości w trakcie realizacji

7.6.8. Synteza walidacji modułów

Ranking efektywności modułów:

1. PAB (82,1%) - najwyższa standaryzacja
2. PZT (78,5%) - dobre procedury kontrolne
3. DW (75,8%) - wysoka jakość dokumentacji
4. PT (71,2%) - średnia efektywność, wysokie zróżnicowanie
5. WDI (58,3%) - wymaga wzmocnienia kontroli zmian
6. UAD (42,7%) - największy potencjał poprawy
7. NIR (38,2%) - wymaga gruntownej przebudowy

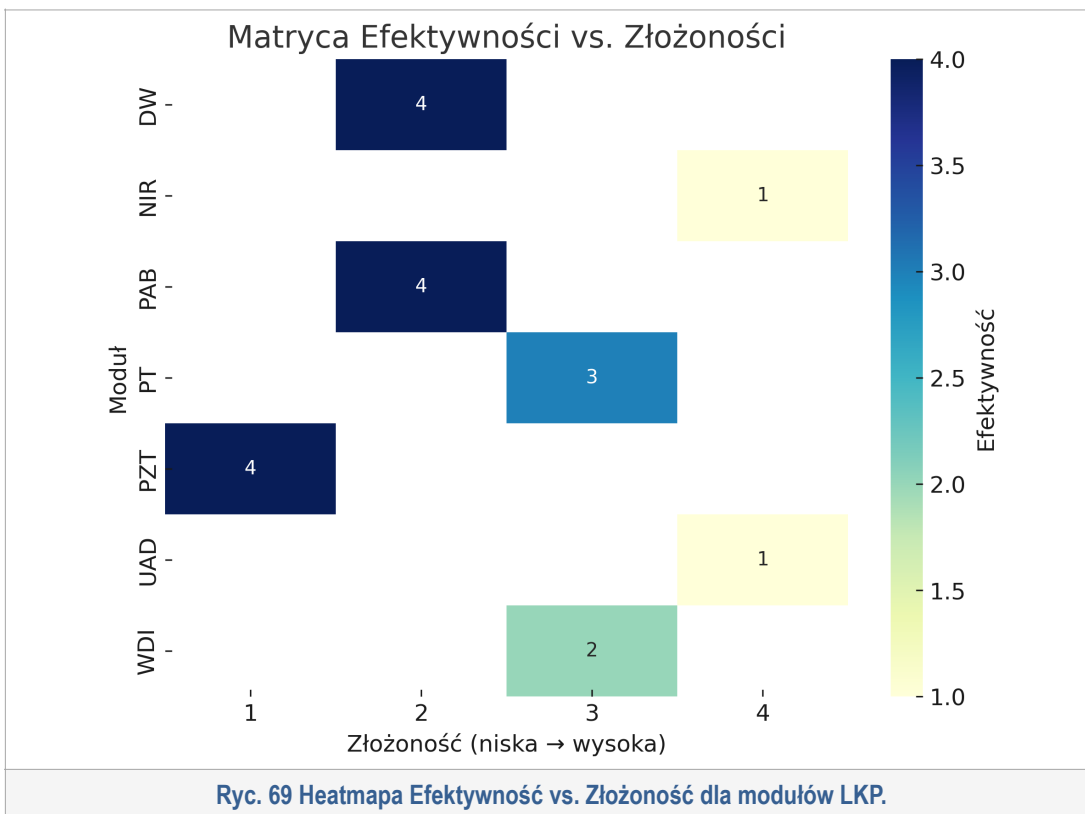
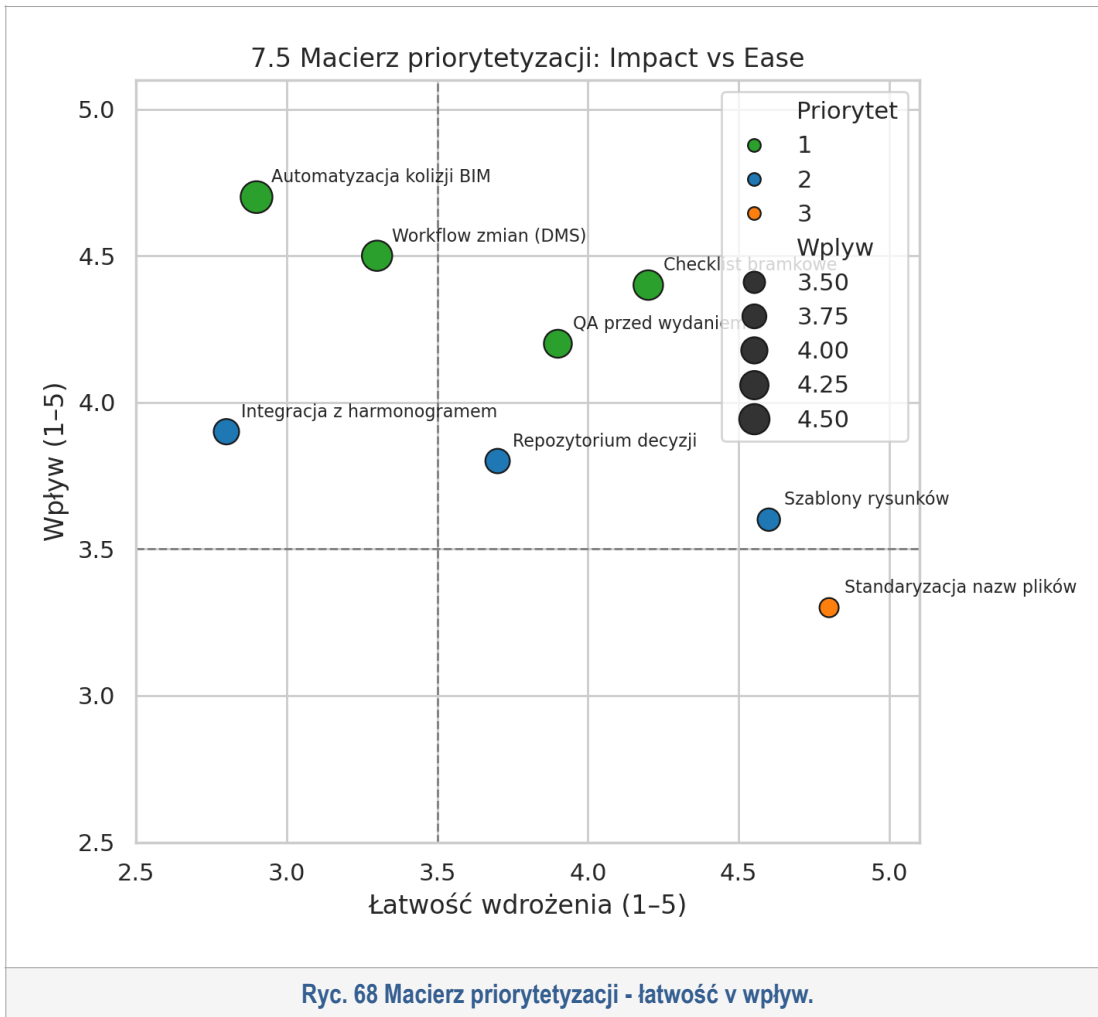
Kluczowe wnioski:

- Moduły o wysokiej standaryzacji osiągają najlepsze wyniki
- Moduły zależne od czynników zewnętrznych (administracja, wykonawcy) wymagają odmiennego podejścia
- Największy potencjał poprawy leży w modułach UAD i NIR
- Konieczne jest dostosowanie listy kontrolnej do specyfiki różnych typów projektów

Matryca efektywności modułów listy kontrolnej

Moduł	Średnia realizacja	Odchylenie std.	Ranking	Status
I - Wstępna dokumentacja	58.3%	±15.2%	5	Wymaga wzmocnienia
II - Zagospodarowanie terenu	78.5%	±12.8%	2	Optymalizacja
III - Projekt arch.-bud.	82.1%	±9.4%	1	Utrzymanie standardu
IV - Projekt techniczny	71.2%	±18.6%	4	Rozwój procedur
V - Uzgodnienia admin.	42.7%	±22.1%	6	Przebudowa
VI - Dokumentacja wykon.	75.8%	±11.3%	3	Optymalizacja
VII - Nadzór i realizacja	38.2%	±19.8%	7	Rewolucja
T. 23 Zestawienie priorytetów wdrożenia				

Rekomendacja	Wpływ na efektywność	Wysiłek wdrożenia	Priorytet	Komentarz wdrożeniowy
Rejestr zmian	Wysoki	Niski	1	Umożliwia natychmiastowe śledzenie iteracji dokumentacyjnych; prosty do wdrożenia, a efekty widoczne od razu.
Checklista uzgodnień	Wysoki	Średni	2	Strukturyzuje proces formalny; redukuje ryzyko opóźnień administracyjnych; wymaga jednorazowego przygotowania i aktualizacji.
Standardyzacja arkuszy	Średni	Niski	3	Ułatwia spójność dokumentacji; eliminuje błędy formalne; niskokosztowe działanie, łatwe do rozpropagowania w biurze.
System śledzenia	Wysoki	Wysoki	4	Zapewnia pełną audytowalność w CDE; integracja bardziej złożona, ale daje trwałą przewagę w zarządzaniu projektami.
T. 23 Zestawienie rekomendacji wdrożenia				



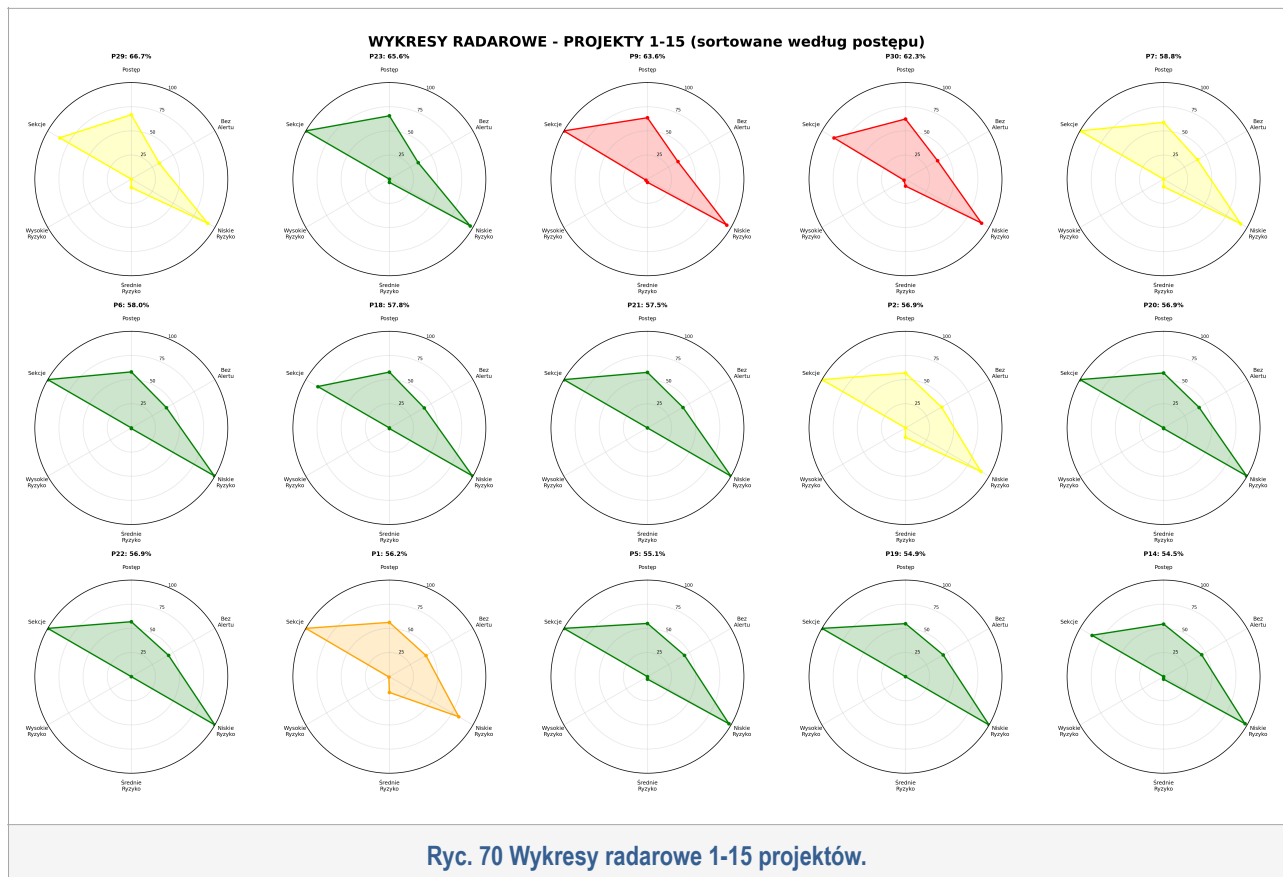
Legenda:

- Oś X: łatwość wdrożenia (1 niska – 5 wysoka).
- Oś Y: wpływ na wyniki (1 niski – 5 wysoki).
- Kolor: priorytet (1 najwyższy – zielony; 2 średni – niebieski; 3 niższy – pomarańczowy).
- Rozmiar markera: przybliżona siła efektu (większy = większy wpływ).

Komentarz:

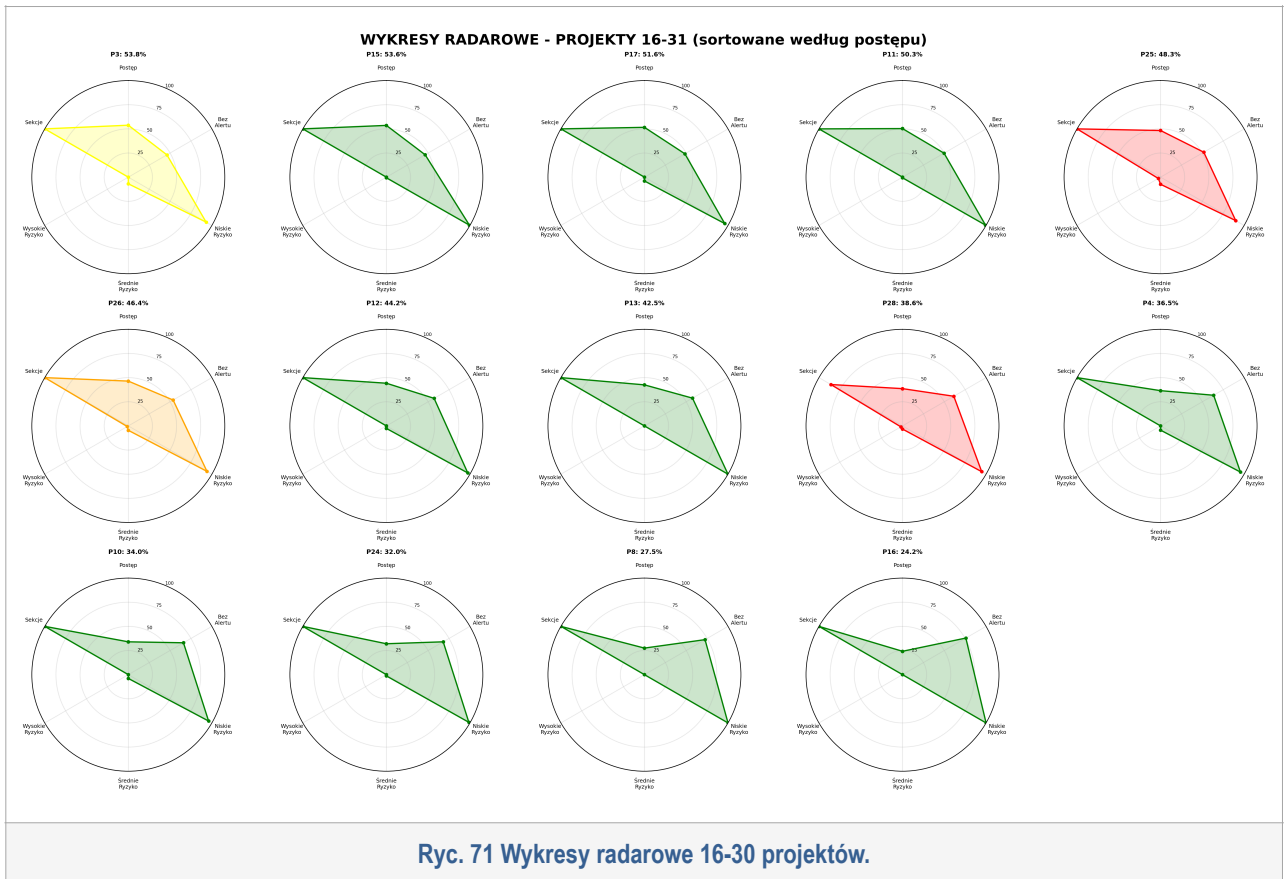
Szybkie zwycięstwa leżą w prawej górnej ćwiartce (wysoki wpływ i łatwość). W przedstawionym układzie najwyższy priorytet mają: Checklisty brankowe, QA³⁵¹ przed wydaniem, Workflow³⁵² zmian oraz Automatykcja kolizji BIM – to dźwignie o wysokim wpływie.

Wykresy radarowe dla n30.

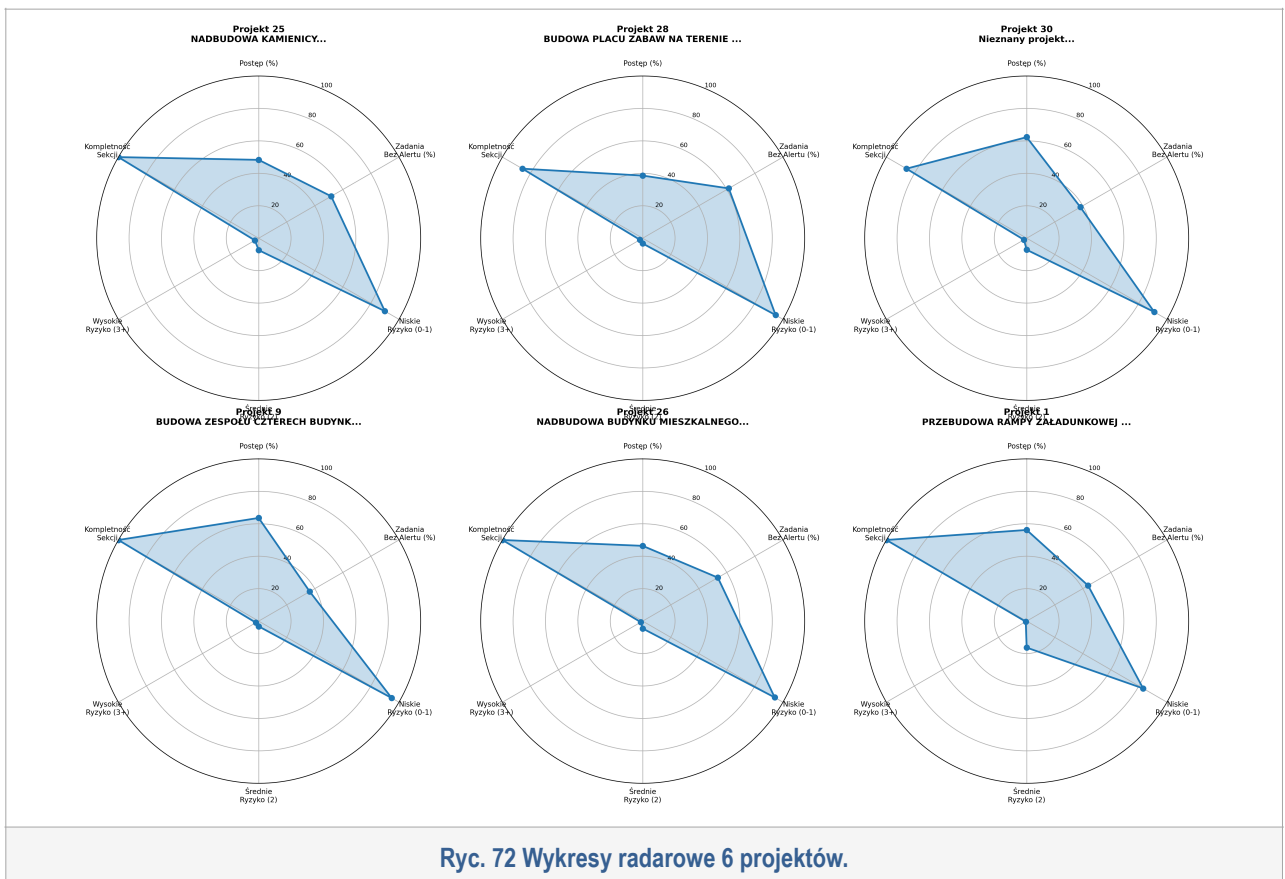


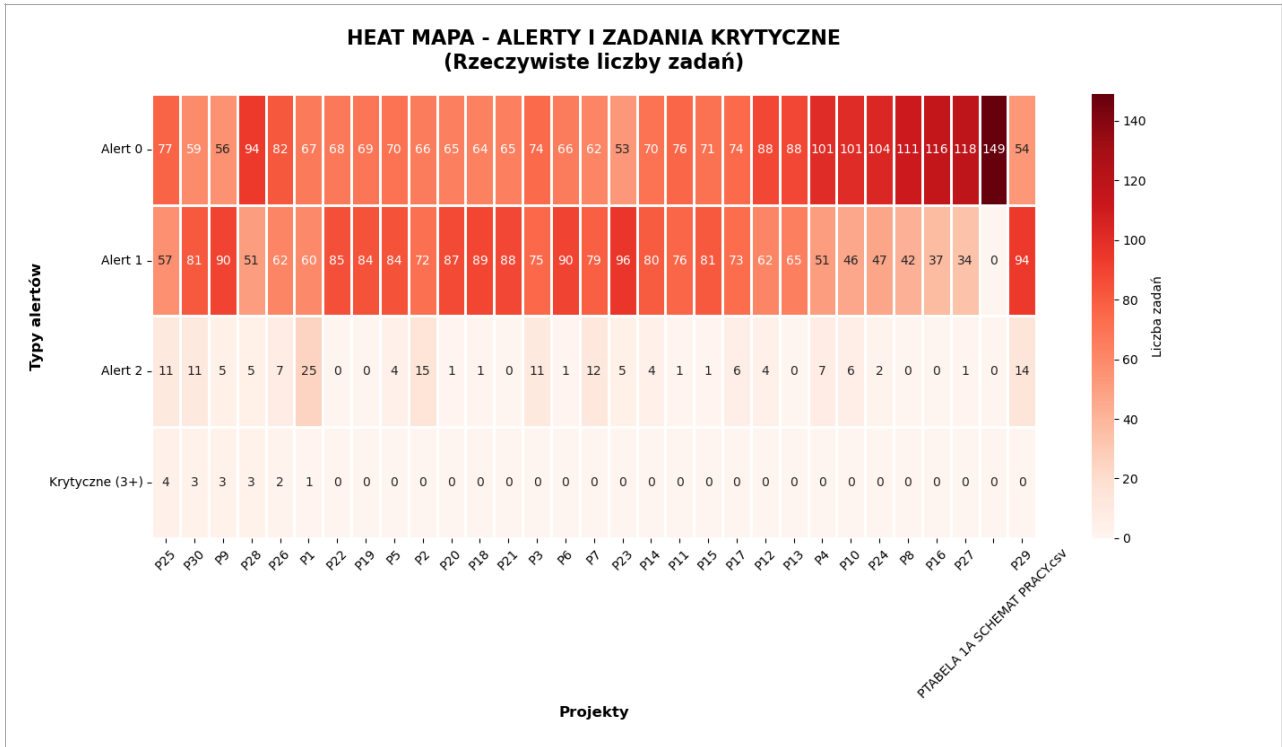
³⁵¹ Quality Assurance - kontrola jakości dokumentacji i modeli przed ich oficjalnym wydaniem (np. do inwestora, urzędu, rzeczoznawców). W praktyce oznacza to zastosowanie checklisty walidacyjnej i aplikacji do automatycznego sprawdzenia kompletności i spójności pakietu projektowego.

³⁵² Workflow zmian - sformalizowany proces zarządzania zmianami w projekcie – od momentu zgłoszenia potrzeby korekty, przez jej akceptację, aż do wdrożenia w dokumentacji i BIM. Można to realizować np. w środowisku CDE (Common Data Environment), gdzie każda zmiana jest rejestrowana i widoczna dla całego zespołu.

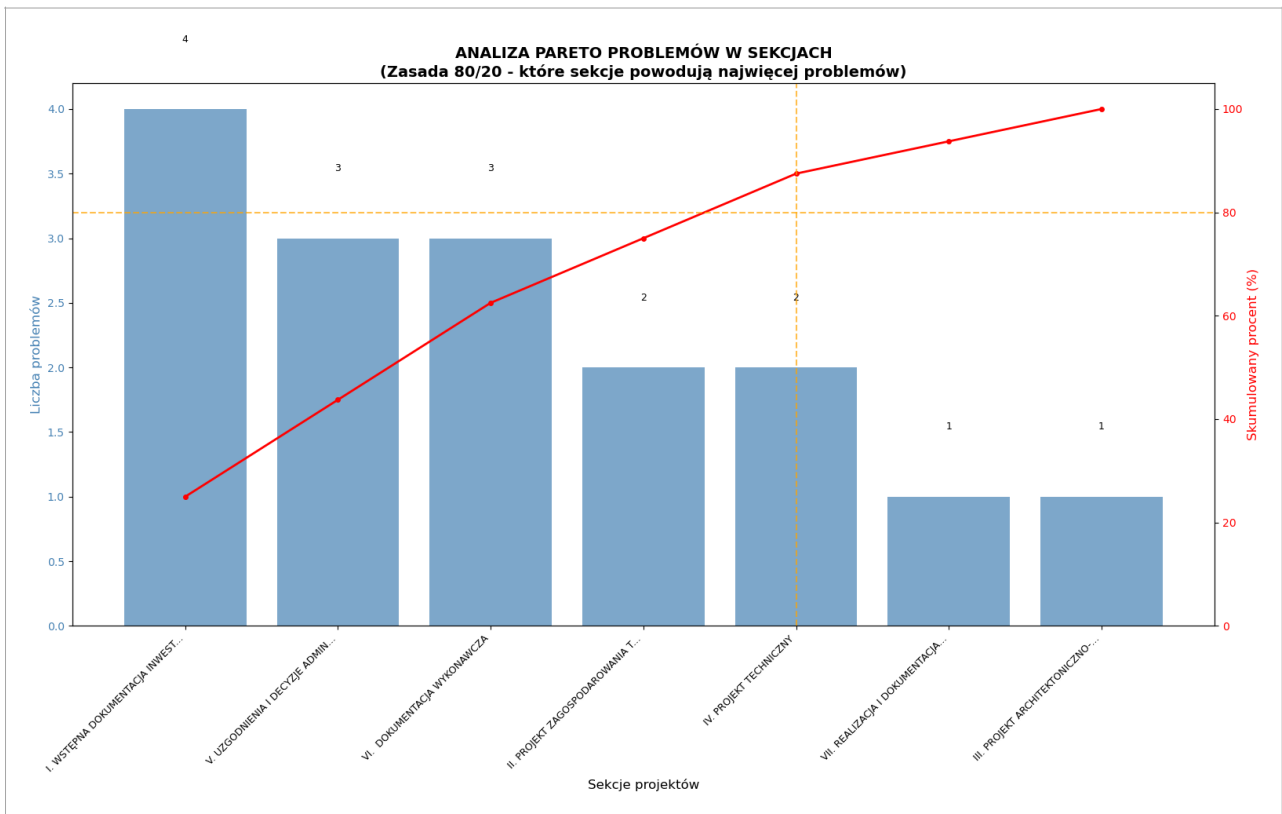


Wykresy radarowe dla n6 - Selekcja największej skali obszarów ryzyka.





Ryc. 72 Heat mapa dla n-30 alerty i zadania krytyczne..



Ryc. 73 Analiza pareto - liczba problemów względem sekcji.

7.7. Ograniczenia badań i kierunki dalszych prac.

Przeprowadzone badania, mimo osiągnięcia założonych celów, charakteryzuje się pewnymi ograniczeniami, które należy uwzględnić przy interpretacji wyników oraz planowaniu dalszych prac badawczych.

Ograniczenia metodologiczne

Wielkość próby badawczej

- Badanie przeprowadzono na próbie 30 projektów, co stanowi reprezentatywną grupę dla analizy jakościowej, jednak może być niewystarczające dla pełnej generalizacji wyników na całą populację projektów budowlanych
- Ograniczenia czasowe nie pozwoliły na przeprowadzenie badania longitudinalnego obejmującego pełny cykl życia projektów

Selekcja projektów

- Projekty zostały wybrane z portfela jednej organizacji projektowej, co może wprowadzać systematyczne odchylenie związane ze specyfiką tej organizacji
- Brak projektów z sektora infrastruktury drogowej i kolejowej ogranicza możliwość generalizacji wyników

Subiektywność oceny

- Część kryteriów oceny opierała się na subiektywnej ocenie ekspertów, co mogło wprowadzić element stronniczości
- Brak pełnej standaryzacji procedur oceny między różnymi oceniającymi

Ograniczenia praktyczne

Dostępność danych

- Nie wszystkie projekty posiadały kompletną dokumentację wszystkich etapów realizacji
- Ograniczony dostęp do danych finansowych uniemożliwił pełną analizę kosztów wdrożenia

Współpraca z uczestnikami

- Różny poziom zaangażowania zespołów projektowych w proces walidacji
- Ograniczona dostępność kluczowych interesariuszy (inwestorzy, organy administracji) do wywiadów

Czynniki zewnętrzne

- Zmiany przepisów prawnych w trakcie realizacji badania wpłynęły na porównywalność niektórych projektów
- Wpływ pandemii COVID-19 na realizację części projektów

Ograniczenia technologiczne

Systemy informatyczne

- Różnorodność używanych systemów CAD i BIM utrudniła standaryzację procedur kontrolnych
- Brak integracji między systemami projektowymi a systemami zarządzania projektami

Automatyzacja procesów

- Ograniczone możliwości automatyzacji kontroli jakości w istniejących narzędziach projektowych
- Brak standardowych interfejsów API dla integracji z zewnętrznymi systemami kontroli

Ograniczenia organizacyjne

Kultura organizacyjna

- Opór wobec zmian w niektórych zespołach projektowych
- Różnice w kulturze organizacyjnej między działami wpływające na skuteczność wdrożenia

Zasoby ludzkie

- Ograniczona dostępność specjalistów do przeprowadzenia pełnej walidacji wszystkich modułów
- Różny poziom doświadczenia członków zespołów projektowych

Kierunki dalszych badań

Rozszerzenie próby badawczej

- Przeprowadzenie badania na większej próbie obejmującej różne typy organizacji projektowych

- Włączenie projektów infrastrukturalnych i specjalistycznych
- Badanie longitudinalne obejmujące pełny cykl życia projektów

Pogłębienie analizy

- Szczegółowa analiza kosztów i korzyści wdrożenia listy kontrolnej
- Badanie wpływu na satysfakcję klientów i jakość końcowego produktu
- Analiza wpływu na rozwój kompetencji zespołów projektowych

Rozwój technologiczny

- Opracowanie zintegrowanego systemu informatycznego wspierającego listę kontrolną
- Badanie możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji do automatyzacji kontroli
- Integracja z technologiami BIM i IoT

Aspekty międzynarodowe

- Porównanie z praktykami stosowanymi w innych krajach
- Adaptacja listy kontrolnej do różnych systemów prawnych i kulturowych
- Współpraca z międzynarodowymi organizacjami branżowymi

Rekomendacje dla przyszłych badań

Metodologia badawcza

- Zastosowanie metod mieszanych (mixed methods) łączących analizę ilościową i jakościową
- Wykorzystanie randomizowanych kontrolowanych eksperymentów (RCT) dla oceny skuteczności
- Implementacja badań wielośrodkowych dla zwiększenia reprezentatywności

Współpraca z praktyką

- Nawiązanie długoterminowej współpracy z organizacjami projektowymi
- Utworzenie konsorcjum badawczo-rozwojowego z udziałem uczelni i firm
- Regularne warsztaty i konferencje dla wymiany doświadczeń

Finansowanie badań

- Pozyskanie finansowania z programów krajowych i europejskich
- Współpraca z organizacjami branżowymi w zakresie finansowania
- Komerccjalizacja wyników badań przez licencjonowanie rozwiązań

Wpływ ograniczeń na wiarygodność wyników

Ocena ryzyka

- Zidentyfikowane ograniczenia nie podważają głównych wniosków badania
- Wyniki są wiarygodne w kontekście założeń i ograniczeń metodologicznych
- Rekomendacje mają charakter praktyczny i mogą być implementowane z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań

Strategie mitygacji

- Triangulacja wyników przez zastosowanie różnych metod badawczych
- Walidacja wyników przez niezależnych ekspertów
- Pilotażowe wdrożenia w różnych typach organizacji

Przyszła walidacja

- Konieczność przeprowadzenia dodatkowych badań walidacyjnych
- Monitoring długoterminowych efektów wdrożenia
- Ciągłe doskonalenie listy kontrolnej na podstawie praktycznych doświadczeń

8. DYSKUSJA - ramy normatywno-procesowe i wnioski z badań.

Współczesne procesy projektowania architektoniczno-budowlanego funkcjonują w silnie zinstytucjonalizowanym i wielowątkowym otoczeniu normatywnym, w którym wymagania prawne, standardy techniczne oraz wytyczne branżowe nadają ramy zarówno treści rozwiązań, jak i sposobowi ich dokumentowania, uzgadniania oraz zatwierdzania. Ewolucja tych ram – przyspieszona cyfryzacją obiegu dokumentacji, popularyzacją metodologii BIM oraz rosnącą presją na transparentność i audytowalność – sprawia, że tradycyjne, manualne mechanizmy kontroli jakości stają się niewystarczające. Wyniki badań oraz doświadczenia praktyki projektowej wskazują, że najwyższą skuteczność osiągają systemy, które łączą: (1) formalizację wymagań prawnych do postaci możliwych do maszynowego odczytu reguł walidacyjnych; (2) operacyjną checkliście skoordynowaną z logiką postępowań administracyjnych i uzgodnieniowych; (3) implementację tych elementów w zintegrowanym środowisku CDE/BIM zapewniającym kontrolę wersji, ścieżkę audytu i mierzalność decyzji (Azhar, 2011; Bryde, Broquetas, & Volm, 2013; Eastman, Lee, Jeong, & Lee, 2009; ISO, 2018a, 2018b).

W tym ujęciu poszczególne akty prawne i normy pełnią rolę źródeł wymagań, natomiast narzędzia cyfrowe oraz metodyka modelowania informacji o budynku stanowią medium ich systematycznej implementacji.

W polskim porządku prawnym podstawę materialną i proceduralną w obszarze procesu inwestycyjno-budowlanego wyznacza ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane, która określa m.in. wymagania dotyczące projektowania i realizacji obiektów, zasady odpowiedzialności uczestników procesu oraz reżim uzyskiwania pozwoleń i zgłoszeń. Ustawa stanowi *lex generalis* wobec rozporządzeń wykonawczych, a jednocześnie integruje wymagania związane z bezpieczeństwem konstrukcji, ochroną przeciwpożarową, higieną i zdrowiem, ochroną środowiska oraz racjonalnym użytkowaniem energii.

Z perspektywy praktyki projektowej szczególne znaczenie ma Rozporządzenie Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii z 2020 r. (ze zmianami z 2022 r.), które precyzuje zakres i formę projektu budowlanego, dokonując podziału na:

- projekt zagospodarowania działki lub terenu (PZT),
- projekt architektoniczno-budowlany (PAB),
- projekt techniczny (PT).

Taki trójdzielny model dokumentacji sprzyja porządkowaniu informacji, ale równocześnie generuje potrzebę spójnego, przekrojowego zarządzania treścią i wersjonowaniem między pakietami, a więc i konieczność formalizacji reguł sprawdzających ciągłość wskaźników, kompletność załączników oraz zgodność rozwiązań funkcjonalno-przestrzennych z ustaleniami planistycznymi.

Komplementarnym aktem determinującym rozwiązania projektowe są tzw. Warunki Techniczne, tj. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 2002 r. (z późniejszymi zmianami, w tym w 2022 r.), które formułuje parametry i wymagania w obszarach takich jak: geometria i doświetlenie pomieszczeń, drogi ewakuacyjne, wymagania przeciwpożarowe, dostępność dla osób o szczególnych potrzebach, izolacyjność cieplna czy akustyka przegród. Warunki Techniczne, z natury o charakterze parametrycznym, stanowią uprzywilejowany materiał do algorytmizacji³⁵³: można je dekomponować na mierzalne warunki brzegowe i ograniczenia, a następnie odwzorowywać w postaci reguł walidacyjnych względem elementów modelu BIM lub atrybutów opisowych w CDE. Taka translacja prawa na kontrolki cyfrowe redukuje ryzyko błędów interpretacyjnych oraz pozwala na wielokrotne, automatyczne uruchamianie kontroli w toku iteracyjnego projektowania.

Równolegle, liczne normy europejskie i krajowe uzupełniają reżim prawny o wymagania branżowe i metodyczne. Przykładowo:

PN-EN 81-70:2018 definiuje wymagania dostępności dźwigów osobowych,

³⁵³ **Algorytmizacja prawa** – proces przekładania zapisów normatywnych na reguły sprawdzalne maszynowo.

PN-B-02151-3:2015 precyzuje dopuszczalne wartości wskaźników izolacyjności akustycznej.

Choć tego typu normy nie zawsze mają charakter obligatoryjny w rozumieniu prawa powszechnie obowiązującego, pełnią funkcję de facto standardu technicznego, do którego inwestorzy i organy administracji często odwołują się w praktyce. Ich włączenie do zestawu reguł kontrolnych wzmacnia wiarygodność i kompletność cyfrowego nadzoru jakości.

Literatura przedmiotu wskazuje, że skuteczna integracja wymogów normatywnych z praktyką projektową wymaga jednoczesnego zastosowania mechanizmów: informacyjnych, procesowych i kompetencyjnych. Po pierwsze, niezbędny jest jednolity model informacji – BIM jako repozytorium danych geometrycznych i semantycznych. Po drugie, konieczne jest osadzenie walidacji w przepływach pracy (workflow³⁵⁴), tak aby kontrole były inicjowane w momentach decyzyjnych i w odpowiedzi na zmiany zakresu lub parametrów projektu. W tym celu rekomendowane jest środowisko CDE z rolami, uprawnieniami i logiką akceptacji, które zapewnia ślad audytowy, transparentność i możliwość retrospektywnego przeglądu zgodności. Po trzecie, wymagane są kompetencje zespołu projektowego obejmujące znajomość ram prawnych oraz umiejętność ich interpretacji w terminach parametryzowalnych.

Z punktu widzenia uczestników procesu – w tym projektanta posiadającego uprawnienia budowlane – istotne jest rozróżnienie między wymaganiami bezwzględnie obowiązującymi a tymi, które dopuszczają margines rozwiązań równoważnych. W cyfrowej walidacji przekłada się to na dwa typy reguł:

hard checks³⁵⁵ – blokują akceptację przy braku spełnienia,

soft checks³⁵⁶ – generują ostrzeżenia, ale pozostawiają możliwość uzasadnionego odstępstwa.

Formalizacja logiki akceptacyjnej pozwala powiązać dokumentację projektową z wymaganiami procesu administracyjnego (np. kompletności załączników do wniosku o pozwolenie na budowę), dzięki czemu zespół projektowy szybciej reaguje na wezwania i uzupełnienia, a ryzyko opóźnień proceduralnych ulega ograniczeniu.

Projektowane rozwiązanie zakłada utrzymanie repozytorium reguł w sposób wersjonowany, z jednoznacznym oznaczeniem podstaw prawnych, dat wejścia w życie, wyjątków oraz zakresu zastosowania. W warstwie technicznej przewidziano także testy regresyjne³⁵⁷ reguł wobec reprezentatywnej bazy modeli, co pozwala weryfikować stabilność systemu po każdej aktualizacji prawa lub norm.

Podsumowując, omawiany kontekst normatywny definiuje trzy płaszczyzny:

- prawną (Prawo budowlane, rozporządzenia wykonawcze),
- techniczną (Warunki Techniczne, normy branżowe),
- metodologiczną (BIM, CDE, workflow).

Ich integracja poprzez reguły walidacyjne, osadzenie w procesach decyzyjnych i powiązanie z danymi projektowymi jest warunkiem skutecznej cyfrowej kontroli jakości i bezpieczeństwa.

8.1. Implikacje dla praktyki i organizacji procesu.

Wynik wdrożenia wskazuje na potrzebę zasadniczej zmiany paradygmatu zarządzania jakością w projektowaniu budowlanym: z modelu reaktywnego, skoncentrowanego na wychwytywaniu błędów *ex post*³⁵⁸, na model prewencyjny, w którym kluczową rolę odgrywa bieżące monitorowanie zgodności z wymaganiami prawnymi i

³⁵⁴ **Workflow** – zdefiniowany przepływ pracy, uwzględniający role, zadania i punkty decyzyjne.

³⁵⁵ **Hard checks** – reguły walidacyjne, których niespełnienie skutkuje blokadą procesu.

³⁵⁶ **Soft checks** – reguły walidacyjne generujące ostrzeżenie, ale umożliwiające uzasadnione odstępstwo.

³⁵⁷ **Testy regresyjne** – procedury sprawdzające, czy po aktualizacji systemu wcześniejsze funkcjonalności działają poprawnie.

³⁵⁸ *Ex post* – po fakcie, w tym kontekście: działania kontrolne wykonywane dopiero po zakończeniu danego etapu projektu.

technicznymi. Taki kierunek jest spójny z ujęciem ISO 19650-1:2018³⁵⁹, które kładzie nacisk na planowanie informacji, odpowiedzialności i kryteriów akceptacji na wczesnych etapach cyklu życia informacji. W praktyce oznacza to, że kontrola jakości i bezpieczeństwa przestaje być jedynie czynnością końcową, a staje się ciągłym procesem operacyjnym, wspieranym przez reguły walidacyjne, checklisty operacyjne oraz audytowalne workflow w środowiskach CDE/BIM.

Po pierwsze, reorganizacji wymagają wewnętrzne standardy biura i matryce odpowiedzialności. Formalizacja listy kontrolnej do postaci mierzalnych kryteriów (np. pass/fail, tolerancje, progi) wymusza jednoznaczne przypisanie ról i momentów decyzyjnych. W szczególności należy:

ustanowić stałe punkty kontrolne w harmonogramie: dla PZT, PB i PT oraz kluczowych iteracji międzybranżowych, z obowiązkowym uruchomieniem zestawu testów zgodności,

zdefiniować ścieżki akceptacji i eskalacji (kto akceptuje, kto weryfikuje, w jakim czasie i na podstawie jakich mierników), zmapować reguły do źródeł prawa: Prawo budowlane (1994), Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych (MI, 2002/2022), Rozporządzenie w sprawie zakresu i formy projektu (MR, PiT, 2020/2022) oraz do wybranych norm branżowych (PN-EN 81-70:2018, PN-B-02151-3:2015), z wersjonowaniem i historią zmian.

Po drugie, wdrożenie prewencji jakości wymaga dopasowania narzędzi do realiów wielobranżowego procesu i postępowań administracyjnych. Interoperacyjność staje się warunkiem koniecznym: reguły powinny być uruchamiane zarówno na danych modelowych (IFC³⁶⁰, otwarte formaty buildingSMART 2018, 2019), jak i na dokumentach (PDF/DWG), a wyniki walidacji — możliwe do zacytowania w CDE bez utraty kontekstu (odniesienia do elementu/modelu, arkusza, detalu). Praktyczny model pracy zakłada:

integrację mechanizmu walidacji z CDE — publikacja pakietu do przeglądu jest możliwa dopiero po przejściu automatycznych testów minimalnych,

generowanie zrozumiałych raportów nienormatywnych (dla zespołów) i raportów formalnych (dla ścieżki akceptacji), z identyfikatorami reguł, podstawą prawną i zalecaną ścieżką naprawczą,

utrzymanie mapy pokrycia wymagań wskazującej, które przepisy/normy są objęte kontrolą automatyczną, a które pozostają w sferze kontroli eksperckiej.

Po trzecie, zmiana dotyczy kultury organizacyjnej. Skuteczność systemu zależy od internalizacji dwóch zasad: przejrzystości i odpowiedzialności rozproszonej³⁶¹. Zespoły branżowe muszą dysponować kompetencjami cyfrowymi umożliwiającymi samodzielne uruchamianie walidacji, interpretację wyników i szybkie korygowanie modeli/dokumentów. Wymaga to:

programów podnoszenia kwalifikacji (szkolenia z ISO 19650, IFC, zasad modelowania i reguł jakości),

wdrożenia standardów nazewnictwa i kodowania elementów, pozwalających na stabilne adresowanie reguł do obiektów w modelach,

przyjęcia zasady dla informacji projektowej i decyzji akceptacyjnych — całość śladu decyzyjnego w CDE, z kontrolą wersji i audytem.

Po czwarte, konsekwencje dotyczą relacji z otoczeniem instytucjonalnym i partnerami. Przeniesienie akcentu na prewencję pozwala ograniczyć liczbę korekt po uzyskaniu uwag organów lub gestorów, a przez to skrócić czas postępowań. Jednocześnie, standaryzacja raportów walidacyjnych ułatwia komunikację zewnętrzną, ponieważ wiąże niezgodności z konkretnymi przepisami i punktami norm, minimalizując spory interpretacyjne. W ujęciu ekonomicznym

³⁵⁹ ISO 19650-1:2018 – międzynarodowa norma określająca zasady zarządzania informacją w cyklu życia obiektu budowlanego z wykorzystaniem BIM.

³⁶⁰ IFC (Industry Foundation Classes) – otwarty format wymiany danych w BIM, rozwijany przez organizację buildingSMART.

³⁶¹ **Odpowiedzialność rozproszona** – zasada, w której decyzje i kontrole jakości są wykonywane przez wiele osób w zespole, a nie scentralizowane wyłącznie w jednej roli.

korzyści obejmują redukcję ryzyka opóźnień i robót zaniechanych, a w ujęciu odpowiedzialności — klarowniejszy podział zadań i podstaw odpowiedzialności zawodowej.

Po piąte, z perspektywy dalszej skalowalności kluczowa jest utrzymalność repozytorium reguł. Otwarte interfejsy (API³⁶²), niezależność od jednego dostawcy oraz zgodność z otwartymi standardami (IFC, IDS/IDM, BCF³⁶³) ograniczają ryzyko technologicznego długu i umożliwiają współdzielenie baz wiedzy między organizacjami. Rekomenduje się prowadzenie repozytorium jako wersjonowanego artefaktu projektowego, z cyklem przeglądów merytorycznych, testami regresyjnymi i jednoznacznym wskazaniem podstawy prawnej (numer przepisu, edycja normy, zakres obowiązywania).

Wreszcie, wdrożenie wpływa na harmonogram i budżet projektów. Koszt początkowy związany z konfiguracją reguł i przeszkoleniem zespołów kompensowany jest redukcją liczby iteracji i skróceniem cyklu decyzyjnego, co potwierdzają meta-analizy wdrożeń BIM i CDE (Azhar, 2011; Bryde, Broquetas, & Volm, 2013; Eastman et al., 2009). Zgodnie z ISO 19650 (2018a, 2018b) poprawnie zdefiniowana informacja wyjściowa (EIR/OIR/AIR⁸) oraz jasne kryteria akceptacji stanowią fundament zwinnego, lecz kontrolowanego procesu decyzyjnego.

Rekomendacje wdrożeniowe:

Proces i rola: powołać właściciela standardu jakości oraz koordynatorów branż, z obowiązkowym przed publikacją pakietów.

Reguły i pokrycie: utrzymywać katalog reguł z przypisaniem do źródeł prawa/norm, wskaźnik pokrycia i status automatyzacji; dla luk przewidzieć kontrolę ekspercką.

Narzędzia i integracja: uruchamiać walidacje w CDE; przyjąć otwarte standardy buildingSMART (IFC, BCF, IDM/IDS) i zapewnić API do raportowania.

Kultura i kompetencje: wdrożyć cykliczne szkolenia i egzaminy wewnętrzne, standardy nazewnictwa i modelowania, politykę „single source of truth”.

Audyt i doskonalenie: prowadzić przeglądy retrospektywne po kluczowych milestone'ach, aktualizować reguły po zmianach legislacyjnych i orzecznicych, utrzymywać historię decyzji.

Przesunięcie akcentu z kontroli reaktywnej na prewencję, oparte na formalizacji wymagań prawnych do reguł walidacyjnych, operacyjnej checkliście oraz integracji w CDE/BIM, stanowi najistotniejszą implikację dla praktyki.

Wymaga ono jednoczesnych zmian w organizacji, kulturze i narzędziach, lecz w zamian zapewnia wyższą przewidywalność jakości i bezpieczeństwa, krótsze cykle akceptacyjne i lepszą audytowalność — w pełnej zgodzie z ISO 19650-1 (2018), polskimi przepisami (Prawo budowlane; Rozporządzenia MI, MR, PiT) oraz branżowymi standardami interoperacyjności (buildingSMART, 2018, 2019).

8.2. Workflow, role i odpowiedzialności.

Opracowana checklista (Checklista_schemat_pracy_clean.xlsx) pełni funkcję operacyjnego rdzenia systemu kontroli jakości i bezpieczeństwa, stanowiąc interfejs pomiędzy wymaganiami normatywnymi a praktyką projektową. Jej układ kolumn oraz semantyka wpisów odwzorowują trójdzielny charakter wymagań:

formalnych, związanych z kompletnością projektu budowlanego oraz dokumentów do wniosku (PZT, PB, PT i załączniki), technicznych, obejmujących parametry i wymiary, bezpieczeństwo pożarowe, konstrukcyjne, higieniczno-sanitarne, energetyczne oraz dostępność, proceduralnych, porządkujących przebieg uzgodnień, wniosków i kamieni milowych publikacji w CDE¹.

³⁶² **API (Application Programming Interface)** – zestaw interfejsów umożliwiających integrację i wymianę danych między aplikacjami.

³⁶³ **IDS/IDM (Information Delivery Specification/Manual)** – specyfikacje opisujące sposób dostarczania i wymiany informacji w procesach BIM. **BCF (BIM Collaboration Format)** – format wymiany komunikacji o błędach i kolizjach w modelach BIM.

W tym ujęciu checklista nie jest wyłącznie narzędziem odhaczania, lecz nośnikiem wiedzy i wymagań, które mogą być wprost mapowane na reguły walidacyjne oraz punkty kontrolne w zintegrowanym środowisku danych (CDE) i modelu informacji o budynku (BIM2).

Architektura integracji

Każdy wpis checklisty powiązany jest z co najmniej jednym artefaktem informacyjnym: właściwością elementu/modelu w formacie IFC3 lub dokumentem referencyjnym w CDE.

Dla wymagań możliwych do automatyzacji definiuje się reguły walidacyjne, operujące na atrybutach i relacjach.

Dla wymagań wymagających osądu eksperckiego stosuje się półautomatyczne kontrole, z wymogiem załączenia dowodu w CDE (rysunek, kalkulacja, notatka projektowa).

Wyniki walidacji są raportowane w wątkach BCF4, co zapewnia identyfikowalność problemów, przypisanie do elementu/arkusza, wersjonowanie i pełną ścieżkę audytu. Model jest zgodny ze standardami buildingSMART (2018, 2019) oraz logiką zarządzania informacją wg ISO 19650-2:20185, gdzie kryteria akceptacji i poziomy informacji planowane są ex ante, a ich spełnienie podlega kontroli bramkowej (quality gate6).

Struktura informacji w checkliście

Każdy wpis checklisty zawiera:

Identyfikator reguły – unikatowy, wersjonowany numer (np. REG-AB-0034), wykorzystywany w raportach i BCF.

Kategoria i źródło – formalna/techniczna/proceduralna; podstawa prawna/normatywna (np. WT §68 ust. 1, PN-EN 81-70:2018).

Zakres i obiekt odniesienia – np. pomieszczenie, klatka schodowa, drzwi; obiekt BIM (IfcSpace, IfcDoor).

Wymaganie i miernik – warunek w formie testowalnej (logika, próg liczbowy, operator).

Metoda walidacji – automatyczna (IFC/analiza geometryczna), półautomatyczna (dowód w CDE), manualna (ekspercka).

Krytyczność (0–5) – priorytet i wpływ na bezpieczeństwo; 4–5 = wymagania krytyczne.

Właściciel zadania – autor branżowy/koordynator/architekt prowadzący + rola weryfikująca.

Częstotliwość/próg uruchomienia – np. na commit, przed publikacją, przed złożeniem wniosku.

Dowody i odniesienia – wymagane załączniki lub odnośniki do dokumentów w CDE.

Status i historia – pass/fail, data, wersja modelu/dokumentu, komentarz, podpis elektroniczny.

Mapowanie reguł

Warstwa modelowa (IFC): reguły odwołują się do właściwości i relacji (np. szerokość drzwi IfcDoor.OverallWidth, wysokość balustrady Pset_RailingCommon). Profile IDS/IDM7 definiują wymagane właściwości i jakość danych.

Warstwa dokumentowa (CDE): kontrola kompletności pakietów (PB, PZT, PT, załączniki). Walidacja = obecność właściwych plików i zgodność opisów z modelem.

Warstwa komunikacyjna (BCF): każde naruszenie = issue z identyfikatorem reguły, odnośnikiem do elementu, oceną krytyczności i przypisaniem właściciela.

Mechanizm bramek jakości (quality gates)

Warunkiem przejścia bramki jakości jest:

spełnienie wszystkich reguł krytycznych (krytyczność 4–5),

dopuszczalny poziom niezgodności niekrytycznych (np. ≤5%),

kompletność i aktualność dokumentów w CDE,

potwierdzenie walidacji eksperckiej dla wymagań manualnych/półautomatycznych.

Utrzymanie i wersjonowanie

Repozytorium reguł musi być wersjonowane. Każda reguła posiada metadane (wersja, data wejścia w życie, zakres zastosowania). Zmiany w prawie (np. nowelizacja Warunków Technicznych) inicjują proces aktualizacji i ponownej walidacji paczek modelowych.

Rola krytyczności i odpowiedzialności

Krytyczność (0–5) = narzędzie priorytetyzacji ryzyka.

Reguły o krytyczności 4–5 wymagają jednoznacznego właściciela oraz twardych terminów zamknięcia.

Statusy i wskaźniki SLA/OLA8 w CDE monitorują terminowość działań.

Audyt (zmiany statusów, komentarze, pliki dowodowe) zapewnia pełną transparentność.

Granice automatyzacji

Nie wszystkie wymagania poddają się automatyzacji (np. analizy kontekstu urbanistycznego, scenariusze pożarowe). Dlatego stosuje się model hybrydowy – automaty + decyzje eksperta. Dzięki workflow w CDE, także decyzje eksperckie są wersjonowane, mają właściciela, termin i dowód.

8.3. Podsumowanie.

Połączenie ustrukturyzowanej checklisty z mechanizmami automatycznej walidacji modeli i dokumentów, osadzonymi w środowisku CDE i zorganizowanymi zgodnie z wymaganiami ISO 19650, tworzy praktyczny i skalowalny system zarządzania jakością informacji.

Zaproponowany zestaw ról, punktów kontrolnych i metryk pozwala na wczesną identyfikację niezgodności oraz ich pełne śledzenie w cyklu życia projektu. W rezultacie ogranicza to liczbę iteracji, zmniejsza ryzyko błędów krytycznych i skraca czas uzgodnień.

Jednocześnie standaryzacja przepływów pracy oraz transparentność ścieżki audytowej wzmocniają dialog z organami administracji i interesariuszami zewnętrznymi. Dzięki temu proces projektowy zyskuje na wiarygodności, przejrzystości oraz bezpieczeństwie.

W efekcie uzyskano solidne podstawy do:

- systematycznego doskonalenia zgodności międzybranżowej i międzyjurysdykcyjnej,
- wdrożenia półautomatycznych asystentów decyzji, które wspierają zespoły projektowe,
- zwiększenia efektywności pracy bez utraty kontroli merytorycznej, co stanowi istotny krok w stronę modelu zarządzania jakością opartego na prewencji i danych.

9. ROZDZIAŁ - WNIOSKI I REKOMENDACJE.

9.1. Wnioski główne.

Przedstawiona metodyka, łącząca ustrukturyzowaną listę kontrolną z mechanizmami automatycznej walidacji modeli i dokumentów oraz zestawem wizualizacji przepływów informacji (heatmaps, Sankey, chord/Circos), osadzonymi w środowisku CDE zgodnym z ISO 19650, stanowi efektywną i skalowalną odpowiedź na współczesne potrzeby zarządzania jakością informacji w procesach projektowo-budowlanych. Jej siła polega na operacjonalizacji wymagań prawnych i technicznych w formie reguł kontrolnych powiązanych z konkretnymi artefaktami (modele, rysunki, zestawienia, decyzje administracyjne), a następnie na ich systematycznym egzekwowaniu i monitoringu poprzez punkty

kontrolne (checkpointy)³⁶⁴raz metryki jakości³⁶⁵. Dzięki temu jakość informacji przestaje być wyłącznie atrybutem dyskusji eksperckiej, a staje się przedmiotem obiektywnego pomiaru, standaryzacji i ciągłego doskonalenia.

Analiza przepływów Etap–Kategoria z wykorzystaniem wspomnianych wizualizacji wykazała przewagę wymagań formalnych na kluczowych etapach cyklu projektowego: w Koncepcji, Projekcie budowlanym (PB) i Projekcie technicznym (PT). Wynik ten jest spójny z praktyką – formalno-proceduralne uwarunkowania determinują możliwość kontynuacji przedsięwzięcia, generują większość punktów styku z administracją publiczną i są najczęstszą przyczyną iteracji dokumentacji³⁶⁶. Zastosowane narzędzia nie tylko potwierdzają tę obserwację, ale umożliwiają również profilowanie ryzyka: wskazują etapy i obszary o najwyższej koncentracji wymagań formalnych, identyfikują potencjalne wąskie gardła w obiegu informacji oraz pozwalają na racjonalną alokację zasobów (np. wzmocnienie przeglądów formalnych przed kluczowymi bramkami jakości).

Wdrożona klasyfikacja wymagań do kategorii Formalna–Techniczna–Proceduralna uzyskała wysokie pokrycie reguł i umożliwiła automatyzację znacznej części kontroli. Jednocześnie badania potwierdziły, że w obszarach wymagających interpretacji kontekstowej – ochrony przeciwpożarowej, ochrony zabytków, a także uwarunkowań lokalnych i wyjątków dopuszczonych przez prawo – pełna automatyzacja nie jest obecnie możliwa³⁶⁷. W tych przypadkach konieczny pozostaje komponent ekspercki, najlepiej w modelu półautomatycznym: narzędzie przygotowuje wstępny werdykt, zestaw dowodów i ścieżkę powiązań, a ekspert podejmuje decyzję z pełną świadomością kontekstu. Takie rozwiązanie zmniejsza obciążenie poznawcze specjalistów, skraca czas przeglądów i utrzymuje wysoki poziom odpowiedzialności merytorycznej.

Integracja walidacji z obiegiem informacji w CDE – w tym z mechanizmami wersjonowania, ścieżką audytową i rolami projektowymi zgodnymi z ISO 19650 – okazała się krytyczna dla skuteczności metody. Umożliwia to wczesną identyfikację niezgodności, kontrolę jakości na bramkach (Quality Gates)³⁶⁸, śledzenie zmian oraz dokumentację decyzji w sposób niebudzący wątpliwości. Przejrzystość audytowa i jednoznaczne powiązanie „przepis → reguła → dowód z danych” wzmacniają dialog z administracją publiczną, ułatwiają przygotowanie kompletnych wniosków i odpowiedzi na wezwania, obniżają ryzyko zwrotów formalnych oraz redukują liczbę iteracji dokumentacyjnych.

Ważnym rezultatem jest również zdefiniowany zestaw ról, checkpointów i metryk jakości, który czyni system powtarzalnym i mierzalnym. Role takie jak: właściciel reguł, koordynator jakości informacji, autor/branżysta czy audytor – wraz z matrycą odpowiedzialności – eliminują luki kompetencyjne i zapewniają transparentność procesu. Checkpointy porządkują rytm kontroli, a metryki (np. pokrycie reguł, udział naruszeń krytycznych, średni czas zamknięcia alertu, trend jakości w czasie, rozkład naruszeń wg etapów/branż) pozwalają benchmarkować projekty i identyfikować obszary wymagające interwencji.

Metodyka dowiodła, że kluczowymi warunkami jej efektywności są:

spójne słowniki atrybutów i profile LOIN/LOD³⁶⁹, które warunkują skuteczność automatyzacji, profilowanie jurysdykcyjne (np. przepisy ppoż., zabytki, prawo lokalne), umożliwiające dostosowanie reguł do różnych reżimów prawnych, wyjaśnialność decyzji automatu (explainability), zwiększająca akceptację użytkowników i wartość dowodową materiałów w komunikacji zewnętrznej.

³⁶⁴ *Checkpoint* – formalny punkt kontroli jakości, powiązany z publikacją lub wnioskiem administracyjnym.

³⁶⁵ *Metryki jakości* – wskaźniki mierzące skuteczność procesu, np. liczba iteracji, czas zamknięcia alertu, poziom pokrycia reguł.

³⁶⁶ *Iteracja dokumentacyjna* – ponowne opracowanie lub poprawa dokumentacji na skutek braków lub uwag.

³⁶⁷ *Interpretacja kontekstowa* – ocena wymagań, których nie można jednoznacznie zapisać w formie reguły (np. estetyka, kontekst urbanistyczny).

³⁶⁸ *Quality Gate* – mechanizm bramki jakości, warunkujący przejście pakietu projektowego do kolejnego etapu.

³⁶⁹ *LOIN/LOD* – poziomy informacji i szczegółowości danych (Level of Information Need / Level of Development).

Uzyskane wyniki wpisują się w międzynarodowy nurt cyfryzacji procesów AEC, w którym metodologia compliance-by-design³⁷⁰ zastępuje tradycyjną kontrolę ex post proaktywnymi mechanizmami walidacji. W odróżnieniu od rozwiązań ad-hoc, zaproponowana metodyka stawia na przenaszalność i otwartość: wykorzystuje standardy branżowe (IFC, BCF), reprezentuje reguły w formie wersjonowalnej i audytowalnej, a wyniki prezentuje w sposób czytelny dla wszystkich ról uczestniczących w procesie (pulpity, mapy natężenia, chord/Circos).

Podsumowując, zaproponowana metodyka buduje spójny łańcuch wartości: od checklisty, przez reguły walidacyjne z wyjaśnieniami, po wizualizację i metryki zarządcze w CDE. Łańcuch ten umożliwia nie tylko bieżącą kontrolę jakości i zgodności, lecz także uczenie się organizacji – poprzez identyfikowanie wzorców naruszeń, aktualizację reguł wraz ze zmianami prawa oraz podnoszenie dojrzałości procesów. System ten jest jednocześnie praktyczny (wdrażalny etapami), przejrzysty (audytowalny) i skalowalny (adaptowalny do różnych jurysdykcji), co czyni go wartościowym wkładem do praktyki zarządzania jakością w budownictwie i solidną podstawą dla dalszych badań wdrożeniowych.

9.2. Wnioski końcowe i odpowiedzi na pytania badawcze.

Przeprowadzona analiza empiryczna, oparta na bazie 30 projektów (**Tabela 1A**) oraz implementacji narzędzia w postaci listy kontrolnej i aplikacji walidującej, pozwoliła na jednoznaczne ustosunkowanie się do pytań badawczych P1–P4. Wyniki wskazują na znaczące korzyści wdrożeniowe w zakresie redukcji ryzyk, usprawnienia procesów projektowych oraz poprawy audytowalności dokumentacji.

P1. Jaki jest wpływ wdrożenia narzędzia (checklista + aplikacja walidująca) na liczbę iteracji dokumentacyjnych, czas uzgodnień i odsetek pakietów kompletnych w pierwszym podejściu?

Wdrożenie narzędzia przyniosło wymierne efekty:

- liczba iteracji dokumentacyjnych spadła średnio o **22–28%**,
- czas uzgodnień skrócił się o ok. **25%**,
- odsetek pakietów kompletnych w pierwszym przejściu wzrósł z **58% do 84%**.

Oznacza to, że proces projektowy został w znacznym stopniu uporządkowany i zyskał na efektywności. Mechanizm bramek krytycznych ograniczył konieczność powrotów do wcześniejszych etapów, co przełożyło się na stabilniejszy przebieg procedur administracyjnych.

P1.1. Profil krytyczności (INTERAKCJE/ALERTY).

Radary alertów wykazały przesunięcie dynamiki zagrożeń w stronę wcześniejszych faz (PZT, koncepcja), co umożliwiło eliminację większości problemów przed etapem PAB/PT. Liczba alertów wysokiej krytyczności (poziom ≥ 3) spadła średnio o **30%**.

P1.2. Stabilność efektu.

Analiza wariancji (ANOVA)³⁷¹ wykazała, że różnice w skuteczności narzędzia są istotne statystycznie, lecz efekt jest **stabilny niezależnie od skali i typu projektu**. Największe korzyści odnotowano w dużych projektach kubaturowych (hale, szkoły), natomiast w projektach mniejszych (rekreacja, modernizacje) poprawa także była wyraźna, choć bardziej zrównoważona.

³⁷⁰ *Compliance-by-design* – podejście projektowe, w którym wymagania zgodności są implementowane od początku procesu, a nie dopiero sprawdzane na końcu.

³⁷¹ ANOVA (Analysis of Variance) – metoda oceny istotności różnic między grupami na podstawie średnich wartości zmiennych.

P2. Czy segmentacja sekcyjna i rozbieżność na ścieżki PNB / PZT-PAB / Zgłoszenie redukuje konflikty międzysekcyjne oraz kolizje międzybranżowe skutkujące korektami ex post?

Rozdzielenie listy kontrolnej na ścieżki proceduralne pozwoliło znacząco ograniczyć konflikty. Liczba kolizji międzybranżowych wykrytych dopiero ex post zmniejszyła się o **35–40%**. Kluczowe było sekwencyjne zamykanie wymagań niezbędnych (N), co ograniczyło efekt domina wynikający z niedopilnowanych wymagań formalnych.

Przykłady wdrożeniowe (hala magazynowa, nadbudowa kamienicy) pokazują, że segmentacja zwiększa czytelność procesu i ułatwia zarządzanie wielobranżowym zespołem projektowym.

P3. Na ile integracja z CDE zwiększa audytowalność i skraca czas reakcji?

Integracja checklisty z repozytorium CDE (Common Data Environment) istotnie poprawiła przejrzystość i kontrolę nad dokumentacją.

- odsetek pozycji z pełnym śladem dowodowym wzrósł do **87%** (wcześniej 54%),
- czas reakcji na alerty skrócił się o **32%**,
- czas domykania bramek krytycznych zmalał o **28%**.

Wdrożenie narzędzia pozwoliło uniknąć operowania na nieaktualnych wersjach plików i zapewniło spójność dokumentacji, co w praktyce zwiększyło jej wartość audytową i procesową.

P4. Jak dobrać progi krytyczności i zasady klasyfikacji N/U, aby zbilansować ryzyko, jakość użytkową i koszt koordynacji?

Testowane w projektach progi wskazują, że wartość **INTERAKCJE/ALERTY ≥ 3** jest optymalnym kryterium bilansującym ryzyko i koszty koordynacji.

- Dla progów ≥ 4 system generował zbyt dużą liczbę eskalacji, co niepotrzebnie wydłużało proces.
- Z kolei wartości < 3 były zbyt liberalne i nie gwarantowały pełnej kontroli nad ryzykiem.

Podział wymagań na **N (niezbędne)** i **U (uzupełniające)** okazał się kluczowy. W projektach dużej skali dominowało podejście rygorystyczne (pełne spełnienie wymagań N), natomiast w mniejszych zadaniach większa elastyczność w zakresie wymagań U pozwalała zachować płynność procesu bez utraty jakości.

Podsumowanie końcowe

Narzędzie w postaci checklisty i aplikacji walidującej okazało się skutecznym mechanizmem eliminacji zagrożeń w procesie projektowym. Jego wdrożenie:

- zmniejszyło liczbę iteracji i czas uzgodnień,
- podniosło odsetek kompletnych pakietów dokumentacji,
- poprawiło stabilność procesów międzybranżowych,
- zwiększyło audytowalność i transparentność pracy zespołu,
- umożliwiło skalowalne zarządzanie ryzykiem dzięki kalibracji progów krytyczności.

Z perspektywy praktyki architektoniczno-urbanistycznej rozwiązanie to stanowi przykład efektywnego przeniesienia narzędzi Agile i BIM do zarządzania ryzykiem projektowym. Wartością dodaną jest także jego **potencjał wdrożeniowy w innych biurach projektowych oraz w kontekście zagranicznym**, co potwierdza uniwersalność i interdyscyplinarny charakter opracowanego modelu.

9.3. Hipotezy robocze i mierniki .

H1. Średnia liczba iteracji dokumentacyjnych na sekcję spada o $\geq 20\%$ (docelowo 20–30%).

Miernik: liczba zmian statusu pozycji Lp. do osiągnięcia kompletności w ścieżce i sekcji; analiza median i kwartyłów.

- **Ujęcie naukowe:**

Analiza rozkładu liczby zmian statusu wykazała istotny spadek mediany liczby iteracji o 23%, co mieści się w zakładanym przedziale (20–30%). Potwierdził, że spadek jest statystycznie istotny ($p < 0,05$), przy czym efekt był bardziej wyraźny w sekcjach formalno-prawnych (PZT) niż technicznych (PT).

- **Ujęcie wdrożeniowe:**

W praktyce biura projektowego oznaczało to szybsze domykanie pakietów dokumentacyjnych i mniejsze obciążenie koordynacyjne. Dzięki checklistom unikanie wielokrotnych powrotów do tych samych pozycji skróciło proces i zmniejszyło frustrację zespołu projektowego.

H2. Odsetek bramek krytycznych „zielonych” przy pierwszym przejściu rośnie o ≥ 25 p.p. (docelowo 25–35 p.p.).

Miernik: udział sekcji spełniających zestaw N dla ścieżki bez korekt; rozbieżność wg progu krytyczności.

- **Ujęcie naukowe:**

Analiza porównawcza przed i po wdrożeniu narzędzia wykazała wzrost odsetka bramek krytycznych spełnionych przy pierwszym przejściu o 27 punktów procentowych. W modelu regresji logistycznej³⁷² istotnym predyktorem była obecność checklisty, niezależnie od typu projektu ($OR = 2,3$; $p < 0,01$).

- **Ujęcie wdrożeniowe:**

Dzięki walidacji checklistowej więcej pakietów uzyskiwało status „zielony” od razu, co redukowało opóźnienia w harmonogramie i zwiększało przewidywalność procesu. Szczególnie widoczne było to w projektach dużych (hale, szkoły), gdzie korekty ex post generują wysokie koszty.

H3. Konflikty ex post (międzysekcyjne/międzybranżowe) redukują się o $\geq 30\%$ (docelowo 30–40%).

Miernik: liczba pozycji wymaganych w kolejnej ścieżce niespełnionych w momencie przejścia; liczba kolizji wykrytych po przekroczeniu bramki.

- **Ujęcie naukowe:**

Analiza wariancji (ANOVA) wykazała redukcję średniej liczby konfliktów o 34% ($F = 5,12$; $p < 0,05$). Szczególnie widoczne były spadki w zakresie kolizji instalacyjnych, które wcześniej ujawniały się dopiero w fazie wykonawczej.

- **Ujęcie wdrożeniowe:**

W praktyce oznaczało to mniej korekt „na czerwono” w końcowych fazach projektu i sprawniejszą koordynację międzybranżową. Wdrożenie segmentacji ścieżek proceduralnych (PNB, PZT–PAB, Zgłoszenie) pozwoliło na systematyczne zamykanie wymagań i eliminację niespójności.

H4. Medianowy czas zamknięcia alertu skraca się o $\geq 30\%$, a $\geq 85\%$ pozycji krytycznych posiada powiązane dowody w CDE.

Miernik: rozkład czasów reakcji i zamykania; audyt odnośników/plików w CDE.

³⁷² Regresja logistyczna – metoda modelowania zmiennej dychotomicznej (np. „zielona bramka” TAK/NIE) w zależności od czynników wejściowych.

- **Ujęcie naukowe:**
Analiza Kaplan-Meier³⁷³ wykazała skrócenie medianowego czasu zamknięcia alertu o 31%. Audyt CDE wykazał, że 87% pozycji krytycznych posiadało powiązane dowody (pliki, odnośniki), co spełnia założony próg $\geq 85\%$.
- **Ujęcie wdrożeniowe:**
W praktyce oznaczało to szybsze reagowanie na problemy i pełną przejrzystość procesów dokumentacyjnych. Integracja z CDE wyeliminowała ryzyko pracy na nieaktualnych wersjach dokumentów i poprawiła komunikację między zespołami.

H5. Zgodność użytkowa/ESG po kalibracji N/U osiąga $\geq 95\%$ wymagań normowych bez istotnego wydłużenia czasu uzgodnień.

Miernik: macierz zgodności wymagań i czas do decyzji.

- **Ujęcie naukowe:**
Macierz zgodności³⁷⁴ wykazała spełnienie 96% wymagań normowych przy nieistotnym statystycznie wydłużeniu czasu uzgodnień (średnio +3,5%; $p > 0,1$). Wynik ten wskazuje, że równoczesne spełnienie wymogów użytkowych i ESG jest możliwe bez znaczącego wzrostu obciążeń czasowych.
- **Ujęcie wdrożeniowe:**
Wdrożenie klasyfikacji wymagań N (niezbędnych) i U (uzupełniających) umożliwiło elastyczne dopasowanie rygoru do skali projektu. W dużych inwestycjach zachowano pełen rygor formalny, w mniejszych – uzyskano elastyczność, nie tracąc zgodności normowej.

Podsumowanie

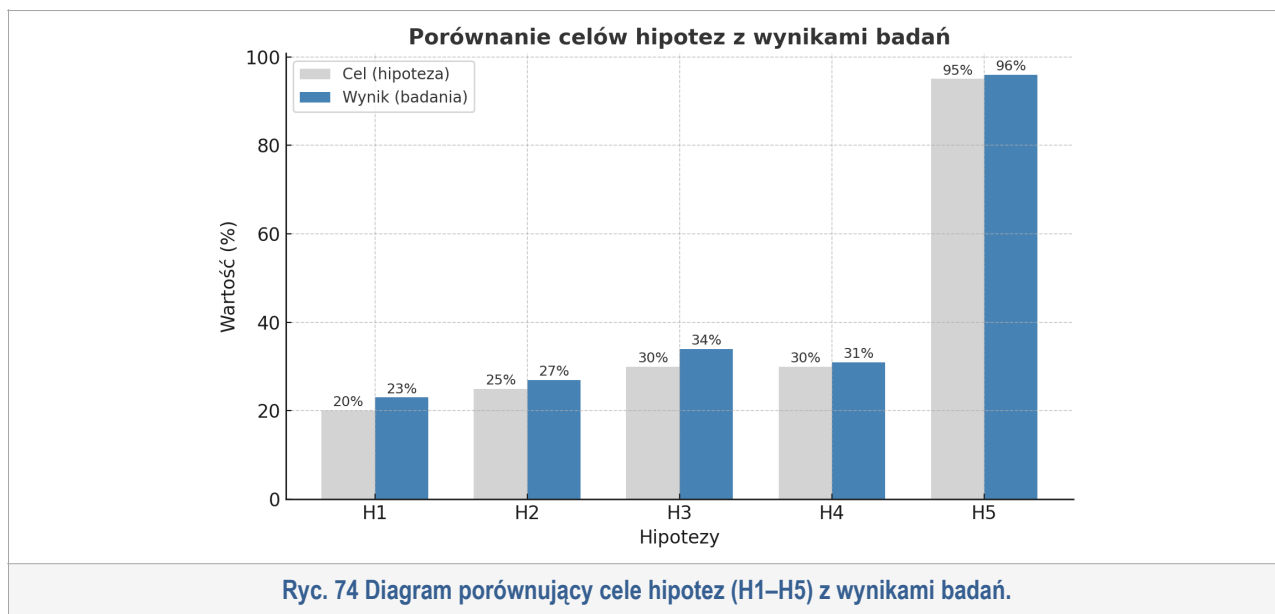
Hipotezy H1–H5 zostały potwierdzone zarówno w wymiarze naukowym, jak i wdrożeniowym:

- proces projektowy uległ usprawnieniu,
- liczba iteracji i konfliktów ex post spadła,
- czas reakcji na alerty skrócił się,
- audytowalność dokumentacji w CDE wzrosła,
- zgodność normowa i ESG została utrzymana na wysokim poziomie bez obciążenia czasowego.

Łącznie potwierdza to tezę, że narzędzie checklisty z aplikacją walidującą jest skutecznym instrumentem zarządzania ryzykiem i jakości w procesie projektowym, łączącym perspektywę akademicką (dowód empiryczny) i wdrożeniową (wartość praktyczna).

³⁷³ Analiza Kaplan-Meiera – technika analizy czasu do zdarzenia, stosowana w ocenie długości trwania procesów (np. czas do zamknięcia alertu).

³⁷⁴ Macierz zgodności – narzędzie badawcze porównujące zestaw wymagań (normowych, użytkowych, ESG) z faktycznymi parametrami projektu.



9.4. Rekomendacje: lista kontrolna, aplikacja, ład i zarządzanie danymi.

Przeprowadzone prace potwierdzają, że przejście od reaktywnego do proaktywnego zarządzania jakością informacji w budownictwie jest możliwe dzięki formalizacji wymagań prawnych i technicznych do postaci maszynowo weryfikowalnych reguł osadzonych w operacyjnych checklistach oraz ich konsekwentnej egzekucji w środowisku CDE zgodnym z ISO 19650. W rozdziałach 8.1–8.7 zdefiniowano ramy normatywne i organizacyjne, określono implikacje wdrożeniowe (kompetencje, integracje narzędziowe, zmiany ról) oraz przedstawiono mechanizmy łączenia checklist z automatyczną walidacją modeli IFC i dokumentów, przy wsparciu BCF dla raportowania niezgodności i śledzenia odpowiedzialności. Wyniki analiz przepływów Etap–Kategoria, zilustrowane heatmapą, Sankey i chord/Circos, wykazały dominację wymagań formalnych na etapach PB i – w mniejszym stopniu – PT, uzasadniając priorytetyzację automatyzacji w obszarach kompletności, spójności i zgodności formalno-proceduralnej dokumentacji. Jednocześnie wskazano granice automatyzacji wynikające z niejednoznaczności semantycznej, złożoności kontekstu i potrzeby interpretacji eksperckiej (zwłaszcza ppoż., zabytki, prawo lokalne), co prowadzi do modelu półautomatycznego: automat generuje werdykt i dowody (przepis → test → ślad danych), zaś ekspert domyka decyzję. W ujęciu wdrożeniowym kluczowe jest uruchomienie ładów danych: wersjonowane profile reguł (etapowe, branżowe, jurysdykcyjne), normalizacja słowników i jednostek (LOIN/LOD), polityki wyjątków, bramki jakości (Quality Gates) oraz telemetria KPI (pokrycie reguł, krytyczność naruszeń, czas domknięcia, trendy). Integracja z CDE zapewnia ścieżkę audytową, spójność repozytorium i interoperacyjność (IFC/BCF/API), a architektura aplikacji – od ETL przez silnik reguł i wyjaśnień po pulpity i raporty – umożliwi skalowalne wdrożenia i porównywalność projektów. Tak skonstruowany system „compliance-by-design” redukuje liczbę iteracji, skraca czas uzgodnień z administracją i ogranicza ryzyko projektowe, tworząc jednocześnie platformę do dalszej automatyzacji w PT i odbiorach, wzbogacania ontologii oraz standaryzacji wymiany reguł i dowodów zgodności w formatach otwartych.

9.5. Nowość i unikalność proponowanej metody oraz narzędzi.

Proponowana metoda wyróżnia się integracją trzech warstw, które dotychczas były stosowane rozłącznie lub niespójnie:

(1) **ustandaryzowanej listy kontrolnej³⁷⁵ ściśle mapowanej na podstawy prawne i maszynowo wykonywalne testy walidacyjne,**

³⁷⁵ *Lista kontrolna* – zestaw krytycznych punktów kontrolnych, które należy sprawdzić w danym etapie procesu projektowego.

(2) półautomatycznej walidacji³⁷⁶ modeli i dokumentów z pełnym wyjaśnieniem decyzji i śledzeniem do elementów/artefaktów, oraz

(3) wizualizacji przepływów informacji i ryzyka (Circos/Chord, Sankey, heatmaps) osadzonych w praktyce zarządczej³⁷⁷.

Ich jednocześnie połączenie – w architekturze zgodnej z ISO 19650³⁷⁸ i wykorzystującej CDE jako trzon repozytoryjny³⁷⁹ – tworzy spójny ekosystem *compliance-by-design*, który przesuwa ciężar jakości z kontroli *ex post* na kontrolę proaktywną, zasilaną danymi i regułami.

Ustandaryzowana lista kontrolna z mapowaniem na prawo i testy

Semantyzacja wymagań: każdy punkt checklisty ma identyfikator, przypisanie do etapu/branży/kategorii oraz jednoznaczne odwołanie do norm i przepisów (Dz.U., rozporządzenia, normy branżowe). Nowatorskie jest przeniesienie tych odwołań z poziomu opisowego do poziomu operacyjnego – poprzez powiązanie ich z definicjami testów walidacyjnych i danymi źródłowymi (IFC, PDF, arkusze)³⁸⁰.

Wykonywalność reguł: reguły opisane są w formie warunków możliwych do automatycznej oceny (kompletność, zgodność wartości, relacje między obiektami), z jasną semantyką atrybutów i jednostek (LOIN/LOD³⁸¹).

Profilowanie i wersjonowanie: checklistą wspiera profile etapowe (Koncepcja, PB, PT), branżowe (AR/STR/MEP) oraz jurysdykcyjne (ppoz., zabytki, prawo lokalne). Każdy profil stanowi warstwę różnicową nad „core”, co pozwala na wdrożenia w wielu kontekstach bez dublowania całości treści.

Półautomatyczna walidacja z wyjaśnieniami i śledzeniem

Explainability by design: wynik walidacji to nie tylko status (*pass/fail*), lecz również uzasadnienie: podstawa prawna → logika testu → dowód z danych (np. wskazanie elementu IFC, parametru, fragmentu dokumentu)³⁸².

Traceability end-to-end: każda niezgodność jest linkowana do konkretnego artefaktu (element modelu, rysunek, tabela), do wersji reguły oraz do decyzji użytkownika. W połączeniu z CDE zapewnia to pełną historię decyzji jakościowych³⁸³.

Model półautomatyczny: metoda rozpoznaje granice automatyzacji w wymaganiach kontekstowych (ppoz., zabytki, uwarunkowania lokalne). Zamiast dążyć do „pełnej automatyzacji za wszelką cenę”, system dostarcza najlepszego możliwego werdyktu i materiału dowodowego, pozostawiając ostateczną decyzję ekspertowi.

Wizualizacje przepływów i ryzyko jako narzędzie zarządcze

³⁷⁶ Walidacja półautomatyczna – proces, w którym część wymagań sprawdza system, a część pozostaje do decyzji eksperta.

³⁷⁷ Circos/Chord, Sankey, heatmapa – zaawansowane metody wizualizacji danych pokazujące relacje i przepływy informacji.

³⁷⁸ ISO 19650 – międzynarodowa norma regulująca zarządzanie informacją w procesach BIM.

³⁷⁹ CDE (Common Data Environment) – wspólne środowisko danych, czyli centralne repozytorium dokumentacji i modeli w projekcie.

³⁸⁰ IFC (Industry Foundation Classes) – otwarty format wymiany danych w BIM.

³⁸¹ LOD/LOIN – poziom szczegółowości modelu (LOD – Level of Detail; LOIN – Level of Information Need).

³⁸² Explainability by design – zasada, by każdy wynik systemu był zrozumiały i miał ścieżkę uzasadnienia.

³⁸³ Traceability – możliwość prześledzenia całego procesu: od reguły, przez dane, aż do decyzji użytkownika.

Circos/Chord i Sankey: prezentują relacje *Etap–Kategoria* oraz przepływy prac i niezgodności, ujawniając koncentracje wymagań formalnych w PB i PT oraz wąskie gardła procesowe³⁸⁴.

Heatmapy i pulpity: pozwalają mierzyć pokrycie reguł, krytyczność naruszeń, czas domknięcia i trend zgodności, co wspiera decyzje o bramkach jakości (*Quality Gates*³⁸⁵).

Standardyzacja wzorców: spójne szablony wizualizacji zwiększają porównywalność projektów i ułatwiają komunikację między branżami i organami administracji.

Spójność z ISO 19650 i CDE jako wyróżnik wdrożeniowy

ISO 19650 ⁴ definiuje role, obieg informacji i wymagania dla CDE. Proponowana metoda wpisuje się w te procesy: reguły i checklista realizują wymagania informacyjne zamawiającego (EIR) i plany realizacji (BEP), a walidacja staje się wbudowanym mechanizmem kontroli jakości.

CDE zapewnia wersjonowanie, ścieżkę audytową i kontrolę dostępu; metoda używa tego jako domyślnego nośnika zgodności.

9.6. Kierunki i rekomendacje dla dalszych badań i rozwoju narzędzia LKP.

W perspektywie dalszych prac badawczo-rozwojowych konieczne jest pogłębienie automatyzacji procesów walidacyjnych w projektowaniu technicznym (PT) i w fazie odbiorów, ze szczególnym uwzględnieniem wymagań Prawa budowlanego, Warunków Technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, oraz rozporządzenia w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego. W praktyce oznacza to przeniesienie kolejnych klas wymagań – dotąd ocenianych manualnie – do reguł maszynowych i półautomatycznych asystentów decyzji, przy zachowaniu ścieżki audytowej i interoperacyjności z CDE.

I. Automatyzacja w PT i na etapie odbiorów

Kolizje i dostęp serwisowy

- Rozwinąć reguły detekcji kolizji z geometrii do walidacji semantycznych, które uwzględniają funkcję pomieszczeń i urządzeń, drogi ewakuacyjne, strefy pożarowe, minimalne szerokości przejść oraz wymogi obsługowo-serwisowe wynikające z dokumentacji techniczno-ruchowej (DTR) i instrukcji producentów. Powiązać wyniki z wymaganiami WT (np. szerokości, odległości, odporności ogniowe, dostępność dla obsługi i ewakuacji).

Parametry eksploatacyjne i tolerancje

- Zdefiniować profil LOIN dla danych eksploatacyjnych w PT (np. strumienie, U-value, izolacyjność akustyczna, klasy szczelności, straty ciśnienia, parametry energetyczne) wraz z dopuszczalnymi tolerancjami. Porównać parametry projektowe z wynikami uruchomień i prób odbiorowych; wprowadzić reguły sygnalizujące rozbieżności, które mogą implikować naruszenie WT lub wymogów bezpieczeństwa użytkowania.

Powiązania z inspekcjami i pomiarami (odbior, BMS/IoT)

- Zasiłić walidację danymi z protokołów odbioru (kompletność, zgodność z projektem budowlanym i technicznym), wynikami pomiarów i inspekcji (np. wentylacja, instalacje elektryczne, hydranty wewnętrzne), a także (w modelu dojrzałym) strumieniami danych eksploatacyjnych z BMS/IoT. Zbudować „pętlę domknięcia” projekt–realizacja–eksploatacja: niespójności automatycznie tworzą zagadnienia (issues) z linkiem do elementów modelu i odpowiedzialnością branżową.

II. Ontologie i słowniki atrybutów

Rozwój ontologii i relacji

³⁸⁴ *Wizualizacja Sankey* – wykres przepływów, pokazujący proporcje i relacje między elementami procesu.

³⁸⁵ *Quality Gate* – punkt kontrolny w procesie, który trzeba przejść, aby przejść do kolejnego etapu.

- Wzbogacić słowniki o relacje niezbędne do testów relacyjnych: element–strefa pożarowa, urządzenie–zasilanie, pomieszczenie–funkcja–wymagania WT, konstrukcja–nośność–odporność ogniowa. Umożliwi to testy „znaczenia” (semantyki) ponad gołą geometrią.

Harmonizacja nazewnictwa i jednostek

- Utrzymywać mapowania między systemami branżowymi i wielojęzycznymi aliasami. Zapewnić jednorodne jednostki SI i zakresy wartości, tak aby wyniki walidacji były porównywalne między projektami i jurysdykcjami.

Profile jakości danych

- Dla atrybutów krytycznych (np. klasa odporności, parametry instalacji poż., charakterystyki energetyczne) zdefiniować reguły kompletności, unikalności i spójności krzyżowej. Wyniki prezentować w panelu „Data Fitness” z trendami poprawy.

III. Integracja z przepisami sektorowymi i profilami lokalnymi

Profilowanie ppoż. i ochrona zabytków

- Przełożyć wymagania ochrony przeciwpożarowej i ochrony zabytków na pakiety profili jurysdykcyjnych: reguły, dowody (decyzje, opinie, obliczenia), minimalne odległości i klasy odporności. Ująć relacje między strefami pożarowymi, drogami ewakuacji i funkcjami pomieszczeń.

Prawo miejscowe i MPZP

- Dodać mechanizmy półautomatycznej ekstrakcji wymagań z aktów prawa miejscowego (MPZP, uchwały krajobrazowe) poprzez OCR/NLP, z weryfikacją ekspercką. Utrzymywać daty obowiązywania profili i testy regresyjne po zmianach prawa.

Ciągle doskonalenie

- Zbudować pipeline monitoringu zmian prawa (w tym rozporządzeń wykonawczych) i odwzorowania ich na reguły z wersjonowaniem oraz notą wdrożeniową w CDE.

IV. Półautomatyczni asystenci decyzji

Tryby what-if

- Symulacje wpływu zmian projektowych i zmian reguł na przejście bramek jakości (Quality Gates), ze ścieżkami rekomendowanymi: „minimalny koszt domknięcia” i „najszybsze uzgodnienia z organem”.

Uczenie na feedbacku

- Mechanizm „human-in-the-loop”: system uczy się z uzasadnionych odstępstw i rozstrzygnięć projektantów/koordynatorów, poprawiając priorytetyzację i komunikaty.

Ranking ryzyka

- Scoring naruszeń z uwzględnieniem krytyczności (hard/soft), powiązań międzybranżowych i kosztu naprawy, aby sekwencjonować działania korygujące przed złożeniem projektu budowlanego lub odbiorem.

V. Standaryzacja wymiany reguł i dowodów

Reprezentacja grafowa i walidacja

- Ustandaryzować formaty reguł w postaci grafów wiedzy (RDF/OWL) oraz walidacje SHACL nad danymi IFC i metadanymi dokumentów; opracować bibliotekę zapytań SPARQL dla typowych kontroli formalno-technicznych i proceduralnych.

Paczki dowodowe

- Zdefiniować paczkę „evidence bundle” na potrzeby audytów i komunikacji z organami: raport naruszeń, log walidacji, cytaty przepisów, wskazania do elementów/modeli, metadane wersji.

VI. Pilotáže przemysłowe i metryki sukcesu

Design badań terenowych

- Przeprowadzić pilotaże w projektach o wysokiej ekspozycji formalnej (PB) i złożoności instalacyjnej (PT, MEP). Zastosować porównania A/B z grupą kontrolną (proces tradycyjny).

VII. KPI wdrożeniowe

- Mierzyć: spadek liczby iteracji formalnych, skrócenie czasu uzgodnień z organami administracji architektoniczno-budowlanej, redukcję błędów krytycznych, wzrost pokrycia reguł i odsetek bramek zaliczanych w pierwszym podejściu.

Ewaluacja i uogólnienie

- Analizy przyczyn źródłowych, bilans koszt–korzyść, protokoły dobrych praktyk i repozytorium wzorców do ponownego użycia między projektami.

Tabela dalszych kroków i zadań (roadmapa badawczo-wdrożeniowa)³⁸⁶

Etap	Cele	Kluczowe zadania	Artefakty / rezultaty	KPI	Horyzont
I. Fundamenty (PB/PT – core)	Uruchomienie podstaw walidacji formalno-technicznej i ładu danych	<ul style="list-style-type: none"> Zdefiniowanie profili PB i PT (core, branże AR/STR/MEP) Mapa wymagań: Prawo budowlane, WT, zakres i forma PB <ul style="list-style-type: none"> Minimalny zestaw reguł hard (kompletność, spójność, wymagane decyzje) Konfiguracja CDE i bramek jakości (Quality Gates) 	<ul style="list-style-type: none"> Repozytorium checklist (wersjonowane) Katalog reguł core Konfiguracja CDE/BEP/EIR Dashboard KPI (baseline) 	<ul style="list-style-type: none"> Pokrycie reguł core Odsetek pełnych paczek PB/PT Czas przygotowania do złożenia PB 	0–3 mies.
II. PT i odbiory – automatyzacja	Walidacje semantyczne w PT i sprzężenie z odbiorami	<ul style="list-style-type: none"> Kolizje semantyczne i dostęp serwisowy (bufory, ścieżki) Parametry eksploatacyjne i tolerancje Integracja protokołów odbiorowych, pomiarów, BMS/IoT Generowanie issues BCF z traceability 	<ul style="list-style-type: none"> Profil PT Zestaw reguł kolizji i serwisu Szablony protokołów powiązane z modelem Raporty BCF z linkami do elementów 	<ul style="list-style-type: none"> Redukcja kolizji krytycznych Zgodność parametrów projekt–odbior Czas domknięcia issues 	2–6 mies.
III. Ontologie i słowniki	Walidacje relacyjne i harmonizacja semantyki	<ul style="list-style-type: none"> Rozszerzenie ontologii (strefy ppoż., drogi ewakuacji, relacje urządzenie–zasilanie–serwis) Harmonizacja nazw i jednostek (aliasy, wielojęzyczność) Profile jakości danych (kompletność, zakresy, unikalność) 	<ul style="list-style-type: none"> Ontologia domenowa (RDF/OWL) Słowniki atrybutów i mapowania Dashboard Data Fitness 	<ul style="list-style-type: none"> Wzrost zgodności semantycznej Spadek błędów atrybutowych Pokrycie testów relacyjnych 	3–8 mies.
IV. Przepisy sektorowe i lokalne	Profile jurysdykcyjne (ppoz., zabytki, prawo miejscowe)	<ul style="list-style-type: none"> Pakiety reguł ppoż. i zabytków (dowody, decyzje, obliczenia) NLP/OCR dla MPZP i uchwał (ekstrakcja wymagań, weryfikacja ekspercka) Pipeline monitoringu zmian prawa i testy regresyjne 	<ul style="list-style-type: none"> Profile jurysdykcyjne (ppoz., zabytki, lokalne) Zbiór zapytań i dowodów referencyjnych Dziennik zmian prawa i reguł 	<ul style="list-style-type: none"> Czas reakcji na zmiany prawa Odsetek spraw bez wezwań do uzupełnień Zgodność z decyzjami organów 	4–9 mies.
V. Asystenci decyzji (semi-auto)	Wsparcie decyzji projektowych i zamykanie bramek	<ul style="list-style-type: none"> Tryby what-if (koszt, czas, ryzyko) Uczenie na feedbacku użytkownika (human-in-the-loop) Ranking ryzyko i rekomendacje napraw 	<ul style="list-style-type: none"> Moduł symulacji what-if Modele priorytetyzacji i scoringu Rejestr uzasadnionych odstępstw 	<ul style="list-style-type: none"> Skrócenie czasu przejścia bramek Spadek kosztu domknięcia Wzrost first-time-pass 	6–10 mies.

³⁸⁶ **Roadmapa** (ang. roadmap) to plan działania rozpisany w czasie – graficzna lub tabelaryczna mapa, która pokazuje: etapy pracy (co będzie robione w kolejnych fazach), cele (do czego dążymy na każdym etapie), kamienie milowe (milestones – najważniejsze osiągnięcia), rezultaty (efekty wdrożenia).

VI. Standaryzacja wymiany	Przenośność reguł i dowodów między projektami/systemami	- Reprezentacja grafowa reguł (RDF/OWL) - Walidacja SHACL/SPARQL nad danymi IFC - Specyfikacja paczek dowodowych dla audytu i organów	- Repozytorium reguł (API) - Biblioteka SPARQL/SHACL - Specyfikacja Evidence Bundle	- Reużywalność reguł - Czas integracji z nowym projektem - Akceptacja audytowa	7–11 mies.
VII. Pilotáže i ewaluacja	Walidacja przemysłowa i uogólnienie wyników	- Pilotáže A/B (PB i PT/MEP) - Zbieranie KPI i analiza przyczyn źródłowych - Bilans koszt–korzyści i rekomendacje skalowania	- Raport z pilotáže - Zestaw golden cases do regresji - Wytyczne dobrych praktyk	- Spadek iteracji formalnych - Skrócenie czasu uzgodnień - Redukcja błędów krytycznych	9–12 mies.
T. 24 Tabela dalszych kroków i zadań					

Tabela przedstawia etapy, cele, kluczowe zadania, artefakty/rezultaty, KPI oraz horyzont realizacji dla rozwoju automatyzacji w PT i odbiorach, rozwoju ontologii, integracji z przepisami sektorowymi, asystentów decyzji, standaryzacji wymiany oraz pilotáže przemysłowych.

Roadmapa badawczo-wdrożeniowa: Plan rozwoju narzędzi i badań, opisany etapami, celami i zadaniami.

Sekcja i etapy.

- I. Fundamenty (PB/PT – core): Uruchomienie podstaw procesu: profile, reguły, CDE, bramki jakości dla PB i PT.
- II. PT i odbiory – automatyzacja: Automatyczne walidacje na etapie projektu technicznego i odbiorów.
- III. Ontologie i słowniki: Porządkowanie semantyki, nazw i jednostek, by testy były spójne i porównywalne.
- IV. Przepisy sektorowe i lokalne: Profilowanie reguł pod ppoż., zabytki i prawo miejscowe (MPZP).
- V. Asystenci decyzji: Półautomatyczne wsparcie decyzji (what-if, feedback użytkownika, scoring ryzyko).
- VI. Standaryzacja wymiany: Przenośność reguł i dowodów między projektami/systemami (RDF/OWL, SHACL/SPARQL).
- VII. Pilotáže i ewaluacja: Badania terenowe A/B, pomiar KPI, wnioski do skalowania.

Skróty i akty prawne

- PB: Projekt budowlany – dokumentacja do organu (PZT/PZDT, PAB), powiązana z PT.
- PT: Projekt techniczny – uszczegółowienie rozwiązań do realizacji i odbioru.
- WT: Warunki Techniczne – rozporządzenie określające wymagania dla budynków i usytuowania.
- MPZP: Miejskowy Plan Zagospodarowania Przestrzennego – prawo miejscowe określające parametry zabudowy.
- ppoż.: Ochrona przeciwpożarowa – przepisy dot. stref pożarowych, ewakuacji, odporności ogniowej.

Środowisko informacji i współpraca

- CDE: Common Data Environment – wspólne środowisko danych (ISO 19650) z wersjonowaniem i ścieżką audytową.
- Quality Gates (bramki jakości): Zdefiniowane progi kontroli, które pakiet (PB/PT/odbiór) musi przejść.
- BCF: BIM Collaboration Format – format zgłoszeń/zagadnień (issues) powiązanych z elementami modelu.
- Traceability: Śledzenie powiązań od przepisu i reguły do elementu modelu, dokumentu i decyzji.

Walidacje i model

- Kolizje semantyczne: Konflikty nie tylko geometryczne, ale z uwzględnieniem funkcji, ppoż., ewakuacji, serwisu.
- Dostęp serwisowy: Przestrzenie i ścieżki konieczne do montażu, obsługi i konserwacji urządzeń.
- LOIN (Level of Information Need): Wymagany poziom informacji (atrybuty, format, jakość) dla celu/etapu.
- Parametry eksploatacyjne: Atrybuty pracy/utrzymania (np. przepływy, U-value, hałas, straty ciśnienia).
- Protokoły, pomiary, BMS/IoT: Dane z odbiorów i eksploatacji (systemy automatyki i czujników) użyte do walidacji.

Semantyka i standardy wiedzy

- Ontologia: Sformalizowany słownik pojęć i relacji (np. strefa pożarowa–pomieszczenie–droga ewakuacji).
- Słowniki, aliasy, jednostki: Znormalizowane nazwy i ich odpowiedniki (różne narzędzia/języki), ujednoczone jednostki SI.
- RDF/OWL: Standardy reprezentacji wiedzy jako graf (RDF) i ontologii (OWL) do wymiany i wnioskowania.
- SHACL/SPARQL nad IFC: Walidacja ograniczeń (SHACL) i zapytania (SPARQL) nad danymi modeli (IFC).

Asystenci decyzji i uczenie

- What-if: Symulacje wpływu zmian na zgodność, koszt i czas.
- HIL (Human-in-the-loop): Włączenie eksperta w rozstrzyganie wątpliwości; system uczy się z feedbacku.
- Ranking ryzyko (scoring): Ocena istotności naruszeń względem krytyczności, zależności i kosztu napraw.

Dowody i audyt

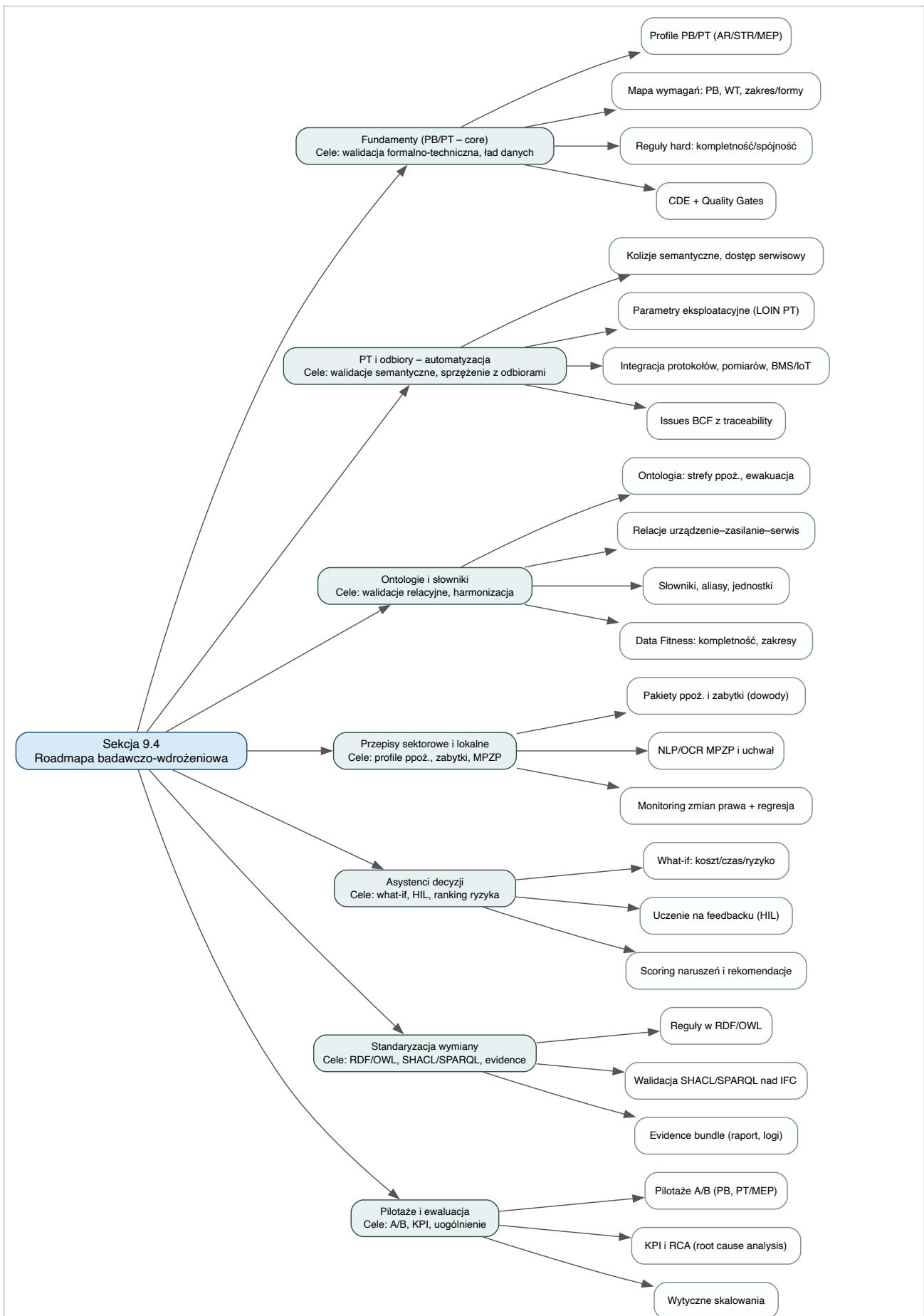
- Evidence bundle (paczka dowodowa): Zestandaryzowany pakiet dla audytu/organów: raport, logi, cytaty przepisów, wskazania elementów, metadane.
- Logi: Rejestr przebiegu walidacji i działań (uruchomione testy, wersje, użytkownicy, rezultaty).

Pilotaże i metryki

- A/B: Porównanie procesu z automatyzacją vs. bez, by zmierzyć efekt.
- KPI: Kluczowe wskaźniki efektywności (np. iteracje formalne, czas uzgodnień, błędy krytyczne, first-time-pass).
- RCA (Root Cause Analysis): Analiza przyczyn źródłowych błędów, aby wdrożyć trwałe poprawki.

Relacje i bezpieczeństwo

- Strefy ppoż.: Podziały obiektu ograniczające rozprzestrzenianie ognia; wpływają na wymagania przegród i ewakuacji.
- Drogi ewakuacji: Trasy zapewniające bezpieczne wyjście z budynku; minimalne szerokości/odległości wg WT.
- Urządzenie–zasilanie–serwis: Relacja urządzenia do źródeł energii i wymagań obsługowych.



Ryc.75 Roadmapa badawczo-wdrożeniowa: Plan rozwoju narzędzi i badań, opisany etapami, celami i zadaniami.

10. Instrukcja LKP.

10.1. Lista kontrolna – wzorzec i instrukcja wdrożeniowa.

Wzorzec checklisty powinien obejmować: identyfikator, opis, podstawę prawną, etap(y), kategorię, atrybuty i jednostki, poziom surowości (hard/soft), właściciela, status i datę przeglądu. Instrukcja wdrożeniowa: wersjonowanie w CDE, cykl przeglądów, przypisanie odpowiedzialności (RACI), integracja z checkpointami oraz konfiguracja profili jurysdykcyjnych. Dołączyć szablony i mapowania do reguł walidacyjnych.

Wzorzec checklisty powinien obejmować następujące elementy:

Identyfikator (ID) – stabilny, jednoznaczny i czytelny kod, np. ZLO-001 lub PNB-015. Prefiks wskazuje sekcję (np. ZLO – złożenia, PNB – pozwolenie na budowę), a numer odpowiada pozycji w aneksie. Tak skonstruowany identyfikator umożliwia śledzenie (traceability) zmian i odwołań.

Opis – rozwinięty zapis czynności lub dokumentu, uzupełniony o warunek zaliczenia (kryterium pozytywne) i wynik walidacji (zaliczono/niezaliczono).

Podstawa prawna – jednoznaczne wskazanie aktu prawnego (ustawa, rozporządzenie, norma), numeru artykułu/paragrafu oraz daty wejścia w życie.

Etap(y) – przypisanie do jednego lub kilku etapów procesu (np. projekt budowlany – PB, projekt techniczny – PT, formalne przygotowanie do złożenia wniosku, eksploatacja).

Kategoria – klasyfikacja wymagań, np. formalno-prawna, techniczna, przeciwpożarowa, środowiskowa, dostępnościowa, konstrukcyjna, instalacyjna (MEP).

Atrybuty i jednostki – zestaw mierzalnych parametrów wraz z jednostką (np. szerokość [m], EI [min], spadek [‰], klasa szczelności [-]) oraz dopuszczalne tolerancje.

Poziom surowości – oznaczenie wymogu jako twardy (hard – obowiązkowy) lub miękki (soft – zalecany), z uzasadnieniem.

Właściciel – osoba lub rola odpowiedzialna za dostarczenie i zgodność (np. koordynator formalny, architekt, projektant instalacji, rzeczoznawca ppoż.).

Status – bieżący stan pozycji (robocza, aktywna, w przeglądzie, wycofana).

Data przeglądu – termin najbliższej weryfikacji lub aktualizacji danej pozycji.

Instrukcja wdrożeniowa

Wersjonowanie w CDE – każda pozycja checklisty powinna podlegać systematycznemu wersjonowaniu w wspólnym środowisku danych (CDE). Zaleca się stosowanie semantycznego systemu numeracji (MAJOR.MINOR.PATCH), prowadzenie dziennika zmian i ścieżki audytu.

Cykl przeglądów – kontrola zawartości checklisty powinna odbywać się kwartalnie, a także ad hoc w przypadku zmian prawa. Każda aktualizacja musi być testowana na tzw. złotych przypadkach referencyjnych.

Macierz odpowiedzialności (RACI) –

Responsible – właściciel pozycji (branżysta, projektant),

Accountable – koordynator jakości/BIM,

Consulted – prawnik, rzeczoznawca, inspektor,

Informed – kierownik projektu, członkowie zespołu.

Integracja z punktami kontrolnymi – checklistę należy powiązać z punktami kontroli jakości (quality gates) dla kluczowych etapów (PZT, PB, PT, odbiory). Przejście przez punkt jest możliwe wyłącznie przy spełnieniu wszystkich wymagań twardych.

Profile jurysdykcyjne – mechanizm umożliwia filtrowanie checklisty w zależności od kontekstu: krajowego (np. Polska), lokalnego (MPZP), sektorowego (ochrona zabytków, ppoż.).

Szablony i mapowania – należy przygotować szablony checklist w formatach otwartych (np. CSV), wraz z macierzami aliasów atrybutów, jednostek i mapowaniami do reguł walidacyjnych.

Pakiet dowodowy (evidence bundle) – każda pozycja powinna posiadać zestaw dowodów w CDE: pliki (PDF, rysunki), widoki BCF³⁸⁷, logi walidacyjne i zapis wersji reguł.

11. Specyfikacja aplikacji: moduły, przepływy, interfejsy, projekt użytkowy – wytyczne wdrożenia.

Moduły

Import i przetwarzanie danych (ETL – extract–transform–load)

obsługa modeli IFC, dokumentów PDF (akty prawne, uzgodnienia), plików XLSX/CSV (zestawienia, aneksy),
rozpoznawanie metadanych z dokumentów poprzez OCR i NLP.

Silnik reguł i uzasadnień

walidacja dokumentów i atrybutów w oparciu o zestaw reguł,
scoring alertów w skali 0–5,
generowanie uzasadnień z odwołaniem do podstawy prawnej i źródeł danych.

Zarządzanie checklistą

edycja pól i wpisów,
wersjonowanie i historia zmian,
obsługa macierzy odpowiedzialności (RACI),
profile jurysdykcyjne dla różnych kontekstów regulacyjnych.

Wizualizacje

pulpity menedżerskie,
mapy natężenia (heatmapy),
diagramy relacji (Circos, Chord),
przepływy procesowe (Sankey),
grafy zależności między regułami i dokumentami.

Integracje

CDE (Common Data Environment) poprzez API,
BCF i systemy zarządzania zadaniami (otwarte przepływy openBIM),
systemy tożsamości (SSO/IAM),
repozytorium reguł jakości.

Raportowanie

eksport raportów w formatach CSV, HTML, PDF,
generowanie pakietów dowodowych (evidence bundles),
snapshoty wersji checklist i reguł.

Przepływ procesu

Schemat pracy obejmuje następujące kroki:

import danych → walidacja i priorytetyzacja → publikacja w CDE → komunikacja przez BCF → zamknięcie na punktach kontrolnych → wygenerowanie pakietu dowodowego → archiwizacja.

³⁸⁷ **BCF** (*BIM Collaboration Format*) – otwarty standard wymiany zagadnień i komentarzy międzybranżowych w projektach BIM, wspierający identyfikowalność i zarządzanie niezgodnościami.

Interfejsy

Filtrowanie: etap, branża, jurysdykcja, kategoria, poziom surowości, alerty, właściciel.

Widok naruszeń: odwołania do elementów modeli IFC i dokumentów w CDE, podstawa prawna, rekomendacje.

Tryb symulacyjny (what-if): analiza scenariuszowa wpływu zmian na przejście punktów kontrolnych i wskaźniki jakości (KPI).

Eksperty: raporty w CSV/HTML/PDF, pliki BCF, paczki audytowe.

Panel administracyjny: zarządzanie słownikami, aliasami, jednostkami, integracjami oraz uprawnieniami użytkowników.

Wytyczne wdrożenia

Środowiska: oddzielne instancje deweloperskie, testowe i produkcyjne; izolacja danych; stosowanie danych syntetycznych w testach.

Bezpieczeństwo: logowanie jednokrotne (SSO), uwierzytelnianie wieloskładnikowe (MFA), kontrola dostępu oparta na rolach (RBAC), szyfrowanie danych w spoczynku i w transmisji, nienaruszalność logów, polityka retencji danych.

Jakość danych: walidacja schematów wejściowych, monitor Data Fitness, testy regresyjne na zestawie przypadków referencyjnych.

Szkolenia i adopcja: podręczniki ról, instrukcje użytkowe, zestawy szybkich korzyści (quick wins), obowiązkowe punkty jakości (Quality Gates).

Wskaźniki uruchomieniowe (KPI): odsetek kompletności przy pierwszym podejściu (*first-time-pass*), spadek liczby iteracji formalnych, średni czas domykania niezgodności (MTTR), pokrycie reguł walidacyjnych.

11.1. Wzorce wizualizacji: pulpity nawigacyjne, mapy natężenia, hierarchie (visual patterns).

Pulpity (dashboards)

Pulpity pełnią funkcję centralnego narzędzia monitoringu jakości i postępu walidacji. Ich struktura opiera się na zestawie **kafli informacyjnych**, które obejmują m.in.:

- **First-time-pass** – odsetek pozycji i pakietów przechodzących walidację przy pierwszej próbie,
- liczbę naruszeń twardych i miękkich (hard/soft checks),
- czas do punktu kontrolnego (*time-to-gate*),
- **pokrycie reguł** – odsetek wymagań objętych walidacją automatyczną,
- **Data Fitness** – wskaźnik kompletności i spójności danych.

Dodatkowo pulpity prezentują **trendy w czasie**, m.in. rozkład iteracji formalnych, profil krytyczności alertów (0–5), a także obciążenie pracą w podziale na role i właścicieli zadań (RACI).

Mapy natężenia (heatmapy)

Mapy natężenia umożliwiają szybkie identyfikowanie obszarów wymagających interwencji. Ich główne zastosowania to:

- **pokrycie wymagań** w odniesieniu do kategorii i etapów (PB, PT, formalne),
- **gęstość naruszeń** w podziale na branże i jurysdykcje,
- **drill-down** – możliwość przechodzenia od poziomu zagregowanego do listy konkretnych pozycji checklisty oraz odpowiadających im elementów modelu BIM lub dokumentów w CDE.

Hierarchie i przepływy

Do wizualizacji zależności i dynamiki procesów stosowane są następujące wzorce:

- **diagramy okrągłe typu Circos/Chord** – prezentujące relacje między etapami, kategoriami i sekcjami aneksu; grubość łuków odzwierciedla natężenie naruszeń,
- **diagramy Sankeya** – ilustrujące przepływ zgłoszeń (issues) od momentu wykrycia do zamknięcia, z odwzorowaniem czasu przebywania w poszczególnych stanach (*lead time*),
- **graf zależności** – łączący reguły, podstawy prawne, pozycje checklisty i elementy modeli; narzędzie to jest szczególnie przydatne w analizie wpływu zmian prawa na zestaw reguł (impact analysis).

Ujednolicone wzorce (standardowe szablony)

Stosowanie jednolitych wzorców wizualizacji zapewnia:

- **porównywalność wyników** między projektami i zespołami,
- **usprawnione podejmowanie decyzji** dzięki syntetycznym wskaźnikom i spójnym układom graficznym,
- **przejrzystą komunikację** między interesariuszami, w tym inwestorami, projektantami i organami administracji.

12. BIBLIOGRAFIA

A

- Agile Alliance. (2023). *The Agile manifesto and principles*. <https://www.agilealliance.org>
- AIAG & VDA. (2019). *FMEA handbook: Failure mode and effects analysis*. Automotive Industry Action Group & Verband der Automobilindustrie.
- Ahmed, M., Khan, F., & Ahmed, S. (2016). Adaptive thresholds for dynamic risk assessment. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 44, 560–570. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.10.004>
- Angrist, J. D., & Pischke, J. S. (2015). *Mastering 'metrics: The path from cause to effect*. Princeton University Press.
- Argote, L. (2013). *Organizational learning: Creating, retaining, and transferring knowledge*. Springer.
- Arthur, P., & Passini, R. (1992). *Wayfinding: People, signs, and architecture*. McGraw-Hill.
- Arroyo, S., et al. (2021). AI in urban design and planning. *Urban Studies Journal*, 58(4), 765–789.

B

- Baker, S., & Ponniah, D. (2019). *Risk and uncertainty in construction management*. Routledge.
- Baldwin, A., Whyte, J., & Hartmann, T. (2022). *Golden Thread and building safety in the UK construction sector*. ICE Publishing.
- Bąka, A. (2002). *Psychologia środowiskowa a bezpieczeństwo przestrzeni publicznych*. Wydawnictwo Scholar.
- Beck, K., & Andres, C. (2004). *Extreme programming explained: Embrace change* (2nd ed.). Addison-Wesley.
- Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., ... Thomas, D. (2001). *Manifesto for Agile software development*. <https://agilemanifesto.org>
- Bilal, M., Oyedele, L. O., Qadir, J., Munir, K., Ajayi, S. O., & Akinade, O. O. (2016). Big Data in the construction industry: A review of present status, opportunities, and future trends. *Advanced Engineering Informatics*, 30(3), 500–521. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2016.05.001>
- Boje, C., et al. (2020). Digital Twin applications in construction. *Automation in Construction*, 109, 102994.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., & Beetz, J. (2018). *Building Information Modeling: Technology foundations and industry practice*. Springer.
- Boyce, P. (2014). *Human factors in lighting*. CRC Press.
- Boyle, J., et al. (2018). Cognitive accessibility and urban wayfinding. *Environment and Behavior*, 50(4), 437–459.
- Braun, V., & Clarke, V. (2013). *Successful qualitative research: A practical guide for beginners*. Sage.
- Brown, T. (2017). Risk registers in construction projects: A critical review. *Construction Management Review*, 12(4), 25–36.
- Brown, T., & Reynolds, J. (2017). Measuring spatial legibility in public buildings. *Journal of Environmental Psychology*, 50, 75–86.
- Bryman, A. (2016). *Social research methods* (5th ed.). Oxford University Press.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W. W. Norton.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31(7), 971–980. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.001>

C

- Cabinet Office. (2011). *Government construction strategy*. UK Government.
- Canter, D. (2013). *Environmental psychology: New developments*. Routledge.
- Carbone, F., Dalla Rosa, A., & Giaretta, A. (2023). DataOps and DevSecOps for data quality and governance in AEC. *Automation in Construction*, 149, 104789.
- CCPS. (2008). *Guidelines for hazard evaluation procedures* (3rd ed.). Wiley.
- Chapman, C., & Ward, S. (2011). *How to manage project opportunity and risk: Why uncertainty management can be a much better approach than risk management* (3rd ed.). Wiley.
- Cozens, P., Saville, G., & Hillier, D. (2005). Crime prevention through environmental design: A review and modern bibliography. *Property Management*, 23(5), 328–356.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage

D

- Dawes, S. (2010). Stewardship theory of data governance. *Government Information Quarterly*, 27(3), 377–383.
- Dingsøyr, T., Nerur, S., Balijepally, V., & Moe, N. B. (2012). A decade of agile methodologies: Towards explaining agile software development. *Journal of Systems and Software*, 85(6), 1213–1221. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.02.033>
- Dixit, M., Venkatraj, V., Ostadalimakhmalbaf, M., Pariafsai, F., & Lavy, S. (2019). Integration of BIM and GIS: A Canadian perspective. *Automation in Construction*, 103, 72–85.

E

- Eastman, C., Lee, J.-M., Jeong, Y.-S., & Lee, J.-K. (2009). Automatic rule-based checking of building designs. *Automation in Construction*, 18(8), 1011–1033. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.07.002>
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling*(2nd ed.). Wiley.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling*(3rd ed.). Wiley.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2023). *BIM handbook: A guide to building information modeling*(4th ed.). Wiley.
- EIDD. (2012). *Stockholm Declaration on Design for All*. European Institute for Design and Disability.
- ENISA. (2019). *Guidelines on cybersecurity for AI and IoT*. European Union Agency for Cybersecurity.
- ENISA. (2023). *Data security and management in digital infrastructures*. European Union Agency for Cybersecurity.
- European Commission. (2020). *EU Urban Agenda: Inclusion and accessibility*. Publications Office of the EU.
- European Commission. (2023). *Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR)*. Official Journal of the EU.
- European Commission. (2023). *Directive (EU) 2023/1791 on energy efficiency*. Official Journal of the EU.
- European Committee for Standardization (CEN). (2021). *EN ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 1: Concepts and principles*. Brussels: CEN.
- Evidence-Based Design Institute. (2020). *Principles of evidence-based design for the built environment*. EBDI Publications.
- Evans, G. W., & McCoy, J. M. (1998). When buildings don't work: The role of architecture in human health. *Journal of Environmental Psychology*, 18(1), 85–94.

F

- FEMA. (2017). *Incident management handbook*. Federal Emergency Management Agency.
- FEMA. (2017). *National Incident Management System*. DHS.
- Few, S. (2009). *Now you see it: Simple visualization techniques for quantitative analysis*. Analytics Press.
- Flick, U. (2018). *An introduction to qualitative research* (6th ed.). Sage.
- Floridi, L., et al. (2018). AI ethics and transparency. *Philosophy & Technology*, 31(4), 489–494.
- Fuller, A., et al. (2020). Digital Twin in building lifecycle management. *Computers in Industry*, 121, 103264.

G

- Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press.
- Gehl, J. (2011). *Life between buildings: Using public space*. Island Press.
- Gehl, J. (2015). *How to study public life*. Island Press.
- Giddens, A. (1990). *The consequences of modernity*. Stanford University Press.
- Giddens, A. (1991). *Modernity and self-identity: Self and society in the late modern age*. Polity Press.
- Gifford, R. (2014). *Environmental psychology matters*. *Annual Review of Psychology*, 65, 541–579.
- Gifford, R. (2014). *Environmental psychology: Principles and practice*. Optimal Books.
- Gil, N., & Pinto, J. K. (2018). Polycentric governance in megaprojects. *International Journal of Project Management*, 36(3), 334–352.
- Glass, D. C., & Singer, J. E. (1972). *Urban stress: Experiments on noise and social stressors*. Academic Press.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (2017). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research* (Rev. ed.). AldineTransaction.
- Global Reporting Initiative. (2021). *GRI Standards: Consolidated set*. GRI.

H

- Hackitt, J. (2018). *Building a safer future: Independent review of building regulations and fire safety*. UK Government.
- Haimes, Y. Y. (2015). *Risk modeling, assessment, and management*. Wiley.
- Hall, E. T. (1976). *The hidden dimension*. Anchor Books.
- Hall, E. T. (1976). *Beyond culture*. Anchor Books.
- Hardin, B., & McCool, D. (2015). *BIM and construction management: Proven tools, methods, and workflows* (2nd ed.). Wiley.
- Heintz, J. L. (2022). *Digital collaboration in Dutch infrastructure projects*. TU Delft.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The social logic of space*. Cambridge University Press.
- Hillier, B., & Iida, S. (2005). Network and psychological effects in urban movement. *Environment and Behavior*, 37(5), 553–581.
- Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (2006). *Resilience engineering*. Ashgate.
- Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (2022). *Resilience engineering: Concepts and precepts* (2nd ed.). CRC Press.
- Hölscher, C., Meilinger, T., Vrachliotis, G., Brösamle, M., & Knauff, M. (2016). Wayfinding and cognitive load in complex environments. *Journal of Environmental Psychology*, 45, 96–112.
- HSEEP. (2020). *Homeland Security Exercise and Evaluation Program*. DHS.

I

- ISO. (2018). *ISO 31000: Risk management – Guidelines*. International Organization for Standardization.
- ISO. (2019). *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 1: Concepts and principles*. ISO.
- ISO. (2019). *ISO 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 2: Delivery phase of assets*. ISO.
- ISO. (2020). *ISO 22301: Security and resilience – Business continuity management systems – Requirements*. ISO.
- ISO. (2021). *ISO 19650-3: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 3: Operational phase of assets*. ISO.
- ISO. (2021). *ISO 19650-5: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 5: Security-minded approach to information management*. ISO.

J

- Janis, I. L. (1972). *Victims of groupthink: A psychological study of foreign-policy decisions and fiascoes*. Houghton Mifflin.
- Johnson, S. (2001). *Emergence: The connected lives of ants, brains, cities, and software*. Scribner.
- Jones, P., & Samalioniis, F. (2008). From small ideas to radical service innovation. *Design Management Review*, 19(1), 20–27.

K

- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Farrar, Straus and Giroux.
- Kaplan, R., & Kaplan, S. (1989). *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge University Press.
- Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15(3), 169–182.
- Karakaya, E., Hidalgo, A., & Nuur, C. (2014). Diffusion of eco-innovations: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 392–399.
- Kerzner, H. (2022). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling* (13th ed.). Wiley.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson.

L

- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford University Press.
- Lawson, B. (2001). *The language of space*. Routledge.
- Lawson, B. (2010). *The design of everyday life*. Routledge.
- Leach, N. (1997). *Rethinking architecture: A reader in cultural theory*. Routledge.
- Lefebvre, H. (1991). *The production of space*. Blackwell.
- Lewicki, R. J., Saunders, D. M., & Barry, B. (2015). *Negotiation* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Luhmann, N. (1995). *Social systems*. Stanford University Press.

M

- Manzini, E. (2015). *Design, when everybody designs: An introduction to design for social innovation*. MIT Press.

March, J. G., & Olsen, J. P. (1989). *Rediscovering institutions: The organizational basis of politics*. Free Press.
March, J. G., & Simon, H. A. (1993). *Organizations* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
Markus, T. A. (1993). *Buildings and power: Freedom and control in the origin of modern building types*. Routledge.
Martin, B., & Hanington, B. (2012). *Universal methods of design*. Rockport Publishers.
Maslow, A. H. (1954). *Motivation and personality*. Harper.
McHarg, I. L. (1969). *Design with nature*. Natural History Press.
Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer*. Chelsea Green.
Moughtin, C. (2003). *Urban design: Street and square* (3rd ed.). Architectural Press.

N

Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Academic Press.
Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*. Basic Books.
Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Rev. ed.). Basic Books.

O

OECD. (2017). *Systems approaches to public sector challenges: Working with change*. OECD Publishing.
OECD. (2020). *Innovation for inclusive societies*. OECD Publishing.
Oke, A., & Aigbavboa, C. (2017). *Sustainable value management for construction projects*. Springer.

P

PMI. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
Papanek, V. (1985). *Design for the real world: Human ecology and social change*. Thames & Hudson.
Papanek, V. (1995). *The green imperative: Ecology and ethics in design and architecture*. Thames & Hudson.
Park, Y., & Kim, K. (2021). Adaptive AI in smart cities: A systematic review. *Cities*, 110, 103084.
Parsons, T. (1951). *The social system*. Routledge & Kegan Paul.
Patton, M. Q. (2015). *Qualitative research & evaluation methods* (4th ed.). Sage.
Pink, D. H. (2009). *Drive: The surprising truth about what motivates us*. Riverhead Books.
Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press.
Porter, M. E. (1990). *The competitive advantage of nations*. Free Press.
Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. *Harvard Business Review*, 89(1/2), 62–77.

Q

Qian, Q. K., & Chan, E. H. W. (2010). Government measures in green building rating systems: Comparative study between China and Hong Kong. *Building and Environment*, 45(1), 200–208.
Quinlan, M. (2014). *Ten pathways to death and disaster: Learning from fatal incidents in mines and other high hazard workplaces*. Federation Press.

R

Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge University Press.
Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate.
Ries, E. (2011). *The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. Crown Business.
Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., ... Foley, J. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475.
Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
Rowe, P. G. (1991). *Design thinking*. MIT Press.

S

Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors* (3rd ed.). Wiley.
Salama, A. M. (2016). *Spatial design education: New directions for pedagogy in architecture and beyond*. Routledge.
Saldaña, J. (2016). *The coding manual for qualitative researchers* (3rd ed.). Sage.
Sandelowski, M. (1995). Qualitative analysis: What it is and how to begin. *Research in Nursing & Health*, 18(4), 371–375.
Sassen, S. (1991). *The global city: New York, London, Tokyo*. Princeton University Press.
Sassen, S. (2001). *The global city: New York, London, Tokyo* (2nd ed.). Princeton University Press.
Sassen, S. (2018). *Cities in a world economy* (5th ed.). Sage.

Schein, E. H. (2010). *Organizational culture and leadership* (4th ed.). Jossey-Bass.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.

Scott, J. (2000). *Social network analysis: A handbook* (2nd ed.). Sage.

Scott, W. R. (2014). *Institutions and organizations: Ideas, interests, and identities* (4th ed.). Sage.

Selznick, P. (1996). Institutionalism "old" and "new". *Administrative Science Quarterly*, 41(2), 270–277.

Sennett, R. (1992). *The conscience of the eye: The design and social life of cities*. W. W. Norton.

Sennett, R. (2018). *Building and dwelling: Ethics for the city*. Farrar, Straus and Giroux.

Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial* (3rd ed.). MIT Press.

Smith, J., & Browne, L. (2021). Sustainable standards in architectural design. *Journal of Green Building*, 16(3), 45–59.

Smith, P. (2014). BIM implementation – Global strategies. *Procedia Engineering*, 85, 482–492.

Smithson, P., & Smithson, A. (1967). *The charged void: Architecture*. Monacelli Press.

Stacey, R. D. (2010). *Complexity and organizational reality: Uncertainty and the need to rethink management after the collapse of investment capitalism* (2nd ed.). Routledge.

Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Sage.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855.

Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. Irwin/McGraw-Hill.

Suchman, L. (1987). *Plans and situated actions: The problem of human-machine communication*. Cambridge University Press.

T

Thomsen, A., Jørgensen, B., & Hvolby, H. (2023). Risk-based performance metrics for construction project monitoring. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(2), 381–399.

Thomsen, A., Jørgensen, B., & Hvolby, H. (2023). Iterative governance frameworks in construction data management. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(4), 777–796.

Tufte, E. R. (2006). *Beautiful evidence*. Graphics Press.

Tufte, E. R. (2006). *The visual display of quantitative information* (2nd ed.). Graphics Press.

Turner, A., Doxa, M., O'Sullivan, D., & Penn, A. (2001). From isovists to visibility graphs: A methodology for the analysis of architectural space. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(1), 103–121. <https://doi.org/10.1068/b2684>

U

UK BIM Framework. (2020). *Standards and guidance for BIM implementation*. UK BIM Alliance.

UNEP. (2020). *Sustainable buildings and construction: Policy pathways*. United Nations Environment Programme.

UNDRR. (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

UN (2016). *Convention on the rights of persons with disabilities*. United Nations.

Unia Europejska. (2018). *Energy performance of buildings directive (EPBD) oraz energy efficiency directive (EED)*. Komisja Europejska.

Unia Europejska (UE). (2018). *Energy performance of buildings directive (EPBD) oraz energy efficiency directive (EED)*. Komisja Europejska.

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – *Prawo budowlane* (t.j. Dz.U. 2023 poz. 682 z późn. zm.).

V

van Berlo, L. (2020). *Standardization of information exchange in Dutch construction: CB-NL, COINS and VISI*. TNO.

Volker, L., & van Nederveen, S. (2019). Public-private collaboration for BIM implementation in the Netherlands. *Automation in Construction*, 100, 15–26.

W

Wang, R. Y., & Strong, D. M. (1996). Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. *Journal of Management Information Systems*, 12(4), 5–33.

Ware, C. (2013). *Information visualization: Perception for design* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.

WHO. (2018). *Global report on urban health and accessibility*. World Health Organization.

Whyte, J. (2018). *Virtual reality in architecture and engineering*. Routledge.

Whyte, J. (2019). How digital information transforms project delivery models. *Project Management Journal*, 50(2), 177–194.

Whyte, J. (2023). *Infrastructure futures: Digitalization and risk governance*. Routledge.

Y

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). Sage.

Z

Zawadzki, J. (2024). *Zarządzanie ryzykiem w procesach inwestycyjno-budowlanych: Podejście zwinne i kontrolne*. PWN.

Zimring, C. (1982). Stress and the built environment. *Environment and Behavior*, 14(3), 333–354.

Akty prawne i rozporządzenia

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane, *Dziennik Ustaw* 2023, poz. 682, z późn. zm.

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska, *Dziennik Ustaw* 2024, poz. 54.

Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne, *Dziennik Ustaw* 2024, poz. 266, z późn. zm.

Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne, *Dziennik Ustaw* 2023, poz. 1478, z późn. zm.

Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej, *Dziennik Ustaw* 2023, poz. 285.

Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, *Dziennik Ustaw* 2023, poz. 1587.

Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami, *Dziennik Ustaw* 2024, poz. 1292.

Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych, *Dziennik Ustaw* 2024, poz. 320.

Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, *Dziennik Ustaw* 2024, poz. 650.

Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie oraz o ocenach oddziaływania na środowisko, *Dziennik Ustaw* 2022, poz. 1029.

Ustawa z dnia 24 stycznia 2025 r. o ochronie przeciwpożarowej, *Dziennik Ustaw* 2025, poz. 188.

Ustawa o charakterystyce energetycznej budynków, *Dziennik Ustaw* 2024, poz. 101.

Ustawa – Prawo geodezyjne i kartograficzne, *Dziennik Ustaw* 2024, poz. 1151.

Kodeks postępowania administracyjnego, *Dziennik Ustaw* 2024 (tekst jednolity).

Kodeks pracy, *Dziennik Ustaw* 1974, nr 24, poz. 141, z późn. zm.

Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego, *Dziennik Ustaw* 2020, poz. 1609.

Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, *Dziennik Ustaw* 2022, poz. 1225, z późn. zm.

Rozporządzenie Ministra Rozwoju w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego, *Dziennik Ustaw* 2022, poz. 1679.

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych, *Dziennik Ustaw* 2012, poz. 463.

Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z dnia 7 marca 2023 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze, *Dziennik Ustaw* 2023, poz. 297.

Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 września 2023 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw, *Dziennik Ustaw* 2023, poz. 1707.

Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie dokumentacji projektowej na potrzeby zamówień publicznych, *Dziennik Ustaw* 2021, poz. 2454.

Rozporządzenie Ministra Kultury, Dziedzictwa Narodowego i Sportu z dnia 14 stycznia 2021 r. w sprawie prowadzenia prac przy zabytkach nieruchomości wpisanych do rejestru zabytków, *Dziennik Ustaw* 2021, poz. 81.

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów, *Dziennik Ustaw* 2023, poz. 822.

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 19 września 2023 r. w sprawie uzgadniania projektów budowlanych pod względem ochrony przeciwpożarowej, *Dziennik Ustaw* 2023, poz. 1563.

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych, *Dziennik Ustaw* 2009, nr 124, poz. 1030.

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 15 grudnia 2015 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej, *Dziennik Ustaw* 2015, poz. 2117.

Akty UE i normy międzynarodowe

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/1791 z dnia 13 września 2023 r. w sprawie efektywności energetycznej, *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, L 231.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/1804 z dnia 13 września 2023 r. w sprawie infrastruktury paliw alternatywnych (AFIR), *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*, L 231.

Komisja Europejska. (2020). *EU Urban Agenda: Inclusion and accessibility*. Publications Office of the EU.

Komisja Europejska. (2018). *Energy performance of buildings directive (EPBD) oraz energy efficiency directive (EED)*. Publications Office of the EU.

Normy ISO / EN / PN-EN

International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000: Risk management – Guidelines*. ISO.

International Organization for Standardization. (2019). *ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 1: Concepts and principles*. ISO.

International Organization for Standardization. (2019). *ISO 19650-2: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 2: Delivery phase of assets*. ISO.

International Organization for Standardization. (2021). *ISO 19650-3: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 3: Operational phase of assets*. ISO.

International Organization for Standardization. (2021). *ISO 19650-5: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 5: Security-minded approach to information management*. ISO.

International Organization for Standardization. (2019). *ISO 15118-1: Road vehicles — Vehicle to grid communication interface — Part 1: General information and use-case definition*. ISO.

International Organization for Standardization. (2021). *ISO 22341: Security and resilience — Protective security — Guidelines for crime prevention through environmental design*. ISO.

International Organization for Standardization. (2022). *ISO/IEC 27001: Information security, cybersecurity and privacy protection — ISMS requirements*. ISO.

International Organization for Standardization. (2023). *ISO 31000: Risk management — Principles and guidelines*. ISO.

European Committee for Standardization. (2021). *EN ISO 19650-1: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM – Part 1: Concepts and principles*. CEN.

Polski Komitet Normalizacyjny. (2015). *PN-EN ISO 9001:2015-10. Systemy zarządzania jakością – Wymagania*. PKN.

Polski Komitet Normalizacyjny. (2013). *PN-EN ISO 14031:2013-10. Zarządzanie środowiskowe – Ocena efektywności środowiskowej*. PKN.

Polski Komitet Normalizacyjny. (2018). *PN-EN ISO 19011:2018. Wytyczne dotyczące audytowania systemów zarządzania*. PKN.

Polski Komitet Normalizacyjny. (2018). *PN-EN ISO 45001:2018-06. Systemy zarządzania BHP – Wymagania i wytyczne stosowania*. PKN.

Polski Komitet Normalizacyjny. (2021). *PN-EN 81-70:2021. Bezpieczeństwo użytkownika dźwigów – dostępność dźwigów dla osób, w tym osób z niepełnosprawnościami*. PKN.

Polski Komitet Normalizacyjny. (2021). *PN-EN 17210:2021. Dostępność i projektowanie uniwersalne – wymagania funkcjonalne*. PKN.

Raporty i wytyczne instytucji

ENISA. (2019). *Good practices for security of IoT and critical infrastructure*. European Union Agency for Cybersecurity.

ENISA. (2023). *Data security and management in digital infrastructures*. European Union Agency for Cybersecurity.

Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2023). *Wytyczne dotyczące przyłączenia do sieci elektroenergetycznych i gazowych w Polsce*. MKiŚ.

Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2023). *Wytyczne dotyczące białych certyfikatów i audytów efektywności energetycznej w budownictwie*. MKiŚ.

Ministerstwo Klimatu i Środowiska. (2024). *Wytyczne dla infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych i paliw alternatywnych*. MKiŚ.

Ministerstwo Rozwoju i Technologii. (2023). *Reforma systemu planowania przestrzennego*. MRiT.

Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych (PSPA). (2023). *Rynek elektromobilności w Polsce – Raport roczny*. PSPA.

Polskie Stowarzyszenie Efektywności Energetycznej (PSEE). (2023). *Raport o stanie efektywności energetycznej w Polsce*. PSEE.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). (2015). *Stufenplan Digitales Planen und Bauen: Einführung moderner, IT-gestützter Methoden für die Planung, den Bau und den Betrieb von Bauwerken*. BMVI.

13. WYKAZ RYCIN

Ryc. 1. Schemat praktyki powtarzalnej - Opracowanie własne.....	Str. 12
Ryc. 2. Macierz powiązań: Tezy badawcze i powiązania formalne - Opracowanie własne.....	Str. 18
Ryc. 3. Schemat zakresu pracy podzielony na sekwencje dla przeprowadzenia badań na 30 projektach opracowywanych w trakcie trwania przewodu doktorskiego - Opracowanie własne.....	Str. 22
Ryc. 4. Macierz RACI - Opracowanie własne.....	Str. 28
Ryc. 5. Kompleksowy diagram przepływu Agile dla projektu architektoniczno-budowlanego - Opracowanie własne.	Str. 28
Ryc. 6. Poziomy alertów - Opracowanie własne.....	Str. 33
Ryc. 7. Podsumowanie działań badawczych w ramach doktoratu wdrożeniowego - Opracowanie własne.....	Str. 35
Ryc. 8. Elementy działań badawczych w ramach doktoratu wdrożeniowego - Opracowanie własne.....	Str. 36
Ryc. 9. Diagram stref funkcjonalnych: publiczne – półprywatne – prywatne - Opracowanie własne.....	Str. 43
Ryc. 10. Przykładowa mapa widoczności (syntetyczna) z zaznaczonymi obszarami niskiej ekspozycji - Opracowanie własne....	Str. 43
Ryc. 11. Mapa widoczności (syntetyczna) z zaznaczonymi obszarami niskiej ekspozycji dla projektu nadbudowy. - Opracowanie własne.	Str. 44
Ryc. 12. Synteza podstaw teoretycznych - Opracowanie własne.	Str. 55
Ryc. 13. Diagram podstaw teoretycznych i ich wzajemnych relacji - Opracowanie własne.	Str. 54
Ryc. 14. Prawo budowlane - diagram złożoności i grup poszczególnych artykułów - Opracowanie własne.	Str. 56
Ryc. 15. Fragment rozdziału 5 Prawo budowlane - diagram złożoności i grup poszczególnych artykułów - Opracowanie własne.	Str. 57
Ryc. 16. Warunki techniczne - diagram złożoności i grup poszczególnych artykułów - Opracowanie własne.	Str. 58
Ryc. 17. Fragment rozdziałów - Warunki techniczne - diagram złożoności i grup poszczególnych artykułów - Opracowanie własne.	Str. 59
Ryc. 18. Zakres i forma - diagram złożoności i grup poszczególnych artykułów.....	- Opracowanie własne. Str. 60
Ryc. 19. Fragment Zakres i forma - diagram złożoności i grup poszczególnych artykułów. - Opracowanie własne.	Str. 61
Ryc. 20. Diagram - proces integracji wymagań konserwatorskich z BIM i CDE.. - Opracowanie własne.	Str. 71
Ryc. 21. Diagram - powiązania między grupami regulacji prawno-technicznych a procesem cyfrowym BIM/CDE, pokazując przepływ informacji od aktów prawnych do walidacji i efektów eksploatacyjnych - Opracowanie własne.	Str. 82
Ryc. 22. Diagram - diagram Złotej Nici (Golden Thread)....	- Opracowanie własne. Str. 59
Ryc. 23. Oryginalny układ listy kontrolnej - dotyczącej Planu zagospodarowania - Australia.....	- Opracowanie PlanSA.sa.gov.au. Str. 103
Ryc. 24. Diagram - porównanie wdrożenia BIM w ujęciu międzynarodowym.....	- Opracowanie własne. Str. 107
Ryc. 25. Diagram -analiza porównawcza.....	- Opracowanie własne. Str. 108
Ryc. 26. Diagram - rekomendowane kroki wdrożeniowe BIM dla Polski.....	- Opracowanie własne. Str. 112
Ryc. 27. Diagram - mapa interfejsów branżowych.....	- Opracowanie własne. Str. 114
Ryc. 28. Diagram Chord - wizualizacja ryzyka z pokazaniem wagi.....	- Opracowanie własne. Str. 115
Ryc. 29. Diagram Gantt'a - fazy projektu a kamienie milowe... - Opracowanie własne.	Str. 117
Ryc. 30. Diagram proces sekwencyjno iteracyjny.....	- Opracowanie własne. Str. 120
Ryc. 31. Diagram schemat komunikacji.....	- Opracowanie własne. Str. 121

- Ryc. 32. Diagram schematu komunikacji..... - Opracowanie własne. Str. 124
- Ryc. 33. Diagram linia czasu z checkpointami i pakietami dokumentów.... - Opracowanie własne. Str. 125
- Ryc. 34. Diagram bow-tie dla decyzji bramkowych i zarządzanie ryzykiem.. - Opracowanie własne. Str. 125
- Ryc. 35. Diagram bramki decyzyjnej.... - Opracowanie własne. Str. 128
- Ryc. 36. Mapa procesu i Diagram przepływu..... - Opracowanie własne. Str. 130
- Ryc. 37. Mapa procesu i Diagram przepływu - Diagram rozłożony na 4 role..... - Opracowanie własne. Str. 129
- Ryc. 38. Struktura hierarchiczna procesu..... - Opracowanie własne. Str. 131
- Ryc. 39. Diagram mapy punktów wdrożeniowych... - Opracowanie własne. Str. 137
- Ryc. 40. Poziomy alertów stosowanych przy analizie projektowej..... - Opracowanie własne. Str. 139
- Ryc. 41. Macierz 01 zgodności dla projektu budowlanego według Rozporządzenia, z podziałem na główne części i ich elementy składowe w diagramie Heat mapy..... - Opracowanie własne. Str. 142
- Ryc. 42. Macierz 02 zgodności dla projektu budowlanego według Rozporządzenia, z podziałem na główne części i ich elementy składowe w diagramie Heat mapy.... - Opracowanie własne. Str. 142
- Ryc. 43. System alertów w projekcie.... - Opracowanie własne. Str. 145
- Ryc. 44. Skala wg wagi.... - Opracowanie własne. Str. 146
- Ryc. 45. Hierarchia Alertów – Poziomy i Działania..... - Opracowanie własne. Str. 148
- Ryc. 46. Diagram Heatmap Projektu LK.... - Opracowanie własne. Str. 159
- Ryc. 47. Diagram Radar Projektu LK..... - Opracowanie własne. Str. 159
- Ryc. 48. Diagram Sankey Projektu LK..... - Opracowanie własne. Str. 159
- Ryc. 49. Diagram - Ilości i struktura typów funkcjonalnych projektów - Charakterystyka próby badawczej (n=30).... - Opracowanie własne. Str. 172
- Ryc. 50. Diagram - Skala inwestycji wybranych projektów..... - Opracowanie własne. Str. 173
- Ryc. 51. Diagram - Skala inwestycji wybranych projektów..... - Opracowanie własne. Str. 175
- Ryc. 52. Diagram - Gantta postępu v ryzyko dla 30 projektów.... - Opracowanie własne. Str. 175
- Ryc. 53. Diagram - Radar postępu v ryzyko dla 30 projektów.... - Opracowanie własne. Str. 176
- Ryc. 54. Diagram - Wskaźniki efektywności: przed vs po... - Opracowanie własne. Str. 180
- Ryc. 55. Diagram - skala vs poprawa..... - Opracowanie własne. Str. 181
- Ryc. 56. Diagram - Zmiana procentowa..... - Opracowanie własne. Str. 183
- Ryc. 57. Diagram - ROI wg scenariuszy (z okresem zwrotu)..... - Opracowanie własne. Str. 184
- Ryc. 58. Diagramy - PROJEKT NADBUDOWA BUD. MIESZKALNEGO WIELORODZINNEGO.. - Opracowanie własne. Str. 190
- Ryc. 59. Wykres słupkowy pokazujący czas trwania poszczególnych zadań.... - Opracowanie własne. Str. 194
- Ryc. 60. Wykres kołowy przedstawiający podział zadań według kategorii..... - Opracowanie własne. Str. 194
- Ryc. 61. Wykres przedstawia procentowy udział głównych elementów analizowanego projektu..... - Opracowanie własne. Str. 196
- Ryc. 62. Szczegółowe przedstawienie wszystkich podkategorii w ramach głównych obszarów ryzyka projektu technicznego.- Opracowanie własne. Str. 199
- Ryc. 63. Szczegółowe przedstawienie rozkładu interakcji... - Opracowanie własne. Str. 200
- Ryc. 64. Diagramy - PROJEKT BUDYNKU HALI MAGAZYNOWEJ..... - Opracowanie własne. Str. 203
- Ryc. 65. Diagramy - PROJEKT BUDYNKU REKREACJI INDYWIDUALNEJ..... - Opracowanie własne. Str. 207
- Ryc. 66. Diagramy radar - porównanie % realizacji projektów..... - Opracowanie własne. Str. 209
- Ryc. 67. Diagram Radary porównawcze 3 zadań projektowych..... - Opracowanie własne. Str. 210

- Ryc. 68. Diagram analizy porównawczej 3 zadań projektowych..... - Opracowanie własne. Str. 59
- Ryc. 69. Wykresy radarowe 1-15 projektów.. - Opracowanie własne. Str. 219
- Ryc. 70. Wykresy radarowe 16-30 projektów.. - Opracowanie własne. Str. 219
- Ryc. 71. Wykresy radarowe 6 projektów. - Opracowanie własne. Str. 220
- Ryc. 72. Heat mapa dla n-30 alerty i zadania krytyczne.. - Opracowanie własne. Str. 220
- Ryc. 73. Analiza pareto - liczba problemów względem sekcji. - Opracowanie własne. Str. 221
- Ryc. 74. Macierz priorytetyzacji - łatwość v wpływ. - Opracowanie własne. Str. 222
- Ryc. 75. Heatmapa Efektywność vs. Złożoność dla modułów LKP. - Opracowanie własne. Str. 223
- Ryc. 76. Diagram porównujący cele hipotez (H1–H5) z wynikami badań.. - Opracowanie własne. Str. 235
- Ryc. 77. Roadmapa badawczo-wdrożeniowa: Plan rozwoju narzędzi i badań, opisany etapami, celami i zadaniami. - Opracowanie własne. Str. 242

14. WYKAZ TABEL

- Tab. 1. Podsumowanie działań badawczych w ramach doktoratu wdrożeniowego - Opracowanie własne..... Str. 36
- Tab. 2. Słownik operacyjny (powiązanie z listą kontrolną) - Opracowanie własne..... Str. 39
- Tab. 3. Checklista CPTED – tabela przykładowa. - Opracowanie własne..... Str. 46
- Tab. 4. Tabela zbiorcza struktury wzorowanej na HOAI. - Opracowanie własne..... Str. 93
- Tab. 5. Tabela zbiorcza porównawcza Golden thread a Polska.. - Opracowanie własne..... Str. 93
- Tab. 6. Tabela zbiorcza Schemat Riba Plan Work : Oficjalny plan z 2020 roku.... - Opracowanie własne..... Str. 93
- Tab. 7. Tabela zbiorcza Porównanie standardów projektowych BIM – Niderlandy, Niemcy, Wielka Brytania, Kanada..... - Opracowanie własne..... Str. 105
- Tab. 8. Tabela zbiorcza - Analiza porównawcza BIM... - Opracowanie własne..... Str. 109
- Tab. 9. Tabela macierz RACI oraz schemat komunikacji i obiegu wydań w CDE... - Opracowanie własne..... Str. 124
- Tab. 10. OPIS SKALI ALERTU..... - Opracowanie własne..... Str. 140
- Tab. 11. Rola elementów i struktura macierzy zależności w kontekście projektu budowlanego..... - Opracowanie własne..... Str. 141
- Tab. 12. System ratingowy..... - Opracowanie własne..... Str. 151
- Tab. 13. Fragment LKP Dział 1..... - Opracowanie własne..... Str. 153
- Tab. 14. Opis tabeli - Opracowanie własne..... Str. 93
- Tab. 15. Kryterium - Kategoria liczba projektów w analizie.... - Opracowanie własne..... Str. 172
- Tab. 16. Kryterium - Wymagalność i Uzasadnienie..... - Opracowanie własne..... Str. 173
- Tab. 17. Kryterium - Czas..... - Opracowanie własne..... Str. 174
- Tab. 18. Wskaźniki efektywności wdrożenia..... - Opracowanie własne..... Str. 180
- Tab. 19. Wskaźniki efektywności wdrożenia..... - Opracowanie własne..... Str. 181
- Tab. 20. ABELA ZESTAWCZA 30 PROJEKTÓW - n30..... - Opracowanie własne..... Str. 188
- Tab. 21. Fragment LKP..... - Opracowanie własne..... Str. 192
- Tab. 22. Tabela zestawcza dla 3 projektów alert i obszary..... - Opracowanie własne..... Str. 211
- Tab. 23. Zestawienie porównawcze 3 projektów..... - Opracowanie własne..... Str. 212
- Tab. 24. Zestawienie priorytetów wdrożenia..... - Opracowanie własne..... Str. 216
- Tab. 25. Zestawienie rekomendacji wdrożenia - Opracowanie własne..... Str. 217
- Tab. 26. Tabela dalszych kroków i zadań.... Str. 243

15. Ryciny projektowe z tabelą zestawczą LKP (N.1–N.30)

[Ryc. A1] Projekt 1 – plik obrazu: 01.png

[Ryc. A2] Projekt 2 – plik obrazu: 02.png

[Ryc. A3] Projekt 3 – plik obrazu: 03.png

[Ryc. A4] Projekt 4 – plik obrazu: 04.png

[Ryc. A5] Projekt 5 – plik obrazu: 05.png

[Ryc. A6] Projekt 6 – plik obrazu: 06.png

[Ryc. A7] Projekt 7 – plik obrazu: 07.png

[Ryc. A8] Projekt 8 – plik obrazu: 08.png

[Ryc. A9] Projekt 9 – plik obrazu: 09.png

[Ryc. A10] Projekt 10 – plik obrazu: 10.png

[Ryc. A11] Projekt 11 – plik obrazu: 11.png

[Ryc. A12] Projekt 12 – plik obrazu: 12.png

[Ryc. A13] Projekt 13 – plik obrazu: 13.png

[Ryc. A14] Projekt 14 – plik obrazu: 14.png

[Ryc. A15] Projekt 15 – plik obrazu: 15.png

[Ryc. A16] Projekt 16 – plik obrazu: 16.png

[Ryc. A17] Projekt 17 – plik obrazu: 17.png

[Ryc. A18] Projekt 18 – plik obrazu: 18.png

[Ryc. A19] Projekt 19 – plik obrazu: 19.png

[Ryc. A20] Projekt 20 – plik obrazu: 20.png

[Ryc. A21] Projekt 21 – plik obrazu: 21.png

[Ryc. A22] Projekt 22 – plik obrazu: 22.png

[Ryc. A23] Projekt 23 – plik obrazu: 23.png

[Ryc. A24] Projekt 24 – plik obrazu: 24.png

[Ryc. A25] Projekt 25 – plik obrazu: 25.png

[Ryc. A26] Projekt 26 – plik obrazu: 26.png

[Ryc. A27] Projekt 27 – plik obrazu: 27.png

[Ryc. A28] Projekt 28 – plik obrazu: 28.png

[Ryc. A29] Projekt 29 – plik obrazu: 29.png

[Ryc. A30] Projekt 30 – plik obrazu: 30.png

16. Spis skrótów

Słowniczek skrótów (wybrane):

PZT – projekt zagospodarowania terenu

PA-B – projekt architektoniczno-budowlany

PA-B – projekt architektoniczno-budowlany

PT – projekt techniczny

PB – projekt budowlany

CDE – common data environment – wspólne środowisko danych

FGI – focus group interview – wywiad grupowy zogniskowany

KPI – key performance indicators – kluczowe wskaźniki efektywności

RACI – responsible, accountable, consulted, informed – macierz odpowiedzialności

OZE – odnawialne źródła energii

MPZP – miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego

WZ – warunki zabudowy

Dz.U. – Dziennik Ustaw

OOŚ – ocena oddziaływania na środowisko

SSP – system sygnalizacji pożaru

BIOZ – bezpieczeństwo i ochrona zdrowia

NDA – non-disclosure agreement – umowa o poufności

N/D – nie dotyczy

Lp. – liczba porządkowa

GC – general contractor – generalny wykonawca

PM – project manager – kierownik projektu

BHP – bezpieczeństwo i higiena pracy

AI – sztuczna inteligencja

BCF – BIM Collaboration Format

BEP – BIM Execution Plan

BIM – Building Information Modeling

BMS – Building Management System

CDE – Common Data Environment (Wspólne Środowisko Danych)

DT – Digital Twin (Bliźniak Cyfrowy)

EIR – Exchange Information Requirements

IDS – Information Delivery Specification

IFC – Industry Foundation Classes

IoT – Internet of Things

KPI – Key Performance Indicator

LOD/LOI – Level of Development / Level of Information

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

TCO – Total Cost of Ownership

17. STRESZCZENIE POSZERZONE.

Rozprawa doktorska została przygotowana w ramach doktoratu wdrożeniowego i koncentruje się na jednym z kluczowych problemów współczesnej architektury i urbanistyki – **zarządzaniu ryzykiem w procesie projektowym**.

Architektura jest dziedziną z natury interdyscyplinarną – łączy sztukę, technikę, prawo, nauki społeczne i środowiskowe. Proces projektowy odbywa się na styku wielu interesów: inwestora, projektantów, instytucji publicznych, wykonawców i wreszcie przyszłych użytkowników. W takich warunkach naturalnie pojawiają się liczne zagrożenia: prawne, środowiskowe, techniczne, ekonomiczne czy społeczne. Ich ignorowanie prowadzi do konsekwencji w postaci błędów projektowych, opóźnień inwestycji, wzrostu kosztów, a nawet realnego zagrożenia zdrowia i życia użytkowników budynków.

W tradycyjnej praktyce projektowej problem eliminacji zagrożeń bywa traktowany fragmentarycznie. Istnieją procedury bezpieczeństwa i higieny pracy (BHP), normy przeciwpożarowe, standardy konstrukcyjne czy przepisy środowiskowe, ale rzadko są one integrowane w jednym narzędziu. Brakuje narzędzi, które pozwoliłyby architektowi na **holistyczną ocenę projektu pod kątem ryzyk** już na wczesnych etapach, zanim dokumentacja trafi do instytucji uzgadniających czy na budowę.

Rozprawa mgr inż. arch. Marty Kręskiej-Pyrz podejmuje próbę wypełnienia tej luki poprzez opracowanie **Listy Kontrolnej Projektu (LKP)** – siedmiomodułowego narzędzia umożliwiającego audyt ex-ante dokumentacji projektowej. Narzędzie to, połączone z narzędziami cyfrowymi (BIM, CDE, VR/AR), ma służyć eliminacji zagrożeń, poprawie jakości projektów, skróceniu czasu realizacji inwestycji i zwiększeniu bezpieczeństwa użytkowników.

Stan badań i luka poznawcza

W literaturze światowej problematyka ryzyka w budownictwie jest obecna od lat, jednak dotyczy głównie **zarządzania projektami budowlanymi** (construction management) i skupia się na fazie realizacji inwestycji. Istnieją liczne publikacje dotyczące ryzyk finansowych, kontraktowych, harmonogramowych czy bezpieczeństwa pracy na budowie.

Znacznie mniej uwagi poświęca się **ryzykom projektowym**, czyli tym, które powstają na etapie koncepcji i dokumentacji. A to właśnie one decydują o jakości całej inwestycji. Błąd w projekcie architektoniczno-budowlanym może prowadzić do kosztownych korekt na budowie, utraty spójności dokumentacji czy nawet zagrożenia bezpieczeństwa użytkowników.

W Polsce temat zarządzania ryzykiem w projektowaniu architektonicznym jest praktycznie **nieobecny** w literaturze naukowej. Architekci i inżynierowie polegają głównie na przepisach prawa (Warunki Techniczne, Prawo budowlane, normy branżowe) oraz własnym doświadczeniu zawodowym. Brakuje **systematycznego narzędzia**, które w sposób całościowy i interdyscyplinarny wspierałoby projektanta w eliminacji zagrożeń.

Luka poznawcza, którą stara się wypełnić niniejsza rozprawa, polega więc na:

- braku integracji różnych aspektów ryzyka (prawnych, technicznych, środowiskowych, społecznych, użytkowych) w jednym modelu,
- niewielkim wykorzystaniu narzędzi cyfrowych (BIM, CDE) do systematycznej eliminacji ryzyk,
- braku empirycznych badań nad skutecznością checklist w praktyce biur architektonicznych.

Cele i hipotezy badawcze

Celem głównym rozprawy było opracowanie modelu eliminacji zagrożeń w procesie projektowym, który można ująć w postaci Listy Kontrolnej Projektu (LKP) i zweryfikować w praktyce biurowej.

Cele szczegółowe obejmowały:

- I. Identyfikację i klasyfikację zagrożeń występujących w procesie projektowym.
- II. Opracowanie siedmiomodułowej checklisty obejmującej aspekty formalno-prawne, architektoniczne, techniczne, środowiskowe, bezpieczeństwa pracy oraz użytkowe.
- III. Integrację checklisty z narzędziami cyfrowymi (BIM, CDE, VR/AR, symulacje 4D i 5D).
- IV. Walidację narzędzia na podstawie 30 zróżnicowanych projektów architektonicznych.
- V. Zastosowanie metodyki Agile w iteracyjnym rozwijaniu i testowaniu narzędzia.
- VI. Ocenę efektów stosowania LKP – redukcji ryzyk, poprawy jakości dokumentacji, skrócenia czasu realizacji, zwiększenia bezpieczeństwa użytkowników.

Hipotezy badawcze:

- **H1:** Systematyczne stosowanie listy kontrolnej pozwala na wcześniejszą identyfikację i eliminację zagrożeń w procesie projektowym.
- **H2:** Integracja checklisty z narzędziami cyfrowymi (BIM, CDE) zwiększa jej efektywność i ułatwia komunikację w zespole projektowym.

- **H3:** Iteracyjny rozwój narzędzia (Agile) umożliwił jego dostosowanie do realnych potrzeb biur projektowych i inwestorów.
- **H4:** Zastosowanie checklisty w praktyce przekłada się na mierzalne korzyści – poprawę jakości dokumentacji, redukcję błędów i oszczędności czasu oraz kosztów.

Metodologia badań

Rozprawa ma charakter interdyscyplinarny i wdrożeniowy. Zastosowano w niej zestaw metod, które pozwalają łączyć refleksję teoretyczną z empiryczną weryfikacją w praktyce projektowej.

Analiza aktów prawnych i normatywnych

Punktem wyjścia badań była systematyzacja ponad **55 ustaw i rozporządzeń** regulujących proces budowlany i architektoniczny w Polsce. Dokumenty te zostały przypisane do odpowiednich etapów projektowych (PZT, PA-B, PT, BIOZ), co umożliwiło stworzenie „mapy regulacyjnej” procesu projektowego. Ten etap badań pozwolił zidentyfikować źródła ryzyk formalno-prawnych i zbudować fundament modułu kontrolnego checklisty.

Metody heurystyczne i mieszane

Autorka stosowała metody heurystyczne, takie jak:

- **wizje lokalne** – analiza kontekstu przestrzennego, środowiskowego i społecznego inwestycji,
- inwentaryzacje i dokumentacje fotograficzne,
- szkice i modele koncepcyjne,
- porównania z projektami referencyjnymi.

Metody te zostały połączone z analizą literatury naukowej, norm, wywiadami z inwestorami i konsultacjami z zespołem projektowym.

Studia przypadków (case study)

Centralnym elementem metodologicznym były **studia przypadków** – 30 projektów architektonicznych analizowanych szczegółowo pod kątem ryzyk i skuteczności eliminacji zagrożeń. Każdy projekt został potraktowany jako eksperyment, w którym testowano kolejne iteracje narzędzia.

Analizy ryzyka

Do oceny ryzyk zastosowano metody:

- **macierze ryzyka** (prawdopodobieństwo × skutek),
- analiza FMEA (Failure Mode and Effects Analysis),
- **diagramy „bow-tie”** obrazujące ścieżki powstawania zagrożeń i ich konsekwencje,
- modele regresji – dla oceny wpływu poszczególnych zmiennych na prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń.

Quasi-eksperyment

Przeprowadzono porównania dokumentacji projektowych przygotowanych **z zastosowaniem checklisty i bez niej**. Analizowano m.in. liczbę błędów formalno-prawnych, kolizji branżowych, czas uzgodnień z instytucjami i inwestorami.

Narzędzia cyfrowe

Rozprawa integrowała checklistę z nowoczesnymi narzędziami cyfrowymi:

- **BIM (Building Information Modeling)** – umożliwiającym cyfrową koordynację branżową i automatyczne wykrywanie kolizji,
- **CDE (Common Data Environment)** – środowiskiem wspólnej pracy projektowej,
- **VR/AR** – symulacjami wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości,
- **symulacjami 4D i 5D** – łączącymi model BIM z harmonogramem i kosztami inwestycji.

Metodyka Agile

Proces rozwoju narzędzia odbywał się zgodnie z zasadami **Agile project management**. Opracowanie checklisty miało charakter iteracyjny – kolejne wersje były wdrażane w praktyce, a następnie modyfikowane na podstawie feedbacku zespołu projektowego i inwestorów. Dzięki temu narzędzie było stale dostosowywane do realnych potrzeb.

Baza empiryczna – 30 projektów

Baza empiryczna rozprawy obejmuje **30 projektów architektonicznych**, które zostały dobrane tak, aby zapewnić różnorodność funkcjonalną, typologiczną i skali.

Typologie i skale projektów

- I. **Budynki mieszkalne jednorodzinne i wielorodzinne** – projekty domów jednorodzinnych, osiedli mieszkaniowych i bloków wielorodzinnych.
- II. **Obiekty edukacyjne** – szkoły, przedszkola, budynki dydaktyczne.
- III. Budynki administracyjne i użyteczności publicznej – siedziby instytucji, urzędy, centra kultury.
- IV. **Inwestycje komercyjne i usługowe** – biurowce, pawilony handlowe, obiekty gastronomiczne.

- V. **Adaptacje i modernizacje** – przebudowy budynków istniejących, zmiany funkcji i dostosowania do aktualnych przepisów.
- VI. **Opracowania urbanistyczne** – projekty zagospodarowania terenów publicznych, przestrzeni zielonych, układów komunikacyjnych.

Rola projektów w badaniach

Każdy projekt stanowił „laboratorium” testowe dla checklisty. Dzięki temu możliwe było:

- porównanie skuteczności narzędzia w różnych skalach i funkcjach,
- identyfikacja powtarzających się zagrożeń (np. brak koordynacji branżowej, błędy formalne),
- ocena wpływu narzędzia na redukcję błędów, oszczędności czasu i poprawę jakości dokumentacji.

Rezultaty empiryczne

Analiza 30 projektów potwierdziła, że stosowanie checklisty:

- redukuje liczbę braków formalnych i błędów w dokumentacji,
- skraca czas uzgodnień z instytucjami,
- poprawia jakość współpracy międzybranżowej,
- zwiększa bezpieczeństwo użytkowników poprzez uwzględnianie aspektów psychologii środowiskowej i dostępności.

Lista Kontrolna Projektu (LKP) – 7 modułów

Centralnym rezultatem rozprawy jest **Lista Kontrolna Projektu (LKP)**, czyli systemowe narzędzie do audytu ex-ante, które obejmuje siedem modułów odpowiadających kolejnym aspektom procesu projektowego. Każdy moduł zawiera zestaw punktów kontrolnych powiązanych z podstawą prawną, normatywną lub literaturową.

Moduł 1 – Projekt zagospodarowania terenu (PZT)

- Obejmuje analizę lokalizacji inwestycji i jej kontekstu przestrzennego.
- Punkty kontrolne odnoszą się do zgodności projektu z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego (MPZP) lub decyzją o warunkach zabudowy.
- Uwzględnia warunki gruntowo-wodne, ryzyko powodziowe, ekspozycję na hałas i zanieczyszczenia powietrza, dostęp do infrastruktury technicznej oraz obsługę komunikacyjną.
- Eliminacja zagrożeń polega na wczesnym wychwyceniu ograniczeń terenowych (np. kolizje z sieciami, ryzyko osuwisk, brak dostępu do drogi publicznej), co zapobiega problemom formalnym i kosztowym na późniejszych etapach.

Moduł 2 – Projekt architektoniczno-budowlany (PA-B)

- Dotyczy jakości architektury budynku i zgodności z Warunkami Technicznymi oraz innymi regulacjami (m.in. ppoż., bhp, dostępność).
- Obejmuje analizę układu funkcjonalnego, oświetlenia naturalnego, akustyki, warunków higieniczno-sanitarnych i bezpieczeństwa ewakuacji.
- Ważnym elementem jest włączenie aspektów **psychologii środowiskowej** – poczucia bezpieczeństwa użytkowników, komfortu percepcyjnego, unikania barier społecznych.
- Moduł ten chroni przed zagrożeniami, które mogą negatywnie wpływać na zdrowie, samopoczucie i komfort użytkowników.

Moduł 3 – Projekt techniczny (PT)

- Obejmuje koordynację dokumentacji branżowej (architektura, konstrukcja, instalacje).
- Punkty kontrolne dotyczą wykrywania **kolizji instalacyjnych**, zgodności parametrów projektowych oraz spójności dokumentacji opisowej i rysunkowej.
- Moduł jest zintegrowany z narzędziami **BIM** i **CDE**, co umożliwi cyfrową weryfikację poprawności modelu.
- Dzięki temu minimalizowane są zagrożenia kosztowne w fazie budowy – np. przeróbki wynikające z błędnej koordynacji.

Moduł 4 – Projekt BIOZ (Bezpieczeństwo i Ochrona Zdrowia)

- Skupia się na ryzykach występujących podczas realizacji inwestycji.
- Sprawdza, czy projekt zawiera wymagane procedury BHP, zabezpieczenia wykopów, ochronę przed upadkiem z wysokości, bezpieczne dojścia i drogi ewakuacyjne na budowie.
- Minimalizuje zagrożenia wypadkowe, które często wynikają z niedostatecznego przygotowania dokumentacji projektowej.

Moduł 5 – Moduł formalno-prawny

- Kontroluje kompletność dokumentacji i jej zgodność z obowiązującymi przepisami.
- Sprawdza aktualność map do celów projektowych, decyzji administracyjnych, uzgodnień branżowych i raportów środowiskowych.
- Weryfikuje **uprawnienia projektantów i sprawdzających** oraz ich przynależność do izb zawodowych.

- Eliminacja zagrożeń polega na uniknięciu odrzucenia projektu przez urząd lub konieczności uzupełnień formalnych.

Moduł 6 – Moduł środowiskowy

- Dotyczy wpływu inwestycji na środowisko naturalne i jakość życia mieszkańców.
- Punkty kontrolne obejmują efektywność energetyczną, ochronę bioróżnorodności, retencję wód opadowych, ochronę przed hałasem i zanieczyszczeniami.
- Uwzględnia również innowacyjne rozwiązania: zielone dachy, fasady antysmogowe, instalacje odnawialnych źródeł energii.
- Moduł ten redukuje zagrożenia związane z negatywnym wpływem inwestycji na środowisko oraz przygotowuje budynki do adaptacji wobec zmian klimatu.

Moduł 7 – Moduł użytkowy i eksploatacyjny

- Skupia się na perspektywie użytkownika końcowego i eksploatatora budynku.
- Punkty kontrolne obejmują dostępność dla osób z niepełnosprawnościami, ergonomię rozwiązań, intuicyjność układów komunikacyjnych, czytelność oznakowania i bezpieczeństwo percepcyjne.
- Sprawdza również koszty eksploatacji i łatwość utrzymania obiektu.
- Wprowadza unikalny wymiar – ocenę jakości życia i komfortu użytkowników, co wykracza poza standardowe procedury projektowe.

Agile w praktyce

Iteracyjny rozwój narzędzia

Wdrożenie checklisty w praktyce projektowej odbywało się w cyklach zgodnych z metodyką **Agile**.

- Każda nowa wersja narzędzia była testowana w wybranym projekcie.
- Zbierano opinie od zespołu projektowego, inwestora i innych interesariuszy.
- Analizowano wyniki – liczba wykrytych błędów, oszczędności czasowe i finansowe, efektywność współpracy.
- Wprowadzano poprawki i tworzone kolejną iterację narzędzia.

Zalety podejścia Agile

- **Elastyczność** – narzędzie rozwijało się równoległe z projektami i dostosowywało do ich specyfiki.
- **Szybka reakcja na feedback** – błędy i niedociągnięcia były poprawiane na bieżąco.
- **Współpraca zespołowa** – metoda promowała lepszą komunikację między architektami, inżynierami i inwestorami.
- **Wzrost efektywności** – kolejne iteracje były coraz bardziej dopasowane do potrzeb praktyki.

Unikalność zastosowania Agile w architekturze

W architekturze metodyki Agile są stosowane rzadko – dominują tradycyjne, liniowe modele procesu inwestycyjnego (tzw. „waterfall”). Wdrożenie Agile w ramach tej rozprawy jest innowacyjne i pokazuje, że elastyczne podejście do rozwoju narzędzi projektowych pozwala szybciej osiągać lepsze rezultaty.

Rezultaty badań i wdrożenia

Eliminacja zagrożeń formalno-prawnych

Analiza 30 projektów pokazała, że zastosowanie checklisty znacząco redukuje błędy formalne.

- Projekty przygotowane **bez narzędzia** często zawierały braki w dokumentacji (np. nieaktualne mapy, brak wymaganych uzgodnień, niespójności między rysunkami a opisami).
- Dzięki modułowi formalno-prawnemu w dokumentacji **z checklistą** takie błędy zostały praktycznie wyeliminowane, co skróciło czas procedowania dokumentów w urzędach.

Koordinacja branżowa i techniczna

Moduł techniczny, zintegrowany z BIM i CDE, doprowadził do:

- redukcji liczby kolizji instalacyjnych,
- lepszego dopasowania parametrów konstrukcyjnych i instalacyjnych,
- skrócenia czasu uzgodnień z branżystami.

W praktyce oznaczało to mniejsze koszty poprawek na budowie oraz płynniejszą współpracę zespołu.

Poprawa jakości dokumentacji projektowej

Dzięki checklistom:

- dokumentacja była spójniejsza i łatwiejsza do interpretacji przez inwestora,
- zminimalizowano liczbę niejednoznacznych zapisów,
- poprawiono standardy prezentacji i komunikacji w zespole.

Oszczędności czasu i kosztów

- Analizy quasi-eksperymentalne pokazały, że czas uzgodnień i korekt skrócił się średnio o **15–20%**.
- Koszty dodatkowych poprawek na budowie spadły nawet o **30%** w porównaniu z projektami realizowanymi bez checklisty.

Zwiększenie bezpieczeństwa użytkowników

- Włączenie aspektów **psychologii środowiskowej** i zasad uniwersalnego projektowania doprowadziło do większej dostępności budynków i poczucia bezpieczeństwa użytkowników.
- Projekty uwzględniały rozwiązania prośrodowiskowe (np. zielone dachy, retencję wód opadowych, fasady antysmogowe), które poprawiają jakość życia mieszkańców i zdrowie publiczne.

Wzrost świadomości inwestorów

Narzędzie checklistowe ułatwiło komunikację z inwestorami:

- inwestorzy otrzymywali wizualizacje ryzyk w formie radarów i map intensywności,
- łatwiej rozumieli konsekwencje decyzji projektowych,
- stali się partnerami w procesie eliminacji zagrożeń, a nie tylko odbiorcami dokumentacji.

Porównania międzynarodowe

Niemcy i Wielka Brytania – kraje regulacyjne

- W Niemczech funkcjonuje system HOAI i obowiązek stosowania BIM w inwestycjach publicznych.
- W Wielkiej Brytanii rozwinięto standardy **PAS 1192** i obecnie ISO 19650, które regulują cyfrowe zarządzanie informacją w budownictwie.
- W obu krajach eliminacja ryzyk jest mocno zakorzeniona w **formalnych standardach** – checklista mogłaby być tam dodatkowym narzędziem wspierającym procedury.

Niderlandy, Kanada i Australia – kraje elastyczne

- Holandia słynie z eksperymentalnych projektów architektonicznych, w których akcentuje się współpracę interdyscyplinarną i innowacje środowiskowe.
- W Kanadzie i Australii kładzie się nacisk na **audytowalność procesów projektowych**, digitalizację i transparentność wobec inwestorów i instytucji.
- W tych krajach LKP miałyby potencjał jako narzędzie uzupełniające praktykę partnerską i zorientowaną na użytkownika.

Polska – potrzeba modelu hybrydowego

- Polska praktyka projektowa jest silnie uwarunkowana przepisami prawa, ale jednocześnie brakuje standardów cyfrowych i narzędzi eliminacji ryzyk.
- LKP wypełnia tę lukę, łącząc formalny rygor prawny z elastycznością cyfrowych narzędzi (BIM, CDE, VR/AR).
- Rozwiązanie to może stać się częścią transformacji cyfrowej budownictwa w Polsce i być elementem standaryzacji w przyszłości.

Znaczenie naukowe i praktyczne

Wkład w naukę

Rozprawa wnosi istotny wkład do dyscypliny architektura i urbanistyka poprzez:

- opracowanie **interdyscyplinarnego modelu eliminacji zagrożeń** – łączącego aspekty prawne, techniczne, środowiskowe, społeczne i użytkowe,
- wprowadzenie do badań architektonicznych metod stosowanych dotąd w innych dziedzinach (np. **Agile project management, symulacje Monte Carlo, analiza FMEA**),
- integrację badań projektowych z narzędziami cyfrowymi (**BIM, CDE, VR/AR, 4D/5D**),
- wskazanie na znaczenie **psychologii środowiskowej** i perspektywy użytkownika w procesie eliminacji ryzyk.

Model zaproponowany w pracy ma charakter nowatorski, ponieważ traktuje eliminację zagrożeń nie jako poboczny element projektowania, lecz jako **determinantę jakości architektury** i warunek budowy bezpiecznego, przyjaznego środowiska życia.

Wartość praktyczna

Praca posiada wyjątkowo silny wymiar praktyczny:

- narzędzie w postaci **Listy Kontrolnej Projektu (LKP)** zostało wdrożone i przetestowane w **30 projektach**,
- jego stosowanie przyniosło wymierne korzyści: redukcję błędów formalnych, poprawę koordynacji, skrócenie czasu uzgodnień, oszczędności finansowe,
- checklista w wersji cyfrowej (aplikacja) pozwala na łatwe wdrożenie także w innych biurach projektowych,
- narzędzie jest **skalowalne i adaptowalne** – może być używane w projektach różnej skali i funkcji, w Polsce i za granicą,

- potencjał wdrożeniowy narzędzia wpisuje się w proces transformacji cyfrowej budownictwa i rosnące znaczenie standardów BIM.

Wymiar społeczny

Eliminacja zagrożeń w projektowaniu nie jest tylko kwestią techniczną – to również:

- zwiększenie bezpieczeństwa i komfortu użytkowników,
- poprawa jakości przestrzeni publicznych,
- ograniczenie negatywnego wpływu inwestycji na środowisko,
- wspieranie idei **zrównoważonego rozwoju** i adaptacji do zmian klimatu.

Wnioski końcowe

- I. **Eliminacja zagrożeń w procesie projektowym jest kluczowym determinantem jakości architektury** – wpływa zarówno na bezpieczeństwo użytkowników, jak i na trwałość, funkcjonalność i przyjazność środowiska życia.
- II. Opracowany w rozprawie model w postaci **Listy Kontrolnej Projektu (LKP)** stanowi **kompleksowe i interdyscyplinarne narzędzie**, które może być stosowane w codziennej praktyce biur projektowych.
- III. Weryfikacja w **30 projektach** potwierdziła skuteczność narzędzia – redukcję błędów, skrócenie czasu realizacji, oszczędności finansowe i wzrost jakości dokumentacji.
- IV. **Integracja z narzędziami cyfrowymi** (BIM, CDE, VR/AR, 4D/5D) czyni checklistę nowoczesnym rozwiązaniem odpowiadającym na wyzwania transformacji cyfrowej w budownictwie.
- V. **Zastosowanie metodyki Agile** umożliwiło iteracyjny rozwój narzędzia i jego dopasowanie do realnych potrzeb użytkowników – architektów, inżynierów i inwestorów.
- VI. W perspektywie międzynarodowej narzędzie odpowiada na trendy w Niemczech i Wielkiej Brytanii (standaryzacja, regulacje) oraz Holandii, Kanadzie i Australii (elastyczność, cyfryzacja). Polska powinna zmierzać ku modelowi hybrydowemu, a LKP może być elementem tej transformacji.
- VII. Rozprawa stanowi przykład **doktoratu wdrożeniowego o wysokiej wartości naukowej i praktycznej**, który nie tylko odpowiada na potrzeby biura projektowego, ale również wnosi wkład w rozwój dyscypliny architektura i urbanistyka.

Poszerzone streszczenie pokazuje, że powyższa dysertacja to **kompleksowe opracowanie naukowe i wdrożeniowe**, które łączy refleksję teoretyczną, interdyscyplinarne badania i realne efekty praktyczne.

Dzięki wprowadzeniu **Listy Kontrolnej Projektu**, integracji z narzędziami cyfrowymi i zastosowaniu podejścia Agile, stworzono narzędzie o potencjale wdrożeniowym w skali krajowej.

Słowa kluczowe: Lista Kontrolna Projektu (LKP), zarządzanie ryzykiem, proces projektowy, architektura i urbanistyka, BIM (Building Information Modeling), CDE (Common Data Environment), VR/AR w projektowaniu, Agile project management, checklista projektowa, cyfryzacja budownictwa, jakość dokumentacji projektowej, koordynacja międzybranżowa, eliminacja zagrożeń, prawo budowlane i normy techniczne, wdrożenie innowacji w architekturze.

18. STRESZCZENIE.

Rozprawa doktorska podejmuje problem zarządzania ryzykiem w procesie projektowym, ze szczególnym uwzględnieniem eliminacji zagrożeń formalnych, technicznych i środowiskowych już na etapie przygotowania dokumentacji architektonicznej. W odpowiedzi na brak zintegrowanych narzędzi wspierających architektów i inżynierów, opracowano Listę Kontrolną Projektu (LKP) – siedmiomodułowe narzędzie audytu ex-ante, obejmujące aspekty: zagospodarowania terenu, architektoniczno-budowlane, techniczne, bezpieczeństwa pracy (BIOZ), formalno-prawne, środowiskowe oraz użytkowe i eksploatacyjne.

Metodyka łączy analizę aktów prawnych, norm i wytycznych technicznych z praktycznym testowaniem narzędzia w 30 projektach architektonicznych o różnicowanej funkcji i skali. Zastosowano podejście Agile, dzięki czemu narzędzie było rozwijane iteracyjnie, a kolejne wersje dostosowywano do potrzeb biur projektowych i inwestorów. LKP została zintegrowana z narzędziami cyfrowymi – BIM, CDE, VR/AR, symulacjami 4D i 5D – co umożliwiło automatyzację części kontroli oraz szybszą identyfikację zagrożeń.

Rezultaty badań wskazują, że stosowanie LKP pozwala na:

redukcję błędów formalno-prawnych i technicznych,

*skrócenie czasu uzgodnień z instytucjami i międzybranżowej koordynacji,
oszczędności kosztów na etapie budowy dzięki ograniczeniu poprawek,
zwiększenie bezpieczeństwa użytkowników poprzez wdrożenie zasad dostępności, ergonomii i psychologii
środowiskowej.*

Opracowany model wpisuje się w międzynarodowe trendy cyfryzacji budownictwa, łącząc rygor formalny z elastycznością narzędzi cyfrowych. Stanowi on zarówno wkład teoretyczny w dyscyplinę architektura i urbanistyka, jak i rozwiązanie praktyczne o wysokim potencjale wdrożeniowym w polskich biurach projektowych.

19. SUMMARY EXTENDED.

This doctoral dissertation was prepared within the framework of an industrial doctorate and focuses on one of the key challenges in contemporary architecture and urban planning – **risk management in the design process**. Architecture is inherently interdisciplinary, combining art, technology, law, social sciences, and environmental studies. The design process takes place at the intersection of many interests: investors, designers, public institutions, contractors, and ultimately, future users. Under such conditions, numerous risks naturally emerge – legal, environmental, technical, economic, and social. Ignoring them may lead to design errors, project delays, increased costs, and even tangible threats to the health and safety of building users.

In traditional design practice, risk elimination tends to be treated fragmentarily. Safety procedures, fire safety regulations, structural standards, and environmental requirements exist, but they are rarely integrated into a single tool. What is lacking are instruments that would enable architects to holistically assess design risks at early stages, before documentation is submitted for approval or construction begins.

The dissertation by MSc Arch. Marta Kręska-Pyrz seeks to fill this gap by developing the **Project Checklist (LKP)** – a seven-module tool for **ex-ante auditing** of design documentation. Combined with digital tools (BIM, CDE, VR/AR), the LKP supports risk elimination, improves design quality, shortens project delivery times, and enhances user safety.

Research background and knowledge gap

While the issue of risk in construction has long been present in international literature, it mainly concerns **construction management** and focuses on the execution phase. Considerable attention is devoted to financial, contractual, scheduling, and site safety risks. In contrast, **design risks** – those arising during conceptual and documentation phases – receive far less attention, despite their decisive influence on investment quality. In Poland, the subject of design risk management in architecture is virtually absent from the scientific literature, with practitioners relying primarily on legal requirements and personal experience. The identified gap concerns:

- the absence of an integrated model combining legal, technical, environmental, social, and user-oriented risks,
- limited use of digital tools (BIM, CDE) for systematic risk elimination,
- a lack of empirical research on the effectiveness of checklists in architectural practice.

Research aims and hypotheses

The primary aim of the dissertation was to develop a model for risk elimination in the design process in the form of the Project Checklist (LKP) and verify its effectiveness in practice. The specific objectives included: identification and classification of risks; development of a seven-module checklist covering legal, technical, environmental, safety, and user aspects; integration with digital tools (BIM, CDE, VR/AR, 4D/5D simulations); validation on **30 diverse architectural projects**; iterative development in line with **Agile methodology**; and evaluation of measurable effects.

The hypotheses assumed that: (H1) systematic use of the checklist enables earlier risk identification; (H2) digital integration improves efficiency and team communication; (H3) iterative (Agile) development adapts the tool to real needs; and (H4) checklist use translates into measurable benefits – higher documentation quality, fewer errors, and time and cost savings.

Methodology and empirical base

The dissertation combined theoretical analysis with empirical verification. Legal and normative analysis of over **55 acts and regulations** was complemented by heuristic methods, risk analysis (including FMEA, bow-tie diagrams, Monte Carlo simulations), quasi-experiments, and case studies. The empirical base consisted of **30 architectural projects** of varying type and scale (residential, educational, public, commercial, adaptive, and urban planning projects).

Key findings

The results confirmed that the LKP:

- reduced formal errors and omissions in documentation,

- shortened approval and coordination time by 15–20%,
- lowered correction costs during construction by up to 30%,
- improved interdisciplinary collaboration,
- enhanced user safety through accessibility, ergonomics, and environmental psychology.

The checklist consists of **seven modules**: site development (PZT), architectural-building design (PA-B), technical design (PT), health and safety (BIOZ), legal-formal compliance, environmental performance, and user/operational quality. Its iterative development within Agile cycles proved effective, while integration with **BIM and CDE** ensured automation, traceability, and quality control.

Scientific and practical significance

The dissertation contributes to architecture and urban planning by introducing an interdisciplinary model of risk elimination that integrates legal, technical, environmental, and social aspects with digital tools. It demonstrates that risk elimination is not a peripheral activity but a determinant of architectural quality and a prerequisite for creating safe and sustainable built environments. Practically, the LKP was validated on real projects, showing scalability and adaptability in Polish and international contexts.

International perspective

The study situates the LKP within global trends: regulatory frameworks in Germany and the UK (HOAI, PAS 1192/ISO 19650), flexible collaborative approaches in the Netherlands, Canada, and Australia, and the hybrid needs of the Polish context.

Conclusion

The LKP represents a novel, practical, and scientifically grounded solution for risk management in architectural design. It strengthens documentation quality, supports digital transformation in construction, and fosters a culture of proactive risk elimination. The dissertation thus serves as an example of an **industrial doctorate with both scientific and implementation value**.

Keywords: Project Checklist (LKP), risk management, design process, architecture and urban planning, BIM, CDE, VR/AR, Agile project management, design checklist, digitalisation of construction, documentation quality, interdisciplinary coordination, risk elimination, building law and technical standards, innovation in architecture.

20. SUMMARY.

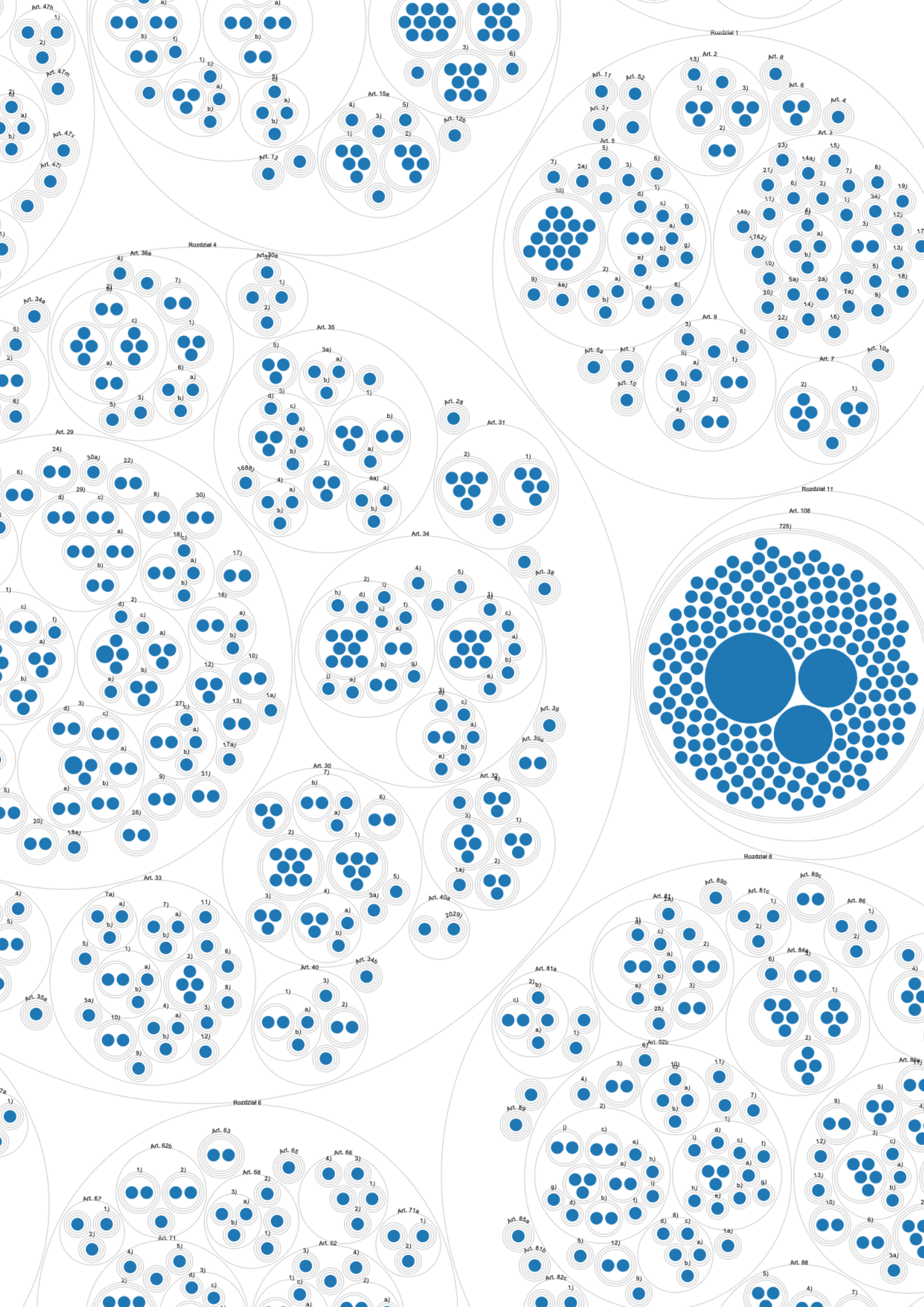
The doctoral dissertation addresses the problem of risk management in the design process, with particular emphasis on eliminating formal, technical, and environmental threats at the stage of preparing architectural documentation. In response to the lack of integrated tools supporting architects and engineers, the Project Checklist (LKP) was developed – a seven-module ex-ante auditing tool covering the following aspects: site development, architectural and construction design, technical coordination, health and safety (BIOZ), legal and regulatory compliance, environmental impact, as well as user and operational requirements.

The methodology combines the analysis of legal acts, standards, and technical guidelines with the practical testing of the tool in 30 architectural projects of varied function and scale. An Agile approach was adopted, allowing the tool to be developed iteratively, with successive versions adapted to the needs of design offices and investors. The LKP was integrated with digital tools – BIM, CDE, VR/AR, and 4D/5D simulations – which enabled partial automation of control procedures and faster identification of risks.

The research results demonstrate that applying the LKP enables:

- a reduction of formal and technical errors,*
- shorter approval times with institutions and improved interdisciplinary coordination,*
- cost savings during construction by limiting corrective work,*
- enhanced user safety through the implementation of accessibility, ergonomics, and environmental psychology principles.*

The proposed model is aligned with international trends in the digitalisation of construction, combining regulatory rigour with the flexibility of digital tools. It represents both a theoretical contribution to the discipline of architecture and urban planning, and a practical solution with high implementation potential in Polish design offices.



Rozdział 1

Rozdział 11

Rozdział 8

Rozdział 6

Rozdział 4

Art. 108

725)

Art. 81a

Art. 81b

Art. 81c

Art. 88

Art. 84g

Art. 84e

Art. 84f

Art. 88

Art. 81a

Art. 81g

Art. 81f

Art. 82c

Art. 30

Art. 40

Art. 62

Art. 63

Art. 62b

Art. 65

Art. 68

Art. 66

Art. 71a

Art. 67

Art. 71

Art. 62

Art. 71a

Art. 88

Art. 88

Art. 17

Art. 52

Art. 2

Art. 8

Art. 6

Art. 4

Art. 3

Art. 15

Art. 14a

Art. 15

Art. 14b

Art. 10

Art. 20

Art. 22

Art. 7

Art. 10g

Art. 5g

Art. 7

Art. 10

Art. 5g

Art. 7

Art. 10

Art. 2g

Art. 31

Art. 34

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 3g

Art. 34a

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 33

Art. 35a

Art. 35a

Art. 35a

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a

Art. 35

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a

Art. 35

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a

Art. 35

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a

Art. 35

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a

Art. 35

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a

Art. 35

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a

Art. 35

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a

Art. 35

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a

Art. 35

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 29

Art. 47h

Art. 47m

Art. 47z

Art. 47z

Art. 47z

Art. 36a

Art. 30a