

dr inż. Jerzy Obolewicz^{a)*}

^{a)} Politechnika Białostocka / Białystok University of Technology

*Autor korespondencyjny / Corresponding author: j.obolewicz@pb.edu.pl

Wykorzystanie analizy wielokryterialnej do diagnozy stanu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia na budowie

The Use of Multi-Criteria Analysis for the Diagnosis of the State of Work Safety and Health Protection at Construction Sites

Использование многокритериального анализа для диагностики безопасности труда и охраны здоровья на строительной площадке

ABSTRAKT

Cel: Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia na budowie (BIOZ) zależą od wielu czynników. Są one zróżnicowane i często trudne do ustalenia, gdyż różnią się w zależności od zastosowanych technologii, a także organizacji i metod prowadzenia prac budowlanych. Celem artykułu jest przybliżenie czytelnikom zasad stosowania analizy wielokryterialnej w budownictwie na przykładzie metody DEMATEL przeznaczonej do diagnozy stanu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia.

Projekt i metody: Artykuł został opracowany w oparciu o literaturę naukową oraz posiadaną wiedzę i wyniki badań własnych autora. Do określenia bezpośrednich zależności pomiędzy czynnikami mającymi wpływ na bezpieczeństwo i ochronę zdrowia w ujęciu przyczynowo-skutkowym wykorzystano wyniki badań ankietowych przeprowadzonych wśród kierownictwa budów w ramach projektu badawczego Narodowego Centrum Nauki nr N N115 347038 (2010–2013) pt. „Identyfikacja stanu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskich przedsiębiorstwach budowlanych po wejściu do UE i zaprojektowanie modelu zarządzania bioz spełniającego europejskie kryteria jakościowe, ochrony środowiska, ergonomii i ochrony pracy”. Na ich podstawie zastosowano metodę DEMATEL.

Wyniki: Istnieje wiele sposobów identyfikacji czynników wpływających na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. W artykule zaproponowano wykorzystanie metody DEMATEL, która znalazła zastosowanie w rozwiązywaniu złożonych zagadnień, w tym także w budownictwie. Wykorzystanie metody DEMATEL do identyfikacji czynników mających wpływ na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na budowie na szczeblu kierownictwa budowy i ustalenie zależności przyczynowo-skutkowych pozwoliły na utworzenie mapy znaczenia (relacji), na podstawie której można było stwierdzić, które z analizowanych czynników były dominujące i wymagały szczególnej uwagi w dalszym postępowaniu.

Wnioski: Podczas realizacji procesu budowlanego występują różnorodne czynniki mogące stanowić zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia pracowników budowy. W związku z tym czynniki te należy identyfikować, na przykład za pomocą badań ankietowych lub poprzez wykorzystanie wiedzy pozyskanej od ekspertów. W dalszej kolejności należy stosować metody badań operacyjnych, które dzięki użytym modelom matematycznym oraz ustalonym kryteriom, pozwalają oceniać możliwe decyzje oraz poszukiwać decyzji optymalnej.

Słowa kluczowe: budownictwo, bezpieczeństwo i ochrona zdrowia, analiza wielokryterialna

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Przyjęty: 21.11.2016; Zrecenzowany: 24.05.2017; Opublikowany: 30.06.2017;

Proszę cytować: BiTP Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 28–40, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.2;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-NC-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

ABSTRACT

Objective: Work safety and health protection at construction sites (WSHP) depends on many factors. They are varied and difficult to identify, as they vary between the applied technologies, and the organisation and methods of work. This paper aims to familiarise the readers with the rules of applying multi-criteria analysis in construction as exemplified by the DEMATEL method, which is designed to diagnose the state of work safety and health protection.

Design and Methods: This paper is based on research literature and the author's own knowledge and research findings. In order to determine the direct relationships between the factors affecting work safety and health protection in terms of cause and effect, the paper uses the results of National Science Centre research project, N N115 347038 (2010-2013), involving a survey conducted among construction managers, on "The identification of the state of work safety and health protection within Poland's construction industry following entry into the EU and the design of an WSHP management model meeting the European qualitative, environmental, ergonomics and labour protection criteria". They served as the basis for the use of the DEMATEL method.

Results: There are many ways to identify factors that affect the level of work safety and health protection. The paper proposes the use of the DEMATEL method, employed extensively for solving complex problems, including in the construction industry. The use of the DEMATEL method to identify factors affecting the level of work safety and health protection at construction sites and to determine the causal relationship has made it possible to create a map of significance (relations) that can be used to determine which factors were dominant and required special focus when performing further action.

Conclusions: Many factors occur during the construction process which may pose a threat to the health and even life of the construction workers. These can be identified, for instance, by questionnaire surveys or expert knowledge. This should be followed by operational research methods, which, via set criteria and applied mathematical models, enable the evaluation of decisions so as to ascertain the optimum decision.

Keywords: construction site, work safety and health protection, multi-criteria analysis

Type of article: original scientific article

Received: 21.11.2016; Reviewed: 24.05.2017; Published: 30.06.2017;

Please cite as: *BiTP* Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 28–40, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.2;

This is an open access article under the CC BY-NC-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

АННОТАЦИЯ

Цель: Безопасность и защита здоровья на строительной площадке (BIOZ) зависят от многих факторов. Эти факторы разнообразны и часто сложны для определения, так как они зависят, кроме всего прочего, от используемой технологии, организации и методов проведения строительных работ. Целью статьи является ознакомление читателей с принципами применения методов многокритериального анализа в строительстве на примере метода DEMATEL, предназначенного для определения состояния безопасности труда и охраны здоровья.

Проект и методы: Статья написана на основе научной литературы, а также знаний и результатов собственных исследований автора. Для определения прямой связи между факторами, имеющими причинно-следственную связь и влияющими на безопасность и охрану здоровья, были использованы результаты опроса, проведенного среди руководителей строительных площадок в рамках научно-исследовательского проекта Национального центра науки № N N115 347038 (2010-2013) под названием „Идентификация состояния безопасности труда и охраны здоровья в польских строительных компаниях после входа в ЕС, а также проектировка модели управления bioz, соответствующей европейским критериям качества по защите окружающей среды, эргономики и охране труда". На их основе использовался метод DEMATEL.

Результаты: Существует много способов определения факторов, влияющих на уровень безопасности и охраны здоровья. В статье предлагается использование метода DEMATEL, который неоднократно использовался для устранения сложных вопросов, в том числе и в строительной отрасли. Применение DEMATEL с целью определения факторов, влияющих на уровень безопасности и охраны здоровья на строительных площадках на уровне управляющих строительством и установление причинно-следственных связей, помогло создать смысловую карту (карту связей), на основе которой можно было определить, какие из анализируемых факторов были доминирующие и требовали особого внимания в дальнейших этапах работы.

Выводы: Во время реализации строительного процесса присутствуют разные факторы, которые могут представлять опасность для здоровья и даже для жизни рабочих. Именно поэтому их необходимо определять, например, посредством опросов или пользоваться знаниями экспертов. На следующих стадиях необходимо использовать методы оперативных исследований. Они позволяют оценить решения на основе установленных критериев с помощью математических моделей и найти оптимальное решение.

Ключевые слова: строительство, безопасность и охрана здоровья, многокритериальный анализ

Вид статьи: оригинальная научная статья

Принята: 21.11.2016; Рецензирована: 24.05.2017; Опубликована: 30.06.2017;

Просим ссылаться на статью следующим образом: *BiTP* Vol. 46 Issue 2, 2017, pp. 28–40, doi: 10.12845/bitp.46.2.2017.2;

Настоящая статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Wprowadzenie

Do połowy lat 90. bezpieczeństwo pracy w budownictwie kojarzono przede wszystkim z techniką, stanem wyposażenia i poziomem dostosowania warunków pracy do możliwości człowieka. Najczęściej pracodawcy podejmowali w tej kwestii wyłącznie działania niezbędne do spełnienia wymagań obowiązujących przepisów prawnych – tzw. warunków bezpieczeństwa i higieny pracy (popularne BHP). Podejście to zmieniło się po wejściu Polski do Unii Europejskiej, wraz z dostosowywaniem polskiego prawa w dziedzinie BHP do prawa unijnego.

Obecnie zagadnienia bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w sposób kompleksowy regulują dyrektywy UE, które określają zadania pracodawców i pracowników oraz sposób ich realizacji [1]. Zapisy tej dyrektywy zostały wprowadzone do polskiego systemu prawnego [2–5].

Ustawa Prawo budowlane [6] normuje działalność budowlaną w obszarze projektowania, budowy, utrzymania i rozbioru obiektów budowlanych oraz określa zasady działania organów administracji publicznej w tych dziedzinach. Każdy obiekt budowlany powstaje w procesie inwestycyjnym, który jest ciągiem skoordynowanych czynności o charakterze technicznym, prawnym, technologicznym, organizacyjnym, finansowym, obejmującym przygotowanie, realizację i eksploatację planowanej inwestycji budowlanej w bezpieczny sposób, w określonym czasie i przy ograniczonych zasobach finansowych. Wszyscy uczestnicy procesu inwestycyjnego odpowiadają za bezpieczeństwo i ochronę zdrowia, każdy we własnym, określonym prawnie zakresie.

Współcześnie bezpieczeństwo i ochrona zdrowia to jedno z zasadniczych zagadnień nurtujących budownictwo, które wymaga systematycznych działań obejmujących identyfikację zagrożeń zdrowia i życia pracowników budowlanych podczas wykonywania robót na budowie. Jest to szczególnie ważne, ponieważ właśnie na budowie do wypadków dochodzi najczęściej [7].

Do diagnozy stanu bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia (BIOZ) na etapie realizacji inwestycji (na budowie) wykorzystano metodę DEMATEL. Metoda ta została opracowana przez E. Fonela i A. Gabusa w latach 70. XX wieku w Szwajcarii. Była zastosowana do rozwiązywania złożonych zagadnień, w tym związków przyczynowo-skutkowych. W obecnych czasach stosuje się ją także w budowlanym procesie inwestycyjnym [8] na etapie projektowania [9], realizacji i eksploatacji obiektów budowlanych [10].

Analiza zależności pomiędzy czynnikami wpływającymi na stan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na poziomie kierownictwa budowy

Procedura zastosowania metody DEMATEL obejmuje kilka etapów. W literaturze tematu można odnaleźć je w publikacjach krajowych oraz zagranicznych. Wykorzystując przegląd opracowany przez M. Dytczaka [10], sporządzono algorytm złożony z pięciu faz:

- identyfikacja czynników mających wpływ na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia budowy,

Background

Until mid-1990s, construction work safety was mostly associated with technology, equipment and the level of adjusting working conditions to suit workers' capabilities. Most employers, however, limited themselves to measures essential for meeting the applicable legal regulations, the so-called occupational safety and health rules (OSH). This approach changed after Poland's accession to the European Union, and as a result of adjusting Polish OSH law to EU law.

Currently, the issues of safety and health are specified in detail in EU directives specifying the responsibilities of employers and employees and the manner of fulfilling them [1]. The provisions of this directive have been introduced to the Polish legal system [2–5].

The Construction Law Act [6] regulates construction activities in the field of design, construction, maintenance and demolition of construction facilities, and it specifies the rules of operation of public administration bodies in these areas. Each construction facility is created based on a project which involves a series of coordinated technical, legal, technological, organisational and financial operations. These include the preparation, implementation and use of the planned construction project in a safe manner, in a specified time window and with limited financial resources. All the participants in the project implementation process are responsible for safety and health protection, each to its own extent specified by law.

Today, safety and health protection is one of the key issues in construction, requiring systematic action, including the identification of threats to the health and life of construction workers on site. This is particularly essential as accidents still occur most frequently at construction sites [7].

For diagnosing the state of work safety and health protection (WSHP) at the project implementation stage (at construction sites), the DEMATEL method was used. The method was developed in the 1970s, in Switzerland, by E. Fonel and A. Gabus, for gaining solutions to complex issues, including cause-and-effect relationships. Nowadays, it is also used in construction projects [8] at the construction facility design [9], implementation and use [10] stages.

The analysis of correlations between factors impacting on the state of safety and health at the construction site management level

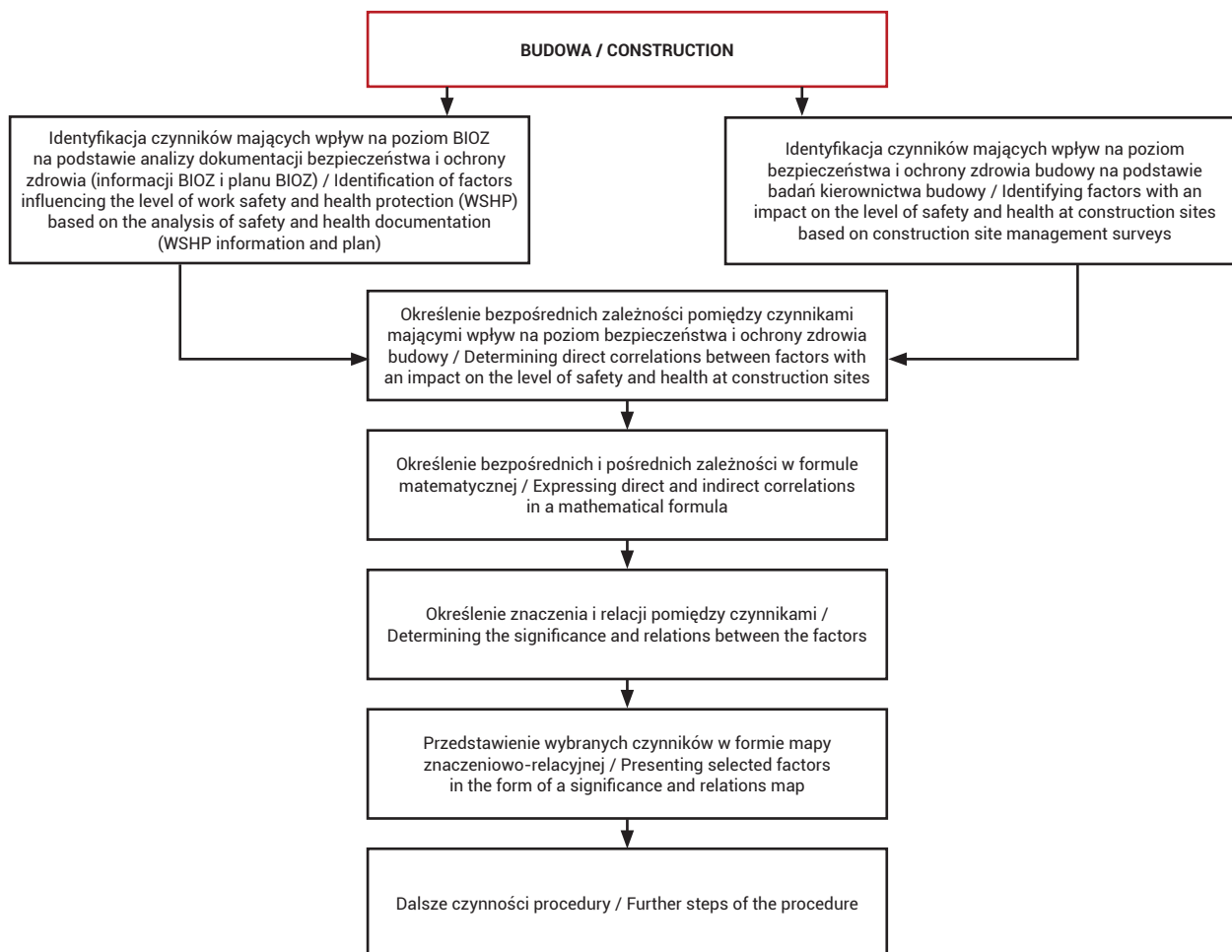
The procedure for applying the DEMATEL method consists of several stages, discussed in Polish and foreign publications on the issue. Based on the review prepared by M. Dytczak [10], an algorithm consisting of five stages was developed:

- identifying factors with an impact on the level of safety and health at construction sites,

- określenie bezpośrednich zależności pomiędzy czynnikami,
- określenie bezpośrednich i pośrednich zależności w formule matematycznej,
- określenie znaczenia i relacji pomiędzy czynnikami,
- budowa mapy charakteru wybranych czynników w formie dwuwymiarowej przestrzeni znaczeniowo-relacyjnej.

Schemat procedury przedstawiono na rycinie 1.

- determining direct correlations between these factors,
 - expressing direct and indirect correlations in a mathematical formula,
 - determining the significance and relations between the factors,
 - creating a map presenting the nature of selected factors in the form of two-dimensional significance and relations space.
- The flowchart for the procedure is presented on Figure 1.



Rycina 1. Schemat procedury przebiegu analizy zależności pomiędzy czynnikami wpływającymi na stan bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na poziomie kierownictwa budowy

Figure 1. The flowchart for the analysis procedure of correlations between factors impacting on the state of safety and health at the construction site management level

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Identyfikacja czynników mających wpływ na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na budowie

Algorytm procedury zastosowania metody DEMATEL rozpoczyna identyfikacja czynników mających wpływ na poziom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ). Czynniki te określono na podstawie wyników badań projektu badawczego nr N N115 347038, 2010–2013 [11].

Identifying factors with an impact on the level of safety and health at construction sites

The algorithm for the procedure of applying the DEMATEL method starts with the identification of factors influencing the level of work safety and health protection (WSHP). The factors were specified on the basis of the results of research project No. N N115 347038, 2010–2013 [11].

RESEARCH AND DEVELOPMENT

Projekt ten obejmował grupę 350 pracowników budowlanych. Wśród respondentów 300-osobową grupę badawczą stanowili robotnicy budowlani, a 50-osobową członkowie kierownictwa budów. W ramach projektu badawczego opracowano kwestionariusz ankietowy dla członków kierownictwa budowy, który obejmował zagadnienia związane ze zrozumieniem polityki BIOZ ustanowionej przez kierownictwo przedsiębiorstwa, zrozumieniem celu ogólnego i zobowiązań z niego wynikających dla kierownictwa budów i innych działów przedsiębiorstwa oraz zagadnienia związane z określeniem i realizacją celów szczegółowych dotyczących ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy na budowach, szkolenia pracowników budowlanych i odpowiedzialności za poszczególne działania. Badania przeprowadzono wśród 50 przedstawicieli ścisłego kierownictwa budów. Zestawienie zagadnień badawczych przedstawiono w tabeli 1. Dla poszczególnych zagadnień ankietowani przedstawiciele kierownictwa budów (kierownicy budów, kierownicy robót, inżynierowie budów) przypisywali wartości od 1 do 10 punktów według następujących założeń: 1 – występuje sporadycznie, 5 – często występuje, 10 – zawsze występuje. Zagadnieniem przypisano również wagę znaczeniową, gdzie wartość 1 oznaczała niewielkie znaczenie (mało istotne) danego zagadnienia, natomiast 4 oznaczała istotne znaczenie dla bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Wagi mogły się powtarzać.

The project included a group of 350 construction workers. 300 respondents were construction operatives, and 50 were managers. Within the research project, a survey questionnaire was developed for construction managers, which included issues associated with understanding the WSHP policy established by company management, the awareness of the general objective and the resulting obligations of construction site management members and other company divisions. It also concerned matters related to specifying and implementing detailed objectives related to occupational risk in construction work, and in training construction workers, as well as the held responsibility for specific measures. The survey was carried out among 50 high-level construction managers. Research issues are presented in Table 1. The surveyed construction site management representatives (site managers, works managers, site engineers) assigned values from 1 to 10 points to particular issues according to the following scale: 1 – occurs rarely, 5 – occurs often, 10 – always occurs. The issues were also assigned specific significance, with 1 meaning low significance of a given issue, and 4 – high significance for safety and health. The values could be repeated.

Tabela 1. Zestawienie zagadnień ankietowych opracowanych dla kierownictwa budów

Table 1. Summary of survey questions developed for the management of construction projects

Lp. / No.	Czynniki decydujące o poziomie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ) na poziomie kierownictwa budowy / Factors determining the level of work safety and health protection (WSHP) at the construction site management level	Symbol
1.	Widoczne zaangażowanie kierownictwa budowy w problematykę BIOZ / Noticeable involvement of construction site management in WSHP issues	A1
2.	Jasno określone i mierzalne cele ogólne i szczegółowe dla budowy w obszarze BIOZ / Clearly defined and measurable general and specific construction project objectives in the field of WSHP	A2
3.	Opracowane plany osiągnięcia celów BIOZ na budowie, które zawierały zadania, terminy, odpowiedzialność i środki na realizację działań / Plans developed for WSHP objectives on the construction site, with tasks, dates, division of responsibilities and resources for the implementation of tasks	A3
4.	Wybrany przedstawiciel kierownictwa budowy odpowiedzialny za utrzymanie poziomu BIOZ na budowie / Construction site management representative selected to be responsible for maintaining WSHP on the construction site	A4
5.	Opracowana polityka BIOZ budowy na piśmie / WSHP policy for the construction site prepared in writing	A5
6.	Widoczne zaangażowanie członków kierownictwa budowy w utrzymanie poziomu BIOZ na budowie / Noticeable involvement of construction site management members in maintaining WSHP at the construction site	A6
7.	Jasno określone procedury dotyczące szkoleń w obszarze BIOZ i dostosowane programy szkoleniowe do potrzeb poszczególnych grup pracowniczych / Clearly defined procedures for WSHP training courses and adjusting training programmes to the needs of specific employee groups	A7
8.	Istniejący system komunikacji wewnętrznej na budowie obejmujący obszar BIOZ / Site communication systems in place covering WSHP	A8
9.	Istniejący system BIOZ komunikacji budowy z instytucjami z poza budowy / WSHP system in place for communication between the site and external institutions	A9
10.	Istniejący system dokumentowania i nadzoru nad dokumentacją dotyczącą BIOZ / System for WSHP documenting and documentation supervision in place	A10
11.	Istniejąca procedura identyfikacji zagrożeń i ocena ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy budowy / Procedure for the identification of occupational hazards and risk assessment for construction site workplaces	A11
12.	Nadzorowanie działań związanych ze znaczącymi zagrożeniami dla zdrowia i życia człowieka w środowisku pracy na budowie / Supervising measures associated with significant hazards to life or health in the construction site working environment	A12
13.	Istniejący system na budowie służący zapobieganiu, gotowości i reagowaniu na wypadki przy pracy i poważne awarie / System in place to prevent, be prepared for and respond to accidents at work or to major failures	A13

14.	Nadzorowanie materiałów dostarczonych na budowie pod kątem BIOZ / Supervising materials supplied to the construction site with regard to WSHP	A14
15.	Ocena podwykonawców w aspekcie warunków BIOZ na budowie / Evaluating subcontractors in terms of WSHP conditions at the construction site	A15
16.	Monitorowanie stanu BIOZ na budowie / Monitoring the state of WSHP at the construction site	A16
17.	Przeprowadzanie audytów wewnętrznych BIOZ na budowie / Conducting WSHP external audits at the construction site	A17
18.	Istniejące, ustanowione procedury realizacji działań korygujących i zapobiegawczych wynikające z monitorowania, audytów i przeglądów BIOZ / Procedures in place for corrective and preventive measures resulting from WSHP monitoring, audits and inspections	A18
19.	Przeprowadzane przeglądy BIOZ na budowie przez przedstawicieli kierownictwa budowy / Management representatives conducting WSHP inspections at the construction site	A19
20.	Zgodność sposobu zorganizowania i prowadzenia budowy z przepisami BHP / Compliance of the construction organisation and execution with OSH regulations	A20
21.	Koordinowanie przez kierownika budowy planowanych zadań zapobiegających zagrożeniom BIOZ / Site manager's coordination of tasks planned to prevent WSHP hazards	A21
22.	Koordinowanie przez kierownika budowy działań zapewniających przestrzeganie zasad BIOZ zawartych w przepisach oraz w planie BIOZ / Site manager's coordination of measures to ensure the following of WSHP rules included within the relevant regulations and in the WSHP plan	A22
23.	Wprowadzanie przez kierownika budowy niezbędnych zmian w informacji BIOZ oraz w planie BIOZ wynikających z postępu wykonywanych robót oraz odstępstw od przyjętego projektu organizacji robót i harmonogramu robót budowlanych / Site manager's introduction of the required changes in WSHP information and plan resulting from progress of works and departures from the adopted site management plan and construction works schedule	A23

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Uregulowania prawne [2, 6], literatura tematyczna [13–19], doświadczenia autora z praktyki budowlanej oraz wyniki badań ankietowych pozwoliły określić zależności pomiędzy czynnikami decydującymi o poziomie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (BIOZ) na poziomie kierownictwa budowy.

Określenie bezpośrednich zależności pomiędzy czynnikami

Po określeniu czynników w kolejnym etapie zastosowania metody DEMATEL dokonano identyfikacji występujących między nimi bezpośrednich zależności. Etap ten polega na porównywaniu czynników parami i określeniu łączących ich bezpośrednich relacji za pomocą odpowiedniej skali punktowej. W wyniku wykonania wszystkich kolejnych porównań każdej z par uzyskano tzw. macierz bezpośrednich relacji. Macierz ta miała wymiar równy liczbie analizowanych czynników (elementów). Bezpośrednie wartości macierzy odzwierciedlały bezpośredni wpływ jednego elementu na drugi. Elementy nie oddziaływały same na siebie, a wszystkie wielkości na głównej przekątnej były zerowe.

W tabeli 2 przedstawiono bezpośrednie zależności pomiędzy czynnikami w skali 0–4, w następującym układzie: 0 – brak bezpośredniego wpływu jednego czynnika na drugi, 1 – mały wpływ, 2 – średni wpływ, 3 – duży wpływ, 4 – bardzo duży wpływ.

Legal regulations [2, 6], the literature on the subject [13–19], the author's experience related to construction practice and questionnaire survey results made it possible to define correlations between factors determining the level of work safety and health protection (WSHP) at the construction site management level.

Determining direct correlations between these factors

After identifying factors, the next stage of applying the DEMATEL method is to specify direct correlations between these. This stage consisted of comparing the factors as pairs and defining the direct relations between these by way of applying a suitable scale. As a result of the successive comparisons of each pair, a so-called matrix of direct relations was generated. The matrix dimensions were equal to the number of the analysed factors (elements), and direct matrix values reflected the direct influence of one element on the other. The elements did not influence each other, and all values on the main diagonal amounted to zero.

Table 2 presents the direct correlations between factors on a scale from 0 to 4 based on the following arrangement: 0 – no direct impact of one factor on the other 1 – low impact, 2 – moderate impact, 3 – high impact, 4 – very high impact.

Na przykład na zaangażowanie kierownictwa budowy w bezpieczeństwo i ochronę zdrowia duży wpływ wywiera przedstawiciel kierownictwa budowy odpowiedzialny za utrzymanie właściwego poziomu BIOZ na budowie.

For instance, the involvement of construction site management in safety and health is largely influenced by the representative of construction site management responsible for maintaining the required WSHP level on site.

Tabela 2. Macierz bezpośrednich relacji M

Table 2. M matrix of direct relations

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	SUMA / SUM	
A1	0	0	0	4	0	5	0	0	0	0	0	4	2	2	4	4	4	0	3	0	4	0	4	40	
A2	1	0	4	0	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	16
A3	0	4	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	16
A4	4	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	4	4	0	4	4	4	0	0	0	4	0	0	0	33
A5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	7
A6	4	0	4	0	2	0	3	0	0	0	0	4	4	4	3	4	0	0	3	0	4	0	0	0	39
A7	3	3	4	0	2	1	0	0	0	4	0	4	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
A8	4	1	4	0	2	0	4	0	0	0	0	0	4	1	4	1	0	4	0	0	0	0	0	0	29
A9	2	1	4	0	2	0	4	4	0	0	0	0	4	1	4	1	0	4	0	0	0	0	4	4	35
A10	4	1	4	0	1	0	4	4	0	0	0	0	4	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	28
A11	2	3	4	0	1	0	4	4	0	4	0	0	4	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	33
A12	4	4	4	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	4	0	0	29
A13	4	0	4	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	4	0	1	4	0	0	0	4	4	4	33
A14	3	0	4	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	15
A15	4	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	4	4	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	25
A16	3	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	20
A17	4	4	4	0	0	0	4	4	0	0	0	4	3	0	0	4	0	0	4	0	0	0	3	0	38
A18	4	4	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	1	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	25
A19	4	4	0	0	0	0	4	4	0	4	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
A20	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	16
A21	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	20
A22	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	4	0	3	0	0	0	4	0	4	0	30
A23	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	13	
SUMA / SUM	73	46	60	4	15	6	41	28	0	27	0	32	54	17	51	41	16	16	12	4	21	12	19		

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Określenie bezpośrednich i pośrednich zależności w formule matematycznej

Kolejne działanie w procedurze postępowania polegało na określeniu pośrednich powiązań pomiędzy poszczególnymi czynnikami. Osiągnięto to poprzez normalizację macierzy M, która polegała na podzieleniu elementów macierzy bezpośrednich relacji M przez najwyższą wartość sumy wierszowej. Uzyskano w ten sposób macierz M' (tabela 3), dzięki której można było wyznaczyć macierz ostateczną określaną mianem macierzy pośrednich i bezpośrednich relacji N. Macierz ta wyznaczana była według następującej formuły matematycznej:

$$N = M'(I - M')^{-1}, \text{ gdzie } I \text{ oznacza macierz jednostkową.}$$

Bezpośrednie i pośrednie relacje w formule matematycznej (N) przedstawiono w tabeli 4.

Expressing direct and indirect correlations in a mathematical formula

Another measure under the procedure consisted of defining indirect relations between the factors. This was achieved by the normalisation of the M matrix, i.e. dividing elements of the M matrix of direct relations by the highest row total. The obtained M' matrix (Table 3), can be with the used to determine the final matrix, referred to as the N matrix of direct and indirect relations. The matrix was calculated according to the following mathematical formula:

$$N = M'(I - M')^{-1}, \text{ where } I \text{ means an identity matrix.}$$

Direct and indirect relations expressed via mathematical formula (N) are presented in Table 4.

Tabela 3. Macierz M' bezpośrednich relacji po normalizacji

Table 3. M' matrix of direct relations after normalisation

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23
A1	0	0	0	0,1	0	0,125	0	0	0	0	0	0,1	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1	0	0,075	0	0,1	0	0,1
A2	0,025	0	0,1	0	0,075	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,1	0	0	0,05	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0
A4	0,1	0	0,1	0	0	0	0,025	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0
A5	0,075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0
A6	0,1	0	0,1	0	0,05	0	0,075	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,075	0,1	0	0	0,075	0	0,1	0	0
A7	0,075	0,075	0,1	0	0,05	0,025	0	0	0	0,1	0	0,1	0,075	0,05	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,1	0,025	0,1	0	0,05	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,025	0,1	0,025	0	0,1	0	0	0	0	0
A9	0,05	0,025	0,1	0	0,05	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,025	0,1	0,025	0	0,1	0	0	0	0	0,1
A10	0,1	0,025	0,1	0	0,025	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,025	0,1	0,025	0	0	0	0	0	0	0
A11	0,05	0,075	0,1	0	0,025	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,05	0,1	0,025	0	0	0	0	0	0	0
A12	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,025	0	0	0	0	0	0,1	0
A13	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,025	0,1	0	0	0	0,1	0,1
A14	0,075	0	0,1	0	0	0	0,025	0	0	0,075	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0
A15	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0	0	0,05	0	0	0	0	0,075	0	0
A16	0,075	0,075	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0
A17	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0,075	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,075
A18	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,05	0,025	0	0,1	0	0	0,05	0	0	0	0
A19	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,025	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A20	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0
A21	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0
A22	0,1	0,075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0,075	0	0	0	0,1	0	0,1
A23	0,1	0,075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0,1	0

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Tabela 4. Macierz N bezpośrednich i pośrednich relacji

Table 4. N matrix of direct and indirect relationships

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	Σ R _i
A1	0,228084664	0,140922275	0,191858701	0,122808466	0,039811927	0,156272785	0,110488096	0,08166642	0	0,089138262	0	0,227955902	0,209746486	0,102084621	0,249308911	0,227489927	0,167582378	0,033122483	0,122241171	0,018500824	0,185008242	0,060005473	0,162352341	2,926450358
A2	0,086807573	0,043554675	0,156333572	0,008680757	0,092623677	0,011596299	0,029814091	0,024174494	0	0,130441723	0	0,02444159	0,051749428	0,01799721	0,050547284	0,129060708	0,0244444701	0,01685476	0,010667498	0,002324438	0,023244379	0,009280815	0,016617134	0,961259008
A3	0,074886168	0,136200049	0,068933611	0,007488617	0,071225371	0,010387302	0,041061258	0,033819015	0	0,132012338	0	0,02947337	0,149961023	0,013760977	0,054203292	0,038129348	0,017338981	0,025500541	0,009404435	0,006884086	0,068840859	0,020527226	0,025837865	1,035875733
A4	0,273323743	0,123471849	0,254142664	0,027332374	0,034939694	0,036953672	0,111528159	0,071578673	0	0,078768879	0	0,205629376	0,231422993	0,038294782	0,228924703	0,194631884	0,159098158	0,033794136	0,040870329	0,016868251	0,168682509	0,050450445	0,06745208	2,448156353

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	Σ R _i
A5	0,112649921	0,0282825513	0,035063816	0,011264992	0,006617532	0,014660988	0,023189915	0,010008874	0	0,014088696	0	0,023174122	0,029330372	0,013575476	0,027716803	0,033761243	0,017015865	0,104595678	0,016479689	0,001837619	0,018376195	0,006866537	0,016160873	0,564690337
A6	0,287327105	0,125562274	0,262090273	0,02873271	0,088694248	0,040012829	0,163877645	0,070532528	0	0,09805653	0	0,201390206	0,237214899	0,144326716	0,213154555	0,197369537	0,061028129	0,039644167	0,107635516	0,01697048	0,169704798	0,050064284	0,062037739	2,665427168
A7	0,216289258	0,156556294	0,234526868	0,021628926	0,087339201	0,053927872	0,075668603	0,059756293	0	0,176139904	0	0,171567676	0,184156348	0,081554342	0,207579207	0,083811431	0,039797696	0,033125084	0,025902309	0,006050719	0,060507191	0,040278011	0,047057089	2,063219323
A8	0,237457986	0,113620547	0,229845856	0,023745799	0,0842351	0,033852099	0,166794013	0,044331242	0	0,078895933	0	0,080126457	0,208107299	0,061214291	0,201288288	0,108132401	0,044682827	0,133667364	0,031499907	0,005948987	0,059489871	0,033953686	0,051303109	2,03219306
A9	0,216149703	0,129620093	0,24860265	0,02161497	0,092193584	0,031525108	0,180255785	0,146481458	0	0,085153084	0	0,081443181	0,223384436	0,064033161	0,214691716	0,117119403	0,044498158	0,146205948	0,030335724	0,006002784	0,060027842	0,045668524	0,151857628	2,336864939
A10	0,237843965	0,106590264	0,231279433	0,023784397	0,063861534	0,033930255	0,167990358	0,144630252	0	0,079029982	0	0,08148232	0,214585383	0,061077204	0,211705561	0,101402111	0,044278527	0,042307717	0,026926305	0,006047888	0,060478877	0,034811265	0,052044951	2,026088548
A11	0,208045112	0,16362418	0,256715732	0,020804511	0,073380898	0,030559713	0,182162973	0,156853313	0	0,191779897	0	0,080363673	0,229625974	0,088545434	0,224458806	0,110057445	0,042335386	0,045986018	0,024428201	0,00592165	0,059216504	0,036053728	0,050547635	2,281466785
A12	0,237215237	0,188947418	0,227371685	0,023721524	0,044100171	0,033606869	0,158198588	0,137412611	0	0,083985077	0	0,091009606	0,123037099	0,035426538	0,211996047	0,106593289	0,049327201	0,030454988	0,026767127	0,006938701	0,069387009	0,125643584	0,052389132	2,0645295
A13	0,268330813	0,11620291	0,23968109	0,026833081	0,0406613	0,03794634	0,176199524	0,144016507	0	0,082156356	0	0,102531351	0,13970115	0,040830953	0,221429272	0,09817689	0,078348667	0,132437896	0,037427548	0,007593169	0,075931686	0,140294126	0,160708759	2,367439387
A14	0,139224195	0,049730805	0,163380107	0,013922419	0,0197049	0,018810305	0,056291208	0,0253853	0	0,111269732	0	0,03635346	0,059276224	0,022595209	0,060830811	0,137463344	0,031435609	0,010436642	0,01551798	0,003111728	0,031117285	0,011902767	0,023397989	1,04115802
A15	0,227761089	0,08793178	0,212032745	0,022776109	0,029047483	0,030253875	0,071349571	0,05897777	0	0,152876038	0	0,167403494	0,19946515	0,030427087	0,109360627	0,115989239	0,044767673	0,02874904	0,025265342	0,012605399	0,126053992	0,041712004	0,0502514	1,845056909
A16	0,163836995	0,136334524	0,18888214	0,016383699	0,026233729	0,021581495	0,044074834	0,035372413	0	0,060523821	0	0,059090643	0,078513476	0,069431161	0,156449158	0,068882202	0,128172006	0,014011962	0,027424185	0,004308985	0,043089852	0,017318391	0,035579787	1,395495458
A17	0,279941416	0,225990297	0,26501913	0,027994142	0,052885283	0,0399866809	0,19496527	0,168854012	0	0,100029981	0	0,186554717	0,209948542	0,048764563	0,14562011	0,198558784	0,059875291	0,043168784	0,132131585	0,006425556	0,064255559	0,053028576	0,1337825	2,637660908
A18	0,205435713	0,176889596	0,20674413	0,020543571	0,036316373	0,029405291	0,149033082	0,038838929	0	0,074033264	0	0,060774291	0,13599386	0,059191296	0,09018635	0,166994986	0,044471868	0,021114916	0,073116008	0,004500577	0,045005767	0,023661262	0,039844474	1,702065604

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	ΣR_i
A19	0,230962031	0,168987967	0,132437275	0,023096203	0,041345896	0,033222823	0,174102749	0,150492153	0	0,166361959	0	0,069719366	0,202286415	0,062040742	0,115706623	0,07824393	0,04069937	0,039412446	0,025854423	0,004724396	0,047243957	0,032159907	0,049593288	1,888693919
A20	0,170649032	0,140874325	0,074910936	0,017064903	0,018771682	0,021970446	0,025572659	0,02001911	0	0,043297984	0	0,047889163	0,053947454	0,021994008	0,156566598	0,154142208	0,036496676	0,009273825	0,01855982	0,003773965	0,037739647	0,012831668	0,026480066	1,112826173
A21	0,199108732	0,16305016	0,089015818	0,019910873	0,0235966876	0,026139274	0,050027296	0,040728914	0	0,04290194	0	0,149382761	0,157818162	0,021833333	0,088984811	0,071546302	0,035619962	0,022214395	0,021566316	0,10391311	0,039131096	0,034905567	0,041854743	1,443250443
A22	0,25990638	0,176604932	0,132962765	0,025990638	0,030160518	0,034383086	0,075791536	0,062557773	0	0,065215616	0	0,194354908	0,207557884	0,029869058	0,208560567	0,096099285	0,122614754	0,030027618	0,035834566	0,015995309	0,159953093	0,056349023	0,161577435	2,182366744
A23	0,163501522	0,116836048	0,053651437	0,016350152	0,015255707	0,021014384	0,023067762	0,018004127	0	0,028244708	0	0,047018732	0,049537318	0,018016717	0,057400452	0,095482584	0,037261666	0,008279715	0,017978845	0,003839395	0,038393955	0,11319743	0,035418252	0,977750909
ΣC_i	4,724738355	3,016328392	4,155484633	0,572473836	1,113002683	0,801879919	2,451504975	1,744492183	0	2,164398704	0	2,419130365	3,586366376	1,146884878	3,506670553	2,729138479	1,371191549	1,044386124	0,903834832	0,271088016	1,710880164	1,051964301	1,514146269	

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Określenie charakteru wybranych czynników na podstawie wartości wskaźnika relacji oraz wskaźnika znaczenia

Wykorzystując macierz bezpośrednich i pośrednich relacji N , w odniesieniu do poszczególnych czynników, obliczono tzw. wskaźniki znaczenia i relacji, a następnie przeprowadzono ich analizę. Otrzymano w ten sposób wartości dodatnie i ujemne (tabela 5). Wartości dodatnie reprezentowały czynniki o najbardziej dominującym (przyczynowym) charakterze, natomiast wartości ujemne cechowały się skutkowym charakterem i tym samym stanowiły efekt oddziaływania pozostałych analizowanych czynników.

Defining the nature of selected factors based on the value of the relations and significance indicators

Using the N matrix of direct and indirect relations for specific factors, the so-called significance indicator and relations indicator were calculated and analysed. In this way, positive and negative values were obtained (Table 5). Positive values represented factors of the most dominant (causative) nature, while the effects of the impact of other analysed factors were revealed as negative factors.

Tabela 5. Wartości wskaźnika znaczenia oraz wskaźnika relacji

Table 5. The indicator values and the importance of the indicator relationship

	R_i	C_i	$R_i + C_i$	$R_i - C_i$
A1	2,926450358	4,724738355	7,651188713	-1,798287997
A2	0,961259008	3,016328392	3,977587401	-2,055069384
A3	1,035875733	4,155484633	5,191360367	-3,1196089
A4	2,448156353	0,572473836	3,020630188	1,875682517
A5	0,564690337	1,113002683	1,67769302	-0,548312345
A6	2,665427168	0,801879919	3,467307087	1,863547249
A7	2,063219323	2,451504975	4,514724298	-0,388285652
A8	2,03219306	1,744492183	3,776685243	0,287700878
A9	2,336864939	0	2,336864939	2,336864939

	R_i	C_i	$R_i + C_i$	$R_i - C_i$
A10	2,026088548	2,164398704	4,190487252	-0,138310157
A11	2,281466785	0	2,281466785	2,281466785
A12	2,0645295	2,419130365	4,483659865	-0,354600865
A13	2,367439387	3,586366376	5,953805762	-1,218926989
A14	1,04115802	1,146884878	2,188042899	-0,105726858
A15	1,845056909	3,506670553	5,351727462	-1,661613644
A16	1,395495458	2,729138479	4,124633938	-1,333643021
A17	2,637660908	1,371191549	4,008852457	1,266469359
A18	1,702065604	1,044386124	2,746451728	0,65767948
A19	1,888693919	0,903834832	2,79252875	0,984859087
A20	1,112826173	0,271088016	1,38391419	0,841738157
A21	1,443250443	1,710880164	3,154130607	-0,267629722
A22	2,182366744	1,051964301	3,234331045	1,130402443
A23	0,977750909	1,514146269	2,491897178	-0,536395361

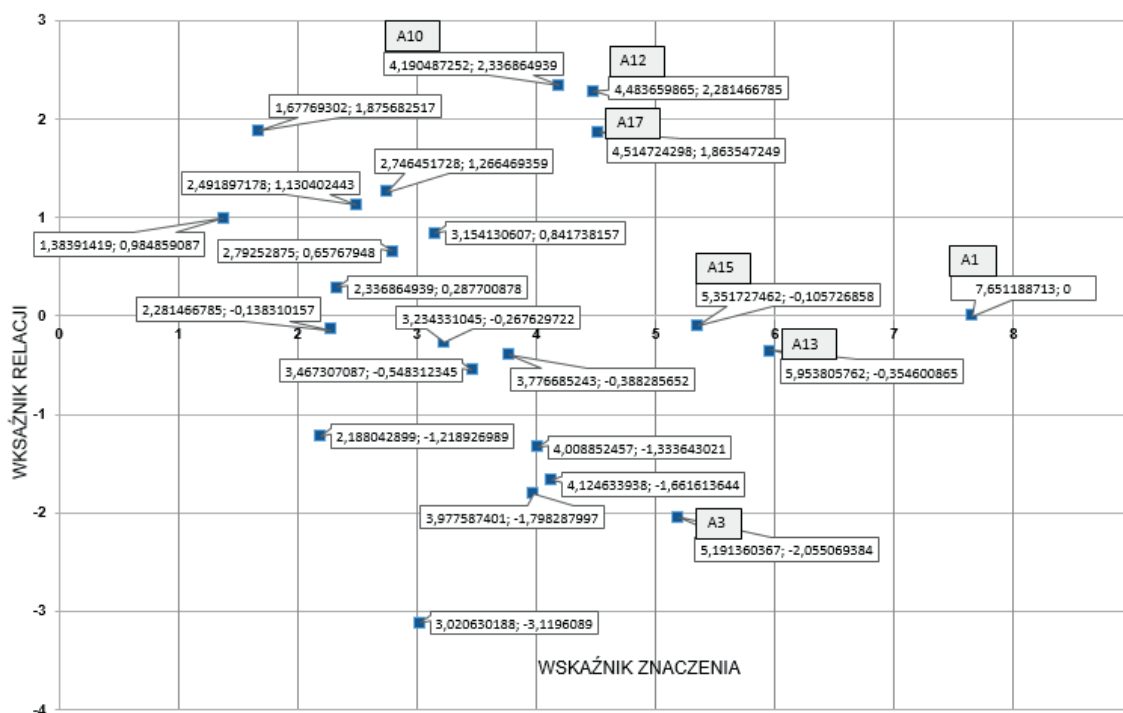
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Budowa mapy charakteru wybranych czynników w formie dwuwymiarowej przestrzeni znaczeniowo-relacyjnej

Creating a map of the nature of selected factors in the form of two-dimensional significance and relational space

Po wyznaczeniu wskaźników znaczenia i wskaźnika relacji przedstawiono ich interpretację graficzną za pomocą tzw. mapy znaczenia (relacji), poprzez zaznaczenie wskaźników znaczenia na osi poziomej, a wskaźników relacji na osi pionowej (rycina 2).

After identifying the significance and relations indicators, their graphic interpretation was presented in the form of the so-called significance (relations) map, by plotting the significance indicators on the X axis and the relations indicators on the Y axis (Figure 2).



Rycina 2. Mapa znaczenia i relacji
Figure 2. Significance and relations map
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Wyniki

Otrzymane wyniki badań grupy 50 respondentów (przedstawiciele kierownictwa budów) oraz ich interpretacja graficzna pozwala stwierdzić, że najbardziej znaczącym czynnikiem spośród wszystkich analizowanych jest czynnik A1 (widoczne zaangażowanie kierownictwa budowy w problematykę bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia). Dodatnią wartość obu wskaźników (wskaźnika relacji i wskaźnika znaczenia) wykazują czynniki, odpowiednio: A10 (istniejący system dokumentowania i nadzoru nad dokumentacją BIOZ), A12 (nadzorowanie działań związanych ze znaczącymi zagrożeniami dla zdrowia i życia człowieka w środowisku pracy na budowie), A17 (przeprowadzenie audytów wewnętrznych BIOZ na budowie). Oznacza to, że mają one duże znaczenie i największy wpływ na pozostałe czynniki, a tym samym w największym stopniu decydują o poziomie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na budowie.

Podsumowanie

Proces budowlany, w efekcie którego powstaje obiekt budowlany, wymaga nakładów rzeczowych (tzw. zasobów budowlanych). Zasoby te można ująć w trzech podstawowych grupach jako: zasoby ludzkie, materialne (materiały, maszyny, urządzenia, sprzęt) i niematerialne (wiedza, umiejętności z dziedziny technologii, organizacji, zarządzania).

Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia na budowie są zależne od użytych w procesie budowlanym zasobów. W związku z tym wymagają one identyfikacji. Można jej dokonać z wykorzystaniem np. badań ankietowych lub wiedzy ekspertów. W dalszej kolejności należy jednak stosować metody badań operacyjnych. Dzięki ustaleniu kryteriów oraz wykorzystaniu modeli matematycznych pozwalają one oceniać możliwe decyzje i poszukiwać decyzji optymalnej.

Wykaz skrótów

BHP - bezpieczeństwo i higiena pracy
BIOZ - bezpieczeństwo i ochrona zdrowia

Literatura / Literature

- [1] Dyrektywa Rady 89/391/EWG z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy (Dz.U. L 183 z 29.06.1989, s. 0001–0008).
- [2] *Ujednolicone przepisy – budownictwo, stan prawny – 5 września 2016*, Wydawnictwo LEGIS, 2016.
- [3] Koradecka D. (red.), *Nauka o pracy – bezpieczeństwo, higiena, ergonomia. Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy*, Wyd. CIOP, 2000.
- [4] Ej dys J., Lulewicz A., Obolewicz J., *Zarządzanie bezpieczeństwem w przedsiębiorstwie*, Wyd. Politechniki Białostockiej, Białystok 2008.
- [5] Ej dys J., *Kształtowanie kultury bezpieczeństwa i higieny pracy w organizacji*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2010.
- [6] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 lutego 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo budowlane (Dz.U. z 2016 r., poz. 290).
- [7] Sprawozdanie Głównego Inspektora Pracy z działalności Państwowej Inspekcji Pracy – za 2015 r., Warszawa 2016, 7.
- [8] Obolewicz J., *Koordinacja budowlanego procesu inwestycyjnego*, „Budownictwo i Inżynieria Środowiska” 2016, 7(3), 153–156.
- [9] Ogrodnik K., *Możliwość zastosowania analizy wielokryterialnej do diagnozy procesu planowania przestrzennego na poziomie lokalnym – przykład teoretyczny*, „Architecture et Artibus” 2015, 1, 44–52.
- [10] Dytczak M., *Wybrane metody rozwiązywania wielokryterialnych problemów decyzyjnych w budownictwie*, Politechnika Opolska, Opole 2010.

Results

The results obtained for the group of 50 respondents (construction site management representatives) and the graphic interpretation of the results makes it possible to conclude that the most important of the analysed factors is factor A1 (noticeable involvement of construction site management in WSHP issues). Positive values of both factors (the relations and significance indicators) were achieved for the following factors: A10 (system for WSHP documenting and documentation supervision in place), A12 (supervising measures associated with significant hazards to life or health in the construction site working environment), and A17 (conducting WSHP external audits at the construction site). This means that these factors are significant and have the highest impact on other factors, and thus they hold greater influence on the level of safety and health at construction sites.

Summary

The construction process resulting in the completion of a construction facility requires in-kind inputs (the so-called construction resources). These resources can be divided into three basic groups: human resources, tangible resources (materials, machinery, equipment, appliances) and intangible resources (knowledge, technology skills, organisation, management).

Safety and health at construction sites depend on resources used in the construction process, which need to be identified. This can be achieved with the use of, e.g., questionnaire surveys or expert knowledge. Subsequently, however, methods based on operational research should be used. Defining the criteria and using mathematical models make it possible to evaluate the available options and make an optimum decision.

List of abbreviations

OSH - occupational safety and health rules
WSHP - work safety and health protection

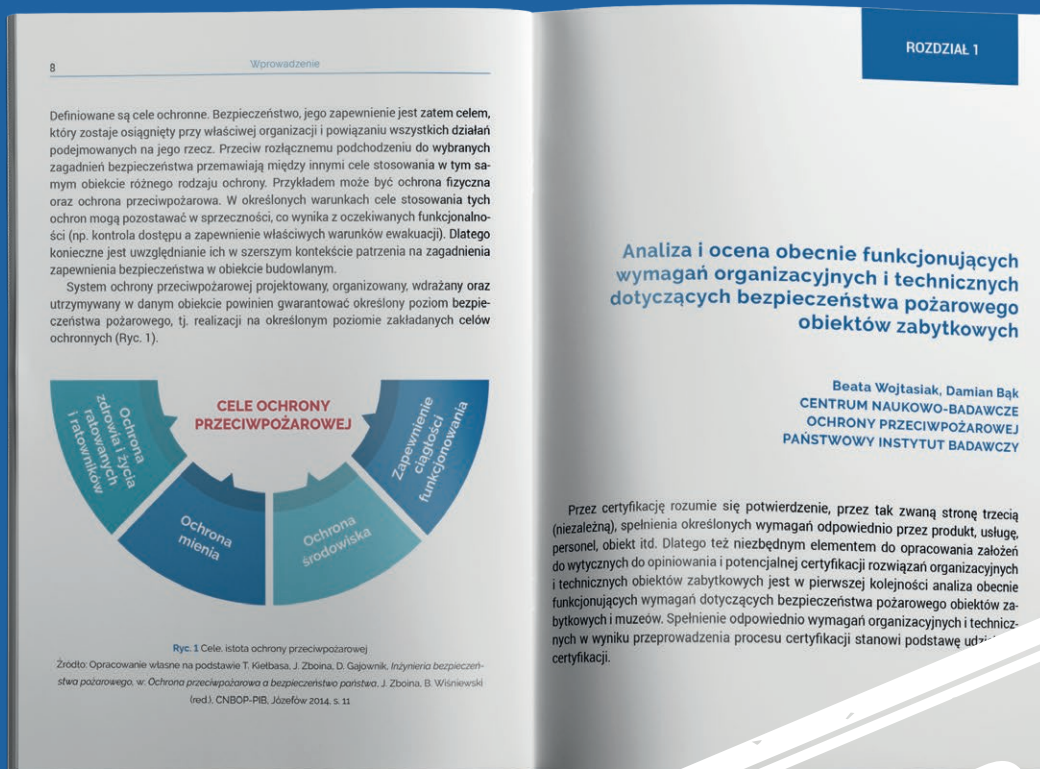
- [11] Obolewicz J., *Identyfikacja stanu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskich przedsiębiorstwach budowlanych po wejściu do UE i zaprojektowanie modelu zarządzania bieżącego europejskie kryteria jakościowe, ochrony środowiska, ergonomii i ochrony pracy*, projekt badawczy nr NN115 347038, 2010–2013, Politechnika Białostocka, Białystok 2013.
- [12] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych (Dz.U. z 2003 r. Nr 47, poz. 401).
- [13] Ejdyś J., Lulewicz A., Obolewicz J., *Zarządzanie bezpieczeństwem w przedsiębiorstwie*, Wyd. Politechniki Białostockiej, Białystok 2008.
- [14] Obolewicz J., *Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia w budownictwie*, Wyd. Unimedia, Warszawa 2014.
- [15] PN-N-18001:2004 Systemy zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. Wymagania, PKN, Warszawa 2004.
- [16] Obolewicz J., *Assessment of legal and administrative health and safety in the construction sector after Poland accession to the European Union*, "Actual Problems of Economics" 2013, 11.
- [17] Pellicer E., Yepes V., Teixeira J., *Zarządzanie budową*, Poltext, Politechnika Warszawska, Warszawa 2009.
- [18] CITB, *Health and Safety Testing in Construction*, CITB Construction Skills, Norfolk 2005.
- [19] Obolewicz J., *Determinanty BIOZ w budownictwie*, [w:] *Bezpieczeństwo systemu: Człowiek – obiekt techniczny – otoczenie*, Sz. Salomon (red.), Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2013.

DR INŻ. JERZY OBOLEWICZ – praktyk i wykładowca obszaru budownictwa. Starszy wykładowca Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej, adiunkt Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży, redaktor naczelny „Modern Engineering”. Posiada duży staż przemysłowy i doświadczenie w rozwiązywaniu problemów z obszaru bezpieczeństwa i ochrony zdrowia na stanowiskach kierowniczych w przedsiębiorstwach budowlanych. Odbił staże zagraniczne w Irlandii, Holandii, Wielkiej Brytanii i Danii. Przewodniczący Rady ds. Bezpieczeństwa Pracy i Ochrony Zdrowia w Budownictwie przy Okręgowym Inspektorze pracy w Białymstoku. Członek komisji konkursów organizowanych przez Państwową Inspekcję Pracy. Przewodniczący corocznej Komisji PZITB Budowa Roku. Organizator i współorganizator konferencji poświęconych bezpieczeństwu pracy i ochronie zdrowia w budownictwie. Promotor wyróżnionych prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich kierunków budowlanych. Autor i recenzent wielu podręczników i artykułów dotyczących bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia w budownictwie.

JERZY OBOLEWICZ, Ph.D. Eng. – practitioner and lecturer in the field of construction engineering. Senior lecturer at the Faculty of Civil and Environmental Engineering, the Białystok University of Technology, assistant professor at the Higher School of Agribusiness in Łomża, editor-in-chief of MODERN ENGINEERING. Holds long-standing industry experience and expertise in solving issues related to safety and health gained in managerial positions in construction companies. Has attended internships in Ireland, the Netherlands, the UK and Denmark. President of the Work Safety and Health Protection Board by the District Labour Inspectorate in Białystok. Member of the jury of competitions organised by the State Labour Inspectorate. President of the annual Committee of the Polish Association of Construction Engineers and Technicians for the Construction of the Year Award. Organiser and co-organiser of conferences on occupational safety and health in construction. Supervisor of distinguished engineer and MSc theses in construction engineering. Author and reviewer of numerous course books and articles on occupational safety and health in construction.



U NAS ZAWSZE OTWARTE



OTWARTY DOSTĘP

DO PUBLIKACJI
CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZEGO
OCHRONY PRZECIWPÓŻAROWEJ – PIB

WEJDŹ NA
WWW.CNBOP.PL/WYDAWNICTWA

CZYTAJ I POBIERAJ