



Politechnika  
Wroclawska

# Otwarte zebranie Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN

- 28.06.2018 -



## Modelowanie rozwoju sytuacji wypadkowej w budownictwie



dr inż. Mariusz Szóstak



Zakład Technologii i Zarządzania w Budownictwie

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Politechnika Wroclawska



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

## Motywacja podjęcia tematu

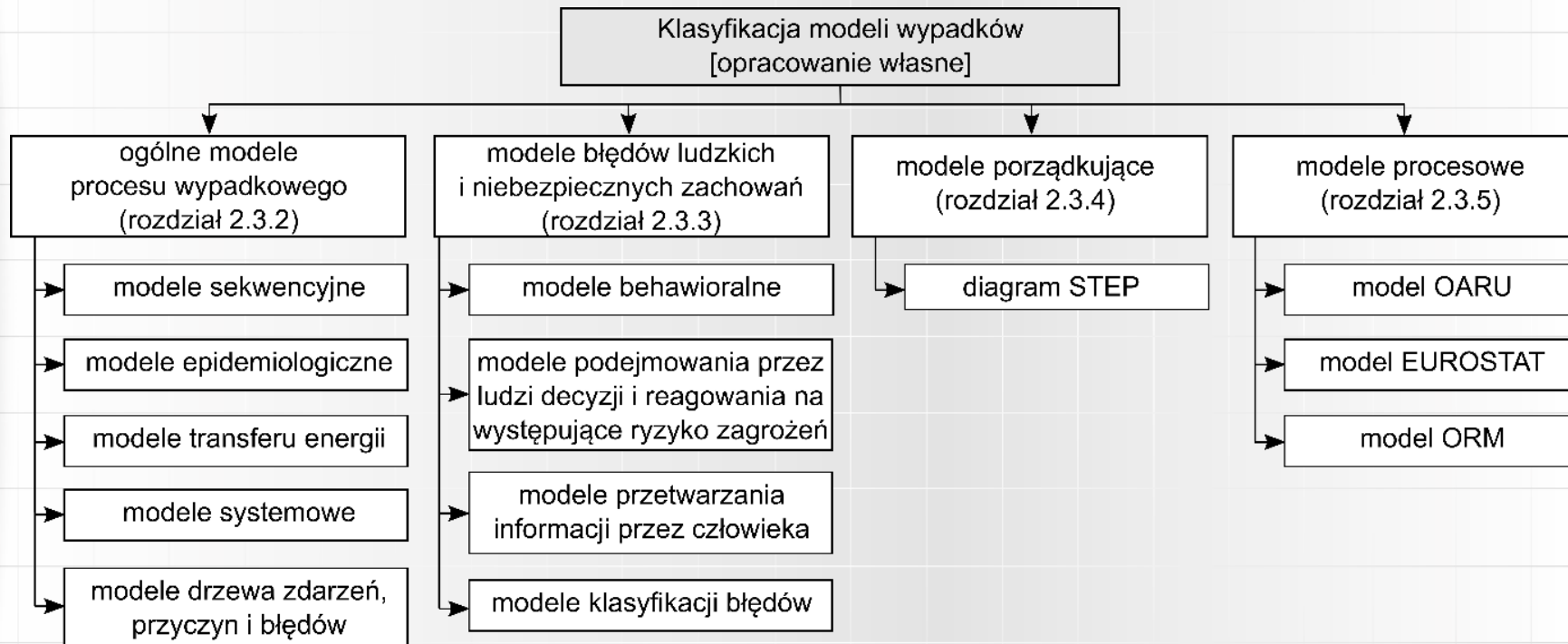
- wysoka wypadkowość w branży budowlanej charakteryzuje się wysokim wskaźnikiem częstości wypadków przy pracy (w 2016 roku wskaźnik ten wyniósł 6,2 osób poszkodowanych na 1 000 pracujących),
- występujące na stanowiskach pracy liczne zagrożenia i czynniki niebezpieczne prowadzące do zdarzeń zagrażających życiu i zdrowiu człowieka,
- człowiek występujący w procesie wypadkowym w potrójnej roli: decydenta, sprawcy wypadku, poszkodowanego.

# Cel naukowy

Celem naukowym rozprawy było:

- opracowanie modelu rozwoju zjawiska wypadkowości w polskim budownictwie,
- zdefiniowanie najbardziej prawdopodobnych scenariuszy przebiegu wypadków,
- opracowanie metodyki analizy i oceny ważności przyczyn wypadków przy pracy,
- zdefiniowanie profilu zawodowego pracownika ulegającego najczęściej wypadkom.

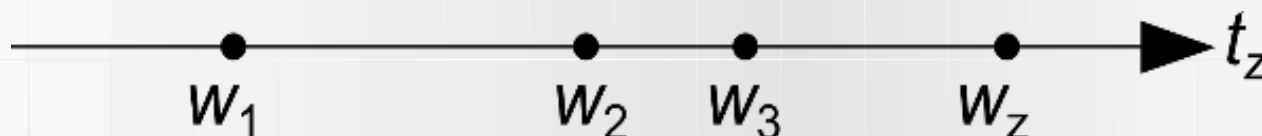
# Analiza literatury przedmiotu



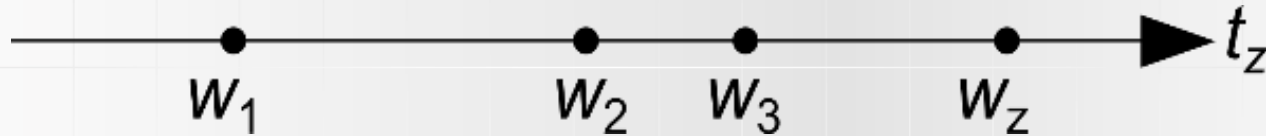
Rys. 2.2 Klasyfikacja modeli wypadków (opracowanie własne)

## Analiza literatury przedmiotu

Z przeprowadzonego rozpoznania literaturowego wynika, że nie ma modeli skonstruowanych w celu zbadania zjawiska wypadkowości jako **procesu**, który tworzy **ciąg wypadków** zachodzących w dyskretnych momentach czasu na różnych, pod względem lokalizacji, konstrukcji i wyposażenia technicznego, budowach.



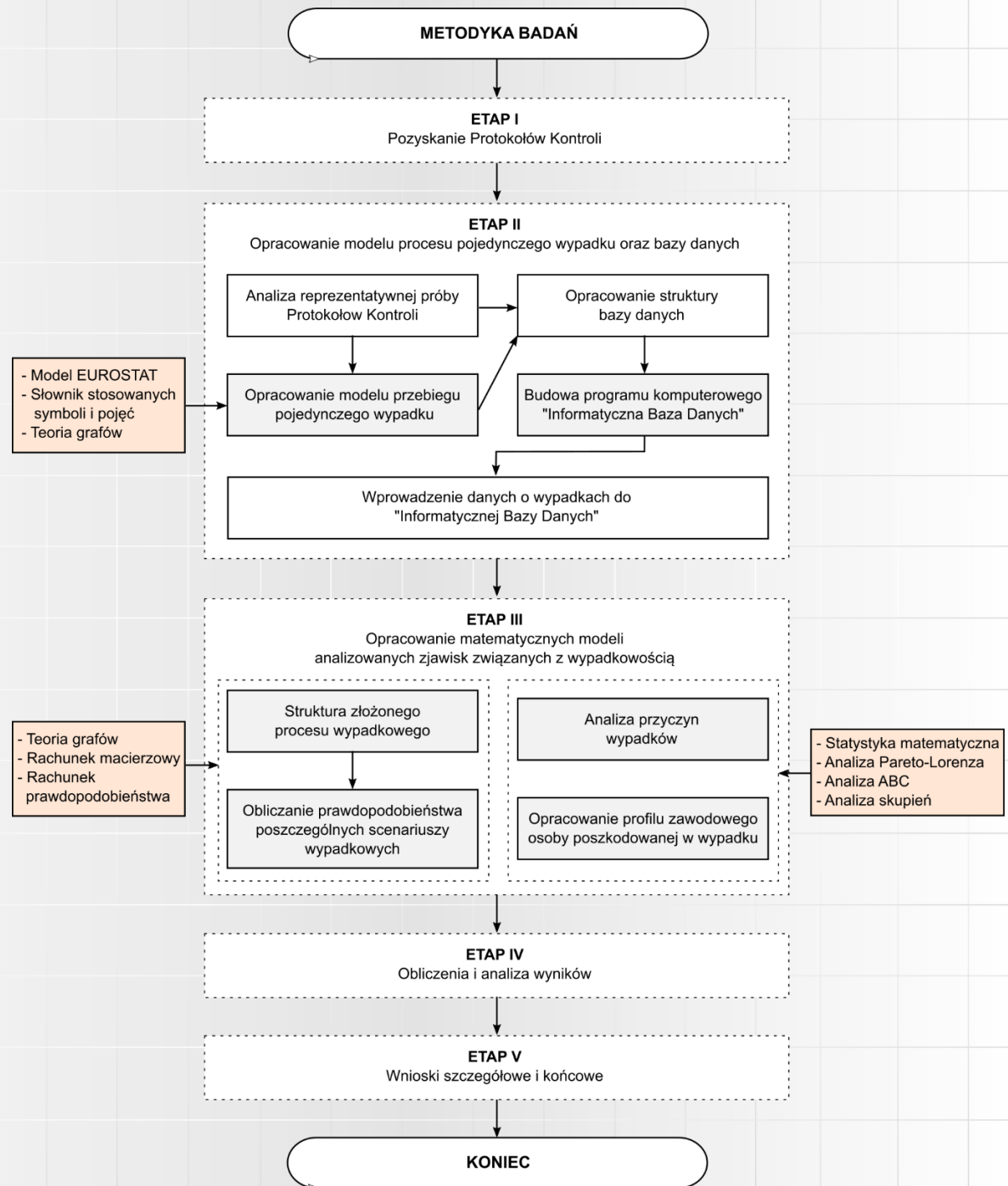
# Analiza literatury przedmiotu



Zbudowanie takiego modelu oraz symulowanie przebiegu wielu wypadków pozwoli uzyskać wiele nowych, dotychczas nie znanych informacji o wypadkowości w budownictwie, np.:

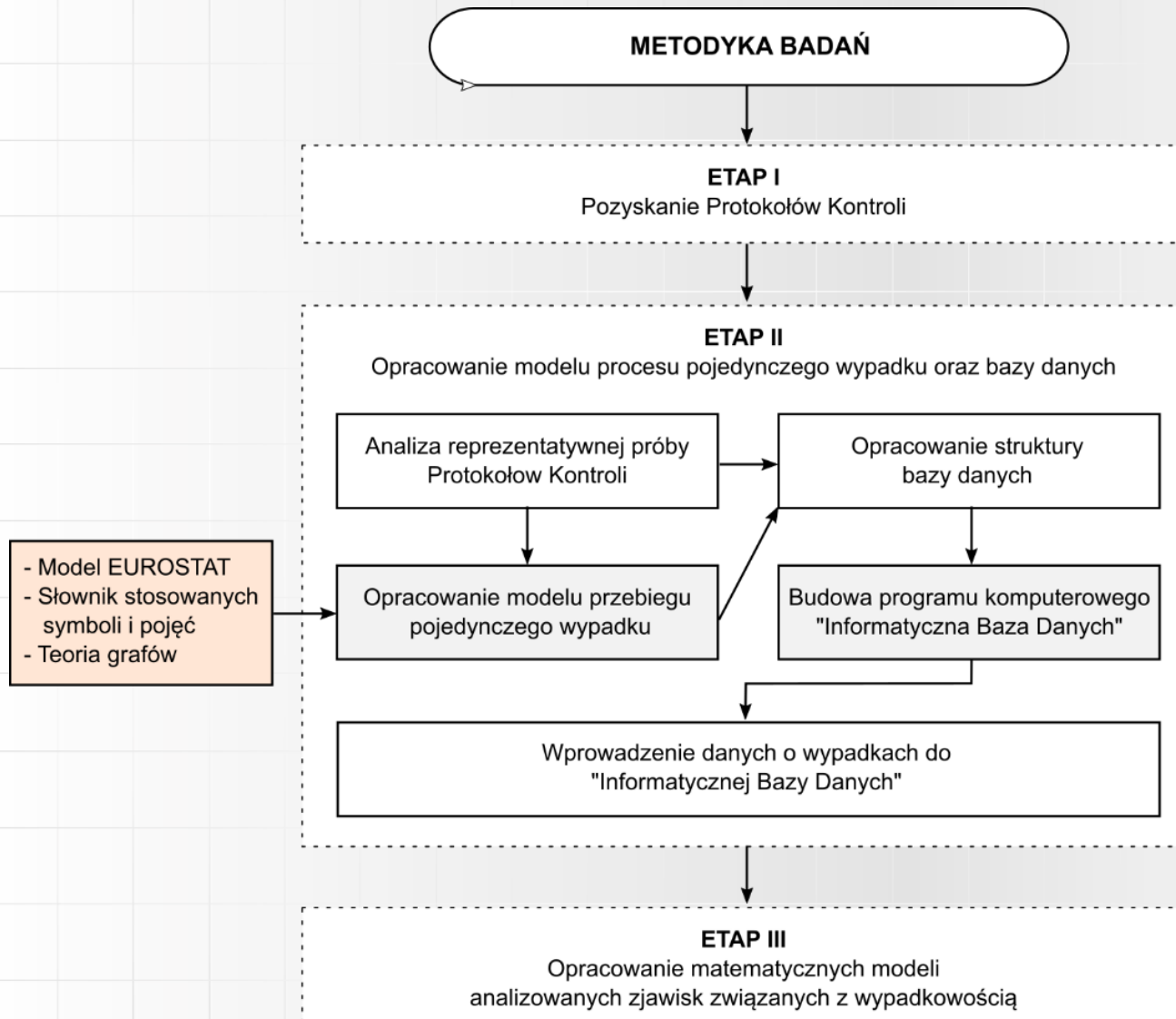
- w jaki sposób najczęściej przebiegają wypadki?
- jakie jest prawdopodobieństwo, że wypadki będą przebiegały wg określonej sekwencji zdarzeń?
- i inne.

# Metodyka badań



Rys. 4.1 Ogólny schemat zaproponowanej metodyki badań (opracowanie własne)

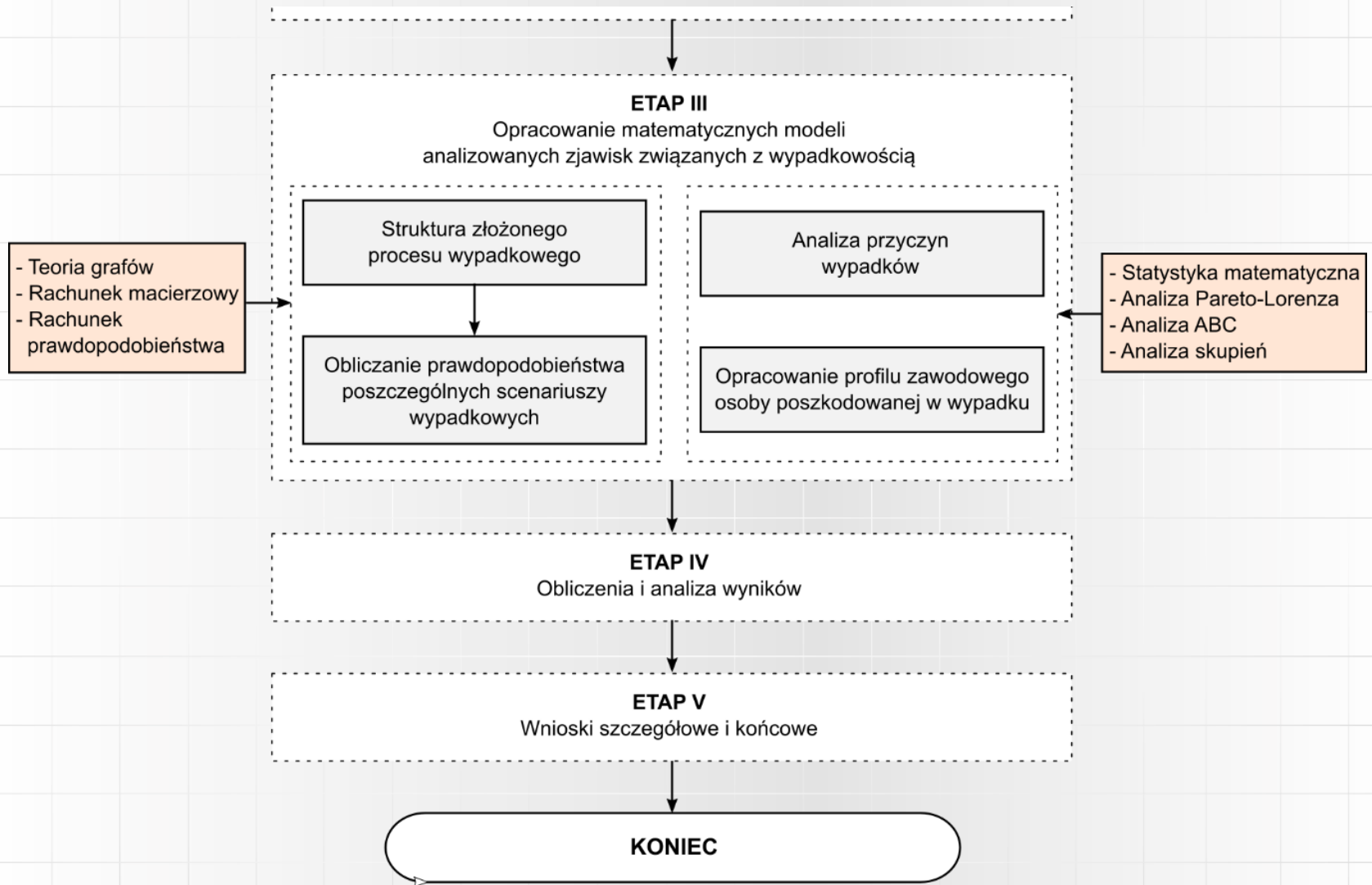
# Metodyka badań



Rys. 4.1 Ogólny schemat zaproponowanej metodyki badań (opracowanie własne)



# Metodyka badań



Rys. 4.1 Ogólny schemat zaproponowanej metodyki badań (opracowanie własne)

# Etap I Pozyskanie Protokołów Kontroli

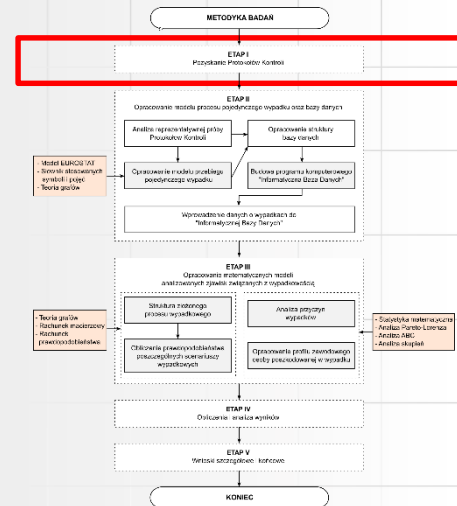
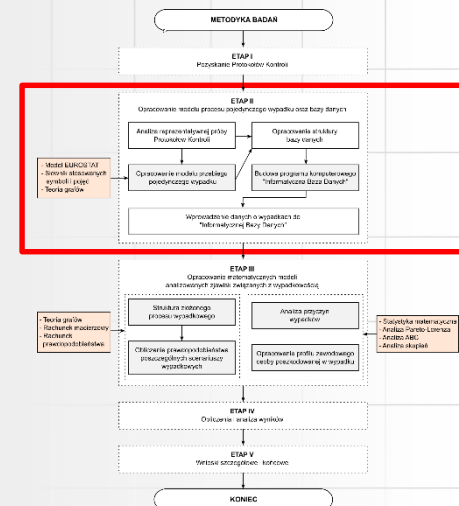


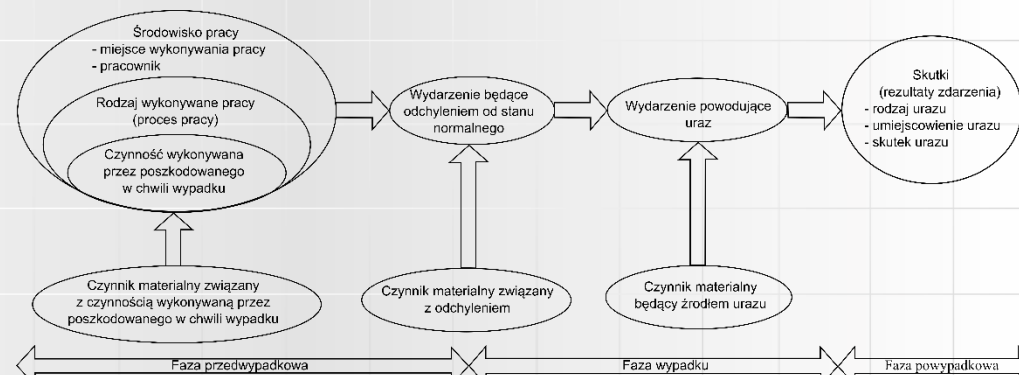
Tabela 4.1 Zestawienie liczby zgromadzonych protokołów

Województwo	Liczba wypadków przy pracy							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Suma
dolnośląskie	28	27	23	28	23	21	21	171
kujawsko-pomorskie	16	15	8	17	9	11	13	89
lubelskie	9	15	8	7	9	11	5	64
lubuskie	6	6	8	6	2	8	8	44
śląskie	18	10	11	11	41	9	17	117
							<b>SUMA</b>	<b>485</b>

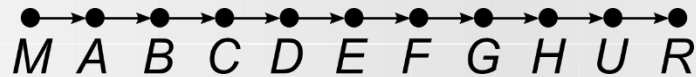
# Etap II Opracowanie modelu procesu wypadku oraz bazy danych



Każdy wypadek przy pracy przebiega według określonego scenariusza zapisanego w Protokole Kontroli. Korzystając z modelu zaproponowanego przez Europejski Urząd Statystyczny Unii Europejskiej (EUROSTAT) zbudowano model wypadku, w postaci ciągu przyczynowo-skutkowego.



# Etap II Opracowanie modelu procesu wypadku oraz bazy danych



W modelu wyodrębniono następujące węzły:

*M* – zdarzenie inicjujące wypadek,

*A* – miejsce powstania wypadku,

*B* – proces pracy, w trakcie którego zdarzył się wypadek,

*C* – czynność wykonywana przez poszkodowanego w chwili wypadku,

*D* – czynnik materialny związany z czynnością wykonywaną przez poszkodowanego w chwili wypadku,

*E* – wydarzenie będące odchyleniem od stanu normalnego,

*F* – czynnik materialny związany z odchyleniem od stanu normalnego,

*G* – wydarzenie powodujący uraz,

*H* – czynnik materialny będący źródłem urazu związany z wydarzeniem powodującym uraz,

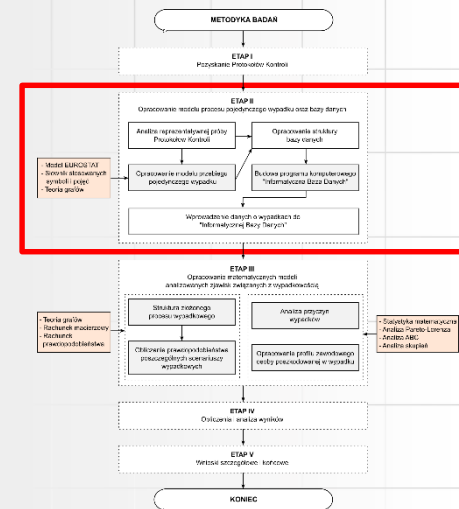
*U* – rodzaj urazu,

*R* – skutek wypadku.

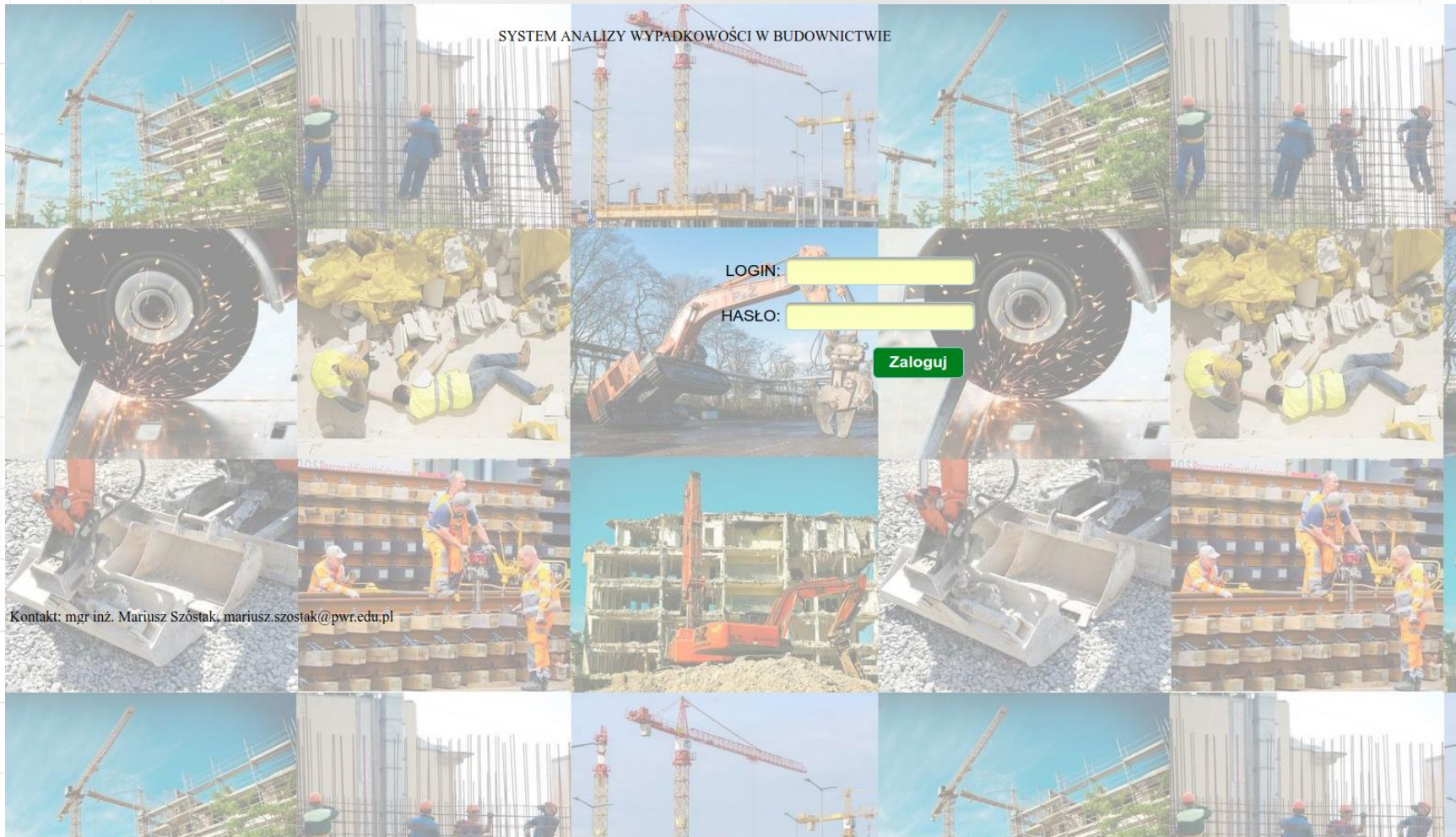
# Etap II Opracowanie modelu procesu wypadku oraz bazy danych

Zaproponowany model był podstawą do utworzenia struktury bazy danych o wypadkach przy pracy obejmującej:

- dane ogólne o wypadku,
  - dane o osobie poszkodowanej,
    - informację o przebiegu wypadku i jego skutkach (model przyczynowo-skutkowy),
      - przyczyny wypadku.



# Etap II Opracowanie modelu procesu wypadku oraz bazy danych



System opracowany dla Zakładu Technologii i Zarządzania w Budownictwie Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej zrealizowany we współpracy z firmą Solsoft Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.k.

Rys. 6.3 Strona startowa Informatycznej Bazy Danych (opracowanie własne)

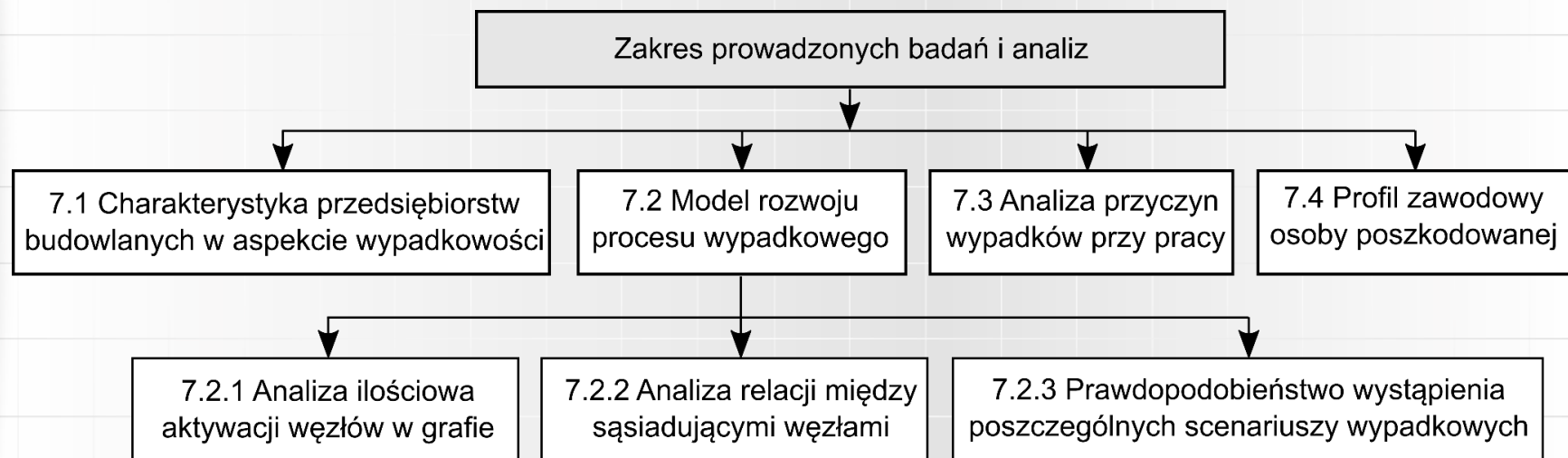
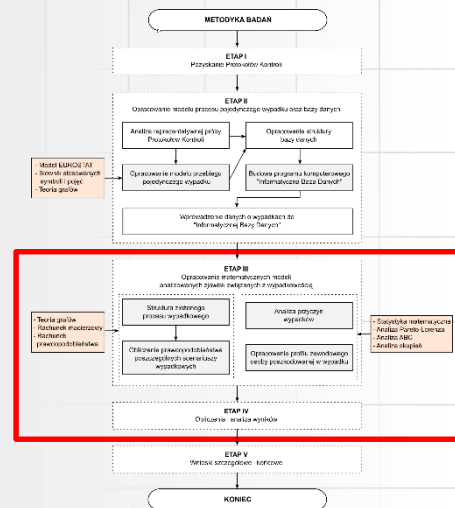
# Informatyczna Baza Danych

Nr	Wybór	Oznaczenie protokołu	Oznaczenie robocze	Dokumentacja fotograficzna	Rok urodzenia	Data wypadku	Godzina wypadku	Miejscowość	Rok	Województwo
1	<input type="checkbox"/>	16235-5317-K007-Pt/12	2012_Protokol 1_Wr	tak	1992	2012-04-01	14:00	Wroclaw	2012	dolnośląskie [16]
2	<input type="checkbox"/>	16240-5303-K019-Pt/12	2012_Protokol 2_Wr	tak	1979	2012-03-09	15:00	brak danych	2012	dolnośląskie [16]

Rys. 6.5 Fragment interfejsu użytkownika w widoku listy zdarzeń (opracowanie własne)

# Etap III Opracowanie matematycznych modeli analizowanych zjawisk związanych z wypadkowością

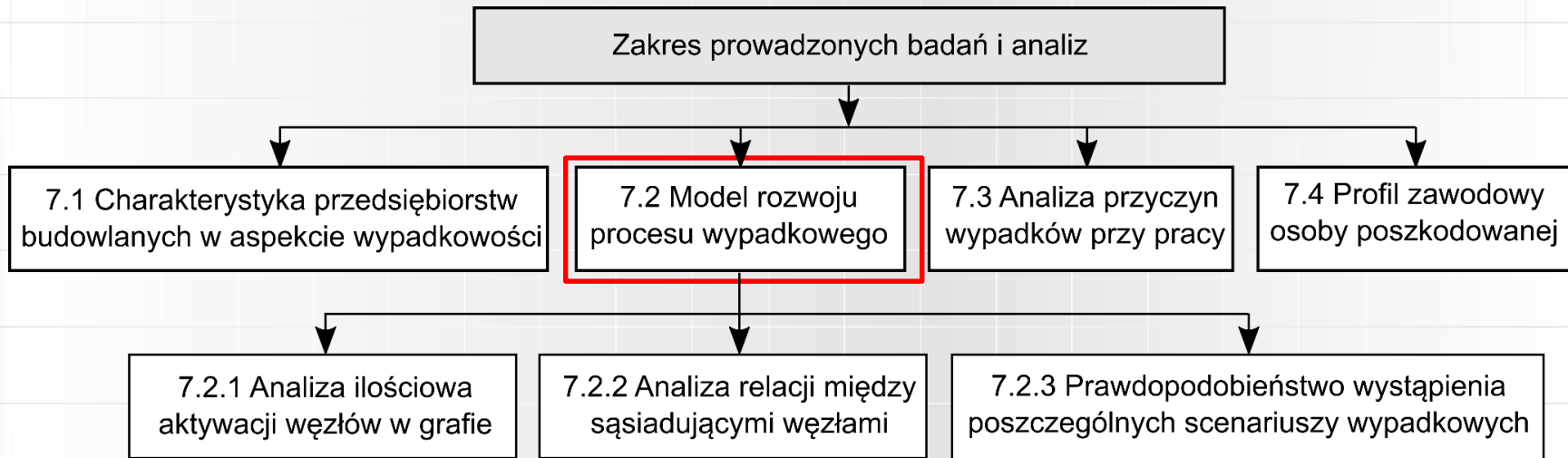
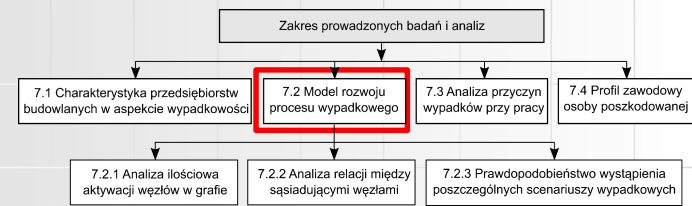
## Etap IV Obliczenia i analiza wyników



Rys. 7.1 Zakres prowadzonych badań i analiz (opracowanie własne)

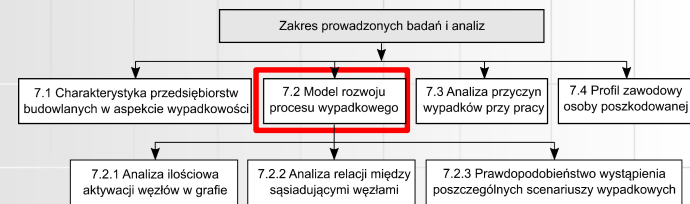


# Model rozwoju procesu wypadkowego



Rys. 7.1 Zakres prowadzonych badań i analiz (opracowanie własne)

# Model rozwoju procesu wypadkowego



Opracowano model złożonego procesu wypadkowego w postaci grafu skierowanego  $Y$ :

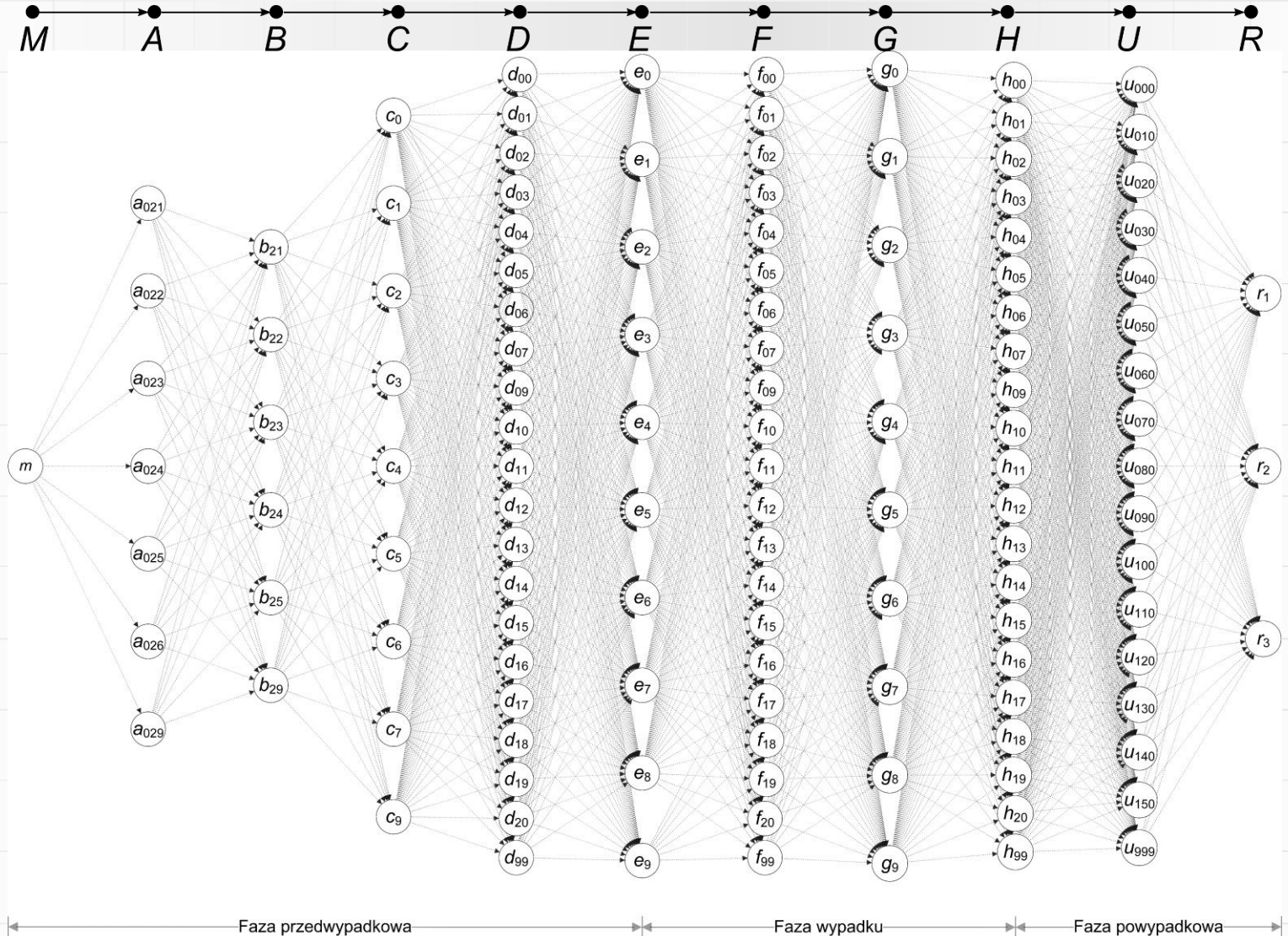
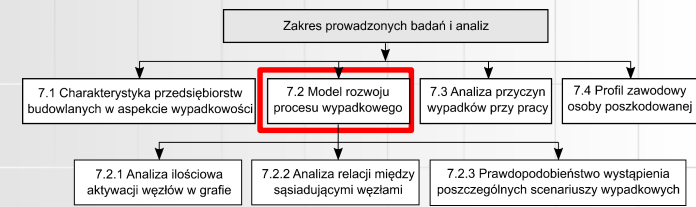
$$Y = \langle N, K \rangle$$

gdzie:

$N$  – jest dowolnym, niepustym zbiorem węzłów,

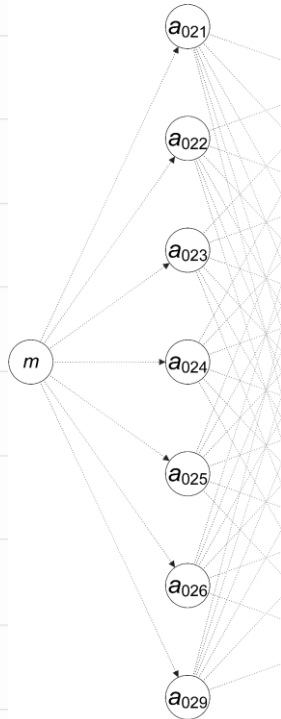
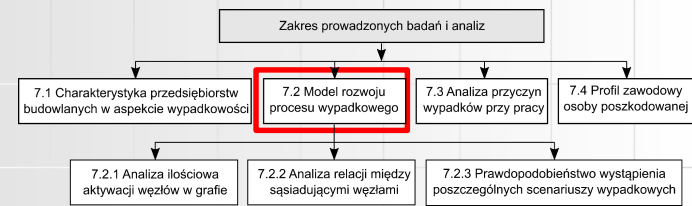
$K$  – jest zbiorem możliwych, uporządkowanych par sąsiadujących węzłów  $N$  zwanych krawędziami skierowanymi lub łukami.

# Model rozwoju procesu wypadkowego



Rys. 7.3 Model rozwoju sytuacji wypadkowej w budownictwie (opracowanie własne)

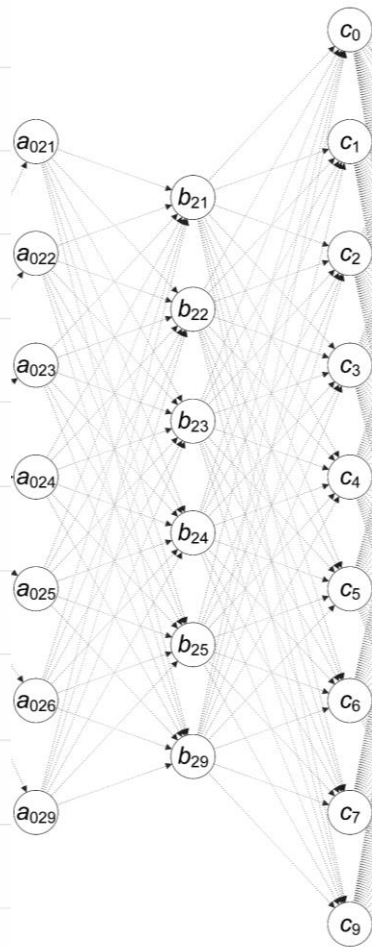
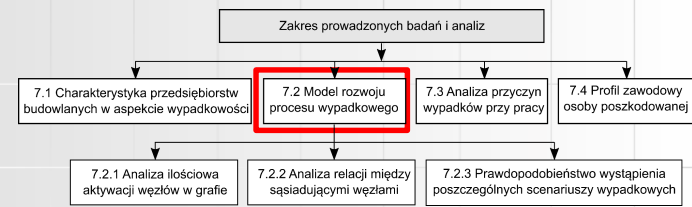
# Model rozwoju procesu wypadkowego



$A = \{a_i; i = 021, 022, \dots, 026, 029\}$  oznacza, że miejscem wypadku przy pracy jest teren budowy, przy czym może to być:

- obiekt w budowie –  $a_{021}$ ,
- obiekt rozbierany, burzony, remontowany –  $a_{022}$ ,
- kopalnia odkrywkowa, kamieniołom, itp. –  $a_{023}$ ,
- teren budowy pod ziemią –  $a_{024}$ ,
- teren budowy na wodzie, ponad wodą –  $a_{025}$ ,
- teren budowy w środowisku wysokiego ciśnienia –  $a_{026}$ ,
- inne, niewymienione lub nieznane miejsce w tej grupie –  $a_{029}$ .

# Model rozwoju procesu wypadkowego

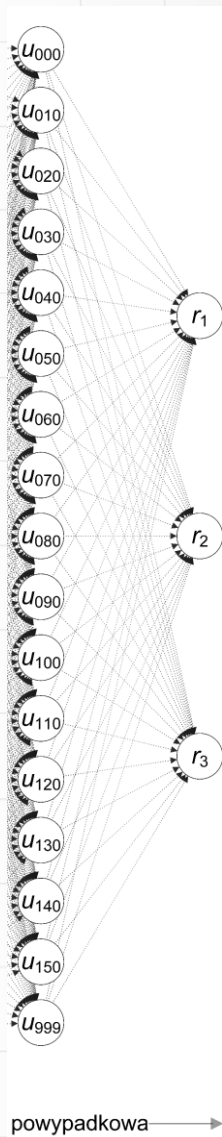
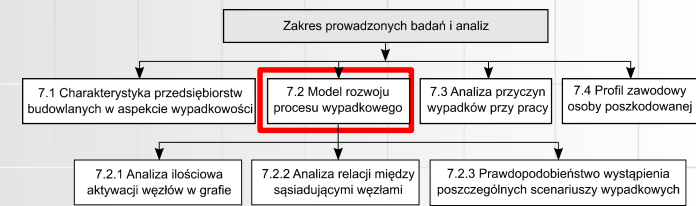


Faza przedwypadkowa

$B = \{b_j; j = 21, 22, \dots, 25, 29\}$  oznacza proces pracy, czyli podstawowy rodzaj pracy wykonywanej przez osobę poszkodowaną w chwili inicjacji wypadku. Wyróżniono następujące charakterystyczne dla budownictwa procesy:

- wydobywanie i prace ziemne –  $b_{21}$ ,
- budowanie nowych budynków –  $b_{22}$ ,
- budowanie infrastruktury, np. dróg, mostów, tam, portów, itp. –  $b_{23}$ ,
- przebudowywanie, naprawa, rozbudowywanie, konserwacja obiektów budowlanych i infrastruktury –  $b_{24}$ ,
- prace rozbiórkowe i wyburzeniowe –  $b_{25}$ ,
- inne, niewymienione lub nieokreślone prace w tej grupie –  $b_{29}$ .

# Model rozwoju procesu wypadkowego

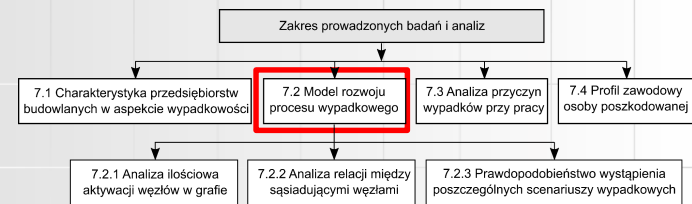


$R = \{r_x; x = 1, 2, 3\}$  oznacza rodzaj wypadku (skutek).

W wyniku wypadku przy pracy może dojść do:

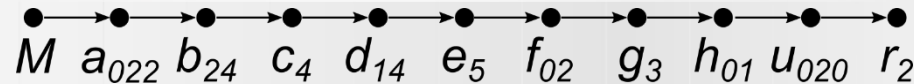
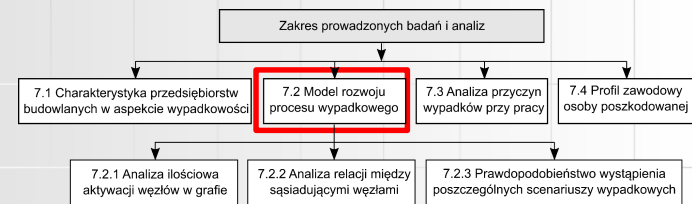
- śmierci osoby poszkodowanej (wypadek śmiertelny) –  $r_1$ ,
- ciężkich uszkodzeń ciała (wypadek ciężki) –  $r_2$ ,
- lekkich uszkodzeń ciała (wypadek lekki) –  $r_3$ .

# Model rozwoju procesu wypadkowego – analiza wypadku



Rys. 5.3-5.6 Miejsce wypadku poszkodowanego (16224-5303-K061-Pt/12)

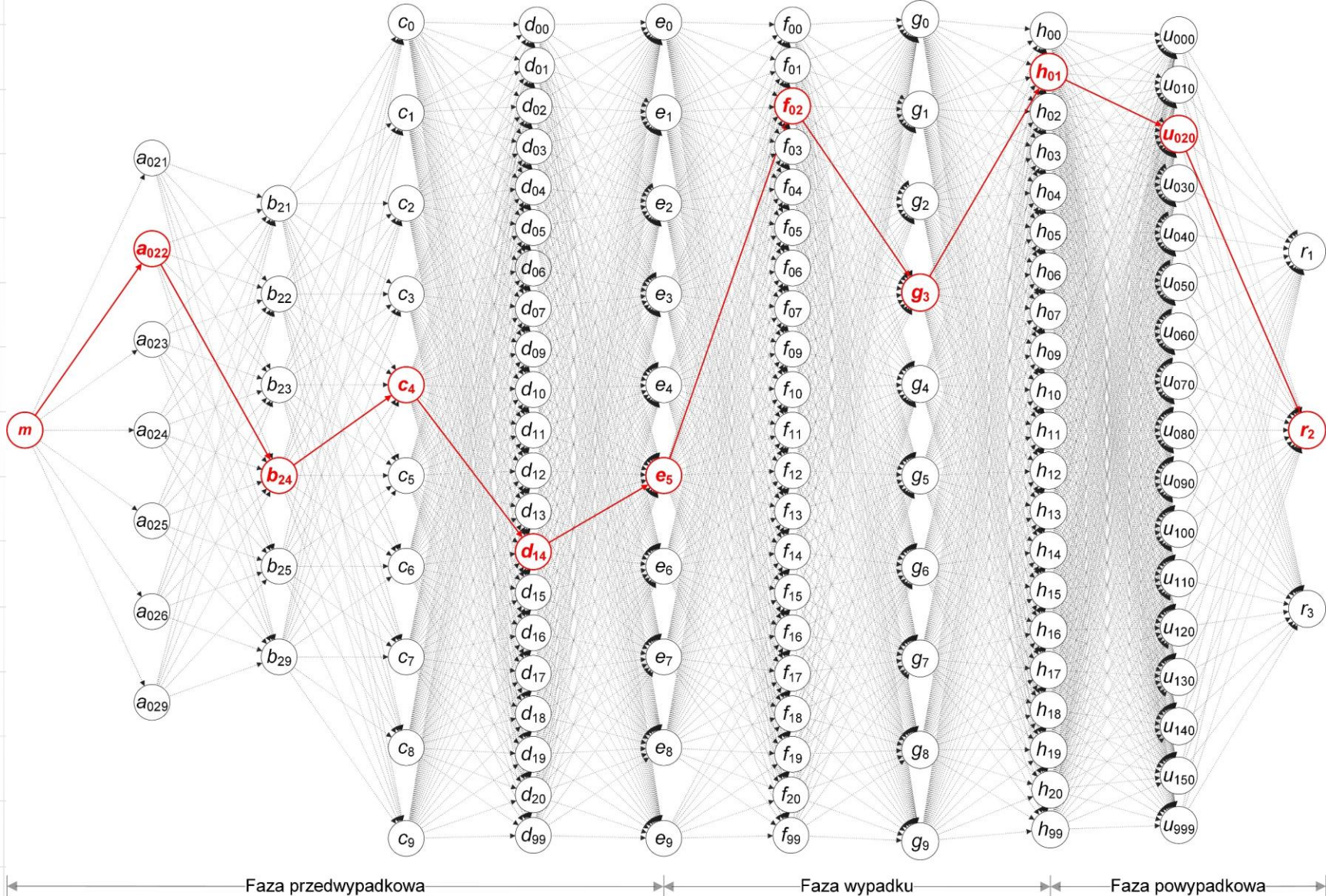
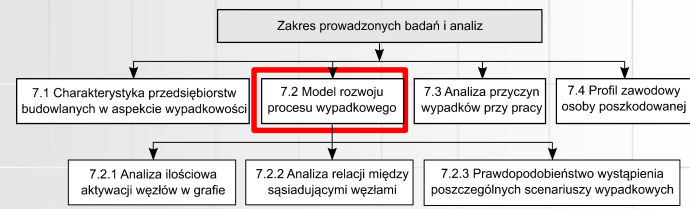
# Model rozwoju procesu wypadkowego – analiza wypadku



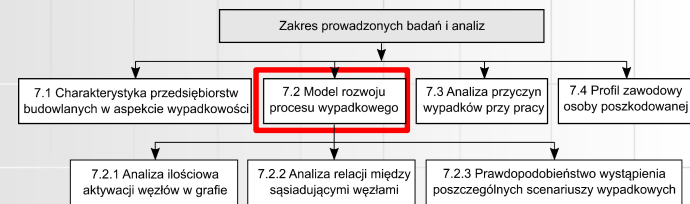
- $a_{022}$  – miejsce powstania wypadku: obiekt remontowany,
- $b_{24}$  – proces pracy: przebudowywanie budynku,
- $c_4$  – czynność wykonywana przez poszkodowanego w chwili wypadku: odrywanie płyty paździerzowej zakrywającej otwór okienny,
- $d_{14}$  – czynnik materialny związany z czynnością wykonywaną przez poszkodowanego w chwili wypadku: płyta paździerzowa,
- $e_5$  – wydarzenie będące odchyleniem od stanu normalnego: upadek poszkodowanego z wysokości na niższy poziom,
- $f_{02}$  – czynnik materialny związany z odchyleniem od stanu normalnego: poziom belek stropowych,
- $g_3$  – wydarzenie powodujący uraz: uderzenie poszkodowanego w posadzkę niższej kondygnacji,
- $h_{01}$  – czynnik materialny będący źródłem urazu związany z wydarzeniem powodującym uraz: posadzka niższej kondygnacji,
- $u_{020}$  – rodzaj urazu: złamania kości,
- $r_2$  – skutek wypadku: ciężkie uszkodzenie ciała.



# Model rozwoju procesu wypadkowego – analiza wypadku



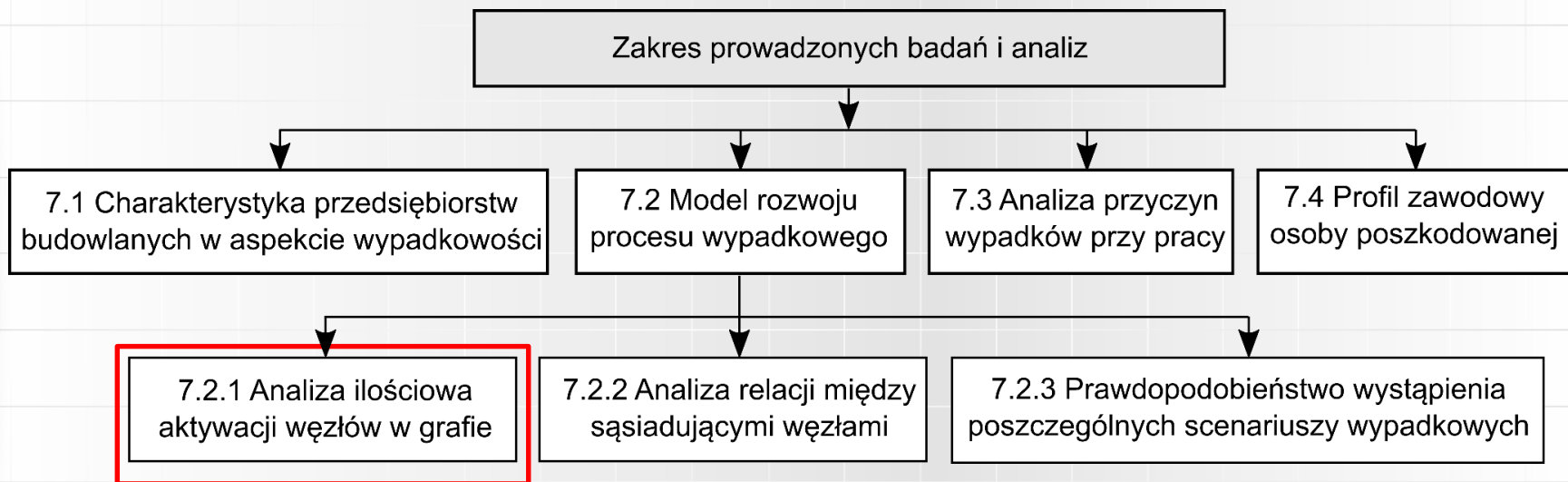
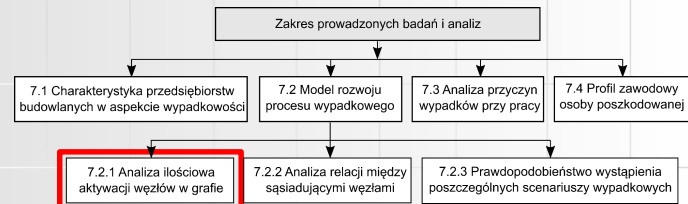
# Model rozwoju procesu wypadkowego



Aby określić możliwe w budownictwie scenariusze wypadków oraz zdefiniować te, które występują najczęściej w analizowanym zbiorze wypadków należy określić:

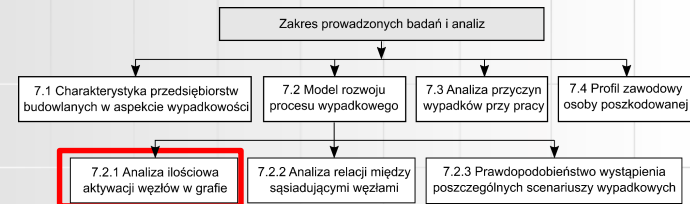
- jak często aktywowane są poszczególne węzły w przebiegu zbioru wypadków,
- jak często aktywowane są poszczególne relacje łączące sąsiednie węzły.

# Model rozwoju procesu wypadkowego



Rys. 7.1 Zakres prowadzonych badań i analiz (opracowanie własne)

# Analiza ilościowa aktywacji węzłów w grafie



Występowanie lub brak, w przebiegu wypadku, określonego atrybutu zakodowano systemem zero-jedynkowym.

Wartość 1 oznacza, że zdefiniowany atrybut występuje.

Wartość 0 oznacza, że zdefiniowany atrybut nie występuje.

$$B = \begin{bmatrix} b_{21} \\ b_{22} \\ b_{23} \\ b_{24} \\ b_{25} \\ b_{29} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

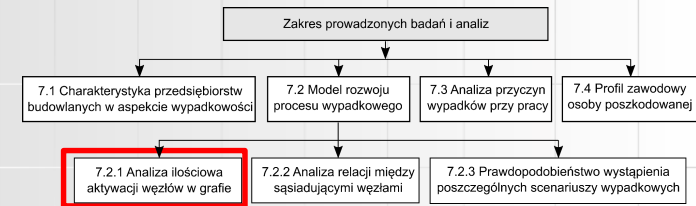
$$b_{22} = 1, c_6 = 1,$$

$$C = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \\ c_9 \end{bmatrix}$$

wypadek zdarzył się podczas budowy budynku ( $b_{22}$ ), w czasie ręcznych prac transportowych ( $c_6$ ).

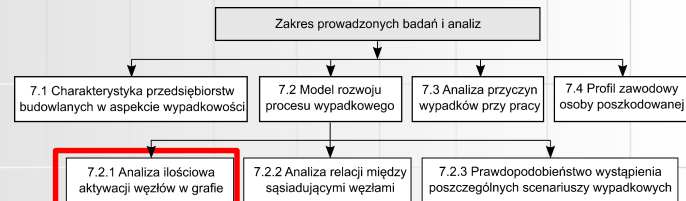
# Analiza ilościowa aktywacji węzłów w grafie



$$W_L = [w] =$$

485	287	44	0	13	0	7	0	1	1	178
0	193	222	15	22	17	18	26	257	10	297
0	0	30	83	250	5	269	33	43	107	10
0	4	171	7	45	152	12	283	9	3	0
0	1	18	127	3	56	5	60	5	32	0
0	0	0	57	7	222	10	31	10	31	0
0	0	0	186	31	12	9	44	9	8	0
0	0	0	10	21	4	16	5	16	2	0
0	0	0	0	5	17	8	3	8	1	0
0	0	0	0	7	0	7	0	5	0	0
0	0	0	0	10	0	5	0	2	2	0
0	0	0	0	8	0	28	0	31	4	0
0	0	0	0	1	0	1	0	1	9	0
0	0	0	0	57	0	41	0	33	84	0
0	0	0	0	0	0	3	0	3	13	0
0	0	0	0	2	0	2	0	1	178	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0
0	0	0	0	2	0	9	0	14	0	0
0	0	0	0	1	0	33	0	35	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

# Analiza ilościowa aktywacji węzłów w grafie

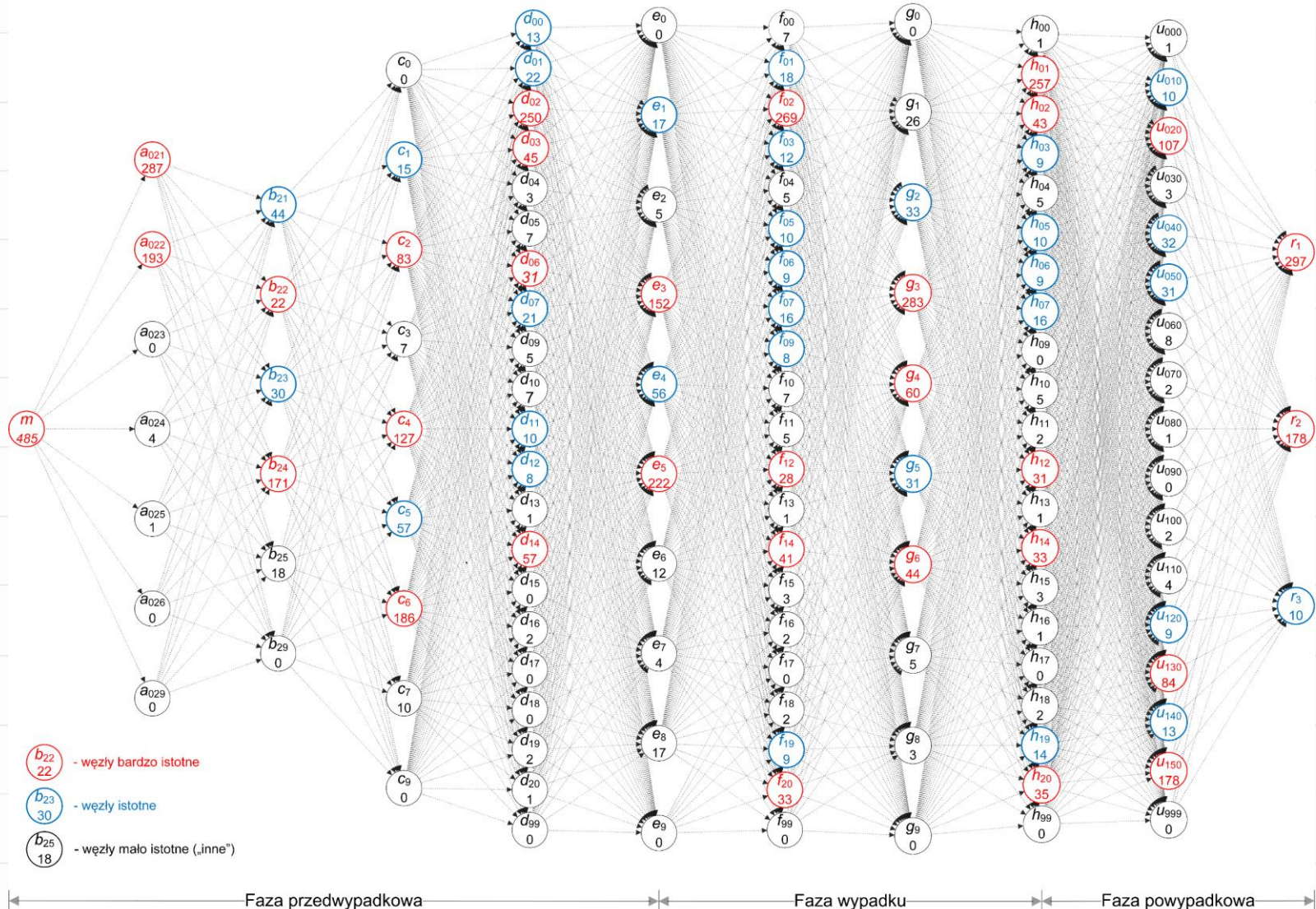
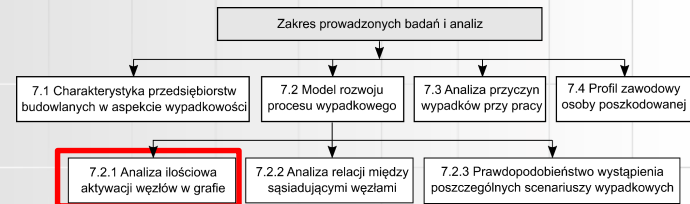


## Czynność wykonywana przez poszkodowanego w chwili wypadku „C”

Tabela 8.6 Dane liczbowe dotyczące czynności wykonywanych przez poszkodowanych w chwili wypadku

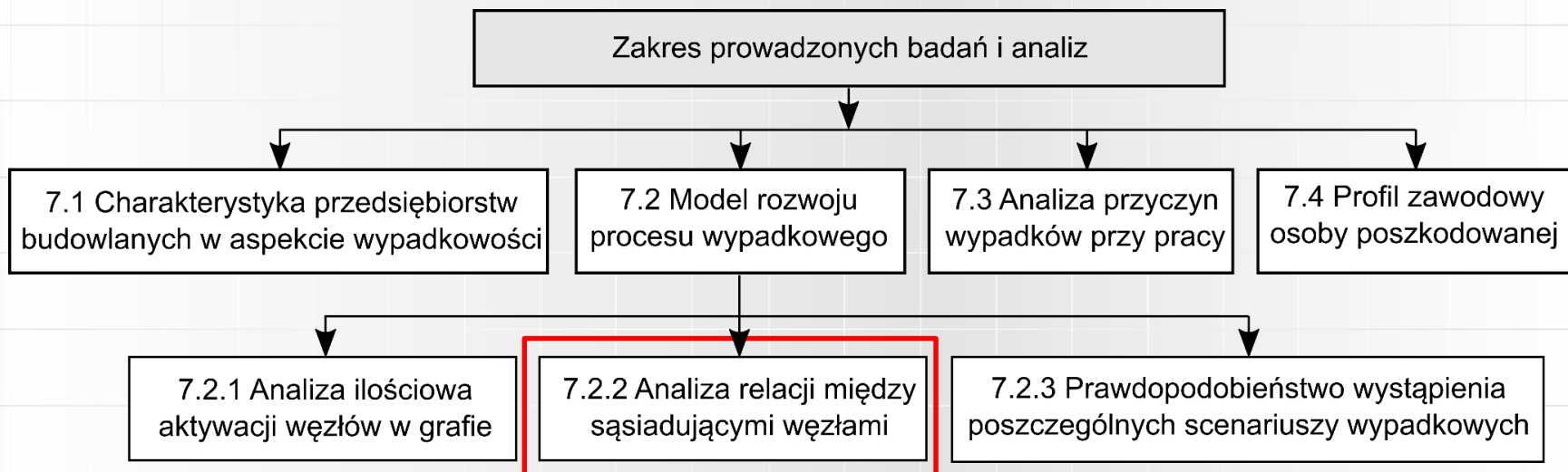
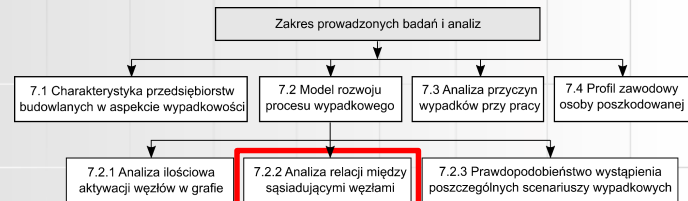
Czynność wykonywana przez poszkodowanego w chwili wypadku $C$	oznaczenie kodowe $c_k$	lb. os.	udział w %	skum. udział w %
przemieszczanie się po placu budowy	$c_6$	186	38,4	38,4
operowanie przedmiotami, np. wyrobami budowlanymi	$c_4$	127	26,2	64,5
prace budowlanymi narzędziami ręcznymi	$c_2$	83	17,1	81,6
transport ręczny wyrobów budowlanych lub narzędzi	$c_5$	57	11,8	93,4
obsługiwanie maszyn budowlanych	$c_1$	15	3,1	96,5
obecność	$c_7$	10	2,1	98,6
jazda środkami transportu / obsługa ruchomych maszyn i urządzeń	$c_3$	7	1,4	100,0

# Analiza ilościowa aktywacji węzłów w grafie



Rys. 8.3 Model rozwoju sytuacji wypadkowej w budownictwie z zaznaczonymi bardzo istotnymi i ważnymi węzłami (opracowanie własne)

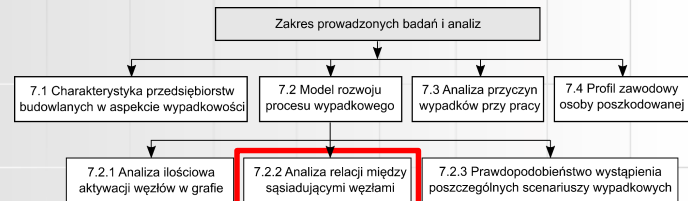
# Model rozwoju procesu wypadkowego



Rys. 7.1 Zakres prowadzonych badań i analiz (opracowanie własne)

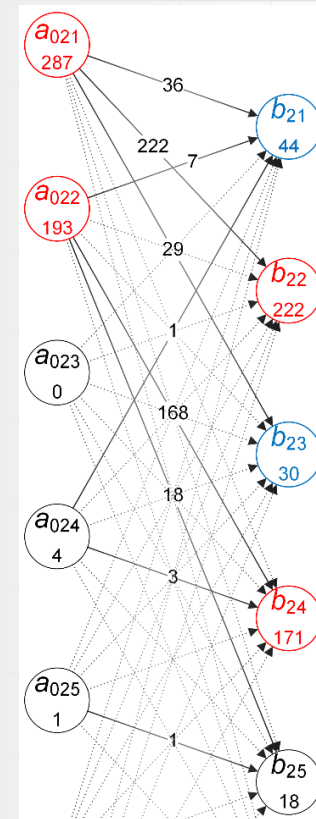


# Analiza relacji między sąsiadującymi węzłami



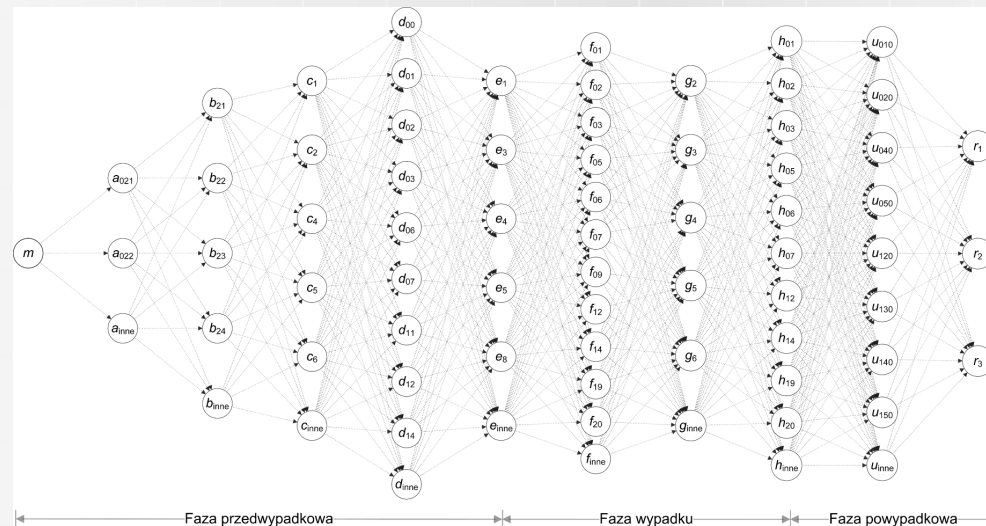
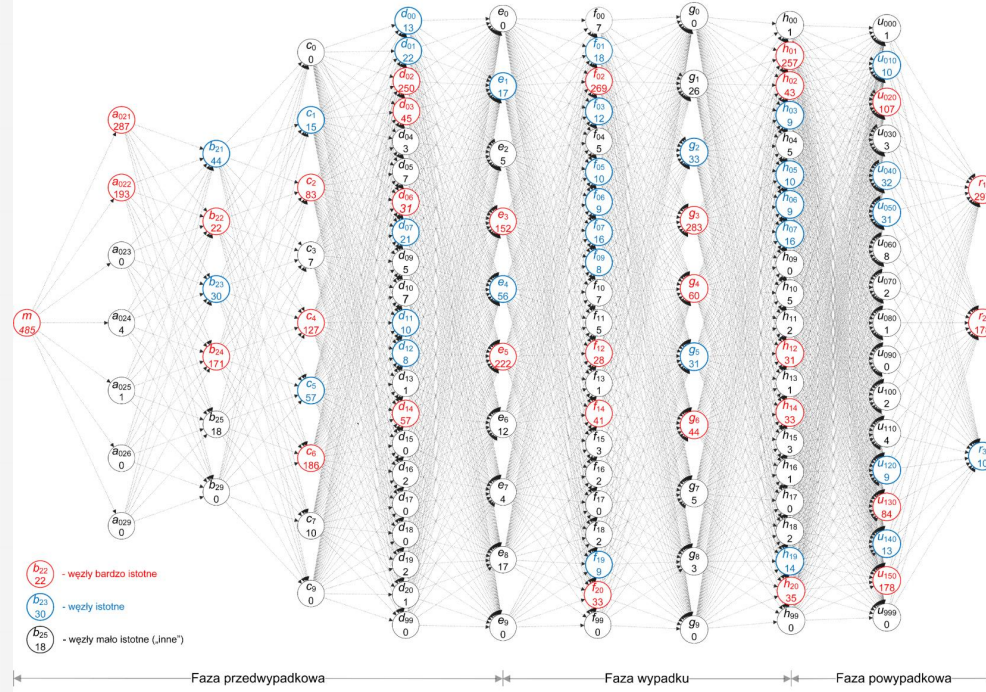
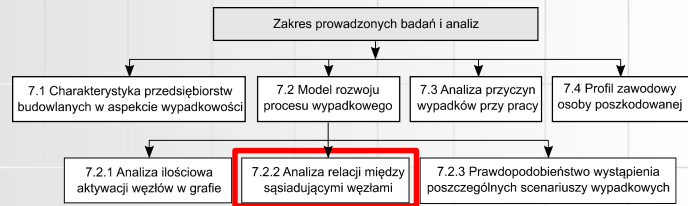
## Relacje między miejscem wypadku a wykonywanym procesem pracy

		Proces pracy B						
		$b_{21}$	$b_{22}$	$b_{23}$	$b_{24}$	$b_{25}$	$b_{29}$	$\Sigma$
Miejsce powstania wypadku A	$a_{021}$	36	222	29	0	0	0	287
	$a_{022}$	7	0	0	168	18	0	193
	$a_{023}$	0	0	0	0	0	0	0
	$a_{024}$	1	0	0	3	0	0	4
	$a_{025}$	0	0	1	0	0	0	1
	$a_{026}$	0	0	0	0	0	0	0
	$a_{029}$	0	0	0	0	0	0	0
	$\Sigma$	44	222	30	171	18	0	485

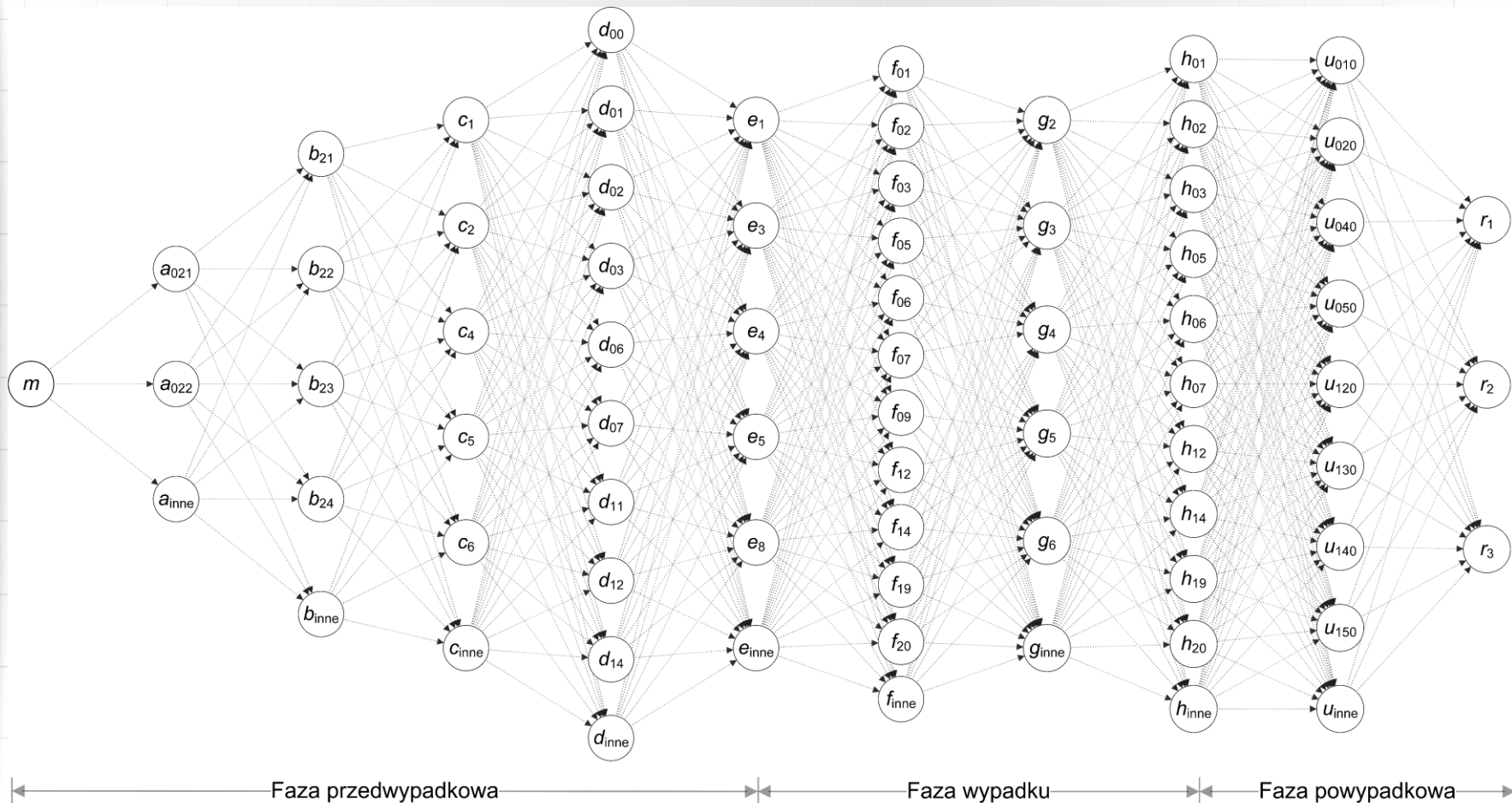
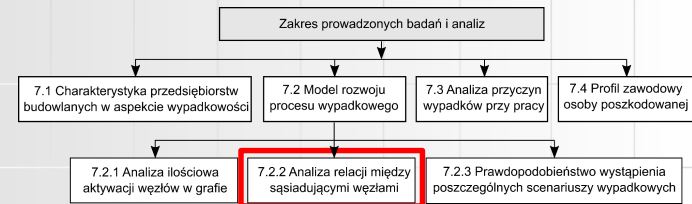


Rys. 8.5 Relacje między miejscem powstania wypadku a procesem pracy (opracowanie własne)

# Analiza relacji między sąsiadującymi węzłami

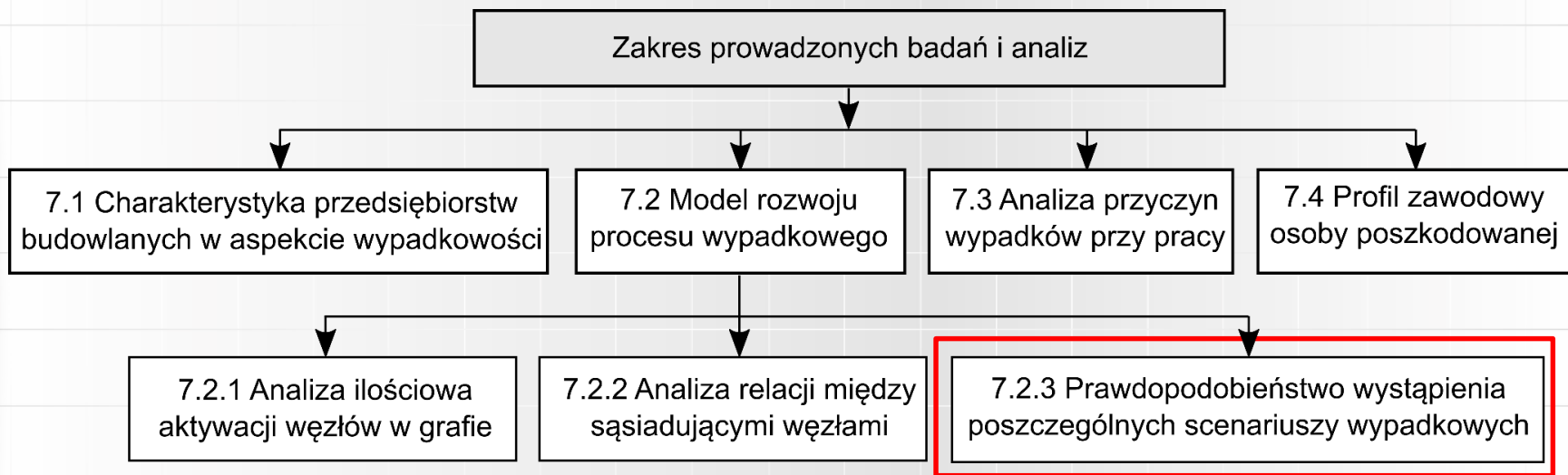
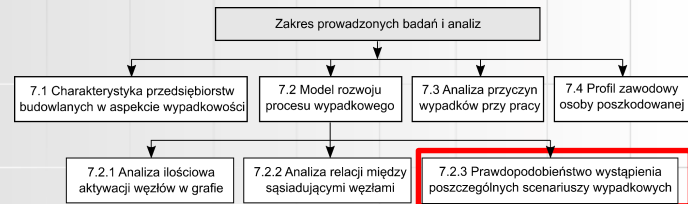


# Analiza relacji między sąsiadującymi węzłami



Rys. 8.14 Zaktualizowany model rozwoju sytuacji wypadkowej w budownictwie (opracowanie własne)

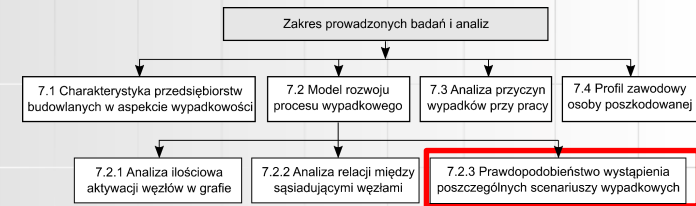
# Model rozwoju procesu wypadkowego



Rys. 7.1 Zakres prowadzonych badań i analiz (opracowanie własne)

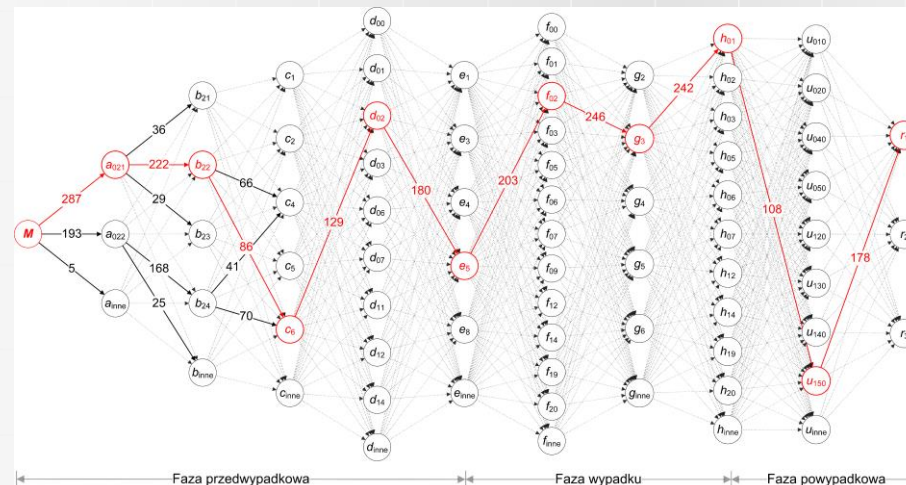
# Prawdopodobieństwo

## wystąpienia poszczególnych scenariuszy wypadkowych

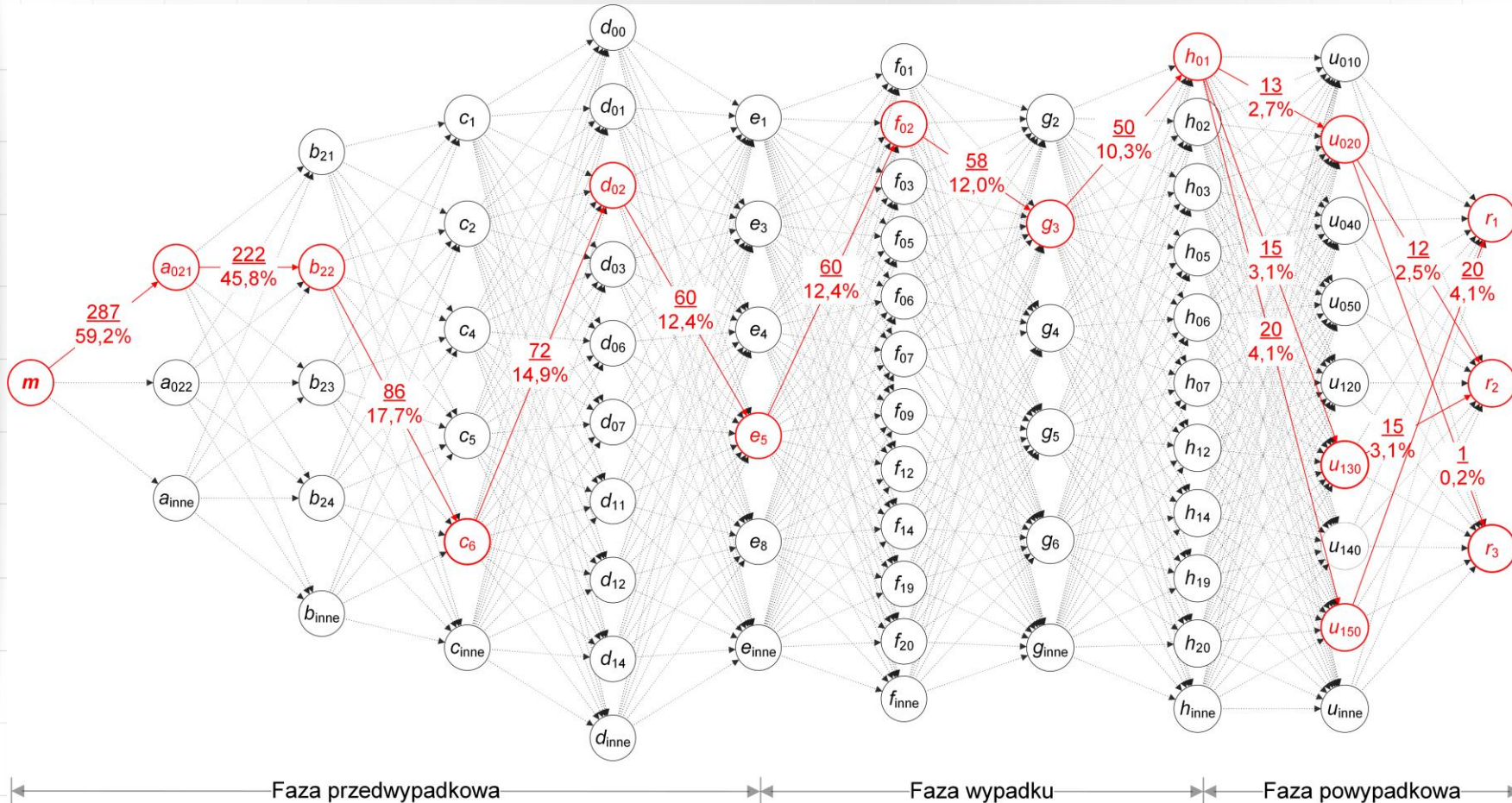
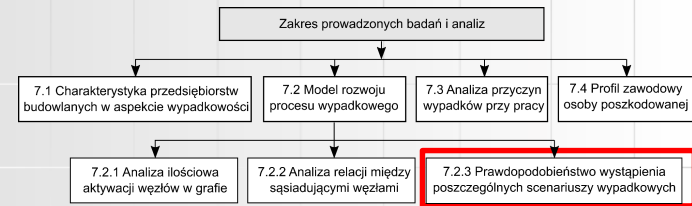


$$P(K) = P(M \cap A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F \cap G \cap H \cap U \cap R) \rightarrow \max$$

$$\begin{aligned}
 P(K) &= P(M \cap A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F \cap G \cap H \cap U \cap R) = \dots = \\
 &= P(A|M) \cdot P(B|M \cap A) \cdot P(C|M \cap A \cap B) \cdot P(D|M \cap A \cap B \cap C) \cdot \\
 &\quad P(E|M \cap A \cap B \cap C \cap D) \cdot P(F|M \cap A \cap B \cap C \cap D \cap E) \cdot \\
 &P(G|M \cap A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F) \cdot P(H|M \cap A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F \cap G) \\
 &\quad \cdot P(U|M \cap A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F \cap G \cap H) \\
 &\quad \cdot P(R|M \cap A \cap B \cap C \cap D \cap E \cap F \cap G \cap H \cap U)
 \end{aligned}$$

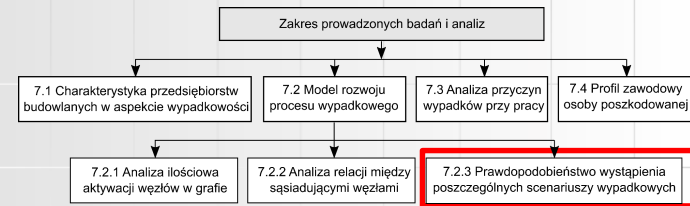


# Prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych scenariuszy wypadkowych



Rys. 8.18 Scenariusz wypadkowy dla zbioru wszystkich wypadków (opracowanie własne)

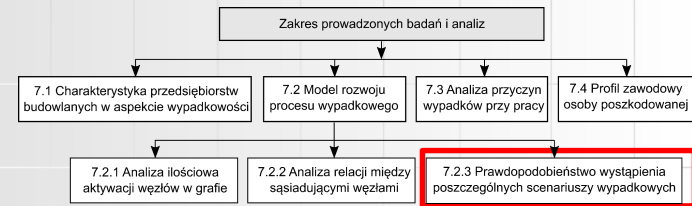
# Prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych scenariuszy wypadkowych



Najbardziej prawdopodobny scenariusz prowadzący do wypadku przy pracy w budownictwie przebiega wg następujących węzłów grafu:

- podczas **przemieszczania się** pracownika po powierzchniach znajdujących się **na wysokości**, nad poziomem gruntu, dochodzi do **poślizgnięcia, potknięcia się lub upadku** osoby na elementy budynku i konstrukcji znajdujące się **na niższym poziomie**,
- w wyniku upadku poszkodowanego, następuje **zderzenie z nieruchomym obiektem lub uderzenie** w nieruchomy obiekt, znajdujący się **na kondygnacji niższej lub na poziomie gruntu**, które prowadzi do powstania **urazu lub śmierci** poszkodowanego.

# Prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych scenariuszy wypadkowych

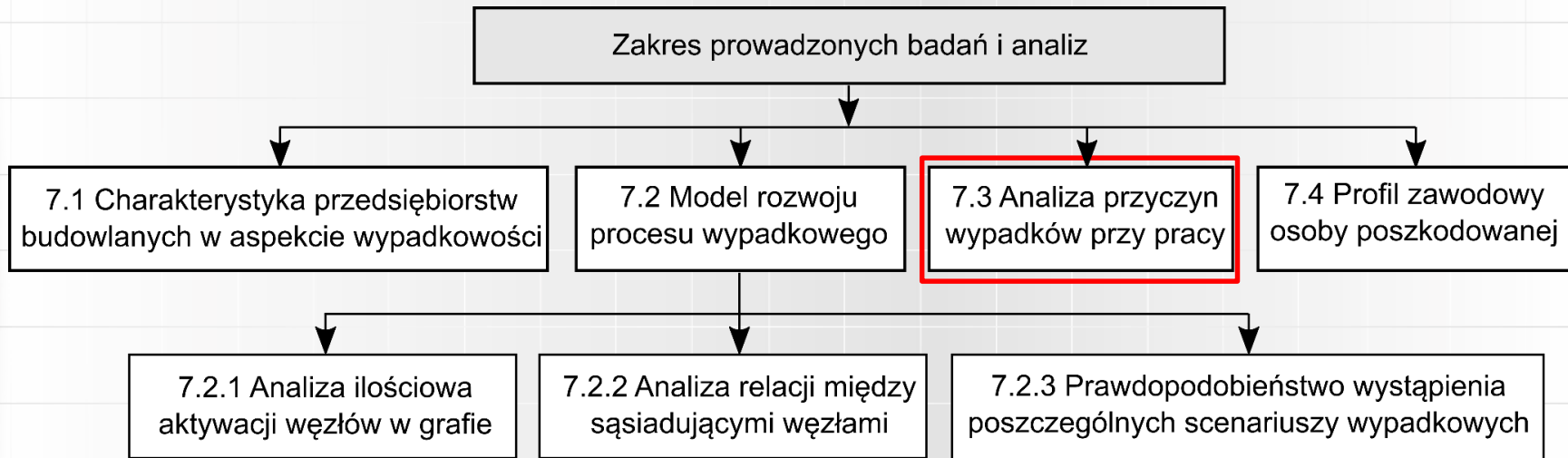
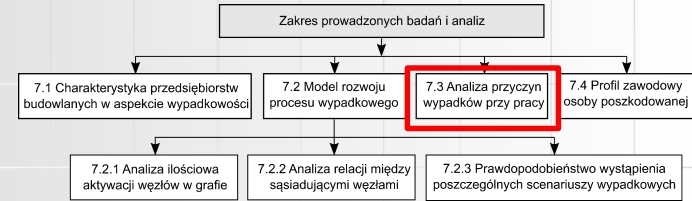


Analiza ścieżek krytycznych wykazała, że:

- częściej dochodzi do wypadków przy pracy w budownictwie na terenie budowy nowych obiektów, niż w czasie realizacji robót remontowych, rozbiórkowych i wyburzeniowych,
- co druga osoba poszkodowana w wypadku przy pracy w budownictwie doznała ciężkich urazów w wyniku upadku z wysokości. Kolejnym bardzo często występującym skutkiem wypadku jest śmierć osoby poszkodowanej,

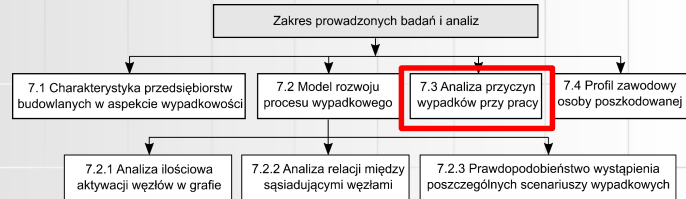


# Model rozwoju procesu wypadkowego



Rys. 7.1 Zakres prowadzonych badań i analiz (opracowanie własne)

# Analiza przyczyn wypadków przy pracy



Każdy wypadek przy pracy spowodowany jest co najmniej kilkoma przyczynami.

Zbiór przyczyn wypadków przy pracy można zapisać:

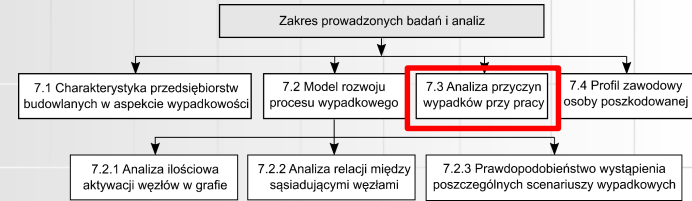
$$P = \{P_g: g = 1, \dots, 8\},$$

gdzie:

$P$  – zbiór przyczyn analizowanych wypadków,

$P_g$  – grupa rodzajowa przyczyn ( $g = 1, \dots, 8$ ).

# Analiza przyczyn wypadków przy pracy



$P_1$  – niewłaściwy stan czynnika materialnego,

$P_2$  – niewłaściwa ogólna organizacja pracy,

$P_3$  – niewłaściwa organizacja stanowiska pracy,

$P_4$  – brak odpowiednich czynników materialnych lub niewłaściwe posługiwanie się tymi czynnikami,

$P_5$  – nieużywanie sprzętu ochronnego przez pracownika,

$P_6$  – niewłaściwe samowolne zachowanie się pracownika,

$P_7$  – stan psychofizyczny pracownika niezapewniający bezpiecznego wykonania pracy,

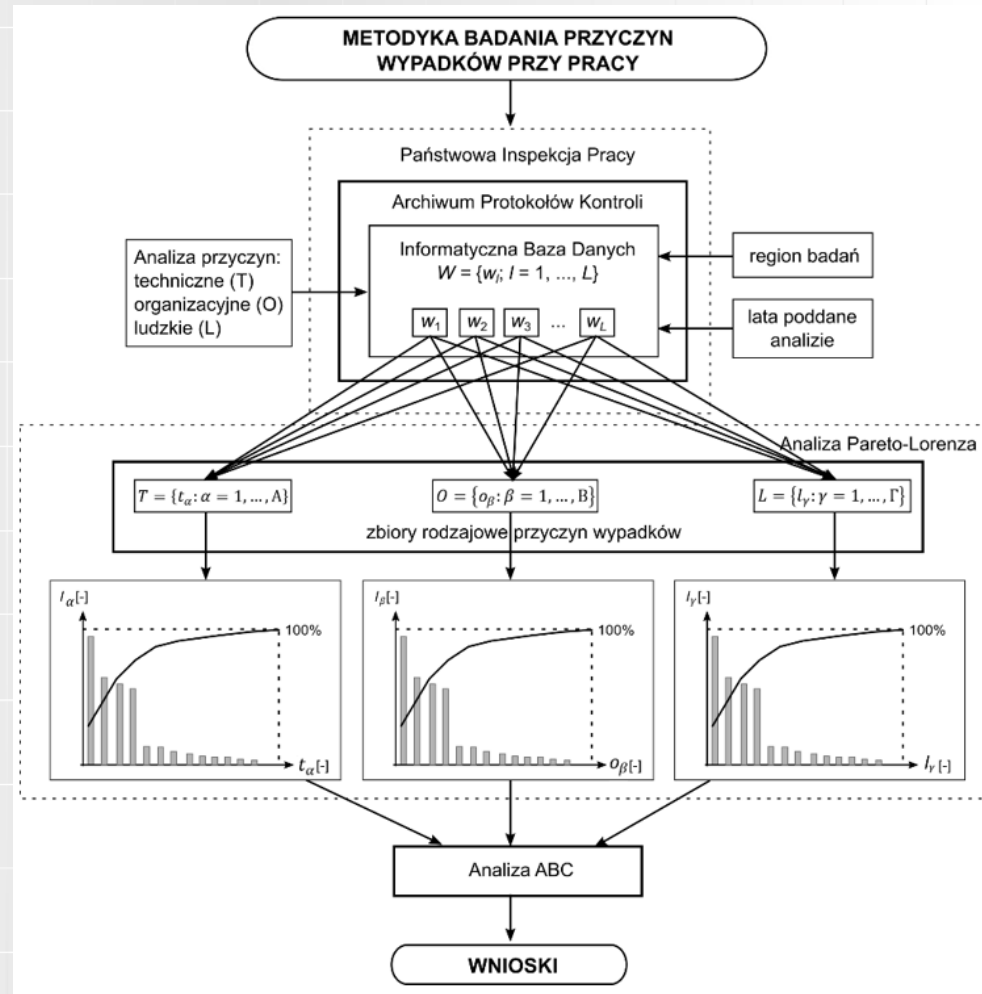
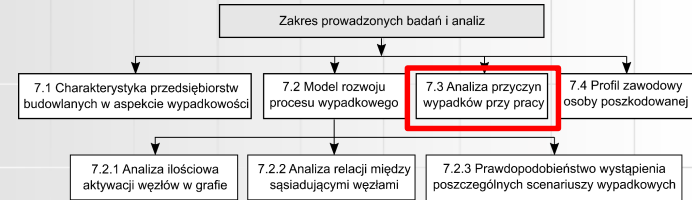
$P_8$  – nieprawidłowe zachowanie się pracownika.

# Analiza przyczyn wypadków przy pracy

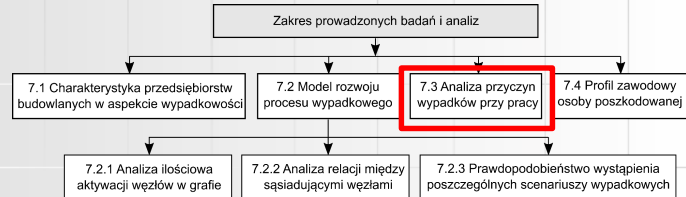
Zbiór  $P$  wszystkich przyczyn wypadków przy pracy jest sumą:

- podzbioru  $T$  stanowiącego przyczyny techniczne,
- podzbioru  $O$  stanowiącego przyczyny organizacyjne,
- podzbioru  $L$  stanowiącego przyczyny ludzkie.

$$P = T \cup O \cup L$$

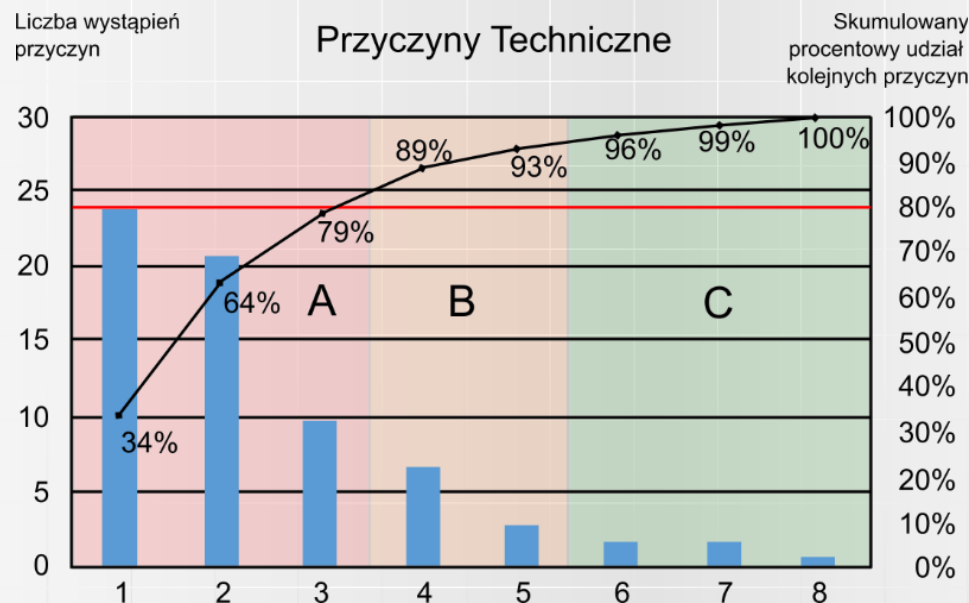


# Analiza przyczyn wypadków przy pracy



Analiza przyczyn wypadków pozwoliła na określenie ważności poszczególnych przyczyn wypadków i wyłonienie przyczyn o największym znaczeniu dla bezpieczeństwa pracy na wysokości.

Były to:

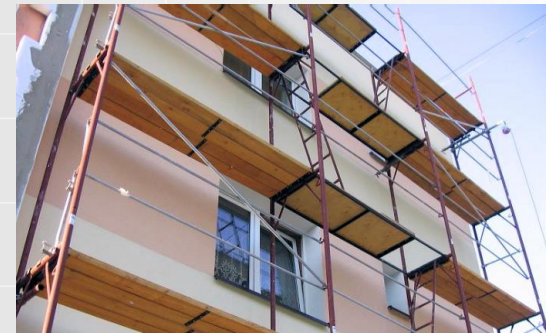
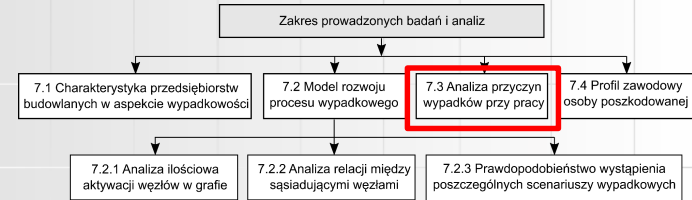


Rys. 8.20 Wykres Pareto-Lorenza dla przyczyn technicznych (opracowanie własne)

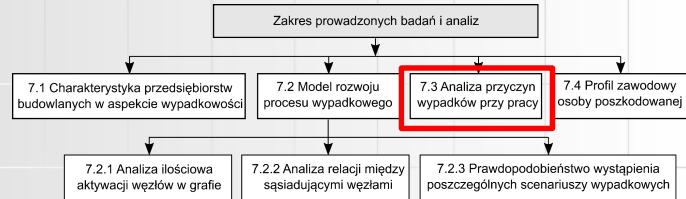
# Analiza przyczyn wypadków przy pracy

W grupie przyczyn technicznych:

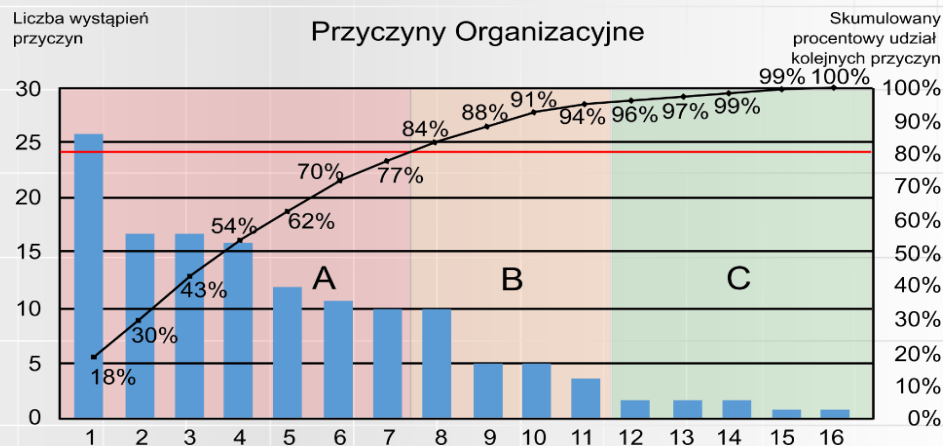
- brak lub niewłaściwe urządzenia zabezpieczające,
- brak lub niewłaściwe środki ochrony zbiorowej
- niewłaściwa struktura przestrzenna czynnika materialnego.



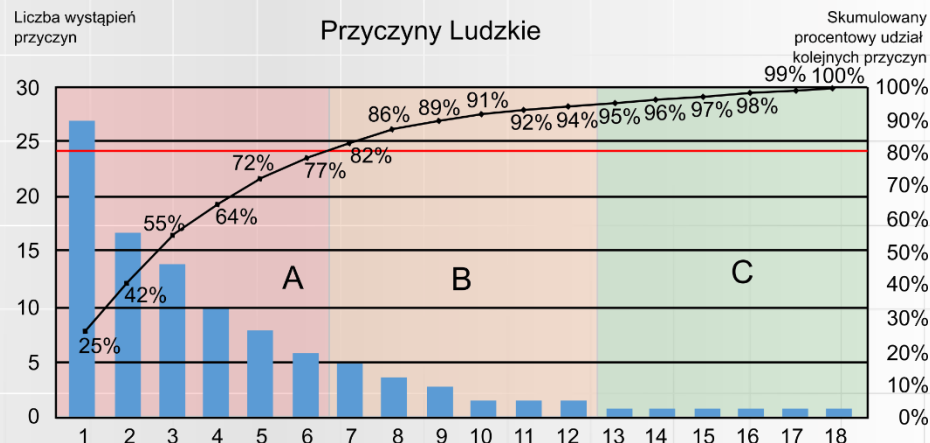
# Analiza przyczyn wypadków przy pracy



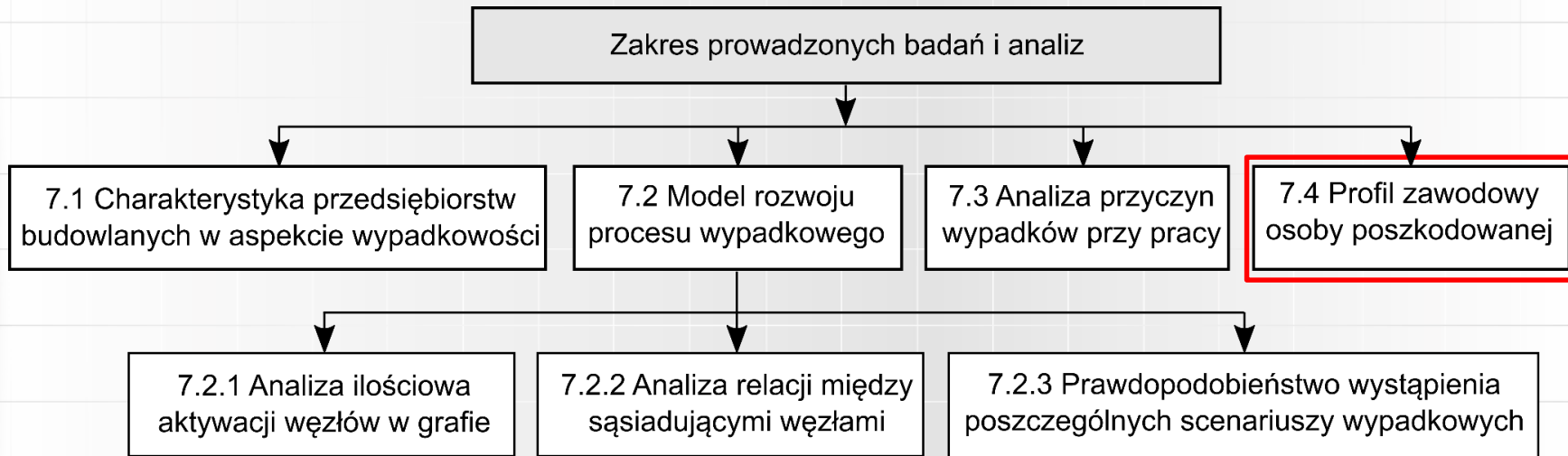
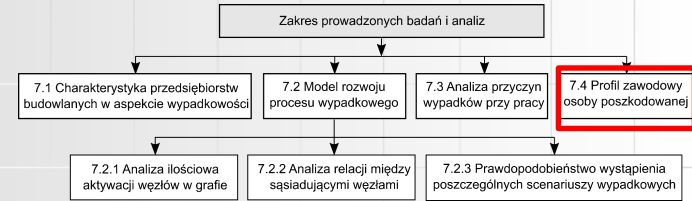
Rys. 8.21 Wykres Pareto-Lorenza dla przyczyn organizacyjnych (opracowanie własne)



Rys. 8.22 Wykres Pareto-Lorenza dla przyczyn ludzkich (opracowanie własne)



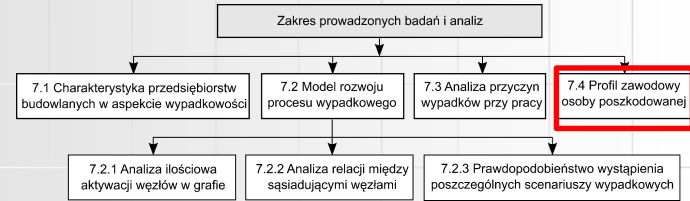
# Model rozwoju procesu wypadkowego



Rys. 7.1 Zakres prowadzonych badań i analiz (opracowanie własne)



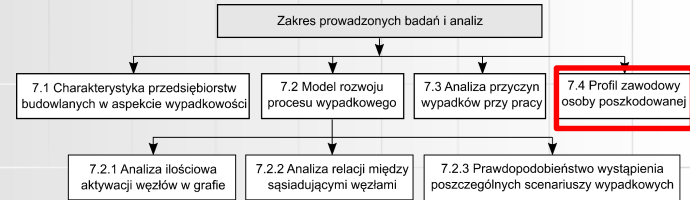
# Profil zawodowy osoby poszkodowanej



Celem badań było zdefiniowanie cech charakteryzujących osoby, które najczęściej ulegają wypadkom.



# Profil zawodowy osoby poszkodowanej



Wektor cech ogólnych każdego pracownika przedstawić można następująco:

$$o_l = [v_l, z_l, s_l, y_l, p_{1,l}, p_{2,l}, p_{3,l}, p_{4,l}], l = 1, \dots, L,$$

gdzie:

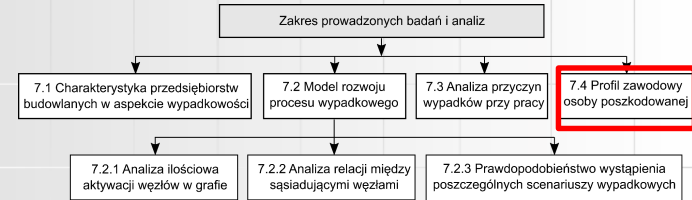
$o_l$  –  $l$ -ta osoba poszkodowana w wypadku przy pracy,

$v_l$  – forma zatrudnienia  $l$ -tej osoby poszkodowanej w wypadku przy pracy,

$z_l$  – zawód wykonywany przez  $l$ -tą osobę poszkodowaną w wypadku przy pracy,

$s_l$  – staż pracy  $l$ -tej osoby poszkodowanej w wypadku przy pracy,

# Profil zawodowy osoby poszkodowanej



$$o_l = [v_l, z_l, s_l, y_l, p_{1,l}, p_{2,l}, p_{3,l}, p_{4,l}], l = 1, \dots, L,$$

gdzie:

$y_l$  – wiek  $l$ -tej osoby poszkodowanej w wypadku przy pracy,

$p_{i,l}$  – przygotowanie do pracy  $l$ -tej osoby poszkodowanej w wypadku przy pracy, przy czym:

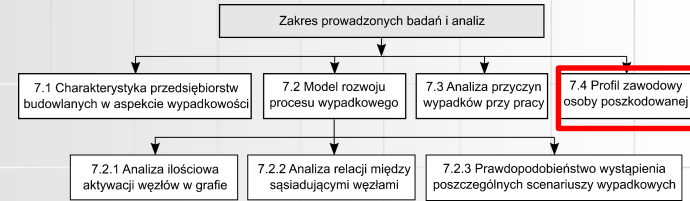
$i = 1$  oznacza instruktaż ogólny,

$i = 2$  oznacza instruktaż stanowiskowy,

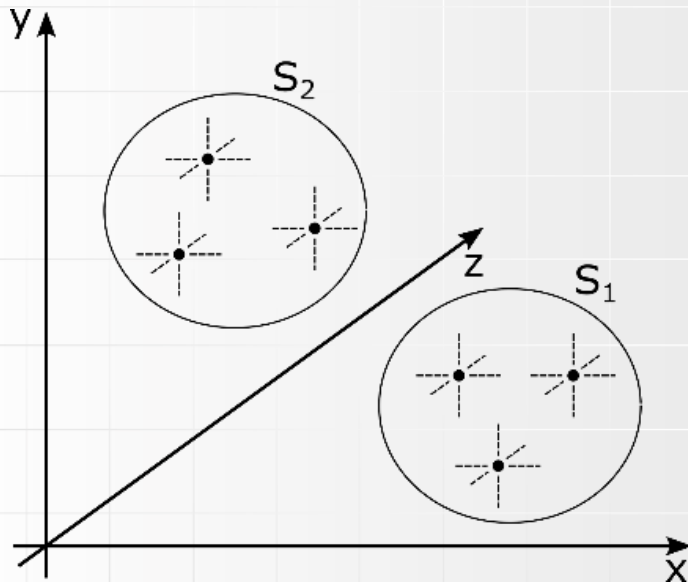
$i = 3$  oznacza szkolenie okresowe,

$i = 4$  oznacza badania lekarskie.

# Profil zawodowy osoby poszkodowanej



$$O = \begin{bmatrix} v_1 & z_1 & s_1 & y_1 & p_{1,1} & p_{2,1} & p_{3,1} & p_{4,1} \\ v_2 & z_2 & s_2 & y_2 & p_{1,2} & p_{2,2} & p_{3,2} & p_{4,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_l & z_l & s_l & y_l & p_{1,l} & p_{2,l} & p_{3,l} & p_{4,l} \\ v_L & z_L & s_L & y_L & p_{1,L} & p_{2,L} & p_{3,L} & p_{4,L} \end{bmatrix}.$$

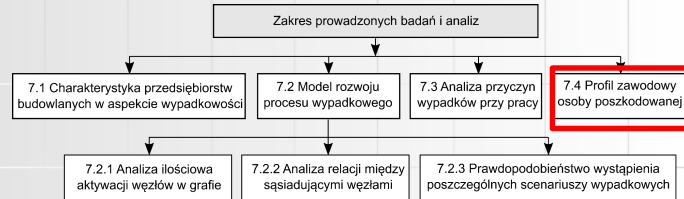


Odległość między obiektami:

$$d(x_z, x_{z+1}) = \frac{\sum_{o_l=v_l}^{p_{4,l}} \omega(z, z+1, o_l) \cdot \delta(z, z+1, o_l)}{\sum_{o_l=v_l}^{p_{4,l}} \omega(z, z+1, o_l)}$$

Rys. 7.7 Podział obiektów na skupienia w przestrzeni trójwymiarowej (opracowanie własne)

# Profil zawodowy osoby poszkodowanej



## SKUPIENIE 1 (71 osób poszkodowanych - 20%)

- Status zatrudnienia:**
- pracownik zatrudniony na czas określony
- Zawód wykonywany przez poszkodowanego:**
- robotnik budowlany robót stanu surowego

**Instruktaż ogólny:** nie

**Instruktaż stanowiskowy:** nie

**Szkolenie okresowe:** nie dotyczy

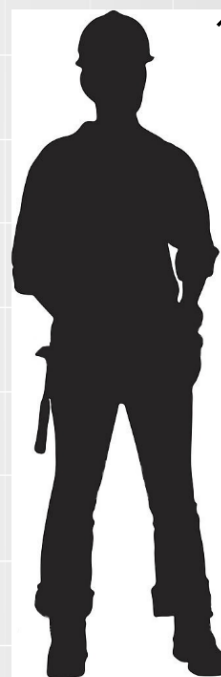
**Badanie lekarskie:** nie

**Wiek poszkodowanego:**

wartość średnia 41 lat, mediana 42 lata

**Staż pracy poszkodowanego na zajmowanym stanowisku pracy:**

wartość średnia 283 dni, mediana 8 dni



## SKUPIENIE 2 (174 osób poszkodowanych - 48%)

**Status zatrudnienia:**

- pracownik zatrudniony na czas określony

**Zawód wykonywany przez poszkodowanego:**

- robotnik budowlany robót stanu surowego

**Instruktaż ogólny:** tak

**Instruktaż stanowiskowy:** tak

**Szkolenie okresowe:** nie dotyczy

**Badanie lekarskie:** tak

**Wiek poszkodowanego:**

wartość średnia 37 lat, mediana 34 lata

**Staż pracy poszkodowanego na zajmowanym stanowisku pracy:**

wartość średnia 217 dni, mediana 90 dni

## SKUPIENIE 3 (116 osób poszkodowanych - 32%)

**Status zatrudnienia:**

- pracownik zatrudniony na czas nieokreślony

**Zawód wykonywany przez poszkodowanego:**

- robotnik budowlany robót stanu surowego

**Instruktaż ogólny:** tak

**Instruktaż stanowiskowy:** tak

**Szkolenie okresowe:** tak

**Badanie lekarskie:** tak

**Wiek poszkodowanego:**

wartość średnia 46 lat, mediana 50 lat

**Staż pracy poszkodowanego na zajmowanym stanowisku pracy:**

wartość średnia 2 318 dni, mediana 1 460 dni

Rys. 8.40 Profil zawodowy osób poszkodowanych w budownictwie (opracowanie własne)

# Podsumowanie

- Opracowany model rozwoju sytuacji wypadkowej, ze względu na jego konstrukcję oraz wsparcie w postaci Informatycznej Bazy Danych jest narzędziem, które może być zastosowane do **analizy różnych aspektów wypadkowości** w budownictwie zarówno w skali **makro** jak i **mikro**.
- Zastosowanie modelu w skali **marko** pozwala na badanie **dowolnie dużego zbioru wypadków** znajdującego się w bazie i wyciągania na tej podstawie wniosków dotyczących całego budownictwa w długich przedziałach czasu. Zastosowanie modelu w skali **mikro** pozwala na badanie wypadkowości w odniesieniu do **dowolnego podzbioru wypadków** znajdujących się w bazie.

# Podsumowanie

- Zaproponowany w pracy **model rozwoju sytuacji wypadkowej w budownictwie oraz metodyki analizy i oceny ważności poszczególnych przyczyn wypadków i definiowania profilu zawodowego pracownika ulegającego najczęściej wypadkom** mogą mieć duże znaczenie dla praktyki budowlanej.

Znajomość przyczyn wypadków pozwoli odpowiednio formułować lub modyfikować przepisy prawa pracy, a także właściwie ukierunkować działania prewencyjne oraz szkolenia w zakresie bezpieczeństwa pracy, co z pewnością wpłynie na zmniejszenie liczby wypadków przy pracy w polskim budownictwie.



Politechnika  
Wroclawska

# Otwarte zebranie Sekcji Inżynierii Przedsięwzięć Budowlanych Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN

- 28.06.2018 -



## Modelowanie rozwoju sytuacji wypadkowej w budownictwie



dr inż. Mariusz Szóstak



Zakład Technologii i Zarządzania w Budownictwie

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Politechnika Wroclawska



HR EXCELLENCE IN RESEARCH