Nr 1 (78) 2022

ISSN 1734 -7009
e-ISSN 2084 - 0535

styczeń 2022 rok

Polish – English
Bilingual Publication

Polish Hyperbaric Research

Kwartalnik
Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej

Redaguje Zespół
Editorial Board

Redaktor Naczelny
Editor-in-Chief
Piotr Siermontowski
editor-in-chief@phr.net.pl

Redaktor Prowadzący/Korekta
Executive/Technical Editor
Małgorzata Samborska
editor@phr.net.pl
tel. +48/518 702 941

Tłumaczenia
Translator
Anna Wójtowicz

Redaktor tematyczny
Nauki Techniczne
Section Editor
Technical Sciences
dr hab. inż. Ryszard Kłos, prof. AMW
techeditor@phr.net.pl

Redaktor tematyczny
Nauki Medyczne
Section Editor
Medical Sciences
prof. dr hab. med. Romuald Olszański
mededitor@phr.net.pl

Redaktor językowy
Language Editor
Stephen Burke (English)

Redaktor statystyczny
Statistical Editor
Adam Olejnik
stateeditor@phr.net.pl

Redaktor archiwaliów
Archive Editor
Joanna Siermontowska
archiv@phr.net.pl

www.phr.net.pl
www.degruyter.com/view/j/phr

Kontakt z redakcją:
81 – 103 Gdynia 3
ul. Grudzińskiego 4
skr. pocz. 18
e-mail: phr@phr.net.pl

POLISH HYPERBARIC RESEARCH

ISSN 1734 – 7009

eISSN 2084 – 0535

PolHypRes jest indeksowane w bazach:

- BazTech
- Index Copernicus
- ARIANTA
- Polish Medical Bibliography/Polish Medical Library
- Baidu Scholar
- Celdes
- CNPIEC
- EBSCO Discovery Service
- WorldCat (OCLC)
- Google Scholar
- J-Gate
- Naviga (Softweco)
- ReadCube
- Ulrich's Periodicals Directory/ulrichsweb
- Primo Central (ExLibris)
- Summon (Serials Solutions/ProQuest)
- TDOne (TDNet)
- CNKI Scholar
- DOAJ (Directory of open access journals)
- Cabell`s Directory
- JournalTOCs
- POL-Index
- TEMA Technik und Management
- Case
- WanFang Data
- KESLI-NDSL
- Polish Scientific Journals Database
- (ESCI) Emerging Sources Citation Index

Oświadczenia Redakcji / Statement from the Editor

Wersją pierwotną Polish Hyperbaric Research jest wersja drukowana.
Polish Hyperbaric Research is originally distributed in print.

Pierwotną wersją każdego artykułu jest wersja anglojęzyczna.
The original version of each article is the English version

Artykuły nadsyłane do druku recenzowane są zgodnie z zaleceniami Ministerstwa Nauki.
Szczegóły procedury recenzowania na stronie internetowej www.phr.net.pl.
Submitted articles are peer-reviewed in accordance with the Ministry of Science and Higher Education guidelines. Detailed information on review procedures can be found at www.phr.net.pl.

Dbając o rzetelność naukową i zasady etyki publikacyjnej, redakcja stosuje procedury ujęte w diagramach Comittee of Publication Ethics (COPE). Ich zachowanie przez Autorów jest warunkiem publikacji artykułu.
Szczegółowa procedura na stronie www.phr.net.pl i https://publicationethics.org/resources.
Dbając o prawa autorskie do przeprowadzanych badań a także rzetelność procesu recenzowania Redakcja Polish Hyperbaric Research zapewnia brak konfliktu interesów pomiędzy autorami a recenzentami.

The editorial team, concerned about the journal's academic reliability, implements procedures included in the diagrams Comittee of Publication Ethics (COPE). Detailed information on exact procedures can be found at , https://publicationethics.org/resources.
In an effort to protect the copyrights to the conducted research as well as to ensure reliability of the reviewing process the editorial staff of Polish Hyperbaric Research hereby guarantees that there is no conflict of interest between the authors and the reviewers.

Wydawca: Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej 81-103 Gdynia 3 ul. Grudzińskiego 4 box. 18, e-mail: phr@phr.net.pl
Publisher: Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society 81-103 Gdynia 3, ul. Grudzińskiego 4 box. 18, e-mail: phr@phr.net.pl

© Copyright by Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society, Gdynia 2022

Pewne prawa zastrzeżone. Tekst niniejszej publikacji jest dostępny na licencji Creative Commons CC BY-NC-ND 3.0 Polska. Zasady własności prawnej na stronie internetowej www.phr.net.pl
Some rights reserved. The text of the publication is available within the license Creative Commons CC BY-NC-ND 3.0 Poland. The principles concerned with legal property are stipulated at www.phr.net.pl

Instytucja finansująca; Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej

Stowarzyszenie Pożytku Publicznego KRS 0000066650

Sponsoring: Polish Hyperbaric Medicine & Technology Society

Rada Naukowa / Editorial Board

prof. Andrzej Buczyński M.D., Ph.D.; prof. Dariusz Bogucki D.Sc. Ph.D. (USA); prof. Ugo Carraro M.D., Ph.D. (Italy); prof. Grzegorz Cieślar M.D., Ph.D.; prof. Adam Charchalis D.Sc., Eng.; Didier Chollet Ph.D. associate prof. (France); prof. Krzysztof Chomiczewski M.D., Ph.D.; prof. Mario J. Costa Ph.D. (Portugal); prof. Claude Cuvelier M.D., Ph.D. (Belgium); John T. Fitter M.D., Ph.D. (Australia); Wojciech Giermaziak Ph.D., Tadeusz Graczyk D.Sc.; Eng. associate prof.; prof Siergiej Gulyar M.D., Ph.D. (Ukraine); Grzegorz Kowalski D.Sc., Eng.; prof. Juliusz Jakubaszko M.D., Ph.D.; prof Arvils Lielvards Ph.D. (Latvia); prof. Sam Mesiano (USA); prof. Igor Murawow Ph.D. (Ukraine); prof. Motomu Nakashima D.Sc., Eng. (Japan); prof. Katarzyna Ostapowicz van Damme M.D. Ph.D. (Norway); prof. Manny Radomski (Canada); Norbert Rehlis MBBS, MIH, PhD. (Papua New Guinea), Marek Rejman Ph.D. associate prof.; prof. Yoshimitsu Shimoyama Ph.D. (Japan); prof. Aleksander Sieroń M.D., Ph.D.; prof. António J. Silva Ph.D. (Portugal); prof. Roger Smith M.D., Ph.D. (Australia); prof. Robert Keig Stallman Ph D. (Norway); Akin Toklu M.D. Ph.D. (Turkey); Wojciech Wiesner Ph.D. associate prof.; Ikuta Yasushi Ph.D. associate prof. (Japan); Paweł Zarzycki Ph.D.,

INSTRUKCJA DLA AUTORÓW

Materiał nadesłany do druku w PolHypRes powinien być napisany w całości czcionką Arial, Times New Roman lub Cambria 9 pcs w jednolitym stylu, bez podkreśleń, wersalików i kapitalików. Wykorzystanie pogrubienia czcionki i kursywy należy ograniczyć do niezbędnego minimum. W całym tekście należy zachować pojedyncze odstępy pomiędzy wierszami i normalne odstępy pomiędzy znakami. Wszystkie marginesy 2 cm, bez marginesu na oprawę, akapit 1,25 cm. Strona A4.

Do druku przyjmowane są artykuły w języku polskim, angielskim, rosyjskim. W przypadku innego języka konieczne jest dołączenie tłumaczenia na język angielski. W tekstach w języku polskim niedopuszczalne jest wtrącanie słów obcojęzycznych i zlepków słów polskich i angielskich „ponglish".

Materiał powinien być opracowany za pomocą edytora tekstów MS Word. Na pierwszej stronie: pełne imię i nazwisko autora (autorów), ze wskazaniem autora do korespondencji i jego dane teleadresowe. Następnie, w języku polskim i angielskim: afiliacje poszczególnych autorów, tytuł pracy, streszczenie nie dłuższe niż 250 słów z zachowanym podziałem na wstęp, materiał i metody, wyniki i ich omówienie (dla prac oryginalnych), słowa kluczowe, nie mniej niż 3. Ten sam układ rozdziałów wzbogacony o wnioski również we właściwej pracy. Jeżeli badania były wykonywane na zlecenie, w ramach grantu, pracy statutowej itd., należy podać źródło finansowania. Przypisów dolnych nie stosujemy.

Liczba autocytowań nie może przekroczyć 20% pozycji piśmiennictwa. Bibliografię podajemy według stylu Vancouver; numeracja cytowań odpowiada kolejności występowania w tekście, gdzie są oznaczane cyframi arabskimi w nawiasach kwadratowych na końcu zdania i przed kropką.

Tabele, wyłącznie - biało czarne, w tekście wyśrodkowane, komórki tabel wyśrodkowane, tekst tabeli czcionką Cambria 11 pcs. Opis tabeli czcionką Arial 8 pcs. Linie tabeli jedynie poziome, bez cieniowania.

Ilustracje czarno-białe, w uzasadnionych przypadkach kolorowe. Opis czcionką Arial 7 pcs. Zdjęcia w rozdzielczości minimum 300 dpi. Dopuszcza się jednolitą numerację dla rysunków i zdjęć. Ilustracje w formacie umożliwiającym ich edycję (*.jpg, *.tif). Wykres wygenerowany za pomocą pakietu MS Excel nadsyłać należy z arkuszem źródłowym, jeśli wykres wygenerowanym w innym oprogramowaniu np. Statistica to jako plik graficzny (*.jpg, *.tif). Grafika wektorowa, nie rastrowa.

Równania należy tworzyć edytorem równań programu MS Word. Pod równaniem należy wyjaśnić wszystkie zastosowane w nim skróty i symbole.

Szczgółowa instrukcja dla autorów znajduje się na stronie internetowej PolHypRes.

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

Material submitted for print in PolHypRes should be written entirely in Arial, Times New Roman or Cambria 9 pcs font in uniform style, without underlining, capitals or small capitals. The use of boldface and italics should be limited to a minimum. The whole text should maintain single spacing between paragraphs and normal spacing between characters. With the page being A4, all margins should be set at 2 cm, paragraph 1.25 cm, without leaving a margin for a frame.

We accept for publication articles in Polish, English and Russian. In the case of other languages, it is necessary to include a translation into English.

The material should be prepared with the use of text editor software MS Word. The first page should contain: first name and surname of the author(s) along with their correspondence address. Next, both in Polish and English, authors should provide: affiliations of particular authors, the title of the work along with an abstract of a maximum of 250 words (with a division into introduction, material and methods, results and discussion (for original works) and key words - this last being not less than 3 in number). The article should have the same structure, extended with conclusions. If a research was commissioned within a certain grant, statutory work, etc. it is required to specify the source of financing. It is recommended not to use footnotes.

The number of auto-citations must not exceed 20% of the bibliography items. The bibliography is to be provided in Vancouver style; the numbering of citations should be correspondent to the order of their occurrence in the text, where they will be marked with Arabic numerals provided in square brackets at the end of a sentence and before the full stop.

Tables should be black and white only, be middle spaced in the text, with centralised cells, and text provided in Cambria 11 pcs. Only horizontal lines, without shading effects, are allowable in tables. Table descriptions should be provided in Arial 7 pcs.

Illustrations should be black and white, but in substantiated cases can be colour. Descriptions should be in Arial 8 pcs, whilst photographs should be of a minimum resolution of 300 dpi. It is allowable to have uniform numbering of figures and photographs. Illustrations should be provided in an editable format (*.jpg, *.tif). Charts generated with the use of the MS Excel package should be submitted together with source sheets; if charts are generated with the use of a different software, e.g. Statistica, it should take the form of a graphic file (*.jpg, *.tif). Vector graphics, not raster.

Equations should be created with the equation editor of MS Word. It is required to provide an explanation of all the applied abbreviations and symbols.

Detailed instruction for authors is available at the PolHypRes website

POLISH HYPERBARIC RESEARCH

2022 NUMBER 2(79)

List of content

TECHNOLOGY

R. Kłos
Diving Technology Design in a Mine Countermeasure System part II Reliability…… *p. 7*

S. Skrzyński, G. Grzeczka
Studies on Saturation Diving in Poland and Practical Application of Their Findings. Part 2a. Developing a Polish System of Saturation Diving in the 1980s and 1990s…… *p.27*

MEDICINE

B. Sokołowska, S. K. Nazaruk, A. Radzka-Pogoda, G. Henrykowska, A.Borzęcki *p. 45*
Zinc and Magnesium vs Covid – 19……..

M. Kaca, P. Siermontowski
An attempt to assess the effectiveness of a rescue and starting jump as part of activities carried out in designated water areas directly in deep water……. *p. 53*

M. Rejman, A. Mikołajewicz, D. Rudnik, P. Siermontowski
The anthropometric profile of adult swimmers from Poland compared to the corresponding data of swimmers from Norway……. *p. 65*

VARIA

M. Naja-Wiśniewska, R. Maciejewski, B. Nieradko-Iwanicka
Sexuality of elderly people……. *p. 85*

POLISH HYPERBARIC RESEARCH

2022 NUMER 2(79)

Spis treści

TECHNOLOGIA

R. Kłos
Projektowanie technologii nurkowania w systemie wojny minowej cz.II. Niezawodność..... *p. 7*

S. Skrzyński, G. Grzeczka
Polskie badania nurkowań saturowanych i ich wdrożenie. Cześć II a. Opracowanie polskiego systemu nurkowań saturowanych w latach 80-tych-90-tych XX wieku…… *p.27*

MEDYCYNA

B. Sokołowska, S. K. Nazaruk, A. Radzka-Pogoda, G. Henrykowska, A.Borzęcki *p. 45*
Cynk I Magnez a COVID – 19……

M. Kaca, P. Siermontowski
Próba oceny skuteczności skoku ratowniczego i startowego jako elementu działań prowadzonych na wyznaczonych obszarach wodnych bezpośrednio w wodzie głębokiej..... *p. 53*

M. Rejman, A. Mikołajewicz, D. Rudnik, P. Siermontowski
Profil antropometryczny dorosłych pływaków z Polski na tle analogicznych danych pływaków z Norwegii…… *p. 65*

VARIA

M. Naja-Wiśniewska, R. Maciejewski, B. Nieradko-Iwanicka
Seksualnośc ludzi w podeszłym wieku…….. *p. 85*

DIVING TECHNOLOGY DESIGN IN A MINE COUNTERMEASURE SYSTEM PART II RELIABILITY

PROJEKTOWANIE TECHNOLOGII NURKOWANIA W SYSTEMIE WOJNY MINOWEJ CZ.II NIEZAWODNOŚĆ

Ryszard Kłos

Naval Academy in Gdynia, Poland
Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia

STRESZCZENIA / ABSTRACTS

The article is another paper in an unintended series on designing the technology of diving [1,2,3]. It refers to the elements of the methodology[1] used in the works to develop the technology of using the Mx/O_2-SCR CRABE SCUBA[2] type diving apparatus in the mine countermeasure system as an example [4,5]. The previous article focused on the impact of the NATO Standardization Organization requirements on the purpose of the main process implemented in the system that constitutes the aforementioned diving technology. The present article discusses the reliability of the process implemented in the system.
Keywords: diving technology, reliability, mine countermeasure.

Artykuł jest kolejnym z niezamierzonego cyklu dotyczącego projektowania technologii nurkowania [1,2,3]. Artykuł odnosi się do elementów metodyki[1] stosowanej przy pracach nad opracowaniem technologii wykorzystania aparatu nurkowego typu Mx/O_2-SCR CRABE SCUBA[2] w systemie wojny minowej, jako przykładu [4,5]. W poprzednim artykule skupiono się na wypływie wymagań standaryzacyjnych NATO Standardization Organization na cel głównego procesu realizowanego w systemie stanowiącym wspomnianą technologię nurkowania. W tym artykule omówiono niezawodność procesu realizowanego w systemie.
Słowa kluczowe: technologia nurkowania, niezawodność, wojna minowa.

Эта статья - очередная в незапланированной серии о разработке технологии погружения [1,2,3]. В статье рассматриваются элементы методики[1], использованные в работе по отработке технологии применения водолазного аппарата Mx/O_2-SCR CRABE SCUBA2 в системе противоминной борьбы, на примере [4,5]. Предыдущая статья была посвящена влиянию требований Организации по стандартизации НАТО на цель основного процесса, реализованного в системе, составляющей вышеупомянутую технологию погружения. В данной статье рассматривается надежность процесса, реализованного в системе.
Ключевые слова: технология погружения, надежность, противоминная борьба.

Dieser Artikel ist ein weiterer in einer nicht geplanten Serie über die Entwicklung der Tauchtechnik [1,2,3]. Der Artikel bezieht sich auf Aspekte der Methodik[1], die bei der Entwicklung der Technologie für den Einsatz des SCUBA-Tauchgeräts[2] Mx/O_2-SCR in einem Minenkampfsystem zum Einsatz kommen [4,5]. Der vorherige Artikel konzentrierte sich auf die Anforderungen der NATO Standardization Organization an den Zweck des Hauptprozesses, der in diesem System, das die oben erwähnte Tauchtechnologie darstellt, durchgeführt wird. In diesem Artikel geht es um die Zuverlässigkeit des in dem System implementierten Prozesses.
Schlüsselwörter: Tauchtechnik, Zuverlässigkeit, Minenkriegsführung.

Este artículo es el siguiente del ciclo ocasional relativo al diseño de tecnologías de buceo [1,2,3]. El artículo hacer referencia a elementos de la metodología[1] empleada en los trabajos de desarrollo de la tecnología de uso del equipo de buceo del tipo Mx/O_2-SCR CRABE SCUBA[2] en el sistema de guerra minas, como ejemplo [4,5]. El anterior artículo estaba centrado en la influencia de los requisitos de estandarización de NATO Standardization Organization en el objetivo del proceso principal realizado en el sistema que constituye la mencionada tecnología de buceo. En este artículo se ha tratado la fiabilidad del proceso realizado en el sistema.
Palabras clave: tecnología de buceo, fiabilidad, guerra de minas.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 79 Issue 2 pp. 7 – 26
ISSN: 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535
DOI: 10.2478/phr-2022-0007
Pages: 21, figures: 5, tables: 3
page www of the periodical: www.phr.net.pl

Publisher
Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: oryginalny
Original article

Termin nadesłania: 16.08.2021 r.
Termin zatwierdzenia do druku: 27.11.2021 r.

WSTĘP

Analiza przyczyn powstawania sytuacji problemowych, na podstawie właściwości funkcjonalnych struktury $systemu$ może być prowadzona z wykorzystaniem różnych metod: $FMEA$[3], $FMECA$[4], PHA[5], FHA[6], DFM[7], $modele\ ścieżki\ sukcesu$[8], $drzewa\ zdarzeń$[9] FT[10] jak i inne $metody\ dyskryminacyjne$ itp. Przykład zastosowania metody $FMEA$ omówiono wcześniej w tym cyklu artykułów [2] Metody $analizy\ dyskryminacyjnej$ stanowią podstawę budowy sztucznej inteligencji AI[11] i są stosowane w ilościowej ocenie ryzyka.

RYZYKO I ZAGROŻENIE

W języku potocznym ryzyko i zagrożenie funkcjonują jako synonimy. Turaj zagrożenie Z jest definiowane jako integralna wartość ryzyka R: $Z = f(R) = \int_t R\,dt$, gdzie t jest czasem ekspozycji na ryzyko R. Przy analizie sytuacji problemowej powinno się podawać w sposób jawny funkcję ryzyka $R(t)$ i zagrożenia $Z(t)$, gdyż operację całkowania ogólnego[12] można wykonać jedynie z dokładnością do wartości przesunięcia o wartość stałą $a = const$, która to wartość a może być istotna w procesie analizy ryzyka przy rozpatrywanej sytuacji problemowej.

POZYSKIWANIE DANYCH DO ANALIZY

Ilościowe szacowanie ryzyka R wymaga znajomości prawdopodobieństwa występowania poszczególnych zdarzeń. Są one pozyskiwane na drodze: analiz danych archiwalnych podczas eksploatacji analizowanych $systemów$[13] w oparciu o zebraną dotąd wiedzę, obliczeń teoretycznych[14], informacji otrzymywanych w wyniku różnego rodzaju badań[15] i testów[16].

Istnieją różne opinie, co do sposobów wykorzystania danych, zależnie od ich pochodzenia. Z praktycznego punktu widzenia powinno się wykorzystywać te dane, które dobrze odzwierciedlały przebiegające $procesy$ realizowane w oparciu o strukturę analizowanego $systemu$. Dane powinny odzwierciedlać możliwie szerokie spektrum zachowania się $procesu$ realizowanego w oparciu o analizowaną strukturę $systemu$ co ma zagwarantować dobrą predykcję scenariuszy przebiegu zdarzeń, które mogą wystąpić w przyszłości. Przy korzystaniu z dostępnych danych należy mieć na względzie, że w ocenie bezpieczeństwa może istnieć wiele skomplikowanych interakcji pomiędzy zmiennymi, które charakteryzują zachodzące $procesy$. Metody opisowe szacowania ryzyka R dają jakościową ocenę zagrożeń[17], która w wielu sytuacjach jest niewystarczająca, gdyż nie daje możliwości porównania ryzyka pomiędzy różnymi $procesami$ występującymi w rozpatrywanych sytuacjach problemowych[18]. Wykorzystanie metod analitycznych opartych o metody statystyczne może prowadzić do wystarczająco spójnej, ilościowej oceny ryzyka R i na tej podstawie przewidywanego zagrożenia, choć czasami zastosowanie metod i danych probabilistycznych może prowadzić także do znacznych rozbieżności w ocenie ryzyka R dla przewidywanych zdarzeń. Taka sytuacja może mieć miejsce, gdy istnieją

INTRODUCTION

The analysis of the underlying causes of problem situations, based on the functional properties of the *system* structure, may be carried out with the use of various methods: $FMEA$[3], $FMECA$[4], PHA[5], FHA[6], DFM[7], *success path models*[8], *event trees*[9] FT[10] as well as other *discriminant analysis methods* etc. An example of utilising $FMEA$ methods was discussed earlier in a series of articles [2]. *Discriminant analysis methods* form a basis for building artificial intelligence AI[11] and are used in quantitative risk assessment.

RISK AND HAZARD

In everyday language, risk and hazard function as synonyms. Here hazard Z is defined as the integral value of risk R: $Z = f(R) = \int_t R\,dt$, where t is the time of exposure to risk R. When analysing a problem situation, the risk $R(t)$ and hazard $Z(t)$ functions should be given explicitly, since the general integration operation[12] can only be performed with an accuracy of the offset value of a constant value $a = const$, which value (a) can be important in the process of risk analysis with the problem situation under consideration.

ACQUISITION OF DATA FOR ANALYSIS

Quantitative estimation of risk R requires knowledge of the probability of individual events. They are obtained by way of: analysing archival data during the utilisation of the analysed *systems*[13] based on the knowledge collected so far, theoretical calculations[14], information obtained as a result of various studies[15] and testing[16].

There are different opinions on how to use data, depending on its origin. From a practical point of view, the only data to be used is that which very well reflects the *processes* that are based on the structure of the analysed *system*. The data should reflect the broadest possible spectrum of how the *process* implemented based on the analysed *system* structure behaves, in order to ensure proper scenario prediction for the course of events that may occur in the future. When using the available data, it is important to keep in mind that a safety assessment may involve many complex interactions between the variables that characterize the *processes* taking place. The descriptive methods of estimating risk R provide a qualitative assessment of hazards[17], which in many situations is inadequate, as it does not provide an opportunity to compare risks between different *processes* that occur in problem situations under consideration[18]. The use of analytical methods based on statistical methods can lead to a sufficiently consistent, quantitative assessment of risk R and, on that basis, the predicted hazard, although sometimes the use of probabilistic methods and data can also lead to significant discrepancies in risk assessment R for predicted events. A situation like that can occur when there are spurious interactions/correlations[19] in place between the *processes* under consideration.

In order to reliably assess the probability of a phenomenon, a relatively large population is needed, as basing statistical inference on a small sample can be subject to significant errors of the first[20] and second

pozorne interakcje/korelacje[19] pomiędzy rozpatrywanymi *procesami*.

Do rzetelnej oceny prawdopodobieństwa wystąpienia zjawiska potrzebna jest stosunkowo duża populacja, gdyż oparcie wnioskowania statystycznego na mało licznej próbie może być obciążone znacznymi błędami *I*-go[20] i *II*-go[21] rodzaju, co może prowadzić do całkowicie nieuprawnionych wniosków [6].

Często dane do analizy zagrożenia podawane są w wybranym odcinku czasu odniesienia[22]. Tego rodzaju statystyki mogą znacznie się różnić, zależnie od wybranego czasookresu[23].

NIEZAWODNOŚĆ

Analiza ryzyka[24] *R* jest częścią sposobu zarządzania bezpieczeństwem zapewniającym uporządkowane i konsekwentne działanie *systemu* w zakresie ciągłej jego zdatności do zapewnienia bezawaryjnej realizacji *procesów* leżących w sferze zainteresowania twórców *systemu*. Analiza ryzyka *R* jest powiązana z *modelem niezawodnościowym* struktury analizowanego *systemu*.

W *modelu niezwodnościowym* zastępuje się istniejące rzeczywiste[25] ich *modelem* odtwarzającym niezawodność tej *struktury*, który często różni się występującymi interakcjami od struktury fizycznej *systemu*. Przykładowo, jeśli od *systemu* oświetlenia o strukturze złożonej z dwóch punktów świetlnych, których wzajemna, fizyczna interakcja polega na tym, że są one połączone równolegle, wymaga się, aby świeciły oba[26], to struktura tego *systemu* ma szeregową strukturę niezawodnościową.

MODEL

Można przyjąć różne modele niezawodnościowe, lecz najczęściej wykorzystuje się *drzewa zdarzeń*. Metoda oparta o *drzewa zdarzeń* polega na zapisie deterministycznych relacji pomiędzy przyczyną a skutkiem z wykorzystaniem algebry *Boole'a*. W analizie ryzyka *systemów* spotyka się aplikacje tej metody wykorzystujące relacje pokazane w tab.1

kind[21], which can lead to completely unauthorized conclusions [6].

Data for hazard analysis is often provided in a selected reference time section[22]. Such statistics can vary significantly, depending on the selected time period[23].

RELIABILITY

Risk analysis[24] *R* is an element of security management which ensures the orderly and consistent operation of the system in terms of its continued suitability to ensure trouble-free execution of *processes* that the *system* developers are interested in. Risk analysis *R* is linked to the *reliability model* of the structure of the analysed *system*.

In the *reliability model* the existing real interactions[25] are replaced with a *model* that reproduces the reliability of this *structure*, which often differs from the physical structure of the system by the interactions that occur. For example, if in a lighting *system* with a structure that consists of two light points, whose mutual physical interaction is that they are connected in parallel, it is required that both of them shine[26], the structure of this *system* has a serial reliability structure.

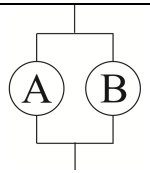
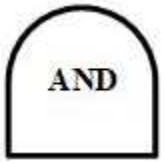
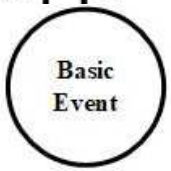
MODEL

Various reliability models can be assumed, but *event trees* are the ones which are most commonly used. The method based on *event trees* involves the notation of deterministic relations between cause and effect using *Boolean* algebra. In risk analysis for the *systems,* one encounters applications of this method which show the relationships presented in Table 1.

Tab. 1

Basic operators used in the construction of event trees and Markov chains [27].

Podstawowe operatory stosowane w konstrukcji drzew zdarzeń oraz łańcuchów Markowa [27].

Type of operation	Action	Structure	Symbols for the event tree	Relations of the set theory[28]	Boolean operators	Engineering symbols
Substitution *OR* (or)	must act A or B or simultaneously A and B†			∪	∨	+
Cut *AND* (and)	must act A and B			∩	∧	. or ·
Contradiction	contradiction of action			~	¬	
Output/ input	continuing the tree structure elsewhere					
Event	A occurred					

Tab. 2

Principles of Boolean algebra.

Zasady algebry *Boole'a*.

	Relations in the set theory	Engineering relations	Right
1a	$A \cap B = B \cap A$	$A \cdot B = B \cdot A$	commutative
1b	$A \cup B = B \cup A$	$A + B = B + A$	
2a	$(A \cap B) \cap C = A \cap (B \cap C)$	$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$	associative
2b	$(A \cup B) \cup C = A \cup (B \cup C)$	$(A + B) + C = A + (B + C)$	
3a	$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$	$A \cdot (B + C) = (A \cdot B) + (A \cdot C)$	distributive
3b	$A \cup B)(A \cup C)$	$A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$	
4a	$A \cap A = A$	$A \cdot A = A$	idempotence
4b	$A \cup A = A$	$A + A = A$	
5a	$A \cap (A \cup B) = A$	$A \cdot (A + B) = A$	absorption
5b	$A \cup (A \cap B) = A$	$A + A \cdot B = A$	
6a	$\bar{A} \cap A = \emptyset$	$\bar{A} \cdot A = \emptyset$	complement
6b	$\bar{A} \cup A = \Omega$	$\bar{A} + A = \Omega = 1$	
7	$\sim(\sim A) = A$	$\bar{\bar{A}} = A$	double negation
8a	$\sim(A \cap B) = \sim A \cup \sim B$	$\overline{A \cap B} = \bar{A} \cup \bar{B}$	De Morgan's
8b	$\sim(A \cup B) = \sim A \cap \sim B$	$\overline{A \cup B} = \bar{A} \cap \bar{B}$	
9a	$\emptyset \cap A = \emptyset$	$\emptyset \cdot A = \emptyset$	operations on empty sets and the whole space
9b	$\emptyset \cup A = A$	$\emptyset + A = A$	
9c	$\Omega \cap A = A$	$\Omega \cdot A = A$	
9d	$\Omega \cup A = \Omega$	$\Omega + A = \Omega$	
9e	$\sim\emptyset = \Omega$	$\bar{\emptyset} = \Omega$	
9f	$\sim\Omega = \emptyset$	$\bar{\Omega} = \emptyset$	
10a	$A \cup (\sim A \cap B) = A \cup B$	$A + \bar{A} \cdot B = A + B$	simplifying operations
10b	$\sim A \cap (A \cup \sim B) = \sim A \cap \sim B = \sim(A \cup B)$	$\bar{A} \cdot A + \bar{B} = \bar{A} \cdot \bar{B} = \overline{A + B}$	

where: X –denotes the result of event X, $X.Y$ –denotes the result of event X and Y, $X + Y$ –denotes the result of event X or Y, $\bar{X}$ –denotes the result of event opposite to event X, Ω; 1 –denotes a certain event, $\emptyset$ –denotes an impossible event

Analizy wykorzystujące $drzewa\ zdarzeń$ realizowane są w dwojaki sposób. $Drzewo\ zagrożeń$ analizowane jest metodą dedukcji „od góry", w celu poszukiwania przyczyn powstawania sytuacji problemowej. Ten sposób postępowania wykorzystywany jest często w technice do analizy ryzyka zawodności eksploatacyjnej R dla projektowanych $systemów$.

$Drzewo\ przyczyn$ analizowane jest „od dołu", przedstawiając wpływ różnych zdarzeń na zabezpieczenie przez $system$ możliwości niezakłóconej realizacji $procesu$. Ten sposób postępowania może być wykorzystywany do analizy ryzyka R projektowanych systemów, choć częściej jest stosowany do analizy ryzyka R przy eksploatacji systemów.

RELACJE

W tab. 2 zebrano zasady algebry zbiorów *Boole'a*. Na rys. 1 przedstawiono schematycznie prawdopodobieństwo zdarzenia warunkowego $P(A|B)$, które można zapisać w postaci równania: $P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$, stąd ogólnie dla zdarzenia $A \cap B$ przebiegającego sekwencyjnie —(A)—(B)—, oznaczanego w tab.1 jako bramka AND, można zapisać:

$$P(A \cap B) = P(A|B) \cdot P(B)$$

gdzie: $P(A)$ –oznacza prawdopodobieństwo zdarzenia A, $P(A \cap B)$ –oznacza prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia A i B, $P(A|B)$ –oznacza prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenie B pod warunkiem wcześniejszego zajścia zdarzenia A

Dla zdarzeń niezależnych $P(A|B) \equiv P(A)$, stąd zależność (1) można przepisać do prostszej postaci – tab. 3:

$$\forall_{P(A|B) \equiv P(A)} \quad P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$$

The analyses that use *event trees* are implemented in two ways. *The hazard tree* is analysed using the 'top-down' deduction method to look for the underlying causes of the problem situation. This approach is often used in engineering to analyse the risk of operational reliability *R* for the designed *systems.*

The cause tree is analysed in the bottom-up approach, and shows the impact of various events on the safeguarding of the possibility of uninterrupted *process* execution by the *system*. This approach can be used for risk analysis *R* of designed systems, although it is more commonly used for risk analysis *R* during the operation of systems.

RELATIONS

Table 2 collects the principles of *Boolean* set algebra. Fig. 1 schematically shows the probability of a conditional event $P(A|B)$, which can be noted in the form of an equation: $P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$, hence in general for event $A \cap B$, which runs sequentially —(A)—(B)—, denoted in Tab. 1 as a gate AND, can be noted as:

$$P(A \cap B) = P(A|B) \cdot P(B)$$

where: $P(A)$ –denotes the probability of event A, $P(A \cap B)$ –denotes the probability of event A and B, $P(A|B)$ –denotes the probability of event B occurring under the condition of a prior occurring of event A.

For independent events $P(A|B) \equiv P(A)$, hence the relation (1) can be rewritten to a simpler form – Tab. 3:

$$\forall_{P(A|B) \equiv P(A)} \quad P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$$

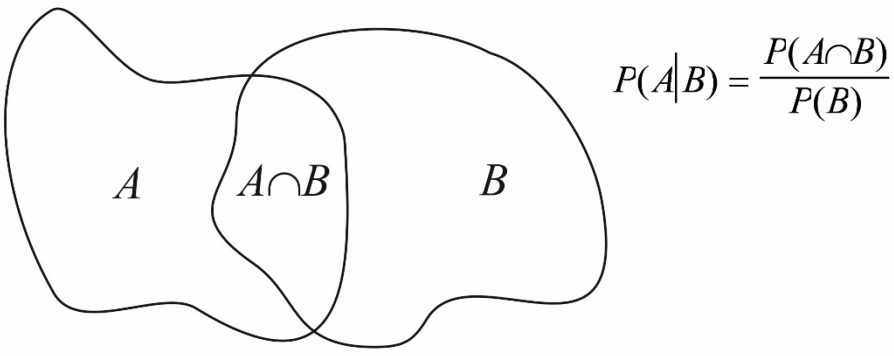


Fig. 1 Interpretation of relations between sets of events.

Rys. 1 Interpretacja relacji zachodzących pomiędzy zbiorami zdarzeń.

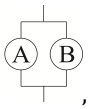
Tab. 3

Rules for calculating event probabilities for operations AND and OR.

Zasady obliczania prawdopodobieństw zdarzeń dla operacji *AND* i *OR*.

Operator	Probability
for dependent events $A \cap B \neq \emptyset$	
AND	$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B\|A) = P(B) \cdot P(A\|B)$
OR	$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$
for independent events $A \cap B = \emptyset$	
AND	$P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$
OR	$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$ $P(A \cup B) = 1 - P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B})$

Na podstawie rys. 1, dla zdarzeń alternatywnych



, oznaczanych w tab. 1, jako bramka OR, można zapisać:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

gdzie: $P(A)$ –oznacza prawdopodobieństwo zdarzenia A, $P(A \cup B)$ –oznacza prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia A lub B, $P(A \cap B)$ –oznacza prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia A i B.

Wykorzystując zależność (3), dla niezależnych zdarzeń alternatywnych, można równanie (4) przepisać do postaci – tab. 3:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B)$$

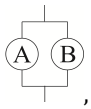
Korzystając z tego, że $P(A) = 1 - P(\bar{A})$ można obliczyć iloczyn: $P(A) \cdot P(B) = [1 - P(\bar{A})] \cdot [1 - P(\bar{B})] = 1 - P(\bar{B}) - P(\bar{A}) + P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B}) = P(B) - P(\bar{A}) + +P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B})$. Wstawiając to rozwiązanie do zależności (5) można otrzymać: $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(B) + P(\bar{A}) - P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B}) = P(A) + P(\bar{A}) - P(\bar{A}) \cdot \cdot P(\bar{B})$. Ponieważ $P(A) + P(\bar{A}) = P(A \cup \bar{A}) = P(\Omega) = 1$, to zależność (**5**) można zapisać w postaci alternatywnej:

$$P(A \cup B) = 1 - P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B})$$

gdzie: $P(\bar{A})$ –oznacza prawdopodobieństwo odwrotne do zdarzenia A.

Zgodnie z zależnością (3), dla iloczynu trzech sekwencyjnych zdarzeń niezależnych $A \cap B \cap C$ prawdopodobieństwo $P(A \cap B \cap C)$ wyniesie: $P(A \cap B \cap C) = P(A) \cdot P(B \cap C) = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C)$. Stąd ogólnie można zapisać, że dla i sekwencyjnych zdarzeń niezależnych podobieństwo ich zajścia wyniesie:

$$P(\bigcap_i A_i) = \prod_i P(A_i)$$



Based on Fig. 1, for alternative events , denoted in Table 1 as gate OR, we can note:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

where: $P(A)$ –denotes the probability of event A, $P(A \cup B)$ –denotes the probability of event A or B, $P(A \cap B)$ –denotes the probability of event A and B.

Using relation (3), for independent alternative events, equation (4) can be rewritten to – Tab. 3:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B)$$

Using the fact that $P(A) = 1 - P(\bar{A})$ the following product can be calculated: $P(A) \cdot P(B) = = [1 - P(\bar{A})] \cdot [1 - P(\bar{B})] = 1 - P(\bar{B}) - P(\bar{A}) + P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B}) = P(B) - P(\bar{A}) + +P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B})$. Inserting this solution into relation (**5**), we can obtain: $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(B) + P(\bar{A}) - P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B}) = P(A) + P(\bar{A}) - P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B})$. Since $P(A) + P(\bar{A}) = P(A \cup \bar{A}) = P(\Omega) = 1$, the relation (5) can be noted in alternative form:

$$P(A \cup B) = 1 - P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B})$$

where: $P(\bar{A})$ –denotes the opposite probability to event A.

According to relation (3), for the product of three sequential independent events $A \cap B \cap C$, the probability $P(A \cap B \cap C)$ will be: $P(A \cap B \cap C) = = P(A) \cdot P(B \cap C) = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C)$. Thus, in general, we can note that for i sequential independent events, the probability of their occurrence will be:

$$P(\bigcap\nolimits_i A_i) = \prod\nolimits_i P(A_i)$$

gdzie: $\bigcap_i A_i$ –oznacza iloczyn złożony z i zdarzeń A_i.

Dla sumy trzech alternatywnych zdarzeń niezależnych $A \cup B \cup C$ ich prawdopodobieństwo $P(A \cup B \cup C)$ wyniesie: $P(A \cup B \cup C) = 1 - P(\bar{A}) \cdot P(\overline{B \cup C}) = 1 - P(\bar{A}) \cdot P(\bar{A} \cap \bar{B})$. Stąd zgodnie z (6) można zapisać: $P(A \cup B \cup C) = 1 - P(\bar{A}) \cdot P(\bar{B}) \cdot P(\bar{C})$. Ogólnie dla i alternatywnych zdarzeń niezależnych, podobieństwo ich zajścia można zapisać w postaci[29]:

$$P(\bigcup_i A_i) = 1 - \prod_i P(\bar{A}_\iota)$$

gdzie: $\bigcup_i A_i$ –oznacza sumę złożoną z i zdarzeń A_i,

STRUKTURA DUALNA

Dla systemu złożonego z dwóch elementów, które mogą być jedynie w dwóch stanach: $zdatności$ i $niezdatności$, można wykazać, że możliwe struktury[30] to: $równoległa$ i $szeregowa$[7].

$Modelem\ analitycznym\ struktury\ niezawodnościowej$ może być wyrażenie algebraiczne, które w sposób jednoznaczny określa stan systemu X na podstawie stanu jego elementów: $X(x_1..x_i) \mid X; x_i \in \{1,0\}$. Ścieżki zdatności dla struktury $systemu$ można dzielić na podstruktury, nazywane $cięciami$, dla których przy niezdatności wszystkich jej elementów $system$ będzie niezdatny. Cięcia struktury zdatności, odpowiadają ścieżkom $struktury\ dualnej$, definiowane są wzorem [7,8].

$$X_D(x_1..x_i) \stackrel{\text{def}}{=} 1 - X(1 - x_1..1 - x_i) \mid X_D; X; x_i \in \{1,0\} \wedge (X_D)_D \equiv X$$

gdzie: X_D –stan systemu ze strukturą dualną, X –stan rozpatrywanego systemu, x_i –stan elementu i dla rozpatrywanej struktury systemu.

Zdarzenie szczytowe T w strukturze drzewa błędów FT[31] oznacza awarię $systemu$. Z punktu widzenia niezawodności bardziej interesujące jest zapobieganie awarii $systemu$. Aby górne zdarzenie w drzewie błędów zastąpić brakiem występowania zdarzenia szczytowego[32] $\bar{T}$, to w oryginalnym drzewie błędów należy wstawić dopełnienia wszystkich zdarzeń i zastąpić bramki OR bramkami AND i odwrotnie [8]. Takie drzewo posiada tzw. $strukturę\ dualną$ do oryginalnego drzewa błędów.

Dla zdarzeń niezależnych, $strukturą\ dualną$ dla konfiguracji równoległej jest konfiguracja szeregowa i odwrotnie, ponieważ zgodnie z (3), (5) i (9) [7].

$$X_D(A \cup B = A + B - A \cdot B) \stackrel{\text{def}}{=} 1 - (1 - A) - (1 - B) + (1 - A) \cdot (1 - B) = A \cdot B = X(A \cap B)$$

CIĘCIA

Zgodnie z definicją, zestaw minimalnych cięć stanowi najmniejszą kombinację[33] głównych zdarzeń, wystarczającą do wystąpienia zdarzenia szczytowego T. W kombinacji tej wszystkie niezdatności muszą wystąpić, aby doszło do zdarzenia szczytowego[34] T. Każde drzewo błędów FT będzie składało się ze skończonej liczby minimalnych zestawów cięć, które są unikalne dla rozpatrywanego wydarzenia szczytowego T. Jeśli istnieją jednoskładnikowe zestawy minimalnych cięć, to reprezentują one pojedyncze niezdatności[35], które spowodują wystąpienie zdarzenia szczytowego

where: $\bigcap_i A_i$ –denotes the product composed of i events A_i.

For the sum of three alternative independent events $A \cup B \cup C$, their probability $P(A \cup B \cup C)$ will be: $P(A \cup B \cup C) = 1 - P(\bar{A}) \cdot P(\overline{B \cup C}) = 1 - -P(\bar{A}) \cdot P(\bar{A} \cap \bar{B})$. Hence, according to (6) we can note: $P(A \cup B \cup C) = 1 - P(\bar{A}) \cdot \cdot P(\bar{B}) \cdot P(\bar{C})$. In general, for i alternative independent events, the similarity of their occurrence can be noted as[29]:

$$P(\bigcup_i A_i) = 1 - \prod_i P(\bar{A}_\iota)$$

where: $\bigcup_i A_i$ –denotes the sum composed of i events A_i,

DUAL STRUCTURE

For a system consisting of two elements that can only be in two states: *fit and unfit*, it can be shown that the possible structures[30] are: *parallel and serial* [7].

The analytical model of the reliability structure can be an algebraic expression that explicitly defines the state of the system X based on the state of its components: $X(x_1..x_i) \mid X; x_i \in \{1,0\}$. The suitability paths for the *system* structure can be divided into substructures, called *cuts*, for which, with all its elements unfit, the *system* will be unfit. The cuts of the fitness structure, which correspond to the paths of the *dual structure*, are defined by the formula [7,8].

$$X_D(x_1..x_i) \stackrel{\text{def}}{=} 1 - X(1 - x_1..1 - x_i) \mid X_D; X; x_i \in \{1,0\} \wedge (X_D)_D \equiv X$$

where: X_D –state of the system with a dual structure, X –state of the system under consideration, x_i –state of the element $i$for the system structure under consideration.

The peak event Tin the fault tree structure FT[31] indicates a *system* failure. From a reliability standpoint, it is more interesting to prevent *system* failure. To replace the top event in the fault tree with the non-occurrence of a peak event[32] $\bar{T}$, then in the original fault tree the complements of all events need to be inserted, and gates OR should be replaced with gates AND and vice versa [8]. Such a tree has the so-called dual structure in relation to the original fault tree.

For independent events, *dual structure* for the parallel configuration is the serial configuration and vice versa, because according to (3), (5) and (9) [7].

$$X_D(A \cup B = A + B - A \cdot B) \stackrel{\text{def}}{=} 1 - (1 - A) - (1 - B) + (1 - A) \cdot (1 - B) = A \cdot B = X(A \cap B)$$

CUTS

According to the definition, the set of minimum cuts is the smallest combination[33] of major events, sufficient for a peak event T to occur. In this combination, all the unfit events must occur for a peak event T to occur[34]. Each fault tree FT will consist of a finite number of minimum cut sets that are unique to the peak event Tunder consideration. If there are single-component sets of minimum cuts, they represent single unfit events[35] that will bring about a peak event T. Two-component sets of minimum cuts, represent dual unfit events that together will bring about a peak event T. In the case of

T. Dwuskładnikowe zestawy minimalnych cięć, reprezentują podwójne niezdatności, które razem spowodują wystąpienie zdarzenia szczytowego T. W przypadku $n-$komponentowego minimalnego cięcia, wszystkie n komponentów w cięciu muszą wystąpić, aby wystąpiło zdarzenie szczytowe T. Zgodnie z algebrą zbiorów *Boole'a* można zapisać wyrażenia na minimalny zestaw cięć M dla zdarzenia szczytowego T, jako: $T = \sum M_i$, gdzie każde minimalne cięcie M_i jest kombinacją zdarzeń X: $M_i = \prod X_j$. Do upraszczania struktury podczas analiz opartych o drzewa zdarzeń stosuje się najczęściej prawo dystrybucji[36] i absorbcji[37]. Przykład struktury drzewa zdarzeń pokazano na rys. 2 [8].

$n-$component minimum cut, all n components in the cut must occur for a peak event T to be brought about. According to Boolean algebra of sets, expressions for the minimum set of cuts M for a peak event T, can be noted as: $T = \sum M_i$, where each minimum cut M_i is a combination of events X: $M_i = \prod X_j$. The laws of distribution[36] and absorption[37] are most often used to simplify the structure during the analyses based on event trees. An example of an event tree structure is shown in Fig. 2 [8].

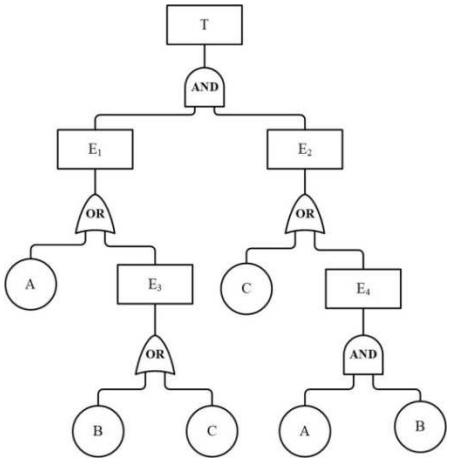


Fig. 2 Example event tree structure [8].

Rys. 2 Przykładowa struktura drzewa zdarzeń [8].

Zapis przedstawionej struktury można przedstawić zgodnie z algebrą zbiorów *Boole'a*, jako [8].

$$T = E_1 \cdot E_2$$
$$E_1 = A + E_3$$
$$E_3 = B + C$$
$$E_2 = C + E_4$$
$$E_4 = A \cdot B$$
$$T = (A + E_3) \cdot (C + E_4) = A \cdot C + E_3 \cdot C + E_4 \cdot A + E_3 \cdot E_4$$
$$T = A \cdot C + (B + C) \cdot C + E_4 \cdot A + (B + C) \cdot E_4$$
$$\rightarrow \quad T = A \cdot C + B \cdot C + C \cdot C + E_4 \cdot A + E_4 \cdot B + E_4 \cdot C$$
$$A \cdot C + B \cdot C + C \cdot C + E_4 \cdot C = C$$
$$T = A \cdot C + B \cdot C + C \cdot C + E_4 \cdot A + E_4 \cdot B + E_4 \cdot C$$
$$T = C + A \cdot C \cdot A + A \cdot B \cdot B = A \cdot B + C$$

Dualną strukturą do otrzymanej będzie:

$$\bar{T} = \overline{A \cdot B + C} = \overline{A \cdot B} \cdot \bar{C}$$
$$\bar{T} = (\bar{A} + \bar{B}) \cdot \bar{C}$$
$$\bar{T} = \bar{A} \cdot \bar{C} + \bar{B} \cdot \bar{C}$$

Stąd, nie wystąpi niezdatność struktury przedstawionej na rys. 2 jeżeli nie wystąpią jednocześnie zdarzenia A i C lub nie wystąpią jednocześnie zdarzenia B i C.

NIEZAWODNOŚĆ

Z modelu struktury binominalnej sytemu $R(x_1..x_i) \mid X: x_i \in \{1, 0\}$ można przejść do struktury probabilistycznej: $R(P_1..P_i) \mid P_i \in [1, 0]$, gdzie prawdopodobieństwa P spełniają warunek:

The notation of the presented structure can be represented according to Boolean algebra of sets as [8].

$$T = E_1 \cdot E_2$$
$$E_1 = A + E_3$$
$$E_3 = B + C$$
$$E_2 = C + E_4$$
$$E_4 = A \cdot B$$
$$T = (A + E_3) \cdot (C + E_4) = A \cdot C + E_3 \cdot C + E_4 \cdot A + E_3 \cdot E_4$$
$$T = A \cdot C + (B + C) \cdot C + E_4 \cdot A + (B + C) \cdot E_4$$
$$\rightarrow \quad T = A \cdot C + B \cdot C + C \cdot C + E_4 \cdot A + E_4 \cdot B + E_4 \cdot C$$
$$A \cdot C + B \cdot C + C \cdot C + E_4 \cdot C = C$$
$$T = A \cdot C + B \cdot C + C \cdot C + E_4 \cdot A + E_4 \cdot B + E_4 \cdot C$$
$$T = C + A \cdot C \cdot A + A \cdot B \cdot B = A \cdot B + C$$

The dual structure to the one that has been received will be:

$$\bar{T} = \overline{A \cdot B + C} = \overline{A \cdot B} \cdot \bar{C}$$
$$\bar{T} = (\bar{A} + \bar{B}) \cdot \bar{C}$$
$$\bar{T} = \bar{A} \cdot \bar{C} + \bar{B} \cdot \bar{C}$$

Hence, there will be no unfitness in the structure shown in Fig. 2 if events A and C, or B and C do not occur simultaneously.

RELIABILITY

From the binomial structure model of system $R(x_1..x_i) \mid X: x_i \in \{1, 0\}$, we can proceed to a probabilistic structure: $R(P_1..P_i) \mid P_i \in [1, 0]$, where

$$\forall_{X:x_i\in\{0;1\}} \quad \begin{cases} P(x_i = 1) = p_i \\ P(x_i = 0) = 1 - p_i \end{cases} \mid \forall_{i\in\mathbb{N}}\ p_i \in [0,1]$$

gdzie: P –prawdopodobieństwo, p_i –wartość i –tego prawdopodobieństwa P, X –zmienna losowa, x_i –realizacja i dla zmiennej losowej X.

Prawdopodobieństwo R_i nazywane jest $zawodnością\ elementu\ i$. $Zawodność\ R$ jest równa wartości oczekiwanej EX dla zmiennej losowej X: $EX = P(X{:}\,1 \leftarrow x) \cdot 1 + P(X{:}\,0 \leftarrow x) \cdot 0 = p$.

Probabilistyczny model $procesu$ przebiegającego w $systemie$ umożliwia już nie tylko śledzenie $zdatności\ systemu$, gdy awarii ulegnie część jego struktury, lecz szacowanie prawdopodobieństwa prawidłowego przebiegu $procesu$. Jeśli oznaczyć czas τ poprawnego działania $procesu$, jako realizację zmiennej losowej T, to niezakłócony przebieg $procesu$ będzie trwał czas $t = 0$ do czasu $t = \tau$, stąd $zawodność\ procesu$ można zapisać jak $R(T{:}\,t \le \tau)$.

Dla struktury szeregowej układ przejdzie ze stanu zdatności do stanu niezdatności, jeśli uszkodzeniu ulegnie chociażby jeden z elementów: $\tau = \min\{\tau_1..\tau_i\}$, gdzie $\tau_1..\tau_i$ oznaczają realizację zmiennych losowych $T_1..T_i$, a czas τ, będący realizacją zmiennej losowej T, oznacza odcinek czasu od $t = 0$ do czasu $t = \tau$ dla nieprzerwanej realizacji $procesu$. Czas t może być jednak krótszy od czasu τ, gdyż $system$ może być wyłączony przed upływem czasu τ lub zatrzymany w wyniku awarii zewnętrznej uniemożliwiającej dalsze działanie $systemu$. Dla zdarzeń niezależnych, $zawodność$ R można zapisać równaniem: $R \equiv P(t_i \le \tau_i) = P(t \le \tau_1..t \le \tau_i)$.

Dla niezależnych zmiennych losowych T_i: $\forall_{i\neq j}\ T_i \notin T_j$ to $R = P(t \le \tau_1) \cdot\cdot P(t \le \tau_i)$, można zapisać:

$$\forall_{T_i\notin T_j\ \mid\ i\neq j}\ R = \prod_i p_i \ \Big|\ p_i = P(T_i{:}\,t \le \tau_i)$$

gdzie: T_i –zmienna losowa, R –zawodność, t –czas, τ –czas bezawaryjnej pracy.

Struktura równoległa pozostaje w stanie zdatności, gdy chociaż jeden z elementów jest w stanie zdatności, stąd można zapisać: $1 - R = P(t > \tau) = P(t > \tau_1..t > \tau_i)$. Dla zdarzeń niezależnych $niezawodność$ $1 - R$ można zapisać równaniem: $\forall_{i\neq j} T_i \notin T_j \ \rightarrow\ 1 - R = P(t > \tau_1) \cdot\cdot P(t > \tau_i)$, co ostatecznie można zapisać:

$$\forall_{T_i\notin T_j\ \mid\ i\neq j}\ 1 - R = 1 - \prod\nolimits_i (1 - p_i) \ \Big|\ p_i = P(T_i{:}\,t \le \tau_i)$$

Równania (12) i (13) są analogiczne do wyprowadzonych wcześniej (7) i (8).

Sposób szacowania zdatności $systemu$ do podtrzymania[38] przebiegających w nim $procesów$, szacowania prawdopodobieństwa awarii elementów jego struktury czy zbieraniu takich danych w oparciu o czasy bezawaryjnej pracy podczas eksploatacji $systemu$, stanowi podstawę analizy zagrożeń i ich przyczyn.

DRZEWO PRZYCZYN

Za prosty przykład analizy przyczyn zagrożeń posłuży oszacowanie prawdopodobieństwa p_T utraty zasilania powietrzem elementu $systemu$ o strukturze składającej się z hełmu nurkowego wyposażonego

the probabilities P fulfil the condition:

$$\forall_{X:x_i\in\{0;1\}} \quad \begin{cases} P(x_i = 1) = p_i \\ P(x_i = 0) = 1 - p_i \end{cases} \mid \forall_{i\in\mathbb{N}}\ p_i \in [0,1]$$

where: P –probability, p_i –value i –of this probability P, X –random variable, x_i –realization of i for random variable X .

The probability R_i is called the *unreliability of element i*. Unreliability R is equal to the expected value EX for a random variable X: $EX = P(X{:}\,1 \leftarrow x) \cdot 1 + P(X{:}\,0 \leftarrow x) \cdot 0 = p$.

The probabilistic model of the *process* running in the *system* makes it possible not only to track the *fitness of the system* when part of its structure fails, but also to estimate the probability of the correct course of the *process*. If we were to mark time τ of the correct operation of the *process* as the realization of random variable T, then the undisturbed course of the *process* will last $t = 0$ to $t = \tau$, hence the *unreliability of the process* can be noted as $R(T{:}\,t \le \tau)$.

For a series structure, the system will go from a state of fitness to a state of unfitness if even one of the components fails: $\tau = \min\{\tau_1..\tau_i\}$, where $\tau_1..\tau_i$ denote the realization of random variables $T_1..T_i$, and time τ, which is the realization of random variable T, denotes the time segment from $t = 0$ to $t = \tau$ for the uninterrupted execution of the *process.* However, time t may be shorter than time τ, as the *system* may be shut down before the time τ is up or stopped due to an external failure that prevents the *system* from continuing to operate. For independent events, *unreliability* R can be noted with the equation: $R \equiv P(t_i \le \tau_i) = P(t \le \tau_1..t \le \tau_i)$. For independent random variables T_i: $\forall_{i\neq j}\ T_i \notin T_j$ is $R = P(t \le \tau_1) \cdot\cdot P(t \le \tau_i)$, the following can be noted:

$$\forall_{T_i\notin T_j\ \mid\ i\neq j}\ R = \prod_i p_i \ \Big|\ p_i = P(T_i{:}\,t \le \tau_i)$$

where: T_i –random variable, R –unreliability, t –time, τ –defect-free work time.

A parallel structure remains in a state of fitness when at least one of the elements is in a state of fitness, hence the following can be noted: $1 - R = P(t > \tau) = P(t > \tau_1..t > \tau_i)$. For independent events, *reliability* $1 - R$ can be noted with an equation:$\forall_{i\neq j} T_i \notin T_j \ \rightarrow\ 1 - R = P(t > \tau_1) \cdot\cdot P(t > \tau_i)$, which can ultimately be noted as:

$$\forall_{T_i\notin T_j\ \mid\ i\neq j}\ 1 - R = 1 - \prod\nolimits_i (1 - p_i) \ \Big|\ p_i = P(T_i{:}\,t \le \tau_i)$$

Equations (12) and (13) are analogous to the previously derived (7) and (8).

The manner of estimating the suitability of the *system* to sustain[38] the *processes* that are taking place in it, estimating the probability of failure in the elements of its structure or collecting such data based on the fault-free time during the operation of the *system*, is the basis for analysing hazards and their causes.

CAUSE TREE

A simple example of how causes of hazard are analysed would be to estimate the probability p_T of losing air supply to a *system* component with a structure consisting of a diving helmet equipped with a breathing

w automat oddechowy zasilany przewodowo z $podsystemu$ kompresora.

Na podstawie ponad 10 −letniej obserwacji częstości występowania różnych zdarzeń zachodzących podczas eksploatacji $systemu$ nurkowego, oszacowano prawdopodobieństwa uszkodzenia: przewodu zasilającego hełm nurkowy p_B, hełmu nurkowego p_C, reduktora p_D oraz kompresora p_A [9].

apparatus powered from a wired compressor *subsystem*.

Based on more than a 10 −year long observation of the incidence of various events occurring during the operation of the diving *system*, the probabilities of damage to: the diving helmet supply line p_B, diving helmet p_C, reducer p_D and compressor p_A were estimated [9].

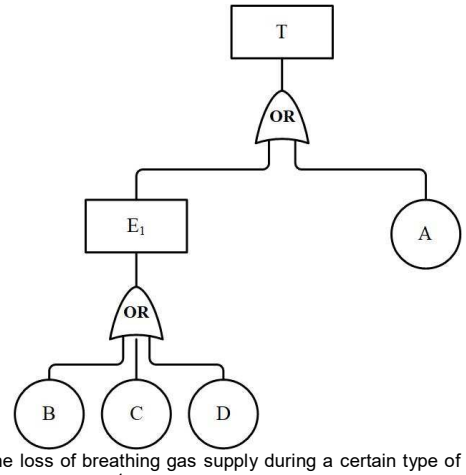


Fig. 3. Cause analysis of the hazards that make up the loss of breathing gas supply during a certain type of diving [9] where: T: Loss of air supply $p_T \cong$ $\cong 2.078 \cdot 10^{-4}$; E_1: Damage to a diver's equipment $p_{E_1} \cong 1.678 \cdot 10^{-4}$; A: Damage to the compressor $p_A \cong 4.000 \cdot 10^{-5}$; B: Damage to the umbilical cable $p_B \cong 7.718 \cdot 10^{-5}$; C: Damage to the helmet $p_C \cong 6.538 \cdot 10^{-5}$; D: Damage to the diving regulator $p_D \cong 2.526 \cdot 10^{-5}$.

Rys. 3 Analiza przyczyn powstawania zagrożeń składających się na utratę zasilania czynnikiem oddechowym podczas pewnego typu nurkowań [9] gdzie: T: Utrata zasilania powietrzem $p_T \cong\cong 2{,}078 \cdot 10^{-4}$; E_1: Uszkodzenie wyposażenia nurka $p_{E_1} \cong 1{,}678 \cdot 10^{-4}$; A: Uszkodzenie kompresora $p_A \cong 4{,}000 \cdot 10^{-5}$; B: Uszkodzenie pępowiny $p_B \cong 7{,}718 \cdot 10^{-5}$; C: Uszkodzenie hełmu $p_C \cong 6{,}538 \cdot 10^{-5}$; D: Uszkodzenie automatu oddechowego $p_D \cong 2{,}526 \cdot 10^{-5}$.

Wytypowane zdarzenia elementarne można wpisać w strukturę drzewa błędów FT, którą przedstawiono na rys. 3.

Prawdopodobieństwo dla zdarzeń niezależnych $P(E_1)$, związanych z możliwością dysfunkcji[39] hełmu wyniesie: $P(E_1) = P(B \cup C \cup D)$. Zgodnie z rys. 3 i zależnością (8) można oszacować je na poziomie:

$$P(E_1) = 1 - \{[1 - P(B)] \cdot [1 - P(C)] \cdot [1 - P(D)]\} =$$
$$= 1 - [(1 - 7{,}718 \cdot 10^{-5}) \cdot (1 - 6{,}538 \cdot 10^{-5}) \cdot (1 - 2{,}526 \cdot 10^{-5}) =$$
$$\cong 1{,}678 \cdot 10^{-4}$$

Prawdopodobieństwo utraty zasilania powietrzem, jako zawodność R, można zapisać jako: $R \equiv P(T) = P(A \cup E_1) = P(A \cup B \cup C \cup D)$, które zgodnie z rys. 3 i zależnością (**8**) można oszacować na poziomie:

$$R \equiv P(T) = 1 - \{[1 - P(E_1)] \cdot [1 - P(A)]\} =$$
$$= 1 - [(1 - 1{,}678 \cdot 10^{-5}) \cdot (1 - 1{,}4000 \cdot 10^{-5}) =$$
$$\cong 2{,}078 \cdot 10^{-4}$$

Zatem prawdopodobieństwo utraty zasilania powietrzem $P(T)$, stanowiące ryzyko zawodności R dysfunkcji rozpatrywanego $systemu$, wyniesie ok. $R \cong 2{,}078 \cdot 10^{-4}$, dla analizowanego rodzaju nurkowań.

DRZEWO ZAGROŻEŃ

Przykładowa analiza przyczyn powstawania ryzyka zawodności R, na drodze analizy $drzewa\ zagrożeń$, pokazano na przykładzie zasilania nurka powietrzem z $systemu$ złożonego ze sprężarki, sprężarki awaryjnej oraz zbiorników zlokalizowanych na podeście opustowym[40] dla nurka.

Na podstawie wieloletnich obserwacji ustalono, że dla powietrznych nurkowań przewodowych

The selected events can be entered in the structure of the fault tree FT, which is shown in Fig. 3.

The probability for independent events $P(E_1)$, related to the possibility of helmet dysfunction[39] will be: $P(E_1) = P(B \cup C \cup D)$. According to Fig. 3 and relation (8), it can be estimated at:

$$P(E_1) = 1 - \{[1 - P(B)] \cdot [1 - P(C)] \cdot [1 - P(D)]\} =$$
$$= 1 - [(1 - 7.718 \cdot 10^{-5}) \cdot (1 - 6.538 \cdot 10^{-5}) \cdot (1 - 2.526 \cdot 10^{-5}) =$$
$$\cong 1.678 \cdot 10^{-4}$$

The probability of air supply loss as unreliability R can be noted as: $R \equiv P(T) = P(A \cup E_1) = P(A \cup B \cup C \cup D)$, which according to fig. 3 and relation (**8**) may be estimated at:

$$R \equiv P(T) = 1 - \{[1 - P(E_1)] \cdot [1 - P(A)]\} =$$
$$= 1 - [(1 - 1.678 \cdot 10^{-5}) \cdot (1 - 1.4000 \cdot 10^{-5}) =$$
$$\cong 2.078 \cdot 10^{-4}$$

Thus, the probability of air supply loss $P(T)$, representing a risk of unreliable R dysfunction of the *system* under consideration, will be about $R \cong 2.078 \cdot 10^{-4}$, for the analysed type of diving.

HAZARD TREE

An example analysis of the causes of unreliability risk R, by way of *hazard tree* analysis, is shown on the example of supplying a diver with air from a *system* consisting of a compressor, a backup compressor and tanks located on the diver's lowering[40] platform.

Based on many years of observations it was determined that for surface-supplied diving conducted in the above-defined *system*, the probability of losing the supply of breathing gas p_T was the same as in the

prowadzonych w wyżej zdefiniowanym $systemie$, prawdopodobieństwo utraty zasilania czynnikiem oddechowym p_T wyniosło tyle samo co w poprzednio omawianym przykładzie [9]. Analiza działań podejmowanych przez nurków, polegających na przełączeniu się na zasilanie z butli zlokalizowanych na platformie opustowej E_2 oraz podejmowanych przez obsługę, polegającą na zmianie sprężarki zasadniczej na zapasową E_1, pokazała że działania te podejmowano tak samo często dla zdefiniowanego $systemu$. Zatem, częstość względna ν dla tych przypadków wyniosła: $\nu_{E_1} = \nu_{E_2} = 0{,}5$. Na podstawie definicji częstościowej prawdopodobieństwa można zatem przyjąć, że: $p_{E_1} = p_{E_2} = 0{,}5$ – rys. 4.

Na podstawie ponad 10 –letniej obserwacji częstości występowania różnych zdarzeń zachodzących podczas eksploatacji różnych $systemów$ nurkowych wiadomo, że prawdopodobieństwo dysfunkcji sprężarki p_1 wynosi w przybliżeniu $p_1 \cong 4{,}000 \cdot 10^{-5}$.

previously discussed example [9]. An analysis of the actions taken by divers to switch to supply from cylinders located on the lowering platform E_2 and taken by the staff to change from the primary compressor to the backup one E_1, has shown that these actions were taken just as often for the defined *system*. Thus, the relative frequency ν for these cases was: $\nu_{E_1} = \nu_{E_2} = 0.5$. Thus, based on the frequency definition of probability, it can be assumed that: $p_{E_1} = p_{E_2} = 0.5$ – fig. 4.

Based on more than a 10 –year observation of the frequency of various events occurring during the operation of various diving *systems*, we know that the probability of compressor dysfunction p_1 is approximately $p_1 \cong 4.000 \cdot 10^{-5}$.

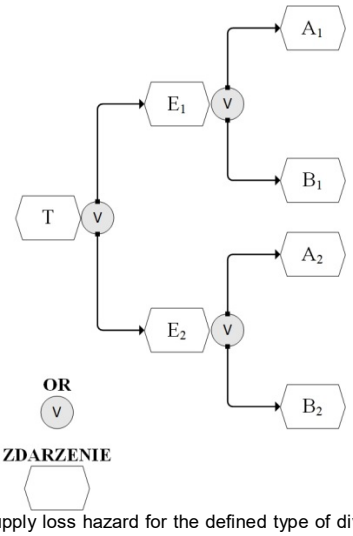


Fig. 4 The top-down analysis of the causes of breathing air supply loss hazard for the defined type of diving [9], where: T: Loss of air supply $p_T \cong 2.078 \cdot 10^{-4}$; E_1: Switching to backup compressor $p_{E_1} = 0.5$; E_2: Switching to backup power $p_{E_2} = 0.5$; A_1: Diving accident $p_{A_1} \cong 0.3871$; A_2: Diving accident $p_{A_2} \cong 0.3871$; B_1: Emergency abortion of dive $p_{B_1} \cong 0.6129$; B_2: Emergency abortion of dive $p_{B_2} \cong 0.6129$.

Rys. 4 Analiza od góry dotycząca przyczyn powstawania zagrożeń utraty zasilania powietrzem oddechowym dla zdefiniowanego typu nurkowania [9], gdzie: T: Utrata zasilania powietrzem $p_T \cong 2{,}078 \cdot 10^{-4}$; E_1: Przejście na sprężarkę awaryjną $p_{E_1} = 0{,}5$; E_2: Przejście na zasilanie awaryjne $p_{E_2} = 0{,}5$; A_1: Wypadek nurkowy $p_{A_1} \cong 0{,}3871$; A_2: Wypadek nurkowy $p_{A_2} \cong 0{,}3871$; B_1: Awaryjne przerwanie nurkowania $p_{B_1} \cong 0{,}6129$; B_2: Awaryjne przerwanie nurkowania $p_{B_2} \cong 0{,}6129$.

Na tej samej podstawie oszacowano także, na tym samym poziomie, prawdopodobieństwo p_1 nieprawidłowego działania systemu po przełączeniu się na zasilanie z butli dzwonowych: $p_2 \cong 4{,}000 \cdot 10^{-5}$. Prawdopodobieństwa dysfunkcji sprężarki p_1 i dysfunkcji zbiorników gazu p_2 odnosiły się do sytuacji potencjalnie niebezpiecznej B_1 i B_2, polegającej na konieczności przejścia przez nurka na awaryjne zasilanie z aparatu ucieczkowego co powodowało przerwanie nurkowania, lecz bez wystąpienia wypadku nurkowego.

Prawdopodobieństwo wystąpienia wypadku nurkowego p_3 po zaistnieniu dysfunkcji sprężarki awaryjnej E_1 oraz p_4 po zaistnieniu dysfunkcji zbiornika gazu E_2 oszacowano na tym samym poziomie co prawdopodobieństwo uszkodzenia reduktora zapotrzebowania[41], $p_3 = p_4 \cong 2{,}526 \cdot 10^{-5}$.

Należy zauważyć, że wyżej przedstawione oszacowania prawdopodobieństw, dla darzenia dysfunkcji sprężarki awaryjnej B_1, dysfunkcji zbiorników gazu na dzwonie nurkowym B_2, zaistnienia wypadku nurkowego po przełączeniu zasilania na zasilanie ze

On the same basis, the probability p_1 of system malfunction following the switch to bell cylinders was also estimated at the same level: $p_2 \cong 4.000 \cdot 10^{-5}$. The probabilities of compressor p_1 and gas tank p_2 dysfunction referred to a potentially dangerous situation B_1 and B_2, involving the diver's need to switch to emergency power from the escape respirator, which caused the dive to be interrupted, but without the occurrence of a diving accident.

The probability of a diving accident p_3 following a backup compressor malfunction E_1, and p_4 following a gas tank malfunction E_2 was estimated to be at the same level as the probability of a demand regulator failure[41], $p_3 = p_4 \cong 2.526 \cdot 10^{-5}$.

It should be noted that the presented estimates of probability, for the occurrence of a dysfunction in backup compressor B_1, dysfunction in diving bell gas tanks B_2, the occurrence of a diving accident following a switch to backup compressor supply[42] $A_1|E_1$, and the occurrence of a diving accident after switching to bell tank supply[43] $A_2,|E_2$, were estimated from observations

sprężarki awaryjnej[42] $A_1|E_1$, oraz zaistnienia wypadku nurkowego po przełączeniu zasilania na zasilanie ze zbiorników dzwonowych[43] $A_2,|E_2$, zostały oszacowane z obserwacji dla wszystkich obserwowanych $systemów$, nie tylko dla zdefiniowanego wyżej. Ponieważ zdarzenia te mogły odnosić się do występowania wielu innych potencjalnych zdarzeń, to powinny być one znormalizowane[44] do sytuacji przedstawionej na rys. 4.

Znormalizowane do jedności prawdopodobieństwa, poprawnego działania aparatu ucieczkowego po awarii zasilania ze sprężarki zapasowej, jak i z zestawu butli zlokalizowanych na dzwonie $p_{B_1} + p_{B_2} = 1$ można obliczyć na podstawie znanych prawdopodobieństw: $p_{B_1} = p_{B_2} = \frac{p_1}{p_{1+p_3}} = \frac{p_2}{p_{2+p_4}} \cong 0{,}6129$ oraz dla p_{A_1} i p_{A_2} jako dopełnienie: $p_{A_1} = p_{A_2} = 1 - 0{,}6129 \cong 0{,}3871$.

Oszacowanie interesującego prawdopodobieństwa zagrożenia wypadkiem nurkowym po utracie zasilania czynnikiem oddechowym T można przedstawić rachunkiem zdarzeń: $R \triangleq P(T) \cdot P[(E_1 \cap A_1) \cup (E_2 \cap A_2)]$ [9]. Stąd: $R = p_T \cdot (p_{E_1} \cdot p_{A_1} + p_{E_2} \cdot p_{A_2}) \cong 2{,}078 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}3871 \cong 8{,}044 \cdot 10^{-5}$.

Uwidoczniony na rys. 4, przykład analizy przyczyn powstawania ryzyka zawodności R, na drodze analizy $drzewa\ zagrożeń$, najczęściej ma miejsce, gdy występują luki w wartościach prawdopodobieństw dla poszczególnych zdarzeń. Wtedy szacuje się niektóre zdarzenia w sposób przybliżony lub na tym samym poziomie, gdyż w przeciwnym razie wykonanie oszacowań byłoby niemożliwe.

NURKOWANIA WOJSKOWE

Proces szacowania zagrożenia R dla technologii nurkowania przedstawiono na przykładzie analizy sytuacji potencjalnie niebezpiecznej związanej z wystąpieniem choroby nurkowej DCI[45]. Dane zaczerpnięto z badań nad technologią nurkowania z wykorzystaniem aparatu nurkowego $Mx/O_2 - SCR\ CRABE\ SCUBA$.

Przy pomocy drzewa przyczyn można zaproponować podobny schemat dla oszacowania wystąpienia sytuacji potencjalnie niebezpiecznej związanej podczas nurkowania z wykorzystaniem aparatu nurkowego typu $Mx/O_2 - SCC\ CRABE\ SCUBA$. Założono, że sytuacja potencjalnie niebezpieczna związana jest z:

- E_1: ekspozycją na ośrodkową formę zatrucia tlenowego $CNSyn$,
- E_2: ekspozycją hiperbaryczną związaną z możliwością wystąpienia objawów choroby ciśnieniowej DCS,
- E_3: ekspozycją na ryzyko związane z utratę zasilania aparatu nurkowego.

Średnie ryzyko p_{E_1} związane z możliwością wystąpienia ośrodkowej formy zatrucia tlenowego $CNSyn$ określono tutaj na 5,5%: $p_{E_1} = 5{,}50 \cdot 10^{-2}$.

Na podstawie przeprowadzonych badań, średnie ryzyko p_{E_2} związane z możliwością wystąpienia choroby dekompresyjnej DCS zarówno dla nurkowań Tx jak i Nx oszacowano na poziomie $P(DCS;\ \alpha_0 \cong 5\%;\ \alpha_1 \cong 20\%) \in [1{,}58;\ 2{,}95]\%$: $p_{E_2} = 2{,}95 \cdot 10^{-2}$. Przyjęto tak ponieważ, dla estymacji przedziałowej rozwiązanie przy założonej istotności krytycznej $\alpha_k \lesssim 0{,}05$ i krytycznej mocy wnioskowania $\beta_k \lesssim 0{,}8$ ze względu na przedział pokrycia $\hat{R} \in (\rho_l;\ \rho_r)$ dla estymowanej wartości prawdziwej

for all observed *systems*, not just the one defined above. Since these events could refer to the occurrence of many other potential events, they should be normalized[44] to the situation shown in Fig. 4.

Normalized to the unity of probability, correct operation of the escape respirator after failure of power supply from the backup compressor, as well as from the set of cylinders located in the bell $p_{B_1} + p_{B_2} = 1$, can be calculated based on known probabilities: $p_{B_1} = p_{B_2} = \frac{p_1}{p_{1+p_3}} = \frac{p_2}{p_{2+p_4}} \cong 0.6129$ and for p_{A_1} and p_{A_2} as a complement: $p_{A_1} = p_{A_2} = 1 - 0.6129 \cong 0.3871$.

The probability estimation of a diving accident hazard after the loss of breathing gas T supply can be presented with the calculation of events: $R \triangleq P(T) \cdot P[(E_1 \cap A_1) \cup (E_2 \cap A_2)]$ [9]. Hence: $R = p_T \cdot (p_{E_1} \cdot p_{A_1} + p_{E_2} \cdot p_{A_2}) \cong 2.078 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 0.5 \cdot 0.3871 \cong 8.044 \cdot 10^{-5}$.

An example analysis of the causes of unreliability risk R, by way of *hazard tree* analysis, shown in fig. 4, most often occurs when there are gaps in probability values for individual events. In such case some events are estimated in approximation or at the same level, as otherwise it would be impossible to make estimates.

MILITARY DIVES

The process of estimating the hazard R for diving technology has been presented based on the example of analysing a potentially dangerous situation related to the occurrence of decompression illness DCI[45]. The data has been taken from a study of diving technology using a $Mx/O_2 - SCR\ CRABE\ SCUBA$ diving apparatus.

Using a cause tree, a similar scheme can be suggested to estimate the occurrence of a potentially dangerous situation associated with using a $Mx/O_2 - SCC\ CRABE\ SCUBA$ type diving apparatus during a dive. It has been assumed that a potentially dangerous situation is associated with:

- E_1: exposure to a central form of $CNSyn$ oxygen poisoning,
- E_2: hyperbaric exposure associated with the possibility of decompression sickness DCS symptoms,
- E_3: exposure to risks associated with loss of diving apparatus supply

The average risk p_{E_1} associated with the possibility of a central form of oxygen poisoning ($CNSyn$) has been set here at 5.5%: $p_{E_1} = 5.50 \cdot 10^{-2}$.

Based on the conducted study, the average risk p_{E_2} associated with the possibility of decompression sickness DCS both for Tx and Nx divings was estimated at $P(DCS;\ \alpha_0 \cong 5\%;\ \alpha_1 \cong 20\%) \in [1.58;\ 2.95]\%$: $p_{E_2} = 2.95 \cdot 10^{-2}$. This has been assumed because, for interval estimation, the solution, with assumed critical significance $\alpha_k \lesssim 0.05$ and critical power of inference $\beta_k \lesssim 0.8$ due to the coverage interval $\hat{R} \in (\rho_l;\ \rho_r)$for the estimated true value of the risk $\hat{R}$ of spontaneous occurrence of DCS symptoms for $N = 101$ experimental dives, $n = 0$ cases of DCI, can be calculated numerically from the system of equations [6].

ryzyka $\hat{R}$ spontanicznego wystąpienia objawów DCS dla $N = 101$ nurkowań eksperymentalnych, $n = 0$ przypadków DCI, można obliczyć numerycznie z układu równań [6]:

$$\forall_{i\in\{0;1\}}\ P(H_{1-i}|H_i) \equiv \alpha_i \begin{cases} 1 - \sum_{x=0}^{N}\left[\frac{N!}{x!\cdot(N-x)}\cdot\rho_l^x\cdot(1-\rho_l)^{N-x}\right] = \beta_k \\ \sum_{x=0}^{N}\left[\frac{N!}{x!\cdot(N-x)}\cdot\rho_r^x\cdot(1-\rho_r)^{N-x}\right] = \alpha_k \end{cases}$$

gdzie: H_0 –hipoteza zerowa; H_1 –hipoteza alternatywna; N –liczba nurkowań; n –liczba przypadków DCS; ρ_l –lewa granica zagrożenia R wystąpieniem przypadku DCS; ρ_r –prawa granica zagrożenia R wystąpienia przypadku DCS; α_k –krytyczna wartość istotności α_0; β_k –krytyczna wartość mocy wnioskowania $\beta = 1 - \alpha_1$; α_0 –błąd I –rodzaju; α_1 –błąd II –rodzaju.

Estymowany zakres wartości zagrożenia $\hat{R}$ wystąpieniem objawów DCS, powinien zawierć się w przedziale: $\hat{R} \in [0{,}0158;\ 0{,}0292]$ przy wartości błędu I –go rodzaju $\alpha_0 \cong 5\%$, polegającego na odrzuceniu prawdziwej H_0, oraz $\alpha_1 \cong 0{,}2$ prawdopodobieństwie popełnienia błędu II –rodzaju, polegającego na akceptacji fałszywej hipotezy zerowej H_0.

$$\forall_{i\in\{0;1\}}\ P(H_{1-i}|H_i) \equiv \alpha_i \begin{cases} 1 - \sum_{x=0}^{N}\left[\frac{N!}{x!\cdot(N-x)}\cdot\rho_l^x\cdot(1-\rho_l)^{N-x}\right] = \beta_k \\ \sum_{x=0}^{N}\left[\frac{N!}{x!\cdot(N-x)}\cdot\rho_r^x\cdot(1-\rho_r)^{N-x}\right] = \alpha_k \end{cases}$$

where: H_0 –null hypothesis; H_1 –alternative hypothesis; N –number of dives; n –number of DCS cases; ρ_l –left limit of hazard R of DCS occurrence; ρ_r –right limit of hazard R of DCS occurrence; α_k –critical value of α_0 significance; β_k –critical value of $\beta = 1 - \alpha_1$ inference power; α_0 –error of I – type; α_1 – error of II – type.

The estimated scope of values for the hazard $\hat{R}$ of DCS symptom occurrence should be in the range: $\hat{R} \in [0.0158;\ 0.0292]$ with the value of the I – type error of $\alpha_0 \cong 5\%$, consisting in the rejection of the true H_0, and $\alpha_1 \cong 0{,}2$ probability of the II – type error, consisting in the acceptance of a false null hypothesis H_0.

Tab. 4

Results of interval estimation for the validation results of the decompression *system* by the Polish Naval Academy AMW approach, for: $N = 101;\ n(DCS) = 0;\ \beta = 0.8\%$.

Wyniki estymacja przedziałowej dla wyników walidacji $system$ dekompresji według podejścia AMW, dla: $N = 101;\ n(DCS) = 0;\ \beta = 0{,}8\%$

	Significance α_0 [%]		
	10	5	1
Probability of ρ symptom occurrence DCS [%]	$\rho_l \cong 1.58$ $\rho_r \cong 2.25$	$\rho_l \cong 1.58$ $\rho_r \cong 2.92$	$\rho_l \cong 1.58$ $\rho_r \cong 4.46$

Jak dotąd na kilkaset nurkowań wystąpił jedynie jeden przypadek utraty tlenu w aparacie nurkowym. Nie było to jednoznaczne z utratą zasilania w czynnik oddechowy z integralnego zestawu aparatu, lecz przyjęto tutaj, że maksymalna praktyczna częstotliwość utraty czynnika oddechowego ν wyniosła $\nu = 1/300$, stąd prawdopodobieństwo wystąpienia utraty czynnika oddechowego wyniesie $p_{E_3} = 3{,}33 \cdot 10^{-3}$.

Z powyższych danych można oszacować prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji potencjalnie niebezpiecznej R: $R \triangleq P(E_1 \cup E_2 \cup E_3)$. Dla zdarzeń niezależnych, zgodnie z równaniem (6) można zatem prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji potencjalnie niebezpiecznej R zapisać w postaci: $R = 1 - P(\overline{E_1}) \cdot P(\overline{E_2}) \cdot P(\overline{E_3})$ i dalej $R = 1 - (1 - p_{E_1}) \cdot (1 - p_{E_2}) \cdot (1 - p_{E_3})$. Wstawiając dane i wykonując obliczenia można w rezultacie otrzymać: $R = 1 - [(1 - 5{,}5 \cdot 10^{-2}) \cdot (1 - -2{,}95 \cdot 10^{-2}) \cdot (1 - 3{,}33 \cdot 10^{-3}) \cong 8{,}59 \cdot 10^{-2} \triangleq 8{,}59\%$.

Obliczone zagrożenie R wystąpieniem sytuacji potencjalnie niebezpiecznej podczas nurkowania przy wykorzystaniu aparatu nurkowego $Mx/O_2 - SCR\ CRABE\ SCUBA$ jest stosunkowo wysokie i zostało tutaj oszacowane na ok. 8,6%. Ryzyko związane z możliwością wystąpienia zagrożenia chorobą ciśnieniową DCS i ośrodkową formą zatrucia tlenowego $CNSyn$ występuje zawsze. Jednak możliwy jest do wyboru niższy poziom

So far, only one case of oxygen loss in a diving apparatus has occurred in several hundred dives. This was not synonymous with the loss of breathing gas supply from the integral set of the apparatus, but it has been assumed here that the maximum practical frequency of losing breathing gas ν was $\nu = 1/300$, hence the probability of losing breathing gas will be $p_{E_3} = 3.33 \cdot 10^{-3}$.

The above data enables us to estimate the probability of a potentially dangerous situation R: $R \triangleq P(E_1 \cup E_2 \cup E_3)$. Thus, for independent events, according to the equation (**6**), the probability of a potentially dangerous situation R can be noted as: $R = 1 - P(\overline{E_1}) \cdot P(\overline{E_2}) \cdot P(\overline{E_3})$ and then $R = 1 - (1 - p_{E_1}) \cdot (1 - p_{E_2}) \cdot (1 - p_{E_3})$. By entering the data and performing calculations, the following result may be obtained: $R = 1 - [(1 - 5.5 \cdot 10^{-2}) \cdot (1 - 2.95 \cdot 10^{-2}) \cdot (1 - 3.33 \cdot 10^{-3}) \cong 8.59 \cdot 10^{-2} \triangleq 8.59\%$.

The calculated hazard R of a potentially dangerous situation occurring during a dive with the use of $Mx/O_2 - SCR\ CRABE\ SCUBA$ diving apparatus is relatively high and has been estimated here at about 8.6%. The risks associated with the incidence of decompression sickness DCS and the central form of oxygen poisoning ($CNSyn$) are always present. However, it is possible to choose a lower level of risk of a central

zagrożenia ośrodkową formą zatrucia tlenowego $CNSyn$. Jeśli zostanie obniżone zagrożenie ośrodkową formą zatrucia tlenowego $CNSyn$ do wartości $p_{E_1}{\sim}1{,}00 \cdot 10^{-2}$, to ryzyko sytuacji potencjalnie niebezpiecznej R zmniejszy się o połowę.

Ryzyko związane z możliwością wystąpienia zagrożenia chorobą ciśnieniową DCS może być zminimalizowane jedynie w drodze dokładnego jego ustalenia, poprzez przeprowadzenie długiej serii nurkowań eksperymentalnych, o ile jest ono mniejsze od już określonego. Jak stwierdzono wyżej, jeśli zostanie obniżone zagrożenie ośrodkową formą zatrucia tlenowego $CNSyn$ do wartości $p_{E_1}{\sim}1{,}00 \cdot 10^{-2}$, to ryzyko sytuacji potencjalnie niebezpiecznej R zmniejszy się o połowę. Przy jednoczesnym zminimalizowaniu ryzyka związanego z możliwością wystąpienia zagrożenia chorobą ciśnieniową DCS do tego samego poziomu $p_{E_2}{\sim}1{,}00 \cdot 10^{-2}$, ryzyko sytuacji potencjalnie niebezpiecznej R spadnie do poziomu $R \cong 2{,}3\%$.

Możliwe jest także minimalizowanie ryzyka związanego z utratą zasilania. Jednak jeśli możliwość utraty zasilania spadnie nawet 100 krotnie do poziomu $p_{E_3}{\sim}3{,}33 \cdot 10^{-5}$, to ryzyko sytuacji potencjalnie niebezpiecznej R zmniejszy się nieznacznie o $\Delta R \cong 0{,}3\%$, do poziomu $R \cong 0{,}0829 \triangleq 8{,}29\%$.

Jak widać z powyższych oszacowań, nurkowania wojskowe niosą jedno z najwyższych zagrożeń R materializacją sytuacji potencjalnie niebezpiecznej ze wszystkich zadań wojskowych wykonywanych w warunkach pokoju.

ANALIZA TAKTYCZNA

Analizy przyczyn czy zagrożeń taktycznego wykorzystania nurków może być realizowane przy wykorzystaniu *drzew zdarzeń*. Przykładowo, drzew zdarzeń można użyć do oszacowania wpływu wykorzystania nurków MCM^{46} czy analizy ryzyka przewidywanych scenariuszy operacyjnych zarówno nurkowych jak i całych sytuacji taktycznych. Jednak szersze analizy powinny być wspierane komputerowo. Obliczenia dużych struktur niezawodnościowych są żmudne a ich analiza bez wsparcia komputerowego może prowadzić do wielu pomyłek, gdyż już dla małych systemów analiza może być dość skomplikowana —rys. 5.

form of oxygen poisoning ($CNSyn$). If the risk of a central form of oxygen poisoning ($CNSyn$) is reduced to $p_{E_1}{\sim}1.00 \cdot 10^{-2}$, the risk of a potentially dangerous situation R is halved.

The risks associated with the possibility of decompression sickness DCS hazard can only be minimized by determining them accurately, by conducting a long series of experimental dives, as long as they are less than those already determined. As stated above, if the risk of a central form of oxygen poisoning ($CNSyn$) is reduced to $p_{E_1}{\sim}1.00 \cdot 10^{-2}$, the risk of a potentially dangerous situation R is halved. While minimizing the risk associated with the possibility of decompression sickness DCS to the same level $p_{E_2}{\sim}1.00 \cdot 10^{-2}$, the risk of a potentially dangerous situation R will fall to the level of $R \cong 2.3\%$.

It is also possible to minimize the risks associated with supply loss. However, if the possibility of supply loss drops 100 times to the level of $p_{E_3}{\sim}3.33 \cdot 10^{-5}$, the risk of a potentially dangerous situation Rwill decrease slightly by $\Delta R \cong 0.3\%$, to the level of $R \cong 0.0829 \triangleq 8.29\%$.

As can be seen from the above estimates, military diving carries one of the biggest hazards R of an incidence of a potentially dangerous situation of all military tasks performed in peacetime.

TACTICAL ANALYSIS

The causes and hazards of the tactical use of divers can be analysed with the use of event trees. For example, event trees can be used to estimate the impact of using divers in MCM^{46} or risk analysis of anticipated operational scenarios, both for diving and entire tactical situations. However, broader analyses should be computer-assisted. The calculation of large reliability structures is tedious and their analysis without computer support may lead to a number of mistakes, as even analysis of small systems can be quite complicated — Fig. 5.

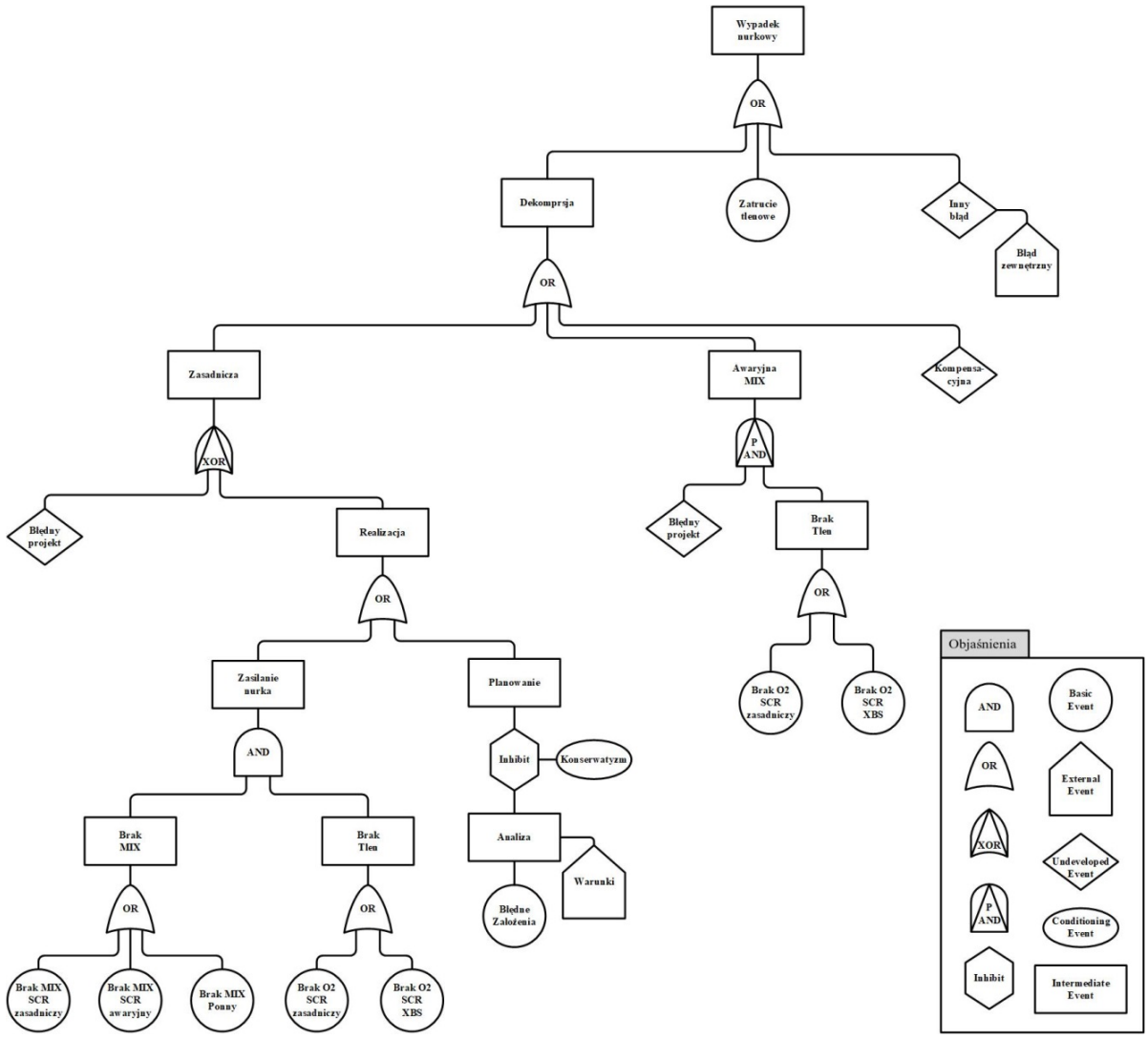


Fig. 5 Fault tree proposal FT for an example analysis of a potentially dangerous situation related to the incidence of decompression illness DCI using a $Mx/O_2 - SCR\ CRABE\ SCUBA$ diving apparatus.

Rys. 5 Propozycja drzewo błędów FT dla przykładowej analizy sytuacji potencjalnie niebezpiecznej związanej z wystąpieniem choroby nurkowej DCI przy wykorzystaniu aparatu nurkowego $Mx/O_2 - SCR\ CRABE\ SCUBA$.

Poszukiwania metodą dedukcji przyczyn powstawania sytuacji problemowych podczas realizacji zadania bojowego może być realizowane przy wykorzystaniu *drzew zagrożeń* budowanych „od góry do dołu".

Analiza wpływu różnych zdarzeń na efektywność taktycznego wykorzystania nurków MCM może być prowadzona przy wykorzystaniu *drzew przyczyn* analizowanych „od dołu do góry".

Wykorzystanie statystycznych metod ilościowych, jak $analizy\ dyskryminacyjnej$ daje możliwość planowania operacji bojowych z uwzględnieniem prawdopodobieństwa sukcesu dla wszystkich operacji cząstkowych, np. działań MCM. Takie podejście daje możliwość zastosowania $teorii\ systemów$ do strategicznego planowania operacji bojowych. Scenariusze operacji bojowych składają się na główny $proces$ w $systemie$, którego struktura ma zapewnić niezakłócony jego przebieg. Kontekst dla tego $systemu$ stanowią, przede wszystkim, rozpoznane zachowania przeciwnika oraz taktyka wojsk własnych[47]. Główny $proces$ posiada szereg $podprocesów$ dotyczących poszczególnych operacji, jak operacji MCM. Takie podejście umożliwia określenie wpływu

The search for the causes of problem situations during the execution of a combat task by a method of deduction may be carried out with the use of top-down *hazard trees*.

The analysis of the impact of various events on the effectiveness of the tactical use of divers MCM can be carried out with the use of top-down *cause tree* analysis.

The use of quantitative statistical methods, such as *discriminant analysis*, provides the opportunity to plan combat operations taking into account the probability of success for all sub-operations, such as MCM. Such an approach provides an opportunity to apply the *systems theory* to strategic planning of combat operations. Combat operations scenarios make up the main *process* in the *system*, which is structured to ensure that it runs smoothly. The context for this *system* is, first and foremost, the recognized actions of the enemy and the tactics of own troops[47]. The main *process* has a number of sub-processes for specific operations, such as MCM. Such approach allows us to determine the impact of individual *sub-processes* on the main *process* and indicates what the minimum required *system* structure[48] for the *process* is.

The use of *discriminant analysis* methods provides an opportunity to quantitatively estimate the

poszczególnych $podprocesów$ na $proces$ główny oraz wskazuje jaka jest minimalna, wymagana struktura[48] $systemu$ do przeprowadzenia tego $procesu$.

Zastosowanie metod $analizy\ dyskryminacyjnej$ daje możliwość ilościowego oszacowania powodzenia realizacji $procesu$, który opisuje scenariusz operacji bojowej.

PODSUMOWANIE

Myśl taktyczna podąża drogą eliminacji żołnierza z pola walki. Obecnie widać to ewidentnie w lotnictwie wojskowym, gdzie znacząco wzrosła rola bezzałogowych obiektów latających $UCAV$[49]. Szczególnie jest to widoczne przy rozpoznaniu pola walki oraz kierowanie precyzyjnymi atakami. Skala wdrożeń technologii bezzałogowych $UCAV$ w lotnictwie wydaje się znacznie zmniejszać rolę rozpoznania satelitarnego[50].

WNIOSKI

$Systemowy$ kontekst taktyczny[51] jest podstawą precyzowania wymagań co do elementów struktury $systemu$ i $podsystemów$ dając podstawę do prowadzenia badań nad jego właściwościami, np.: niezawodnością, odparowalnością, redundantnością itp.

Przy realizacji zadań projektowych, należy bezwzględnie pamiętać, że nurkowanie stanowi jedynie element $systemu$ służący realizacji $procesów$ w ramach większego $systemu$, przykładowo wojny minowej MCM. W swej istocie, nurkowanie stanowi jedynie sposób przemieszczania się sił do wykonania zadań bojowych wynikających z ich celów.

W ramach krajowych zadań przypadających grupom CDT[52] należy skupić się na nurkowaniach punktowych, jako podstawowym scenariuszu wynikającym z krajowych potrzeb MCM. Inne scenariusze stały się mniej istotne po rozformowaniu morskich sił desantowych w 1993 roku.

Należy pamiętać, że w warunkach pokoju, ze wszystkich specjalności wojskowych, to nurkowania wojskowe niosą jedno z najwyższych zagrożeń materializacją sytuacji potencjalnie niebezpiecznej, co pokazano na wykonanych szacunkach.

ZAKOŃCZENIE

Artykuł jest efektem projektu nr DOB-BIO-12-03-001-2022 z dnia 2.01.2023r. o wykonanie i finansowanie projektu realizowanego na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa w ramach Konkursu Nr 12/2022 NCBiR pt. " Wpływ wysiłku bojowego i transportu lotniczego na bezpieczeństwo nurków bojowych w trakcie realizacji podwodnych działań bojowych" zaplanowanego na lata 2023-2025.

success of the implementation of the *process* that is described in the combat operation scenario.

CONCLUSION

According to modern tactical strategy, the soldier is increasingly more often eliminated from the battlefield. This is now evident in military aviation, where the role of unmanned aerial vehicles ($UCAV$)[49] has grown significantly. This is particularly evident in battlefield reconnaissance and launching precision attacks. The scale of $UCAV$ unmanned technology deployments in aviation appears to be significantly reducing the role of satellite reconnaissance[50].

CONCLUSIONS

The *system* tactical context[51] is the basis for specifying requirements for the elements of the *system* structure and the *subsystems*, providing a basis for researching its properties, e.g.: reliability, vapourability, redundancy, etc.

When carrying out project tasks, one must remember that diving is only a component of the *system* for the implementation of *processes* within a larger *system*, e.g. mine countermeasure (MCM). In its essence, diving is merely a means of moving forces to perform combat tasks that are part of their objectives.

The national tasks that are assigned to the CDT[52] groups should focus on fixed position dives as the primary scenario based on national MCM needs. Other scenarios became less relevant after the amphibious forces were disbanded in 1993.

It should be remembered that in peacetime, of all military specialties, it is military diving that carries one of the highest hazards that a potentially dangerous situation takes place, as shown in the above estimates.

CONCLUSION

The article is the result of the project No. DOB-BIO-12-03-001-2022 of January 2, 2023. o execution and financing of a project implemented for the defense and security of the state under Competition No. 12/2022 of the National Center for Research and Development entitled "The impact of combat effort and air transport on the safety of combat divers during the implementation of underwater combat operations" planned for 2023-2025.

REFERENCES

1. Kłos R. 2019a. Designing of diving technologies – process approach. *Polish Hyperbaric Research.* 1, 2019a, Tom 66, DOI: 10.2478/phr-2019-0001, strony 7-24;
2. — 2019b. Context analysis in the development of diving technologies. *Polish Hyperbaric Research.* 2, 2019b, Tom 67, DOI: 10.2478/phr-2019-0005, strony 7 – 58;
3. —. 2021. Projektowanie technologii nurkowania w systemie wojny minowej - cz.I wymagania standaryzacyjne. *Polish Hyperbaric Research.* 1, 2021, Tom będzie opublikowany;
4. — 2011. *Możliwości doboru dekompresji dla aparatu nurkowego typu CRABE - założenia do nurkowań standardowych i eksperymentalnych.* Gdynia : Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, 2011. ISBN 978-83-924989-4-0;
5. —. 2016. *System trymiksowej dekompresji dla aparatu nurkowego typu CRABE.* Gdynia : Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, 2016. ISBN 978-83-938322-5-5;

6. —. 2007. *Zastosowanie metod statystycznych w technice nurkowej - Skrypt.* Gdynia : Polskie Towarzystwo Medycyny i Techniki Hiperbarycznej, 2007. ISBN 978-83-924989-26;
7. Praca zbiorowa. 1982. *Poradnik niezawodności - podstawy matematyczne.* [red.] J. Migdalski. Warszawa : Wydawnictwa Przemysłu Maszynowego "WEMA", 1982;
8. Vesely W.E., Goldberg F.F., Roberts N.H., Haasl D.F. 1981. *Fault tree handbook.* Washington : Systems and Reliability Research Office of Nuclear Regulatory Commission, 1981. NUREG-0492;
9. HSE. 1997. *Diving Manual – Offshore technology.* Sheffield : Health and Safety Executive, 1997. Report OTO 97 805;
10. Box G.E.P., Hunter W.G., Hunter J.S. 1978. *Statistics for Experimenters: An introduction to design, data analysis, and model building* . New York : John Wiley & Sons, Inc., 1978. ISBN 0-471-09135-7.

dr hab. inż. Ryszard Kłos prof. AMW
Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte
Zakład Technologii Prac Podwodnych
81 – 103 Gdynia 3
ul. Śmidowicza 69
r.klos@amw.dynia.pl

ORCID identifier No: 0000-0002-4050-3978

[1] zbiór metod
[1] a collection of methods

[2] Mx oznacza mieszaninę oddechwą, która dla tego aparatu może być nitroksem Nx albo trymiksem Tx
[2] Mx refers to the breathing mixture, which for this diving apparatus can be either nitrox Nx or trimix Tx

[3] Failure Mode and Effect Alalysis
[3] Failure Mode and Effect Alalysis

[4] Failure Mode Effect and Criticality Alalysis
[4] Failure Mode Effect and Criticality Alalysis

[5] Preliminary Hazard Analysis
[5] Preliminary Hazard Analysis

[6] Fault Hazard Analysis
[6] Fault Hazard Analysis

[7] Double Failure Matrix
[7] Double Failure Matrix

[8] Success Path Models
[8] Success Path Models

[9] drzewa klasyfikacyjne
[9] classification trees

[10] Fault Tree
[10] Fault Tree

[11] Artificial Intelligence
[11] Artificial Intelligence

[12] całka nieoznaczona
[12] indefinite integral

[13] dane historyczne
[13] historical data

[14] np. symulacje komputerowe
[14] e.g. computer simulations

[15] np. badania modelowe
[15] e.g. modelling studies

[16] np. testy niszczące
[16] e.g destructive testing

[17] co najwyżej pół-ilościową
[17] semiquantitative at most

[18] nie daje możliwości ilościowego porównania a przez to wyboru najbezpieczniejszego rozwiązania w p r o c e s i e podejmowania decyzji
[18] does not provide the opportunity for quantitative comparison and thus selecting the safest solution in the decision-making proces

[19] pozorne korelacje zdarzają się znacznie częściej niż by to wynikało z powszechnego mniemania, zwłaszcza jeśli zbierane są dane dyskretne (nieciągłe) w krótkim okresie czasu, podobnie jak w klasycznie omawianym przykładzie obserwacji w latach 1930-1936 prowadzonych w Oldenburgu stwierdzono dobrą korelację pomiędzy populacją bocianów i noworodków [10]
[19] spurious correlations occur much more often than would be generally thought, especially if discrete (discontinuous) data are collected over a short period of time, just as a good correlation between the population of storks and newborns was found in the classically discussed example of observations in 1930-1936 conducted in Oldenburg.

[20] odrzucenie hipotezy zerowej gdy jest ona prawdziwa
[20] rejecting the null hypothesis when it is true

[21] przyjęcie hipotezy zerowej gdy jest ona fałszywa
[21] accepting the null hypothesis when it is false

[22] np. liczba awarii urządzenia w ciągu roku, czas przestoju urządzenia w ciągu roku itp.
[22] e.g. the number of equipment failures per year, equipment downtime per year, etc.

[23] np. dla różnych miesięcy tego samego roku, analogicznych miesięcy w różnych latach itp.
[23] e.g. for different months of the same year, analogous months in different years, etc.

[24] podstawy teoretyczne analizy ryzyka pochodzą z analizy przeżycia
[24] the theoretical basis of risk analysis comes from survival analysis

[25] interakcje pomiędzy elementami struktury analizowanego systemu
[25] interactions between elements of the structure of the analysed system

[26] przykładowo dla punktów świetlnych oświetlających stosunkowo długi korytarz zakończony schodniami
[26] for example, for light points that illuminate a relatively long corridor that ends with stairs

[27] procesy Markowa to ciągi zdarzeń, w którym prawdopodobieństwo każdego zdarzenia zależy jedynie od wyniku poprzedniego
[27] Markov processes are sequences of events in which the probability of each event depends only on the outcome of the previous one

[28] algebry zbiorów
[28] algebras of sets

[29] wykorzystanie rachunku prawdopodobieństw zdarzeń odwrotnych daje zauważalny zysk obliczeniowy gdyż już dla trzech alternatywnych zdarzeń niezależnych rachunek ten musiałby wyglądać w następujący sposób: $\mathrm{P(A \cup B \cup C) = P(A) + P(B \cup C) - P[A \cap (B \cup C)] = P(A) + P(B) + P(C) - P(B) \cdot P(C) - P(A) \cdot P(B \cup C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(B) \cdot P(C) - P(A) \cdot [P(B) + P(C) - P(B) \cdot P(C)] = P(A) + P(B) + P(C) - P(B) \cdot P(C) - P(A) \cdot P(B) - P(A) \cdot P(C) + P(A) \cdot P(B) \cdot P(C)}$
zamiast: $\mathrm{P(A \cup B \cup C) = 1 - P(1 - A) \cdot P(1 - B) \cdot P(1 - C) = 1 - P(\overline{A}) \cdot P(\overline{B}) \cdot P(\overline{C})}$
[29] the use of the calculus of probability for inverse events gives a noticeable computational gain because for three alternative independent events the calculus would have to look as follows: P(A∪B∪C)=P(A)+P(B∪C)-P[A∩(B∪C)]=P(A)+P(B)+P(C)-P(B)·P(C)-P(A)·P(B∪C)=P(A)+P(B)+P(C)-P(B)·P(C)-P(A)·[P(B)+P(C)-P(B)·P(C)]=P(A)+P(B)+P(C)-P(B)·P(C)-P(A)·P(B)-P(A)·P(C)+P(A)·P(B)· P(C)
instead of: P(A∪B∪C)=1- P(1-A)·P(1-B)·P(1-C)=1- P($\overline{A}$)·P($\overline{B}$)·P($\overline{C}$)

[30] jak to pokazano wcześniej, nie należy utożsamiać struktury służącej analizie niezawodności z jej fizyczną strukturą połączeniową
[30] as shown earlier, the structure used for the analysis of reliability should not be equated with its physical connection structure

[31] Fault Tree
[31] Fault Tree

[32] dopełnienie
[32] complement

[33] przecięciem w rozumieniu algebry zbiorów: $\mathrm{A \cap B}$
[33] intersection in the sense of algebra of sets: A∩B

[34] jeśli jedno z niezdatności w zestawie zdarzeń nie wystąpi, zdarzenie szczytowe T także nie wystąpi
[34] if one of the unfit events in the set of events does not occur, the peak event T will not occur either

[35] awarie
[35] faults

[36] 3a i 3b w tab. 2
[36] 3a and 3b in Tab.2

[37] 5a i 5b w tab. 2
[37] 5a and 5b in Tab.2

[38] w oparciu o jego strukturę
[38] based on its structure

[39] zawodnością
[39] unreliability

[40] bez możliwości oddychania z atmosfery dzwonu typu suchego czy mokrego
[40] without the ability to breathe from the atmosphere of a dry or wet bell

[41] przyjęto, że prawdopodobieństwo dysfunkcji aparatu ucieczkowego kształtuje się na tym samym poziomie jak w poprzednim przykładzie dla dysfunkcji reduktora zapotrzebowania
[41] it was assumed that the probability of dysfunction of the escape respirator is at the same level as in the previous ex-ample for the dysfunction of the demand regulator

[42] przyjęto, że zdarzenia $\mathrm{A_1}$ i $\mathrm{E_1}$ są niezależne
[42] it has been assumed that events A_1 and E_1 are independent

[43] przyjęto, że zdarzenia $\mathrm{A_2}$ i $\mathrm{E_2}$ są niezależne
[43] it has been assumed that events A_2 and E_2 are independent

[44] normalizacja polega na takim dopasowaniu prawdopodobieństw, aby prawdopodobieństwo dla zdarzenia pewnego równało się jedności
[44] normalization involves adjusting probabilities in such a way that the probability for a certain event equals unity

[45] użyto tutaj szerokiego pojęcia choroby dekompresyjnej Decompression Illness, gdyż oprócz choroby ciśnieniowej Decompression Sickness DCS rozpatrywane jest także ryzyko wystąpienia ośrodkowej formy zatrucia tlenowego Central Nervous Syndrome CNSyn
[45] a broad term Decompression Illness is used here because in addition to Decompression Sickness DCS, the risk of Central Nervous Syndrome CNSyn – a form of oxygen poisoning, is also considered

[46] w systemie wojny minowej
[46] in mine countermeasure

[47] według klasycznej teorii Clausewitza wojna jest jedynie kontynuacją polityki innymi środkami, stąd w kontekście do systemu wspierającego operację bojową znajdują się także uwarunkowania polityczne oraz wiele innych czynników, jak prawo wojenne (międzynarodowe prawo humanitarne)
[47] according to Clausewitz theory, war is only a continuation of politics by other means, hence the context of the system that supports combat operations also includes political conditions and many other factors, such as the law of war (international humanitarian law)

[48] stąd można ocenić konieczną redundancję system potrzebną do zapewnienia niezakłóconej realizacji podstawowego procesu
[48] hence the necessary system redundancy needed to ensure uninterrupted execution of the core process can be assessed

[49] Unmanned Combat Air Vehicle
[49] Unmanned Combat Air Vehicle,

[50] rozpoznanie satelitarne wymaga rozległych i drogich inwestycji, a jak pokazują ostatnie doświadczenia rosyjskie, bardzo łatwo jest satelitę zestrzelić, co wobec stosunkowo taniej technologii UCAV oraz tego, że stanowią one trudny cel do zestrzelenia, stanowi przesłankę do coraz szerszego ich stosowania
[50] satellite reconnaissance requires extensive and expensive investments and, as shown in the recent Russian experience, it is very easy to shoot down a satellite, which, in view of the relatively cheap UCAV technology and the fact that they make a difficult target to shoot down, is the rationale for their increased use

[51] nie jest tu mowa jedynie o taktyce wojskowej
[51] it is not just about military tactics

[52] Clearance Diving Tea
[52] Clearance Diving Tea

STUDIES ON SATURATION DIVING IN POLAND AND PRACTICAL APPLICATION OF THEIR FINDINGS. PART 2A. DEVELOPING A POLISH SYSTEM OF SATURATION DIVING IN THE 1980S AND 1990S

POLSKIE BADANIA NURKOWAŃ SATUROWANYCH I ICH WDROŻENIE. CZEŚĆ II A. OPRACOWANIE POLSKIEGO SYSTEMU NURKOWAŃ SATUROWANYCH W LATACH 80-TYCH-90-TYCH XX WIEKU

Stanisław Skrzyński, Grzegorz Grzeczka

Polish Naval Academy, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Gdynia, Poland
Akademii Marynarki Wojennej, Wydział Mechaniczno – Elektryczny, Gdynia

STRESZCZENIA / ABSTRACTS

This is another from the series of papers discussing studies on saturation diving technology and its use in Poland. This part explains the specificities of the Polish context and achievements against the backdrop of economic and historical circumstances. It describes how the central base for saturation diving came into being in the times of economic collapse in the country. At that time, the shipbuilding industry was the driving force behind research on saturation diving as a cornerstone for building a framework for diving systems to be exported to other countries to secure the extraction of assets from the sea shelf. The paper introduces the readers to the efforts of animators and protagonists of that period of underwater research in Poland whose achievements are continued until to-date. The second part of the paper shows how the Polish system of saturation diving was created. The article also considers the technical and organisational aspects of the first saturation diving experiences and the history of the Polish method of decompression for saturation diving. To accomplish this difficult task, it was crucial to ensure a solid industrial and academic base working for the defence sector and assisted by relevant state agencies. A multiannual CPBR programme was also set up with measures 9.2 and 9.5 dealing with medicine and technology which resulted in the development of a diving system with its organization, medical support and reliable technology. Outcomes of this programme are still being implemented today. Despite progress made in medicine, technology, and organisation issues involved in saturation diving are still pertinent because independently of their complexity and high cost this type of diving is the most efficient and allows for very deep diving operations up to 400-500 m.
Keywords: medical and technical aspects of decompression, validation of decompression tables, saturation diving, diving system, organization of diving operations.

Artykuł jest kolejnym z cyklu artykułów dotyczących badań i wdrożenia technologii nurkowań saturowanych w naszym kraju. W tej części przedstawiono polską specyfikę i osiągniecia na tle uwarunkowań gospodarczych i historycznych. Opisuje on tworzenie bazy do nurkowań saturowanych na tle zapaści gospodarczej w naszym kraju. W tym okresie przemysł stoczniowy był napędem badań nurkowań saturowanych jako podstawy do budowy systemów nurkowych, które miały być przedmiotem eksportu dla zabezpieczenia wydobycia bogactw szelfu morskiego. Pokazano w poniższym artykule wysiłek animatorów i bohaterów tego okresu badań podwodnych w naszym kraju, których dzieło jest kontynuowane do dnia dzisiejszego. W II części artykułu autorzy pokazują jak tworzono polski system nurkowań saturowanych. W artykule uwzględnia się również uwarunkowania techniczne i organizacyjne realizacji pierwszych nurkowań saturowanych i historię powstawania polskiej metody dekompresji dla nurkowań saturowanych. W tym trudnym zadaniu kluczową rolę stanowiło utworzenie bazy przemysłu i nauki pracującej na rzecz obronności wspieranej przez właściwe agendy państwa. Utworzono też wieloletni program CPBR cele 9.2.i 9.5. badań medycyny i techniki, którego wynikiem było zbudowanie systemu nurkowego z jego organizacją, zabezpieczeniem medycznym i niezwodną techniką. Owoce tego programu są wdrażane do dnia dzisiejszego. Mimo postępu w dziedzinie medycyny i techniki oraz organizacji, problemy nurkowań saturowanych są wciąż aktualne, gdyż mimo ich skomplikowania i wysokich kosztów są to nurkowania najbardziej efektywne i pozwalające na przeprowadzanie bardzo głębokiego nurkowania operacyjnego, aktualnie aż do 400-500m.
Słowa kluczowe: medyczne i techniczne problemy dekompresji nurków, walidacja tabel dekompresyjnych, nurkowania saturowane, system nurkowy, organizacja nurkowania.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 79 Issue 2 pp. 27 – 44
ISSN: 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535
DOI: 10.2478/phr-2022-0008
Pages: 88, figures: 1, tables: 1
page www of the periodical: www.phr.net.pl

Publisher
Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: przeglądowy
Rewiev article

Termin nadesłania: 09.02.2022 r.
Termin zatwierdzenia do druku: 14.03.2022 r.

Эта статья - очередная в серии статей об исследованиях и внедрении технологий погружения с насыщением в нашей стране. В этой части представлены польская специфика и достижения на фоне экономических и исторических условий. В ней описывается создание базы для погружения с насыщением на фоне экономического коллапса в нашей стране. В этот период судостроительная промышленность была движущей силой исследований погружений с насыщением как основы для строительства водолазных систем, которые должны были экспортироваться для обеспечения добычи богатств морского шельфа. В следующей статье показаны усилия аниматоров и героев этого периода подводных исследований в нашей стране, работа которых продолжается и по сей день. Во второй части статьи авторы показывают, как создавалась польская система погружения с насыщением. В статье также учтены технические и организационные условия выполнения первых погружений с насыщением и история развития польского метода декомпрессии для погружений с насыщением. В этой непростой задаче ключевая роль заключалась в создании промышленной и научной базы, работающей на оборону, поддерживаемой соответствующими государственными органами. Была также разработана многолетняя программа медико-технических исследований по целям CPBR 9.2.и 9.5., в результате которой была создана водолазная система со своей организацией, медицинским обеспечением и и надежными технологиями Плоды этой программы реализуются по сей день. Несмотря на прогресс в области медицины, техники и организации, проблемы погружения с насыщением остаются актуальными, так как, несмотря на их сложность и дороговизну, это наиболее эффективные погружения, позволяющие совершать очень глубокие оперативные погружения, в настоящее время до 400-500 м.
Ключевые слова: медико-технические проблемы декомпрессии водолазов, валидация декомпрессионных таблиц, погружения с насыщением, водолазная система, организация водолазных работ.

Dieser Artikel ist ein weiterer in einer Reihe von Beiträgen über die Erforschung und Anwendung der Sättigungstauchtechnik in Polen. In diesem Teil werden die polnischen Besonderheiten und Errungenschaften vor dem Hintergrund der wirtschaftlichen und historischen Bedingungen dargestellt. Der Artikel beschreibt die Schaffung der Basis für das Sättigungstauchen vor dem Hintergrund des wirtschaftlichen Zusammenbruchs in unserem Land. In dieser Zeit trieb die Schiffbauindustrie die Sättigungstauchforschung als Grundlage für den Bau von Tauchsystemen voran, die exportiert werden sollten, um die Erschließung des Reichtums im Meeresboden zu sichern. Der Artikel zeigt die Bemühungen der Impulsgeber und Protagonisten dieser Periode der Unterwasserforschung in Polen, deren Arbeit bis heute andauert. Im zweiten Teil des Artikels zeigen die Autoren, wie das polnische System des Sättigungstauchens entstanden ist. Der Artikel befasst sich u.a. mit den technischen und organisatorischen Bedingungen für die Durchführung der ersten Sättigungstauchgänge und mit der Geschichte der Entstehung der polnischen Dekompressionsmethode für das Sättigungstauchen. Bei dieser schwierigen Aufgabe spielte der Aufbau einer industriellen und wissenschaftlichen Basis, die für die Verteidigung arbeitete und von den zuständigen staatlichen Stellen unterstützt wurde, eine Schlüsselrolle. Es wurde auch ein mehrjähriges Programm für die CPBR-Ziele 9.2. und 9.5. der medizinischen und technischen Forschung aufgestellt, das zum Aufbau eines Tauchsystems mit seiner Organisation, medizinischen Sicherheit und konkurrenzlosen Technologie führte. Die Ergebnisse dieses Programms werden noch heute umgesetzt. Trotz der Fortschritte im medizinischen und technischen Bereich und bei der Organisation sind die Probleme des Sättigungstauchens nach wie vor aktuell, denn trotz ihrer Komplexität und hohen Kosten sind sie die effizientesten Tauchgänge und ermöglichen sehr tiefe Einsatztauchgänge, derzeit bis zu 400-500 m.
Schlüsselwörter: Medizinische und technische Probleme der Dekompression von Tauchern, Validierung von Dekompressionstabellen, Sättigungstauchen, Tauchsystem, Organisation des Tauchens.

El artículo es uno más de un ciclo de artículos relativos a los estudios y la aplicación de la tecnología de buceo de saturación en nuestro país. En esta parte se han presentado los datos específicos de Polonia y los logros en el contexto de los condicionantes económicos e históricos. Describe la creación de una base para buceo de saturación en el trasfondo del colapso económico de nuestro país. En este periodo la industria de los astilleros era la impulsora de los estudios en buceo de saturación como base para la construcción de sistemas de buceo, que debían ser exportados para garantizar la extracción de las riquezas de la plataforma marina. En el siguiente artículo se han mostrado los esfuerzos de los aficionados y los héroes de este periodo de estudios subacuáticos en nuestro país, cuya obra es continuada hasta hoy día. En la segunda parte del artículo los autores muestran cómo se creó el sistema polaco de buceo de saturación. En el artículo también se tienen en consideración los condicionantes técnicos y organizativos de la realización de las primeras inmersiones de saturación y la historia de la aparición del método polaco de descompresión para el buceo de saturación. En esta difícil tarea tuvo un papel clave la creación de una base industrial y científica que trabajaba a favor de la capacidad defensiva, apoyada por las correspondientes delegaciones del Estado. También se creó el programa plurianual CPBR objetivos 9.2. y 9.5. de estudios de medicina y técnica, cuyo resultado fue la construcción de un sistema de buceo y su organización, protección médica y técnica segura. Los frutos de este programa son implementados hasta el día de hoy. A pesar del progreso en el campo de la medicina y la técnica, así como de la organización, los problemas del buceo de saturación siguen siendo actuales, ya que a pesar de su complicación y elevados costes es el buceo más efectivo y permite llevar a cabo un buceo operativo a grandes profundidades, actualmente hasta 400-500 m.
Palabras clave: problemas médicos y técnicos de la descompresión de buceadores, validación de tablas de descompresión, buceo de saturación, sistema de buceo, organización del buceo.

WSTĘP

W 2022 roku obchodziliśmy stulecie morskiego szkolnictwa wojskowego w Polsce, które to przygotowywało i nadal przygotowuje kadry dla Marynarki Wojennej RP, a także prowadzi prace badawcze i rozwojowe na rzecz tego rodzaju Sił Zbrojnych. W głównym nurcie obchodów tej rocznicy niewielu znawców i historyków Marynarki Wojennej podejmuje tematy znaczenia tej Uczelni dla polskiej techniki i medycyny hiperbarycznej zabezpieczającej badania i rozwój w działalności podwodnej tak dla celów potencjału obronnego jak i dla gospodarki narodowej. Mało kto wie, że pierwsze zabiegi leczniczej hipierbarii tlenowej odbyły się już w 1983 roku w zespole komór ówczesnego Zakładu Sprzętu Nurkowego i Technologii Prac Podwodnych AMW. Równie niewielu zdaje sobie sprawę, iż pierwszą w naszym kraju adoptowaną dla Instytutu Medycyny Morskiej i Tropikalnej komorę do leczenia tlenem hiperbarycznym wyposażył w instalację tlenową opartą o inhalatory lotnicze KP-18 i w oryginalne urządzenie wydechu tlenu na zewnątrz założyciel tegoż Zakładu; kmdr Medard Przylipiak.

Badania opisane w niniejszym artykule, stworzyły bazę i potencjał do blisko 30-letniej owocnej współpracy naukowo-technicznej z polskim przemysłem ofshore, a także dla zabezpieczenia problemów związanych z nurkowaniem na rzecz obronności naszego kraju. Akademia Marynarki Wojennej, jako spadkobierca i kontynuatorka morskiego szkolnictwa wojskowego od blisko półwiecza prowadzi działalność szkoleniową i badawczą. Realizowała największy zakresem i funduszami oraz liczbą personelu naukowo-badawczego, technicznego oraz nurkowego program prac dla polskiego przemysłu stoczniowego produkującego technikę hiperbaryczną. Nie jest to jedyny rekord w 100-letniej historii Akademii. Od przeszło ćwierćwiecza opracowuje ona technologie prac podwodnych, modernizuje technikę nurkowania oraz szkoli specjalistów nurkowych dla polskiego przemysłu ofshore. Bierze też czynny udział w podejmowaniu decyzji dotyczących rozwoju przemysłu wydobycia ropy i gazu spod dna Bałtyku.

INFORMACJE O UWARUNKOWANIACH KRAJOWYCH DOTYCZĄCYCH BUDOWY I ZASTOSOWANIA SYSTEMÓW NURKOWYCH DLA NURKOWAŃ SATUROWANYCH W LATACH 80-TYCH XX WIEKU

Końcówka lat 70-tych i lata 80-te ubiegłego wieku były w piętnastu morskich państwach świata erą badań i szerokiego wdrażenia nurkowań saturowanych dla potrzeb różnych gałęzi górnictwa podmorskiego wydobywającego głównie surowce energetyczne, a w szczególności ropę naftową i gaz w morskiej strefie ofshore. Eksploatowane wówczas złoża znajdują się na różnej głębokości i w różnej odległości od brzegu. Odległość od brzegu i głębokość wydobycia są głównymi czynnikami, które stymulują rozwiązania techniczne związane z wydobyciem i transportem surowców [1]. Zasadnicze problemy badawcze i techniczne prac podwodnych, które były rozwiązywane na morskich platformach wydobywczych, dotyczyły systemów

INTRODUCTION

In 2022 we celebrated the centenary of naval education in Poland, which trained and still trains the staff for the Polish Navy and conducts research and development works for this branch of Armed Forces. In the mainstream celebrations of this anniversary, few experts and historians of the Polish Navy took up the subject of the importance of the Naval Academy for Polish technology and hyperbaric medicine securing research and development in underwater activities both for the purposes of defence capabilities and for the national economy. Few know that the first therapeutic oxygen hyperbaric treatments took place as early as 1983 in the chambers of the then Department of Diving Equipment and Underwater Work Technology of the Naval Academy. Equally few are aware that the first hyperbaric oxygen treatment chamber in our country, adapted for the purposes of the Institute of Maritime and Tropical Medicine, was equipped with an oxygen installation based on KP-18 aerial inhalers and with an original external oxygen exhaust device by the founder of the Department, Commander Medard Przylipiak.

The research described in this article, provided the foundations and potential for nearly 30 years of fruitful scientific and technical cooperation with the Polish offshore industry, as well as secured diving operations for the defence of our country. The Naval Academy, as the heir and continuator of the tradition of naval education, has been conducting training and research activities for nearly half a century. It carried out the largest programme of works for the Polish shipbuilding industry producing hyperbaric technology in terms of scope, funds and the number of research, technical and diving personnel. This is not the only record in the 100-year history of the Academy. For more than a quarter of a century, it has been developing underwater work technologies, modernising diving techniques and training diving specialists for the Polish offshore industry. It also takes an active part in making decisions concerning the development of the industry for the extraction of oil and gas from beneath the bottom of the Baltic Sea.

DOMESTIC CIRCUMSTANCES RELATED TO THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF DIVING SYSTEMS FOR SATURATION DIVING IN THE 1980S

The late 1970s and 1980s were an era of research and widespread deployment of saturation diving in fifteen offshore countries around the world for various underwater mining industries extracting mainly energy resources, especially offshore oil and gas. The deposits exploited at that time are located at different depths and distances from the shore. The distance from the shore and the depth of extraction are the main factors that stimulate technical solutions related to the extraction and transport of raw materials [1]. The fundamental research and technical problems of underwater work, which were solved on offshore extraction platforms, concerned transportation systems, the installation of heads for the controlled extraction of oil and gas and pipelines to transport the extracted raw material to the recipient. The associated assembly operations required and still require extensive underwater work, which implies the need for

transportu, montażu głowic do kontrolowanego wydobycia ropy i gazu oraz rurociągów transportujących wydobyty surowiec do odbiorcy. Związane z tym operacje montażowe wymagały i wciąż wymagają prowadzenia szerokiego zakresu prac podwodnych, co implikuje potrzebę długotrwałych prac nurków. Z budową struktur podwodnych wiąże się konieczność serwisowania ich pod wodą. Do czasu rozpoczęcia procesu eksploatacji po zainstalowaniu głowic i rurociągów serwis taki obejmuje generalnie konserwację, naprawy i inspekcje. Głębokości eksploatacji złóż surowców w tym okresie zaczynały przekraczać głębokości przyjęte dla prac ofshore tj. 200m. [2].

W związku z tym, że na bardzo dużych głębokościach ograniczenia fizjologiczna eliminują pracę nurka uruchomiono badania mające na celu określenie granicy możliwości działania nurka z użyciem mieszanin helowo-wodorowych. Równolegle rozpoczyna się bujny rozwój technologii prac podwodnych bez udziału nurka (diverless technology) oraz systemów wsparcia prac podwodnych. W Polskim obszarze ofshore głębokości wydobywania ropy i gazu zawierają się w strefie 45-110m ze średnia głębokością 78m. Narzucało to zakres badań fizjologii podwodnej i techniki nurkowej oraz wymagań projektowo-konstrukcyjnych budowy systemów nurkowych zabezpieczających prace podwodne. Strefa płytkich nurkowań saturowanych (30-100 m głębokości) jest strefą gdzie wykorzystywanie w przemyśle wydobywczym robotów i pojazdów jest droższe, a tym samym mniej opłacalne niż korzystanie z pracy nurków stosujących technologie nurkowań saturowanych [3].

CZASY PIONIERSKIE EKSPERYMENTÓW Z NURKOWANIAMI SATUROWANYM PRZEDSIĘBIORSTW USŁUG PODWODNYCH I MARYNARKI WOJENNEJ

Polska już miała pewne doświadczenie w wykorzystaniu prac podwodnych z użyciem powietrza dla przemysłu usług podwodnych na małych i średnich głębokościach. W rozpatrywanym czasie przyszło zapotrzebowanie z dwóch kierunków; zamówienia eksportowego Stoczni Szczecińskiej i raczkującego polskiego przedsiębiorstwa wydobycia ropy na morzu Petrobaltic. Przedsiębiorstwo działało w ramach trójstronnego porozumienia międzynarodowego (NRD, Polska, ZSRR).

Jeszcze w latach siedemdziesiątych specjalizacją Stoczni Szczecińskiej były produkowane seryjnie statki specjalistyczne, w tym statki zabezpieczenia ofshore, oraz cieszące się renomą na świecie badawcze statki oceanograficzne. Głównym odbiorcą tych statków było ZSSR zleceniodawca, który zainteresowany był również statkami wyposażonymi w systemy nurkowe z możliwością nurkowania do 200m. Jako że w tym okresie panowała napięta atmosfera miedzy Wschodem i Zachodem, skutkowało to barierami technologicznymi i informacyjnymi. Stoczniowy ośrodek konstrukcyjny podjął się w końcówce lat 70-ych przygotowania budowy tych specjalistycznych statków dla badań morza z wykorzystaniem pracy nurka. W kwestiach techniki nurkowej i technologii nurkowania Stocznia zwróciła się do Marynarki Wojennej jako jedynej instytucji, która prowadziła badania nad problemami nurkowania, a szczególnie, co interesowało zleceniodawcę technologii długotrwałego przebywania człowieka pod wodą.

W 1964 roku powołano w Szefostwie

long-term work by divers. Associated with the construction of underwater structures is the need to service them under water. Until the commencement of the exploitation, after the heads and pipelines have been installed, such servicing generally includes maintenance, repairs and inspections. The depths of exploitation of raw material deposits during this period began to exceed the depths accepted for offshore work, i.e. 200m. [2].

With physiological limitations eliminating diver operations at very deep depths, research was launched to

determine the limit of what a diver could do with helium-hydrogen mixtures. In parallel, rapid development of diverless technology and diving support systems began to take off. In the Polish offshore area, oil and gas production depths are in the 45-110m zone with an average depth of 78m. This dictated the scope of research into underwater physiology and diving technology and the design and construction requirements for the construction of diving systems to support underwater work. The shallow saturation diving zone (30-100m depth) is the zone where the use of robots and vehicles in the mining industry is more expensive and therefore less cost-effective than the use of divers using saturation diving technology [3].

PIONEERING EXPERIMENTS IN SATURATION DIVING CARRIED OUT BY UNDERWATER WORKS COMPANIES AND THE NAVY

Poland already had some experience in conducting underwater works using air-supply systems for the underwater services industry at shallow and medium depths. At the time in question, demand for underwater works was generated by export orders from the Szczecin Shipyard and a fledgling Polish offshore oil production company Petrobaltic. The company operated under a tripartite international agreement (GDR, Poland, USSR).

Back in the 1970s, the Szczecin Shipyard specialised in the production of specialist vessels, including offshore support vessels and the internationally renowned oceanographic research vessels. The main customer for these ships was the USSR, which was also interested in ships equipped with diving systems with a diving range of up to 200m. As at that time East-West relations were marked by tension and confrontation, barriers to technology transfer and information exchange were high. In the late 1970s, the shipyard's construction centre began its preparations to the building of such specialist vessels used for marine research conducted with the participation of divers. In matters of diving and diving technology, the Shipyard turned to the Navy as the only institution that carried out research into diving and, especially, into long-time diving technology, which was of interest to the commissioning party.

In 1964, a scientific and research department was established at the Naval Sea Rescue Headquarters to solve diving problems in the Polish Armed Forces. Scientific and research work on new diving equipment and underwater work technology from the late 1960s was carried out by Navy officers and engineers: M. Przylipiak, J. Humer and L. Kramer, and a physician J. Torbus. The first step for this team was to prepare the research base, which in the first period was based on two large-scale chambers built at the Gdansk Shipyard. The chambers "*Dzwoniec*" (built in 1968) and "*Kobuz*" with a water pool

Ratownictwa Morskiego Marynarki Wojennej wydział naukowo badawczy celem rozwiązywania problemów nurkowych w Polskich Siłach Zbrojnych. Prace naukowo-badawcze dotyczące nowego sprzętu nurkowego i technologii prac podwodnych od końcowych lat 60-tych prowadzone były przez inżynierów oficerów Marynarki Wojennej M. Przylipiaka, J. Humera i L. Kramera oraz lekarza J. Torbusa. Pierwszym krokiem tego zespołu było przygotowanie bazy badawczej, co w pierwszym okresie opierało się o dwie komory o dużych gabarytach zbudowanych w Stoczni Gdańskiej. Komory „Dzwoniec" (produkcja 1968r) i „Kobuz" z basenem wodnym (produkcja 1969r) stanowiły bazę w której w latach 1971-1973 testowano pierwsze polskie aparaty o obiegu półzamkniętym APW-3 [4].

Z inicjatywy i z wielkim zaangażowaniu kmdr. Medarda Przylipiaka rozpoczęto budowę stacjonarnego zespołu komór ciśnieniowych wraz z zapleczem technicznym do zabezpieczania przedsięwzięć:

- badań technologii nurkowania i sprzętu nurkowego dla potrzeb obronności,
- badań metod dekompresji i rekompresji leczniczych dla celów ratowania załóg okrętów podwodnych,
- zabezpieczenia prac badawczych i prac badawczo-rozwojowych z dziedziny fizjologii podwodnej,
- zwiększenia możliwości leczenia specyficznych chorób nurkowych procedurami rekompresji,
- badań i wdrożenia elementów i układów systemów podtrzymania życia kompleksów nurkowych budowanych w Stoczni Szczecińskiej,
- wykonywania ekspertyz i badań dla celów administracyjnych i sądowych.

Zbudowany zespół hiperbaryczny składał się z trzech połączonych ze sobą komór (trzech przedziałów), stanowiących funkcjonalną całość. Przedział komory „Kobuz" przeznaczony był i nadal jest do badań nurków i sprzętu. Komora „Dzwoniec" po przebudowie pełniła funkcje przedziału mieszkalnego i została też przystosowana do badań medycznych a także technicznych procesów dekompresyjnych. Komory te łączyła komora transferowa, pełniąca jednocześnie rolę przedziału sanitarnego (budowa w 1973). Uniwersalność konstrukcji komór pozwala do dnia dzisiejszego na przystosowanie i adaptację dla dowolnych badań nurków i sprzętu oraz techniki nurkowej.

Duża średnica włazów komór Kobuz i transferowej umożliwia wstawienie aparatury badawczej i zabezpieczającej o dużych gabarytach, oraz wprowadzenie dowolnej komory transportowej dla transferu poszkodowanego nurka podczas jego ewakuacji w trakcie trwania akcji ratowniczej dla zabiegów rekompresji leczniczej. W ten sposób w 1975 r. powstał jedyny w Polsce kompleks komór ciśnieniowych przeznaczony do prac naukowo-badawczych i nurkowań eksperymentalnych, w tym do nurkowań saturowanych do głębokości 120m. Ośrodek ten był „dzieckiem" kmdr. Medarda Przylipiaka i miał wielu „ojców" z Marynarki Wojennej i przemysłu. Wybudowanie i wyposażenie zespołu komór oparto głównie o technikę krajową i import z krajów ówczesnego Układu Warszawskiego. Realizacja była bardzo trudna ze względu na upadającą gospodarkę socjalistyczną oraz embargo z krajów Zachodnich.

(built in 1969) laid the foundations for the testing ground in which the first Polish semi-closed-circuit APW-3 apparatus was tested in the years 1971-1973 [4].

Upon the initiative of CDR Medard Przylipiak and with his great commitment, the construction of a stationary pressure chamber complex with technical facilities for securing projects was initiated with a view to assist in:

- research into diving technology and equipment for defence purposes,
- research into methods of decompression and therapeutic recompression for the purpose of rescuing submarine crews;
- securing research and development work in the field of underwater physiology,
- increasing the possibility of treating specific diving diseases with recompression procedures,
- research and implementation of components and systems of life support solutions for diving complexes built in the Szczecin Shipyard,
- carrying out expert opinions and studies for administrative and judicial purposes.

The newly built hyperbaric unit consisted of three interconnected chambers (three compartments), forming a functional whole. The "*Kobuz*" chamber compartment was, and still is, intended for the examination of divers and equipment. The "*Dzwoniec*" chamber, after reconstruction, served as a living compartment and was also adapted for medical research and technical decompression processes. These chambers were connected by a transfer chamber, which also served as a sanitary compartment (built in 1973). The versatility of the design of the chambers to this day allows them to be adapted for any research of divers and diving equipment and techniques.

The large diameter of the manholes of the *Kobuz* and transfer chambers allows for the insertion of large research and safety equipment, and the introduction of any transport chamber for the transfer of the injured diver during evacuation in the course of a rescue operation for medical recompression procedures. Thus, in 1975, the only pressure chamber complex in Poland was created for scientific diving and experimental diving, including saturation diving to a depth of 120m. The centre was the 'brainchild' of CDR Medard Przylipiak and had many 'godfathers' from the Navy and industry. The construction and equipment of the chamber complex was based mainly on domestic technology and imports from the then Warsaw Pact countries. Putting the project into practice was very difficult due to the collapsing socialist economy and the embargo from Western countries. In the late 1970s and into the 1980s, the economy relied on strategic self-sufficiency, which made decision-making difficult, and resulted in a lack of support from industry. Industrial plants avoided cooperation, especially with the military due to the stringent requirements and unprofitability of the venture.

Having a hyperbaric centre laid the foundation for the establishment of the Department of Diving Equipment and Technology of Underwater Works (Polish abbr. ZSNiTPP) within the organisational framework of the Naval College in 1976. This allowed greater opportunities for obtaining research work, and bypassed many organisational and administrative obstacles. In order to strengthen the potential of the Centre, resources

W końcu lat 70-tych i w latach 80-tych w gospodarce panował kierunek samowystarczalności strategicznej, co utrudniało podejmowanie decyzji, oraz skutkowało brakiem wsparcia ze strony przemysłu. Zakłady przemysłowe wzbraniały się od współpracy, a szczególnie z wojskiem ze względu na wysokie wymagania i nierentowność przedsięwzięcia.

Posiadanie ośrodka hiperbarycznego dało podstawy do utworzenia w 1976 roku Zakładu Sprzętu Nurkowego i Technologii Prac Podwodnych (ZSNiTPP) w ramach organizacyjnych Wyższej Szkoły Marynarki Wojennej. Pozwoliło to na zwiększenie możliwości pozyskiwania prac badawczych, oraz na ominięcie wielu przeszkód organizacyjnych i administracyjnych. Dla wzmocnienia potencjału Ośrodka wydzielono środki i etaty ze struktur Szefostwa Ratownictwa Morskiego MW, Zakładu Sprzętu Ratowniczego Marynarki Wojennej, Ośrodka Nurków Wojska Polskiego i Wydziału Technicznego tej Uczelni. W powstaniu tego ośrodka pomocne było zaangażowanie agend rządowych Ministerstwa Obrony Narodowej i wsparcie przemysłu, a szczególnie Stoczni Szczecińskiej [5].

W 1976 roku Stocznia Szczecińska uruchomiła program przygotowania kadr do budowy systemów nurkowych (jak nazywano w tym czasie kompleksy nurkowe) w które miały być wyposażone statki ofshore i oceanotechniczne. Pierwszym krokiem do podjęcia produkcji systemów nurkowych było szkolenie kadr stoczniowych w dwóch grupach: projektantów i konstruktorów oraz personelu technicznego biorącego udział w produkcji i przyszłej obsłudze podczas nurkowania w ramach prób zdawczych. Szkolenie organizował i prowadził kmdr Przylipiak wraz z lekarzami Zakładu Medycyny Podwodnej Katedry Medycyny Morskiej Wojskowej Akademii Medycznej (ZMP KMM WAM) oraz autorem niniejszego artykułu, jedynym przedstawicielem Szefostwa Ratownictwa Morskiego MW.

Rozpoczęto w 1978 roku w Stoczni Szczecińskiej budowę serii kompleksów dla nurkowań saturowanych według wymagań armatora radzieckiego - Akademii Nauk ZSRR, dla dwóch jednostek „Witiaź" i "Sadko 2". Do produkcji i badań stocznia uruchomiła dostępny w kraju potencjał naukowy i techniczny. Rozpoczęta współpraca kmdr. Przylipiaka ze Stocznią uruchomiła polskie badania nad bezpieczeństwem życia i zdrowia nurków saturowanych w trzech blokach tematycznych; techniki, organizacji i medycyny. Zawarty kontrakt armatora z producentem - Stocznią Szczecińską, przewidywał w ramach prób zdawczych wykonacie symulowanego nurkowania saturowanego dla plateau saturacji 100m H2O w kompleksach przekazywanych do eksploatacji. Produkcja własnych kompleksów nurkowych wymusiła przygotowanie bazy krajowej w jedynych ośrodkach, które mogły podjąć temat nurkowania saturowanego w podstawowych aspektach bezpieczeństwa ludzi, higieny pracy i odpoczynku nurków oraz niezawodności układów zabezpieczających.

Zamówienia ze Stoczni Szczecińskiej rozpoczęły intensywną, wieloletnią współpracę w początkowej fazie z Szefostwem Ratownictwa Morskiego Marynarki Wojennej a następnie z wiodącym Zakładem Sprzętu Nurkowego i Technologii Prac Podwodnych WSMW (AMW) oraz Zakładem Medycyny Podwodnej Katedry Medycyny Morskiej Wojskowej Akademii Medycznej (ZMP KMM WAM).

Pierwszym owocem tej współpracy było zrealizowanie wielu interesujących autorskich programów naukowych, w tym kierunków wprowadzenia

and full-time jobs were allocated to it from the structures of the Marine Rescue Headquarters of the Navy, the Marine Rescue Equipment Department, the Polish Army Diving Centre and the Technical Department of the Naval Academy. The involvement of government agencies of the Ministry of Defence and the support of industry, particularly the Szczecin Shipyard, was helpful in the establishment of this centre [5].

In 1976, the Szczecin Shipyard launched a programme to prepare the staff for the construction of diving systems (as diving complexes were called at the time) with which offshore and ocean-going vessels were to be equipped. The first step to undertake the production of diving systems was the training of shipyard personnel in two groups: designers and constructors, and technical personnel taking part in the production and future maintenance during approval tests. The training was organised and conducted by CDR Przylipiak together with the physicians from the Department of Underwater Medicine at the Faculty of Maritime Medicine of the Military Medical Academy (Polish abbr. ZMP KMM WAM) and the author of this article, the sole representative of the Naval Sea Rescue Service.

The construction of a series of complexes for saturation diving according to the requirements of the Soviet shipowner, the Academy of Sciences of the USSR, for two vessels, "Vityaz" and "Sadko 2", began in the Szczecin Shipyard in 1978. For carrying out the production and research, the shipyard activated the entire scientific and technical potential available in the country. Cooperation initiated by CDR Przylipiak with the shipyard launched Polish research on the life and health safety of saturation divers in three thematic blocks: technology, organisation, and medicine. The shipowner's contract with the manufacturer, the Szczecin Shipyard, envisaged performing a simulated saturation dive for a saturation plateau of 100m H2O in the complexes commissioned for exploitation as part of the approval tests. The production of the shipyard's own diving complexes forced out the development of a national base in the centres that could take up the subject of saturation diving in the basic aspects of human safety, divers' work and rest hygiene and the reliability of the safety systems.

The Szczecin Shipyard started an intensive, long-term cooperation initially with the Naval Sea Rescue Headquarters and then with the leading Department of Diving Equipment and Underwater Work Technology of the Naval Academy (AMW) and the Department of Underwater Medicine of the Chair of Maritime Medicine of the Military Medical Academy (ZMP KMM WAM).

The first fruit of this cooperation was the implementation of many interesting original scientific programmes, including the launching of the production of components and complexes for saturation diving in the three leading fields of medicine, technology and organisation. CDR Przylipiak, the head of ZSNiTPP together with the then head of ZMP KMM WAM Prof. Tadeusz Doboszyński and the chief constructor of the Szczecin Shipyard, M. Kukliński conducted and were responsible for research and development in this field. On the practical side, the main implementers were the Szczecin Shipyard and the Naval Academy (known as WSMW until 1987). While establishing and building up the scientific and research base between 1977 and 1981 the following tasks were accomplished:

1) construction of a research centre, which at the same time served as a training ground for Navy divers in the 1970s;

przemysłu produkującego elementy i kompleksy dla nurkowań saturowanych w trzech wiodących dziedzinach medycyny, techniki i organizacji. Kierownik ZSNiTPP kmdr Przylipiak i ówczesny kierownik ZMP KMM WAM prof. Tadeusz Doboszyński oraz główny konstruktor Stoczni Szczecińskiej M. Kukliński prowadzili i byli odpowiedzialni za prowadzenie badań i rozwoju w tej dziedzinie. Natomiast we wdrożeniu głównymi realizatorami byli Stocznia Szczecińska i Akademia Marynarki Wojennej (WSMW do 1987). W okresie tworzenia i budowania bazy naukowo badawczej w latach 1977-1981 wykonano poniższe zadania:

1. Budowa bazy badawczej, która jednocześnie pełniła rolę bazy treningowej dla nurków Marynarki Wojennej w latach 70-tych.
2. Przygotowanie specjalistów Stoczni Warskiego w Szczecinie do budowy systemów nurkowych na duże głębokości, (1977-1980).
3. Wyposażenie bazy Zakładu Sprzętu Nurkowego i Technologii Prac Podwodnych Marynarki Wojennej do realizacji badan nurkowań głębokich i saturowanych (1983-1987).
4. Przygotowanie własnych kadr naukowych oraz zespołu specjalistów konstruktorów, a także projektantów i eksploatatorów systemów nurkowych. (1977- 1988).
5. Przygotowanie kadr medycznych do zagadnień związanych z bezpieczeństwem i higieną realizacji nurkowań saturowanych. (1978-1988).
6. Udział w projektowaniu układów podtrzymania życia i komór hiperbarycznych systemu nurkowego GWK na statki rosyjskie typu Witiaź (dla 2 -ch kompleksów1978 -1981) oraz GWK-200 i LSH -200 (dla 4 systemów w Stoczni im. Warskiego w Szczecinie).

Sytuacja międzynarodowa i w naszym kraju w 1981r spowodowała, że armator radziecki zainteresowany był tylko szybkim odbiorem jednostek z Polski. Przyspieszone próby kompleksu nurkowego trwały nieco ponad 3 doby i odbyły się na statku Witiaź z symulowanym plateau saturacji 5m i z wycieczkami do głębokość 45m. Program medyczny zabezpieczał prof. T. Doboszyński, a stronę techniczną specjaliści ze stoczni przy współudziale ekipy ZSNiTPP oraz Zakładu Oceanotechniki Politechniki Gdańskiej. Nurkami testerami byli członkowie klubów płetwonurków PTTK (w ekipie nurków był między innymi późniejszy wiceminister zdrowia dr Krzysztof Kuszewski).

W Marynarce Wojennej Szefostwo Ratownictwa na początku lat 70-tych XX wieku wdrażało system nurkowy do nurkowań głębinowych na okrętach ratowniczych typu PIAST (1972-1982). Głównym konsultantem budowy i wdrożenia węzła nurkowego tych okrętów w Stoczni Północnej w Gdańsku był kmdr M. Przylipiak. Pozwoliło to wykorzystać jego doświadczenie i doświadczenie ekip nurkowych z okrętów ratowniczych Marynarki Wojennej do konstrukcji systemów nurkowych w Stoczni Szczecińskiej. Współautor Stanisław Skrzyński był odpowiedzialny za wdrożenie technologii nurkowania z ramienia jednostki okrętów ratowniczych [4,6].

2) training the Warski Shipyard in Szczecin specialist staff in the construction of deep-sea diving systems, (1977-1980);
3) supplying the centre at the Department of Diving Equipment and Underwater Work Technology of the Navy with equipment needed to conduct deep-sea and saturation diving research (1983-1987);
4) in-house training of scientific staff and a team of specialist constructors, as well as designers and operators of diving systems. (1977- 1988);
5) training medical staff to deal with health and safety issues involved in saturation diving. (1978-1988);
6) engagement in designing life support systems and hyperbaric chambers of the GWK diving system for Russian ships of the 'Vityazh' type (for 2 complexes1978 -1981) and the GWK-200 and LSH -200 (for 4 systems in the Warski Shipyard in Szczecin).

The developments at international and domestic stage in 1981 made the Soviet shipowner acutely interested in receiving vessels from Poland quickly. The accelerated tests of the diving complex lasted just over 3 days and took place on the 'Vityaz' ship with a simulated saturation plateau of 5m and excursions to a depth of 45m. The medical programme was secured by Prof. T. Doboszyński, and the technical side by specialists from the shipyard with the participation of the team from the ZSNiTPP and the Department of Ocean Engineering at the Gdansk University of Technology. The test divers were members of the PTTK [Polish Tourist Society] diving clubs (the diving team included the later Vice Minister of Health, Dr Krzysztof Kuszewski).

In the Navy, the board of the Rescue Service put in place a diving system for deep-sea diving on PIAST-type rescue ships in the early 1970s (1972-1982). The main consultant for the construction and implementation of the diving node on these ships in the Polnocna Shipyard in Gdańsk was CDR M. Przylipiak. This enabled using his experience and that of the diving teams from the Navy's rescue ships for the construction of diving systems in the Szczecin Shipyard. The co-author of the paper, Stanislaw Skrzynski, was responsible for implementing the diving technology on behalf of the rescue ship unit [4,6].

STUDIES ON SATURATION DIVING WITH AIR SUPPLY 1979–1983

In the years 1979-1983, under the direction of CDR M.Sc., Eng. Medard Przylipiak and CDR Prof. Tadeusz Doboszynski of the Military Medical Academy, surface-supplied saturation diving was carried out at the ZSNiTPP of the Naval Academy in Gdynia as a scientific project. The research at the national level was initiated by the Szczecin Shipyard. The hyperbaric chamber complex, suitable for short-term dives up to 60 m, had to be upgraded for long-term saturation diving. The facilities, equipment and measuring and control devices available from the domestic industry at that time did not meet the requirements for saturation diving not only for breathing mixtures, but even for air. The chamber installations

BADANIA NURKOWAŃ SATUROWANYCH Z UŻYCIEM POWIETRZA 1979–1983

W latach 1979-1983 pod kierunkiem kmdr. mgr inż. Madarda Przylipiaka oraz kmdr. prof. Tadeusza Doboszyńskiego z Wojskowej Akademii Medycznej w ZSNiTPP Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni zrealizowano na zasadach projektu naukowego powietrzne nurkowanie saturowane. Inicjatorem badań w ramach systemu badan krajowych była Stocznia Szczecińska. Zespół komór hiperbarycznych, który przystosowany był do prowadzenia nurkowań krótkotrwałych do 60 m należało zmodernizować do celów realizacji długotrwałych nurkowań saturowanych. Dostępne w tym okresie w krajowym przemyśle urządzenia, wyposażenie i aparatura pomiarowo-sterująca nie spełniały wymagań umożliwiających prowadzenie nurkowań saturowanych nie tylko dla mieszanin oddechowych, ale nawet dla powietrza. Instalacje komór wymagały modernizacji, a nawet zaprojektowania od podstaw co było trudne, gdyż personel inżynieryjny i naukowy nie posiadał doświadczenia w tej dziedzinie. Przepisy klasyfikacyjne państw Zachodnich (DNV Lloyd czy GL) wskazywały tylko wytyczne, a braki dewizowe nie pozwoliły na zakupy z importu niezbędnych urządzeń i elementów instalacji.

W tym czasie zaprojektowano i zbudowano od podstaw układ podtrzymania życia, składający się z pompy wypornościowej, chłodnicy filtrów CO2, CO oraz filtra biologicznego. Układ posiadał automatyczną regulację temperatury atmosfery komory i nastawy regulacji wentylacji komory. W instalacji komór wykorzystano dostępne elementy i urządzenia krajowe, oraz oparte na własnych projektach i wytworzone w polskich firmach własne konstrukcje; napędu układów podtrzymania życia, pomiarowych, instalacji sanitarnej. Głównym projektantem układów podtrzymania życia i funkcjonalnej całości był kmdr M. Przylipiak, [7] natomiast elementy i układy projektowali i wykonywali członkowie powstałego Zakładu Technologii Prac Podwodnych, Stoczni Szczecińskiej, Zakładu Elektroniki i Automatyki WSMW, RADMORU i innych przedsiębiorstw krajowych współpracujących i produkujących dla Marynarki Wojennej [7,8].

Oprócz manometrów analogowych spełniających wymagania dokładności ówczesnych przepisów dla nurkowań saturowanych komory wyposażono również specjalnie wykonane cyfrowe manometry rezonatorowe o bardzo wysokiej dokładności. Od podstaw opracowano pomiary wilgotności atmosfery komory, regulatory temperatury oraz prototypy czujników mierzących ciśnienie parcjalne tlenu. Trudnym wyzwaniem badawczym były pomiary parametrów ciśnieniowych i gazowych, które weryfikowało własne laboratorium pomiarowe. Metodyka pomiarów tlenu i dwutlenku węgla przewidywała dublowanie pomiarów pomiarami chromatograficznymi przystosowując przyrządy produkcji byłego NRD Infralit i Permolit. Opracowano czujnik ciśnienia parcjalnego tlenu i dwutlenku węgla, mierniki wilgotności i temperatury, oraz bardzo dokładnego pomiaru ciśnienia, które równolegle badano podczas ekspozycji saturowanych. Adoptowano z przemysłu chemicznego pomiary dwutlenku węgla i domieszek szkodliwych, weryfikując bardzo dokładnym przyrządem obsługiwanym przez lekarzy. Przed nurkowaniami sprawdzano pomiary domieszek szkodliwych w komorach, będące wynikiem

needed to be upgraded or even designed from scratch which was difficult as the engineering and scientific staff had no experience in this field. The classification regulations of the Western countries (DNV Lloyd or GL) contained only indicative guidelines, while foreign exchange shortages did not allow for the imports of necessary equipment and components of installations.

At this time, a life support system consisting of a displacement pump, CO2 filter cooler, CO filter and a biological filter was designed and built from scratch. The system was equipped with an automatic temperature control in the chamber and chamber ventilation control settings. In the installation of the chambers, available domestic components and equipment were used, as well as originally designed structures manufactured by Polish companies, such as: life support system drive, measurement and sanitary installation. The main designer of the life support systems and the functional whole was CDR M. Przylipiak, [7] while the elements and systems were designed and manufactured by members of the newly established Department of Underwater Work Technology, Szczecin Shipyard, Department of Electronics and Automation of the Naval Shipyard, RADMOR and other domestic companies cooperating with and manufacturing for the Navy [7,8].

In addition to analogue pressure gauges meeting the accuracy requirements of the regulations for saturation diving at the time, the chambers were also equipped with custom-made digital resonator pressure gauges with very high accuracy. Measurements of the humidity in the chamber, temperature controllers and prototypes of sensors measuring oxygen partial pressure were developed from scratch. A difficult research challenge was the measurement of pressure and gas parameters, validated by the in-house measurement laboratory. The methodology for measuring oxygen and carbon dioxide provided for duplication of measurements with chromatographic measurements by adapting instruments produced by the former GDR Infralit and Permolit. A partial pressure sensor for oxygen and carbon dioxide was designed together with humidity and temperature meters, as well as highly accurate pressure measurements, which were tested in parallel during saturated exposures. Measurements of carbon dioxide and harmful admixtures were adopted from the chemical industry, validated with a very accurate instrument operated by medical doctors. Before the dives, the measurements of harmful admixtures in the chambers were checked as a result of the paints and materials used and a certificate of these measurements from the Sanitary and Epidemiological Inspection was the pass for the divers to work in the chamber [6].

The electrical and lighting installations inside the chamber were made in accordance with the electrical anti-shock requirements for hyperbaric conditions. A diver's communication station with speech corrector, taking into account the influence of helium on speech distortion, was developed and installed. Sanitary facilities, a toilet and a washbasin and shower with cold and hot water were installed in the transfer chamber. A chamber heating system was designed and installed. For the 'Kobuz' chamber, water pool cooling systems were installed to simulate water temperatures at depth. Numerous components of the chamber installations, such as valves, regulators, pipe fittings, electric and gas penetrators (passages in the chamber shell), seals for manholes and hatches, fan drives for carbon dioxide absorbers caused research and technical difficulties, as

zastosowanych farb i materiałów zaś atest z tych pomiarów od Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej był przepustką do pracy nurków w komorze [6].

Wykonano instalacje elektryczną i oświetleniową wnętrza komory zgodnie z elektrycznymi wymaganiami przeciwporażeniowymi dla warunków hipierbarii. Opracowano i wykonano stacje łączności nurków z korektorem mowy, uwzgledniającą wpływ helu na zniekształcenie mowy. W komorze transferowej zainstalowano instalacje węzła sanitarnego, toaletę oraz umywalkę i prysznic z wodą zimną i gorącą. Zaprojektowano i wykonano układ ogrzewania komór. Dla komory „Kobuz" zainstalowano systemy chłodzenia basenu wodnego dla symulacji temperatury wody na głębokościach. Liczne elementy instalacji komór, takie jak; zawory, reduktory, złączki rurociągó w, penetratory elektryczne i gazowe (przejścia w płaszczu komory), uszczelnienia włazów i śluz, napęd wentylatorów pochłaniaczy dwutlenku węgla sprawiały trudności badawcze i techniczne, jako że w dużej części były wykonane we własnym zakresie. Każdy wykonany element podległa badaniom przydatności w warunkach ciśnienia. Elementy te decydowały o szczelności i niezawodnej pracy całej instalacji oraz wyposażenia komór. Niezwykle ważnym był problem szczelności, czyli niezawodnego utrzymania zadanego ciśnienia i jego sterowania, który jest podstawą pracy każdej komory hiperbarycznej. Wymagało to badań uszczelnień włazów, iluminatorów, złączek i w szczególności penetratorów. Przykładowo dla wykrywania nieszczelności w przypadku helu lub jego mieszanin opracowano i wykonano detektor tego gazu. Cała instalacja gazowa była oparta o dostępne zawory dla przemysłu chemicznego stosowane do amoniaku, które uszczelniane były metodą metal na metal, a ich trzony były uszczelniano tradycyjnie sznurem.

Tak wykonane instalacje urządzenie podlegały procedurom badawczym przydatności do realizacji nurkowań saturowanych podczas ekspozycji saturowanych zarówno symulowanych jak i z udziałem ludzi.

they were largely made in-house. Each fabricated component was subject to suitability tests under pressure. These components were decisive for the tightness and reliable operation of the entire installation and chamber equipment. Extremely important was the problem of sealing, i.e. reliably maintaining the set pressure and its control, which is the basis of the operation of any hyperbaric chamber. This required the testing of the seals of manholes, portholes, fittings and, in particular, penetrators. For example, to detect leaks in the case of helium or its mixtures, a detector for this gas was developed and manufactured. The entire gas installation relied on available valves for the chemical industry used for ammonia, which were sealed using the metal-on-metal method, while their stems were sealed traditionally with a rope.

The equipment so installed was subjected to testing procedures for suitability for saturation diving during both simulated and human exposure.

Fig. 1 The pool of '*Kobuz*' chamber (late 1970s).

Rys. 1 Basen komory „Kobuz" (koniec lat 70-tych).

Pierwsze nurkowania z użyciem powietrza zweryfikowały jakość rozwiązań konstrukcyjnych w stosunku do wymagań zespołu medycznego w kwestii prowadzenia dekompresji i higieny pracy nurka. Ponadto przygotowywały personel naukowy i techniczny obsługi oraz nurków testerów do postawionych zadań. Nurkowie testerzy wywodzący się z amatorskich klubów płetwonurków podlegali badaniom medycznym i psychologicznym przed i po ekspozycji saturowanej w/g programu badań medycznych opracowanego przez ZMP KMM WAM.

W komorach ZSNiTPP zrealizowano serię pięciu czterodniowych saturowanych ekspozycji powietrznych na głębokościach 9m, 12m, 14m, 16m i 18m. W tych badaniach nie wykorzystano doświadczeń czasów pionierskich z dwóch względów. Po piewsze uważano, że badania medyczne rozpoczęto od podstaw dla określenia podstawowych założeń dekompresji i dla innych uwarunkowań technicznych. Drugim względem było to, że nurkowania saturowane dotyczyły innej metody (tj. habitatu powierzchniowego - komory i dzwonu nurkowego) pracy w toni wodnej. Te ekspozycje saturowane dotyczyły głównie oceny dekompresji bez elementów pracy w wodzie, a jedynie zadawania nurkom obciążeń wysiłkowych [9].

W tabelach powietrznych zastosowano rozszerzone okienko tlenowe. Przykładowo, w tabeli nr 1 dekompresji dla plateau saturacji 18m zastosowano powrót w ciągu 15minut z 18m do 12m, a następnie na przystankach od 12m co 1,5m dekompresja odbywała się z ekspozycjami tlenowymi. Zastosowano dekompresję frakcjonowaną z użyciem tlenu. Dla zabezpieczenia dekompresji tlenowej z wydechem tlenu na zewnątrz komory zastosowano inhalatory lotnicze KP 18 z samolotów MiG 21.

The first air dives validated the quality of the design solutions against the medical team's requirements for decompression and diver's work health and safety. In addition, they trained the scientific and technical service personnel and the test divers for the tasks at hand. Test divers coming from amateur diving clubs were subjected to medical and psychological examinations before and after the saturation exposure according to the medical examination programme developed by ZMP KMM WAM.

A series of five- and four-day saturated air exposures at depths of 9m, 12m, 14m, 16m, and 18m were carried out in the chambers of the ZSNiTPP. These studies did not draw on the experience of the pioneer times for two reasons. Firstly, it was believed that medical research had been started from scratch to establish the basics of decompression and for other technical considerations. The second reason was that the saturation dives involved a different method of working in the water depths (i.e. surface habitat - chamber and diving bell). These saturated exposures were mainly concerned with decompression assessment without the elements of in-water work, but only with inflicting effort loads on the divers.[9]

An extended oxygen window was used in the air tables. For example, in decompression table 1 for a saturation plateau of 18m, a 15-minute return from 18m to 12m was used, and then at stops from 12m every 1.5m decompression was done with oxygen exposures. Fractionated decompression with oxygen was used. To secure oxygen decompression with oxygen exhalation outside the chamber, KP 18 aircraft inhalers from MiG 21 aircraft were used.

Tab. 1

Decompression table for saturation dives with air from saturation plateau of 18m [9].

Tabela dekompresji nurkowań saturowanych z użyciem powietrza z plateau saturacji 18m [9].

Stop depth [m]	Return time [min]	Time at stops and the gas mixture [min]	Total decompression time [min]
18.0	15	Air	15
12.0		Air 90 oxygen 10	115
	5		120
10.5		Air 165 oxygen 20	305
	5		310
9.0		Air 355	665
	5		670
7.5		Air 75 oxygen 30	775
	5		780
6.0		Air 115	945
	5		950
4.5		Air 115 oxygen 50	1115
	5		1120
3.0		Air 165	1285
	5		1290
1.5		Air 105 oxygen 60	1455
	5		1460

Nie bez znaczenia było to, że nie uwzględniono danych z eksperymentów A. Dębskiego, gdyż, jak określano w tych czasach, „przeskoczyły" one etapy metodyki badań, co uważano za partyzantkę i dyletanctwo. Jedyne, co wiązało ekspozycje powietrzne z czasami pionierskimi nurkowań saturowanych, to podobne tabele dekompresji saturowanych nurkowań z użyciem powietrza, które stosowano w w/w ekspozycjach powietrznych z tymi stosowanymi w dokumentacji batyskafu Geonur II. Mogło to wynikać z korzystania z tej samej literatury lub współpracy pomiędzy CIOP i ZMP KMM WAM.

ROZWÓJ NURKOWANIA SATUROWANEGO W RAMACH CENTRALNEGO PLANU BADAWCZO ROZWOJOWEGO (CPBR) 1985-1990

Dla rozwoju technik i badań podwodnych wykorzystano ustawę z 23 grudnia 1985 r. o centralnych funduszach rozwoju nauki i techniki. Powstał jeden, zintegrowany na szczeblu centralnym fundusz, którego źródłami były zarówno dotacje budżetowe, jak i (w przeważającej mierze) dotacje przedsiębiorstw. Fundusz ten dzielony był na część dotyczącą stadium badań i rozwoju, oraz część odnoszącą się do stadium wdrożeń (tzw. przeznaczony na dofinansowywanie inwestycji związanych z realizacją zamówień rządowyc h). W trudnej sytuacji gospodarczej przewidziano także wydzielenie na szczeblu centralnym pewnej rezerwy dewiz na import z II-go obszaru płatniczego (tzw. dewizy - pieniądze z krajów Zachodnich), związany z realizacją niektórych zadań centralnych programów rozwoju nauki i techniki. Ustawa określiła także zmodyfikowaną strukturę grup pracowników ośrodków badawczych, wprowadzając nową ich kategorię, tzw. pracowników badawczo-technicznych, których głównym zadaniem było

The fact that the data from A. Debski's experiments were ignored was not accidental as they were seen as unprofessional and dilettantish because they 'skipped', as it was termed at that time, some stages of the research methodology. The only thing that linked the air exposures to the pioneering days of saturation diving was the similar decompression tables of saturation air dives used in the aforementioned air exposures with those used in the Geonur II bathyscaphe documentation. This may have been due to the use of the same literature or the collaboration between CIOP [Central Institute for Labour Protection] and ZMP KMM WAM.

ADVANCES IN SATURATION DIVING UNDER THE NATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT PLAN (POLISH ABBR. CPBR) 1985-1990

For the development of underwater techniques and research, the law of 23 December 1985 on centrally distributed funds for the development of science and technology was used. A single, centrally integrated fund was established from subsidies allocated from the budget and (predominantly) corporate subsidies. This fund was divided into a part earmarked for the research and development stage and another one for the implementation stage (for subsidising investment projects related to government procurement). In a difficult economic situation, a reserve pool of convertible currency (the so-called foreign exchange - money from Western countries) was ring-fenced at the central level for imports from the West needed to accomplish certain tasks included in the national programmes intended to promote the development of science and technology. The Act also modified the classification of employees of research centres by

współdziałanie z kadrą naukową w przystosowywaniu wyników badań do potrzeb społeczno - gospodarczych. Ustawa ta dała możliwość stworzenia długotrwałego projektu w cyklu badania rozwój i wdrożenie.

O uruchomienie programów w 1985r walczyły jako główny wykonawca Stocznia Szczecińska przy wsparciu ZSN i TPP AMW tym czasie w WSMW) i z udziałem IMMiT oraz ZMP KMM WAM. W wyniku konkursu oraz uzgodnień programów koordynatorem i realizatorem wdrożenia programu CPBR-9.5 została Stocznia Szczecińska.

Akademii Marynarki Wojennej powierzono prace badawcze związane z nurkowaniem saturowanym w ramach problemów: CPBR-9.5 – cel 31 p.t.: „Techniczne, medyczne i prawne problemy długotrwałego przebywania człowieka pod wodą do głębokości 120 m„ Drugim programem realizowanym przez Akademię był CPBR 9.2 cel 17.07 p.t.: „Przygotowanie do nurkowań saturowanych operacyjnych". Projekty te realizowane były we współpracy z ZMP KMM WAM. Tytuły projektów zawierały najbardziej uogólnioną treść problematyki, którą należało rozwiązać celem wdrożenia w kraju. Własny polski system nurkowań saturowanych był ukierunkowany na działalność Stoczni Szczecińskiej produkującej kompleksy nurkowe GWK-200 (Głubokowodny Wodołaznyj Kompleks - 200m) na statki serwisowe *ofshore* [6].

Cel CPBR 9.2 cel 31 pt. „Techniczne, medyczne i prawne problemy długotrwałego przebywania człowieka pod wodą do głębokości 120 m" uzyskał Instytut Medycyny Morskiej i Tropikalnej w Redłowie. Realizację części badawczej dotyczącej dekompresji nurkowań saturowanych z użyciem powietrza i nitroksu powierzono ZSNiTPP AMW i ZMP KMM WAM ze względu na brak bazy naukowo-badawczej i kadry merytorycznej w Instytucie Medycyny Morskiej i Tropikalnej.

Odbiorcą wyników w/w badań była Stocznia Szczecińska, która w swoim programie badawczo wdrożeniowym miała za zadanie;

- przygotowanie produkcji zabezpieczającej budowę i wyposażenie kompleksów hiperbarycznych,
- przygotowanie narzędzi do prac podwodnych oraz przeprowadzenie prób zdawczych u zleceniodawcy.

Zadania te realizowano we współpracy z Politechniką Szczecińską i przemysłem krajowym pracującym na rzecz przemysłu okrętowego. Stronę medyczną przygotowania i nadzoru medycznego nurków testerów zlecono Katedrze Fizjologii Pomorskiej Akademii Szczecińskiej, którą kierował prof. J Paradowski [4].

Bardzo ważnym elementem było techniczne zabezpieczenie procedur awaryjnych stosowanych w technologii nurkowania i wykorzystanie krajowego potencjału naukowego, które w tym czasie posiadała Marynarka Wojenna. Wymaganym elementem każdej technologii nurkowej są procedury awaryjne dotyczące przewidywanych stanów zagrożeń, które muszą być uwzględnione w zabezpieczeniu organizacyjnym, technicznym i medycznym. Te zabezpieczenia dla nurkowań saturowanych trzeba było budować od podstaw. System zabezpieczenia musiał uwzględniać wszystkie instytucje morskie i państwowe posiadające technikę do prac podwodnych.

Równolegle z rozwiązywaniem problematyki dotyczącej uruchomienia bazy technicznej i kadrowej należało wykonać dokumenty formalne dotyczące

introducing a new category of the so-called research-technical employees, whose main task was to cooperate with the scientific staff in adapting the results of research to socio-economic needs. The law opened up the opportunity to conduct long-term projects covering the cycle from research through development up to implementation.

Back in 1985, the Szczecin Shipyard as the main contractor supported by the ZSN and TPP AMW (with the participation of IMMiT and ZMP KMM WAM) competed for launching these programmes. As a result of the call for applications and after the final agreements were signed, Szczecin Shipyard became the coordinator and implementer of the CPBR-9.5 programme.

The Naval Academy was entrusted with research work related to saturation diving for measure CPBR-9.5 objective 31 "Technical, medical and legal problems of long-term human presence under water up to a depth of 120 m". The second programme carried out by the Academy was CPBR 9.2 objective 17.07 "Preparation for operational saturation dives." These projects were carried out in collaboration with the ZMP KMM WAM. Their titles were very general summaries of issues intended to be solved at the national level. The Polish system of saturation diving was focused on the Szczecin Shipyard producing GWK-200 (Glubokowodny wodolaznyj Kompleks [deep-sea diving complex] - 200m) diving complexes for offshore support vessels [6].

Measure CPBR 9.2 Objective 31 entitled "Technical, medical and legal problems of long-term human presence under water up to a depth of 120 m" was awarded to the Institute of Maritime and Tropical Medicine (Polish abbr. IMMiT) in Redlowo. The research part concerning decompression of saturation dives with air and nitrox was entrusted to ZSNiTPP AMW and ZMP KMM WAM due to the lack of scientific and research base and substantive staff at the Institute of Maritime and Tropical Medicine.

Results of the aforementioned research were sent to the Szczecin Shipyard, which in its research and implementation programme was tasked with;

- preparing for the production that would secure the construction and equipment of hyperbaric complexes,
- preparing tools for underwater work and carrying out commissioning tests at the client's site.

These tasks were carried out in cooperation with the Szczecin University of Technology and domestic industry working for the shipbuilding industry. The medical side of the preparation and medical supervision of the test divers was entrusted to the Department of Physiology of the Pomeranian Academy of Szczecin, headed by Prof. J Paradowski [4].

Ensuring the technical safeguarding of the emergency procedures used in diving technology and the use of the national scientific potential that the Navy had at the time were crucial. Emergency procedures for anticipated emergency conditions and hazards, which must be included in organisational, technical and medical safeguards are an indispensable component of any diving technology. These safeguards for saturation diving had to be created from scratch. The security system had to take into account all maritime and state institutions with technology for underwater work. In parallel with solving the problems concerning the launch of the technical and personnel base, formal documentation had to be drafted concerning technical issues related to the division of

problematyki technicznej związanej z zaprojektowaniem dla nich obowiązków, procedur i przepisów, które powinny zostać określone na etapie badań, lub być modyfikowane na etapie rozwoju i sprawdzone podczas wdrożenia. Najtrudniejszy był etap wdrożenia, który realizowano tylko na etapie prób zdawczych u producenta, którym w tym czasie była Stocznia Szczecińska. Stocznia w tym czasie również budowała swoje zaplecze techniczne, bazę zdawczą opierając się na dokumentach formalnych wskazanych przez zamawiającego.(głównymi dokumentami były przepisy klasyfikacyjne DNV i MRS Morskoj Rejstr Sudów). W celu realizacji badań, prób odbiorczych oraz prób zdawczych przeznaczono i wyposażono halę, w której zainstalowano wszystkie urządzenia i magazyny gazów do wykonania w/w zadań (halę tę potocznie zwano „Doliną" z racji swojego położenia).

Za realizację programów CPBR byli odpowiedzialni inż. Marian Kukliński, oraz główny projektant Stoczni Szczecińskiej i założyciel ZSN i TPP AMW kmdr Medard Przylipiak, którzy od lat tworzyli zespoły badawcze i inżynierskie oraz przygotowywali bazę badawczą w Gdyni i Szczecinie. W Akademii Marynarki Wojennej problematyka badań w ramach CPBR podjęta była dzięki działaniu i wsparciu z-cy Komendanta ds. Naukowych kmdr. dr. inż. Stefana Czarneckiego i dziekana wydziału Mechaniczno-Elektrycznego prof. Władysława Wojnowskiego.

Po przedwczesnej śmierci inż. M. Przylipiaka w 1986 r., tematy i zadania CPBR w Akademii Marynarki Wojennej realizowano pod organizacyjnym kierownictwem kmdr. por. mgr. inż. Mariana Pleszewskiego, a od 1990 mgr inż. Stanisława Skrzyńskiego. W ramach programów CPBR odpowiedzialnym za całość był kmdr Pleszewski, który to bezpośrednio prowadził techniczne i wytwórcze tematy organizacyjne. Program „Wodniczka", polegający na modernizacji bazy do nurkowań saturowanych i projekt „Alga" dotyczący produkcji dla Stoczni Szczecińskiej systemów podtrzymania życia i sterowania procesem nurkowania saturowanego. Jednocześnie od 1985 r. medyczną stronę projektu realizowano pod kierownictwem prof. Doboszyńskiego i dr. Łokucijewskiego z ZMP KMM WAM. Natomiast kmdr Stanisław Skrzyński odpowiedzialny był za realizację CPBR 9.2 cel 17.07 p.t.: „Przygotowanie do nurkowań saturowanych operacyjnych". Ponadto w/w realizował wybrane problemy techniczne dotyczące indywidualnego wyposażenia nurków w komorze i dzwonie, oraz był odpowiedzialny za wykonywanie przepisów prawnych, technicznych i procedur obsługowych w ramach celu 31 CPBR-9.5. W wykonaniu CPBR 9.2 cel 17.07 opracowano kompleksowy program i prowadzono jego realizację w ZSN i TPP AMW z udziałem stoczniowych ekip technicznych i konstruktorskich, nurków testerów, lekarzy z ZMP KMM WAM, i Akademii Medycznej w Szczecinie, inspektorami towarzystw klasyfikacyjnych DNV i MRS, oraz przedstawicielami zamawiającego rosyjskiego armatora.

Specjalistycznym szkoleniem i przygotowaniem objęto wykonawców badań medycznych, badań i prób technicznych, prób z udziałem nurków oraz oddelegowanych specjalistów z przedsiębiorstw i instytucji zabezpieczających szkolenie nurków testerów oraz program prób zdawczych. Był to jeden z najtrudniejszych elementów realizacji tego działania, w którym trzeba było pogodzić wiele różnych, czasami

duties, procedures and regulations for them, which should have been defined at the research stage, modified at the development stage and double-checked during implementation. Implementation was the most difficult stage; it took place at in the course of commissioning tests at the manufacturer's site, i.e. at the Szczecin Shipyard. The shipyard at that time was also building its technical base and testing grounds based on the formal documents indicated by the ordering party (the DNV classification regulations and MRS – Morskoj Rejstr Sudow [Maritime Register of Ships]). In order to carry out research, approval and commissioning tests, a hall was designed and equipped with all the equipment and gas storage facilities for the above-mentioned tasks (this hall was colloquially known as the 'Valley' because of its location).

Responsible for the implementation of the CPBR programmes were Eng. Marian Kukliński, and the chief designer of the Szczecin Shipyard and founder of ZSN and TPP AMW, CDR Medard Przylipiak, who for years had set up research and engineering teams and developed the research base in Gdynia and Szczecin. At the Naval Academy, the research problems covered by the CPBR were undertaken thanks to the support of the Deputy Commandant for Scientific Affairs, CDR Ph.D., Eng. Stefan Czarnecki, and the Dean of the Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Prof. Władysław Wojnowski.

After the untimely death of Eng. M. Przylipiak in 1986, the topics and tasks of the CPBR at the Naval Academy were carried out under the organisational leadership of CDR Lt. M.Sc., Eng. Marian Pleszewski, and from 1990 of M.Sc., Eng. Stanislaw Skrzynski. CDR Pleszewski was responsible for the entire CPBR project and directly managed the technical and production-related organisational topics. The 'Wodniczka' programme dealt with the modernisation of the base for saturation diving, and the 'Alga' project with the production of life support and saturation diving control systems for the Szczecin Shipyard. At the same time, from 1985, the medical side of the project was carried out under the leadership of Prof. Doboszynski and Dr Łokucijewski of the ZMP KMM WAM. On the other hand, CDR Stanislaw Skrzynski was responsible for the execution of CPBR 9.2 objective 17.07 titled: "Preparation for operational saturation dives". In addition, he carried out selected technical problems concerning the individual equipment of divers in the chamber and bell, and was responsible for the execution of the legal, technical and operating procedures within the framework of CPBR-9.5 objective 31. As part of the execution of CPBR 9.2 objective 17. 07, a comprehensive programme was developed and carried out at ZSN and TPP AMW with the participation of shipyard technical and construction teams, test divers, doctors from ZMP KMM WAM, and the Medical Academy in Szczecin, inspectors from classification societies DNV and MRS, and representatives of the ordering Russian shipowner.

Specialised training and preparation was given to the specialist staff engaged in medical examinations, technical examinations and tests, diver trials and seconded specialists from companies and institutions which provided training to tester divers and the commissioning test programme. This was one of the most difficult components in the implementation of this measure in which many different, sometimes conflicting requirements had to be reconciled and animosities of those involved had to be overcome. This involved the production and commissioning of 4 GWK-200 and LSH-

sprzecznych wymagań, a niekiedy przełamywać animozje biorących udział w tym przedsięwzięciu. Wiązało się to z wyprodukowaniem i zdaniem 4 kompleksów nurkowych GWK-200 i LSH-200 (Lądowy System Hiperbaryczny dla IMMT) zaprojektowanych w 1985 jeszcze przy współpracy z kmdr. Przylipiakiem i budowanych przez Stocznię Szczecińską pod klucz dla armatora radzieckiego. Próby zdawcze na terenie stoczni i u armatora oparto o własną polską technologię nurkowania saturowanego i polskie zespoły nurkowe i techniczne. Podczas prób zdawczych w stoczni wykonano zdawcze nurkowanie saturowane na głębokości 100m na kompleksie GWK-200-I i na głębokości 40m w kompleksie GWK-200-II.

Pozytywny przebieg prób zawdzięczamy badaniom nad opracowaniem bezpiecznej metody saturacji nurków w strefie głębokości 30-120 m. W tych latach sytuacja gospodarcza kraju i zmienność wymagań zamawiającego spowodowała perturbacje i wręcz zawieszenie na rok programów, co miało ujemny wpływ na wykonawstwo oraz stabilność kadrową. Powyższe wymagało ciągłych korekt wysiłku badawczego, technicznego i finansowego tak stoczni jak i Akademii Marynarki Wojennej. Wbrew sytuacji nie wpłynęło to w zasadniczy sposób na uzyskanie pozytywnych wyników prac w CPBR-9,5 cel 31, CPBR-9,2 cel 17.07 i CPBR-9,7 zarówno w zakresie problematyki technicznej, jak i medycznej. Powstała w kraju własna technika i technologia umożliwiająca długotrwałe przebywanie ludzi na głębokościach do 120 m, a co najważniejsze, nasz kraj posiadał wyspecjalizowaną w tym kierunku kadrę badawczą i inżynieryjno- techniczną. Na wyraźne podkreślenie zasługuje fakt, że spójność celu 31 CPBR-9,5 i CPBR-9,2 17.07, umożliwiła i doprowadziła do zweryfikowania osiągniętych w kompleksie doświadczalnym Akademii Marynarki Wojennej DGKN-120 wyników badawczych i w kompleksie operacyjnym GKW-200 na jego stacjonarnym, przemysłowym stanowisku prób w Stoczni Szczecińskiej. Dalszym etapem miały być próby zdawcze u armatora radzieckiego. Na skutek zawirowań politycznych i gospodarczych nie dane było polskim ekipom wykonać w warunkach morskich, na produkowanych przez Stocznię Szczecińską kompleksach przemysłowych GWK-200 zainstalowanych już na jednostkach armatora, nurkowań operacyjnych.

Jedną z części programowych CPBR- 9.5 - 31 była problematyka prawna dotycząca prowadzenia w kraju nurkowań saturowanych. Obowiązujące ówcześnie przepisy nurkowe nie uwzględniały stosowania tej nowoczesnej technologii nurkowania, dlatego też wszystkie dotychczas przeprowadzone nurkowe doświadczalne ekspozycje saturowane zrealizowane zostały na zasadzie eksperymentu naukowego z ludźmi. Wymagało to uzyskania zgody odpowiednich komisji, zezwalających na prowadzenie eksperymentalnych badań z udziałem ludzi. Ze względu na fakt, iż kompleks DGKN-120 został wykonany i był eksploatowany w Akademii Marynarki Wojennej, powyższą zgodę uzyskano w komisji resortowej Ministerstwa Obrony Narodowej przy Szefie Departamentu Służby Zdrowia. Przy współudziale komisji cywilnej zgodnie z postanowieniami Deklaracji Helsińskiej rozpoczęcie prób z ludźmi wymagało zgody wskazanej specjalnej komisji – „Komisji do Przeprowadzania Badań z Udziałem Ludzi". Komisje, na mocy rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 1986r. zostały powołane w Akademia Medycznej we Wrocławiu.

200 (Land Hyperbaric System for IMMT) diving complexes designed in 1985 in cooperation with CDR Przylipiak and built by the Szczecin Shipyard under a turnkey contract for the Soviet shipowner. The commissioning tests conducted at the shipyard and at shipowner's site relied on the original Polish saturation diving technology and Polish diving and technical teams. During the shipyard's commissioning trials, a commissioned saturation dive was performed at a depth of 100m on the GWK-200-I complex and at a depth of 40m on the GWK-200-II complex.

We owe the positive outcome of the trials to research into the development of a safe method of diver saturation in the 30-120 m depth zone. During these years, the country's economic situation and the volatility of the contracting party's requirements caused perturbations and even the suspension of programmes for a year, which had a negative impact on the execution and staff rotation. The above necessitated constant adjustments to the research, technical and financial efforts of both the shipyard and the Naval Academy. Contrary to the circumstances, this did not fundamentally affect the positive results of the work in CPBR-9.5 objective 31, CPBR-9.2 objective 17.07 and CPBR-9.7 in both technical and medical issues. The country's own technology for long-term human presence at depths of up to 120 m was created and, most importantly, our country had research and engineering staff specialised in this field. Noteworthy, the consistency of CPBR-9.5 objective 31 and CPBR-9.2 17.07 enabled the validation of the research results achieved at the Naval Academy DGKN-120 experimental complex and at the GKW-200 operational complex on its stationary industrial test bed at the Szczecin Shipyard. The next stage was to be approval tests at the Soviet shipowner. As a result of the political and economic turbulence, it was not possible for the Polish teams to carry out operational dives in sea conditions on the GWK-200 industrial complexes manufactured by the Szczecin Shipyard and already installed on the shipowner's vessels.

One of the substantive issues of CPBR- 9.5 - 31 was the legal aspect of conducting saturation diving in the country. The diving regulations in force at the time did not provided for the use of this modern diving technology therefore all experimental saturation diving exposures were carried out as scientific experiments with the participation of humans. This required the approval of the relevant commissions allowing experimental research with humans. Due to the fact that the DGKN-120 complex was made and operated at the Naval Academy, the above approval was obtained from the commission of the Ministry of Defence working under the Head of the Department of Health Services. In accordance with the provisions of the Declaration of Helsinki, the commencement of trials with humans required the approval of a designated special commission, the Commission for the Conduct of Research with Human Participation. By virtue of a regulation of the Minister of Health and Social Welfare of 1986, the commissions were established at the Medical Academy in Wrocław.

Within the framework of CPBR-9.5 - 31, draft regulations were developed, with which, after their validation under real diving conditions (in the GKW-200 complexes), national diving regulations were planned to be supplemented. Unfortunately, to date, the legal regime of saturated diving has not been fully formalised. In 2021, the PRS Interim Classification Rules were published, addressing issues of design and supervision of diving

W ramach CPBR-9.5 - 31 opracowano projekt przepisów, o które po weryfikacji w warunkach rzeczywistych nurkowania (z kompleksów GKW-200) planowano uzupełnić krajowe przepisy nurkowe. Niestety, do dnia dzisiejszego nurkowania saturowane prawnie nie są do końca sformalizowane. W 2021 roku ukazały się tymczasowe przepisy klasyfikacyjne PRS, poruszające problemy projektowania i nadzoru nad systemami nurkowymi, w tym do nurkowań saturowanych. Natomiast w dokumencie normatywnym dotyczącym dekompresji nurka do dziś brakuje tabel nurkowań saturowanych i tabel leczniczych, mimo że operacyjne nurkowania saturowane od 1995 roku są codziennością na polskim szelfie. Obowiązujące Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 września 2007 r. z późniejszymi zmianami, w sprawie warunków zdrowotnych wykonywania prac podwodnych, wynikające z art. 11 ust. 6 pp. 4 ustawy z dnia 17 października 2003 r. z późniejszymi zmianami, o wykonywaniu prac podwodnych mówi jedynie o prowadzeniu dekompresji i kompresji dotyczącej nurków wykonujących podwodne prace długotrwałe.

WYBRANE PROBLEMY BADAWCZE I ORGANIZACYJNO-TECHNICZNE PROWADZONYCH BADAŃ

Do charakterystycznych wyróżników medycznych, technicznych i organizacyjnych, charakteryzujących stronę badań nurkowań saturowanych należały:

- rodzaj stosowanych mieszanin oddechowych i ich wymagania jakości;
- parametry mikroklimatu atmosfery komór dla zapewniania komfortu przebywania nurków;
- opracowanie całokształtu pomiarów z uwzględnieniem ich dokładności, wiarygodności i niezawodności dla wybranych urządzeń i torów pomiarowych, uwzględniające kompresję, pobyt na plateau i dekompresję,
- sposób wykonywania poszczególnych faz nurkowania tj. kompresji, utrzymania ciśnienia na plateau i dekompresji,
- zabezpieczenie techniczne i organizacyjne działań w sytuacjach awaryjnych,
- metodykę przygotowania i szkolenie nurków testerów,
- przeszkolenie nurków i personelu technicznego ekipy badawczej,
- przygotowanie zespołu medycznego zabezpieczającego badania,

Podstawowym warunkiem uzyskania założonego celu, oprócz zagadnień medycznych, było opracowanie wymagań i utworzenie doświadczalnej bazy technicznej, której jakość pozwalałaby na bezpieczne dla nurków prowadzenie eksperymentalnych ekspozycji saturowanych.

Dostępne w tym okresie w krajowym przemyśle urządzenia, wyposażenie i aparatura pomiarowo-sterująca nie spełniały wymagań umożliwiających prowadzenie nurkowań saturowanych. Trudności w pozyskaniu odpowiednich urządzeń, wyposażenia i aparatury potęgowane były wysokimi wymaganiami dokładności, „czystości tlenowej" oraz kryteriami

systems, including for saturation diving. On the other hand, the normative document on diver decompression still lacks saturation diving tables and treatment tables, despite the fact that operational saturation diving has been an everyday occurrence on the Polish shelf since 1995. The currently binding Regulation of the Minister of Health of 17 September 2007, as amended, on the health conditions for carrying out underwater work, resulting from Article 11, paragraph 6 pp. 4 of the Act of 17 October 2003, as amended, on the performance of underwater work deals only with decompression and compression concerning divers performing long-term underwater work.

SELECTED RESEARCH, ORGANISATIONAL AND TECHNICAL PROBLEMS OF CONDUCTED STUDIES

The distinctive medical, technical and organisational features characterising the research side of saturation diving included:

- the type of breathing mixtures used and their quality requirements;
- the microclimate parameters of the chamber atmosphere ensuring the comfort of the divers;
- the development of overall measurement framework with regard to their accuracy, reliability and dependability for the selected equipment and measuring tracks, taking into account compression, plateau stay and decompression,
- how various phases of the dive, i.e. compression, plateau stay and decompression are performed,
- technical and organisational support for emergency operations,
- methodology for preparing and training test divers,
- training of divers and technical personnel of the research team,
- training the medical team involved in the tests.

Fundamental to achieving the stated objective, in addition to medical issues, was the development of requirements and the establishment of an experimental technical base, the quality of which would allow experimental saturation exposures to be carried out safely for divers.

The facilities, equipment and measuring and control devices available at that time in the domestic industry did not meet the requirements for saturation diving. Difficulties in obtaining suitable facilities, equipment and instruments were compounded by high requirements for accuracy, "oxygen purity" and "hygienic and biological purity" criteria. These requirements fundamentally tightened the design, execution and testing criteria for individual technical systems.

Habitability - the suitability of the hyperbaric chamber assembly for saturation diving is determined by the quality of the systems for regeneration and maintenance of the assumed parameters of the atmosphere. [10] They include systems whose operation must guarantee the maintenance of many parameters of the hyperbaric atmosphere, with a strictly defined level of measurement error. This applies primarily to parameters such as total pressure (p_k)), partial pressure of oxygen (pO2), pressure of carbon dioxide (pCO_2), temperature

„czystości higienicznej i biologicznej". Te wymagania w zasadniczy sposób zaostrzyły kryteria projektowe, wykonawcze i badawcze poszczególnych układów technicznych.

Habitabilność – przystosowanie do życia nurków zespołu komór hiperbarycznych dla nurkowań saturowanych określana jest jakością systemów regeneracji i utrzymania założonych parametrów atmosfery [10]. W ich skład wchodzą układy, których działanie musi gwarantować utrzymywanie wielu parametrów stanu atmosfery hiperbarycznej, przy ściśle określonym poziomie błędu pomiarowego. Dotyczy to przede wszystkim takich parametrów jak: ciśnienie ogólne (p_k), ciśnienie cząstkowe tlenu (pO_2), ciśnienie dwutlenku węgla (pCO_2), temperatura (T_k), wilgotność względna (ϕ_k), jednorodności mieszaniny oddechowej w całej objętości życiowej komór, oraz ilość zanieczyszczeń wynikających z przemian metabolicznych i zastosowanych materiałów.

W czasie pobytu w komorze i dzwonie nurkowym wyróżnić należy cztery grupy zakłóceń i zagrożeń, które muszą być eliminowane:

1. zakłócenia i zagrożenia wynikające z zabezpieczenia życia, zdrowia, zabezpieczania potrzeb fizjologicznych i pobytu nurków w komorze lub dzwonie,
2. zakłócenia i zagrożenia wynikające z pory dnia i zadań nurków ,
3. zakłócenia i zagrożenia wynikające z nieprawidłowej eksploatacji i obsługi przez nurków oraz personel techniczny,
4. zakłócenia i zagrożenia wynikające z awarii technicznych, braku zasilania podstawowego oraz zakłócenia dostaw logistycznych wynikające z czynników zewnętrznych.

W pierwszej grupie elementami zakłócającymi są głownie czynności zabezpieczające procesy życiowe, takie jak operacje śluzowania i wyśluzowania żywności czy odpadów, materiałów utrzymania higieny i dezynfekcji, materiałów i lekarstw oraz sprzętu do badań medycznych i technicznych, wymiany ubrań i bielizny a także elementów sprzętu nurkowego. Operacje śluzowania wprowadzają zmianę ciśnienia, dodatkowe zabrudzenia atmosfery np. azotem, zanieczyszczenia biologiczne, zanieczyszczania wynikające ze specyfiki materiału itp. Ważne jak domieszki szkodliwe wydzielane przez człowieka i obecne w wielu materiałach będą wpływały na czujniki pomiarowe, złoża filtrów, a co najważniejsze na samopoczucie nurków. Grupa lekarstw w płynie i kosmetyków osobistych też może zakłócić lub zagrozić pożarem, gdy jest nieumiejętnie dobrana i podawana.

Do drugiej grupy zaliczamy zmiany powodowane aktywnością fizyczna nurków, zależne od pory dnia i programu dziennego zadań (np. pora snu to mniejsze wydzielanie dwutlenku węgla i zużycie tlenu, wykonywanie pracy fizycznej to sytuacja odwrotna, kąpiel to wzrost wilgotności itp.). Dla każdej pory dnia muszą być utrzymane nakazane parametry atmosfery oraz, co ważne, jej jednorodność (homogeniczność tak by nie tworzyły się tzw. kieszenie tlenowe lub nie doszło do nagromadzenia się ciężkiego dwutlenku węgla w dolnych strefach podczas snu). Przy pracy w wodzie zabrudzenia mogą być spowodowane zabrudzeniem wody, czy zabrudzeniem wynikającym z rodzaju pracy podwodnej [11].

W trzeciej grupie zakłóceń i zagrożeń znajdują

(T_k), relative humidity (ϕ_k), homogeneity of the breathing mixture throughout the vital volume of the chambers, and the amount of impurities resulting from metabolism and materials used.

Four groups of disturbances and hazards need to be eliminated during the stay in the chamber and diving bell:

1. disturbances and hazards resulting from safeguarding life, health, securing physiological needs and the divers' stay in the chamber or bell,
2. disturbances and hazards resulting from the time of day and the divers' tasks ,
3. disturbances and hazards resulting from improper operation and handling by divers and technical staff,
4. disturbances and hazards resulting from technical failures, lack of basic power supply and disruption of logistical supplies due to external factors.

In the first group, the disturbing elements are mainly activities that maintain normal life processes, such as receiving food or throwing out waste, hygiene and disinfection materials, materials and medicines and medical and technical examination equipment, changing clothes and underwear and diving gear components. Each opening of the hatch introduces pressure changes, additional contamination of the atmosphere e.g. with nitrogen, biological contaminants, contaminants due to material specificity etc. It is important how harmful admixtures emitted by humans and present in many materials will affect the measurement sensors, filter beds and, most importantly, the wellbeing of the divers. A group of liquid medicines and personal care products can also interfere with or pose a fire risk when inappropriately selected and administered.

The second group includes changes caused by the divers' physical activity, depending on the time of day and the daily programme of tasks (e.g. sleeping time means less carbon dioxide release and oxygen consumption, doing physical work is the opposite, having a bath means an increase in humidity, etc.). For each time of day, the prescribed atmospheric parameters must be maintained and, importantly, the atmosphere must be homogeneous (so that no so-called oxygen pockets form or heavy carbon dioxide accumulates in the lower zones during sleep). When working in water, fouling can be caused by dirty water or fouling due to the type of underwater work [11].

In the third group of disturbances and hazards are those resulting from the improper operation and handling by divers and technical staff. Although they were all trained and subject to round-the-clock medical and maintenance supervision by the project managers, there were instances of lack of discipline, irritation and incorrect decisions, despite the rule of double-checking the correct action. Being in the chamber for long periods of time and in a military mode of work for the technical staff resulted in fatigue, a desire to improve the comfort and handling, inattention and misinterpretation of measurements. The stress of the unknown, exacerbated by the environment and the nervousness of the supervisors, faded with experience. This stress was reinforced by supervisors and team members. In general, those without diving practice and those best "informed" warned of the danger [5].

This stress was also shared by the management

się te wynikające z nieprawidłowej eksploatacji i obsługi nurków i personelu technicznego. Mimo, że wszyscy podlegali szkoleniu oraz całodobowemu nadzorowi medycznemu i obsługowemu przez kierujących badaniami, zdarzały się przypadki braku dyscypliny, irytacji oraz błędnych decyzji, pomimo iż obowiązywała zasada podwójnego sprawdzenia prawidłowej czynności. Długotrwałe przebywanie w komorze i w skoszarowanym trybie pracy personelu technicznego powodowało zmęczenie, chęć poprawiania sytuacji i obsługi, nieuwagę oraz błędną interpretację pomiarów. Stres przed nieznanym, pogłębiony przez otoczenie i nerwowość kierujących, zanikał wraz z doświadczeniem. Stres ten wzmacniali przełożeni i osoby z zespołu. Generalnie, ci co nie mieli praktyki nurkowej oraz Ci najlepiej „poinformowani" ostrzegali przed niebezpieczeństwem [5].

Stres ten udzielał się także kierownictwu eksperymentu, szczególnie przy zagrożeniu niepowodzeniem, którego stawką było zdrowie lub życie nurków. Przebywanie nurków w komorze wiązało się z ujawnianiem się cech ich charakterów oraz umiejętności współpracy z kolegami. Dlatego tak ważny był dobór nurków testerów, których badał psycholog na wszystkich etapach eksperymentu.

„W całym cyklu eksperymentów mieliśmy dwie bardzo stresogenne sytuacje. Pierwsza – podczas wychodzenia nurków z komory po zakończeniu dekompresji z saturacji o plateau 80 m, trzech nurków straciło przytomność i przewróciło się. Na szczęście szybko przytomność odzyskali. Przyczyna była trudna do ustalenia, ale po długiej i szczegółowej analizie przebiegu ostatnich godzin dekompresji zagadka się wyjaśniła. medycznej i obsługowej wyjaśniono. Duży właz do komory transferowej przy ciśnieniu 1,2.m H_2O stawał się nieszczelny, co powodowało utratę mieszaniny oddechowej. W związku z tym koniecznym było uzupełnianie mieszaniny oddechowej celem utrzymania wymaganego ciśnienia w komorze. Kierownik zmiany - wachty dla oszczędności drogich mieszanin w końcowe fazie dekompresji dodawał do atmosfery komory resztki mieszanin dennych helioksowych 7% tlenu, zamiast użyć helioks o zawartości 20% tlenu. Spowodowało to chwilową hipoksję. Szczęściem w tej sytuacji był fakt, iż hipoksyczna mieszanina była dodawana do atmosfery komory przejściowej, nie zaś pobytowej. Drugim bardzo stresogennym przypadkiem była ostatnia w programie ekspozycja saturowana z wykorzystaniem nitroksu z plateau saturacji 45m. Wpływ relatywnie wysokiego ciśnienia parcjalnego azotu wprawił w dobry humor nurków testerów. Wpływ narkozy azotowej u każdego nurka był na innym poziomie, i narastał wraz z czasem ekspozycji. To zjawisko nie uławiało komunikacji z nurkami przebywającymi w komorze, i powodowało ich niesubordynację. To tylko dwa przypadki z kilkunastu pokazujące, że takich sytuacji trudno było uniknąć." – wspomina swoje doświadczenia autor.

Trudności wynikające z czynników zewnętrznych to awarie techniczne i zakłócenia dostaw logistycznych. Przerwy w zasilaniu energii elektrycznej także występowały, mimo że informowano stosowne służby. W sytuacji wystąpienia takowych trudności sprawdzaliśmy działanie w realnych sytuacjach awaryjnych i odporność systemu na zagrożenia zewnętrzne oraz działanie naszej bazy, by zapewnić utrzymanie stosownych parametrów podtrzymania życia

of the experiment, particularly with the threat of failure, with the health or lives of the divers at stake. The divers' time in the chamber was associated with the revealing of their character traits and their ability to cooperate with their team mates. This is why the selection of test divers, who were examined by a psychologist at all stages of the experiment, was so important.

"There were two very stressful situations throughout the series of experiments. The first one, while the divers were leaving the chamber after decompression from a saturation plateau of 80m, three divers lost consciousness and fell over. Fortunately, they quickly regained consciousness. The cause was difficult to determine, but after a long and detailed analysis of the course of the last hours of decompression, the mystery cleared up. The large hatch to the transfer chamber at a pressure of 1.2.m H_2O was becoming leaky, resulting in a loss of breathing mixture. It was therefore necessary to top up the breathing mixture to maintain the required pressure in the chamber. The shift-watch manager, to save expensive mixtures in the final decompression phase, added residual 7% oxygen heliox bottom mixtures to the chamber atmosphere instead of using 20% oxygen heliox. This caused temporary hypoxia. The fortunate thing about this situation was that the hypoxic mixture was added to the atmosphere of the transition chamber, not the living chamber. The second highly stressful case was the last saturated exposure in the programme using nitrox with a saturation plateau of 45m. The impact of the relatively high nitrogen partial pressure put the test divers in a good mood. The impact of nitrogen narcosis was at a different level for each diver, and increased with exposure time. This phenomenon did not facilitate communication with the divers in the chamber, and caused them to be insubordinate. These are just two cases out of a dozen showing that such situations were difficult to avoid." - recalls the author from his experience.

Difficulties arising from external factors were technical failures, and disruptions to logistical supplies. Electricity supply interruptions also occurred, although the relevant services were informed. When such difficulties occurred, we tested the operation in real emergency situations and the resilience of the system to external threats, as well as the performance of our base to ensure that the relevant parameters for life support and comfort of the divers under pressure were maintained. In these cases, the systems and devices supplying the chamber together with their equipment forming the internal and external emergency life support systems and maintaining atmospheric parameters, were tested.

The least disruptive to the maintenance of the chamber's atmospheric parameters is the stay on the plateau, as the parameters are maintained at a constant pressure and the main disruptions are the time of day and the maintenance of the divers' psycho-physical condition and task performance. During the dynamic phases, i.e. compression and decompression, the parameters have to be maintained at varying pressures, which requires close supervision by the operators so as not to exceed the set parameters, in particular the partial pressures of oxygen at the lower and upper limits and of carbon dioxide at the upper limit.

For this reason, during research and experimental saturation dives, reliability of measurement is vital. This was achieved using three different methods of measuring these gases, based on chromatographic,

i komfortu przebywania pod ciśnieniem nurków. W tych przypadkach sprawdzały się układy i urządzenia zasilania komory, oraz ich wyposażenia tworzące wewnętrzne i zewnętrzne awaryjne układy podtrzymania życia ludzi i utrzymania parametrów atmosfery.

Najmniej zakłócający dla utrzymania parametrów atmosfery komory jest pobyt na plateau, gdyż utrzymywanie parametrów odbywa się przy stałym ciśnieniu, a głównymi zakłóceniami są pory dnia i utrzymanie kondycji psychofizycznej nurków oraz wykonywanie zadań. Podczas faz dynamicznych tj. kompresji i dekompresji parametry muszą być utrzymywane przy zmianach ciśnienia, co wymaga ścisłego nadzoru obsługi tak by nie przekroczyć założonych parametrów, a w szczególności ciśnień parcjalnych tlenu w dolnej i górnej granicy oraz górnej granicy dwutlenku węgla.

Dlatego też podczas badań i eksperymentalnych nurkowań saturowanych ważnym czynnikiem jest wiarygodny pomiar, co realizowano stosując trzy różne metody pomiarów tych gazów, opartych o pomiar chromatograficzny, elektrochemiczny i paramagnetyczny. Dzięki współpracy z specjalistami Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego w Bytomiu podczas badań wykorzystano najnowsze ówczesne metody pomiarowe dla ekspozycji, w których wymagana była wysoka dokładność pomiaru rosnąca wraz z głębokością. Specjaliści Centralnej Stacji wykonywali pomiary weryfikujące wyniki pomiarów laboratorium ZSNiTPP przy badaniach dekompresji z użyciem trimiksu. Posiadana w kraju baza pomiarowa nie była przygotowana do pomiarów w środowisku helowym i problem ten był jednym z zadań badawczych.

electrochemical and paramagnetic measurements. Thanks to the cooperation with specialists from the Central Mine Rescue Station in Bytom, the research used the latest measurement methods of the time for exposures where high measurement accuracy was required, increasing with depth. The Central Station's specialists carried out measurements to verify the results of the ZSNiTPP laboratory's decompression tests using trimix. The measurement base in the country was not advanced enough for measurements in a helium environment and this problem was one of the research tasks.

REFERENCES

1. Miller J.W, Koblick I.G Living and Working in the sea VanNostrand Reinghold Company ISBN 0-442-26084-9 1984;
2. Kenny J.E.: Business of diving. Gulf Publishing: Houston 1972;
3. W.A. Wiszniakow, D.W.Merenów ,,Głubokowodnoje wodołaznoje techniki`` Technika Oswojenia Okeana. Sudostrojennie Leningrad 1982;
4. Informacje autora z oparte na doświadczeniu zawodowym;
5. Informacje autora z udziału prac relizowanych przez Zakład Sprzetu Nurkowego I Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w latach 1976 -2000;
6. Dokumentacja techniczne i organizacyjna CPBR - 9.5 “Techniczne, medyczne i prawne problemy długotrwałego przebywania człowieka pod wodą,“ Systemy podtrzymania życia kompleksu nurkowego GWK - 200”. Akademia Marynarki Wojennej. Stocznia Szczecińska im. A.Warskiego 1990 r.;
7. M.Przylipiak. “Wentylacja komór hiperbarycznych przy stosowaniu zewnętrznych systemów regulacji ” Referat na Sympozjum “Nurkowanie saturowane - Problematyka techniczna”. Wyższa Szkoła Marynarki Wojennej. Gdynia 1985;
8. Pleszewski M. ,Skrzyński S., Baza techniczna nurkowań saturowanych w Akademii Marynarki Wojennej III Sympozjum ,,Nurkowanie Saturowane - Problematyka Techniczna” A M W 1991;
9. Doboszyński T, Łokuciejewski B. „Badania nad przebiegiem dekompresji nurkowań saturowanych przy użyciu powietrza” .KMM WAM Gdynia w 1983-1985;
10. Doboszyński T, Łokuciejewski B,, Wybór optymalnego w warunkach krajowych systemu nurkowania saturowanego do głębokości 120m Zakład Medycyny Podwodnej Katedry Medycyny Morskiej WAM Gdynia 1986;
11. Doboszyński T., Łokuciejewski B. System Nurkowania Saturowanego na 100m oraz Zasady Zabezpieczenia Medycznego Nurków w GWK-200 i LSH-200 Zakład Medycyny Podwodnej Katedry Medycyny Morskiej WAM Gdynia 1990.

Stanisław Skrzyński
Akademia Marynarki Wojennej
im. Bohaterow Westerplatte 81 – 103 Gdynia 3
ul. Śmidowicza 69
tel.: +58 626 27 46,
e-mail: skrzynski@interecho.com

ZINC AND MAGNESIUM VS COVID - 19

CYNK I MAGNEZ A COVID - 19

Barbara Sokołowska[1)], Stanisława Katarzyna Nazaruk[1)], Agnieszka Radzka-Pogoda[2)], Gabriela Henrykowska[3)], Andrzej Borzęcki [4)]

[1)] John Paul II University of Applied Sciences in Biala Podlaska, Poland
[1)] Akademia Bialska Nauk Stosowanych im. Jana Pawła II w Białej Podlaskiej
[2)] Doctoral School, Medical University of Lublin, Poland
[2)] Szkoła Doktorska Uniwersytetu Medycznego w Lublinie
[3)] Department of Epidemiology and Public Health, Medical University, Łódź, Poland
[3)] Zakład Epidemiologii i Zdrowia Publicznego UM w Łodzi
[4)] Department of Hygiene and Epidemiology, Medical University of Lublin, Poland
[4)] Zakład Higieny i Epidemiologii Uniwersytet Medyczny w Lublinie

STRESZCZENIA / ABSTRACTS

Zinc and magnesium are among the most important elements for the human body. A deficiency or excess of either of them may pose a potential threat to the homeostatic mechanisms of the body. Both elements condition the proper functioning of the immune system. Zinc and magnesium deficiency significantly reduces the body's immunity, facilitating infection with various pathogens, including SARS-COV-2 infection. In this paper, we reviewed the literature on the impact of zinc and magnesium deficiencies on the incidence and course of COVID-19.
Keywords: zinc, magnesium, COVID-19, SARS-CoV2.

Cynk i magnez to jedne z ważniejszych pierwiastków dla organizmu człowieka. Niedobór lub nadmiar któregoś z nich może stanowić potencjalne zagrożenie dla mechanizmów homeostazy ustroju. Pierwiastki te warunkują prawidłowe funkcjonowanie układu immunologicznego. Niedobór cynku i magnezu istotnie zmniejsza odporność organizmu ułatwiając infekcje różnymi patogenami, w tym zakażenia SARS-COV-2. W pracy dokonano przeglądu piśmiennictwa obejmującego zagadnienia wpływu niedoborów cynku i magnezu na zachorowanie i przebieg COVID-19.
Słowa kluczowe: cynk, magnez, COVID-19, SARS-CoV2.

Цинк и магний являются одними из важнейших элементов для человеческого организма. Дефицит или избыток любого из них может представлять потенциальную угрозу для гомеостатических механизмов организма. Эти элементы обуславливают правильное функционирование иммунной системы. Дефицит цинка и магния значительно снижает иммунитет организма, способствуя заражению различными патогенами, включая инфекции SARS-COV-2. В данной статье приводится обзор литературы, освещающей влияние дефицита цинка и магния на заболеваемость и течение COVID-19.
Ключевые слова: цинк, магний, COVID-19, SARS-CoV2.

Zink und Magnesium gehören zu den wichtigsten Elementen des menschlichen Körpers. Ein Mangel oder Überschuss an einem der beiden Elemente kann eine potenzielle Bedrohung für die homöostatischen Mechanismen des Körpers darstellen, denn diese Elemente sind die Voraussetzung für die ordnungsgemäße Funktion des Immunsystems. Ein Mangel an Zink und Magnesium verringert die Abwehrkräfte des Körpers erheblich, weil er die Infizierung mit verschiedenen Krankheitserregern, einschließlich der SARS-COV-2-Infektion, erleichtert. In diesem Beitrag wird die Literatur über die Auswirkungen von Zink- und Magnesiummangel auf das Auftreten und den Verlauf von COVID-19 untersucht.
Schlüsselwörter: Zink, Magnesium, COVID-19, SARS-CoV2.

El zinc y el magnesio son unos de los elementos más importantes para el organismo humano. La deficiencia o el exceso de cualquiera de ellos puede suponer un potencial peligro para los mecanismos de homeostasis del organismo. Estos elementos condicionan el correcto funcionamiento del sistema inmunológico. La deficiencia de zinc y magnesio reduce esencialmente la inmunidad del organismo, facilitando las infecciones por diferentes patógenos, incluyendo el contagio por SARS-COV-2. En el trabajo se ha llevado a cabo una revisión de la literatura que incluye cuestiones relacionadas con la influencia de la deficiencia de zinc y magnesio en el contagio por COVID-19 y el transcurso de esta enfermedad.
Palabras clave: zinc, magnesio, COVID-19, SARS-CoV2.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 79 Issue 2 pp. 45 – 52
ISSN: 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535
DOI: 10.2478/phr-2022-0009
Pages: 8, figures: 0, tables: 2
page www of the periodical: www.phr.net.pl

Publisher
Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: przeglądowy
Review article

Termin nadesłania: 24.01.2022 r.
Termin zatwierdzenia do druku: 17.04.2022 r.

WSTĘP

Zarówno cynk jak i magnez są niezbędne do prawidłowego rozwoju, dojrzewania i funkcjonowania organizmu człowieka. Niedobór lub też nadmiar jednego z tych pierwiastków może stanowić potencjalne zagrożenie dla zaburzenia prawidłowego funkcjonowania procesó w homeostazy ustroju [1,2].

Magnez to pierwiastek chemiczny niezbędny do życia wszystkich organizmów żywych. Pełni bardzo ważne funkcje w organizmie człowieka. Jest aktywatorem ponad 300 reakcji enzymatycznych, katalizuje reakcje szlaku oddechowego, syntezy kwasów nukleinowych, przemian białkowych, tłuszczowych i węglowodanowych. Wpływa na przepuszczalność i stabilizację błon komórkowych, Pierwiastek ten uczestniczy w procesie skurczu komórek mięśnia sercowego i regulacji ciśnienia tętniczego krwi. Pełni również istotną rolę w procesach mineralizacji kości i gospodarce wapniowo-fosforanowej, reguluje glikemię. Magnez uczestniczy w przewodzeniu impulsów nerwowych. Wpływa również na działanie układu immunologicznego i odpornościowego. 60% magnezu zdeponowane jest w układzie kostnym człowieka, a 20% w mięśniach szkieletowych. Pozostała ilość tego pierwiastka rozmieszczona jest w innych tkankach i narządach, takich jak: nerki, wątroba czy przewód pokarmowy. Tylko ok. 1% magnezu znajduje się w przestrzeni zewnątrzkomórkowej. Dobowe zapotrzebowanie na magnez rośnie wraz ze wzrostem organizmu oraz podczas ciąży, przy silnym wysiłku fizycznym i psychicznym, w stresie i przy nadużywaniu alkoholu [3,4].

W tabeli 1 przedstawiono średnie dzienne zapotrzebowanie na magnez w różnych grupach wiekowych.

INTRODUCTION

Zinc and magnesium are both essential for the normal development, maturation and functioning of the human body. A deficiency or excess of either of these elements may pose a potential threat to the proper functioning of the homeostatic processes of the body [1,2].

Magnesium is a chemical element essential to all living organisms. It performs very important functions in the human body. It is an activator of over 300 enzyme reactions, catalysing reactions of the respiratory pathway, synthesis of nucleic acids, protein, fat and carbohydrate metabolism. It influences the permeability and stabilisation of cell membranes. The element is involved in the contraction of cardiac muscle cells and the regulation of blood pressure. Furthermore, it plays an important role in bone mineralisation processes and calcium-phosphate metabolism, and regulates glycaemia. Magnesium is involved in the conduction of nerve impulses. It also influences the function of the immune system. 60% of magnesium is deposited in the human skeletal system and 20% in the skeletal muscles. The remaining amount of this element is distributed in other tissues and organs, such as the kidneys, liver and gastrointestinal tract. Only about 1% of magnesium is found in the extracellular space. The daily requirement for magnesium increases as the body grows, as well as during pregnancy, during intense physical and mental exertion, under stress and with alcohol abuse [3,4].

Table 1 shows the average daily magnesium demand for different age groups.

Tab. 1

Average daily magnesium requirements by age [5].

Średnie dzienne zapotrzebowanie na magnez z uwzględnieniem wieku [5].

Magnesium requirements (mg/24h)					
Newborns and infants	Children at the age of 1-3 years	Children at the age of 4-9 years	Adolescents at the age of 10-12 years	Adolescents at the age of 13-18 years	Adults >18 years
30-70	65	110	200	300-340	265-350

Główną przyczyną niedoboru magnezu jest źle zbilansowana dieta z ubogą zawartością magnezu lub z wysoką zawartością składników utrudniających jego wchłanianie. Wśród innych przyczyn wymienia się zaburzenia wchłaniania magnezu w przebiegu zapalenie trzustki, zespołu złego wchłaniania, przewlekłego stosowania inhibitorów pompy protonowej. Niedobór tego pierwiastka wynikać może również ze zbyt dużej utraty magnezu (np. w przewlekłym alkoholizmie, chorobach nerek, pierwotnej nadczynności przytarczyc, przy wymiotach i biegunkach) [6]. Objawy niedoboru magnezu są niecharakterystyczne. Najczęściej występują zaburzenia metaboliczne, takie jak: hipokalcemia, hipokaliemia oraz hipofosfatemia Występują również zaburzenia rytmu serca, objawy nerwowo-mięśniowe obejmujące drżenie rąk, nóg, języka, warg, powiek, bolesne skurcze mięśni, drętwienie, mrowienie kończyn, osłabienie siły mięśni. Niedobór magnezu może

The main cause of magnesium deficiency is a poorly balanced diet with a low magnesium content or a high content of ingredients that impede magnesium absorption. Other causes include impaired magnesium absorption in the course of pancreatitis, malabsorption syndrome and chronic use of proton pump inhibitors. Magnesium deficiency may also result from excessive magnesium loss (e.g. in chronic alcoholism, renal disease, primary hyperparathyroidism, vomiting and diarrhoea) [6]. Symptoms of magnesium deficiency are uncharacteristic. The most common symptoms are metabolic disorders such as hypocalcaemia, hypokalaemia and hypophosphataemia. They also include cardiac arrhythmias, neuromuscular symptoms including tremor in the arms, legs, tongue, lips, eyelids, painful muscle spasms, numbness, tingling in the limbs, weakness in muscle strength. Magnesium deficiency can lead to an increase in blood pressure and coronary heart problems

prowadzić do wzrostu ciśnienia tętniczego krwi oraz wystąpienia dolegliwości wieńcowych, związanych z niedokrwieniem mięśnia sercowego. Występować mogą również objawy takie jak przewlekłe uczucie zmęczenia, trudność w koncentracji i skupienia uwagi, upośledzenie pamięci, nadmierna nerwowość i drażliwość, wypadanie włosów. Konsekwencja zaburzeń funkcjonowania układu odpornościowego są częste infekcje, gównie układu oddechowego o różnej etiologii [7].

Cynk jest mikroelementem pełniącym również bardzo ważne funkcje w organizmie człowieka. Najwyższy poziom tego pierwiastka jest w mięśniach szkieletowych i kościach. Duże ilości cynku znajdują się również w wątrobie, mózgu, gruczole krokowym, skórze i we włosach. Pierwiastek ten jest składnikiem ponad 300 enzymów, w tym również tych, które tworzą barierę antyoksydacyjną oraz tych, które biorą udział w syntezie białek i kwasów nukleinowych. Cynk odgrywa istotną rolę w procesach replikacji i transkrypcji materiału genetycznego oraz w procesach ekspresji i stabilizacji genów. Uczestniczy w procesach metabolizmu białek, tłuszczów i węglowodanów. Wpływa na syntezę i funkcjonowanie hormonów steroidowych. Pierwiastek ten jest niezbędny w procesach stabilizacji błon komórkowych, warunkuje prawidłowe funkcjonowanie i regenerację skóry oraz błon śluzowych, odgrywa istotna rolę w procesach mineralizacji kości. Cynk wpływa na działanie układu immunologicznego i uczestniczy w reakcjach odpornościowych organizmu. Ponadto jest on niezbędny do prawidłowych podziałów komórkowych, odgrywa ważną rolę w procesach starzenia się organizmu i apoptozy komórek Cynk bierze również udział w procesach krzepnięcia krwi W ośrodkowym układzie nerwowym cynk wpływa na procesy uczenia się i zapamiętywania. Odgrywa również ważną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu zmysłu wzroku, słuchu, węchu i smaku. Pierwiastek ten warunkuje również prawidłowe funkcjonowanie narządów rozrodczych. Przez udział w biosyntezie oraz uwalnianiu insuliny jest on niezbędny dla prawidłowego funkcjonowanie trzustki. Cynk odpowiada również za metabolizm alkoholu oraz zmniejsza toksyczne działania metali ciężkich. Pierwiastek ten nie jest wytwarzany ani magazynowany w organizmie człowieka [8].

Dlatego też musi być dostarczany wraz z pożywieniem w codziennej diecie. Przyswajanie cynku ograniczają między innymi: alkohol, błonnik, szczawiany, fityniany. Głównymi źródłami cynku są produkty pochodzenia zwierzęcego takie jak: mięso, jaja, ryby i ostrygi, a w mniejszym stopniu pochodzenia roślinnego (nasiona słonecznika, dyni, kiełki pszenicy i otręby pszenne, a także czosnek, cebula). Dzienne zapotrzebowanie na cynk zależy od szeregu czynników, między innymi, od płci i wieku. Średnie dzienne zapotrzebowanie na cynk dla dorosłego człowieka szacuje się na poziomie około 15 mg. W tabeli 2 przedstawiono dzienne zapotrzebowanie na cynk w różnych grupach wiekowych [9].

associated with myocardial ischaemia. Symptoms such as chronic fatigue, difficulty in concentration and attention, impaired memory, excessive nervousness and irritability, and hair loss may also occur. A consequence of immune system dysfunction are frequent infections, mainly of the respiratory system, of varying aetiologies [7].

Zinc is another micronutrient with very important functions in the human body. The highest levels of this element are found in skeletal muscles and bones. Large amounts of zinc are also found in the liver, brain, prostate gland, skin and hair.

The element is a component of over 300 enzymes, including those that form the antioxidant barrier and those involved in the synthesis of proteins and nucleic acids. Zinc plays an important role in the processes of replication and transcription of genetic material and in gene expression and stabilisation processes. It participates in the processes of protein, fat and carbohydrate metabolism. It influences the synthesis and function of steroid hormones. This element is essential in stabilising cell membranes, it conditions the proper functioning and regeneration of the skin and mucous membranes, and plays an important role in bone mineralisation processes. Zinc influences the immune system and participates in the body's immune reactions. Moreover, it is necessary for normal cell division, plays an important role in the body's ageing processes and in cell apoptosis. Zinc is also involved in blood clotting. Within the central nervous system, zinc influences learning and memory processes. It also plays an important role in the proper functioning of the senses of sight, hearing, smell and taste. It is also necessary for the proper functioning of the reproductive organs. Through participation in the biosynthesis and release of insulin, it is essential for the proper functioning of the pancreas. In addition, zinc is responsible for the metabolism of alcohol and reduces the toxic effects of heavy metals. Zinc is not produced or stored in the human body [8].

For this reason, it must be supplied with food in the daily diet. The absorption of zinc is inhibited by, inter alia, alcohol, fibre, oxalates and phytates. The main sources of zinc are animal products such as meat, eggs, fish and oysters, and, to a lesser extent, vegetable sources (sunflower seeds, pumpkin seeds, wheat germ and wheat bran, as well as garlic, onions). The daily zinc requirement depends on a number of factors, including, but not limited to, gender and age. The average daily zinc requirement for an adult is estimated to be approximately 15 mg. Table 2 shows the daily zinc requirement for different age groups [9].

Tab. 2

Average daily zinc requirement by age [9].

Średnie dzienne zapotrzebowanie na cynk z uwzględnieniem wieku [9].

Zinc requirements (mg/24h)					
Newborns and infants	Children at the age of 1-3 years	Children at the age of 4-9 years	Adolescents at the age of 10-12 years	Adolescents at the age of 13-18 years	Adults >18 years
2.5	2.5	4	7	7.3-8.5	6.8-9.4

METODY

Dokonano przeglądu literatury z baz PubMed, Scopus, Google Scholar w celu oceny wpływu niedoboru magnezu i cynku na zachorowanie i przebieg COVID-19. Analiza uzyskanych danych pozwolić może na stworzenie scenariuszy profilaktyki i suplementacji magnezu i cynku u chorych z infekcją SARS-CoV2. Wyszukiwane słowa kluczowe obejmowały: magnez, cynk, COVID-19, SARS-CoV2.

NIEDOBÓR MAGNEZU A COVID-19

COVID-19 (ang. coronavirus disease 2019) jest chorobą zakaźną układu oddechowego spowodowaną zakażeniem wirusem SARS-CoV-2 (ang. severe acute respiratory syndrome coronavirus2). Choroba ta po raz pierwszy została rozpoznana i opisana w listopadzie 2019 r. w mieście Wuhan w prowincji Hubei w środkowych Chinach. 30 stycznia 2020r. ogłoszony został stan zagrożenia dla zdrowia publicznego o zasięgu międzynarodowym w wyniku rozprzestrzeniającej się epidemii COVID-19, a 11 marca 2020 r. seria zachorowań na COVID-19 nasilająca się od listopada 2019 r. uznana została przez Światową Organizację Zdrowia za pandemię [10].

SARS-CoV-2 należy do grupy koronawirusów z pojedynczą nicią RNA i otoczką przypominającą swoim wyglądem koronę. Wirus ten ma duży potencjał zakażania. Przenosi się drogą kropelkową. Głównymi objawami COVID-19 jest najczęściej gorączka, kaszel, duszność, zmęczenie, bóle mięśniowe, osłabienie, ból gardła i ogólne złe samopoczucie. Przebieg kliniczny choroby jest zróżnicowany, od łagodnego lub nawet bezobjawowego, do ciężkiej niewydolności oddechowej i śmierci [11]. Rokowanie jest gorsze u osób starszych, u pacjentów z chorobami współistniejącymi i zaburzeniami odporności. Wykazano, że ponad 80% zgonów z powodu COVID-19 dotyczyło osób powyżej 60. roku życia, a ponad 75% osób zmarłych miało choroby współistniejące [11,12,13].

Odpowiednio zbilansowana dieta, zawierająca wszystkie niezbędne mikro i makroelementy, zdrowy styl życia, umiejętność radzenia sobie ze stresem, mają istotny wpływ na układ odpornościowy człowieka. [14,15] Stres związany z izolacją społeczną w czasie pandemii COVID-19 oraz obawą przed zachorowaniem, zmiana nawyków żywieniowych w czasie lockdownu, w połączeniu ze zmniejszoną aktywnością fizyczną są przyczyną szeregu negatywnych konsekwencji zdrowotnych, takich jak: otyłość, cukrzyca, choroby układu sercowo-naczyniowego, które dodatkowo osłabiają odpowiedź immunologiczną organizmu człowieka na działanie różnych patogenów, ułatwiając rozwój infekcji

Methods

A literature review from PubMed, Scopus, and Google Scholar databases was performed to assess the impact of magnesium and zinc deficiency on the incidence and course of COVID-19. Analysis of the data obtained may allow the development of scenarios for prevention and supplementation of magnesium and zinc in patients with SARS-CoV-2 infection. Key words searched included: magnesium, zinc, COVID-19, SARS-CoV2.

MAGNESIUM DEFICIENCY AND COVID-19

COVID-19 (coronavirus disease 2019) is a respiratory infectious disease caused by severe acute respiratory syndrome coronavirus2 (SARS-CoV-2) infection. The disease was first recognised and described in November 2019 in the city of Wuhan, Hubei province, central China. On 30 January 2020, a public health emergency of international concern was declared as a result of the spreading COVID-19 outbreak, and on 11 March 2020, a series of COVID-19 cases escalating since November 2019 was declared a pandemic by the World Health Organisation [10].

SARS-CoV-2 belongs to the group of coronaviruses with a single RNA strand and a corona-like envelope. The virus is highly infectious. It is transmitted by the droplet route. The main symptoms of COVID-19 typically include fever, cough, shortness of breath, fatigue, muscle aches, weakness, sore throat and general malaise. The clinical course of the disease varies from mild or even asymptomatic to severe respiratory failure and death [11]. The prognosis is worse in the elderly, in patients with comorbidities and immunocompromised patients. It has been shown that more than 80% of COVID-19 deaths were in people over 60 years of age, and more than 75% of those who died had comorbidities [11,12,13].

A well-balanced diet containing all the necessary micro- and macronutrients, a healthy lifestyle, and the ability to cope with stress have a significant impact on the human immune system [14,15]. The stress of social isolation during the COVID-19 pandemic and the fear of contracting the disease, the change in eating habits during lockdown, combined with reduced physical activity are the cause of a number of negative health implications, such as obesity, diabetes, cardiovascular diseases, which further weaken the human body's immune response to various pathogens, facilitating the development of infections and worsening their course and prognosis [16,17,18]. The authors Wolf FI. et al [19] demonstrated in their work the presence of magnesium deficiency in patients with said conditions. These authors also confirmed that hypomagnesaemia was an additional factor exacerbating the risk of COVID-19 and increasing

i pogarszając ich przebieg i rokowanie[16,17,18]. Autorzy Wolf FI. i wsp. [19] wykazali w swoich pracach istnienie niedoboru magnezu u pacjentów z tymi schorzeniami. Autorzy ci potwierdzili również, że hipomagnezemia była dodatkowym czynnikiem nasilającym ryzyko zachorowania na COVID-19 i zwiększającym śmiertelność w przebiegu tej choroby. Podobne wyniki badań uzyskali badacze Alamdari NM.i wsp. [20],którzy wykazali, że u chorych hospitalizowanych z rozpoznaniem na COVID-19 niedobór magnezu wpływał na brak efektu stosowanego leczenia oraz istotnie zwiększał ryzyko zgonu.

Kolejni autorzy: Trapani V. i wsp.[4]. Magnez działa jako kofaktor wielu enzymów, regulując kanały jonowe i wytwarzanie energii, jest niezbędny do utrzymania prawidłowej fizjologii i metabolizmu komórkowego [21]. Niedobór magnezu zwiększa ryzyko wywołania zapalnej „burzy cytokinowej" oraz uszkodzenia śródbłonka naczyniowego i uruchomienia kaskady układu krzepnięcia. Konsekwencją tych zaburzeń jest rozsiany proces wykrzepiania wewnątrznaczyniowego i rozwój niewydolności wielonarządowej [3,22]. Niski poziom magnezu indukuje uwalnianie prozapalnych cytokin, promuje agregację płytek krwi, uwalnianie beta-tromboglobuliny i tromboksanów. Uszkodzenie śródbłonka naczyń i stan nadkrzepliwości są kluczowymi składnikami triady Virchowa i są przyczyną wzrostu częstości występowania powikłań zakrzepowo-zatorowych u pacjentów z COVID-19 [21,23,24]. Niedobory magnezu mogą nasilać również odpowiedź zapalną indukowaną przez SARS-CoV-2. Ponadto inne objawy zgłaszane przez pacjentów z COVID-19, takie jak astenia, bóle mięśni, lęk, depresja, bezsenność, mogą być związane, nie tylko z infekcją wirusową, ale również z niedoborem magnezu [25]. Dane z przeglądu literatury wydają się potwierdzać związek między zaburzoną homeostazą magnezu a COVID-19 i motywują do dalszych badań w celu zbadania profilaktycznego i terapeutycznego potencjału suplementacji magnezem.

NIEDOBÓR CYNKU A COVID-19

Cynk występuje w organizmie człowieka jako pierwiastek śladowy. Ponad jedna trzecia populacji cierpi na jego niedobór. Cynk odgrywa znaczącą rolę w prawidłowym funkcjonowaniu układu odporności człowieka i zwalczaniu infekcji [26,27]. Pierwiastek ten posiada właściwości przeciwwirusowe oraz immunomodulujące, jest składnikiem enzymów przeciwutleniających, które mogą hamować reprodukcję wirusa w komórkach gospodarza. I ułatwiać jego eliminację. Niski poziom cynku powoduje dysfunkcję układu odpornościowego i zwiększa ryzyko zachorowania na COVID-19 oraz wpływa na przebieg kliniczny choroby [28]. Wyniki badań różnych autorów wskazują na istnienie korelacji między częstością zakażenia SARS-CoV-2, a niedoborami cynku [28,29]. Potwierdzono istotny związek między poziomem cynku w surowicy krwi chorych na COVID-19 a nasileniem objawów klinicznych choroby i odpowiedzi na leczenie [30,31]. Prace Jothimani i wsp. [32] wskazują na wpływ niedoboru cynku na występowanie ciężkich powikłań oraz zwiększenie śmiertelności wśród pacjentów hospitalizowanych z powodu COVID-19. Badacze: Derwand R i wsp oraz Im JH i wsp. [31,33] wykazali, że pacjenci z nasilonymi objawami COVID-19 mieli o 8% niższy poziom cynku

mortality in the course of this disease. Similar findings were obtained by researchers Alamdari NM. et al. [20],who showed that in patients hospitalised with COVID-19, magnesium deficiency influenced the lack of effect of the applied treatment and significantly increased the risk of death.

Further authors: Trapani V. et al. [4] concluded that magnesium acts as a cofactor for many enzymes, regulating ion channels and energy production, and is essential for maintaining normal physiology and cellular metabolism [21]. Magnesium deficiency increases the risk of inducing an inflammatory 'cytokine storm' and damaging the vascular endothelium as well as triggering the coagulation cascade. The consequence of these abnormalities is disseminated intravascular coagulation and the development of multi-organ failure [3,22]. Low magnesium levels induce the release of pro-inflammatory cytokines, promote platelet aggregation, release of beta-thromboglobulin and thromboxanes. Vascular endothelial damage and hypercoagulable state are key components of Virchow's triad and are responsible for the increased incidence of thromboembolic complications in patients with COVID-19 [21,23,24]. Magnesium deficiencies may also exacerbate the inflammatory response induced by SARS-CoV-2. Furthermore, other symptoms reported by patients with COVID-19, such as asthenia, myalgia, anxiety, depression, insomnia, may be related, not only to the viral infection, but also to magnesium deficiency [25]. The data from the literature review seem to confirm the link between impaired magnesium homeostasis and COVID-19 and motivate for further studies to investigate the preventive and therapeutic potential of magnesium supplementation.

ZINC DEFICIENCY AND COVID-19

Zinc occurs in the human body as a trace element. More than one third of the population suffer from its deficiency. Zinc plays a significant role in the normal functioning of the human immune system and in fighting infections [26,27]. The element has antiviral and immunomodulatory properties, and is a component of antioxidant enzymes that can inhibit virus reproduction in host cells and facilitate virus elimination. Low zinc levels cause immune system dysfunction and increase the risk of COVID-19 thus affecting the clinical course of the disease [28]. The results of studies by various authors indicate the existence of a correlation between the frequency of SARS-CoV-2 infection and zinc deficiency [28,29]. A significant correlation between serum zinc levels in COVID-19 patients and the severity of clinical manifestations of the disease and response to treatment has been confirmed. [30,31]. The work of Jothimani et al. [32] indicates the impact of zinc deficiency on the occurrence of severe complications and increased mortality among patients hospitalised with COVID-19. Researchers Derwand R et al. and Im JH et al. [31,33] demonstrated that patients with severe COVID-19 symptoms had 8% lower serum zinc levels as compared to other patients. Furthermore, studies by Talha KA et al. [34] and by Shang W. et al. [35] showed a double incidence of the need for intensive oxygen support in zinc-deficient COVID-19 patients. Randomised studies by the authors: Patel et al. [36] showed that intravenous zinc supplementation reduced the severity of clinical symptoms in the acute phase of COVID-19. However, this was not confirmed by studies by other authors, indicating

w surowicy krwi niż pozostali pacjenci. Ponadto badania przeprowadzone przez Talha KA iwsp [34] oraz przez Shang W. i wsp. [35] wykazały dwukrotnie większą częstość konieczności intensywnego wsparcia tlenowego u pacjentów z COVID-19 z niedoborami cynku. Randomizowane badania autorów: Patel i współ [36]. Wykazały, że dożylna suplementacja cynku zmniejszała nasilenie objawów klinicznych w ostrej fazie COVID-19. Jednak nie potwierdziły tego badania innych autorów, wskazując na niejasną rolę cynku w profilaktyce i leczeniu COVID-19 [37,38,39].

W przebiegu COVID-19 nasila się wewnątrzkomórkowy niedobór cynku, co wpływać może na aktywność anhydrazy węglanowej zlokalizowanej w kubkach smakowych i gruczołach ślinowych. Konsekwencją tego jest niekorzystne odziaływanie na odczucia smakowe i wydzielanie śliny. Suplementacja cynku zmniejsza zaburzenia smakowe i dysfunkcję ślinianek [40].

PODSUMOWANIE

Analiza treści z wybranych artykułów wykazała, że istnieje korelacja między niedoborem magnezu i cynku, a stopniem ryzyka zachorowania na COVID-19, przebiegiem klinicznym choroby i rokowaniem. Suplementacja tych pierwiastków może być pomocna w zapobieganiu zakażenia koronawirusem oraz łagodzeniu objawów COVID-19. Istnieje potrzeba znalezienia skutecznych metod leczenia COVID-19 oraz działań profilaktycznych zapobiegających zakażeniu wirusem SARS-CoV-2. Zdaniem wielu ekspertów szczególne znaczenie dla zachowania prawidłowej homeostazy ustroju ma zdrowy tryb życia, w tym odpowiednio dozowana aktywność fizyczna i zmiana nawyków żywieniowych. Czynniki te zmniejszają ryzyko zarażenia się COVID-19, a w przypadku zachorowania, mogą istotnie zmniejszyć ryzyko powikłań choroby. Konieczna jest indywidualna ocena możliwych zagrożeń dietetycznych, żywieniowych, medycznych, związanych ze stylem życia i środowiskiem. Badania dotyczące wpływu magnezu i cynku na możliwości zakażenia i przebieg COVID-19 wymagają kontynuacji dla ustalenia szczegółowych zaleceń profilaktyki. Do chwili obecnej najbardziej skuteczna metodą zapobiegania zakażeniu pozostają nadal szczepienia ochronne.

that the role of zinc in the prevention and treatment of COVID-19 is unclear [37, 38, 39].

In the course of COVID-19, intracellular zinc deficiency increases, which may affect the activity of carbonic anhydrase located in the taste buds and salivary glands. The consequence is an adverse effect on taste sensations and salivary secretion. Zinc supplementation reduces taste disorders and salivary gland dysfunction [40].

CONCLUSION

Content analysis of selected articles showed a correlation between magnesium and zinc deficiency and the risk of COVID-19, the clinical course of the disease and prognosis. Supplementation of these elements may be helpful in preventing coronavirus infection and alleviating COVID-19 symptoms. The need exists to find effective treatments for COVID-19 and preventive measures to prevent SARS-CoV-2 infection. According to many experts, a healthy lifestyle, including appropriately dosed physical activity and a change in dietary habits, is of particular importance for the maintenance of normal system homeostasis. These factors reduce the risk of contracting COVID-19 and, in the event of illness, can significantly reduce the risk of complications of the disease. An individual assessment of possible dietary, nutritional, medical, lifestyle and environmental risks is necessary. Studies on the effects of magnesium and zinc on the possibility of infection and the course of COVID-19 need to be continued for setting specific prevention recommendations. To date, the most effective method of preventing infection remains vaccination.

REFERENCES

1. Zhang E., He W., Du H., Yang K. (2008). Microstructure, mechanical properties and corrosion properties of Mg–Zn–Y alloys with low Zn content. Materials Science and Engineering A 488 (2008) 102–11. doi:10.1016/j.msea.2007.10.056;
2. Human Vitamin and Mineral Requirements. Report of a joint FAO/WHO expert consultation Bangkok, Thailand. Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Health Organization. Food and Nutrition Division FAO Rome.FAO 2001;
3. Maier J. A., Pickerging G., Giacomoni E., Cazzaniga A., Pellegrino P. (2020). Headaches and Magnesium: Mechanisms, Bioavailability, Therapeutic Efficacy and Potential Advantage of Magnesium Pidolate. Nutriens,12(9):2660.doi: 10.3390/nu12092660;
4. Trapani V. , Rosanoff A., Baniasadi S., Barbagallo M. , Castiglioni S., Guerrero-Romero F., Iotti S. , Mazur A., Micke O., Pourdowlat G., Scarpati G., Wolf F.I., Maier J.A. (2022).The relevance of magnesium homeostasis in COVID-19. European Journal of Nutrition, volume 61(2):625-636. doi: 10.1007/s00394-021-02704-y;
5. Razzaque M.S. Magnesium: Are We Consuming Enough? Nutrients. 2018; 10(12): 1863. doi: 10.3390/nu10121863;
6. Medeiros de Morais C. (2021). Nutritional therapy in COVID-19 management. Kompass Nutr Diet. 1:10-12. doi:10.1159/000512853;
7. Coman AE., Ceasovschih A., Petroaie D.A., Popa E. Lionte C., BologaC., HaligaR.E., Cosmescu A., Slănină A.M., Bacuşcă A.I., Şorodoc V., Şorodoc L. (2023). The Significance of Low Magnesium Levels in COVID-19 Patients. Medicina, 59(2),279. doi: 10.3390/medicina59020279;
8. Fan Y, Pedersen O. (2021). Gut microbiota in human metabolic health and disease. Nat Rev Microbiol 19:55–71. doi:10.1038/s41579-020-0433-9;
9. Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J. (red.)(2020) Nutrition standards for the Polish population and their application. Warszawa: Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny. ISBN:978-83-65870-28-5;
10. Hu B., Guo H., Zhou P., Shi, ZL. (2021). Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. Nat. Rev. Microbiol.19, 141-154.doi:10.1038/s41579-020-00459-7;
11. Ye Q, Wang B, Mao J., Fu J. , Shang S., Shu Q., Zhang T. Epidemiological analysis of COVID-19 and practical experience from China. J Med Virol 2020; 92: 755-769;
12. Harrison SL., Fazio-Eynullayeva E., Lane DA. Underhill P., Lip G.Y.H (2020). Comorbidities associated with mortality in 31,461 adults with COVID-19 in the United States: a federated electronic medical record analysis. PLoS Med,17:1003321. doi.10.1371/journal.pmed.1003321;

13. Salinas Aguirre JE., Sánchez García C., Rodríguez Sanchez R., Rodríguez-Sanchez R., Rodríguez-Muñoz L., Díaz-Castaño A. , Bernal-Gómez R. (2021). Clinical characteristics and comorbidities associated with mortality in patients with COVID-19 in Coahuila (Mexico). Rev Clin Esp, 222(5): 288–292. doi: 10.1016/j.rceng.2020.12.007;
14. Mikulec A., Zborowski M., Cisoń-Apanasewicz U., Stawiarska A., Kowalski S.(2022). Impact of the COVID-19 pandemic on the eating behaviour of children and adolescents. Food. Science. Technology. Quality, 29, 3 (132),42-55. doi:10.15193/zntj/2022/132/422;
15. Galluccio A., Caparello G., Avolio E., Manes E., Ferraro S., Giordano C., Sisci D., Bonofiglio D. (2021). Self-perceived physical activity and adherence to the Mediterranean diet in healthy adolescents during COVID-19: findings from the DIMENU pilot study. Healthcare, 9(6), 622. doi: 10.3390/healthcare9060622;
16. Khan M., Moverley-Smith JE.(2020). "Covibesity," a new pandemic. Obes. Med.19,100282. doi: 10.1016/j.obmed.2020.100282;
17. Dunn C.G., Kenney E., Fleischhacker S.E., Bleich S.N.(2020). Feeding low-income children during the covid-19 pandemic. N. Engl. J. Med.382(18):e40. doi:10.1056/NEJMp2005638;
18. Dunton G.F., Do B., Wang S.D. (2020). Early effects of the COVID-19 pandemic on physical activity and sedentary behavior in children living in the U.S. BMC Public Health. 4;20 (1): 1351.doi:10.1186/s12889-020-09429-3;
19. Wolf FI., Maier JA., Rosanoff A., et al. (2021). The magnesium global network (MaGNet) to promote research on magnesium in diseases focusing on COVID-19. Magnes Res, 34:90–92. doi:10.1684/mrh.2021.0479;
20. Alamdari N.M., Afaghi S., Rahimi F.S., Tarki F.E., Tavana S., Zali A., Fathi M., Besharat S., Bagheri L., Pourmotahari F., Irvani S.S.N., Dabbagh A, Mousavi S.A. Mortality Risk Factors among Hospitalized COVID-19 Patients in a Major Referral Center in Iran. Tohoku J Exp Med. 2020, 252(1), 73-84];
21. Goshua G., Pine AB., Meizlish ML. et al. (2020). Endotheliopathy in COVID-19-associated coagulopathy: evidence from a single-centre, cross-sectional study. Lancet Haematol,7:575-582. doi: 10.1016/S2352-3026(20)30216-7;
22. Perico L., Benigni A., Casiraghi F. et al. (2021). Immunity, endothelial injury and complement-induced coagulopathy in COVID-19. Nat Rev Nephrol,17:46–64. doi:10.1038/s41581-020-00357-4;
23. Sheu JR., Hsiao G., Shen M-Y. et al. (2002). Mechanisms involved in the antiplatelet activity of magnesium in human platelets. Br J Haematol, 2002;119:1033-1041; doi:10.1046/j.1365-2141.2002.03967.x;
24. Sarvazad H., Cahngaripour SH., Eskandari Roozbahani N., Izadi B. (2020). Evaluation of electrolyte status of sodium, potassium and magnesium and fasting blood sugar at the initial admission of individuals with COVID-19 without underlying disease in Golestan Hospital. Kermanshah New Microbes New Infect, 38:100807.doi:10.1016/j.nmni.2020.100807;
25. Wallace TC. (2020). Combating COVID-19 and building immune resilience: a potential role for magnesium nutrition? J Am Coll Nutr, 39:685-693.doi:10.1080/07315724.2020.1785971;
26. Pour OB., Yahyavi Y., Karimi A., Khamaneh AM., Milani M., Khalili M., Sharifi A. (2021). Serum trace elements levels and clinical outcomes among Iranian COVID-19 patients. Int J Infect Dis, 111:164-168. doi: 10.1016/j.ijid.2021.08.053;
27. Wessels I., Rolles B., Rink L. (2020). The potential impact of zinc supplementation on COVID-19 pathogenesis. Front Immunol, 11:1712. doi:10.3389/fimmu.2020.01712;
28. Wessels I., Rolles B., Slusarenko AJ., Rink L. (2022). Zinc deficiency as a possible risk factor for increased susceptibility and severe progression of Corona Virus Disease 19. Br J Nutr, 127(2):214-232. doi:10.1017/S0007114521000738;
29. Hoang BX., Han B. (2020). A possible application of hinokitiol as a natural zinc ionophore and anti-infective agent for the prevention and treatment of COVID-19 and viral infections. Med Hypotheses,145:110333. doi:10.1016/j.mehy.2020.110333;
30. Fan L.,Cui Y., Liu Z.,Guo J., Gong X.,Zhang Y., Tang W.,Zhao J., Xue Q. (2023). Zinc and selenium status in coronavirus disease 2019, BioMetals,19:53:45. doi:10.1007/s10534-023-00501-0;
31. Derwand R., Scholz M., Zelenko V. (2020). COVID-19 outpatients: early risk-stratified treatment with zinc plus low-dose hydroxychloroquine and azithromycin: a retrospective case series study. Int J Antimicrob Agents, 56(6):106214. doi:10.1016/j.ijantimicag.2020.106214;
32. Jothimani D., Venugopal R., Abedin MF., Kaliamoorthy I., Rela M. (2020). COVID-19 and the liver. Journal of Hepatology, vol. 73,1231–1240. doi:10.1016/j.jhep.2020.06.006;
33. Im JH., Je YS., Baek J., Chung MH., Kwon HY., Lee JS. (2020). Nutritional status of patients with COVID-19. Int J Infect Dis, 100:390-393. doi:10.1016/j.ijid.2020.08.018;
34. Talha KA., Patwary MI., Alam ZN., Ali SM., Ahmed S., Nafee A.,Selina F., Khan MH., Shusmita FR., Avi SG., Rahman MN. (2022). Case-Control Study to Evaluate Zinc Deficiency as a Risk Factor for Oxygen Requirement in Patients with COVID-19. Mymensingh Med J, 31(1):216-222. PMID: 34999705;
35. Shang W., Dong J., Ren Y., Tian M., Li W., Hu J., Li Y. (2020). The value of clinical parameters in predicting the severity of COVID-19. J Med Virol,92(10):2188–2192. doi:10.1002/jmv.26031;
36. Patel O., Chinni V., El-Khoury J., Perera M., Neto AS., McDonald C., See E., Jones D., Bolton D., Bellomo R., Trubiano J., Ischia J. (2021). A pilot double-blind safety and feasibility randomized controlled trial of high-dose intravenous zinc in hospitalized COVID-19 patients. J Med Virol, 93(5):3261-3267.doi:10.1002/jmv.26895;
37. Abd-Elsalam S., Soliman S., Esmail ES., Khalaf M., Mostafa EF., Medhat MA., Ahmed OA., El Ghafar MSA., Alboraie M., Hassany SM. (2021). Do zinc supplements enhance the clinical efficacy of hydroxychloroquine?: A randomized multicenter trial. Biol Trace Elem Res, 199(10):3642-3646. doi:10.1007/s12011-020-02512-1;
38. Thomas S., Patel D., Bittel B., Wolski K., Wang Q., Kumar A., Il'Giovine ZJ., Mehra R., McWilliams C., Nissen SE., Desai MY. (2021). Effect of high-dose zinc and ascorbic acid supplementation vs usual care on symptom length and reduction among ambulatory patients with SARS-CoV-2 infection: the COVID A to Z randomized clinical trial. JAMA Netw Open, 4(2):210369. doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.0369;
39. Kiran Kumar PVSN, Tomo S., Purohit P., Sankanagoudar S.,et al. (2023). Comparative Analysis of Serum Zinc, Copper and Magnesium Level and Their Relations in Association with Severity and Mortality in SARS-CoV-2 Patients. Biological Trace Element Research, 201(1):23-30.doi: 10.1007/s12011-022-03124-7;
40. Tsuchiya H. (2022). Gustatory and Saliva Secretory Dysfunctions in COVID-19 Patients with Zinc Deficiency. Life (Basel),12(3):353. doi: 10.3390/life12030353.

Barbara Sokołowska
ul. Sidorska 102, p. 23D
21-500 Biała Podlaska
b.sokolowska@dyd.akademiabialska.pl

AN ATTEMPT TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF A RESCUE AND STARTING JUMP AS PART OF ACTIVITIES CARRIED OUT IN DESIGNATED WATER AREAS DIRECTLY IN DEEP WATER

PRÓBA OCENY SKUTECZNOŚCI SKOKU RATOWNICZEGO I STARTOWEGO JAKO ELEMENTU DZIAŁAŃ PROWADZONYCH NA WYZNACZONYCH OBSZARACH WODNYCH BEZPOŚREDNIO W WODZIE GŁĘBOKIEJ

Marcin Kaca [1)], Piotr Siermontowski [2)]

[1)] University of Physical Education, Krakow, Poland
[1)] Akademia Wychowania Fizycznego, Kraków, Polska
[2)] WSB Merito University Gdańsk, Faculty of Health, Poland
[2)] Uniwersytet WSB Merito, Gdańsk, Wydział Zdrowia

STRESZCZENIA / ABSTRACTS

Water rescue is constantly looking for solutions to improve the effectiveness of its operations. One of the elements of an action carried out directly in water is the rescue jump, whose effectiveness may determine the quality and success of the action taken. Therefore, a study was carried out to assess the effectiveness of a rescuer reaching a drowning person depending on the method of entry into the water. Comparisons were made between a traditional rescue jump (forward or stride entry) and a start jump used in sports. The observations also took into account factors related to the location of the operation (swimming pool, inland), the distance from the shore and the depth of immersion of the drowning person. The results show a significantly longer time for the rescuer to reach the drowning person after the rescue jump as compared to the start jump. Under standard swimming conditions, regardless of the distance and depth of immersion of the drowning person, all subjects reached the victim in the first attempt. Observations carried out in the conditions of designated inland water areas revealed comparable effectiveness in finding a simulated drowning person submerged to a depth of 2m and a significantly shorter time to reach them in favour of the start jump.
Keywords: water rescue, rescue jump, start jump, direct water rescue effectiveness.

W ratownictwie wodnym nieustannie poszukuje się rozwiązań prowadzących do poprawy skuteczności prowadzonych działań. Jednym z elementów akcji realizowanej bezpośrednio w wodzie jest skok ratowniczy którego skuteczność może przesądzać o jakości i sukcesie podjętych czynności. Przeprowadzono zatem próbę oceny skuteczności dotarcia ratownika wodnego do osoby tonącej w zależności od zastosowanego sposobu wejścia do wody. Porównaniu poddano tradycyjny skok ratowniczy (wykroczny lub rozkroczny) oraz sportowy skok startowy. W obserwacjach uwzględniono również czynniki związane z miejscem prowadzonych działań (pływalnia, śródlądzie), dystansem od brzegu oraz głębokością zanurzenia osoby tonącej. Uzyskane wyniki ukazują istotnie dłuższy czas dotarcia ratownika do osoby tonącej po zastosowaniu skoku ratowniczego w odniesieniu do skoku startowego. W warunkach standardowej pływalni niezależnie od dystansu oraz głębokości zanurzenia osoby tonącej wszyscy badani docierali do poszkodowanego w pierwszej próbie. Obserwacje przeprowadzone w warunkach wyznaczonych obszarów wodnych na śródlądziu ujawniły porównywalną skuteczność w odnajdowaniu zanurzonej na głębokość 2 m pozorowanej osoby tonącej oraz istotnie krótszy czas dopłynięcia do niej na korzyść skoku startowego.
Słowa kluczowe: ratownictwo wodne, skok ratowniczy, skok startowy, skuteczność bezpośredniej akcji ratowniczej w wodzie

В области спасения на воде постоянно происходит поиск решения для повышения эффективности проводимых операций. Одним из элементов действия, осуществляемого непосредственно в воде, является спасательный прыжок, от эффективности которого может зависеть качество и успешность предпринимаемых действий. Поэтому была предпринята попытка оценить, насколько эффективно спасатель прибудет к утопающему в зависимости от способа входа в воду. Было проведено сравнение между традиционным спасательным прыжком (с разбега или с места) и спортивным стартовым прыжком. В ходе наблюдений также учитывались факторы, связанные с местом проведения мероприятия (бассейн, внутренний водоем), расстоянием от берега и глубиной погружения утопающего. Результаты показывают значительно большее время для спасателя, чтобы достичь утопающего после использования спасательного прыжка по сравнению со стартовым прыжком. В условиях стандартного плавательного бассейна, независимо от расстояния и глубины погружения утопающего, все испытуемые добирались до пострадавшего с первой попытки. Наблюдения, проведенные в условиях выделенных акваторий внутренних водоемов, выявили сопоставимую эффективность обнаружения имитируемых утопающих, погруженных на глубину до 2 м, и значительно меньшее время на то, чтобы доплыть до них в пользу стартового прыжка.
Ключевые слова: спасение на воде, спасательный прыжок, стартовый прыжок, эффективность непосредственных спасательных действий на воде

ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 79 Issue 2 pp. 53 – 64
ISSN: 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535
DOI: 10.2478/phr-2022-0010
Pages: 8, figures: 5, tables: 3
page www of the periodical: www.phr.net.pl

Publisher
Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: oryginalny
Original article

Termin nadesłania: 13.01.2022 r.
Termin zatwierdzenia do druku: 14.03.2022 r.

In der Wasserrettung wird ständig nach Lösungen gesucht, um die Effizienz von Einsätzen zu verbessern. Einer der Bestandteile einer direkt im Wasser durchgeführten Aktion ist der Rettungssprung, dessen Wirksamkeit die Qualität und den Erfolg der durchgeführten Aktion entscheiden kann. Aus diesem Grund wurde versucht, die Effektivität zu bewerten, mit der ein Wasserretter eine ertrinkende Person erreicht, je nach der angewandten Methode, mit der er ins Wasser geht. Dabei wurden ein traditioneller Rettungssprung (Schritt oder Tritt) und ein im Schwimmsport gängiger Startsprung miteinander verglichen. Bei den Beobachtungen wurden auch Faktoren im Zusammenhang mit dem Einsatzort (Schwimmbad, Binnengewässer), der Entfernung zum Ufer und der Eintauchtiefe der ertrinkenden Person berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Retter nach einem "Rettungssprung" deutlich länger braucht, um den Ertrinkenden zu erreichen, als nach dem "Startsprung". Unter normalen Schwimmbedingungen erreichten alle Versuchspersonen unabhängig von der Entfernung und der Eintauchtiefe der ertrinkenden Person das Opfer beim ersten Versuch. Die Beobachtungen, die unter den Bedingungen ausgewiesener Binnengewässer durchgeführt wurden, ergaben eine vergleichbare Effizienz beim Auffinden einer scheinbar ertrinkenden Person, die bis zu einer Tiefe von 2 m untergetaucht war, und eine deutlich kürzere Zeit, um sie zu erreichen, zugunsten des Startsprungs.
Schlüsselwörter: Wasserrettung, Rettungssprung, Startsprung, Wirksamkeit einer direkten Rettung im Wasser.

En el salvamento acuático se buscan continuamente soluciones que mejoren la eficacia de las acciones realizadas. Uno de los elementos de la acción realizada directamente en el agua es el salto del socorrista, cuya eficacia puede decidir de antemano la calidad y el éxito de las acciones emprendidas. Se llevó a cabo por lo tanto un intento de evaluación de la eficacia de la llegada del socorrista a la persona que se está ahogando en función del método empleado para entrar en el agua. Se compararon el salto tradicional de pie (con las piernas extendidas y dobladas) y el salto de cabeza deportivo. En las observaciones se tuvieron en cuenta también factores relacionados con el lugar de las acciones realizadas (piscina, aguas interiores), la distancia a la orilla y la profundidad de inmersión de la persona que se estaba ahogando. Los resultados obtenidos muestran un tiempo de llegada del socorrista hasta la víctima considerablemente mayor tras utilizar el salto de pie en relación con el salto de cabeza. En las condiciones de una piscina estándar, independientemente de la distancia y la profundidad de inmersión de la persona que se estaba ahogando, todos los estudiados llegaron a la víctima en el primer intento. Las observaciones fueron llevadas a cabo en condiciones de zonas acuáticas interiores revelaron una eficacia comparable a la hora de encontrar a una persona hundida simulada a una profundidad de 2m y un tiempo de llegada notablemente más corto en el caso del salto de cabeza.
Palabras clave: salvamento acuático, salto de pie, salto de cabeza, eficacia de la acción de salvamento directa en el agua.

WSTĘP

Zasady postępowania podczas udzielania pomocy osobom poszkodowanym w środowisku wodnym stale są systematyzowane i opisywane przez wielu autorów poruszających się w dziedzinie ratownictwa wodnego. W literaturze można znaleźć opisy różnorodnych technik, sposobów i metod czy taktyk prowadzenia działań ratowniczych w wodzie. W tematyce tej rozpisują się znani autorzy jak Przylipiak M., Witkowski M. [1], ale też bliżsi czasom obecnym autorzy m.in. Motylewski B. i wsp. i Błasiak P. i wsp. [2,3]

Na przestrzeni ostatnich lat badacze poddają obserwacjom różnorodne warianty realizacji działań ratowniczych dzięki czemu powstają nowe standardy niesienia pomocy. Dzięki temu dochodzi do selekcji wytycznych dla ratowników wodnych uwzględniających różnorodne determinanty skierowane na pozytywne zakończenie działań ratowniczych. Autorzy poddają empirycznym obserwacjom szeroki wachlarz zmiennych wpływających na skuteczność akcji prowadzonej przez ratowników wodnych od najczęściej wykorzystywanych przez najefektywniejsze i najmniej obciążające, aż do najszybszych [4,5,6,7,8]. Dzięki każdej kolejnej publikacji udaje się rozwikłać lub zbliżyć do rozwiązania różnych sporów z obszaru działań ratownika wodnego. Pozwala to na skuteczniejszą realizację swoich obowiązków przez ratowników zabezpieczających obszary wodne [9]. Dlatego też autorzy niniejszej pracy poszukując niekorzystnych czynników jakie mogą występować w akcjach ratowniczych, poruszyli niezaprzeczalny aspekt warunkujący przeprowadzenie skutecznego oraz szybkiego dotarcia do osoby tonącej. Za czynnik taki przyjęto utrzymywanie kontaktu wzrokowego podczas wejścia do wody oraz dopłynięcia do osoby tonącej. Założenie takie zmusza ratownika wodnego do stosowania technik skoku ratowniczego oraz pływania z uniesioną głową ponad lustro wody.

Niezaprzeczalnie fakt ten wpływa na pogorszenie parametrów kinematycznych pływania, a w konsekwencji na zwiększenie obciążenia fizycznego ratownika oraz czas przeprowadzenia ewakuacji osoby poszkodowanej z wody [8,10,11]. Słusznym zatem stała weryfikacja założenia dotyczącego konieczności utrzymywania stałego kontaktu wzrokowego ratownika podczas wejścia do wody i dopłynięcia do osoby tonącej. Prezentowane w niniejszej pracy wyniki wpisują się zatem w nurt projektów badawczych, które w przyszłości przyczynią się do stworzenia najskuteczniejszych sposobów postępowania w różnych scenariuszach akcji ratowniczej [12].

CEL PRACY I PYTANIA BADAWCZE

Szybkie dotarcie do osoby tonącej powiązane ze skutecznym jej odnalezieniem stanowią kluczowe elementy rozpoczynające akcję prowadzoną przez ratownika bezpośrednio w wodzie, bowiem rzutują na powodzenie podjętych działań ratunkowych. Uwzględniając zatem powyższą zależność autorzy za główny cel pracy przyjęli próbę oceny skuteczności skoku ratowniczego z zachowaniem kontaktu wzrokowego z osobą tonącą w odniesieniu do skoku startowego powiązanego z chwilowym zanurzeniem głowy pod wodę.

INTRODUCTION

The rules of conduct when assisting victims in an aquatic environment are constantly being systematised and described by numerous authors touching on the field of water rescue. In the literature it is possible to find descriptions of various techniques, ways and methods or tactics for carrying out rescue operations in water. This subject is addressed by well-known authors such as Przylipiak M., Witkowski M. [1], but also by authors more recent, e.g. Motylewski B. et al. and Błasiak P. et al. [2,3].

Over the past few years, researchers have been studying a wide range of options for implementing rescue measures thus developing new rescue standards. This has led to the selection of guidelines for water rescuers that take into account the various determinants directed towards a positive conclusion of the rescue operation. The authors conduct empirical observations of a wide range of variables that influence the effectiveness of a rescue operation, from the most frequently used, through the most effective and least burdensome, to the fastest [4,5,6,7,8]. With each successive publication, it is possible to resolve or come closer to resolving various disputes in the area of water lifeguard operations. This allows rescuers safeguarding water areas to carry out their duties in a more effective manner [9]. Therefore, the authors of the present study, while looking for unfavourable factors that may exist in rescue actions, raised an indisputable aspect that determines the carrying out of an effective and timely reaching of a drowning person. Maintaining visual contact while entering the water and reaching the drowning person was considered to constitute such a factor. Such an assumption imposes the water rescuer to use rescue jumping techniques and swimming with the head raised above the water surface.

Undeniably, this fact worsens the kinematic parameters of swimming and, consequently, increases the physical burden on the rescuer and the time it takes to evacuate the injured person from the water [8,10,11]. It has therefore become necessary to verify the assumption regarding the necessity for the rescuer to maintain constant visual contact when entering the water and reaching the drowning person. The results presented in this paper are therefore part of the current of research projects that will contribute in the future to the creation of the most effective ways to manage different rescue scenarios [12].

PURPOSE OF THE STUDY AND RESEARCH QUESTIONS

The rapid reaching of the drowning person combined with their effective finding are the key elements initiating the operation carried out by the rescuer directly in the water, as they affect the success of the rescue efforts undertaken. Therefore, taking this correlation into account, the authors have attempted to evaluate the effectiveness of a rescue jump while maintaining visual contact with a drowning person in relation to a start jump associated with momentary submerging of the head under water as the main objective of the study.

Osiągnięciu powyższego celu posłużyły następujące pytania badawcze:

- Czy porównywane skoki do wody pozwalają na prowadzenie skutecznej akcji ratowniczej?
- Czy dostrzega się istotne różnice w skuteczności docierania ratownika wodnego do osoby tonącej w zależności od zastosowanego skoku, dystansu i głębokości zanurzenia pozorowanej osoby tonącej (POT)?
- Czy dostrzega się istotne różnice w czasie dotarcia do osoby tonącej w zależności od zastosowanego skoku ratowniczego, dystansu i głębokości zanurzenia POT?

METODA I MATERIAŁ BADAWCZY

Główną metodą w niniejszych badaniach była obserwacja bezpośrednia, uczestnicząca o charakterze jawnym [13,14]. Wszystkie próby poddane obserwacjom polegały na wykonaniu przez badanych sekwencji akcji ratowniczej w kolejności:

- wejście do wody (skok),
- dopłynięcie do pozorowanej osoby tonącej (POT),
- oraz nurkowanie w próbach w których POT była zanurzona pod lustrem wody.

W badaniach ocenie poddano zarówno skuteczność dotarcia do POT określaną uniesieniem jej przez ratownika nad powierzchnię wody jak i czas wykonania całej próby. Obserwacje przeprowadzono stosując zmienny dystans do pokonania przez ratownika wodnego (8m i 15m) oraz różną głębokość zanurzenia POT (0m i 2m). Ponadto badania przeprowadzono w zróżnicowanych rodzajach wyznaczonych obszarów wodnych (pływalnia, śródlądzie) oraz stosując ruch zanurzania POT z powierzchni wody pod jej lustro. Podjęto zatem próbę określenia znaczenia rodzaju zastosowanego przez ratownika wodnego sposobu wejścia do wody na skuteczność i czas prowadzenia akcji. Porównaniu poddano skok ratowniczy - SR (wykroczny lub rozkroczny w zależności od preferencji badanych) w odniesieniu do standardowego skoku startowego - SS. Pośrednio zatem poddano weryfikacji powszechny w ratownictwie wodnym standard związany z koniecznością stałej obserwacji osoby tonącej podczas prowadzenia akcji w wodzie. Projekt badawczy zrealizowano w dwóch etapach rozpoczynając od badań przeprowadzonych w warunkach standardowej pływalni, a kończąc pomiarami wykonanymi na śródlądziu.

Miejscem realizacji pierwszej części badań był Zespół Krytych Pływalni (ZKP) Akademii Wychowania Fizycznego w Krakowie (AWF), a przeprowadzono je w okresie od grudnia 2020 r. do kwietnia 2021r. Grupę badawczą stanowili studenci AWF posiadający uprawnienia ratownika wodnego, a także Ci którzy pokonali dystans 50m kraulem ratowniczym poniżej 55s i posiadają umiejętność prawidłowego wykonywania skoków ratowniczego oraz startowego (ocenione wynikami zaliczeń z programu studiów). Grupa badawcza próby pomiarowej na dystansie 15m osiągnęła liczebność 56 osób w tym 23 kobiet i 33 mężczyzn, zaś na dystansie 8 m 53 osoby w tym 23 kobiety i 30 mężczyzn.

Drugą część badań przeprowadzono na wodach śródlądowych w okresie od czerwca do września 2021r. Udział w nich wzięli po za studentami AWF uczestnicy centralnego szkolenia Wodnego Ochotniczego Pogotowia

The following research questions were posed to achieve this objective:

- Do the compared jumps into the water allow for an effective rescue operation?
- Are there significant differences perceived in the effectiveness of the water rescuer to reach the drowning person depending on the applied rescue jump, distance and depth of immersion of the simulated drowning person (SDP)?
- Are there significant differences in the time taken to reach a drowning person depending on the rescue jump used, the distance and the depth of immersion of the SDP?

RESEARCH METHOD AND MATERIAL

The main method in the present study was direct overt participant observation [13,14]. All trials subjected to observation consisted of subjects performing a sequence of rescue actions in the following order:

- entering the water (jump),
- swimming towards the simulated drowning person (SDP),
- diving with the SDP submerged below the water surface.

The study assessed both the efficiency of reaching the SDP, as determined by the lifeguard's raising it above the water surface, and the time taken to complete the entire test. Observations were carried out using a variable distance to be covered by the lifeguard (8m and 15m) and different depths of immersion of the SDP (0m and 2m). In addition, the study was conducted in varying types of designated water areas (swimming pool, inland) and using the immersion movement of the SDP from the water surface below the water surface. Thus, an attempt was made to determine the significance of the type of water entry method used by the water rescuer on the effectiveness and duration of the operation. A comparison was made between the rescue jump – SR (either forward or straddle, depending on the subjects' preference) and the standard start jump – SS. Therefore, the standard, common in water rescue, related to the necessity of constant observation of the drowning person during the action in the water, was also indirectly verified. The research project was carried out in two stages, starting with tests carried out in a standard swimming pool, and concluding with measurements taken in an inland body of water.

The location for the first part of the study was the Indoor Swimming Pool Complex (ZKP) of the Academy of Physical Education in Krakow (AWF), and it was conducted between December 2020 and April 2021. The study group consisted of AWF students who were certified as water lifeguards, and those who had completed the 50m distance swimming rescue crawl under 55s and could correctly perform the rescue and start jumps (assessed by credits from the study programme). The study sample group for the 15m distance achieved a sample size of 56, including 23 females and 33 males, and for the 8m distance 53, including 23 females and 30 males.

The second part of the study was conducted on inland waters between June and September 2021. In addition to AWF students, the study was attended by participants in the central training of the Water Volunteer Rescue Service (WOPR) for the ranks of Senior Water

Ratunkowego (WOPR) na stopnie Starszego Ratownika Wodnego oraz Instruktora WOPR. Miejscem realizacji pomiarów w pierwszym przypadku był Ośrodek Sportów Wodnych AWF w Załężu nad j. Rożnowskim, natomiast w drugim Ośrodek Szkolenia Ratowników Tama nad j. Rajgrodzkim. Liczebność grupy badawczej w próbach na dystansie 15m wyniosła 62 osoby w tym 14 kobiet i 48 mężczyzn, zaś na dystansie 8 m , 55 osób w tym 8 kobiet i 47 mężczyzn

W wyniku braku skutecznego powtórzenia wszystkich prób realizowanych na śródlądziu, do analiz statystycznych mających na celu porównanie czasu trwania obserwowanych działań ratowniczych zakwalifikowano na dystansie 15m. 42 osoby w tym 12 kobiet i 30 mężczyzn, zaś na dystansie 8m 40 osób w tym 7 kobiet i 33 mężczyzn.

Wszystkie próby wykonywano w odstępach czasowych pozwalających badanym na podejmowanie wysiłku w pełnym wypoczynku. Rozgrzewka została celowo pominięta żeby zbliżyć warunki pomiarowe do realnych okoliczności prowadzenia działań ratownika wodnego. Badani wykonywali próby bez okularków pływackich. Wysokość murka do lustra wody z którego rozpoczynały się poddane obserwacjom akcje ratownicze na pływalni wynosiła 40cm. Natomiast odległość pomostu do lustra wody podczas wykonywania prób na śródlądziu wynosiła 70cm.

OPIS PRÓB BADAWCZYCH

W badaniach dotyczących wpływu zastosowanego skoku (SS/SR) na skuteczność oraz czas dotarcia ratownika wodnego do POT w warunkach standardowej pływalni obserwacjom poddano dwa warianty prób na każdym z dystansów 8m i 15m (Ryc. 1.):

1. Z dotarciem do POZ unoszącej się na powierzchni wody (8/0m i 15/0m);
2. Z dotarciem do POZ zanurzonej na głębokości 2m (8/2m i 15/2m);

Rescuer and WOPR Instructor. The location of the measurements in the first case was the AWF Water Sports Centre in Załęże on the Rożnowskie Lake, while in the second case it was the Tama Lifeguard Training Centre on the Rajgrodzkie Lake. The size of the sample group for the 15m distance was 62 people, including 14 women and 48 men, while for the 8m distance, 55 people, including 8 women and 47 men.

As a result of the lack of effective repetition of all the trials carried out in the inland area, the 15m distance was qualified for statistical analyses to compare the duration of the observed rescues with the sample comprising 42 persons including 12 females and 30 males, while on the 8m distance the sample size was 40 persons including 7 females and 33 males.

All tests were performed at intervals allowing the subjects to undertake the effort while fully rested. The warm-up was deliberately omitted to bring the measurement conditions closer to the real circumstances of a water rescuer. The subjects performed the tests without swimming goggles. The height of the wall to the water surface from which the observed lifeguard actions in the swimming pool started was 40cm. The distance from the wall to the water surface during the inland tests was 70cm.

DESCRIPTION OF THE TRIALS

In a study of the effect of jump applied (SS/SR) on the effectiveness and arrival time of the water rescuer to the SDP under standard swimming conditions, two trial variants were observed at each of the 8m and 15m distances (Fig. 1.):

1. with reaching the SDP remaining on water surface (8/0m and 15/0m);
2. with reaching the SDP immersed to the depth of 2m (8/2m and 15/2m);

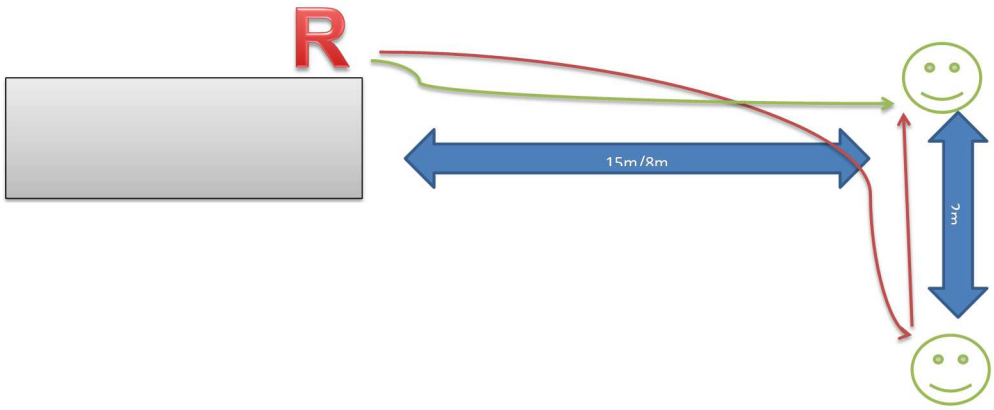


Fig. 1 Schematic of test trials carried out in a standard indoor swimming pool.

Rys. 1 Schemat prób badawczych realizowanych na standardowej pływalni krytej.

Badania przeprowadzone w warunkach wód śródlądowych obejmowały pomiary czasu dotarcia do POT zanurzającej się w momencie rozpoczęcia działań ratowniczych z powierzchni wody na głębokość 2m. Unoszącą się na wodzie POZ zamontowano do systemu bloczków i liny za pomocą której w momencie rozpoczęcia akcji POZ była wciągana pod powierzchnię wody (Ryc. 2). Pomiary zrealizowano na dystansach 8m. i 15m (8/2m i 15/2m) oraz z zastosowaniem obydwu z porównywanych rodzajów skoku (SS, SR). Pozorowaną osobę tonącą – POT stanowiła 5l bańka w kształcie walca ubrana w czepek okularki i koszulkę w kolorze żółtym.

Tests carried out under inland water conditions involved measuring the arrival time to the SDP submerging from the water surface to a depth of 2m at the commencement of rescue operations. The floating SDP was attached to a system of pulleys and a rope with which the SDP was pulled below the water surface at the initiation of the action (Fig. 2). Measurements were taken at distances of 8m and 15m (8/2m and 15/2m) and using both of the jump types compared (SS, SR). The simulated drowning person – SDP was a 5l cylinder-shaped buoy wearing goggles, water cap and a yellow t-shirt.

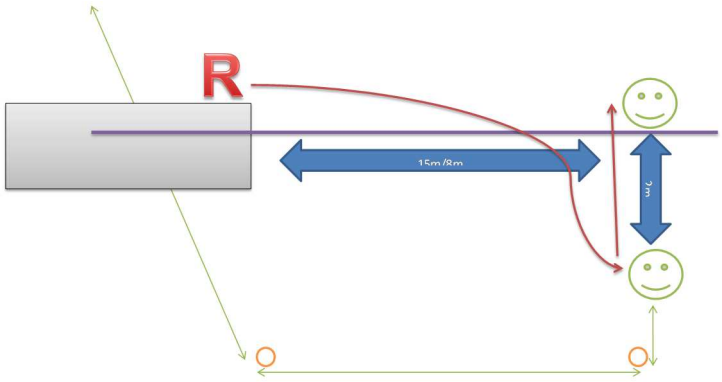


Fig. 2 Schematic of inland water trials.

Rys. 2 Schemat prób badawczych realizowanych na wodach śródlądowych.

W wariantach pomiarów w których pozorowana osoba tonąca była zanurzona (pływalnia) lub zanurzana (śródlądzie) pod powierzchnię wody badani mieli do dyspozycji trzy próby nurkowania i poszukiwania podwodnego (1,2,3) po czym przerywano akcję zapisując wynik skuteczności równy 0 (Tab. 2).

In the measurement variants in which the simulated drowning person was submerged (swimming pool) or dived (inland) below the surface of the water, the test subjects were allowed three attempts to dive and search underwater (1,2,3) after which the action was stopped by recording a performance score of 0 (Table 2).

METODY ANALIZY STATYSTYCZNEJ

Zebrane dane z przeprowadzonych badań zostały zamieszczone, skategoryzowane i opracowane w programie kalkulacyjnym Microsoft Excel®. Obliczono wyniki w postaci wartości średnich arytmetycznych i odchylenia standardowego. W celu określenia poziomu skuteczności docierania ratowników do pozorowanej osoby tonącej próby z odpowiednimi numerami nurkowania (0,1,2,3,1+2+3) przeliczono na punkty procentowe w odniesieniu do liczebności grupy badawczej (100%). W celu określenia wielkości różnic w rezultatach dotyczących czasu wykonania skutecznej akcji w zależności od rodzaju zastosowanego skoku ustalono rozkłady normalne uzyskanych wyników (test Shapiro–Wilka), po czym zastosowano test t dla prób zależnych. Przyjęto w nim poziom istotności statystycznej $p<0,05$. Obliczeń dokonano z wykorzystaniem programu STATISTICA 13.3.

STATISTICAL ANALYSIS METHODS

The data collected from the surveys were uploaded, categorised and processed in Microsoft Excel® spreadsheet software. Results were calculated as arithmetic means and standard deviation. In order to determine the level of effectiveness of the rescuers in reaching the simulated drowning person, the samples with the corresponding dive numbers (0,1,2,3,1+2+3) were converted into percentage points in relation to the size of the study group (100%). In order to determine the magnitude of the differences in the results regarding the time to perform an effective action depending on the type of jump used, normal distributions of the results obtained were established (Shapiro-Wilk test), followed by a t-test for dependent samples. A statistical significance level of $p<0.05$ was assumed. Calculations were performed using the STATISTICA 13.3 programme.

ANALIZA WYNIKÓW

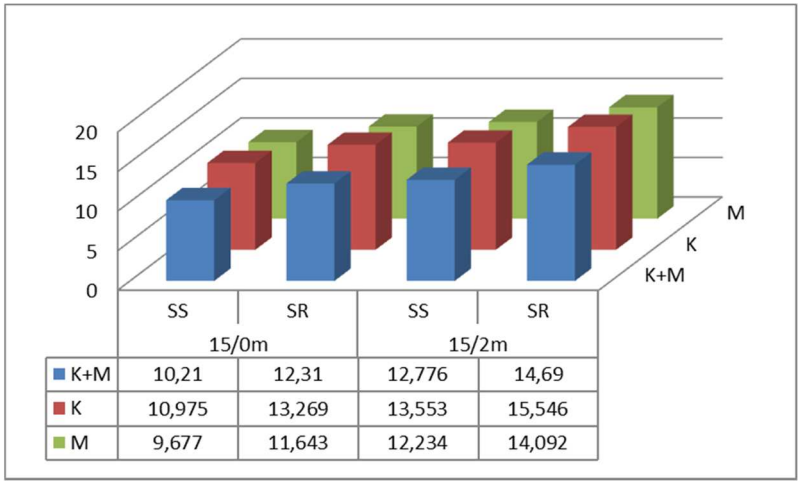
Podczas badań przeprowadzonych w warunkach standardowej krytej pływalni wszyscy ratownicy (100%) dotarli do pozorowanej osoby tonącej w pierwszej próbie.

ANALYSIS OF RESULTS

When tested under standard indoor swimming pool conditions, all rescuers (100%) reached the simulated drowning person on the first attempt. The average time taken by the subjects to cover a distance of

Średni czas pokonania przez badanych dystansu 15m okazał się krótszy na korzyść akcji ratowniczej realizowanej z zastosowaniem skoku startowego – SS w odniesieniu do skoku ratowniczego – SR. Opisane zjawiska i różnice w uzyskanych wynikach dotyczyły zarówno pomiarów w których POT unosiła się na powierzchni wody (15/0m) jak i tych w których była zanurzona na głębokość 2m (15/2m), a także analiz obejmujących całą grupę badawczą (K+M), a także z uwzględnieniem czynnika płci kobiet (K) i mężczyzn (M) oddzielnie (Rys. 3).

15m was found to be shorter in favour of the rescue action carried out using the start jump – SS in relation to the rescue jump – SR. The phenomena described and the differences in the results obtained concerned both the measurements in which the SDP was floating on the surface of the water (15/0m) and those in which it was immersed to a depth of 2m (15/2m), as well as analyses involving the entire study group (K+M) and also taking into account the gender factor of women (K) and men (M) separately (Fig. 3).



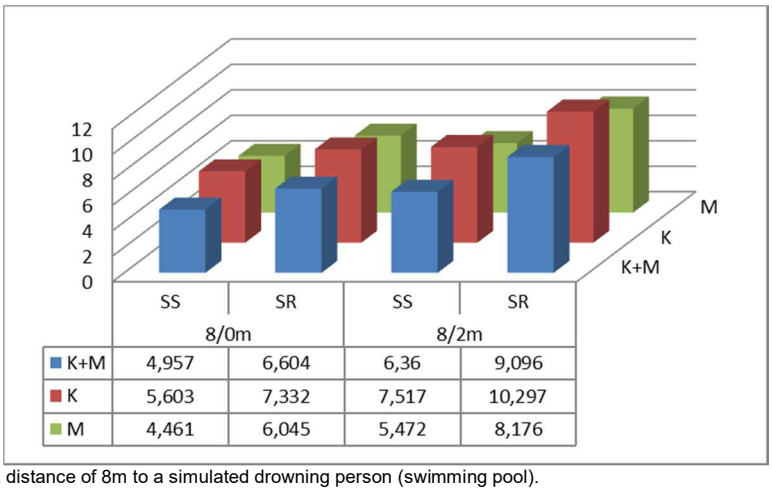
	SS	SR	SS	SR
	15/0m		15/2m	
K+M	10,21	12,31	12,776	14,69
K	10,975	13,269	13,553	15,546
M	9,677	11,643	12,234	14,092

Fig. 3 Average times to cover a distance of 15m to a simulated drowning person (swimming pool).

Rys. 3 Średnie czasy pokonania dystansu 15m do pozorowanej osoby tonącej (pływalnia).

Przeprowadzone pomiary w warunkach pływalni na krótszym dystansie (8m) dostarczyły innych wartości czasowych jednak w identycznym zestawieniu rezultatów wobec siebie. Wszyscy ratownicy (100%) w pierwszej próbie dotarli do pozorowanej osoby tonącej i niezależnie od głębokości zanurzenia pozorowanej osoby tonącej (8/0m, 8/2m) wykonywali to szybciej stosując skok startowy – SS (Rys. 4).

The measurements carried out under the conditions of the swimming pool over a shorter distance (8m) provided different time values, but with an identical pattern of results in relation to each other. All lifeguards (100%) reached the simulated drowning person in the first attempt and, irrespective of the depth of the simulated drowning person (8/0m, 8/2m) performed this faster using the start jump – SS (Fig. 4).



	SS	SR	SS	SR
	8/0m		8/2m	
K+M	4,957	6,604	6,36	9,096
K	5,603	7,332	7,517	10,297
M	4,461	6,045	5,472	8,176

Fig. 4 Average times to cover a distance of 8m to a simulated drowning person (swimming pool).

Rys. 4 Średnie czasy pokonania dystansu 8m do pozorowanej osoby tonącej (pływalnia).

Obliczone różnice w średnich czasach docierania ratowników do pozorowanej osoby tonącej w warunkach pływalni (Tab. 1) osiągały wartości od 1,584 w przypadku grupy mężczyzn na dystansie 8m i głębokości zanurzenia 0 m (M, 8/0m) do 2,736 w grupie kobiet i mężczyzn razem na tej samej odległości POT (8m) i zanurzeniu na głębokość równą 2m (K+M, 8/2m). Porównania osiąganych rezultatów w zależności od zastosowanego rodzaju wejścia do wody we wszystkich przypadkach okazały się istotne statystycznie (test t) na korzyść wykonywanych skoków startowych (Tab. 1)

Calculated differences in the mean times for rescuers to reach a simulated drowning person under the conditions of the swimming pool (Table 1) ranged from 1.584 for the men's group over a distance of 8m and a submersion depth of 0m (M, 8/0m) to 2.736 for the men's and women's groups together over the same distance to the SDP (8m) and a submersion depth of 2m (K+M, 8/2m). Comparisons of performance according to the type of water entry used in all cases proved statistically significant (t-test) in favour of the start jumps performed (Table 1).

Tab. 1

The t-test for dependent trials performed under swimming pool conditions (* p<0,05).

Test t dla prób zależnych wykonanych w warunkach pływalni (* p<0,05).

Trial Variant	Jump	Gender								
		F+M			F			M		
		mean	SD	difference	mean	SD	difference	mean	SD	difference
15/0m	**SS**	10.21	1.933	-2.1*	10.975	2.243	-2.294*	9.677	1.502	-1.965*
	SR	12.31	2.181		13.269	2.175		11.643	1.95	
15/2m	**SS**	12.776	2.771	-1.914*	13.553	3.369	-1.993*	12.234	2.157	-1.858*
	SR	14.69	3.038		15.546	3.347		14.092	2.694	
8/0m	**SS**	4.957	1.495	-1.647*	5.603	1.557	-1.728*	4.461	1.259	-1.584*
	SR	6.604	1.427		7.332	1.336		6.045	1.247	
8/2m	**SS**	6.360	2.457	-2.736*	7.517	2.755	-2.780*	5.472	1.786	-2.703*
	SR	9.096	2.351		10.297	2.498		8.176	1.777	

Badania przeprowadzone w warunkach wód śródlądowych dostarczyły istotnych informacji na temat skuteczności odnalezienia osoby tonącej, która podczas skoku do wody rozpoczynającego akcję ratowniczą zanurzana była pod powierzchnię wody na głębokość 2m (Tab. 2). Średnia dla całej grupy badawczej (K+M) skuteczność w odnajdowaniu pod wodą POT oraz wynurzaniu jej nad powierzchnię wody osiągała w punktach procentowych wartości od 72,58% w akcjach 15/2m po skokach ratowniczych (SR) do 89,09% w akcjach 8/2m. również po SR. Na dystansie 15m dostrzega się większą skuteczność po SS (75,81%) w odniesieniu do SR (72,58%), natomiast w akcjach 8/2m skuteczność po SS okazała się niższa 87,27% w odniesieniu do SR (89,09%). Zaznaczone różnice jednak są bardzo małe (1,82% - 3,23%) oraz naprzemiennie i tym samym niejednoznacznie wyrażają przewagę zastosowanych skoków do wody. Badani niezależnie od rodzaju skoku oraz dystansu, jeżeli udawało się im odnaleźć POT najczęściej wykonywali to w pierwszej próbie nurkowania. Wyraźnie większy odsetek badanych nie odnajdował POT (nurkowanie nr 0 Tab. 2) w próbie na dystansie 15m w odniesieniu do krótszej próby 8m. W grupie kobiet dostrzec można na obydwu dystansach wyraźnie wyższą skuteczność prowadzonych działań ratowniczych po zastosowaniu skoku startowego sięgającą 100% w próbie na dystansie 8m. Natomiast w wśród mężczyzn zaznacza się niewielka przewaga w skutecznym docieraniu do POT na korzyść SR.

The tests conducted under inland water conditions provided important information on the efficiency of finding a drowning person being submerged below the water surface to a depth of 2m at the time of making a jump into the water initiating the rescue action (Table 2). The average for the entire study group (F+M), the effectiveness in finding the SDP underwater and bringing it above the water surface reached in percentage points values ranging from 72.58% in 15/2m actions after performing rescue jumps (SR) to 89.09% in 8/2m actions also following SR. In the 15m distance, a higher efficiency was perceived after SS (75.81%) in relation to SR (72.58%), while in the 8/2m rescue actions the efficiency after SS was found to be lower with 87.27% in relation to SR (89.09%). The differences marked, however, are very small (1.82% - 3.23%) and they alternate thus being inconclusive in expressing the advantage of the water jumps used. The subjects, regardless of the type of jump and distance, if they managed to find the SDP they most often accomplished this in the first dive attempt. A significantly higher percentage of subjects failed to find the SDP (dive no. 0 Tab. 2) in the 15m trial in relation to the shorter 8m trial. In the women's group, a significantly higher efficiency of rescue operations after the use of the jump start can be observed at both distances, reaching 100% in the 8m trial. The male group, on the other hand, showed a slight advantage in reaching the SDP in favour of SR.

Tab. 2

Skuteczność odnajdowania zanurzonej na głębokość 2m pozorowanej osoby tonącej wg kolejności nurkowania poszukiwawczego (N i %)

Skuteczność odnajdowania zanurzonej na głębokość 2m pozorowanej osoby tonącej wg kolejności nurkowania poszukiwawczego (N i %).

Trial		F+M						F						M					
		JN	Dive no.					JN	Dive no.					JN	Dive no.				
			0	1	2	3	1+2+3		0	1	2	3	1+2+3		0	1	2	3	1+2+3
15/2m	SS	N(62)	15	41	4	2	47	N(14)	3	9	1	1	11	N(48)	12	32	3	1	36
		%	24.18	66.13	6.46	3.23	75.81	%	21.43	64.29	7.14	7.14	78.57	%	25	66.67	6.25	2.08	75
	SR	N(62)	17	34	10	1	45	N(14)	7	6	1	0	7	N(48)	10	28	9	1	38
		%	27.42	54.84	16.13	1.62	72.58	%	50	42.86	7.14	0	50	%	20.83	58.33	18.75	2.08	79.17
8/2m	SS	N(55)	7	40	5	3	48	N(8)	0	7	1	0	8	N(47)	7	33	4	3	40
		%	12.73	72.73	9.09	5.45	87.27	%	0	87.5	12.5	0	100	%	14.89	70.21	8.51	6.38	85.11
	SR	N(55)	6	47	2	0	49	N(8)	1	7	0	0	7	N(47)	5	40	2	0	42
		%	10.91	85.45	3.64	0	89.09	%	12.5	87.5	0	0	87.5	%	10.63	85.11	4.26	0	89.36

(JN - unit of count)

Średnie czasy skutecznego docierania ratowników do POT w każdej z prób wykonanych na śródlądziu bez względu na płeć, dystans czy numer nurkowania były krótsze po zastosowaniu skoku startowego (Rys. 5, Tab. 3). Osiągane rezultaty czasów na śródlądziu w próbach 8/2m mieściły się w przedziale od 7,963 w grupie M po zastosowaniu SS do 15,044 w grupie K po zastosowaniu SR. W tych samych warunkach wodnych ale dłuższym dystansie (15/2m) średnie czasy docierania badanych do POT były większe lecz skrajne wartości osiągnęły te same grupy i w tych samych próbach od 16,018 w grupie M po SS do 25,443 w grupie K po SR.

The mean times for rescuers to successfully reach the SDP in each of the trials performed in midwater regardless of gender, distance or dive number were shorter after the use of the start jump (Figure 5, Table 3). The results of the midwater times in the 8/2m trials ranged from 7.963 in the M group after using SS to 15.044 in the K group after using SR. In the same water conditions but over a longer distance (15/2m), the mean times to reach the SDP were higher but the extreme values were reached by the same groups and in the same trials from 16.018 in group M after SS to 25.443 in group K after SR.

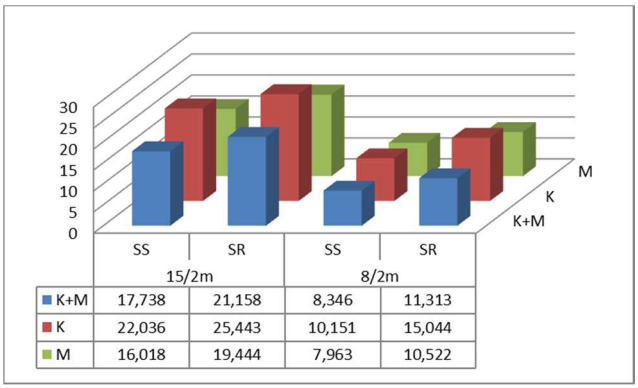


Fig. 5 Average times to cover a distance of 8m to a simulated drowning person (inland).

Rys. 5 Średnie czasy pokonania dystansu 8m do pozorowanej osoby tonącej (śródlądzie).

Porównywane czasy przeprowadzenia skutecznej akcji ratowniczej w warunkach śródlądzia w zależności od rodzaju zastosowanego skoku do wody wykazały zróżnicowane wielkości różnic sięgających od 2,558 do 4,893 (Tab. 3). Analiza statystyczna z wykorzystaniem testu t we wszystkich przeprowadzonych zestawieniach prób i grup wykazała istotność statystyczną na poziomie p<0,05 w obliczonych różnicach czasów wykonywania akcji ratowniczych na korzyść zastosowania SS.

The compared times for performing a successful rescue in inland conditions depending on the type of water jump used showed varying magnitudes of differences ranging from 2.558 to 4.893 (Table 3). Statistical analysis using the t-test in all trial and group combinations carried out showed statistical significance at the p<0.05 level in the calculated differences in rescue execution times in favour of the use of SS.

Tab. 3

T-test for dependent trials performed in inland conditions (* p<0.05).

Test t dla prób zależnych wykonanych w warunkach śródlądzia (* p<0,05).

Trial variant	Jump	Gender								
		F+M			F			M		
		mean	SD	Difference	mean	SD	difference	mean	SD	difference
15/2m	SS	17.738	6.625	-3.420*	22.036	8.489	-3.407*	16.018	4.900	-3.426*
	SR	21.158	8.841		25.443	9.542		19.444	8.082	
8/2m	SS	8.346	4.466	-2.967*	10.151	7.368	-4.893*	7.963	3.641	-2.558*
	SR	11.313	5.258		15.044	8.939		10.522	3.876	

DYSKUSJA I WNIOSKI

Przeprowadzona analiza wyników pozwoliła na sformułowanie odpowiedzi na postawione pytania badawcze:

1. Porównywane rodzaje skoków do wody (SS i SR) niezależnie od dystansu do pokonania przez ratownika oraz głębokości zanurzenia pozorowanej osoby tonącej (POT) pozwalają w 100% na prowadzenie skutecznej akcji w warunkach standardowej krytej pływalni. Wszystkie obserwowane próby wykonano efektywnie już w pierwszej próbie dopłynięcia i nurkowania. Osiągana przez badanych skuteczność w odnajdowaniu POT zanurzanej pod powierzchnię wody śródlądowej osiągała zróżnicowany poziom mieszczący się w zakresie od 50% w akcji realizowanej na dystansie 15m po skoku ratowniczym (SR) w grupie kobiet (K) do 89,36% na dystansie 8m również po SR w grupie mężczyzn (M).
2. Dostrzeżono różnice w skuteczności docierania ratowników wodnych do POT w zależności od zastosowanego rodzaju skoku. Zaobserwowane zróżnicowanie nie wykazuje jednoznacznej przewagi na korzyść żadnego z porównywanych skoków, bowiem w zależności od zastosowanego zestawienia grup badawczych (K+M, K, M) oraz dystansu do pokonania przez ratownika charakteryzowały się wymiennie wyższą skutecznością. Wyrażone w punktach procentowych różnice osiągały nie wielkie wartości mieszczące się w przedziale 1,32% - 4,25%, co przy założeniu poziomu istotności p<0,05 mieści się w zakresie błędu statystycznego. Wyjątek stanowiły porównania dotyczące grupy kobiet, gdzie wielkości różnic skutecznego docierania do POT określone w punktach procentowych wykazały

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The analysis of the results carried out made it possible to formulate answers to the research questions posed:

1. The types of jumps into the water (SS and SR) compared, regardless of the distance to be covered by the rescuer and the depth of immersion of the simulated drowning person (SDP), allow 100% effective operation under the conditions of a standard indoor swimming pool. All observed attempts were performed effectively in the first attempt at the swim and dive. The success rate achieved by the subjects in finding the SDP submerged below the surface of the inland water varied from 50% in the action carried out over a distance of 15m after rescue jump (SR) in the female group (K) to 89.36% over a distance of 8m also after SR in the male group (M).
2. Differences in the effectiveness of water rescuers in reaching the SDP depending on the type of jump used were noted. The observed differences do not show an explicit advantage in favour of any of the compared jumps, because depending on the applied combination of research groups (K+M, K, M) and the distance to be covered by the rescuer, they were interchangeably characterised by higher efficiency. Expressed in percentage points, the difference ranged from 1.32% to 4.25%, which, assuming a significance level of p<0.05, is within the range of statistical error. The exception were the comparisons for the women's group, where the magnitudes of the differences in effective reaching of the SDP, expressed in percentage points, clearly showed a higher effectiveness of SS over SR, reaching values of 12.5% in the rescue operation over a distance of 8m and

jednoznacznie wyższą skuteczność SS nad SR osiągając wartości 12,5% w akacji na dystansie 8m oraz 28,57% na dystansie 15m.

3. Niezależnie od płci ratownika, dystansu i głębokości zanurzania pozorowanej osoby tonącej (POT) wszystkie osoby badane docierały istotnie szybciej do „poszkodowanego" po skoku startowym.

Dostrzeżone w niniejszych badaniach rezultaty ujawniają konieczność prowadzenia dalszych obserwacji z udoskonalaniem metodologii, a także uwzględnieniem zróżnicowanych warunków wodnych, atmosferycznych, dystansowych i głębokościowych czy pominiętych kwestiach wyposażenia w podręczny sprzęt ratowniczy. Skuteczność docierania ratowników do osoby tonącej na pływalni kształtująca się na poziomie 100% niezależnie od rodzaju zastosowanego skoku, dystansu i głębokości zanurzenia POT oraz zdecydowanie krótszy czas wykonania tego zadania po skoku startowym sugerują konieczność opracowania nowych standardów prowadzenia działań ratowniczych szczególnie w strefach wody głębokiej pozwalającej na bezpieczne wykonanie SS. W konsekwencji należy również rozważyć możliwość modyfikacji programu szkolenia ratowników wodnych wprowadzając zagadnienie związane z wykorzystaniem możliwości prowadzenia akcji ratowniczych bez konieczności utrzymywania stałego kontaktu wzrokowego z osobą tonącą. Dostrzeżone różnice czasowe w prowadzonych działaniach rozpoczynających ewakuację z wody śródlądowej na korzyść stosowania skoku startowego w obecnym zarysie uzyskanych wyników wymagają dalszych weryfikacji empirycznych. Nie mniej jednak uzyskane wyniki obrazują poziom konsekwencji prowadzenia akcji ratowniczej ze stałą obserwacją osoby tonącej w postaci istotnego wydłużenia czasu dotarcia ratownika do osoby tonącej. Specyfika stosowanych w ratownictwie wodnym technik i sposobów pływania stanowi spory problem wpływający na potencjał kondycyjny ratownika prowadzącego działania w wodzie [10,11,12]. Zwiększone opory wraz z optymalnie maksymalną prędkością pływania ratownika wodnego podczas prowadzenia akcji bezpośredniej w wodzie zdecydowanie zwiększają bodźce obciążające go fizycznie [15]. W perspektywie nie przewidywalnego czasu kontynuacji oraz przebiegu akcji ratownicy, którzy podjęli działania w wodzie powinni uwzględnić poniższe wnioski jakie udało się skonstruować autorom niniejszej pracy.

PODZIĘKOWANIA

Pragnę niniejszym podziękować Łukaszowi Szafrańskiemu, Konradowi Rembiaszowi, Tomaszowi Białkowskiemu oraz Angelice Rogowskiej za pomoc i wsparcie w realizacji całego projektu badawczego.

28.57% over a distance of 15m.

3. Irrespective of the gender of the rescuer, the distance and the depth of the simulated drowning person (SDP) immersion, all test subjects reached the 'victim' significantly faster after the start jump.

The results obtained in this research reveal the necessity for further observations with improvements in methodology, as well as taking into account varying water, weather, distance and depth conditions or overlooked aspects of the rescue gear used by the rescuers. The effectiveness of rescuers reaching a drowning person in the swimming pool at 100% regardless of the type of jump used, the distance and depth of the SDP immersion and the significantly shorter time to complete this task after the start jump suggest the need to develop new standards for carrying out rescue operations especially in deep water areas allowing for the safe execution of SS. Consequently, consideration should also be given to the possibility of modifying the training programme for water rescuers by introducing the possibility of carrying out rescue operations without the need to maintain constant visual contact with the drowning person. The observed time differences in the actions starting an evacuation from inland water in favour of using a start jump in the current outline of the obtained results necessitate further empirical verification. Nonetheless, the results obtained illustrate the level of consistency of the rescue operation with constant observation of the drowning person in the form of a significant increase in the time it takes for the rescuer to reach the drowning person. The specificity of the swimming techniques and methods used in water rescue poses a considerable problem affecting the physical potential of the rescuer conducting operations in water [10,11,12]. Increased resistance together with the optimally maximum swimming speed of the water rescuer during direct action in water definitely increase the stimuli straining him/her physically [15]. In the perspective of the unpredictable duration and course of the action, rescuers who have taken action in the water should take into account the conclusions, which the authors of this study were able to construct.

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to thank Łukasz Szafrański, Konrad Rembiasz, Tomasz Białkowski and Angelika Rogowska for their help and support throughout the research project.

REFERENCES

4. Przylipiak M., Witkowski M. 1977. *Diving with self-contained breathing apparatus and rescue of drowning persons.* Warszawa, pp. 212-308;
5. Motylewski B., Kwiecień-Motylewska A., Zieliński M., Zieliński E. 2020. *Selected aspects of water rescue and qualified first aid.* Skierniewice, pp.. 33-51;
6. Błasiak P. 2010. *Water rescue – vademecum.* Warszawa, pp. 45-77;
7. Siłakiewicz P., Parnicki F., Różański P. 2004. *Effectiveness of conducting a direct operation with rescue equipment.* Sandomierz;
8. Parnicki F. 2011. *Time structure of rescue operations using „SP" buoys.* AWF Warszawa;
9. Michniewicz I., Michniewicz R. 2011. *Internal and external factors affecting rescuer performance.* PWSZ Kalisz;
10. Firuta P., Wiesner W. 2011. *Effectiveness of a rescue operation conducted with a life buoy and short fins and an operation with a rescue kayak.* AWF Wrocław;

11. Iglesias, L.F., Feitosa, W.G., Zaleski Trindade, C.D., Correia, R.A., Beal, L., Menin, L. & Castro F.A.S., (2021). *Lifeguard's Swimming: Front-crawl's and Up-head Front Crawl's Energetics.* Apunts Educación Física y Deportes, 146, 78-85. https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.09;
12. ACT of 18 August 2011 on the safety of persons on water areas;
13. Zamparo, P., Gatta, G., Pendergast, D. R., & Capelli, C. (2009). *Active and passive drag: the role of trunk incline*. Eur J Appl Physiol, 106(2), 195-205. https://doi.org/10.1007/s00421-009-1007-8;
14. Vignac, E., Lebihain, P., & Soule, B. (2017). *Constant supervision of bathing in French public swimming pools: an unrealistic regulatory requirement?* Int J Inj Contr Saf Promot, 24(3), 371-381. https://doi.org/10.1080/17457300.2016.1200630;
15. Schwebel, D. C., Lindsay, S., & Simpson, J. (2007). *Brief report: a brief intervention to improve lifeguard surveillance at a public swimming pool*. J Pediatr Psychol, 32(7), pp. 862-868. https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsm019;
16. Skarbek W. 2013. *Selected issues of social science methodology*. Piotrków Trybunalski, pp. 67-68;
17. Grabowski H. 1996. *Empirical methods in physical culture sciences.* AWF Kraków, p. 91;
18. Pendergast, C., Capelli, A. B., Craig Jr., P. E., di Prampero, A. E., Minetti, J., Mollendorf, A., Termin II, P., & Zamparo, P. (2006). *Biophysics in swimming*. Rev Port Cien Desp, 6(2), pp. 185-197.

dr hab. med. Piotr Siermontowski, prof. AMW
Uniwersytet WSB Merito
Wydział Zdrowia
Aleja Grunwaldzka 238A
80-266 Gdańsk
nurdok@esculap.pl

THE ANTHROPOMETRIC PROFILE OF ADULT SWIMMERS FROM POLAND COMPARED TO THE CORRESPONDING DATA OF SWIMMERS FROM NORWAY

PROFIL ANTROPOMETRYCZNY DOROSŁYCH PŁYWAKÓW Z POLSKI NA TLE ANALOGICZNYCH DANYCH PŁYWAKÓW Z NORWEGII

Marek Rejman [1)], Aleksandra Mikołajewicz [1)], Daria Rudnik[1)], Piotr Siermontowski [2)]

Department of Swimming, Polish Olympians Academy of Physical Education in Wrocław, Poland
[1)] Zakład Pływania, Akademia Wychowania Fizycznego im. Polskich Olimpijczyków we Wrocławiu
[2)] Faculty of Health WSB MERITUM University of Gdańsk, Poland
[2)] Wydział Zdrowia Uniwersytet WSB MERITUM Gdańsk

STRESZCZENIA / ABSTRACTS

The purpose of the research is to compare the somatic parameters of people practicing swimming in different conditions of the geographical environment – in Poland and Norway. The research material was collected by performing anthropometric measurements in a 112 person group of professional swimmers living in Poland and group 21 swimmers from Norway. The mean of the age in the group of Poles was 19.97 years (SD=3.31) and in the group of Norwegians it was 17.11 years (SD=1.05). A series of anthropometric measurements was performed in both research groups. Statistical analyzes were made using the Statistica 13.1 (StatSoft, USA). In summary of the results of the conducted research, it must be emphasized that these indicate differences in the somatic structure of swimmers living and training in Poland and Norway.
Keywords: Swimmers, Body build, Sport training, Environment, Genetics, Recruitment and selection in sports.

Celem badań jest porównanie parametrów somatycznych osób uprawiających pływanie w różnych warunkach środowiska geograficznego – w Polsce i w Norwegii. Materiał badawczy, zebrano wykonując pomiary antropometryczne w 112 osobowej grupie wyczynowo trenujących pływaków mieszkających w Polsce oraz w grupie 21 pływaków z Norwegii. Średnia wieku w grupie Polaków wyniosła 19,97 lat, (SD=3,31), a w grupie Norwegów 17,11 lat (SD=1,05). Seria pomiarów antropometrycznych została wykonana w obu grupach badawczych. Analiz statystycznych dokonano przy użyciu oprogramowania Statistica 13.1 (StatSoft, USA). Podsumowując wyniki przeprowadzonych badań, należy podkreślić, że wskazują one na występowanie różnic w budowie somatycznej pływaków zamieszkujących i trenujących w Polsce i w Norwegii.
Słowa kluczowe: Pływacy, budowa ciała, trening sportowy, środowisko, genetyka, dobór i selekcja w sporcie.

Цель исследования - сравнить соматические параметры людей, занимающихся плаванием в разных условиях географической среды - в Польше и в Норвегии. Материал исследования был собран путем проведения антропометрических измерений в группе из 112 пловцов-спортсменов, проживающих в Польше, и в группе из 21 пловца из Норвегии. Средний возраст в группе поляков составил 19,97 года (SD=3,31), а в группе норвежцев – 17,11 года (SD=1,05). В обеих группах исследования была проведена серия антропометрических измерений. Статистический анализ проводили с использованием программного обеспечения Statistica 13.1 (StatSoft, США). Обобщая результаты исследования, следует подчеркнуть, что они свидетельствуют о различиях в соматическом строении пловцов, проживающих и тренирующихся в Польше и Норвегии.
Ключевые слова: Пловцы, телосложение, спортивная подготовка, среда, генетика, отбор и селекция.

Ziel der Studie ist es, die somatischen Parameter von Schwimmern zu vergleichen, die in unterschiedlichen natürlichen Umfeldern - in Polen und Norwegen - schwimmen. Das Forschungsmaterial wurde durch anthropometrische Messungen in einer 112-köpfigen Gruppe von wettkampfmäßig trainierten Schwimmern in Polen und in einer Gruppe von 21 Schwimmern aus Norwegen gesammelt. Das Durchschnittsalter in der polnischen Gruppe betrug 19,97 Jahre (SD=3,31) und in der norwegischen Gruppe 17,11 Jahre (SD=1,05). In beiden Studiengruppen wurde eine Reihe anthropometrischer Messungen durchgeführt. Die statistischen Analysen wurden mit der Software Statistica 13.1 (StatSoft, USA) durchgeführt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ergebnisse der Studie auf Unterschiede in der somatischen Konstitution von Schwimmern hinweisen, die in Polen und Norwegen leben und trainieren.
Schlüsselwörter: Schwimmer, Körperbau, Sporttraining, Umwelt, Genetik, Auswahl und Selektion.

El objetivo de los estudios es comparar los parámetros somáticos de personas que practican la natación en diferentes condiciones del entorno geográfico: en Polonia y en Noruega. El material de estudio fue recogido mediante la realización de mediciones antropométricas en un grupo de 112 nadadores que entrenaban a nivel profesional en Polonia y un grupo de 21 nadadores de Noruega. La media de edad en el grupo de polacos era de 19,97 años (SD=3,31) y en el grupo de noruegos 17,11 (SD=1,05). La serie de mediciones antropométricas se llevó a cabo en ambos grupos de estudiados. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa Statistica 13.1 (StatSoft, EE. UU.). Al resumir los resultados de los estudios realizados se debe destacar que muestran la aparición de diferencias en la estructura somática de los nadadores que viven y entrenan en Polonia y en Noruega.
Palabras clave: Nadadores, tipo de cuerpo, entrenamiento deportivo, medio ambiente, genética, selección en el deporte.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 79 Issue 2 pp.65 – 84
ISSN: 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535
DOI: 10.2478/phr-2022-0011
Pages: 20, figures: 0, tables: 9
page www of the periodical: www.phr.net.pl

Publisher
Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: oryginalny
Original article

Termin nadesłania: 13.03.2022 r.
Termin zatwierdzenia do druku: 14.04.2022 r.

WSTĘP

Dobór i selekcja do sportu wyczynowego stanowią problem społeczny, psychologiczny, a także pedagogiczny [1]. Pojęcia te oznaczają system wszechstronnych działań zmierzających do wybrania takich jednostek, które posiadają optymalne warunki somatyczne, motoryczne i psychiczne w celu uzyskania w przyszłości wysokich wyników sportowych w danej dyscyplinie bądź konkurencji [2]. Wiąże się z nimi szereg zagadnień pomiarowo-metodycznych, których celem jest ujawnienie i ocena właściwości charakteryzujących przydatność kandydata do szkolenia na kolejnych etapach. Jednocześnie pozwalają one na prognozowanie jego przyszłych wyników [2]. Zagadnienia doboru i selekcji nie tylko odnoszą się do rekrutacji osobników do pierwszego etapu szkolenia, ale stanowią również ciąg działań towarzyszących każdemu etapowi kariery sportowej [3]. Jest to proces ciągły, dynamiczny, a także kierowany, którego kryteria zmieniają się i zaostrzają w miarę wzrostu poziomu sportowego. Istotą problemu jest dokonanie doboru takich kandydatów, którzy po kilkuletnim treningu będą w stanie osiągać wyniki na poziomie mistrzowskim. Potrzeba taka wynika z coraz ostrzejszej międzynarodowej rywalizacji sportowej.

Często się zdarza, że przystępując do naboru dzieci i młodzieży do sportu pływackiego zadajemy sobie pytanie o czynniki, które decydują o ujawnieniu się talentu pływackiego oraz o to, czym się kierować, aby wśród wielu kandydatów określić przyszłego wybitnego pływaka. Budowa ciała jest jednym z ważniejszych czynników warunkujących sukces sportowy. W sporcie pływackim istotnie ważną cechą budowy ciała jest wysoki wzrost, na co zwracają uwagę autorzy licznych prac. Uważa się, że zastosowanie antropologicznych metod badawczych takich jak ocena budowy ciała, tempa rozwoju biologicznego dzieci, prognozowania dorosłej wysokości i typu budowy ciała może w wielkim stopniu ułatwić dokonywanie trafnego doboru dzieci do sportu kwalifikowanego [4].

Czynniki genetyczne kontrolują działanie i rozwój organizmu, jednak poziom, na jakim rozwój przebiega i pewne szczegóły dynamiki tego rozwoju są zależne od elementów występujących w środowisku. Elementy środowiska składają się z takich, które wchodzą w skład organizmu jako materiały energetyczne lub budulcowe oraz takich, które oddziałując na organizm nie wchodzą w skład jego tkanek. Obie grupy czynników powodują zmiany rozwoju w ten sposób, że organizm o identycznym zestawie genów rozwijałby się inaczej przy innym zestawie czynników środowiskowych. W tym sensie czynniki środowiskowe, zależnie od źródeł ich pochodzenia, dzielimy na modyfikatory naturalne i kulturowe [5]. Z aktualnego dorobku badawczego wynika, że istnieją dowody potwierdzające istnienie zjawiska przystosowania się populacji ludzkich do warunków ekologicznych (czynników biogeograficznych), w których żyją [6,7]. Stwierdzono między innymi odwrotnie proporcjonalną zależność między średnią temperaturą powietrza w danej strefie klimatycznej, a masą ciała jej mieszkańców. Im strefa klimatyczna jest zimniejsza, tym większą masę ciała stwierdza się u jej mieszkańców [8]. Od dawna próbuje się wyjaśnić różnice w proporcjach ciała u mieszkańców ciepłych i zimnych obszarów kuli ziemskiej. Obecna wiedza pozwala stwierdzić, że u osobników zamieszkujących tereny

INTRODUCTION

The selection process in competitive sports represents a social, psychological as well as pedagogical problem [1]. These concepts denote a system of comprehensive activities aimed at selecting such individuals who possess optimal somatic, motor and psychological conditions in order to achieve high sporting results in a given discipline or competition in the future [2]. Associated with them are a number of measurement and methodological issues, the aim of which is to reveal and evaluate the qualities that characterise a candidate's suitability for training at subsequent stages. At the same time, they make it possible to forecast the candidate's future performance [2]. Selection issues not only relate to the recruitment of individuals in the first stage of training, but also constitute a sequence of activities accompanying each stage of a sports career [3]. It is a continuous, dynamic and guided process whose criteria change and intensify as the sporting level increases. The essence of the problem is to select such candidates who, after several years of training, will be able to perform at the championship level. This need arises from the increasingly fierce international sporting competitiveness.

It is often the case that entering the recruitment of children and young people into the sport of swimming, we ask ourselves about the factors that determine the emergence of swimming talent and what to look for in order to identify a future outstanding swimmer among the many candidates. Body structure is one of the most important determinants of sporting success. An important feature of the body structure in the sport of swimming is a tall stature, as pointed out by the authors of numerous works. It is believed that the use of anthropological research methods such as the assessment of children's physique, rate of biological development, prediction of adult height and body type can greatly facilitate the accurate selection of children for qualified sports [4].

Genetic factors control the function and development of an organism, but the level at which development takes place and certain details of the dynamics of that development are dependent on elements present in the environment. The elements of the environment consist of those which enter into the organism as energy or building materials and those which, when acting on the organism, do not enter into its tissues. Both groups of factors produce changes in development such that an organism with an identical set of genes would develop differently with a different set of environmental factors. In this sense, environmental factors, depending on their sources of origin, are divided into natural and cultural modifiers [5]. From the current body of research, evidence exists to support the existence of the phenomenon of adaptation of human populations to the ecological conditions (biogeographical factors) in which they live [6,7]. Among other things, an inversely proportional relationship has been found between the average air temperature in a climate zone and the body weight of its inhabitants. The colder the climate zone, the greater the body mass in its inhabitants is observed [8]. Efforts have long been made to explain the differences in body proportions between inhabitants of warm and cold areas of the globe. Current knowledge allows us to conclude that individuals living in hot climates have developed: longer limbs (upper and lower) and longer

w gorących klimatach, rozwinęły się: dłuższe kończyny (górna i dolna) oraz dłuższe ich segmenty, mniejsze obwody i wymiary poprzeczne ciała, co sprawia, że są oni smuklejsi. W zimnych strefach klimatycznych występują tendencje odwrotne (krótkie kończyny - długi tułów itd.) [9]. Przykładem jest także nieustający proces adaptacji w zakresie cech somatycznych oraz funkcjonalnych, które są ważne dla struktury motoryczności człowieka [6]. W niniejszej pracy przeprowadzono porównanie szeregu cech somatycznych zawodników uprawiających pływanie różnych warunkach środowiskowych - w Polsce i w Norwegii.

PŁYWANIE SPORTOWE

MOTORYCZNOŚĆ PŁYWAKA

Utrzymywanie maksymalnej prędkości pływania adekwatnie do ponoszonych kosztów energetycznych przez określony czas wyścigu jest w pływaniu sportowym głównym celem zawodnika. Zdolność ta zależy od wytrzymałości mięśniowej, sprawności ogólnej, stopnia opanowania techniki oraz zdolności wydatkowania energii przez organizm pływaka [10]. Przy odpowiednim poziomie wytrzymałości mięśniowej wydolność tlenowa i koszt energetyczny pływania są czynnikami, które ograniczają prędkość pływania do poziomu możliwego do utrzymania na danym dystansie. Można powiedzieć, że wynik sportowy w pływaniu – poza wydajną techniką – zależy od specyficznej siły mięśniowej, wysokiej wydolności tlenowej oraz związanej z nią wytrzymałości specjalnej.

BUDOWA SOMATYCZNA PŁYWAKÓW

Pływanie jest jedną z nielicznych dyscyplin sportowych, w której zawodnik toczy walkę w środowisku nie stanowiącym miejsca jego normalnego funkcjonowania. Środowisko wodne narzuca poniekąd pewne wymogi organizmowi pływaka, a proces przystosowania się znajduje swój wyraz również w budowie ciała [7]. Rekordziści w poszczególnych konkurencjach pływackich cechują się swoistą budową ciała: grzbieciści są najwyżsi i najsmuklejsi, bardziej atletyczną budowę ciała mają specjaliści w kraulu na piersiach, a reprezentanci stylu klasycznego są mocno rozbudowani w górnych partiach tułowia, barków oraz klatki piersiowej [11].

BUDOWA CIAŁA

Podstawowymi miarami wielkości ciała jest jego wysokość i masa. Uwarunkowane genetycznie są obie cechy, jednak silniejsze uwarunkowanie dziedziczne posiada wysokość ciała. Wykazano też, że cechy te podlegają zmienności. Wyniki badań przekrojowych [4] dotyczących budowy ciała chłopców i dziewcząt uprawiających sport pływacki w różnym wieku wskazują, że średnia wysokość ciała chłopców młodszych jest wyższa od przeciętnego wzrostu rówieśników o około 10 cm, natomiast u starszych o około 7 cm. Podobnie dziewczęta młodsze uprawiające pływanie są wyższe od swoich warszawskich rówieśniczek o około 8 cm, a starsze o około 5 cm. [12]. Stwierdzono także, że masa ciała reprezentantów Polski klasy mistrzowskiej w pływaniu jest znacznie wyższa, średnio o 6 kg,

limb segments, smaller body girths and lateral dimensions, thus making them more slender. In cold climatic zones, the opposite tendency is found (short limbs – long torso, etc.) [9]. This is also exemplified by the continuous process of adaptation in terms of somatic and functional characteristics that are important for the structure of human motor skills [6].

The present study compares a number of somatic characteristics of swimmers practising swimming under different environmental conditions – in Poland and in Norway.

SPORTS SWIMMING

SWIMMER'S MOTOR SKILLS

The primary objective for athletes in competitive swimming is to maintain a maximum swimming speed while optimizing energy expenditure for a specific race time. This capability relies on various factors such as muscular endurance, overall fitness, mastery of technique, and the swimmer's energy expenditure capacity [10]. When combined with an adequate level of muscular endurance, factors like aerobic capacity and energy cost of swimming become crucial limitations in sustaining a desired swimming speed over a given distance. Thus, it can be stated that sports performance in swimming, in addition to efficient technique, heavily relies on specific muscular strength, high aerobic capacity, and the accompanying specialized endurance.

SOMATIC CHARACTERISTICS OF SWIMMERS

Swimming is one of the few sports disciplines in which the athlete competes in an environment outside of his or her usual environment. The aquatic environment imposes certain requirements on the swimmer's organism and the process of adaptation finds its reflection in the swimmer's physique [7]. The record-holders in the particular swimming competitions are characterised by their specific body build: the backstroke swimmers are the tallest and slimmest, the breaststroke swimmers have a more athletic body build, while the classic style swimmers exhibit a strong build in the upper body, shoulders and chest [11].

BODY BUILD

The basic measures of body size are height and weight. They are both genetically determined, but body height is more strongly heritable. It has also been demonstrated that these traits are subject to variability. The results of cross-sectional studies [4] on the body build of boys and girls practising swimming sports at different ages indicate that the average body height of younger boys is approximately 10 cm above the average height of their peers, while that of older boys is approximately 7 cm higher. Similarly, younger girls practising swimming are taller than their Warsaw peers by about 8 cm, while older girls by about 5 cm. [12]. Bodyweight of Polish swimming championship class representatives was also found to be significantly higher, on average by 6 kg, compared to non-swimmers [13].

w stosunku do osób nietrenujących [13].

SPECYFICZNE CECHY BUDOWY SOMATYCZNEJ PŁYWAKÓW

Pierwsze wszechstronne antropometryczne badania pływaków polskich wykonane zostały w połowie lat pięćdziesiątych przez Drozdowskiego oraz Pawlaczyka (1958). Na ich podstawie stwierdzono, że pływaków cechuje wysoki wzrost, przy dość dużym ciężarze ciała; tułów jest krótki – tak w wielkościach bezwzględnych, jak również w stosunku do wysokość ciała; klatka piersiowa pływaków jest dobrze rozwinięta, silnie wykształcona, a także cechuje ją duża amplituda przy maksymalnym wdechu i wydechu; barki są wykształcone, i w zestawieniu z dość wąską miednicą robią wrażenie szerokich; kończyna górna tak w wymiarach bezwzględnych, jak również w stosunku do wysokości ciała jest krótsza niż u nietrenujących, a jej umięśnienie jest wyraźnie przystosowane do pracy mającej charakter wytrzymałościowy; kończyna dolna jest dłuższa i bardziej umięśniona [14]. Podkreślono również, że w budowie pływaka zaobserwowano mocne rozbudowanie wzdłuż osi ciała – zdecydowaną przewagę mają elementy długościowe nad szerokościowymi. Opływowy kształt sylwetki jest także znamienny dla pływaka.

Matynia (1966) w swojej monografii na temat morfo-funkcjonalnych podstaw pływania kraulem uznaje, że dobrego pływaka powinna głównie cechować duża szerokość barków, wąska miednica, a także dobre umięśnienie kończyn [15]. Wysoki wzrost pływaków i ich dobre umięśnienie podkreśla także Strokina jej zdaniem charakterystyczną cechą pływaków jest równomierny rozwój umięśnienia zarówno kończyn górnych, jak i kończyn dolnych [16]. W pracach Strokiny znajduje się potwierdzenie także innych cech morfologicznych u pływaków, a mianowicie cechują ich krótki tułów, stosunkowo krótkie kończyny górne, długie kończyny dolne, wąska miednica i średnia szerokość barków. Gołąb na podstawie badań uczestników pływackich mistrzostw Polski w 1965 roku stwierdza, że w zestawieniu z nietrenującymi pływacy są wyżsi, charakteryzuje ich większa szerokość klatki piersiowej, a mniejsza szerokość bioder; ciężar ciała jest większy, a obwody ramienia i podudzia duże; w górnej części ciała odkłada się większa ilość tłuszczu podskórnego [17].

Wyraźne różnice somatyczne zarysowują się w tych cechach, na które duży wpływ mają realizowane w treningu pływackim ćwiczenia oddechowe [18]. Najbardziej jest to dostrzegalne w rozwoju pojemności życiowej płuc, głębokości klatki piersiowej, a także w zwiększeniu obwodu klatki piersiowej. Zjawisko to wydaje się być oczywiste u pływaków o wysokim poziomie zaawansowania, jednak zaobserwowano je również we wczesnej fazie szkolenia pływackiego.

WYBRANE ELEMENTY ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO POLSKI I NORWEGII

Położenie Polski wyznaczają współrzędne geograficzne: na północy (54°50'N), na południu (49°00'N), na zachodzie (14°07'E) i na wschodzie (24°09'E). Rozciągłość południkowa Polski wynosi zatem 5°50' (649 km), a rozciągłość równoleżnikowa 10°02' (689 km). Polska leży w centralnej części Europy. Klimat naszego kraju jest określany jako umiarkowany ciepły przejściowy. Oznacza to, że ma cechy pośrednie między klimatem morskim, a kontynentalnym [19]. Rozkład

SPECIFIC CHARACTERISTICS OF THE SOMATIC CONSTITUTION OF SWIMMERS

The first comprehensive anthropometric study of Polish swimmers was carried out in the mid-1950s by Drozdowski and Pawlaczyk (1958). They established that swimmers are characterised by a tall stature with a fairly heavy body weight; the torso is short - both in absolute size and in relation to the height of the body; the chest of swimmers is well and strongly developed and is characterised by a large amplitude at maximum inspiration and expiration; the shoulders are well-developed and, in juxtaposition with a fairly narrow pelvis, appear to be broad; the upper limb is shorter in absolute dimensions and in relation to body height compared to non-swimmers, and its musculature is clearly adapted to strenuous activity; the lower limb is longer and more muscular [14]. It was also highlighted that the swimmer's physique exhibited a strong development along the body axis, with a definite predominance of length elements over width elements. In addition, the streamlined body shape is also characteristic of the swimmer.

Matynia (1966), in his monograph on the morpho-functional principles of crawl swimming, acknowledges that a good swimmer should mainly be characterised by a large shoulder width, a narrow pelvis, and good muscularity of the limbs [15].

The tall stature of swimmers and their good musculature is further emphasised by Strokina (1964) in her opinion, a characteristic feature of swimmers is the even development of musculature in both upper and lower limbs [16]. The work of Strokina (1964) also confirms other morphological characteristics in swimmers, namely that they are characterised by a short torso, relatively short upper limbs, long lower limbs, a narrow pelvis and an average width of the shoulders. Gołąb (1967), on the basis of a study of participants in the 1965 Polish swimming championships, finds that, compared with non-swimmers, swimmers are taller, have a larger chest width and a smaller hip width; their body weight is heavier, and their arm and shin circumferences are large; more subcutaneous fat is deposited in the upper part of the body [17].

Distinct somatic differences are apparent in those traits that are strongly influenced by the breathing exercises implemented in swimming practice [18]. This is most noticeable in the development of the vital capacity of the lungs, the depth of the thorax, and the increase in the circumference of the thorax. This phenomenon may seem obvious in swimmers at a high level, however, it has also been observed in the early phase of swim training.

SELECTED ELEMENTS OF THE NATURAL ENVIRONMENT OF POLAND AND NORWAY

Poland's location is determined by its geographical coordinates: to the north (54° 50'N), to the south (49° 00'N), to the west (14° 07'E) and to the east (24° 09'E). The meridional extent of Poland is therefore 5° 50' (649 km) and the latitudinal extent is 10° 02' (689 km). Poland lies in the central part of Europe. Our country's climate is described as temperate warm transitional. This means that it has features of an intermediate climate between maritime and continental [19]. The distribution of air temperature shows considerable temporal and spatial variation. The average

temperatury powietrza wykazuje znaczne zróżnicowanie czasowe i przestrzenna. Średnia roczna temperatura powietrza w naszym kraju wynosi około 7,5°C [19].

Norwegia jest jednym z pięciu państw Europy Północnej. Kontynentalna część Norwegii rozciąga się od 71°08'N do 57°59'N i od 5°E do 31°E. Mimo położenia na szerokości geograficznej porównywalnej z Alaską bądź południową Grenlandią, Norwegia posiada znacznie łagodniejszy klimat. Większość terytorium leży w strefie klimatu umiarkowanego, na zachodzie i południu – umiarkowanego morskiego. Północna część znajduje się w strefie klimatu subpolarnego. W okresie zimowym utrzymują się temperatury ujemne, dochodzące do -40°C.

CELE PRACY

Celem badań było porównanie parametrów somatycznych osób uprawiających pływanie w różnych warunkach środowiska geograficznego – w Polsce i w Norwegii. Zadano następujące pytania badawcze:

1. Czy istnieją różnice w budowie somatycznej u pływaków zamieszkujących i trenujących w Polsce i w Norwegii?
2. Które z pośród parametrów somatycznych najistotniej różnicują polskich i norweskich pływaków?

MATERIAŁ I METODY

CHARAKTERYSTYKA GRUPY BADANEJ

Materiał badawczy zebrano wykonując pomiary antropometryczne w 112 osobowej grupie wyczynowo trenujących pływaków mieszkających w Polsce oraz w grupie 21 pływaków z Norwegii. Średnia wieku w grupie Polaków wyniosła 19,97 lat, (SD=3,31), a w grupie Norwegów 17,11 lat (SD=1,05). Badani reprezentowali poziom sportowy: klasa mistrzowska międzynarodowa, klasa mistrzowska i I klasa sportowa.

Badani oraz ich rodzice zostali zapoznani z celem badań i z procedurami badawczymi. Uzyskano pisemne zgody rodziców nieletnich pływaków na udział w badaniach. Wszystkie procedury były zgodne z Helsińską Deklaracją Praw Człowieka dotyczącą badań na ludziach. Komisja Etyki AWF we Wrocławiu zatwierdziła projekt badania (AWF-2018-219).

PROCEDURA BADAWCZA

Seria pomiarów antropometrycznych została wykonana w obu grupach badawczych. Wszystkie pomiary zostały wykonane przez dwie osoby. Punkty wysokościowe badanych pływaków mierzone były przy kończynach górnych ułożonych równolegle do tułowia, równomiernie obciążonych stopach i głowie ustawionej w płaszczyźnie frankfurckiej. Pomiary jednostronne zostały wykonane po prawej stronie.

Pomiary wykonano przy pomocy: cyrkla liniowego, cyrkla kabłąkowego dużego i małego, taśmy metrycznej, suwmiarki elektronicznej, kalipera, siłomierza dłoniowego, a także wagi. Dokonano następujących pomiarów:

Pomiary wysokości ciała i długości jego odcinków wykonane metodą bezpośrednią (antropometr):

annual air temperature in our country is around 7.5°C [19].

Norway is one of the five northern European countries. The continental part of Norway stretches from 71° 08'N to 57° 59'N and from 5° E to 31° E. Despite its location at a latitude comparable to Alaska or southern Greenland, Norway's climate is much milder. Most of the territory lies in the temperate climate zone, with the west and south in the maritime temperate zone. The northern part is in the subpolar climate zone. During the winter, temperatures as low as -40° C persist.

RESEARCH OBJECTIVES

The aim of the study was to compare the somatic parameters of swimmers in different geographical environments of Poland and Norway. The following research questions were posed:

1. Are there differences in somatic constitution in swimmers living and training in Poland and Norway?
2. Which of the somatic parameters most significantly differentiate Polish and Norwegian swimmers?

MATERIAL AND METHODS

CHARACTERISTICS OF THE STUDY GROUP

The research material was collected by taking anthropometric measurements in a 112-person group of competitive swimmers living in Poland and in a group of 21 swimmers from Norway. The average age in the Polish group was 19.97 years, (SD=3.31) and in the Norwegian group 17.11 years (SD=1.05). The respondents represented the following sport levels: international master class, master class and 1st sport class.

The subjects and their parents were informed about the purpose of the study and the research procedures. Written consents from the parents of the underage swimmers to participate in the study were obtained. All procedures were in compliance with the Helsinki Declaration of Human Rights regarding research on human subjects. The Ethics Committee of the University of Physical Education in Wrocław approved the study design. (AWF-2018-219).

RESEARCH PROCEDURE

A series of anthropometric measurements were performed in both study groups. All measurements were taken by two persons. The height points of the test swimmers were measured with the upper limbs positioned parallel to the torso, the feet evenly weighted and the head positioned in the Frankfurt plane. Unilateral measurements were taken on the right side of the body.

Measurements were taken using: a linear compass, a large and small bowed calliper, a metric tape measure, an electronic calliper, manual dynamometer, and a scale. The following measurements were taken:

Measurements of body height and length of body sections taken by direct method (anthropometer):

- Body height (B-v) measured when the subject is maximally erect, head in the Frankfurt plane, anthropometer positioned maximally to the base,

- wysokość ciała (B-v) mierzona, gdy badany jest maksymalnie wyprostowany, głowa ustawiona w płaszczyźnie frankfurckiej, antropometr ustawiony maksymalnie do podstawy,
- wysokość suprasternale (B-sst) mierzona nie zmieniając ustawienia antropometru po zmierzeniu wysokości ciała, strzałkę obniżamy do wcięcia szyjnego rękojeści mostka,
- wysokość akromion (B-a) badany prostuje łokieć i palce, nie zmienia pozycji barku w trakcie dwóch kolejnych pomiarów, pomiar wykonywany od najbardziej wysuniętym bocznie brzegu wyrostka barkowego łopatki,
- wysokość radiale (B-r) mierzony od górnej krawędzi głowy kości promieniowej,
- wysokość stylion (B-sty) mierzony od najniższego brzegu wyrostka rylcowatego kości promieniowej,
- wysokość daktylion III (B-da III) mierzony od opuszki trzeciego palca ręki,
- wysokość symphysion (sy), długość kończyny dolnej (B-sy) mierzony od krawędzi spojenia kości łonowej,
- wysokość trochanterion (B-tro) mierzony od punktu najwyżej na krętarzu wielkim kości udowej. Leży nieco niżej niż symphysion. (długość funkcjonalna kończyny),
- wysokość tibiale (B-ti) mierzony od brzegu przyśrodkowej górnej nasady kości piszczelowej,
- wysokość sphyrion (B-sph) mierzony od brzegu kostki kości piszczelowej,
- wysokość ciała w postawie siedzącej (Bs-v) mierzony od powierzchni na której badany siedzi, do punktu vertex,
- rozpiętość ramion (da III-da III), antropometr ustawiony równolegle do podstawy i oparty dolnym końcem o ścianę na wysokości barków mierzonego, opuszką trzeciego palca jednej ręki badany dotyka ściany u podstawy antropometru, drugą kończynę wyciąga wzdłuż przyrządu.

Pomiary długości segmentów ciała wykonane metodą bezpośrednią (cyrkiel kabłąkowy mały):

- długość ręki (sty-da III) – odległość pomiędzy punktem położonym najniżej (na szczycie) wyrostka rylcowatego ości promieniowej, a opuszką najdłuższego III palca (cyrkiel liniowy),
- długość stopy (pte-ap) – odległość pomiędzy guzem piętowym, a opuszką najdłuższego palca u stopy (pierwszego lub drugiego).

Pomiary długości segmentów ciała wykonane metodą pośrednią (cyrkiel kabłąkowy mały):

- długość tułowia (sst-sy),
- długość ramienia (a-r),
- długość przedramienia (r-sty),
- długość kończyny górnej (a-da III),
- długość uda (sy-ti),
- długość podudzia (ti-sph),

Pomiary średnic ciała i szerokości nasad kości długich wykonane metodą bezpośrednią (cyrkiel kabłąkowy duży):

- suprasternal height (B-sst) measured without changing the position of the anthropometer after measuring the body height , the arrow is lowered to the jugular notch of the presternum,
- acromion height (B-a) the subject straightens the elbow and fingers, does not change the position of the shoulder during two consecutive measurements, the measurement is taken from the lateral-most edge of the acromion,
- radial height (B-r) measured from the upper edge of the head of the radius bone,
- styloid height (B-shape) measured from the lowest edge of the styloid process of the radius bone,
- dactylion III height (B-da III) measured from the pulp of the third finger,
- symphysion height (sy), the length of the lower limb (B-sy) measured from the edge of the pubic symphysis,
- trochanterion height (B-tro) measured from a point uppermost on the greater trochanter of the femur. It lies slightly lower than the symphysion. (functional length of the limb),
- tibiale height (B-ti) measured from the medial edge of the upper tibial epiphysis,
- sphyrion height (B-sph) measured from the ankle edge of the tibia,
- sitting posture height (Bs-v) measured from the surface on which the subject sits to the vertex point,
- arm span (da III-da III), the anthropometer placed parallel to the base and resting with its lower end on the wall at the height of the subject's shoulders, the subject touches the wall at the base of the anthropometer with the pulp of the third finger of one hand, the other limb extends along the device.

Measurements of the length of body segments taken using the direct method (small bowed caliper):

- hand length (sty-da III) - the distance between the lowest point (at the top) of the styloid process of the radius bone and the pulp of the longest third finger (linear compass),
- length of the foot (pte-ap) - distance between the calcaneal tuber and the pulp of the longest toe (first or second).

Pomiary długości segmentów ciała wykonane metodą pośrednią (cyrkiel kabłąkowy mały):

- długość tułowia (sst-sy),
- długość ramienia (a-r),
- długość przedramienia (r-sty),
- długość kończyny górnej (a-da III),
- długość uda (sy-ti),
- długość podudzia (ti-sph),

Measurements of body diameters and widths of the epiphyses of long bones taken using the direct method (large bowed calliper):

- shoulder breadth (a-a) measured at the tops of acromions,
- upper body width (dl-dl) measured at the points most lateral on the skin where the deltoid muscle is present,
- thoracic width (thl-thl) measured at the costal arches in the axillary line at the level of the

- szerokości barków (a-a) mierzony na szczytach wyrostków barkowych łopatek,
- szerokość górna ciała (dl-dl) mierzony na punktach najbardziej bocznie położonymi na skórze, w miejscu, gdzie występuje mięsień naramienny,
- szerokość klatki piersiowej (thl-thl) mierzony na łukach żebrowych w linii pachowej na wysokości połączenia trzonu mostka z wyrostkiem mieczykowatym,
- głębokość klatki piersiowej (xi-ths) mierzony między punktem xiphoidale, a leżącym na tej samej wysokości wyrostkiem kolczystym kręgu piersiowego,
- głębokość klatki piersiowej na wysokości punktu sst – odległość miedzy punktem sst, a leżącym na tej samej wysokości wyrostkiem kolczystym kręgu piersiowego (cyrkiel kabłąkowy duży),
- szerokość miednicy (ic-ic) mierzony miedzy punktami leżącymi najbardziej bocznie na grzebieniach kości biodrowych,
- głębokość miednicy (sy-s) mierzony pomiędzy symphysion i sacrale (s) – punkt położony najbardziej ku tyłowi na wyrostkach kolczystych kości krzyżowej (zwykle na początku szpary pośladkowej),
- szerokość bioder (tro-tro) mierzony pomiędzy krętarzami większymi kości udowej (tro) (najbardziej bocznie),
- szerokość na wysokości punktu omphalion (pępek),
- głębokość na wysokości punktu omphalion (pępek),
- głębokość na wysokości pomiaru największego obwodu bioder.

Niestandardowe pomiary antropometryczne wykonywane metodą bezpośrednią:

- szerokość dłoni (mu-mr) mierzony pomiędzy główkami drugiej i piątej kości śródręcza (cyrkiel liniowy),
- szerokość ręki (mu-mm) mierzony pomiędzy główkami pierwszej i piątej kości śródręcza (cyrkiel liniowy),
- szerokość nasady dalszej przedramienia (spr-spu) odległość najbardziej zewnętrznych punktów wyrostka rylcowatego kości promieniowej i wyrostka rylcowatego kości łokciowej (cyrkiel liniowy),
- szerokość nasady łokciowej (cm-cl) odległość najbardziej zewnętrznych punktów na nadkłykciach przyśrodkowym i bocznym kości promieniowej (cyrkiel liniowy),
- szerokość nasady kolanowej (epm-epl) odległość najbardziej zewnętrznych punktów na nadkłykciach przyśrodkowym i bocznym kości udowej (cyrkiel liniowy),
- szerokość kostki (mlt-mlf) odległość pomiędzy punktem najbardziej przyśrodkowym na kostce przyśrodkowej, a punktem najbardziej bocznie na kostce bocznej strzałki (cyrkiel liniowy),
- szerokość stopy (mtt-mtf) mierzony pomiędzy główkami pierwszej i piątej kości śródstopia (cyrkiel liniowy).

junction of the sternum shaft with the xiphoid cartilage,

- thoracic depth (xi-ths) measured between the xiphoidale point and the neurapophysis lying at the same height,
- thoracic depth at sst point - distance between sst point and the neurapophysis lying at the same height (large bowed caliper),
- pelvic width (ic-ic) measured between the most lateral points of the iliac crests,
- pelvic depth (sy-s) measured between the symphysion and sacrale (s) - the point located most posteriorly on the spinous processes of the sacrum (usually at the beginning of the posterior rugae),
- hip width (tro-tro) measured between the greater trochanter of the femur (tro) (most laterally),
- width at the height of the omphalion point (navel),
- depth at the height of the omphalion point (navel),
- depth at the height of the measurement of the greatest circumference of the hips.

Non-standard anthropometric measurements taken by direct method:

- width of the hand (mu-mr) measured between the heads of the second and fifth metacarpal bones (linear compass),
- width of the hand (mu-mm) measured between the heads of the first and fifth metacarpal bones (linear compass),
- width of the distal epiphysis of the forearm (spr-spu) the distance between the outermost points of the styloid process of the radius bone and the styloid process of the ulna (linear compass),
- ulnar epiphysis width (cm-cl) distance of the outermost points on the medial and lateral epicondyles of the radius bone (linear compass),
- knee epiphysis width (epm-epl) distance of the outermost points on the medial and lateral epicondyles of the femur (linear compass),
- ankle width (mlt-mlf) the distance between the most medial point on the medial malleolus and the most lateral point on the lateral malleolus (linear compass),
- width of the foot (mtt-mtf) measured between the heads of the first and fifth metatarsal bones (linear compass).

Body circumference measurements by direct method (metric tape):

- circumference of the head measured through the op and m points,
- circumference of the arm measured with the limb straight along the body, the tape running halfway down the arm,
- circumference of the "shoulder girdle" measured at the sst point, through the largest dimension of the shoulder muscles,
- waist circumference measured at the point of greatest indentation, at breathlessness,
- abdominal circumference at the height of the om point (navel),

Pomiary obwodów ciała metodą bezpośrednią (taśma metryczna):

- obwód głowy mierzony przez punkty op i m,
- obwód ramienia mierzony przy wyprostowanej kończynie wzdłuż ciała, taśma przebiega w połowie długości ramienia,
- obwód „obręczy barkowej" mierzony na wysokości punktu sst, poprzez największy wymiar mięśni naramiennych,
- obwód pasa (obwód talii) mierzony w miejscu największego wcięcia, na bezdechu,
- obwód brzucha na wysokości punktu om (pępek),
- obwód bioder mierzony przez największą wypukłość pośladków,
- obwód uda największy mierzony tuż pod fałdą pośladkową, przy równoczesnym obciążeniu obu kończyn,
- obwód podudzia największy mierzony przez największą wypukłość łydki, przy równoczesnym obciążeniu obu kończyn.

Pomiar fałdy skórno-tłuszczowej – metoda bezpośrednia (kaliper), pomiar wykonano z prawej strony:

- grubość fałdu Podłopatkowego, mierzony poniżej dolnego kąta łopatki – fałd poziomy.

Inne:
Masa ciała (kg)
Wskaźniki antropometryczne:

- wskaźnik BMI: Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu masy ciała [kg] i wysokości ciała (m^2), pomnożonego przez 100%: masa ciała [kg]/wysokość ciała [cm^2] × 100%,
- wskaźnik Quetela 1: Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu masy ciała [g] i wysokości ciała (cm): masa ciała[g]/wysokość ciała[cm],
- wskaźnik Rohera: Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu masy ciała [g] i wysokości ciała (cm^3): masa ciała [g]/wysokość ciała[cm^3],
- wskaźnik Wertheimera: [(B-sy)*1000000]/[(tl-tl)*(xy-ts)*(sst-sy),
- wskaźnik smukłości: wysokość ciała (cm)/ $\sqrt[3]{masaciała(kg)}$,
- stosunek długościowo-grubościowy [H^2/U]. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu wysokości ciała [cm^2] i maksymalnego przekroju porzecznego ciała [cm^2]: wysokość ciała [cm^2]/[(6.9256 x masa ciała)+(3.5043 x wysokość ciała)-377.156],
- wskaźnik WHR: Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu obwodu pasa i obwodu bioder: obw. pasa/obw. Bioder
- wskaźnik długości tułowia. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (sst-sy) i (B-v), pomnożonego przez 100%: [sst-sy]/[B-v] × 100%,
- wskaźnik międzykończynowy. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (a-da III) i (B-sy), pomnożonego przez 100%: [a-da III]/[B-sy] × 100%,
- hip circumference measured through the largest protuberance of the buttocks,
- largest thigh circumference measured just below the gluteal sulcus, with both limbs equally weighted,
- largest circumference of the shin, measured through the greatest protuberance of the calf, with both limbs equally weighted.

Skin-fat fold measurement - direct method (caliper), measurement taken on the right side of the body:

- thickness of the subscapular fold, measured below the inferior angle of the scapula - horizontal fold.

Other:
Body weight (kg)
Anthropometric indices:

- BMI: The value of this parameter was determined by the quotient of body weight [kg] and body height (m^2), multiplied by 100%: body weight [kg]/body height [cm^2] × 100%,
- Quetel index 1: The value of this parameter was determined from the quotient of body weight [g] and body height (cm): body weight[g]/body height[cm],
- Roher index: The value of this parameter was determined by the quotient of body weight [g] and body height (cm^3): body weight [g]/body height[cm^3],
- Wertheimer index: [(B-sy)*1000000]/[(tl-tl)*(xy-ts)*(sst-sy),
- slenderness index: body height (cm (cm)/ $\sqrt[3]{masaciała(kg)}$, *[*body weight*],
- length/thickness ratio [H^2/U]. The value of this parameter was determined from the quotient of body height [cm^2] and maximum body transverse section [cm^2]: body height [cm^2]/[(6.9256 x body weight)+(3.5043 x body height)-377.156],
- WHR index: The value of this parameter was determined by dividing the waist circumference by the hip circumference: waist circumference/hip circumference,
- trunk length index. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (sst-sy) and (B-v), multiplied by 100%: [sst-sy]/[B-v] × 100%,
- intercondylar index. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (a-da III) and (B-sy), multiplied by 100%: [a-da III]/[B-sy] × 100%,
- upper limb spread index. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (da III-da III) and (B-v), multiplied by 100%: [da III-da III]/[B-v] × 100%,
- lower limb length index. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (B-sy) and (B-v), multiplied by 100%: [B-sy]/[B-v] × 100%,
- relative shank to lower limb length. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (B-ti) and (B-sy), multiplied by 100%: [B-ti]/[B-sy] × 100%,

- wskaźnik rozpiętości kończyn górnych. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (da III-da III) i (B-v), pomnożonego przez 100%: [da III-da III]/[B-v] × 100%,
- wskaźnik długości kończyny dolnej. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (B-sy) i (B-v), pomnożonego przez 100%: [B-sy]/[B-v] × 100%,
- względna długość podudzia do kończyny dolnej. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (B-ti) i (B-sy), pomnożonego przez 100%: [B-ti]/[B-sy] × 100%,
- względna długość podudzia do wysokości ciała. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (B-ti) i (B-v), pomnożonego przez 100%: [B-ti]/[B-v] × 100%,
- względna długość podudzia do tułowia. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (B-ti) i (B-v)-(B-sy), pomnożonego przez 100%: [B-ti]/[B-v]-[B-sy] × 100%,
- względna długość podudzia do uda. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (B-ti) i (sy-ti), pomnożonego przez 100%: [B-ti]/[sy-ti] × 100%,
- wskaźnik długości kończyny górnej. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (a-da III) i (B-v), pomnożonego przez 100%: [a-da III]/[B-v] × 100%,
- względna długość przedramienia do kończyny górnej. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (r-da III) i (a-da III), pomnożonego przez 100%: [r-da III]/[a-da III] × 100%,
- względna długość przedramienia do wysokości ciała. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (r-da III) i (B-v), pomnożonego przez 100%: [r-da III]/[B-v] × 100%,
- względna długość przedramienia do tułowia. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (r-da III) i (B-v)-(B-sy), pomnożonego przez 100%: [r-da III]/[B-v]-[B-sy] × 100%,
- względna długość ręki do kończyny górnej. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (sty-da III) i (a-da III), pomnożonego przez 100%: [sty-da III]/[a-da III] × 100%,
- względna długość ręki do ramienia. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (sty-da III) i (a-r), pomnożonego przez 100%: [sty-da III]/[a-r] × 100%,
- względna długość ręki do przedramienia. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (sty-da III) i (r-sty), pomnożonego przez 100%: [sty-da III]/[r-sty] × 100%,
- względna długość stopy do kończyny dolnej. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (pte-ap) i (B-sy), pomnożonego przez 100%: [pte-ap]/[B-sy] × 100%,
- relative shank length to body height. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (B-ti) and (B-v), multiplied by 100%: [B-ti]/[B-v] × 100%,
- relative shank-to-torso length. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (B-ti) and (B-v)-(B-sy), multiplied by 100%: [B-ti]/[B-v]-[B-sy] × 100%,
- relative shank to thigh length. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (B-ti) and (sy-ti), multiplied by 100%: [B-ti]/[sy-ti] × 100%,
- upper limb length index. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (a-da III) and (B-v), multiplied by 100%: [a-da III]/[B-v] × 100%,
- the relative length of the forearm to the upper limb. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (r-da III) and (a-da III), multiplied by 100%: [r-da III]/[a-da III] × 100%,
- relative forearm length to body height. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (r-da III) and (B-v), multiplied by 100%: [r-da III]/[B-v] × 100%,
- the relative length of the forearm to the trunk. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (r-da III) and (B-v)-(B-sy), multiplied by 100%: [r-da III]/[B-v]-[B-sy] × 100%,
- the relative length of the hand to the upper limb. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (sty-da III) and (a-da III), multiplied by 100%: [sty-da III]/[a-da III] × 100%,
- relative arm-to-arm length. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (sty-da III) and (a-r), multiplied by 100%: [sty-da III]/[a-r] × 100%,
- relative arm to forearm length. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (sty-da III) and (r-sty), multiplied by 100%: [sty-da III]/[r-sty] × 100%,
- the relative length of the foot to the lower limb. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (pte-ap) and (B-sy), multiplied by 100%: [pte-ap]/[B-sy] × 100%,
- relative length of foot to thigh. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (pte-ap) and (sy-ti), multiplied by 100%: [pte-ap]/[sy-ti] × 100%,
- the relative length of the foot to the shin. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (pte-ap) and (ti-sph), multiplied by 100%: [pte-ap]/[ti-sph] × 100%,
- relative length of lower limbs to body height: [B-sy]/[B-v] × 100%,
- shoulder width index. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (a-a) and (sst-sy), multiplied by 100%: [a-a]/[sst-sy] × 100%,
- pelvic width index. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores

- względna długość stopy do uda. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (pte-ap) i (sy-ti), pomnożonego przez 100%: [pte-ap]/[sy-ti] × 100%,
- względna długość stopy do podudzia. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (pte-ap) i (ti-sph), pomnożonego przez 100%: [pte-ap]/[ti-sph] × 100%,
- względna długość kończyn dolnych do wysokości ciała: [B-sy]/[B-v] × 100%,
- wskaźnik szerokości barków. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (a-a) i (sst-sy), pomnożonego przez 100%: [a-a]/[sst-sy] × 100%,
- wskaźnik szerokości miednicy. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (ic-ic) i (sst-sy), pomnożonego przez 100%: [ic-ic]/[sst-sy] × 100%,
- wskaźnik biodrowo-barkowy. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (ic-ic) i (a-a), pomnożonego przez 100%: [ic-ic]/[a-a] × 100%,
- wskaźnik spłaszczenia klatki piersiowej. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (xy-ts) i (tl-tl), pomnożonego przez 100%: [xy-ts]/[tl-tl] × 100%,
- wskaźnik długościowo-szerokościowy dłoni. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (mu-mr) i (sty-da III), pomnożonego przez 100%: [mu-mr]/[sty-da III] × 100%,
- wskaźnik długościowo-szerokościowy ręki. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (mu-mm) i (sty-da III), pomnożonego przez 100%: [mu-mm]/[sty-da III] × 100%,
- wskaźnik długościowo-szerokościowy stopy. Wartość tego parametru była określana na podstawie ilorazu punktów (mtt-mtf) i (pte-ap), pomnożonego przez 100%: [mtt-mtf]/[pte-ap] × 100%,

Profil antropometryczny osób uprawiających pływanie sportowe w różnych warunkach środowiska geograficznego skonstruowano na podstawie znormalizowanych wartości średnich arytmetycznych parametrów antropometrycznych, istotnie różnicujących polskich pływaków od norweskich. Normalizacji dokonano na podstawie formuły:

$$Z = \frac{x_p - x_{gk}}{SD_{gk}}$$

gdzie:
x_p – średnia arytmetyczna pomiaru danego parametru w grupie pływaków z Polski,
x_{gk} – średnia arytmetyczna pomiaru danego parametru w grupie pływaków z Norwegii,
SD_{gk}– odchylenie standardowe dla pomiaru danego parametru w grupie pływaków z Norwegii.

Znormalizowane wartości poszczególnych parametrów/wskaźników naniesiono na wykres, którego oś rzędnych (x) (punkt „0") wyznaczała wartość średniej arytmetycznej obliczonej dla wszystkich parametrów/wskaźników, zmierzonych/wyliczonych w grupie pływaków zamieszkujących i trenujących zarówno w Polsce, jak i w Norwegii.

(ic-ic) and (sst-sy), multiplied by 100%: [ic-ic]/[sst-sy] × 100%,
- hip and shoulder index. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (ic-ic) and (a-a), multiplied by 100%: [ic-ic]/[a-a] × 100%,
- thoracic flattening index. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (xy-ts) and (tl-tl), multiplied by 100%: [xy-ts]/[tl-tl] × 100%,
- palm length-width index. The value of this parameter was determined by the quotient of the (mu-mr) and (sty-da III) scores, multiplied by 100%: [mu-mr]/[sty-da III] × 100%,
- hand length-width index. The value of this parameter was determined by the quotient of the (mu-mm) and (sty-da III) scores, multiplied by 100%: [mu-mm]/[sty-da III] × 100%,
- length-width index of the foot. The value of this parameter was determined by the quotient of the scores (mtt-mtf) and (pte-ap), multiplied by 100%: [mtt-mtf]/[pte-ap] × 100%,

The anthropometric profile of sports swimmers practising swimming in different conditions of the geographical environment was constructed on the basis of normalised values of arithmetic means of anthropometric parameters significantly differentiating Polish swimmers from Norwegian swimmers. The standardisation was based on the following formula:

$$Z = \frac{x_p - x_{gk}}{SD_{gk}}$$

where:
x_p – arithmetic mean of the measurement of a given parameter in a group of Polish swimmers,
x_{gk} – arithmetic mean of the measurement of the parameter in the group of Norwegian swimmers,
SD_{gk}– standard deviation for the measurement of a parameter in a group of Norwegian swimmers.

The standardised values of the individual parameters/indicators were plotted on a graph whose axis of ordinates (x) (point "0") determined the value of the arithmetic mean calculated for all parameters/indicators measured/calculated in a group of swimmers living and training in both Poland and Norway..

STATISTICAL METHODS

The following statistical tools were used to analyse the results: arithmetic mean, standard deviation, t-student test variance (p):

Statistical analyses were performed using Statistica 13.1 software (StatSoft, USA).

RESULTS

Comparison of morphological characteristics derived from measurements taken in a group of Polish swimmers and a group of Norwegian swimmers.

METODY STATYSTYCZNE

Do analizy wyników wykorzystano następujące narzędzia statystyczne: średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe, test t-studenta wariancje (p):

Analiz statystycznych dokonano przy użyciu oprogramowania Statistica 13.1 (StatSoft, USA).

WYNIKI

Porównanie cech morfologicznych wynikających z pomiarów dokonanych w grupie polskich pływaków i w grupie norweskich pływaków.

Tab. 1

Statistics of the measurement results for height features.

Statystyki wyników pomiarów w zakresie cech wysokościowych.

Variable	Poland			Norway			Difference
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
B-v (body height) [cm]	112	184,2	60	21	182,1	62	2,1
B-sst (suprasternale height) [cm]	112	150,7	54	21	148,5	50	2,2
B-a (shoulder height) [cm]	112	152,2	58	21	150,1	55	2,1
B-r (radiale height) [cm]*	112	117	48	21	114,7	46	2,3
B-sty (stylion height) [cm]**	112	89,8	37	21	86,6	48	3,2
B-da III (dactylion height) [cm]**	112	69,9	34	21	65,8	49	4,1
B-sy (lower limb length) [cm]	112	94,8	42	21	93	37	1,8
B-tro (hip height) [cm]	112	94	58	21	92,1	38	1,9
B-ti (knee height) [cm]*	112	50	32	21	51,7	23	-1,7
B-sph (foot height) [cm]	112	8,1	9,13	21	8,2	6,62	-0,1
Bs-v (sitting height) [cm]	112	96,3	33	21	95,5	38	0,8
da III-da III (arm span) [cm]	112	188,9	80	21	187,2	79	1,7

N – Group size
SD – Standard deviation
* Statistical significance of differences at *p≤0,05* level
**Statistical significance of difference at *p≤0,01* level

Jak widać pływacy z Polski przewyższali swoich kolegów z Norwegii niemal we wszystkich parametrach wysokościowych. Byli wyżsi (B-v), charakteryzowali się dłuższym tułowiem (Bs-v), większą rozpiętością ramion (da III-da III), dłuższą kończyną dolną (B-sy). Dodatkowo wyżej umiejscowiona była wysokość barkowa (B-a), punkty antropometryczne kończyny górnej (wysokość radiale (B-r), wysokość stylion (B-sty), wysokość daktylion (B-da III)), a także wysokość biodrowa (B-tro). Wyjątek stanowiły mniejsza wysokość kolanowa i mniejsza wysokość stopy. Pływacy z Polski charakteryzowali się krótszym podudziem w porównaniu z pływakami z Norwegii.

As shown, swimmers from Poland outperformed their Norwegian counterparts in almost all height parameters. They were taller (B-v), characterised by a longer torso (Bs-v), longer arm span (da III-da III), longer lower limb (B-sy). Additionally, the shoulder height (B-a), anthropometric points of the upper limb (radiale height (B-r), stylion height (B-sty), dactylion height (B-da III)), and hip height (B-tro) were higher. The exceptions were lower knee height and lower foot height. Swimmers from Poland were characterised by a shorter lower leg compared to swimmers from Norway.

Tab. 2

Statistics of measurement results for length features.

Statystyki wyników pomiarów w zakresie cech długościowych.

Variable	Poland			Norway			Difference
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
sty-da III (hand length) [cm] **	112	19,9	10	21	18,9	9	1,0
pte-ap (foot length) [cm] **	112	27,4	13,5	21	26,4	9,1	1,0
sst-sy (trunk length) [cm]	112	55,9	31	21	55,5	35	0,4
a-r (arm length) [cm]	112	35,2	23	21	35,4	21	-0,2
r-sty (forarm length) [cm]	112	27,2	24	21	28,1	21	-0,9
a-da III (upper limb length) [cm] *	112	82,3	40	21	84,3	40	-2,0
sy-ti (thigh length) [cm] **	112	44,9	34	21	41,3	30	3,6
ti-sph (shank length) [cm] *	112	41,9	31,54	21	43,5	21	-1,6

N – Group size
SD – Standard deviation
* Statistical significance of differences at *p≤0,05* level
**Statistical significance of difference at *p≤0,01* level

Pływacy z Polski posiadali większe wymiary w zakresie ręki (sty-da III), stopy (pte-ap), tułowia (sst-sy) i uda (sy-ti). Natomiast pływacy z Norwegii odznaczali się dłuższą kończyną górną (a-da III) wliczając w to długość ramienia (a-r) i przedramienia (r-sty), a także dłuższym podudziem (ti-sph).

Swimmers from Poland were characterised by larger dimensions for the hand (sty-da III), foot (pte-ap), trunk (sst-sy) and thigh (sy-ti). In contrast, swimmers from Norway were characterised by a longer upper limb (a-da III) including the length of the arm (a-r) and forearm (r-sty), as well as a longer shank (ti-sph).

Tab. 3

Statistics of measurement results for width and depth dimensions.

Statystyki wyników pomiarów w zakresie wymiarów szerokościowych i głębokościowych.

Variable	Poland			Norway			Difference
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
a-a (shoulder width) [cm] **	112	40,6	32	21	36,2	22	4,4
dl-dl (upper body width) [cm] **	112	48,4	24	21	46,5	19	1,9
thl-thl (thorax width) [cm] **	112	30,6	19	20	32,4	25	-1,8
xi-ths (thorax depth) [cm]	112	22	19	21	21,9	32	0,1
thorax depth at the sst point [cm]	112	15,1	14	21	14,7	20	0,4
ic-ic (pelvic width) [cm] **	112	29	20	21	24,8	29	4,2
sy-s (pelvic depth) [cm] **	112	19,4	11	21	18,6	19	0,8
tro-tro (hip width) [cm] **	112	34,5	25	21	30,4	26	4,1
mu-mr (hand width) [cm]	112	8,7	4,87	21	8,6	5,53	0,1
mu-mm (hand width) [cm]	112	10,9	5,72	21	10,6	5,38	0,3
spr-spu (width of the distal forearm epiphysis) [cm]	112	5,9	3,53	21	5,9	2,66	0
cm-cl (width of ulnar epiphysis) [cm]	112	7,4	4,99	21	7,3	3,53	0,1
epm-epl (width of knee epiphysis) [cm] **	112	10	4,89	21	9,5	6,17	4,4
mlt-mlf (ankle width) [cm] *	112	7,6	3,81	21	7,4	3,50	1,9
mtt–mtf (foot width) [cm]	112	10,2	5,60	21	10,2	5,81	-1,8
width at omphalion (navel) point **	112	29,4	20	21	28,0	18	0,1
depth at the omphalion (navel) point	112	18,6	15	21	18,7	19	0,4
depth at the height of the measurement of the largest hip circumference	112	22,4	15	21	22,1	18	4,2

N – Group size
SD – Standard deviation
* Statistical significance of differences at *p≤0,05* level
**Statistical significance of difference at *p≤0,01* level

Pływacy z Polski przewyższali swoich kolegów z Norwegii niemal we wszystkich parametrach szerokościowych oraz głębokościowych. Wyjątek stanowiły szerokość klatki piersiowej (thl-thl), szerokość bioder (tro-tro), a także głębokość na wysokości punktu omphalion (pępek). Można wywnioskować, że pływacy z Polski posiadali większe wymiary szerokościowe górnej części tułowia.

Polish swimmers surpassed their Norwegian counterparts in almost all width and depth parameters. The exceptions were width of the thorax (thl-thl), width of the hips (tro-tro), and depth at the height of the omphalion (navel) point. It can be inferred that swimmers from Poland tended to exhibit greater width measurements of the upper torso.

Tab. 4

Statistics of morphological measurements results in terms of body circumferences.

Statystyki wyników pomiarów morfologicznych w zakresie obwodów ciała.

Variable	Poland			Norway			Difference
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
head circumference [cm]	112	56,7	16	20	56,9	19	-0,2
arm circumference [cm] *	111	32,1	23	21	30,7	18	1,4
circumference of the "shoulder girdle" at sst [cm] **	112	115,8	60	21	112	42	3,8
waist circumference [cm]	112	80,1	51	21	78,4	50	1,7
abdominal circumference at the om point [cm] *	112	83,2	52	21	80,7	55	2,5
hip circumference [cm] *	112	96,6	43	21	92,9	38	3,7
largest thigh circumference [cm] **	112	56,8	40	21	53	23	3,8
largest circumference of shank [cm]	112	37,4	23	21	37,1	17	0,3

N – Group size
SD – Standard deviation
* Statistical significance of differences at *p≤0,05* level
**Statistical significance of difference at *p≤0,01* level

Grupa pływaków z Norwegii cechowała się mniejszymi obwodami całego ciała. Stwierdzono jedynie nieco większy wymiar obwodu głowy. Abstrahując od obwodu głowy wydaje się, że pływacy z Polski posiadali większe wymiary obwodów ciała.

The group of swimmers from Norway was characterised by smaller body circumferences. The only dimension found to be slightly larger was that of the head circumference. Thus, in general, the swimmers from Poland seemed to have larger body circumference measurements.

Tab. 5

Statistics of the results of morphological measurements of body weight and skin-fat folds.

Statystyki wyników pomiarów morfologicznych w zakresie masy ciała oraz fałdów skórno-tłuszczowych.

Variable	Poland			Norway			Difference
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
body weight [kg] *	111	78,74	8,11	21	73,97	6,82	4,76
thickness of subscapular fold [mm]	111	10,57	3,07	20	9,72	2,33	0,84

N – Group size
SD – Standard deviation
* Statistical significance of differences at *p≤0,05* level
**Statistical significance of difference at *p≤0,01* level

Pływacy z Norwegii charakteryzowali się mniejszą masą ciała, a także posiadali mniejszą wartość pomiaru fałdu skórno-tłuszczowego pod łopatką. Pozwala to stwierdzić, że mniejsze otłuszczenie w okolicach obręczy kończyny górnej była kolejną cechą morfologiczną, która odróżniała pływaków z Norwegii od pływaków z Polski.

Porównanie cech morfologicznych wynikających z obliczeń wskaźników antropometrycznych dokonanych w grupie polskich pływaków i w grupie norweskich pływaków.

The swimmers from Norway were characterised by a lower body weight as well as a smaller value of the skinfat fold measurement under the scapula. This allows to conclude that less fatness around the upper limb girdle was another morphological feature that distinguished swimmers from Norway from swimmers from Poland.

Comparison of morphological characteristics resulting from the calculation of anthropometric indices performed in a group of Polish and Norwegian swimmers

Tab. 6

Statistics of values of weight and height indices as well as indices describing body build.

Statystyki wartości wskaźników wagowo-wzrostowych i wskaźników opisujących budowę ciała.

Variable	Poland			Norway			Difference
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
BMI: body weight [kg]/body height [m^2]*100 *	111	23	1,76	21	22	1,85	1
Quetelet 1: body weight [kg]/body height [cm^2]*100 *	111	427	36	21	406	33	21
Rohrer: body weight [kg]/body height [cm^3])	111	1,26	0,10	21	1,23	0,12	0,03
Wertheimer: (B-sy)*1000000/(thl-thl)*(xy-ts)*(sst-sy)	112	25,52	3,39	20	23,74	4,02	1,78
slenderness: (body height [cm]/) * $\sqrt[3]{masa\ (kg)}$ *[mass]	111	0,64	0,06	21	0,61	0,05	0,03
Length/thickness ratio [H2/U] *	111	4184	217	21	4302	222	-118
WHR: (waist circumference/hip circumference)	112	0,83	0,04	21	0,85	0,05	-0,02

N – Group size
SD – Standard deviation
* Statistical significance of differences at *p≤0,05* level
**Statistical significance of difference at *p≤0,01* level

Wyniki wskazują, że obie grupy charakteryzowały się prawidłową budową ciała pod względem wartości wskaźnika masy ciała (BMI). Pływacy z Norwegii uzyskali mniejsze wartości wskaźników Queteleta 1 i wskaźnika Rohrera. Natomiast wyższy wskaźnik smukłości u polskich pływaków świadczy o tym, że cechuje ich smukła oraz bardzo mocna budowa ciała. Porównanie wartości wskaźnika Wertheimera sugeruje, że pływacy z Polski mieli większy stosunek długości kończyn dolnych do pojemności tułowia. W grupie pływaków z Norwegii stwierdzono wyższe wartości wskaźnika WHR, więc wywnioskować można, że różnica między obwodem pasa, a obwodem bioder u Norwegów była mniejsza niż u Polaków.

The results indicate that both groups were characterised by a normal body build in terms of body mass index (BMI) values. The swimmers from Norway obtained lower values of the Quetelet 1 and Rohrer indices. In contrast, the higher slenderness index of the Polish swimmers indicates that they are characterised by a slender and very strong body build. A comparison of Wertheimer index values suggests that Polish swimmers had a greater ratio of lower limb length to trunk volume. The group of swimmers from Norway showed higher WHR values, suggesting that the difference between waist circumference and hip circumference in the Norwegians was smaller than in the Poles.

Tab. 7

Statistics concerning body segment ratios.

Statystyki wartości wskaźników proporcji segmentów ciała.

Variable	Poland			Norway			Difference
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
trunk length (sst-sy/B-v*100)	112	30	1,38	21	30	1,61	-0,15
interlimb length (a-da III/B-sy*100) *	112	87	3,46	21	91	3,66	-3,82
upper limbs spans (da III-da III/B-v*100)	112	103	2,40	21	103	2,86	-0,26
length of lower limb (B-sy)/(B-v)*100	112	51	1,41	21	51	1,58	0,41
shank to lower limb length ratio (B-ti/B-sy*100) **	112	53	2,66	21	56	2,04	-2,86
shank length to body height ratio (B-ti/B-v*100) **	112	27	1,34	21	28	0,91	-1,24
shank to trunk length ratio (B-ti/(B-v)-(B-sy)*100 *	112	56	3,53	21	58	2,99	-2,07
shank to thigh ratio (B-ti/sy-ti*100) **	112	112	12,35	21	126	10,45	-13,39
upper limb length (a-da III/B-v*100) **	112	45	1,39	21	46	1,82	-1,60
forearm to upper limb ratio (r-da III/a-da III*100)	112	57	1,88	21	58	1,48	-0,84
forearm length to body height ratio (r-da III/B-v)*100) **	112	26	1,12	21	27	1,39	-1,31
forearm to trunk length ratio (r-da III/(B-v)-(B-sy)*100 **	112	53	2,89	21	55	3,73	-2,27
hand to upper limb ratio (sty-da III/a-da III*100) **	112	24	1,28	21	22	0,87	1,79
hand to arm length ratio (sty-da III/a-r*100) **	112	57	3,84	21	53	2,67	3,20
hand to forearm length ratio (sty-da III/r-sty*100) **	112	74	6,94	21	67	4,21	6,29
foot to lower limb length ratio (pte-ap/B-sy*100)	112	29	1,34	21	28	1,10	0,56
foot to thigh length ratio (pte-ap/sy-ti*100) *	112	62	5,48	21	64	4,20	-2,57
foot to shank length ratio (pte-ap/ti-sph*100)	112	66	4,06	21	61	3,27	4,91
lower limb length to body height ratio (B-sy/B-v*100)	112	51	1,41	21	51	1,58	0,41

N – Group size
SD – Standard deviation
* Statistical significance of differences at *p≤0,05* level
**Statistical significance of difference at *p≤0,01* level

Jak widać pływacy z Norwegii przewyższali swoich kolegów z Polski niemal we wszystkich wskaźnikach proporcji segmentów ciała. Wyjątek stanowiły względna długość ręki do kończyny górnej (sty-da III/a-da III*100), względna długość ręki do ramienia (sty-da III/a-r*100), względna długość ręki do przedramienia (sty-da III/r-sty*100), względna długość stopy do kończyny dolnej (pte-ap/B-sy*100), a także względna długość stopy do podudzia (pte-ap/ti-sph*100). Odnotowane wśród pływaków z Norwegii większe wartości wskaźnika międzykończynowego (a-da III/B-sy*100) sugerują, że cechą charakterystyczną dla tej

As can be seen, swimmers from Norway surpassed their Polish counterparts in almost all body segment aspect ratios. The exceptions were relative arm to upper limb length (sty-da III/a-da III*100), relative arm to shoulder length (sty-da III/a-r*100), relative arm to forearm length (sty-da III/r-sty*100), relative foot to lower limb length (pte-ap/B-sy*100), and relative foot to shank length (pte-ap/ti-sph*100). The higher values of the interlimb lengths (a-da III/B-sy*100) recorded among the Norwegian swimmers suggest that the characteristic of this group was greater upper limb length compared to lower limb length.

grupy była większa długość kończyn górnych w porównaniu z długością kończyn dolnych.

Tab. 8

Statistics of the values of the body width ratios.

Statystyki wartości wskaźników proporcji szerokości ciała.

Variable	Poland			Norway			Difference
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
shoulder widths [a-a]/[sst-sy]*100**	112	73	6,43	21	65	5,99	7,39
pelvic width [ic-ic]/[sst-sy]*100**	112	52	4,20	21	45	6,32	7,27
iliac-acromial width [ic-ic]/[a-a]*100*	112	72	5,82	21	68	7,71	3,24
fFlattening of the thorax [xy-ts]/[tl-tl]*100*	112	72	6,63	20	69	7,47	3,49

N – Group size
SD – Standard deviation
* Statistical significance of differences at *p≤0,05* level
**Statistical significance of difference at *p≤0,01* level

Przedstawione wyniki jednoznacznie wskazują, że wszystkie wskaźniki proporcji szerokości ciała były mniejsze u pływaków z Norwegii. Można zatem uznać, że kolejną cechą morfologiczną norweskich pływaków wydaje się być wąska miednica zarówno w stosunku do szerokości barków, jak i do długości tułowia.

The results presented conclusively show that all body width aspect ratios were smaller in Norwegian swimmers. It can therefore be concluded that another morphological feature of Norwegian swimmers appears to be a narrow pelvis in relation to both shoulder width and torso length.

Tab. 9

Statistics on the values of the length and width indices of the hand and foot.

Statystyki wartości wskaźników długościowo-szerokościowych ręki i stopy.

Variable	Poland			Norway			Difference
	N	Mean	SD	N	Mean	SD	
hand width (mu-mr/sty-da III*100) **	112	44	2,61	21	46	2,61	-1,73
hand width (mu-mm/sty-da III*100) *	112	55	2,78	21	56	2,78	-1,69
foot width (mtt-mtf/pte-ap*100) **	112	37	2,03	21	39	2,17	-1,56

N – Group size
SD – Standard deviation
* Statistical significance of differences at *p≤0,05* level
**Statistical significance of difference at *p≤0,01* level

Wszystkie wskaźniki ręki i stopy były niższe u pływaków z Polski. Może to świadczyć, że cechą morfologiczną polskich pływaków były szczuplejsze ręce (stosunek szerokości ręki do długości ręki (szer. mm-mu/sty-da III*200) oraz stosunek szerokości dłoni do długości ręki (szer. mr-mu/sty-da III*100)) i szczuplejsze stopy.

All indices for hand and foot were lower in Polish swimmers. This may indicate that a morphological trait of Polish swimmers was slimmer hands (ratio of hand width to hand length (mm-mu/sty-da III*200) and ratio of hand width to hand length (mr-mu/sty-da III*100)) as well as slimmer feet.

PROFIL ANTROPOMETRYCZNY UWZGLĘDNIAJĄCY CHARAKTERYSTYCZNE CECHY SOMATYCZNE PŁYWAKÓW ZAMIESZKUJĄCYCH I TRENUJĄCYCH W POLSCE I W NORWEGII

Profil antropometryczny został skonstruowany na podstawie znormalizowanych wartości średnich arytmetycznych parametrów i wskaźników antropometrycznych, istotnie różnicujących grupy zawodników uprawiających pływanie w Polsce i w Norwegii. Profil ten ilustruje zbiór cech morfologicznych, które statystycznie różnicują grupę pływaków z Polski i grupę pływaków z Norwegii oraz

ANTHROPOMETRIC PROFILE TAKING INTO ACCOUNT THE CHARACTERISTIC SOMATIC FEATURES OF SWIMMERS LIVING AND TRAINING IN POLAND AND NORWAY

The anthropometric profile was constructed on the basis of standardised values of arithmetic means of anthropometric parameters and indices significantly differentiating groups of swimmers in Poland and Norway. The profile illustrates the set of morphological characteristics that statistically differentiate the Polish and Norwegian swimmer groups and the extent of differences occurring across these characteristics. Swimmers from Poland had a more developed upper

zakres różnic występujących w obrębie tych cech. Pływacy z Polski mieli bardziej rozwiniętą w wymiarze szerokościowym górną część tułowia (szerokość barków (a-a), szerokość górna ciała (dl-dl)). Charakteryzowali się także szerszymi biodrami (tro-tro) oraz większą szerokością ((ic-ic) i głębokością miednicy (sy-s)).

Profil antropometryczny wskazuje, że cechą pływaków z Polski były krótsze kończyny górne (a-da III) nie wliczając długości rąk (sty-da III). Mniejsza długość kończyn górnych u pływaków z Polski ujawniła się w mniejszych wartościach wskaźników względnej długości kończyny górnej (a-da III/B-v*100), względnej długości przedramienia do wysokości ciała (r-da III/B-v*100) oraz do tułowia (r-da III)/(B-v)-(B-sy)*100). Pływacy z Polski charakteryzowali się natomiast dłuższymi wymiarami ręki, co objawiało się większymi wartościami wskaźników względnej długości ręki do kończyny górnej (sty-da III/a-da III*100) oraz względnej długości ręki do ramienia (sty-da III/a-r*100) i do przedramienia (sty-da III/r-sty*100).

Kolejną cechą charakterystyczną dla pływaków z Polski były dłuższe kończyny dolne. Jednocześnie krótsze podudzie (ti-sph) w grupie polskich pływaków wyrażało się mniejszymi wartościami wskaźników względnej długości podudzia do kończyny dolnej (B-ti/B-sy*100), do wysokości ciała (B-ti/B-v*100), do tułowia (B-ti)/(B-v)-(B-sy)*100), a także do uda (B-ti/sy-ti*100). Wartość wskaźnika międzykończynowego (a-da III/B-sy*100) wyliczonego dla grupy polskich pływaków uwidaczniała kolejną cechę tej grupy, krótsze kończyny górne w stosunku do kończyn dolnych. Niemniej trzeba podkreślić, że pływaków z Polski cechowały dłuższe i bardziej smukłe długie ręce i stopy.

Różnice między pływakami z Polski i z Norwegii uwidoczniły się przy obwodach ciała. Większe wymiary w zakresie obwodów ciała wykazano w grupie polskich pływaków (obwód ramienia, obwód bioder, obwód uda (największy), obwód brzucha na wysokości punktu om i obwód „obręczy barkowej" na wysokości punktu sst).

Pływacy z Polski to osobnicy wyróżniający się względem pływaków z Norwegii większą masą ciała oraz większym wskaźnikiem BMI. Dodatkowo wartości wskaźników Queteleta 1, Wertheimera i wskaźnika smukłości w połączeniu z interpretacją wskaźników szerokości barków, szerokości miednicy oraz wskaźnika biodrowo-barkowego pozwalają sklasyfikować pływaków z Polski jako osoby szczuplejsze od rówieśników z Norwegii z tułowiem rozwiniętym w kierunku atletycznym.

DYSKUSJA

Środowisko wodne narzuca pewne wymogi organizmowi pływaka, a proces przystosowania się znajduje swój wyraz również w budowie ciała [7].

Przeprowadzone analizy ujawniły wiele różnic zachodzących w budowie somatycznej pływaków zamieszkujących i trenujących w różnych warunkach środowiska geograficznego.

Pływacy z Polski byli wyżsi, charakteryzowali się dłuższym tułowiem (Bs-v) oraz mieli bardziej rozwiniętą w wymiarze szerokościowym górną część tułowia (szerokość barków (a-a), szerokość górna ciała (dl-dl)). Charakteryzowali się także szerszymi biodrami (tro-tro). Szerokość i głębokość miednicy ((ic-ic), (sy-s)) także miały większy wymiar w porównaniu z pływakami

torso in the width dimension (shoulder width (a-a), upper body width (dl-dl)). They were also characterised by wider hips (tro-tro) and greater pelvic width ((ic-ic) and pelvic depth (sy-s)).

The anthropometric profile indicates that the Polish swimmers' feature was shorter upper limbs (a-da III) not including arm length (sty-da III). The shorter upper limb length in swimmers from Poland was revealed in the smaller values of the ratios of relative upper limb length (a-da III/B-v*100), relative forearm length to body height (r-da III/B-v*100) and to trunk (r-da III)/(B-v)-(B-sy)*100). Polish swimmers, on the other hand, were characterised by longer arm dimensions, as manifested by higher values of the indices of relative arm length to upper limb (sty-da III/a-da III*100) and relative arm length to shoulder (sty-da III/a-r*100) and to forearm length (sty-da III/r-sty*100).

Another characteristic of Polish swimmers was longer lower limbs. At the same time, the shorter shank (ti-sph) in the group of Polish swimmers was expressed in lower values of the ratios of relative shank length to lower limb (B-ti/B-sy*100), to body height (B-ti/B-v*100), to trunk (B-ti)/(B-v)-(B-sy)*100), and to thigh (B-ti/sy-ti*100). The value of the inter-limb index (a-da III/B-sy*100) calculated for the group of Polish swimmers highlighted another characteristic of this group, shorter upper limbs in relation to the lower limbs. Nevertheless, it should be emphasised that Polish swimmers were characterised by longer and more slender long arms and feet.

Differences between swimmers from Poland and Norway became evident at body circumferences. Larger body circumference measurements were found in the group of Polish swimmers (arm circumference, hip circumference, thigh circumference (largest), abdominal circumference at the om point and 'shoulder girdle' circumference at sst).

Swimmers from Poland represent individuals distinguished from swimmers from Norway by their higher body weight and BMI. In addition, the values of the Quetelet 1, Wertheimer and slenderness indices combined with the interpretation of the shoulder width, pelvic width and hip/shoulder indices allow the classification of swimmers from Poland as slimmer than their peers from Norway with a torso developed in an athletic direction..

DISCUSSION

The aquatic environment imposes certain requirements on the swimmer's organism with the process of adaptation also finding its expression in the physique [7].

The analyses carried out revealed a number of differences occurring in the somatic constitution of swimmers living and training in different environmental conditions.

Swimmers from Poland were taller, characterised by a longer torso (Bs-v) and had a more developed upper torso in the width dimension (shoulder width (a-a), upper body width (dl-dl)). They were also characterised by wider hips (tro-tro). Pelvic width and depth ((ic-ic), (sy-s)) also tended to be of greater dimension compared to the Norwegian swimmers.

Gołąb (1967), on the basis of a study of participants in the Polish swimming championships,

z Norwegii.

Gołąb (1967) na podstawie badań uczestników pływackich mistrzostw Polski w stwierdził, że pływacy są wysocy, charakteryzuje ich mniejsza szerokość bioder, a większa szerokość klatki piersiowej [17]. W pracy Wieczorka i Witkowskiego (1992) zwrócono uwagę, że trening pływacki powoduje zwiększenie parametrów szerokościowych, co powoduje tworzenie się „typowej dla pływaków" sylwetki ciała "V" [18].

Analiza wyników wykazała, że pływacy z Polski mają krótsze kończyny górne (a-da III) niż Norwegowie (nie wliczając długość ręki (sty-da III)). Mniejsza długości kończyn górnych w grupie polskich pływaków ujawnia się mniejszą wartością wskaźników względnej długości kończyny górnej (a-da III/B-v*100), względnej długości przedramienia do wysokości ciała (r-da III/B-v*100) i do tułowia (r-da III)/(B-v)-(B-sy)*100).

Na podstawie badań wykonanych przez Drozdowskiego i Pawlaczyka (1958) stwierdzono, że u pływaków kończyna górna tak w wymiarach bezwzględnych, jak również w stosunku do wzrostu jest krótsza niż u nietrenujących, a jej umięśnienie jest wyraźnie przystosowane do pracy mającej charakter wytrzymałościowy. Specjaliści podkreślają, że kluczową rolę w sile napędowej generowanej przez kończyny górne odgrywa praca przedramienia i ręki [14,20].

Kolejną cechą morfologiczną charakteryzującą pływaków z Polski były dłuższe kończyny dolne w porównaniu z ich rówieśnikami z Norwegii. Natomiast uzyskane krótsze podudzie (ti-sph) w grupie polskich pływaków wyrażało się mniejszymi wartościami wskaźników względnej długości podudzia do kończyny dolnej (B-ti/B-sy*100), do wysokości ciała (B-ti/B-v*100), do tułowia (B-ti)/(B-v)-(B-sy)*100), a także do uda (B-ti/sy-ti*100). Wartość wskaźnika międzykończynowego (a-da III/B-sy*100) wyliczonego dla grupy polskich pływaków uwidaczniała następną cechę tej grupy, w postaci krótszych kończyn górnych w stosunku do kończyn dolnych. Niemniej trzeba podkreślić, że pływaków z Polski cechowały zarówno dłuższe i bardziej smukłe ręce i stopy.

Potwierdzenie uzyskanych wyników znajdziemy w pracach Strokiny (1964) [16]. Autorka sugeruje, iż budowę ciała pływaków cechują długie kończyny dolne, wąska miednica, stosunkowo krótkie kończyny górne i duża szerokość barków. Badania Drozdowskiego i Pawlaczyka (1958) wykazały, że u polskich pływaków kończyna dolna jest dłuższa i bardziej umięśniona niż u nietrenujących [14]. Również inne badania naukowe zwracają uwagę, że pływacy o dłuższych kończynach górnych oraz kończynach dolnych osiągają lepsze wyniki w pływaniu [21].

Różnice między pływakami z Polski a pływakami z Norwegii uwidoczniły się najwyraźniej w obwodach ciała. Pływacy z Polski charakteryzowali się większymi wymiarami w zakresie obwodów ciała (obwód ramienia, obwód „obręczy barkowej" na wysokości punktu sst, obwód pasa, obwód brzucha na wysokości punktu om, obwód bioder, obwód uda (największy) oraz obwód podudzia (największy). Obie grupy cechowały się wąską miednicą zarówno w stosunku do szerokości barków, jak i do długości tułowia. Wszystkie wskaźniki proporcji szerokości ciała były większe w grupie polskich pływaków.

Analiza wyników wykazała również, że obie grupy charakteryzowały się prawidłową budową ciała pod względem wartości wskaźnika masy ciała (BMI). Pływacy z Norwegii uzyskali mniejsze wartości

concluded that swimmers are tall, characterised by a smaller hip width and a larger chest width [17]. The work of Wieczorek and Witkowski (1992) pointed out that swimming workouts cause an increase in width parameters, which results in the formation of a "typical for swimmers V" body silhouette [18].

Analysis of the results showed that Polish swimmers have shorter upper limbs (a-da III) than Norwegians (not including arm length (sty-da III)). The shorter upper limb length in the group of Polish swimmers is revealed by a lower value of the ratios of relative upper limb length (a-da III/B-v*100), relative forearm length to body height (r-da III/B-v*100) and to torso (r-da III)/(B-v)-(B-sy)*100).

On the basis of a study by Drozdowski and Pawlaczyk (1958), it was found that swimmers tend to have shorter upper limbs both in absolute dimensions and in relation to height than non-swimmers, and their musculature is clearly adapted to strenuous activity. Experts emphasise that a key role in the propulsive force generated by the upper limb is played by the movement of the forearm and hand [14,20].

Another morphological feature characterising swimmers from Poland was longer lower limbs compared to their peers from Norway. However, the shorter lower extremity (ti-sph) observed in the group of Polish swimmers was expressed in lower values of the ratios of relative shank length to lower limb (B-ti/B-sy*100), to body height (B-ti/B-v*100), to trunk (B-ti)/(B-v)-(B-sy)*100), and to thigh (B-ti/sy-ti*100). The value of the interlimb index (a-da III/B-sy*100) calculated for the group of Polish swimmers highlighted another characteristic of this group, namely shorter upper limbs in relation to the lower limbs. Nevertheless, it should be emphasised that Polish swimmers were characterised by longer and more slender hands and feet.

Confirmation of the results obtained can be found in the work of Strokina (1964) [16]. The author suggests that the body build of swimmers is characterised by long lower limbs, a narrow pelvis, relatively short upper limbs and a large shoulder width. A study by Drozdowski and Pawlaczyk (1958) showed that Polish swimmers have a longer and more muscular lower limb than non-swimmers [14].. Other scientific studies also note that swimmers with longer upper limbs and lower limbs perform better in swimming [21].

The differences between swimmers from Poland and swimmers from Norway became most pronounced in body circumferences. Swimmers from Poland were characterised by larger body circumference measurements (arm circumference, 'shoulder girdle' circumference at sst point, waist circumference, abdominal circumference at om point, hip circumference, thigh circumference (largest) and shank circumference (largest)). Both groups were characterised by a narrow pelvis in relation to both shoulder width and trunk length. All body width aspect ratios were greater in the group of Polish swimmers.

Analysis of the results also showed that both groups had a normal body build in terms of body mass index (BMI) values. The swimmers from Norway obtained lower values of the Quetelet 1 and Rohrer indices. On the other hand, the higher slenderness index in the group of Polish swimmers indicates that they too are characterised by a slender and very strong body build. A comparison of Wertheimer index values suggests that Polish swimmers had a greater ratio of lower limb length to trunk volume. The group of swimmers from Norway had higher WHR

wskaźników Queteleta 1 i wskaźnika Rohrera. Natomiast wyższy wskaźnik smukłości w grupie polskich pływaków świadczy o tym, że ich również cechuje smukła oraz bardzo mocna budowa ciała. Porównanie wartości wskaźnika Wertheimera sugeruje, że pływacy z Polski mieli większy stosunek długości kończyn dolnych do pojemności tułowia. W grupie pływaków z Norwegii stwierdzono wyższe wartości wskaźnika WHR, więc wywnioskować można, że różnica między obwodem pasa, a obwodem bioder u Norwegów była mniejsza niż u Polaków. Co więcej, pływacy z Polski cechowali się większą masą ciała i wykazali większe otłuszczenie w okolicach obręczy kończyny górnej (grubość fałdu podłopatkowego).

Podsumowując wyniki przeprowadzonych badań, trzeba podkreślić, że wskazują one na występowanie różnic w budowie somatycznej pływaków zamieszkujących i trenujących w Polsce i w Norwegii. Rodzi się zatem pytanie, czy różnice w budowie somatycznej między Polakami a Norwegami odzwierciedlają się w wynikach sportowych. Na postawie list rankingowych pływaków prowadzonych i aktualizowanych przez FINA, można sądzić, że wyższy poziom sportowy prezentują pływacy z Polski. Zajmują oni bowiem 91 i 100 miejsce we wspomnianym rankingu dla konkurencji 50m stylem dowolnym 77 miejsce dla konkurencji 50m stylem grzbietowym, a także 30 i 93 miejsce dla konkurencji 100m tymże stylem. Podobnie w przypadku konkurencji stylem grzbietowym, w której wyższy poziom sportowy prezentowany jest przez pływaków z Polski, ponieważ zajęli oni 77 miejsce dla konkurencji 50m, a także 30 i 93 miejsce dla konkurencji 100m. W konkurencji stylem motylkowym pływacy z Polski plasują się w rankingu na 26 miejscu dla konkurencji 50m oraz 55 miejscu dla konkurencji 100m. Natomiast żaden reprezentant Norwegii w nie został sklasyfikowany w pierwszej setce zawodników w którymkolwiek ze wspomnianych rankingów.

Z powyższych rozważań wynika, że budowa somatyczna pływaków jest jednym z czynników osiągania sukcesów Według wielu autorów [22,23] to efektywna technika pływania i doprowadzony do perfekcji nawyk ruchowy, umożliwia osiąganie najlepszych wyników. Rodzi się zatem pytanie, czy sukces w pływaniu jest determinowany czynnikami środowiska zewnętrznego (proces treningu, infrastruktura sportowa, warunki materialne sportowca itp.) czy potencjałem motorycz motorycznym (genetyka), który podlega rozwojowi we wspomnianym środowisku. Odpowiedź wykracza poza interpretacje wyników niniejszych badań. Niemniej jednak różnice w budowie somatycznej pomiędzy pływakami żyjącymi i trenującymi w zdecydowanie różnym środowisku Polski i Norwegii, uzasadniają dalsze, głębsze badania na temat uwarunkowań środowiskowych naboru i selekcji w sporcie pływackim.

WNIOSEK

W grupie polskich pływaków stwierdzono istnienie cech morfologicznych predestynujących ich w większym stopniu niż Norwegów do osiągania sukcesów w sporcie pływackim. Należą do nich: większa wysokość ciała, szczupła sylwetka, szerokie barki, wąska miednica, stosunkowo krótkie kończyny górne, długie kończyny dolne, dłuższe ręce i stopy. Obecność tych idzie w parze z poziomem sportowym (określonym na

values, thus suggesting that the difference between waist circumference and hip circumference in Norwegians was smaller than in Poles. Moreover, swimmers from Poland were characterised by higher body weight and exhibited greater adiposity around the upper limb rim (subscapular fold thickness).

To summarise the results of the study, it must be emphasised that they indicate the existence of differences in the somatic constitution of swimmers living and training in Poland and Norway. This raises the question of whether the differences in somatic constitution between Poles and Norwegians are reflected in sports results. On the basis of swimmers' ranking lists administered and updated by FINA, one may think that swimmers from Poland present a higher sporting level. Their ranking places include 91st and 100th in the 50m freestyle, 77th in the 50m backstroke, and 30th and 93rd in the 100m backstroke. A similar situation occurred in the backstroke competition, in which a higher level of sportsmanship is displayed by swimmers from Poland, as they ranked 77th for the 50m competition, as well as 30th and 93rd for the 100m competition. In the butterfly style competition, swimmers from Poland ranked 26th for the 50m event and 55th for the 100m event. On the other hand, no Norwegian representative has been ranked among the top 100 swimmers in any of the rankings mentioned.

The above considerations suggest that the somatic constitution of swimmers constitutes one of the factors for achieving success. According to many authors [22,23] on the other hand, it is the effective swimming technique, a motor habit driven to perfection, that makes it possible to achieve the best results. This raises the question of whether success in swimming is determined by factors of the external environment (training process, sports infrastructure, material conditions of the athlete, etc.) or by motor potential (genetics), which is subject to development in the aforementioned environment. The answer lies beyond the interpretation of the results of the present study. Nevertheless, the differences in somatic constitution between swimmers living and training in the vastly different environments of Poland and Norway warrant further, deeper research into the environmental determinants of recruitment and selection in the sport of swimming.

CONCLUSION

A group of Polish swimmers was found to have morphological characteristics that predispose them to a greater extent than Norwegian swimmers to achieve success in the swimming sport. Among these are: greater body height, slim body shape, broad shoulders, narrow pelvis, relatively short upper limbs, long lower limbs, longer hands and feet. The presence of these features is matched by their sporting level (determined by FINA ranking lists), in which they outperform their Norwegian colleagues.

podstawie list rankingowych FINA), w którym przewyższają kolegów z Norwegii.

REFERENCES

1. Sankowski T., Wybrane psychologiczne aspekty aktywności sportowej, Wydawnictwo AWF, Poznań 2001;
2. Raczek J., Podstawy szkolenia sportowego dzieci i młodzieży, RCMSKFiS, Warszawa 1991;
3. Sozański H. (red.), Podstawy teorii treningu, RCMSKFiS, Warszawa 1993;
4. Piechaczek H., Lewandowska J., Charzewski J., Budowa ciała chłopców i dziewcząt uprawiających sport pływacki, AWF, Wychowanie fizyczne i sport, Warszawa 2000, nr 4. S.17-29;
5. Wolański N., Zmiany środowiskowe a rozwój biologiczny człowieka, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, Wrocław-Warszawa-Kraków-Gdańsk-Łódź 1983;
6. Żekoński Z., Wolański N., Warunki społeczno-bytowe jako czynniki rozwoju człowieka. W: „Czynniki Rozwoju Człowieka" pod red. N. Wolańskiego (wyd. 2), PWN, Warszawa 1981;
7. Drozdowski Z., Antropologia sportowa. Morfologiczne podstawy wychowania fizycznego i sportu, Wydanie III, PWN, Poznań 1984;
8. Falkiewicz B., Bogucki J.. Czynniki klimatyczne i ich wpływ na rozwój ontogenetyczny człowieka. W: Wolański N.R. (red.). Czynniki rozwoju człowieka. Warszawa: PWN, 1987 s. 291–324;
9. Wolański N., Genetic and social factors in speed and strength of movements, Spectra of Anthropological Progress (SAP), 1979, 2 s. 9-16;
10. Bartkowiak E., Pływanie sportowe, Centralny Ośrodek Sportu, Warszawa 1999;
11. Milicerowa H., Budowa somatyczna jako kryterium selekcji sportowej, AWF, Warszawa 1973;
12. Palczewska J., Niedźwiecka Z., Rozwój somatyczny dzieci i młodzieży warszawskiej w 1999 roku, Instytut Matki i Dziecka, Warszawa 2001;
13. Mucha D. i wsp., Postawa ciała w obszarze kręgosłupa u pływaków specjalizujących się w stylu klasycznym, Security, Economy & Law NR 3/2016 (XII), s. 62-77;
14. Drozdowski Z., Pawlaczyk L., Charakterystyka wybranych cech morfologicznych pływaków okręgu poznańskiego, Przegląd Antropologiczny, t. 24, z. 2, Poznań 1958, s. 439-465;
15. Matynia J., Morfo-funkcjonalne podstawy pływania kraulem, Monografie, Podręczniki, Skrypty WSWF w Poznaniu, seria Monografie nr 11, Poznań 1966;
16. Strokina A. N., Morfo-funkcjonalnyje osobniennosti tiełosłożenija liegkoatletow i płowcow, Moskwa 1964;
17. Gołąb S., Charakterystyka morfologiczna pływaków z uwzględnieniem procesów selekcji i adaptacji, Roczniki Naukowe WSWF – Kraków, t. VI, Kraków 1967, s. 143-169;
18. Wieczorek W, Witkowski M. Rozwój spraw ności fizycznej i zmiany w budowie ciała młodych pływaczek. Wychowanie Fizyczne i Sport 1990; 1: 21–33;
19. Więckowski M., Malarz R., Oblicza geografii 3, Nowa Era, Warszawa 2014;
20. Bartkowiak E., Sportowa technika pływania, RCMSKFiS, Warszawa 1995;
21. Stanula, A., Cholewa, J., & Zając, A. (2005). Skład ciała oraz wybrane parametry antropometryczne młodych pływaków [Body composition and selected anthropometric parameters in young swimmers]. In Annales Universitatis Mariae Curie–Skłodowska Lublin–Polonia (Vol. 60, No. 16, pp. 503-509);
22. Bompa T. O., Cechy biomotoryczne i metodyka ich rozwoju, RCMSzKFiS, Warszawa;
23. Malina, R. M. (2004). Secular trends in growth, maturation and physical performance: A review. Anthropol Rev, 67, 3–31.

NETOGRAFIA

1. https://epodreczniki.pl/a/polozenie-i-srodowisko-przyrodnicze-obszaru-polski-podsumowanie/DvAlJZxAB, (dostęp 19.04.2020);
2. https://samorzad.pap.pl/kategoria/aktualnosci/gus-w-pierwszym-polroczu-2020-r-liczba-ludnosci-polski-zmniejszyla-sie-o-28, (dostęp 19.04.2020);
3. https://pl.wikipedia.org/wiki/Geografia_Norwegii, (dostęp 19.04.2020);
4. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD?locations=NO, (dostęp 20.04.2020);
5. https://pl.tradingeconomics.com/country-list/gdp-per-capita?continent=europe, (dostęp 20.04.2020).

dr hab. Marek Rejman, prof AWF
Zakład Pływania, Wydział Wychowania Fizycznego i Sportu
Akademia Wychowania Fizycznego we Wrocławiu. Ignacego Jana Paderewskiego 35
51-612 Wrocław
Tel: +48 71 347 3440, Fax: +48 71 347 3450
e-mail: marek.rejman@awf.wroc.pl

SEXUALITY OF ELDERLY PEOPLE

SEKSUALNOŚĆ LUDZI W PODESZŁYM WIEKU

Magdalena Naja-Wiśniewska[1)], Ryszard Maciejewski [2)], Barbara Nieradko-Iwanicka[3)]

[1)] Department of Geriatrics, Provincial Specialist Hospital Stefan Cardinal Wyszyński of Lublin, Poland
[1)] Oddział Geriatrii, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. Stefana Kardynała Wyszyńskiego
[2)] Department of Human Anatomy, Medical University of Lublin, Poland
[2)] Zakład Anatomii Człowieka, Uniwersytet Medyczny w Lublinie
[3)] Department of Hygiene and Epidemiology, Medical University of Lublin, Poland
[3)] Zakład Higieny I Epidemiologii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie

STRESZCZENIA / ABSTRACTS

The subject of the work is the rarely discussed issue of the sexuality of the elderly. The article describes the sexuality of people in the "autumn of life". The aim of this work is to draw attention to the need to promote sexual health, as well as to prevent sexual disorders. A review of 34 literature items on various aspects of sexuality in the elderly was made: physiology, psyche, and social significance. There are restrictions on the intimate sphere resulting from the need for older people to stay in care and treatment facilities, social welfare homes. Love is presented as a biochemical process to show that it does not depend only on the changing corporeality of a person and that its epicenter is in the brain. The change of the hierarchy of sexual needs occurring with age, the evolution of the art of love from procreation to pleasure and sensuality are presented.
Conclusion: the sexuality of seniors is an important sphere of their everyday life and has a large impact on functioning in society, as well as on the perception of their own attractiveness and self-acceptance.
Keywords: sexuality, old age, geriatrics.

Tematem pracy jest rzadko poruszane zagadnienie seksualności osób starszych. Artykuł opisuje seksualność ludzi w „jesieni życia". Celem tej pracy jest zwrócenie uwagi na konieczność promocji zdrowia seksualnego, a także na prewencję zaburzeń seksualnych. Dokonano przeglądu 34 pozycji piśmiennictwa na temat różnych aspektów seksualności ludzi w podeszłym wieku: fizjologii, psychiki, znaczenia społecznego. Istnieją ograniczenia sfery intymnej wynikające z konieczności przebywania starszych osób w zakładach opiekuńczo-leczniczych, domach pomocy społecznej. Przedstawiono miłość jako proces biochemiczny, by ukazać, że nie zależy ona tylko od zmieniającej się cielesności człowieka oraz że jej epicentrum znajduje się w mózgu. Zaprezentowano zmianę hierarchii potrzeb seksualnych zachodzącą z wiekiem, ewolucję sztuki miłosnej z prokreacyjnej na korzyść przyjemności, sensualności.
Wniosek: seksualność seniorów jest ważną sferą ich życia codziennego i ma duży wpływ na funkcjonowanie w społeczeństwie, a także na postrzeganie własnej atrakcyjności i samoakceptację.
Słowa kluczowe: seksualność, podeszły wiek, geriatria.

Предметом статьи является редко затрагиваемый вопрос о сексуальности пожилых людей. В статье описывается сексуальность людей, находящихся в "осени жизни". Цель данной работы - подчеркнуть необходимость укрепления сексуального здоровья, а также профилактики сексуальных расстройств. Сделан обзор 34 литературных источников по различным аспектам сексуальности пожилых людей: физиологии, психике, социальной значимости. Существуют ограничения в интимной сфере, вытекающие из необходимости пребывания пожилых людей в лечебно-профилактических учреждениях, домах социальной защиты. Любовь представлена как биохимический процесс, чтобы показать, что она зависит не только от изменений в теле человека, и что ее эпицентр находится в мозгу. Представлена смена иерархии сексуальных потребностей, происходящая с возрастом, эволюция искусства любви от необходимости продолжения рода к удовольствию и чувственности.
Вывод: сексуальность пожилых людей является важной сферой их повседневной жизни и оказывает большое влияние на функционирование в обществе, а также на восприятие собственной привлекательности и самооценку.
Ключевые слова: сексуальность, пожилой возраст, гериатрия.

Das Thema dieses Beitrags ist die selten angesprochene Frage der Sexualität älterer Menschen. Beschrieben wird die Sexualität von Menschen im "Herbst des Lebens". Die Abhandlung soll die Aufmerksamkeit auf die Notwendigkeit der Förderung der sexuellen Gesundheit und der Prävention sexueller Störungen lenken. Dazu wurden 34 Literaturstellen zu verschiedenen Aspekten der Sexualität älterer Menschen ausgewertet: Physiologie, Psychologie, soziale Bedeutung. Aufgrund der Notwendigkeit des Aufenthalts älterer Menschen in pflegerischen und medizinischen Einrichtungen sowie in Pflegeheimen ergeben sich Einschränkungen in der Intimsphäre. Die Liebe wird als biochemischer Prozess dargestellt, um zu zeigen, dass sie nicht nur von der sich verändernden Körperlichkeit des Menschen abhängt und dass ihr Epizentrum im Gehirn liegt. Die Veränderung der Hierarchie der sexuellen Bedürfnisse im Alter, die Entwicklung der Liebeskunst von der Fortpflanzung zur Lust, zur Sinnlichkeit, wird dargelegt.
Fazit: Die Sexualität von Senioren ist ein wichtiger Bereich ihres Alltags und hat einen großen Einfluss auf ihre Lebensqualität in der Gesellschaft sowie auf ihre Wahrnehmung der eigenen Attraktivität und Selbstakzeptanz.
Schlüsselwörter: Sexualität, Alter, Geriatrie.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2022 Vol. 79 Issue 2 pp. 85 – 95
ISSN: 1734-7009 **eISSN:** 2084-0535
DOI: 10.2478/phr-2022-0012
Pages: 11, figures: 0, tables: 0
page www of the periodical: www.phr.net.pl

Publisher
Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society

Typ artykułu: oryginalny
Original article

Termin nadesłania: 19.02.2022 r.
Termin zatwierdzenia do druku: 14.03.2022 r.

El tema del trabajo es la raramente tratada cuestión de la sexualidad de las personas mayores. El artículo describe la sexualidad de las personas en el «otoño de la vida». El objetivo de este trabajo es llamar la atención sobre la necesidad de promocionar la salud sexual, así como la prevención de los trastornos sexuales. Se llevó a cabo una revisión de 34 referencias de la literatura acerca de diferentes aspectos de la sexualidad de las personas de edad avanzada: fisiología, psiquismo, significado social. Existen limitaciones de la esfera íntima debidas a la necesidad de permanencia de las personas mayores en centros de asistenciales y sanitarios, residencias de personas mayores. Se ha presentado el amor como un proceso bioquímico, para mostrar que no solo depende de la corporeidad cambiante de la persona y que su epicentro se encuentra en el cerebro. Se ha presentado el cambio de la jerarquía de necesidades sexuales que tiene lugar con la edad, la evolución del arte del amor de la procreación en favor del placer y la sensualidad.
Conclusión: la sexualidad de las personas mayores es una esfera importante de su día a día y tiene una gran influencia en el funcionamiento en la sociedad, así como en la percepción de su propio atractivo y autoaceptación.
Palabras clave: sexualidad, edad avanzada, geriatría.

WSTĘP

Wydłużanie średniego czasu trwania życia oraz zmian postaw wobec seksualności i obyczajowości erotycznej wiąże się ze wzrostem populacji aktywnej seksualnie. Stopniowo dokonuje się rewolucja obyczajowa i zmiana jakości życia, przeobrażająca aseksualny wiek jesieni życia w czas aktywny seksualnie. Ma to związek z wydłużaniem aktywności zawodowej społeczeństwa, a także z propagowaniem zdrowego stylu życia (zdrowego odżywiania, większej aktywności sportowej). Seksualność jest zwykle utożsamiana z prokreacją, dlatego też starość związana z ustaniem zdolności rozrodczych traktowana była potencjalnie aseksualnie. „Jesień życia" to wiek zaczynający się od momentu menopauzy u kobiet i andropauzy (czyli zmniejszenia zdolności rozrodczych) u mężczyzn. Obejmuje on ok. 20-25 lat życia [1,2].

CEL

Celem tej pracy jest zwrócenie uwagi na konieczność promocji zdrowia seksualnego, a także na prewencję zaburzeń seksualnych.

MATERIAŁY

Dokonano przeglądu 34 pozycji piśmiennictwa na temat różnych aspektów seksualności ludzi w podeszłym wieku: fizjologii, psychiki, znaczenia społecznego.

WYNIKI O DYSKUSJA

Ludzie pozostający w stałych związkach, doświadczają zjawiska habituacji [3]. Jest to termin socjologiczny oznaczający przyzwyczajenie, zarówno w kontekście seksualnym jak i życia codziennego. Długotrwały związek osłabia popęd seksualny, zarówno kobiet, jak i mężczyzn, z większym naciskiem na kobiety [4]. Kobiety tracą ochotę na seks o wiele szybciej niż mężczyźni. W początkowym stadium związku 60% kobiet regularnie odczuwało potrzebę zbliżeń seksualnych. Po 4 latach już 50%, po 20 latach odsetek ten spadł do 20%. U mężczyzn te proporcje pozostają na stałym poziomie 60-80% [4,5].

Podniecenie u mężczyzny może być niekiedy niezdrowe. W trakcie orgazmu puls ze spoczynkowej wartości 70 uderzeń/min zwiększa się do ponad 180 uderzeń/minutę, aby wkrótce gwałtownie spaść. Dla mężczyzn cierpiących na chorobę wieńcową może to być śmiertelna fluktuacja. Ok. 20% pacjentów z chorobą niedokrwienną reaguje atakami serca właśnie podczas seksu [6]. Zauważono, że u mężczyzn współżyjących z własną żoną nie notuje się tak dużego skoku pulsu, a jest on porównywalny do wejścia na drugie piętro.

Ostatnio zauważa się zwiększenie przypadków mort douce (słodkiej śmierci) [6]. Ma to prawdopodobnie związek z wprowadzeniem na rynek farmaceutyczny sildenafilu. Kiedy w trakcie uniesień seksualnych partner odczuwa dolegliwości dławicowe sięgając po nitroglicerynę, po wcześniejszym zażyciu viagry, w połączeniu z alkoholem powoduje spadek ciśnienia krwi i w konsekwencji zawał serca.

INTRODUCTION

The increase in the average life expectancy and changes in attitudes towards sexuality and erotic customs are associated with an increase in the sexually active population. A moral revolution and a change in the quality of life are gradually taking place, transforming the asexual age of autumn into a sexually active time. This is related to the prolongation of professional activity of the society, as well as to the promotion of a healthy lifestyle (healthy eating, greater sports activity). Sexuality is usually equated with procreation, which is why old age associated with the cessation of reproductive capacity was treated potentially asexually. The "autumn of life" is the age starting from menopause in women and andropause (reduced reproductive capacity) in men. It covers about 20-25 years of life [1,2].

OBJECTIVE

The aim of this work is to draw attention to the need to promote sexual health, as well as to prevent sexual disorders.

MATERIALS

A review of 34 literature items on various aspects of sexuality in the elderly was made: physiology, psyche, and social significance.

DISCUSSION RESULTS

People who are in stable relationships experience the phenomenon of habituation [3]. It is a sociological term for habit, both in a sexual context and in everyday life. A long-term relationship weakens the sex drive of both women and men, with more emphasis on women [4]. Women lose their desire for sex much faster than men. In the initial stage of a relationship, 60% of women regularly felt the need for sexual intercourse. After 4 years it is already 50%, after 20 years this percentage has decreased to 20%. In men, these proportions remain at a constant level of 60-80% [4,5].

Arousal in a man can be unhealthy at times. During orgasm, the heart rate increases from a resting value of 70 beats/min to over 180 beats/min, only to drop sharply soon after. For men suffering from coronary artery disease, this can be a deadly fluctuation. Approx. 20% of patients with ischemic heart disease react with heart attacks during sex [6]. It was noticed that men who have sex with their own wife do not have such a large pulse jump, and it is comparable to going up to the second floor.

Recently, there has been an increase in cases of mort douce (sweet death) [6]. This is probably related to the introduction of sildenafil to the pharmaceutical market. When a partner suffers from angina during sexual elation, he reaches for nitroglycerin, after taking Viagra in combination with alcohol, it causes a drop in blood pressure and, consequently, a heart attack.

Sexuality is also related to love. Love does not have to go hand in hand with intercourse. Erotic fascination can turn into a different phase of love, where there is no desire [4], but issues related to common

Seksualność wiąże się także z miłością. Miłość nie musi iść w parze ze współżyciem. Fascynacja erotyczna może przejść w inną fazę miłości, taką gdzie nie ma pożądania [4], ale ważne są kwestie związane ze wspólnymi relacjami, posiadaniem dzieci, wspólnymi zainteresowaniami. Zwiększające się wraz z wiekiem. Problemy zdrowotne również mogą się przyczynić do wzajemnego wsparcia partnerów.

Pod wpływem bodźców zewnętrznych (zapach, smak itp.) dochodzi do uwalniania z mózgu osoby zakochanej fenyloetyloaminy – substancji chemicznej należącej do grupy amfetamin czyli substancji pobudzających. Uwalniana jest ona w układzie limbicznym. Następnie uwalniana jest dopamina, która wędruje do hipokampa –miejsca odpowiedzialnego głównie za emocje. Mózg rejestruje ten sygnał jako uczucie przyjemności. Jest to sytuacja, w której organizm dąży do tego, aby się powtórzyła. Dochodzi tu do analogii pomiędzy uzależnieniem narkotycznym i uzależnieniem miłosnym. Powoduje to przywiązanie się do obecności konkretnego człowieka.

Miłość jest chemią [6]: fenyloetyloamina i endorfiny – powodują pobudzenie receptorów opioidowych, dopamina działa na hipokamp i wywołuje uczucie przyjemności. Z czasem potrzeba jednak coraz więcej bodźców zewnętrznych, aby wywołać tę samą reakcję [4]. Nadmierne pożądanie, regularnie zaspokajane lub nie, może przerodzić się w chorobę określaną jako erotomania. Przez neurobiologów określana jest ona silnym uzależnieniem od narkotycznych, endogennych opiatów (endorfin), wytwarzanych podczas dążenia do orgazmów i osiągania ich. Erotomanię mogą powodować również przypadki choroby Alzheimera, guzy mózgu, encefalopatii i padaczki. W trakcie szczegółowych badań, opartych na skaningu mózgów erotomanów metodami funkcjonalnego rezonansu magnetycznego uwidoczniono tzw. „ścieżkę nagrody" zlokalizowaną we wspomnianym wcześniej układzie limbicznym [6]. Jest ona aktywowana przez dopaminę- neuroprzekaźnik szczęścia. Ścieżka nagrody jest pozytywnie stymulowana dopaminą, gdy są zaspokajane ewolucyjnie pierwotne potrzeby naszego organizmu: głód, pragnienie, bezpieczeństwo, popęd płciowy. Gdy poziom jej się obniża odczuwany jest stan dotkliwego głodu, podobnego do głodu narkomana, który można zaspokoić wyłącznie nową dawką substancji. Podobnie działa lewodopa - lek stosowany w leczeniu choroby Parkinsona. U starszych pacjentów, pensjonariuszy domów opieki następuje ponowne zwiększenie, często prawie wygasłej, aktywności seksualnej w trakcie farmakoterapii choroby Parkinsona.

Warto wspomnieć, że działaniu, także pro seksualnemu dopaminy przeciwstawia się inny neuroprzekaźnik – serotonina. Służy ona przede wszystkim zapobieganiu natężenia niepohamowanej reakcji na bodziec. Jest to niezbędne, aby człowiek mógł czuć stan nasycenia [6]. Wykazano, że u osób zakochanych poziom serotoniny wyraźnie się obniża. Pamiętajmy, że jest ona niezbędna do zrównoważenia działania dopaminy. Badania prowadzone na reprezentatywnej grupie „wyleczonych" alkoholików wykazały, że po wyjściu z alkoholizmu pojawia się tendencja do erotomani. Wiąże się to ze stałą potrzebą uruchamiania tzw. ścieżki nagrody, przy niskim poziomie stężenia serotoniny u osób uzależnionych od pobudzenia dopaminowego.

Pamiętajmy, że osoby zakochujące się w jesieni życia nie różnią się od zakochanych w młodości. Podobne relationships, having children, common interests are important. Increasing with age. Health problems can also contribute to mutual support of partners.

Under the influence of external stimuli (smell, taste, etc.), phenylethylamine is released from the brain of a person in love - a chemical substance belonging to the group of amphetamines, i.e. stimulants. It is released in the limbic system. Then dopamine is released, which travels to the hippocampus - the place mainly responsible for emotions. The brain registers this signal as a feeling of pleasure. This is a situation where the body strives to make it happen again. There is an analogy here between drug addiction and love addiction. This causes attachment to the presence of a particular person. Love is chemistry [6]: Phenylethylamine and endorphins - cause the stimulation of opioid receptors, dopamine acts on the hippocampus and causes a feeling of pleasure. Over time, however, more and more external stimuli are needed to trigger the same response [4]. Excessive desire, regularly satisfied or not, can turn into a disease known as erotomania. Neurobiologists define it as a strong addiction to narcotic, endogenous opiates (endorphins), produced while striving for orgasms and achieving them. Erotomania can also be caused by cases of Alzheimer's disease, brain tumors, encephalopathies and epilepsy.

In the course of detailed research, based on scanning the brains of erotomaniacs using functional magnetic resonance imaging, the so-called the "reward pathway" located in the aforementioned limbic system [6]. It is activated by dopamine - the neurotransmitter of happiness. The reward pathway is positively stimulated by dopamine when our body's evolutionarily primal needs are met: hunger, thirst, security, sex drive. When its level decreases, a state of acute hunger is felt, similar to the hunger of a drug addict, which can only be satisfied with a new dose of the substance. Levodopa, a drug used to treat Parkinson's disease, works in a similar way. In older patients, residents of nursing homes, there is a re-increase in, often almost extinct, sexual activity during pharmacotherapy of Parkinson's disease.

It is worth mentioning that the pro-sexual action of dopamine is opposed by another neurotransmitter - serotonin. It serves primarily to prevent the intensity of an uncontrollable reaction to a stimulus. This is essential for a person to feel satiated [6]. It has been shown that in people in love, the level of serotonin significantly decreases. Remember that it is necessary to balance the action of dopamine. Studies conducted on a representative group of "cured" alcoholics have shown that after recovering from alcoholism, there is a tendency to erotomania. This necessitates the constant need to reward pathway, with low levels of serotonin in people addicted to dopamine stimulation.

Let us remember that people who fall in love in the autumn of life are no different from those who fall in love in their youth. Feelings, passions, fascinations, the need for closeness are similar. The power of desire can be similar. Although testosterone levels decrease with age in men [2], we know that the chemistry of love mainly affects brain structures, so the physiological and psychological phenomena associated with falling in love are independent of biological age.

With the passage of life, there are crises of love in the autumn of life. Some periods are conducive to balancing successes and failures in marital and family life. In middle-aged men, the so-called "shadow streak" appears. The age at which he is usually at the peak of his professional career has reached life and professional

są uczucia, namiętności, fascynacje, potrzeba bliskości. Podobna może być też siła pożądania. Pomimo, że wraz z wiekiem u mężczyzn spada poziom testosteronu [2], wiemy, że chemia miłości dotyczy głównie struktur mózgu, a więc zjawiska fizjologiczne i psychologiczne wiążące się ze stanem zakochania są niezależne od wieku biologicznego.

Wraz z upływającym życiem pojawiają się kryzysy miłości w jesieni życia. Niektóre okresy sprzyjają bilansowaniu sukcesów i porażek w życiu małżeńskim i rodzinnym. U mężczyzn w średnim wieku pojawia się tzw ”smuga cienia”. Wiek, w którym jest on zwykle na szczycie kariery zawodowej, osiągnął stabilizację życiową i zawodową [4,7]. U kobiet taki czas rozrachunku jest zwykle związany z zespołem opuszczonego gniazda, kiedy dzieci się usamodzielniły, są niezależne, mieszkają osobno. Wtedy pojawia się czas na refleksję, ocenę życia małżeńskiego. Pary, które mają szerokie grono znajomych, udzielają się towarzysko, mają wspólne pasje, ale także własne hobby znacznie lepiej przeżywają ten czas. Możemy wyodrębnić typowe kryzysy miłości występujące w jesieni życia [1]:

- Mit Tytanii – oznacza cofanie się w przeszłość i idealizowanie niedoszłego związku. Najczęściej występuje on u kobiet. Wydaje im się, że gdyby związały się z kimś innym to ich życie i małżeństwo byłoby szczęśliwe i udane. Im bardziej są rozczarowane teraźniejszością, tym bardziej idealizują potencjalnego partnera z abstrakcyjnymi związkami z przeszłości włącznie;
- Idealizowanie przeszłości – osoby rozczarowane upływającym czasem idealizują pierwsze lata związku, siebie, partnera. Podobny mechanizm obserwuje się u osób owdowiałych, które często mają poczucie winy wobec zmarłego partnera;
- Projekcja własnych oczekiwań i potrzeb [1] próba narzucenia młodym parom (zięciom, synowym) własnego scenariusza życia małżeńskiego i rodzinnego, nie spełnionych marzeń;
- Ucieczka w dewiację – zwłaszcza osoby osamotnione, rozczarowane życiem małżeńskim, rodzinnym, kierują swoje uczucia ku religii, ich zaangażowanie religijne może mieć podtekst erotyczny, czasem zastępczo obiektem adoracji mogą być osoby duchowne;
- Negowanie miłości – przyczyniają się do tego frustracje uczuciowe i seksualne, wyzwalając taki mechanizm obrony.

Stan zdrowia w „jesieni życia” jest uzależniony od czynników genetycznych, jakości życia i skłonności do chorób. Wg WHO definicja zdrowia seksualnego to:

„Stan fizycznego, emocjonalnego, psychicznego oraz społecznego dobrego samopoczucia w stosunku do ich seksualności, niewystarczający jest brak choroby, dysfunkcji oraz niedołęstwa. Aby uznać kogoś za zdrowego seksualnie wymaga się pozytywnego, pełnego szacunku do seksualności i zależności seksualnych, jak również możliwości odczuwania przyjemnych i bezpiecznych doznań seksualnych, wolnych od przymuszenia, dyskryminacji i przemocy. W celu osiągnięcia utrzymania zdrowia seksualnego wszelkie prawa seksualne wszystkich osób muszą być respektowane, chronione i wypełniane [8,9]”.

Z badań przeprowadzonych przez Mastersa i Johnson [10] wynika, że wraz z upływającym czasem

stability [4,7]. In women, such a time of reckoning is usually associated with the abandoned nest syndrome, when the children become independent, they live separately. Then there is time for reflection, evaluation of married life. Couples who have a wide circle of friends, socialize, have common passions, but also their own hobbies, experience this time much better. We can distinguish typical love crises occurring in the autumn of life [1]:

- The myth of Titania - means going back in time and idealizing a failed relationship. It most often occurs in women. They think that if they got involved with someone else, their life and marriage would be happy and successful. The more disillusioned they are with the present, the more they idealize a potential partner, including abstract relationships from the past;
- Idealizing the past - people disappointed with the passing of time idealize the first years of the relationship, themselves, their partner. A similar mechanism is observed in widowed people, who often feel guilty about the deceased partner;
- Projection of one's own expectations and needs [1] an attempt to impose on young couples (sons-in-law, daughters-in-law) their own scenario of marital and family life, unfulfilled dreams;
- Escape into deviation - especially lonely people, disappointed with marriage and family life, direct their feelings towards religion, their religious commitment may have an erotic undertone, sometimes clergymen may be substituted objects of adoration;
- Negation of love - emotional and sexual frustrations contribute to this, triggering such a defense mechanism.

The state of health in the "autumn of life" depends on genetic factors, quality of life and susceptibility to diseases. According to the WHO, the definition of sexual health is:

“A state of physical, emotional, mental and social well-being in relation to their sexuality is not sufficient in the absence of disease, dysfunction and infirmity. To be considered sexually healthy requires a positive, full respect for sexuality and sexual dependencies, as well as the ability to experience pleasurable and safe sexual experiences, free from coercion, discrimination and violence. In order to maintain sexual health, all sexual rights of all persons must be respected, protected and fulfilled [8,9].”

Research conducted by Masters and Johnson [10] shows that there are noticeable changes in the sexual physiology of partners over time. The concentration of sex hormones changes. In women, estrogen levels decrease and androgen levels increase. As a result, atrophic changes of the skin appear, it becomes flaccid, wrinkled, the activity of the sebaceous and sweat glands decreases. Women often experience hot flashes, reddening of the skin, heart palpitations, dizziness, nausea, depression, dry hair, brittle nails, joint pain, painful swelling of the mammary glands, feeling of fullness, osteoporosis, cardiovascular diseases [1,10]. There is also emotional instability, irritability, sleep disorders, depression. The dominant feeling is the fear of losing one's own attractiveness, the sense of marginalization in one's professional role, the unpleasant awareness of the inevitability of aging and death, and the

zachodzą zauważalne zmiany w fizjologii seksualnej partnerów. Zmienia się stężenie hormonów płciowych. U kobiet spada poziom estrogenów, a wzrasta stężenie androgenów. W następstwie tego pojawiają się zmiany zanikowe skóry, staje się ona wiotka, pomarszczona, spada aktywność gruczołów łojowych, potowych. Kobiety często odczuwają uderzenia gorąca, zaczerwienienie skóry, kołatanie serca, zawroty głowy, nudności, depresję, suchość włosów, kruchość paznokci, bóle stawów, bolesny obrzęk gruczołów sutkowych, uczucie pełności, osteoporozę, choroby układu krążenia [1,10]. Dochodzi do tego chwiejność emocjonalna, drażliwość, zaburzenia snu, depresja. Uczuciem dominującym staje się lęk przed utratą własnej atrakcyjności, poczucie marginalizacji w roli zawodowej, przykra świadomość nieuchronności starzenia się i śmierci oraz niezrealizowania wielu życiowych planów [1]. Z wyników badań socjo – seksuologicznych wynika jednak, że postawy takie ulegają zmianie. Przyczynia się do tego poprawa jakości życia, wydłużenie jego czasu trwania, a także zmiana obyczajowości. Ma to wpływ również na wzrost aktywności seksualnej kobiet w okresie menopauzalnym i postmenopauzalnym. Badania wykazują, że wśród kobiet w wieku 51 – 64 lat:

- codziennie współżyje – 4%;
- kilka razy w tygodniu – 28%;
- raz w tygodnie – 33%;
- raz w miesiącu – 8%;
- rzadziej – 27%.

W ciągu 3 lat poprzedzających cytowane badanie aktywność seksualna nie zmieniła się u 39%, zmniejszyła u 38%, zwiększyła u 23%. Częste orgazmy osiąga 65% kobiet, a nigdy nie osiąga 3%. Wśród kobiet nie mających partnera seksualnego 41% ujawnia aktywność masturbacyjną [1].

U mężczyzn w wieku średnim analogicznie występuje tzw. „andropauza" czyli „zmiana zachodząca w życiu mężczyzny, która może się wyrazić zmianami w karierze, rozwodem lub przeorganizowaniem życia, wiąże się ze zmniejszeniem poziomu androgenów, co występuje u mężczyzny przed 50 rokiem życia lub niedługo po ukończeniu 50 roku życia". Istnieje wiele definicji tego terminu, ważny jest jednak jeden wspólny wykładnik towarzyszący temu okresowi, jakim jest spadek androgenów czyli testosteronu i dehydroepiandrosteronu, a także spadek poziomu hormonu wzrostu i melatoniny. Zmiany te powodują typowe objawy: uderzenia gorąca, bezsenność, nerwowość, obniżenie sprawności umysłowej i zdolności zapamiętywania, zmniejszenie energii życiowej, masy mięśniowej, otyłość brzuszną, spadek zainteresowań seksualnych, podniecenia, zaburzenia erekcji członka, orgazmu, zmniejszenie objętości ejakulatu [7]. Spośród mężczyzn w wieku 51 – 64 lat masturbuje się:

- codziennie 9% populacji mężczyzn;
- kilka razy tygodniowo – 23%;
- wcale tego nie robi 24% mężczyzn [1].

Codziennie współżyje seksualnie 12%, kilka razy w tygodniu – 51%, raz w tygodniu – 18%, raz w miesiącu 11%, rzadziej 8%. Orgazm w tych kontaktach zawsze osiąga 77% badanych, często – 18%, niekiedy – 1%, nigdy – 4% [1].

Na prawidłowe funkcjonowanie seksualne w podeszłym wieku wpływają życiowe doświadczenia, oczekiwania, możliwości, zależności kulturowe. W badaniu przeprowadzonym na 27 500 mężczyzn i kobiet (pomiędzy 40 a 80 rokiem życia) opartym na kwestionariuszu dotyczącym postaw i zachowań

unfulfillment of many life plans [1]. However, the results of socio-sexological research show that such attitudes are changing. This is due to the improvement of the quality of life, the extension of its duration, as well as the change in customs. This also has an impact on the increase in sexual activity of women in the menopausal and postmenopausal period. Studies show that among women aged 51-64:

- have intercourse every day - 4%;
- several times a week - 28%;
- once a week - 33%;
- once a month - 8%;
- less often - 27%.

During the 3 years preceding the quoted study, sexual activity did not change in 39%, decreased in 38%, and increased in 23%. 65% of women achieve frequent orgasms and 3% never achieve orgasms. Among women without a sexual partner, 41% reveal masturbatory activity [1].

In middle-aged men, the "andropause" or "a change in a man's life, which may be expressed in career changes, divorce or reorganization of life, is associated with a decrease in androgen levels, which occurs in a man before the age of 50 or soon after the age of 50." There are many definitions of this term, but one common exponent accompanying this period is important, which is a decrease in androgens, i.e. testosterone and dehydroepiandrosterone, as well as a decrease in the level of growth hormone and melatonin. These changes cause typical symptoms: hot flashes, insomnia, nervousness, decreased mental performance and memory capacity, decreased vital energy, muscle mass, abdominal obesity, decreased sexual interest, arousal, erectile dysfunction, orgasm, decreased ejaculate volume [7]. Among men aged 51-64, masturbate:

- daily 9% of the male population;
- several times a week - 23%;
- 24% of men do not do it at all [1].

Every day, 12% have sexual intercourse, several times a week - 51%, once a week - 18%, once a month - 11%, less frequently - 8%. 77% of respondents always achieve orgasm in these contacts, often - 18%, sometimes - 1%, never - 4% [1].

Proper sexual functioning in the elderly is influenced by life experiences, expectations, opportunities, and cultural dependencies. In a study of 27,500 men and women (between 40 and 80) based on the Sexual Attitudes and Behavior Questionnaire, it was found that 28% of men and 39% of women are affected by sexual dysfunction [11]. This is influenced by age-related diseases, i.e. diabetes, atherosclerosis, pain, joint degeneration, hypogonadism in men.

To the emerging question, "At what age should older people stop having sex?" Alex Comfort replied, "Older people stop having sex for the same reasons they stop cycling" [8].

According to Staw and Weiner, sexuality is a quality of a person, an energy that manifests itself in every aspect of that person's existence, which is a spark that does not disappear until death [12]. This is a very important element of well-being, positive self-perception, and self-respect. In Poland, women's interest in sex decreases at the age of 56, and that of men at the age of 60 [4]. Women aged 50+ treat sex as relaxation [13,14]. Menopause has passed, well-being returns to balance, sex does not threaten pregnancy. It may be different in women after mastectomy who lose interest in sex and do not accept themselves. The same happens after the

seksualnych stwierdzono, że 28% mężczyzn i 39% kobiet jest dotkniętych dysfunkcją seksualną [11]. Mają na to wpływ choroby związane z wiekiem tj.: cukrzyca, miażdżyca, ból, zwyrodnienia stawów, hipogonadyzm u mężczyzn.

Na pojawiające się pytanie: „W jakim wieku starsi ludzie powinni zaprzestać uprawiania seksu?" Alex Comfort odpowiedział: „Starsi ludzie przestają uprawiać seks z tych samych powodów, dla których przestają jeździć rowerem" [8]. Według Staw i Weiner seksualność jest jakością osoby, energią, która objawia się w każdym aspekcie istnienia tej osoby, która jest iskierką nieznikającą aż do śmierci [12]. Jest to bardzo ważny element dobrego samopoczucia, pozytywnego odbierania własnej osoby, oraz szacunku do siebie. W Polsce zainteresowanie kobiet seksem spada w wieku 56 lat, u mężczyzn w wieku 60 lat [4]. Kobiety 50+ seks traktują w kategorii relaksu [13,14]. Minęła już menopauza, samopoczucie wraca do równowagi, seks nie grozi ciążą. Inaczej może być u kobiet po mastektomii, które tracą zainteresowanie seksem, nie akceptują siebie. Podobnie dzieje się po usunięciu macicy i jajników. Z wiekiem kobiety coraz mniejszą uwagę przywiązują do współżycia. W grupie kobiet po 50 roku życia 13% mówi, że seks jest dla nich mało istotny, a ponad 40% uważa, że jest w ogóle nieistotny. Inaczej jest w przypadku mężczyzn 50+. Od 40 roku życia zaczyna się zmniejszony zakres możliwości seksualnych, ale najczęściej nie chcą tego jeszcze akceptować. W tym wieku trudne są kontakty seksualne z równolatkami, których satysfakcja ze współżycia wzrasta, doznania są głębsze, orgazm intensywniejszy, seksualność dojrzalsza. Jest to często czas, kiedy starsi mężczyźni poszukują młodszych partnerek. Mogą zaimponować im swoim doświadczeniem, pozycją, wiedzą, pieniędzmi. Może to być relacja wzajemnie dowartościowująca [4].

Należy jednak pamiętać, że nie tylko stosunek płciowy stanowi aktywność seksualną [8]. W wieku podeszłym występują problemy seksualne uniemożliwiające stosunek seksualny. Wg badań meżczyzn:

- u 35% badanych po 80 roku życia występuje niezdolność utrzymania wzwodu;
- u 28% – niezdolność osiągnięcia wzwodu;
- u 28% badanych niezdolność osiągnięcia orgazmu;
- u 23% ból lub brak nawilżenia pochwy partnerki [15].

Najczęstszymi dolegliwościami związanymi z wiekiem zgłaszanymi przez partnerki są:

- brak lub utrata potrzeby seksualnej;
- zaburzenia podniecenia seksualnego, brak reakcji genitalnej – brak nawilżenia pochwy;
- zaburzenia orgazmu, anorgazmia;
- bolesne stosunki, dyspareunia [16].

Część mężczyzn doświadcza niespełnionych oczekiwań seksualnych związanych ze skracającym się czasem erekcji. U 25 – letniego mężczyzny trwa on ok. 54 min., w 50-tym roku życia średni czas wzwodu to ok. 29 min., w 60-tym roku życia – 22 min., powyżej 65 roku życia – 7 min. Nie jest to jednak objaw zaburzenia, jedynie naturalna konsekwencja procesu starzenia się. Czas skracania się erekcji nie jest oznaką zakończenia życia seksualnego [14].

U starszych mężczyzn w fazie podniecenia erekcja rozpoczyna się nieco później i „dopiero po kilku

removal of the uterus and ovaries. With age, women pay less and less attention to intercourse. In the group of women over 50, 13% say that sex is of little importance to them, and over 40% believe that it is not important at all. The situation is different in the case of men 50+. From the age of 40, a reduced range of sexual possibilities begins, but most often they do not want to accept it yet. At this age, sexual contacts with peers are difficult, whose satisfaction with intercourse increases, the sensations are deeper, the orgasm more intense, and the sexuality more mature. This is often the time when older men seek younger female partners. They can impress them with their experience, position, knowledge, money. It can be a mutually enhancing relationship [4].

However, it should be remembered that sexual intercourse is not the only activity [8]. In the elderly, there are sexual problems that prevent sexual intercourse. According to men's studies:

- 35% of respondents over 80 years of age are unable to maintain an erection;
- in 28% - inability to achieve an erection;
- in 28% of the subjects, the inability to achieve orgasm;
- 23% had pain or lack of lubrication in their partner's vagina [15].

The most common age-related complaints reported by female partners are:

- lack or loss of sexual desire;
- sexual arousal disorder, no genital response - lack of vaginal lubrication;
- abnormal orgasm, anorgasmia;
- painful intercourse, dyspareunia [16].

Some men experience unfulfilled sexual expectations related to the shortening of the erection time. In a 25-year-old man, it lasts about 54 minutes, in a 50-year-old man, the average erection time is about 29 minutes, in a 60-year-old man - 22 minutes, over 65 - 7 minutes. However, this is not a symptom of a disorder, but a natural consequence of the aging process. The time of erection shortening is not a sign of the end of sexual life [14].

In older men in the arousal phase, the erection begins somewhat later and "only after a few minutes of intense sexual stimulation" [10,17].

The probability of severe erectile dysfunction triples from 5.1% to 15% between the ages of 40 and 70 [18]. In the group of men aged 40 to 70, erectile dysfunction was reported by 52% and 70% over 70 years of age. Other sexual disorders, such as loss of hypoactive sex drive (decrease in libido), ejaculation disorders, reduced ejaculate volume, are also more common in elderly men [17,18].

A recent study of women aged 18-82 found no significant differences in sexual dysfunction between older and younger women. Disorders such as problems with orgasm, sexual arousal, and painful intercourse were found to be prevalent in both groups [19].

The conducted population studies generally indicate the decline of sexual activity with age. There is a decrease in the frequency of erections, sex drive, frequency of sexual intercourse, ejaculations achieved by masturbation in men aged 40 to 70 years [11,17]. According to a Pfizer study of 27,500 men and women aged 40 to 80, conducted in 29 countries, based on a questionnaire assessing the prevalence of sexual dysfunctions and the importance of sex for individuals

minutach intensywnej stymulacji seksualnej" [6,18].

Prawdopodobieństwo ciężkiego zaburzenia erekcji wzrasta trzykrotnie z 5,1% do15% pomiędzy 40 a 70 rokiem życia [16]. W grupie mężczyzn od 40 do 70 lat zaburzenia erekcji podało 52% i 70% powyżej 70 roku życia. Inne zaburzenia seksualne, takie jak utrata hipoaktywnego popędu seksualnego (spadek libido), zaburzenia ejakulacji, zmniejszona objętość ejakulatu również częściej występują u mężczyzn w podeszłym wieku [10,17].

Ostatnie badania obejmujące kobiety w wieku 18-82 roku życia nie wykazały istotnych różnic w zaburzeniach seksualnych pomiędzy starszymi i młodszymi kobietami. W obu grupach stwierdzono rozpowszechnienie takich zaburzeń jak problemy z orgazmem, pobudzeniem seksualnym, bolesnym stosunkiem płciowym [19].

Przeprowadzane badania populacyjne generalnie wskazują na zanik czynności seksualnych wraz z wiekiem. Obserwuje się spadek częstości erekcji, popędu, częstości stosunków płciowych, ejakulacji osiągniętych przez masturbację u mężczyzn w wieku od 40 do 70 lat [11,17]. Wg badania firmy Pfizer, które objęło 27 500 mężczyzn i kobiet w wieku od 40 do 80 lat, przeprowadzonym w 29 krajach i opartym na kwestionariuszu oceniającym rozpowszechnienie dysfunkcji seksualnych oraz znaczenie seksu dla osób i ich związków:

- 80% mężczyzn i 65% kobiet miało stosunek płciowy w ciągu ostatniego roku;
- 14% mężczyzn skarżyło się na przedwczesny wytrysk nasienia;
- 10% na problemy z erekcją;
- 9% na brak zainteresowania seksualnego;
- 7% na brak orgazmu – ich częstość narastała z wiekiem.

Pośród kobiet:

- 21% uskarżało się na brak zainteresowania seksualnego;
- 16% na brak orgazmu;
- 16% na problemy z nawilżaniem [11].

Zaburzenia erekcji u mężczyzn są problemem narastającym z wiekiem. Jeden na dziesięciu mężczyzn na świecie ma zaburzenia erekcji i jest to najczęstsze przewlekłe schorzenie dotyczące mężczyzn powyżej 45 roku życia [11].

U kobiet, w okresie postmenopauzalnym zdarza się zwiększone występowanie zaburzeń związanych z brakiem lub utratą potrzeb seksualnych tzw hypoactive sexual desire disorder(HSDD)-F52.0 wgICD-10. Częstość tych zaburzeń waha się, od mniej niż 10% do ponad 40%. Pomimo licznych dolegliwości towarzyszących menopauzie, obserwuje się czasami istotne nasilenie potrzeby seksualnej oraz zwiększenie częstości odbywania stosunków seksualnych. Ma to związek z brakiem obawy przed zajściem w ciążę, poczuciem stabilizacji życiowej, pełniejszej świadomości, w jaki sposób zatroszczyć się o przyjemność partnera [20]. Potwierdza to tylko tezę, iż o aktywności seksualnej decyduje przed wszystkim samopoczucie, historia życia i motywacja, a nie wiek.

Obalamy mit, że osoby w podeszłym wieku nie należą do grupy ryzyka chorób przenoszonych droga płciową. Więcej niż 10% [8] zachorowań na AIDS w Stanach Zjednoczonych to osoby powyżej 50 roku życia. Seniorzy niechętnie ujawniają swoje preferencje seksualne (homoseksualizm, biseksualizm). Należy zwrócić uwagę, że wiele nowych zakażeń wykrywanych

and their relationships:

- 80% of men and 65% of women had sexual intercourse in the last year;
- 14% of men complained of premature ejaculation;
- 10% for erection problems;
- 9% for lack of sexual interest;
- 7% for lack of orgasm - their frequency increased with age.

Among women:

- 21% complained of lack of sexual interest;
- 16% for no orgasm;
- 16% for problems with hydration [11].

Erectile dysfunction in men is a problem that increases with age. One in ten men worldwide has erectile dysfunction and it is the most common chronic condition affecting men over 45 [11].

In postmenopausal women, there is an increased incidence of disorders related to the lack or loss of sexual needs, the so-called hypoactive sexual desire disorder (HSDD)-F52.0 according to ICD-10. The frequency of these disorders varies from less than 10% to more than 40%. Despite numerous ailments accompanying menopause, there is sometimes a significant increase in sexual desire and an increase in the frequency of sexual intercourse. This is related to the lack of fear of pregnancy, a sense of stability in life, and a fuller awareness of how to take care of the partner's pleasure [20]. This only confirms the thesis that sexual activity is primarily determined by well-being, life history and motivation, not age.

We dispel the myth that the elderly are not at risk of sexually transmitted diseases. More than 10% [8] of AIDS cases in the United States are over the age of 50. Seniors are reluctant to reveal their sexual preferences (homosexuality, bisexuality). It should be noted that many new infections are detected in women at a later stage of life - 50+ [4]. The recommendation of the National AIDS Center shows which specialties doctors should order HIV testing. Elderly women are much more at risk of HIV infection than women in their twenties and thirties. This is related to the physiological changes taking place in the reproductive organs: loss of natural vaginal lubrication, greater dryness in the vagina and greater susceptibility to chafing. A woman at this age is no longer afraid of an unwanted pregnancy and intercourse with a casual partner often takes place without a condom, increasing the risk of infection [1,4]. As physicians, we should bear this in mind, especially when an elderly woman, a regular visitor to sanatoriums, foreign trips to warm countries, complains of weakness, weight loss, decreased immunity, memory disorders, deterioration of general condition, seeks medical advice.

Specialists in the field prove that the deliberate and conscious avoidance of sexual needs leads to undesirable effects [1,21].

Professor Lew Starowicz describes the consequences of suppressing sexual needs, typical of old age:

- disturbed psychosexual development;
- the development of neuroticism and various forms of neuroses;
- disturbance in the development of emotionality and openness;
- sexual disorder and inhibition;
- the formation of a second, hidden nature

jest u kobiet w późniejszej fazie życia – 50+ [4]. Rekomendacja Krajowego Centrum ds. AIDS pokazuje, jakich specjalności lekarze powinni zlecać wykonanie testu na HIV. Kobiety w podeszłym wieku są znacznie bardziej narażone na ryzyko zakażenia HIV niż kobiety dwudziestopięcio-, trzydziestoletnie. Ma to związek ze zmianami fizjologicznymi zachodzącymi w narządach rodnych: zanik naturalnej lubrykacji pochwy, większa suchość w pochwie i większa podatność na otarcia. Kobieta w tym wieku już nie obawia się niechcianej ciąży i stosunek z przygodnym partnerem odbywa często bez prezerwatywy, zwiększając prawdopodobieństwo zakażenia [1,4]. Powinniśmy jako lekarze mieć to na uwadze, zwłaszcza gdy zgłasza się po poradę medyczną kobieta w wieku podeszłym, bywalczyni sanatoriów, wyjazdów zagranicznych do ciepłych krajów, uskarżająca się na osłabienie, spadek masy ciała, spadek odporności, zaburzenia pamięci, pogorszenie stanu ogólnego.

Specjaliści dziedziny dowodzą, że celowe i świadome unikanie realizacji potrzeby seksualnej prowadzi do niepożądanych skutków [1,21].

Profesor Lew Starowicz opisuje następstwa tłumienia potrzeb seksualnych, typowe dla wieku podeszłego:

- zaburzony rozwój psychoseksualny;
- rozwój neurotyzmu i różnych form nerwic;
- zaburzenie rozwoju uczuciowości i otwartości;
- zaburzenie i zahamowanie seksualne;
- powstawanie drugiej, ukrytej natury ujawniającej się w marzeniach, snach lub zachowaniach dewiacyjnych;
- zespół Kehrera – objawiający się między innymi: świądem pochwy, upławami, żylakami miednicy i odbytnicy, powstającymi w wyniku braku aktywności seksualnej i rozładowania podniecenia.

Utrzymanie aktywności seksualnej wpływa na dobrostan psycho – fizyczny każdego człowieka. Trudno jest wyznaczyć granicę pomiędzy zaburzeniami seksualnymi, a naturalnym procesem starzenia się organizmu. Pamiętać powinniśmy także o innych formach aktywności seksualnej 65+, które mogą wpływać na zwiększenie poczucia własnej wartości, podniesienia nastroju oraz przyczynia się do harmonijnego życia małżeńskiego i rodzinnego [16]. Wg badań Ginsberga i wsp. osoby starsze utrzymują różnego rodzaju aktywność seksualną:

- 60,5% – dotyk, trzymanie się za ręce;
- 61,7% – przytulanie;
- 57% – całowanie;
- 82% – neguje wzajemne pieszczoty, masturbację, zbliżenie seksualne na przestrzeni ostatniego roku [22].

Interesujące są badania R. Kijaka [23] przeprowadzone na grupie 40 seniorów (67–75 lat) przebywających w ośrodku dziennego pobytu. Celem tego badania było określenie wzorców aktywności seksualnej i funkcji, jaką pełni seksualność w życiu osób starszych. Autor postawił sobie tezę, że funkcje seksualne i aktywność nie znikają wraz z wiekiem, a zmianie ulega jedynie częstotliwość i forma kontaktów seksualnych. Badaną grupę podzielił na tych, którzy żyją w stałych związkach i tych, którzy są samotni (śmierć żony, męża, rzadziej rozwód). Ci pierwsi częściej rezygnują ze współżycia seksualnego, drudzy są otwarci na masturbację, współżycie seksualne (zwłaszcza podczas

revealed in dreams, dreams or deviant behavior;
- Kehrer's syndrome - manifested by, among others: vaginal itching, vaginal discharge, pelvic and rectal varicose veins, resulting from lack of sexual activity and discharge of excitement.

Maintaining sexual activity affects the psycho-physical well-being of every human being. It is difficult to draw the line between sexual dysfunction, and the natural aging process of the body. We should also remember about other forms of sexual activity 65+, which may increase self-esteem, mood and contribute to a harmonious marital and family life [16]. According to the research by Ginsberg et al., the elderly maintain various types of sexual activity:

- 60.5% - touch, holding hands;
- 61.7% - hugging;
- 57% - kissing;
- 82% - negate mutual caressing, masturbation, sexual intercourse over the last year [22].

Research by R. Kijak [23] conducted on a group of 40 seniors (aged 67–75) residing in a day care center is interesting. The aim of this study was to determine the patterns of sexual activity and the function that sexuality plays in the lives of older people. The author put forward the thesis that sexual functions and activity do not disappear with age, and only the frequency and form of sexual contacts change. He divided the study group into those who live in stable relationships and those who are single (death of wife, husband, less often divorce). The former more often give up sexual intercourse, the latter are open to masturbation and sexual intercourse (especially during sanatorium trips). Men are a more open group:

- for 58% of the surveyed seniors, the most common form of activity was touching and caressing the partner without sexual intercourse;
- 22% of surveyed men and 9% of women masturbate;
- 22% of surveyed men and 11% of women engage in sexual intercourse;
- 41% of the surveyed people gave up sex life completely [23].

This is a relatively unrepresentative research group, but it gives a certain picture of the behavior functioning in a given community.

The loss of a young and attractive appearance by modern seniors is of great importance in the sense of one's own sexuality. As many as 45% negatively assess their appearance. The ubiquitous compulsion of beauty and attractiveness means that the modern senior does not want to age. Among women over 50 in the United States, the frequency of plastic surgery has increased fivefold.

The sexuality of people living in nursing homes (DPS) is a taboo topic. Seniors living in such places still crave intimacy, pleasure and love [23]. For 69% of SCC residents, sexuality is an important value in their lives. 49% of the surveyed seniors give up sexual activity, 22% (mainly men) choose masturbation. In many nursing homes, residents are forced to live celibate lives due to caregivers' misconceptions and prejudices about the sexuality of older people. Observing the current ways of taking care of the elderly, no significant differences in the perception of their sexual needs are noticed. Research shows that in geriatric institutions physical punishment was used, which was accompanied by disgust,

wyjazdów sanatoryjnych). Bardziej otwartą grupą są mężczyźni:

- dla 58% badanych seniorów najczęstszą formą aktywności było dotykanie i pieszczenie partnera bez stosunku płciowego;
- 22% badanych mężczyzn i 9% kobiet masturbuje się;
- 22% badanych mężczyzn i 11%kobiet podejmuje współżycie seksualne;
- całkowicie z życia seksualnego zrezygnowało 41% z badanych osób [23].

Jest to stosunkowo mało reprezentatywna grupa badawcza, daje jednak pewien obraz zachowań funkcjonujących w danej społeczności.

Duże znaczenie w poczuciu własnej seksualności ma utrata młodego i atrakcyjnego wyglądu przez współczesnych seniorów. Aż 45% negatywnie ocenia swój wygląd. Wszechobecny przymus piękna i atrakcyjności powoduje, że współczesny senior nie chce się starzeć. Wśród kobiet po 50 roku życia w Stanach Zjednoczonych 5-krotnie wzrosła częstotliwość operacji plastycznych.

Tematem tabu jest seksualność ludzi przebywających w domach opieki (DPS). Seniorzy będący pensjonariuszami takich miejsc nadal pragną intymności, poczucia przyjemności i miłości [23]. Dla 69% pensjonariuszy DPS seksualność jest istotną wartością w ich życiu. 49% badanych seniorów rezygnuje z aktywności seksualnej, 22% (głównie mężczyzn) wybiera masturbację. W wielu domach opieki pensjonariusze są zmuszani do życia w celibacie, a wynika to z błędnych przekonań i uprzedzeń opiekunów na temat seksualności starszych ludzi. Obserwując aktualne sposoby sprawowania opieki nad osobami starszymi, nie zauważa się istotnych różnic w postrzeganiu ich potrzeb seksualnych. Badania dowodzą, że w instytucjach geriatrycznych stosowane były kary fizyczne, którym towarzyszyło obrzydzenie, zażenowanie, bezradność w obliczu pojawiających się sytuacji o charakterze seksualnym przejawianych przez podopiecznych seniorów. Najczęściej w tych organizacjach prezentowana jest postawa „wykluczenia seksualności", a przejawy miłosnych relacji (przytulanie, głaskanie, tulenie) często nie są akceptowane, bywają traktowane pobłażliwie zarówno przez opiekunów jak i przez rodzinę [23,24].

Seksualność ludzi 65+ to sfera, która ma wiele wyzwań. Należy zwrócić szczególną uwagę na przekaz medialny, który gloryfikuje głównie ludzi „młodych i pięknych". Mało miejsca poświęca się seksualności seniorów, obok ogromu informacji o świadczeniach emerytalno-rentowych [25].

Powinniśmy zacząć postrzegać proces starzenia się zgodnie z definicją: "jako naturalną, dynamiczną konsekwencję rozwoju człowieka, respektując jego wady, dostrzegając zalety i pozwalając godnie żyć i pełnoprawnie uczestniczyć we wszystkich obszarach życia: społecznym, emocjonalnym, intelektualnym, seksualnym. Seniorzy nie czują się staro. Wprost przeciwnie. Obie płcie poszukują w Internecie nowych partnerów, dyskutują o seksie i miłości. O tym, że szukają nowych doznań świadczy wzrost liczby pozwów o rozwód. W przypadku kobiet po pięćdziesiątce o 28%, a mężczyzn po sześćdziesiątce aż o 39%. Pięćdziesięciolatki, uwolnione od wychowania dzieci, pracy zawodowej i pigułek antykoncepcyjnych, chętnie romansują. Sześćdziesięciolatkowie dzięki Viagrze i Internetowi czują się pewniej niż kiedykolwiek. Pokolenie trzeciego wieku chce używać życia [26].

embarrassment, helplessness in the face of emerging sexual situations manifested by seniors. Most often in these organizations the attitude of "sexuality exclusion" is presented, and manifestations of loving relationships (hugging, stroking, cuddling) are often not accepted, they are treated indulgently by both carers and the family [23, 24].

The sexuality of people aged 65+ is a sphere that has many challenges. Particular attention should be paid to the media message, which mainly glorifies "young and beautiful" people. Little space is devoted to the sexuality of seniors, apart from the vast amount of information on pension benefits [25].

We should start to perceive the aging process in accordance with the definition: "as a natural, dynamic consequence of human development, respecting its flaws, recognizing its advantages and allowing it to live with dignity and participate in all areas of life: social, emotional, intellectual, sexual. Seniors don't feel old. On the contrary. Both sexes look for new partners on the Internet, discuss sex and love. The fact that they are looking for new sensations is evidenced by the increase in the number of divorce cases. In the case of women over 50 by 28%, and men over 60 by as much as 39%. Fifty-year-olds, freed from raising children, professional work and birth control pills, are eager to romance. Sixty-year-olds, thanks to Viagra and the Internet, feel more confident than ever. The generation of the third age wants to enjoy life [26].

CONCLUSIONS

The topic of sexuality in old age is a developmental topic. Observing the constantly increasing average human life expectancy, we should devote more time to planning the senior policy. The next generations are entering old age. The progress of science, the development of technology, computerization will contribute to the fact that we will no longer treat the elderly as a separate social group with mainly cultural, social and religious limitations. Old age and aging should be perceived as a dynamic process of progressing human development, which has its own dreams, desires, goals and rights.

Sexuality is a complex issue, but everyone has the right to express it. Seniors are people with a lot of life experience. They are often interesting people with a lot to say to younger generations. Let them function in society with full rights, respecting all spheres of life, allowing them to show their sexuality and otherness.

WNIOSKI

Temat seksualności wieku podeszłego jest tematem rozwojowym. Obserwując stale wzrastającą średnią długość życia człowieka powinniśmy więcej czasu poświęcić planowaniu polityki senioralnej. Kolejne pokolenia wkraczają w wiek podeszły. Postęp nauki, rozwój techniki, komputeryzacja przyczynią się do tego, że ludzi starszych przestaniemy traktować jako odrębną grupę społeczną posiadającą głównie ograniczenia: kulturowe, społeczne, religijne. Starość i starzenie się powinny być postrzegane jako dynamiczny proces postępującego rozwoju człowieka, który ma swoje marzenia, pragnienia, cele, prawa.

Seksualność jest skomplikowanym zagadnieniem, ale każdy człowiek ma prawo, by ją wyrażać. Seniorzy to osoby mające duże doświadczenie życiowe. Często są to ciekawi ludzie mający wiele do powiedzenia młodszym pokoleniom. Pozwólmy im pełnoprawnie funkcjonować w społeczeństwie, szanując wszystkie sfery życia, pozwalając okazywać swoją seksualność, odmienność.

REFERENCES

1. Lew-Starowicz Z. (2000). Seks w jesieni życia. Warszawa: Dom Wydawniczy Bellona;
2. Grodzicki T., Kocemba J., Skalska A. (2006), Geriatria z elementami gerontologii ogólnej. Gdańsk. Via Medica;
3. Kinsey AC,Pomeroy WB, Martin CE. Sexual behavior in the human female. Philadelphia, PA. WB Saunders; 1948
4. Izdebski Z., Wiśniewski J.L. (2014). Intymnie. Rozmowy nie tylko o miłości. Kraków: Społeczny Instytut Wydawniczy Znak;
5. National Council on the Aging (NCOA). Sex after 60: A natural part of live. Washington, DC; 1998, http://WWW.ncoa.org/kontent.cfm?sectionID= 109&detail = 134#survey;
6. Wiśniewski J. L. (2015). Moje historie prawdziwe. Wydawnictwo Literackie;
7. Lew-Starowicz Z. (1988). Seks dojrzały. Warszawa: PZWL;
8. Rosenthal T. C. Geriatria, 2009, Lublin, Wydawnictwo Czelej;
9. Shifren JL,Braustein GD,Simon JA,et al. Transdermal testoserone In women with impaired sexual function after oophorectomy. N. Engl J Med. 2000;343:682-688
10. Masters W., Johnson V. (1975). Niedobór seksualny człowieka. Warszawa: PZWL;
11. Nicolosi A. Laumann E.O., Glasser D.B., et al. Sexual behavior and sexual dysfunction after age 40: Global study of sexual attitudes and behaviors. Urology. 2004, 64: 991-997;
12. Starr B. D., Weiner M. B., The Starr-Weiner report on sex and sex-guality In thematureyears. New York, NY: Stein and Day, 1981;
13. Wawrzyniak J. K. Seksualność osób 50 plus. Wybrane konteksty analizy zjawiska, Edukacja Dorosłych 2011, nr 1;
14. Izdebski Z., Ostrowska A. (2004). Seks po polsku. Zachowania seksualne jako element stylu życia Polaków, MUZA SA Warszawa;
15. Cichocka M. (2004). Starość i seks. W:M.Beisert (red.). Seksualność w cyklu życia człowieka. Poznań: Zakład Wydawniczy K. Domke;
16. Lew-Starowicz Z. Problemy z seksem. (1991), Słupsk, Oficyna Wydawnicza „Pobrzeże";
17. Carson CC. Erectile dysfunction In the 21st century: Whom we can treat,whom we Carnot treat and patient education. Int J Import Res. 2002, 14 (Suppl 1): S29-S34;
18. Araujo A.B., Mohr B.A., McKinlay J.B. Changes In sexual function In Middle-aged and older men:Longitudinal data from the Massachusetts Male Aging Study. I Am Geriatr Soc. 2004, 52: 1502-1509;
19. Geiss IM,Umek WH,Dungl A, et al. Prevalence of female sexual dysfunction In gynecologic and urogynecologic patients according to the international consensus classification Urology. 2003; 62:514-518
20. Imieliński K. (1977). Psychofizjologiczne problemy seksuologii, w: K. Imieliński (red.). Seksuologia społeczna. Zagadnienia psychospołeczne, Warszawa, PWN;
21. Krzyżowski J. (2004). Psychogeriatria. Warszawa: Wydawnictwo Medyk;
22. Ginsberg T.B., Pomerantz S. C., Kramer-Feeley V., Sexuality in older adults: Age Ageing (September 2005) 34(5): 475-480;
23. Kijak R. Życie intymne ludzi starych, Koordynacja na rzecz aktywnej integracji;
24. Kowalewska A., Jaczewski A., Komosińska K., Problemy wieku starczego, w: A. Fabis (red.), Seniorzy w rodzinie, instytucji i społeczeństwie. Wybrane zagadnienia współczesnej gerontologii, Sosnowiec 2005, s.21;
25. Raport medialny: Wizerunek Osób Starszych w Mediach – sierpień 2007. www.kobieta.gov.pl/zal/f321 1.pdf;
26. Wroniszewska D. (2006). Era miłości pragmatycznej. Angora nr 37;

Barbara Nieradko – Iwanicka
Zakład Higieny I Epidemiologii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie
ul. Chodźki 7, 20-093 Lublin
e-mail: barbara.nieradko-iwanicka@umlub.pl