





# KALEJDOSKOP I

**Redakcja naukowa**

dr hab. Anna Cieślińska, prof. UWM

mgr Robert Stryński

mgr inż. Piotr Jakuc

Wydanie III

MONOGRAFIA

Olsztyn, luty 2022

Recenzenci:

dr hab. Anna Cieślińska, prof. UWM  
dr hab. Joanna Chłosta-Zielonka, prof. UWM  
dr hab. inż. Renata Pietrzak-Fiećko, prof. UWM  
dr hab. inż. Małgorzata Tańska, prof. UWM  
dr hab. Monika Kotowska  
dr inż. Joanna Ciborska  
dr Kinga Lisowska  
dr Małgorzata Stańczak  
dr Radosław Sierocki  
mgr Robert Stryński

Redakcja naukowa:

dr hab. Anna Cieślińska, prof. UWM  
mgr Robert Stryński  
mgr inż. Piotr Jakuć

**Wydawnictwo**

CEKONA

Druk publikacji wykonano na podstawie dostarczonych oryginalnych tekstów, na odpowiedzialność autorów poszczególnych prezentacji.

ISBN: 978-83-962631-9-3

## Spis Treści

1. ZJAWISKO HANDLU LUDŹMI JAKO ZJAWISKO MIĘDZYNARODOWE – ASPEKTY KRYMINOLOGICZNE <b>Radostław Jasiński</b> .....	6
2. NANOSREBRO JAKO PRZYKŁAD SUBSTANCJI PRZECIWDROBNOUSTROJOWEJ STOSOWANEJ W ZMIANACH SKÓRNYCH <b>Mariola Mendrycka, Anna Dziuba, Natalia Janiszek</b> .....	17
3. RECENZJA KSIĄŻKI - „OBCY U NASZYCH DRZWI”- ZYGMUNTA BAUMANA <b>Dariusz Średnicki</b> .....	32
4. WPŁYW TELOMERÓW ORAZ TELOMERAZY NA PŁODNOŚĆ <b>Joanna Zaziąbło</b> .....	38
5. WYDAJNA KOMPRESJA GRAFIKI HIRES DLA PLATFORMY COMMODORE 64 DO FORMATU THP <b>Tomasz Kapusta</b> .....	47
6. LLL - KOMPAKTOWY FORMAT GRAFICZNY DLA PLATFORMY COMMODORE 64 <b>Tomasz Kapusta</b> .....	56
7. WPŁYW ZAMIENNIKÓW CUKRU NA PROBIOTYCZNE KULTURY STARTEROWE BAKTERII MLEKOWYCH <b>Martyna Zielińska-Tadych, Anna Ligocka, Agnieszka Szliep</b> .....	64
8. „NIEPOKOLENIA”? TEORIA I PRAKTYKA (INTERNETU) FUNKCJONOWANIA POKOLEŃ <b>Anna Woźniak</b> .....	73

9. WPŁYW POSZCZEGÓLNYCH ODMIAN PSZENICY ZWYKŁEJ NA CECHY MASOWE I POWIERZCHNIOWE ZIAREN Joanna Browarek .....	90
10. WIELKOPRĄDOWE SYNTETYCZNE ŹRÓDŁO DO BADAŃ ZWARCIOWYCH Karol Nowak, Jerzy Janiszewski, Andrzej Książkiewicz .....	104
11. PÓŁPRZEWODNIKOWY ELIMINATOR ŁUKU ELEKTRYCZNEGO W UKŁADACH NISKIEGO NAPIĘCIA Karol Nowak, Jerzy Janiszewski, Łukasz Drużyński .....	120

Radostaw Jasiński  
Instytut Nauk Prawnych  
Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie

ORCID: 0000-0003-1229-5371

## Zjawisko handlu ludźmi jako zjawisko międzynarodowe – aspekty kryminologiczne

### Wstęp

Handel ludźmi (*ang. Trafficking in Human Beings*) rozumiany jest jako naruszenie podstawowych praw człowieka oraz poważna forma przestępczości zorganizowanej, która jest zakazana m.in. przez Kartę praw podstawowych UE (art.5 ust.3)<sup>1</sup>. Przepięstwo związane z handlem ludźmi zdefiniowane jest także w Traktacie o funkcjonowaniu Unii Europejskiej (TFUE) jako szczególnie poważna forma przestępczości zorganizowanej (art. 83) mająca związek z nielegalną polityką migracyjną (art. 79).

Handel ludźmi wiąże się z wyzyskiem innych osób (w sytuacji, gdy dana osoba nie może odmówić lub opuścić danego miejsca/państwa z powodu gróźb, przemocy, przymusu, oszustwa i/lub nadużycia władzy) i może wyrządzić ofiarom krzywdę fizyczną oraz emocjonalną. Warto zaznaczyć, iż żaden kraj, żadna płeć ani żadna grupa społeczna nie są odporne na tego rodzaju zjawisko przestępcze. Wszystkie państwa członkowskie UE mogą być krajem pochodzenia, tranzytu lub krajem docelowym ofiar.

### Formy handlu ludźmi

Handel ludźmi (*THB*) to poważne przestęstwo, często popełniane w ramach przestępczości zorganizowanej, która wiąże się z rażącym naruszeniem praw podstawowych jednostki. Przepięstwo to można popełnić w pięciu głównych formach wyzysku, które są szczegółowo opisane w dyrektywie 2011/36/UE<sup>2</sup>, z możliwym ich szerszym zakresem (np. nielegalna adopcja lub przymusowe małżeństwo – zob. pkt. 11 przedmowy do dyrektywy):

- wyzyskiwanie seksualne;
- wyzysk pracy, niewolnictwo lub podobne praktyki oraz służebność domowa;
- przymusowe żebranie;

---

<sup>1</sup>KARTA PRAW PODSTAWOWYCH UNII EUROPEJSKIEJ 2012/C 326/02

<sup>2</sup>DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO i RADY 2011/36/UE z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie zapobiegania handlowi ludźmi i zwalczania tego procederu oraz ochrony ofiar, zastępująca decyzję ramową Rady 2002/629/WSiSW

- wykorzystywanie do działalności przestępczej;
- usunięcie narządów.

Handel ludźmi obejmuje fizyczne i/lub psychiczne znęcanie się nad ofiarą. Wymagana jest szczególna wzmianka o handlu dziećmi, które są najbardziej narażonymi ofiarami ze względu na ich młody wiek. Aby wykryć potencjalną ofiarę handlu ludźmi, istnieje wiele znaków (wskaźników), które mogą ostrzec o przypadku handlu ludźmi. Na podstawie pierwszego raportu dotyczącego postępów w zwalczaniu zjawiska handlu ludźmi opublikowanego przez Komisję Europejską<sup>3</sup>: „handel ludźmi w celu wykorzystywania seksualnego jest nadal najbardziej rozpowszechnioną formą tego rodzaju przestępczości (67% zarejestrowanych ofiar), wyzysk w pracy (21% zarejestrowanych ofiar). Pozostałe 12% stanowią ofiary handlu ludźmi w celu innych form wyzysku. Analizując dane z raportu istotną kwestią jest to, że ponad 3/4 zarejestrowanych ofiar to kobiety (76%), a co najmniej 15% ofiar stanowią dzieci. w większości (aż 65% zarejestrowanych ofiar) to obywatele UE.”

Do kontrolowania ofiar stosuje się różne formy przymusu. Istnieje wiele metod kontroli stosowanych przez handlarzy, zwykle różniących się w zależności od kulturowego, religijnego i duchowego pochodzenia ofiar. Obejmują one od przemocy fizycznej po psychiczną oraz metody niekonwencjonalne jak np. stosowanie *voodoo* głównie przez handlarzy ludzi z Afryki Zachodniej (głównie z Beninu, Ghany, Togo i Nigerii). Sprawcy wykorzystują także słabszą pozycję potencjalnych ofiar, na którą wpływ mogą mieć także takie czynniki, jak ubóstwo, dyskryminacja, nierówność płci, przemoc mężczyzn wobec kobiet, brak dostępu do edukacji, konflikty, wojna, zmiany klimatyczne, degradacja środowiska oraz klęski żywiołowe. Jak wskazuje badanie Komisji Europejskiej na temat grup wysokiego ryzyka w handlu ludźmi<sup>4</sup>, większość handlarzy nadużywa bezbronnej pozycji ofiar, aby nimi manipulować i czerpać z tego zyski. Podatność osoby na wykorzystywanie handlu ludźmi jest powiązana z jej pochodzeniem społeczno-ekonomicznym, a zwłaszcza z:

-sytuacją społeczną - na przykład z udziałem rodzin niepełnych, sierot, przemocy w rodzinie, przymusowych małżeństw, nadużywania alkoholu lub środków odurzających, niskiego poziomu edukacji lub braku możliwości edukacyjnych lub potencjalnej dyskryminacji;

-sytuacją ekonomiczną - taką jak ubóstwo, odpowiedzialność dzieci lub osób starszych, od których oczekuje się wkładu do budżetu domowego, zaburzenia ekonomiczne, takie jak globalne nierówności lub długi dotykające ich i/lub ich rodziny.

---

<sup>3</sup> Report on the progress made in the fight against trafficking in human beings (2016) as required under Article 20 of Directive 2011/36/EU on preventing and combating trafficking in human beings and protecting its victims, 2016.

<sup>4</sup> Study on high-risk groups for trafficking in human beings, Final Report, Publications Office of the European Union, 2015



Jedną z form handlu ludźmi jest wykorzystywanie seksualne, które nie ma uzgodnionej międzynarodowej definicji prawnej. Protokół UNODC<sup>5</sup> definiuje pojęcie „wykorzystywanie seksualne” jako „uzyskanie korzyści finansowych lub innych, poprzez zaangażowanie w prostytutkę innej osoby, zniewolenie seksualne lub innego rodzaju usługi seksualne, w tym akty pornograficzne lub produkcję materiałów pornograficznych”. Wykorzystywanie seksualne może być, w takim wypadku, rozumiane jako proceder, podczas którego seks lub akty seksualne są wymieniane na „zysk dla ofiary” w różnej formie, tj.: żywność, schronienie, ochrona lub środki odurzające. Większość osób wykorzystywanych seksualnie to m.in. kobiety przed 18 rokiem życia lub po 60 roku życia, kobiety w ciąży, osoby chore i niepełnosprawne oraz osoby niepełnoletnie.

Kolejną formę stanowi nielegalne pozyskanie siły roboczej, który obejmuje pracę przymusową, oznaczającą „wszelką pracę lub świadczenie usług, których wymaga się od jakiejkolwiek osoby pod groźbą kary i do której dana osoba nie zgłosiła się dobrowolnie”.<sup>6</sup> Użycie terminu „cała praca lub usługa” wyjaśnia, że zakaz pracy przymusowej dotyczy wszystkich rodzajów pracy, usług i zatrudnienia. Zazwyczaj handlarze ludźmi wykorzystują obywateli własnego kraju, zwłaszcza po uzyskaniu przez potencjalne ofiary obywatelstwa kraju przyjmującego w UE. Zwykle ofiary handlu ludźmi w związku z pozyskaniem siły roboczej są skierowane do takich sektorów zatrudnienia jak: rolnictwo, żniwa; przemysł budowlany, sektor usługowy lub spożywczy (tj. praca w hotelach, restauracjach czy kawiarniach) oraz kopalnie i inne wydobycie surowców mineralnych.

Niektóre ramy prawne uznają zmuszanie do żebractwa za formę pracy przymusowej, podczas gdy inne już wprowadziły konkretną wzmiankę o żebractwie jako odrębnej formie wykorzystywania w handlu ludźmi (ponieważ pociąga to za sobą różnice prawne w stosunku do pracy). Dlatego przymusowe żebractwo wchodzi w zakres handlu ludźmi tylko wtedy, gdy występują wszystkie elementy pracy przymusowej lub jeśli jest to wyraźnie określone w krajowych kodeksach karnych.

Poza wyżej wymienionymi formami handlu ludźmi, niektóre przepisy wyraźnie wymieniają inne formy, takie jak nielegalne dawstwo narządów, nielegalna adopcja, małżeństwa przymusowe oraz „wczesne małżeństwa”.

---

<sup>5</sup> Protokół Narodów Zjednoczonych o zapobieganiu, zwalczaniu i karaniu za handel ludźmi, w szczególności kobietami i dziećmi, uzupełniający Konwencję Narodów Zjednoczonych przeciwko międzynarodowej przestępczości zorganizowanej oraz w sprawach z nim związanych lub z nim związanych z dnia 9 czerwca 2011 r.

<sup>6</sup> Konwencja MOP nr 29 z 1930 r. dotycząca przymusu lub obowiązkowej pracy.

## **Handel dziećmi jako szczególna forma handlu ludźmi**

Dzieci są bardziej bezbronni niż dorośli, a w związku z tym są bardziej narażone na stanie się ofiarami handlu ludźmi. Zgodnie z Kartą praw podstawowych Unii Europejskiej oraz Konwencją ONZ o prawach dziecka z 1989 roku<sup>7</sup> interes dziecka musi być sprawą nadrzędną. Gdy przestępstwo dotyczy dziecka, podlega karze jako przestępstwo handlu ludźmi, nawet jeśli nie ma zastosowania żaden ze środków określonych w definicji handlu ludźmi, tj.:

- rekrutacja,
- transport,
- transfer,
- przechowywanie lub przyjmowanie osób, w tym wymiana lub przekazanie kontroli nad tymi osobami za pomocą groźby lub użycia siły lub innych form przymusu,
- uprowadzenie,
- oszustwo,
- nadużycie władzy lub wykorzystanie położenia w trudnej sytuacji,
- wręczanie lub otrzymywanie płatności lub korzyści dla uzyskania zgody osoby sprawującej kontrolę nad inną osobą,
- w celu wyzysku.

Do najczęstszych form handlu dziećmi należą: wykorzystywanie seksualne (głównie dziewcząt), działalność przestępcza, zmuszanie do żebractwa i zmuszanie do pracy (nielegalna siła robocza). Międzynarodowe organy ścigania włączają w to również nielegalną adopcję i małżeństwo przymusowe (w tym, wczesne małżeństwo). Dzieci mogą być również przewożone przez lotniska z osobami dorosłymi (czasami ich bliskimi), pochodzącymi głównie z krajów spoza UE, ale nie tylko, bez wymaganego zezwolenia prawnego. Jest to poważny problem dla rządów zainteresowanych krajów i organizacji pozarządowych udzielających pomocy (NGO).

## **Czynniki identyfikujące zjawisko handlu ludźmi**

Większość przypadków handlu ludźmi jest identyfikowana przez funkcjonariuszy służb mundurowych pierwszej linii (m.in. Policja, Straż Graniczna), którzy spotykają handlarzy ludźmi i ich ofiary np.:

- podczas rutynowych zatrzymań w celu kontroli pojazdu;
- podczas odpraw granicznych,
- na wezwaniach dotyczących przemocy domowej lub w sprawie napaści;

---

<sup>7</sup>Konwencja o Prawach Dziecka, Przyjęta i otwarta do podpisu, ratyfikacji i przystąpienia rezolucją Zgromadzenia Ogólnego 44/25 z dnia 20 listopada 1989 r. wejście w życie 2 września 1990 r., zgodnie z artykułem 49

- podczas inspekcji restauracji, fabryk, przedsiębiorstw, sklepów bez licencji, sklepów nocnych lub domów publicznych,
- po otrzymaniu informacji od osób trzecich itp.

Czynniki identyfikujące (wskaźniki) to informacje oraz wskazówki świadczące o występowaniu pewnej nietypowej sytuacji dotyczącej danej osoby lub grupy osób. Występowanie tego rodzaju czynników powinno zwrócić uwagę funkcjonariuszy – organów ścigania i straży granicznej – na daną sytuację, która potencjalnie może nosić znamiona handlu ludźmi. w większości przypadków, gdy funkcjonariusze policji pierwszej linii spotykają ofiary handlu ludźmi, osoby te albo nie są świadome tego, że są ofiarami lub są przestraszone i niechętnie do współpracy z funkcjonariuszami.

Na podstawie wytycznych dotyczących identyfikacji ofiar handlu ludźmi w Europie<sup>8</sup> wyróżnić można wskaźniki z zakresu wyglądu i zachowania, relacji społecznych, dokumentów oraz warunków życia, które mogą wskazywać na przypadek zjawiska handlu ludźmi w dowolnej jego formie.

Do wskaźników dotyczących wyglądu i zachowania potencjalnych ofiar możemy zaliczyć m.in.:

- urazy, które wydają się być wynikiem napaści;
- zachowanie polegające na sprawianiu pozorów cierpienia, stresu, strachu lub fizycznego bólu;
- postawy lękliwe lub niespokojne;
- obawa przed ujawnieniem statusu migracyjnego;
- (duża) nieufność do władz;
- skrajnie pasywne zachowanie, szczególnie w przypadku oddzielenia od lidera grupy.

Wśród wskaźników z zakresu relacji społecznych (np. dotyczących relacji z towarzyszami) wyróżnia się m.in.: przybycie z kimś, kto nalega, aby cały czas pozostawać z ofiarą, zachowywanie ciszy i pozostawanie w tle podczas przesłuchania (tylko jedna osoba mówi i odpowiada w imieniu ofiary), bardzo ograniczona znajomość języka (-ów), brak kontaktu ze światem zewnętrznym lub lokalną społecznością, (częściowo) ograniczona swoboda poruszania się, brak pozwolenia na wyjazd, stały nadzór lub obecność osoby towarzyszącej, żadnych kontaktów telefonicznych, sieci społecznościowych ani poczty e-mail.

Oprócz powyższych wskaźników ogólnych istnieją inne, które są specyficzne dla poszczególnych form związanych ze zjawiskiem handlu ludźmi. w zakresie

---

<sup>8</sup> Guidelines for the first level identification of victims of trafficking In Europe, June 2013.

wykorzystywania seksualnego ofiara może być zmuszana do czynności seksualnych bez prezerwatywy, może być nosicielem choroby przenoszonej drogą płciową lub może być zmuszana do prostytucji nawet wtedy, gdy jest chora, w ciąży lub miesiączkuje. Handel ludźmi w celu wykorzystania osób jako darmowej siły roboczej dotyczy sytuacji, w których m.in. może dochodzić do przeludnienia w miejscu zamieszkania/bytowania osób pracujących (zazwyczaj nielegalnie), warunki pracy naruszają przepisy prawa pracy oraz bezpieczeństwa, pracodawca nie jest w stanie okazać umów o pracę lub nie prowadzi rejestru ani ubezpieczenia pracowników.

### **Ofiary handlu ludźmi – ochrona i identyfikacja**

Kompleksowe i prewencyjne podejście oparte na prawach ofiary jest niezbędne do skutecznego zwalczania handlu ludźmi. Konwencja Rady Europy w sprawie działań przeciwko handlowi ludźmi (Warszawa 2005) oraz Protokół ONZ w celu zapobiegania, zwalczania oraz karania za handel ludźmi (Nowy Jork 2003) – były kluczowymi krokami podjętymi w procesie formalnego ustanowienia wspólnego zbioru praw przysługujących ofiarom handlu ludźmi. w związku z przyjęciem m.in. dyrektywy UE 2011/36/UE (w sprawie zapobiegania handlowi ludźmi i zwalczania handlu ludźmi oraz ochrony ofiar, przyjęta przez Parlament Europejski i Radę w dniu 5 kwietnia 2011 r.) przepisy w tym zakresie zostały rozwinięte. Wzmocniono potrzebę zintegrowanego, całościowego i opartego na prawach człowieka podejścia do ofiar handlu ludźmi. Wspiera państwa członkowskie w przyjmowaniu podejścia skoncentrowanego na ofierze w postępowaniu z ofiarami handlu ludźmi, dostosowanego do potrzeb osoby, która przeżyła traumę i została ofiarą tego rodzaju przestępstwa.

Wczesna identyfikacja ofiary handlu ludźmi jest niezbędna, aby skutecznie pomagać, wspierać i chronić ją (jednocześnie umożliwiając policji i prokuraturze sprawniejsze prowadzenie dochodzeń i ściganie sprawców). To podejście skoncentrowane na ofierze skupia działania na potrzebach i obawach ofiary, zapewniając współczujące i wrażliwe świadczenie usług w sposób nieoceniający jej przeżyć z przeszłości.

Podejście skoncentrowane na ofierze ma również na celu zminimalizowanie ponownej traumatyzacji związanej z postępowaniem karnym. Odbywa się to poprzez zapewnienie niezbędnego wsparcia i doprowadzenie do wzmocnienia pozycji ofiar jako zaangażowanych uczestników procesu, odgrywających znaczącą rolę w doprowadzaniu przestępców przed wymiar sprawiedliwości. Potrzeby, dobro i bezpieczeństwo ofiary są priorytetem we wszystkich sprawach i procedurach.

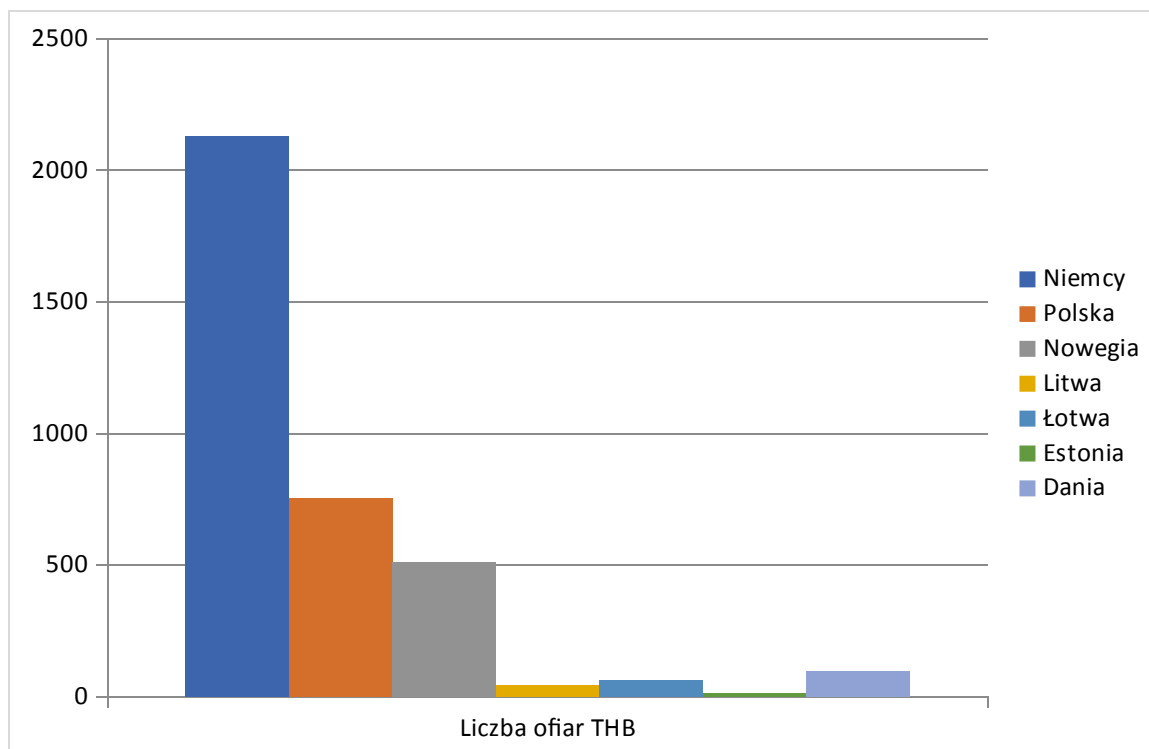
## Handel ludźmi – statystyka zjawiska

Dane statystyczne stanowią podstawowe narzędzie do identyfikacji i zrozumienia aktualnych wydarzeń, a także pozwalają przedstawić ogólny trend oraz formy objawowe w dziedzinie zjawiska handlu ludźmi występujące na skalę międzynarodową. Dane zbierane są na poziomie międzynarodowym od szerokiego grona podmiotów działających w dziedzinie zwalczania handlu ludźmi. Aktualnie nie ma spójnego i kompleksowego podejścia do gromadzenia takich danych ponieważ, istnieją różnice w sposobie ich zbierania i przetwarzania. Gromadzenie danych jest prowadzone przez różne podmioty w państwach na całym świecie, a zbiory danych różnią się w zależności od kraju.

Tabela 1. Opracowanie własne na podstawie Trafficking In persons Report, 2020

Rok	Oskarżeni	Skazani	Ofiary zidentyfikowane
2013	9460 (1199)	5776 (470)	44758 (10603)
2014	10051 (418)	4443 (216)	44462 (11438)
2015	19127 (857)	6615 (456)	77823 (14262)
2016	14939 (1038)	9072 (717)	68453 (17465)
2017	17471(869)	7135 (332)	96960 (23906)
2018	11096 (457)	7481 (259)	85613 (11009)
2019	11841 (1024)	9548 (498)	118932 (13875)

Powyższe statystyki są szacunkami uzyskanymi na podstawie danych dostarczonych oraz zweryfikowanych przez Departament Stanu USA gromadzący informacje dotyczące „dochodzeń w sprawie handlu ludźmi, ścigania i wyroków skazujących w celu pełnego wyeliminowania handlu ludźmi”.



Wykres 1. Opracowanie własne na podstawie Human Trafficking, *Baltic Sea Region Round-Up, 2020*

Na podstawie raportu Rady Państw Morza Bałtyckiego (RPMB) przedstawiającego przegląd bieżących wydarzeń, projektów, inicjatyw, danych statystycznych, mechanizmów koordynacji i pojawiających się tendencji w zakresie handlu ludźmi w regionie Morza Bałtyckiego zauważyć należy, że najwięcej ofiar zjawiska handlu ludźmi zidentyfikowano w Niemczech (2130 ofiar), Polsce (753 ofiar) oraz Norwegii (512 ofiar). Większość zidentyfikowanych ofiar w regionie Morza Bałtyckiego to kobiety. Jedynie na terenie Danii oraz Litwy przeważają ofiary płci męskiej.<sup>9</sup> Około połowa ofiar zidentyfikowanych w krajach docelowych w regionie Morza Bałtyckiego pochodzi z krajów spoza Europy. Warto zauważyć, iż ofiary nigeryjskie nadal stanowią największą grupę ofiar z krajów spoza Europy. Inne narodowości występujące wśród ofiar handlu ludźmi to m.in. obywatele Tajlandii, Filipin, Wietnamu, Ukrainy, Rumunii i Bułgarii.

### Zapobieganie handlowi ludźmi

Celem protokołu ONZ z Palermo jest „zapobieganie handlowi ludźmi i zwalczanie go, ze szczególnym uwzględnieniem kobiet i dzieci”; „ochrona i pomoc ofiarom takiego handlu, przy pełnym poszanowaniu ich praw człowieka”; oraz

<sup>9</sup> Human Trafficking, *Baltic Sea Region Round-Up*, Council of the Baltic Sea States, 2020.

„promowanie współpracy między Państwami-Stronami w celu osiągnięcia tych celów”<sup>10</sup>. Powyższe założenia odzwierciedlają strategię powszechnie znaną jako trzy „P”: ochrona (*protect*), ściganie (*prosecution*) i zapobieganie (*prevention*).

Unia Europejska za pośrednictwem dyrektyw określa wymogi dotyczące zapobiegania handlowi ludźmi. „Zapobieganie” dosłownie oznacza „zapobieganie wydarzeniu się czegoś”. Potrzeba zapobiegania handlowi ludźmi (*THB*) stała się szczególnie istotna ze względu na wzrost i rosnącą świadomość handlu ludźmi oraz ograniczoną skuteczność egzekwowania prawa.

Zapobieganie jest lepszym rozwiązaniem niż zwalczanie handlu ludźmi (tylko działanie reaktywne), ponieważ nie tylko zapobiega w pierwszej kolejności, aby ludzie nie stali się ofiarami handlu ludźmi, ale także zmniejsza zapotrzebowanie organów ścigania na różnego rodzaju zasoby i środki (w tym finansowe) do jego zwalczania. Aby działania profilaktyczne były skuteczne, muszą obejmować multidyscyplinarne i skoordynowane podejście skupiające partnerów z sektora publicznego oraz prywatnego, którzy swoimi działaniami wspierają ofiary, namierzają przestępców i zajmują się zwalczaniem przyczyn przestępczości handlu ludźmi. w praktyce kraje starają się wdrażać wiele różnych narzędzi profilaktycznych, w tym (ale nie tylko):

- partnerstwo (między zainteresowanymi stronami z sektora publicznego i prywatnego);
- (samo)regulacja i inspekcje;
- kampanie uświadamiające;
- model bariery, który służy do blokowania okazji do złamania prawa sprawcom handlu ludźmi.

Ponieważ partnerzy z sektora publicznego i prywatnego stykają się z handlem ludźmi na różnych etapach tego procesu, mogą zbudować pełny obraz problemu tylko wtedy, gdy połączą swoje informacje i stworzą sieć wsparcia pozwalającą podjąć wspólne lub uzupełniające się działania przeciwko handlowi ludźmi – na przykład:

- organy ścigania mogą prowadzić dochodzenia i ścigać sprawców;
- gminy i inni partnerzy publiczni mogą nakładać sankcje administracyjne lub cofać licencje, zakłócając tym samym działalność ZGP.

Partnerstwa są również niezbędne, aby zapewnić ofiarom wsparcie i pomoc. Oprócz agencji rządowych, organizacje pozarządowe, związki zawodowe i firmy odgrywają ważną rolę w tych kwestiach, w tym w zapobieganiu handlowi ludźmi (i/lub ponownej wiktyimizacji) oraz ochronie ofiar.

<sup>10</sup> Protokół o zapobieganiu, zwalczaniu oraz karaniu za handel ludźmi, w szczególności kobietami i dziećmi, uzupełniający Konwencję Narodów Zjednoczonych przeciwko międzynarodowej przestępczości zorganizowanej, przyjęty przez Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych dnia 15 listopada 2000 r.

## Wnioski

Należy podejmować wysiłki w celu podniesienia świadomości społecznej na temat problemu handlu ludźmi poprzez publiczne kampanie prewencyjne i informacyjne oraz inne środki przekazu. Powszechne są dwa główne rodzaje edukacji publicznej, związane zarówno z podażą, jak i popytem. Po pierwsze, ogólnospołeczne programy uświadamiające wykorzystujące media, filmy, reklamy i ogłoszenia publiczne itp. Przykładami są kampania Blue Heart oraz kampania „Nie jesteś na sprzedaż” zainicjowana przez Portugalską Służbę Imigracyjną i Graniczną (między innymi). Kolejną szansą na podniesienie świadomości społecznej są kampanie tworzone dla określonej grupy odbiorców (grupy ryzyka lub potencjalne ofiary handlu ludźmi). Obejmują one programy szkolne, a także programy skierowane do biznesu i przemysłu w celu stworzenia kultury świadomości i odpowiedzialności społecznej. Przykładem takiej kampanii jest Vega Children, szkoleniowy film szkoleniowy opracowany przez FRONTEX, którego celem jest ogólnodostępność wiadomości i poniesienie świadomości w zakresie zjawiska handlu ludźmi (film dostępny jest z napisami we wszystkich językach UE). Ponadto należy ustanowić mechanizmy pomocy ofiarom zjawiska handlu ludźmi. Mechanizmy te to środki ustanowione w celu zapewnienia, że dana osoba zostanie niezwłocznie skierowana do odpowiednich agencji wsparcia, gdzie otrzyma pomoc i wsparcie, gdy tylko właściwe organy uzyskają uzasadnione wskazanie, że dana osoba mogła być ofiarą handlu ludźmi. Organy ścigania państw członkowskich UE powinny kontynuować współpracę w celu wzmocnienia prewencji i walki z handlem ludźmi. W związku z tym niezbędne jest utrzymanie ścisłej współpracy transgranicznej. Obejmuje to wymianę informacji, szkolenia i najlepsze praktyki, a także ciągły otwarty dialog między policją, organami kontroli granicznej, oficerami łącznikowymi, organami sądowymi, ekspertami i organami finansowymi państw członkowskich.



## Bibliografia

### Akty prawne

1. Karta praw podstawowych Unii Europejskiej 2012/C 326/02.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/36/UE z dnia 5 kwietnia 2011 r. w sprawie zapobiegania handlowi ludźmi i zwalczania tego procederu oraz ochrony ofiar, zastępująca decyzję ramową Rady 2002/629/WSiSW
3. Konwencja o Prawach Dziecka, Przyjęta i otwarta do podpisu, ratyfikacji i przystąpienia rezolucją Zgromadzenia Ogólnego 44/25 z dnia 20 listopada 1989 r. wejście w życie 2 września 1990 r., zgodnie z artykułem 49
4. Konwencja MOP nr 29 z 1930 r. dotycząca przymusu lub obowiązkowej pracy.
5. Protokół Narodów Zjednoczonych o zapobieganiu, zwalczaniu i karaniu za handel ludźmi, w szczególności kobietami i dziećmi, uzupełniający Konwencję Narodów Zjednoczonych przeciwko międzynarodowej przestępczości zorganizowanej oraz w sprawach z nim związanych lub z nim związanych z dnia 9 czerwca 2011 r.
6. Protokół o zapobieganiu, zwalczaniu oraz karaniu za handel ludźmi, w szczególności kobietami i dziećmi, uzupełniający Konwencję Narodów Zjednoczonych przeciwko międzynarodowej przestępczości zorganizowanej, przyjęty przez Zgromadzenie Ogólne Narodów Zjednoczonych dnia 15 listopada 2000 r.

### Publikacje zwarte i artykuły

7. Report on the progress made in the fight against trafficking in human beings (2016) as required under Article 20 of Directive 2011/36/EU on preventing and combating trafficking in human beings and protecting its victims, 2016.
8. Study on high-risk groups for trafficking in human beings, Final Report, Publications Office of the European Union, 2015
9. Guidelines for the first level identification of victims of trafficking In Europe, June 2013.
10. Human Trafficking, Baltic Sea Region Round-Up, Council of the Baltic Sea States, 2020.

Mariola Mendrycka, Anna Dziuba, Natalia Janiszek  
Uniwersytet Technologiczne – Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu  
Wydział Nauk Medycznych i Nauk o Zdrowiu  
Autor korespondencyjny: Mariola Mendrycka, m.mendrycka@uthrad.pl

## **Nanosrebro jako przykład substancji przeciwdrobnoustrojowej stosowanej w zmianach skórnych**

### **Wstęp**

Zmiany skórne, takie jak trądzik czy atopowe zapalenie skóry, powodowane są głównie poprzez bakterie Gram dodatnie. Istnieje wiele preparatów leczniczych, które zalecane są przez dermatologów, jako środki poprawiające kondycję skóry i ograniczające rozwój bakterii (Chen i in. 2020). Są to w głównej mierze produkty farmaceutyczne, zawierające substancje naturalne lub syntetyczne (Pótoranos, Czuba 2015). Biorąc pod uwagę rozwój ekologicznego podejścia, wraz z którym wzrasta zapotrzebowanie na produkty organiczne, biodegradowalne i przyjazne dla środowiska, koncerny kosmetyczne inwestują w linie produkcyjne dla preparatów zawierających naturalnie występujące w przyrodzie składniki (Kantor, Hübner 2019). Bazują one na fitozwiązkach lub składnikach mineralnych. Kosmetyki te mogą być wykorzystywane w codziennej higienie, pielęgnacji lub stanowić środki wspierające leczenie niektórych chorób (Zgoda i in. 2019).

Nanosrebro (AgNPs -*Ag nanoparticles*) posiada właściwości przeciwdrobnoustrojowe a jednym z mechanizmów działania bakteriobójczego jest upośledzenie funkcji życiowych bakterii poprzez zmiany w kodzie genetycznym, wzrost przepuszczalności błony komórkowej czy blokowanie biosyntezy białek. z perspektywy wiedzy na temat właściwości leczniczych preparatów zawierających nanosrebro w składzie informacje te są niezwykle cenne (Sikora i in. 2012). Dzięki nim opracowywane są coraz nowsze sposoby leczenia trudno gojących się ran oraz zmian skórnych, wykorzystując techniki z obszaru inżynierii medycznej. Biomateriały w postaci hydrożeli, membran, włókien oraz kompozyty zawierające połączenie chitozanu z tlenkiem cynku i nanosrebra stosowane są w gojeniu się ran (Kędzierska, Miłowska 2019). Według Berner-Strzelczyk i in. (2017) kremy kosmetyczne zawierające liposomy oraz nanosrebro wykazały skuteczność przeciwko drobnoustrojom, takim jak: *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* oraz *Corynebacterium xeriosus*. Ze względu na właściwości poprawiające kondycję skóry oraz działanie przeciwdrobnoustrojowe nanosrebro znalazło zastosowanie w produkcji zarówno samych kosmetyków, jak i innowacyjnych opakowań kosmetyków wolnych od konserwantów (Rodewald 2012). Suszek-Namroży, Zabrocki (2016) podkreślają jeszcze inne zalety

tego surowca kosmetycznego - oprócz wzmożonej aktywności przeciwbakteryjnej, wirusobójczej oraz grzybobójczej, posiada ono działanie antystatyczne a cząsteczki nanosrebra są aktywne w warunkach całkowitej ciemności i normalnego oświetlenia.

### **Mikrobiom a zmiany skórne**

Rozwój technik molekularnych w późnych latach XX wieku pozwolił na pogłębienie dotychczasowej wiedzy i poznanie mikroorganizmów zasiedlających m.in. skórę, jamę nosową, przewód pokarmowy, układ moczowy i płciowy (Tylman i in. 2016). Mikroorganizmy występujące w różnych obszarach organizmu człowieka, mają zdolność odbierania informacji o swoim gospodarzu: jego ciśnieniu osmotycznym, pH, składnikach pokarmowych, stanie mikrośrodowiska czy obecności czynników odpowiedzialnych za odporność (Malinowska i in. 2017).

Skóra pełni ważne funkcje fizjologiczne, a przede wszystkim chroni wnętrze ciała przed urazami, zakażeniem oraz działaniem substancji toksycznych (Wolski, Kędzia 2019). Zasiedlana jest poprzez środowisko różnorodnych drobnoustrojów, które w zależności od położenia topograficznego, endogennych czynników gospodarza i egzogennych czynników środowiskowych, jest bardzo zmienne (Hartman-Adams i in. 2014). Skórę kolonizują miliony zróżnicowanych środowisk bakterii, grzybów, archeonów oraz wirusów, które łącznie składają się na mikrobiom skóry (Gallo 2017). Szacuje się, że na cm<sup>2</sup> skóry, ich liczebność wynosi  $1 \times 10^7$  cfu/cm<sup>2</sup> (Tylman i in. 2016), a skład mikrobiomu zmienia się w ciągu całego życia. u noworodków stopień zróżnicowania mikrobiomu w dużej mierze zależy od sposobu narodzin dziecka (Schoch i in. 2019). Skóra dorosłego organizmu zasiedlana jest głównie przez cztery typy bakterii: *Actinobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes* oraz *Proteobacteria* (Lunjani i in. 2019). Na obszarach bogatych w gruczoły łojowe, np. skóra twarzy, klatka piersiowa dominują bakterie z rodzaju *Cutibacterium* i *Staphylococcus*. w miejscach, gdzie jest wyższa wilgotność oraz temperatura, np. pachwiny, sklepienie pach przeważają *Staphylococcus aureus* (Malinowska i in. 2017). Czynnikiem wpływającym na mikroflorę jest również odwodniona, przesuszona skóra, np. na ramionach czy podudziach - w miejscach tych występuje najmniejsza liczba drobnoustrojów (Krzyżostan 2019). Równowaga bakterii patogennych wobec bakterii komensalnych jest znacząca dla zachowania właściwej funkcji bariery naskórkowej oraz ochrony przed czynnikami zewnętrznymi (Wolski, Kędzia 2019). Drobnoustroje bytujące w mieszkach włosowych, gruczołach łojowych czy porach skóry, pomimo jej oczyszczenia, mogą ponownie kolonizować skórę. Zapobiegać temu ma wydzielanie lekko kwaśnego potu, co ogranicza wzrost mikroorganizmów (Malinowska i in. 2017). *Stratum microbium* w dużej mierze zależy również od wieku, płci czy rasy gospodarza. Występujące na skórze bakterie komensalne, takie jak np. *Staphylococcus epidermidis* mają za zadanie zabezpieczać przed zagrażającymi chorobami (Tylman i in. 2016).

Fizjologiczna flora skóry pełni ważną funkcję ochronną przed zakażeniem jej, wykorzystując pierwszorzędne substraty do metabolizmu, jakimi są lipidy skórne, uwalnia z nich wolne kwasy tłuszczowe o działaniu antydrobnoustrojowym. Żyjące w głębi skóry w środku gruczołów łojowych beztlenowe bakterie z rodzaju *Propionibacterium* mogą w momencie zamknięcia ujścia gruczołów przez naskórek nadmiernie rogowaciejący pod wpływem hormonów gwałtownie się mnożyć, a wtedy ich metabolity powodują stan zapalny, przejawiając się jako trądzik młodzieńczy (Heczko 2006). Jednakowo metabolizujące tłuszcze skóry grzyby *Pityrosporum* powodują łupież, w przypadku nadmiernego wzrostu (Tylman i in. 2016). To naturalne środowisko można zakłócić czynnikami zewnętrznymi, jak stosowanie antybiotyków czy odkażanie dłoni preparatami antybakteryjnymi, prowadząc do dysbiozy, czyli trwałego braku równowagi w składzie mikrobioty skóry (Malinowska i in. 2017). w rezultacie prowadzi do zaburzeń skórnych objawiających się alergiami, łupieżem, egzemą lub trądzikiem. Leczenie tych schorzeń powinno być ukierunkowane na mikrobiom skóry, który posiada potencjał do interwencji terapeutycznych stanów zapalnych skóry (Woo, Sibley 2020).

#### **Aktywność biologiczna i właściwości przeciwdrobnoustrojowe nanosrebra**

Z uwagi na to, iż srebro jonowe często tworzy kompleksy i ulega inaktywacji, jego obecność zastąpiono nanosrebrem. Występuje ono przede wszystkim w kosmetykach, farmaceutykach, środkach higieny, urządzeniach medycznych, stomatologicznych czy nawet w postaci konserwantów (Banach i in. 2007). Jego aktywność biologiczna dotyczy działania antygrzybicznego, antywirusowego, antybakteryjnego oraz przeciwnowotworowego. Powoduje ono hamowanie wzrostu oraz ograniczenie przeżywalności mikroorganizmów i pierwotniaków (Wolska i in. 2017). Właściwości AgNPs ściśle korelują z jego wielkością, kształtem i strukturą. Najwyższą aktywność przeciwdrobnoustrojową wykazują nanocząstki srebra o niewielkich rozmiarach (Orzechowska, Szymańska 2016). Ponadto czynniki zewnętrzne, takie jak: zawartość tlenu czy temperatura, modyfikują tę zdolność (Banach i in. 2014). Nanosrebro oddziałuje na wiele obszarów w komórkach bakteryjnych, poprzez co działa plejotropowo. Przypuszcza się, że wszystkie możliwe mechanizmy nie zostały jeszcze rozpoznane. Pierwotnie oddziaływanie nanosrebra na bakterie sprawdzano eksperymentalnie na gatunku *Escherichia coli* (Wolny-Koładka i in. 2018). Następnie próbowano zaobserwować czy ustalone wówczas informacje i postawione wnioski są zgodne również dla innych gatunków bakterii (Chmielowiec-Korzeniowska i in. 2016).

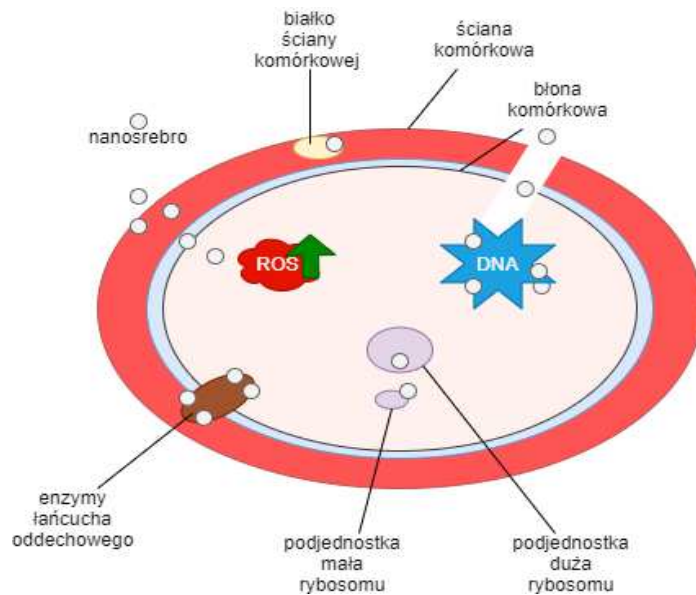
Na podstawie otrzymanych rezultatów eksperymentu prowadzonego przez Kim'a i in. (2007) dotyczącego wpływu różnych stężeń nanosrebra na wzrost szczepu ATCC 43890 *E.coli* ustalono, że współczynnik MIC (ang. *Mininal Inhibitory Concentration*) wynosi od 3,3 do 6,6 nM, zaś efekt hamowania wzrostu zależy od zastosowanego stężenia nanosrebra. Kontrola pozytywna zawierała wodę destylowaną, negatywna –

gentamycynę, a kontrola nośnika została pozbawiona cząstek nanosrebra. Dodatkowo uzyskane wyniki porównano z próbą zawierającą nanosrebro w stężeniu 30 nM. Stwierdzono, iż nanosrebro nie wykazuje tak szerokiego działania bakteriostatycznego jak nanosrebro.

Opisano w literaturze trzy podstawowe mechanizmy oddziaływania nanosrebra na bakterie (Lemire i in. 2013). Pierwszy z nich wiąże się z degradacją błony komórkowej bakterii pod wpływem bezpośredniej działalności nanosrebra. Cząsteczki nanosrebra dokonują modyfikacji jej oddziaływań elektrostatycznych z białkami bogatymi w grupy tiolowe. Możliwe jest to dzięki powstawaniu zagłębienia oraz otworów, umożliwiających wnikanie nanosrebra do wnętrza komórki. W kolejnym etapie dochodzi do powstawania reaktywnych form tlenu i degradacji struktur komórkowych (Wolska i in. 2017).

Nanosrebro wykazuje wysoką zdolność do katalizowania utleniania związków. Obecność cząsteczki tlenu w komórce bakterii powoduje wypieranie atomu wodoru w grupach tiolowych cysteiny. Wówczas w odpowiedzi na jego obecność, kanał przenośników elektronowych zamyka się, transport elektronów ulega zaburzeniom, a łańcuch oddechowy zostaje zahamowany, co prowadzi do śmierci komórki (Wzorek, Konopka 2007).

Nanosrebro może atakować reszty fosforanowe DNA, prowadząc do uszkodzenia materiału genetycznego i zahamowania podziałów komórkowych, zaburzenia ekspresji genów oraz syntezy niektórych białek, inhibicji wielu enzymów i denaturacji białek aktywnych biologicznie (Wolska i in. 2017). Scharakteryzowana zdolność nanosrebra wykorzystywana jest w leczeniu infekcji bakteryjnych i uznawana za bardziej skuteczną niż antybiotykoterapia. Ponadto uzyskanie oporności bakterii na cząstki nanosrebra zachodzi bardzo wolno, co jest niewątpliwą zaletą. Istnieją także gatunki naturalnie odporne na AgNPs, np. z rodzaju *Morganella sp.*, które mogą zostać wykorzystywane do biosyntezy nanocząstek tego metalu (Lok i in. 2007).



**Rycina 1.** Efekt oddziaływania nanosrebra na komórkę bakteryjną  
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kędziora, Sobik (2013, s. 558)

Oddziaływanie nanosrebra na komórkę bakteryjną opisywane jest różnorodnie (Petica i in. 2008). Pierwotny mechanizm dotyczy przyłączenia cząstek nanosrebra do receptorów powierzchni błony komórkowej. Poprzez to traci ona selektywną przepuszczalność, a cząsteczki nanosrebra wnikają aktywnie do wnętrza komórki. Ich obecność może prowadzić do: zaburzenia procesów oddychania, integracji z białkami ściany komórkowej, nagłego wzrostu stężenia reaktywnych form tlenu (ROS, ang. *reactive oxygen species*), degradacji cząsteczek DNA lub ich modyfikacji, zablokowania możliwości związania podjednostek rybosomów niezbędnych do syntezy białek oraz zaburzeń przezbłonowego transportu jonów. Opisywane zjawiska występują pojedynczo lub współistnieją ze sobą (Kędziora, Sobik 2013). Nanosrebro wykazuje także zdolność do zaburzenia systemu komunikacji między bakteriami, polegającego na wyczuwaniu ich liczebności, tzw. QS (ang. *quorum sensing* -mechanizm komunikacji bakterii). Jeśli ich liczba w środowisku przekroczy odpowiednią wartość wydzielane zostają cząstki sygnałowe, odbierane przez pozostałe bakterie. Odbiór takiej informacji powoduje modyfikacje transkrypcyjne w obrębie genów kodujących funkcje życiowe bakterii oraz wiążące się z ich wzrostem i dodatkowymi zdolnościami. u gatunków gronkowca złocistego (*Staphylococcus aureus*), pałeczki ropy błękitnej (*Pseudomonas aeruginosa*), pałeczki zapalenia płuc (*Klebsiella pneumoniae*) i wielu innych zaburzenie komunikacji w ramach systemu QS istotnie wpływa na ich obniżoną chorobotwórczość poprzez zaburzenie zdolności do tworzenia biofilmu lub wpływ na jego degradację (Samberg i in. 2011). Biofilmy tworzone przez mikroorganizmy, przynależące do jednego lub kilku gatunków, otoczone i połączone są wspólną substancją – macierzą. Celem

tworzenia przez mikroorganizmy biofilmów jest wzmocnienie ich zdolności poprzez współdziałanie oraz wzrost inwazyjności w ramach kolonizacji obszarów trudnych do zajęcia przez pojedyncze osobniki, ułatwienia rozprzestrzeniania się, opóźnienia odpowiedzi immunologicznej organizmu oraz wzrostu oporności na antybiotyki (Dworniczek i in. 2009). Wyróżnia się liczne funkcje macierzy, do których należą: tworzenie bariery ochronnej przed oddziaływaniem środowiska zewnętrznego, tj. czynnikami prowadzącymi do degradacji, antybiotykami oraz niekorzystnymi warunkami środowiska; opóźnianie docierania bodźców do wnętrza biofilmu, co pozwala bakteriom na wykształcenie systemów ochronnych i unieczynnających antybiotyki.

Ponadto zadaniem niektórych gatunków, współtworzących biofilm jest wychwytywanie antybiotyków oraz ich usuwanie na zewnątrz (Kotwzan 2011). Okazuje się, że cząstki nanosrebra stają się przyszłościową perspektywą na znacznie szybsze i bardziej efektywne zwalczanie chorób o podłożu bakteryjnym, wywoływanych przez biofilmy mikroorganizmów (Czaplewski i in. 2016). Naukowcy przypuszczają, że poza odkrytymi mechanizmami istnieje jeszcze wiele sposobów zapobiegania tworzeniu i rozwojowi biofilmów (Pejsak, Tarasiuk 2021). Przede wszystkim dotychczasowe badania oparte są na poddawaniu biofilmów działaniu AgNPs, tworzonych przez *Pseudomonas aeruginosa* oraz *Staphylococcus epidermidis* w efekcie rozwój nieco ponad 95% biofilmów z prób badawczych został zahamowany (Wolska i in. 2017). Nie bez znaczenia pozostaje tu forma użytego nanosrebra (w postaci cząstek o określonej średnicy i kształcie). Co ważne, wykazano także, iż niezwykle ważnym jest zastosowanie substancji stabilizujących, bowiem aktywność nanosrebra w postaci agregatów jest niewielka (Sanchez-Lopez i in. 2020).

Sprawdzano także efekt ograniczania aktywności bakterii poprzez synergistyczne działanie nanosrebra w połączeniu z antybiotykoterapią. Pozwala to przede wszystkim na uzyskanie wyższej skuteczności leczenia chorób, ograniczenie występowania efektów niepożądanych czy wzmocnienie oddziaływania antybiotyków (Chojniak i in. 2018). Dokładnie przebadane zostało zjawisko skojarzenia działania nanosrebra z kilkoma rodzajami antybiotyków, m.in. streptomycyną czy ampicyliną, stosowane w leczeniu chorób wywoływanych przez *Pseudomonas aeruginosa* czy *Escherichia coli*. Aktywność antybiotyku została wzmocniona poprzez oddziaływanie AgNPs na błonę komórkową i ułatwione wnikanie antybiotyku do komórki, a także wspomaganie w tworzeniu reaktywnych form tlenu. Wzmocniona terapia w postaci ampicyliny wzbogaconej cząstkami nanosrebra dodatkowo wspomaga degradację komórek bakteryjnych, ponieważ wykazuje zdolność do dezintegracji ściany komórkowej (Kotwzan 2011). Podobnie w literaturze wspomina się o ogromnym sukcesie zastosowania antybiotyków wraz z nanosrebrem w zwalczaniu biofilmów, np.: aztreonam i ampicylina w leczeniu chorób wywołanych przez *Pseudomonas aeruginosa* czy chloramfenikol – *Salmonella typhi* (Markowska 2016). Odkrycie skutecznej terapii

dwuczynnikowej jest szansą na stworzenie nowego sposobu leczenia groźnych chorób wywoływanych poprzez bakterie przy pomocy nanosrebra (Wolska i in. 2017).

### **Otrzymywanie nanosrebra**

Nanosrebro charakteryzuje wysoka stabilność chemiczna, aktywność biologiczna o szerokim spektrum, w tym przeciwbakteryjnym oraz termiczna przewodność (Pulit i in. 2012). Właściwości nanocząsteczek zależne są od ich kształtu, rozmiaru, składu oraz struktury. Poprzez możliwość modyfikacji ich reaktywności czy właściwości, otrzymuje się różnorodne nanozwiązki (Sybis M. 2018). Znajdują one zastosowanie w wielu aspektach życia człowieka - medycynie, elektronice, fotografii, produkcji kosmetyków czy farmacji (Malejko, Godlewska-Żytkiewicz 2015). Naukowcy nieustannie prowadzą badania nanocząsteczek w kierunku znalezienia form, które można wykorzystać w życiu codziennym. Wykazują one bowiem różne kształty, np. trójkątów, sześciątów, nanorurek czy graniastopów, co ma wpływ na ich właściwości (Pulit i in. 2011).

Obecnie ze względu na zapotrzebowanie i szerokie zastosowanie nanocząstek opracowano liczne sposoby ich otrzymywania w zależności od rodzaju cząsteczki, a także pożądanych ich właściwości – rozmiaru czy średnicy, kształtu, reaktywności, stabilności oraz obecności specyficznych czynników (Pulit i in. 2012). Metody różnią się między sobą procedurą wykonania, potrzebnym do tego sprzętem czy wydajnością. Można je podzielić na metody: biologiczne, fizyczne, chemiczne oraz fizyko-chemiczne (Iravani i in. 2014).

### **Nanosrebro tworzone przez drobnoustroje**

Biologiczne sposoby otrzymywania nanosrebra stają się coraz bardziej powszechne ze względu na wykorzystanie naturalnych związków – aminokwasów lub procesów przeprowadzanych przez mikroorganizmy i rośliny. w ten sposób można uzyskać nanocząsteczki złota lub srebra (Ahmad i in. 2017). Niektóre białka, zawierające odpowiednie aminokwasy, wykorzystywane są jako związki redukujące. Przykładem może być tyrozyna, której grupa fenolowa przy zastosowaniu odpowiednich parametrów ulega jonizacji, a także tryptofan stający się w toku przekształceń donorem elektronów (Jayaprakash i in. 2017).

Slocik i in. (2005) wykazali zdolność wirusa roślinnego do tworzenia nanocząstek złota. Podobny mechanizm można wykorzystać również przy syntezie AgNPs. Dla niektórych gatunków bakterii srebro nie wykazuje negatywnego wpływu, a nawet część z nich jest zdolna do akumulacji metali w swoich strukturach i ich resyntezy poprzez wprowadzenie modyfikacji (Kučišec-Tepeš 2016). Pierwotnie badano tę zdolność u *Pseudomonas stutzeri* AG259, pod wpływem której syntetyzowane zostały kryształy o kształcie sześciokątnym lub trójkątnym, zawierające srebro (Maliszewska i in. 2011; Ashour i in. 2015). Bakterie, należące do gatunku *Bacillus subtilis* wytwarzają reduktazę amonową, która przyczynia się do zewnątrzkomórkowej syntezy nanosrebra



(Skwarczyński, Skwarczyńska-Kalamon 2016). Analogiczna reakcja zachodzi u grzybów, np. *Trichoderma asperellum*, dokonujących syntezy cząstek nanosrebra stabilizowanych dodatkowo przez naturalne białka. u roślin również zachowana jest zdolność do wytwarzania AgNPs, lecz mechanizm ten nie został w pełni poznany i wciąż stanowi przedmiot badań (Speruda i in. 2017). u *Geranium sp.* czynnikiem redukującym dla jonów srebra są utlenione grupy hydroksylowe w terpenoidach, zaś u niektórych gatunków – cykliczne peptydy (Wolska i in. 2017).

### **Zielona nanotechnologia otrzymywania nanosrebra**

Najbardziej korzystne sposoby syntezy nanosrebra stanowią reakcje nieszkodliwe dla środowiska przy jednocześnie zachowanej wysokiej wydajności oraz jednorazowej dużej ilości uzyskiwanych cząstek nanosrebra (Rónavári i in. 2017). Banach i in. (2014) w swojej pracy zaprezentowali jeden z ekologicznych sposobów pozyskiwania nanosrebra. Środkiem stabilizującym, jaki zastosowano była żelatyna, zaś związkami redukującym – kwas askorbinowy. Jony srebra pozyskano z azotanu srebra, a reakcję przeprowadzono w ściśle określonych parametrach – przy odpowiednim ciśnieniu, temperaturze i w określonym czasie. Powstałe roztwory z cząsteczkami nanosrebra uzyskano w reakcji jednoetapowej redukcji i analizowano ich strukturę oraz właściwości przy pomocy mikroskopii AFM (ang. *atomic force microscope* – mikroskopia sił atomowych) oraz spektrofotometru. Zmieniano także parametry przeprowadzania reakcji, aby uzyskać informacje, które wskazałyby warunki najbardziej optymalne. Metoda ta jest łatwa w przeprowadzeniu, nie wymaga specjalistycznego sprzętu, a tym samym wysokich nakładów budżetowych. Zastosowane substraty są w pełni biodegradowalne, uznane za bezpieczne oraz nietoksyczne, dzięki czemu nanosrebro, jako produkt z powodzeniem można stosować w farmacji, medycynie czy kosmetologii (Chowdhury i in. 2016). Istnieją także nieredukujące metody chemiczne, prowadzące do syntezy nanosrebra, z wykorzystaniem mikroemulsji, czyli nanometrycznych kropeł wody zawieszonych w oleju w obecności surfaktanta. Jego rolą jest ochrona przed agregacją cząstek nanosrebra, powstających w kroplach wody (Wolska i in. 2017).

W ramach metod fizyko-chemicznych wyróżnia się metodę elektrochemiczną, polegającą na rozpuszczeniu metalu na anodzie, w wyniku czego powstaje sól, zredukowana w kolejnym etapie na katodzie. Powstałe cząsteczki ulegają stabilizacji w obecności soli trialkiloamoniowych lub poliglikolu etylenowego. Dzięki temu sposobowi można otrzymywać pożądane kształty i rozmiary cząsteczek, przy wysokiej ich czystości. Dodatkowym argumentem przemawiającym na jej korzyść jest prostota wykonania i niskie koszty (Pilut i in. 2011). Innym procesem, który zapewnia wysoką czystość otrzymywanych cząsteczek, ich brak toksyczności oraz sferyczny kształt jest ablacja laserowa (Krajczewski, Kudelski 2015). Polega ona na usuwaniu atomów metalu poprzez wiązkę laserową, działającą na ciało stałe, zawierające srebro. w późniejszym

etapie zgromadzony w cieczy produkt występuje w postaci pojedynczych cząstek, dzięki zastosowaniu czynnika stabilizującego (Krajczewski 2018). Sonochemiczna metoda syntezy AgNPs związana jest z zastosowaniem ultradźwięków, zaś reakcja fotochemiczna wykorzystuje promieniowane ultrafioletowe, dzięki któremu można ściśle kontrolować otrzymywane cząsteczki. Krótki czas trwania, wysoka wydajność oraz niskie koszty przeprowadzenia reakcji sprawiają, że są one często wykorzystywane (Chytrosz 2018).

## Nanosrebro w kosmetykach

Pierwotnie srebra używano w postaci azotanu (V) srebra do zewnętrznego przemywania, a następnie jako wewnętrznego środka antyseptycznego. w 1920 roku FDA (ang. *Food and Drug Administration*) zezwoliła na jego oficjalne stosowanie. Obecnie toczą się liczne dyskusje, dotyczące bezpieczeństwa stosowania nanosrebra w kosmetykach (Arct i in. 2015). Liczne badania prowadzone na komórkach ssaków wykazują toksyczność nanosrebra. Przeprowadzane dotychczas eksperymenty oparte były na zastosowaniu wysokich dawek AgNPs przez długi okres czasu. Udowodniono, że scharakteryzowane skutki uboczne, odkryte w toku prac badawczych są znacznie ograniczone lub nie występują, gdy stosuje się względnie niskie dawki w krótkim czasie terapii (Świdwińska-Gajewska, Czerczak 2014). Istotę stanowią także dodatkowe parametry, takie jak: wielkość, rozmiar oraz kształt użytych w badaniach cząstek nanosrebra (Sybis M. 2018). Zalecane jest kontynuowanie badań pod kątem cytotoxyczności i wpływu nanosrebra na komórki ludzkie (Gajbhiye, Sakharwade 2016).

AgNPs posiadają zastosowanie w różnych formach produktów kosmetycznych, m.in. w preparatach przeznaczonych do higieny, takich jak: mydła, pianki do twarzy, żele po goleniu, szampony do włosów, pasty do zębów, dezodoranty, chusteczki do demakijażu oraz w kosmetykach pielęgnacyjnych do ciała (Lewandowska, Kozłowski 2016). Często stanowią dodatek do kosmetyków w formie konserwantów, bowiem przedłużają ich termin przydatności (Rodewald 2012). w praktyce wykorzystuje się przede wszystkim antybakteryjne oraz antygrzybiczne właściwości nanosrebra, dlatego znajduje się ono w preparatach przeciwtrądzikowych, przeciwgrzybiczych i wspomagających leczenie atopowego zapalenia skóry (Sikora i in. 2012). Kremy i żele poprzez zawartość nanosrebra wpływają na przyspieszenie regeneracji skóry, gojenie się ran oraz ochronę przed powstawaniem blizn, zaś pasty do zębów nadwrażliwych z zawartością nanosrebra stosuje się do obniżenia wrażliwości na ból i ochrony przed infekcjami jamy ustnej. w celach pielęgnacyjnych i upiększających dodatek nanosrebra znajduje się w kosmetykach do makijażu czy kremach, które nadają cerze promiennego wyglądu (Gajbhiye, Sakharwade 2016).

## Podsumowanie

Nanosrebro jako związek o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych znalazło zastosowanie we wspomaganiu terapii wielu zmian skórnych. z powodzeniem wykorzystywane jest w przypadku trudno gojących się ran czy oparzeń, a także w chorobach takich jak trądzik, atopowe zapalenie skóry oraz łuszczyca. Poza właściwościami leczniczymi, wykorzystywane zwłaszcza w medycynie estetycznej i kosmetologii, srebro koloidalne ma również właściwości regenerujące oraz nawilżające. Należy pamiętać, że preparaty te powinno stosować w umiarkowanych ilościach, zgodnie z zaleceniami producenta, gdyż w nadmiernych ilościach mogą prowadzić do poważnych konsekwencji. Wydaje się jednak, że znane nam od wieków nanosrebro może być doskonałym uzupełnieniem kuracji skórnych, zwłaszcza w dobie rosnącej lekooporności bakterii.

## Literatura

- Ahmad A, Wei Y, Syed F i inni. 2017. The effects of bacteria-nanoparticles interface on the antibacterial activity of green synthesized silver nanoparticles. *Microb Pathog.* 102: 133-42.
- Arct J., Pytkowska K., Pawłowska M., Stolarek M. 2015. Nanosrebro w medycynie i kosmetologii – zastosowanie i bezpieczeństwo. *Dermatol. Klin.* 17(4-5): 230-238.
- Ashour A.A., Raafat D., El-Gowell H.M., El-Kamel A.H. 2015. Green synthesis of silver nanoparticles using cranberry powder aqueous extract: Characterization and antimicrobial properties. *Int J Nanomedicine* 10: 7207-7221.
- Banach M., Kowalski Z., Wzorek Z. 2007. Nanosrebro: wytwarzanie, właściwości bakteriobójcze, zastosowanie. *Chemik* 60(9): 435-438.
- Banach M., Pulit J., Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A. 2014. Otrzymywanie nanosrebra na drodze jednoetapowej redukcji chemicznej w środowisku wodnym w warunkach podwyższonego ciśnienia. *Chemik* 68(2): 111-116.
- Berner-Strzelczyk A., Stefańska K., Czekaj T., Kołodziejaska J., Piechota-Urbańska M., Skibska B. 2017. Ocena fizyko-chemiczna oraz mikrobiologiczna kremów z nanosrebrem i składnikami kosmetycznymi pochodzenia naturalnego. *Pol J Cosmet.* 20(2): 167-172.
- Chen L., Huang X., Xiao Y., Su J., Shen M., Chen X. 2020. Prevalence and risk factors of atopic dermatitis, psoriasis, acne, and urticaria in China. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban. Journal of Central South University. Medical Sciences* 45(4): 449-455. doi: 10.11817/j.issn.1672-7347.2020.190115.
- Chmielowiec-Korzeniowska A., Dobrowolska M., Tymczyna L., Banach M., Wlazło Ł., Trawińska B., Pyrz M. 2016. Ocena działania grzybobójczego nanosrebra wobec *Candida spp.* izolowanych ze stóp dorosłych osób. *J. Anim. Sci. Biology and Bioeconomy* 34(4): 1-9.
- Chojniak J., Libera M., Król E., Paza G. 2018. a nonspecific synergetic effect of biogenic silver nanoparticles and biosurfactant towards environmental bacteria and fungi. *Ecotoxicol.* 27: 352-359.
- Chowdhury N.R, MacGregor-Ramiasa M., Zilm P. i inni. 2016. Chocolate' silver nanoparticles: synthesis, antibacterial activity and cytotoxicity. *J Colloid Interface Sci* 482: 151-158.

- Chytrosz P. 2018. Otrzymywanie nanocząstek substancji bioaktywnych metodą sonochemiczną w kierunku ich osadzania na powierzchniach biomateriałów polimerowych. *Wiad. Chem.* 72(5-6): 313-325.
- Czaplewski L., Bax R., Clokie M., Dawson M. 2016. Alternatives to antibiotics a pipe portfolio review. *Lancet. Infect. Dis.* 16: 239-251.
- Dworniczek E., Nawrot U., Białynicki-Birula R. 2009. The in vitro effect of a silver-containing dressing on biofilm development. *Adv Clin Exp Med.* 18(3):277-281.
- Egert M., Simmering R., Riedel C.U. 2017. The association of the skin microbiota with health, immunity, and disease. *Clin Pharmacol Ther.* 102(1): 62-69. doi: 10.1002/cpt.698.
- Gajbhiye S., Sakharwade S. 2016. Silver nanoparticles in cosmetics. *J Cosm Dermat Sci Applicat* 6: 48-53.
- Gallo R. L. 2017. Human skin is the largest epithelial surface for interaction with microbes. *J Invest Dermatol.* 137(6): 1213-1214. doi: 10.1016/j.jid.2016.11.045.
- Hartman-Adams H., Banvard Ch., Juckett G. 2014. Impetigo: diagnosis and treatment. *Am Fam Physician.* 90(4): 229-235.
- Heczko P.B. 2006. *Mikrobiologia. Podręcznik dla pielęgniarek, położnych i ratowników medycznych.* Wydawnictwo PZWL, Warszawa.
- Iravani S., Korbekandi H., Mirmohammadi S.V., Zolfaghari B. 2014. Synthesis of silver nanoparticles: chemical, physical and biological methods. *Res Pharm Sci.* 9: 385-406.
- Jayaprakash N., Vijaya J.J., Kaviyarasu K. i inni. 2017. Green synthesis of ag nanoparticles using tamarind fruit extract for the antibacterial studies. *J Photochem Photobiol B* 169: 178-185.
- Kantor A., Hübner R. 2019. Zachowania kobiet na rynku kosmetyków naturalnych. *Stud. Ekonom.* 379: 72-95.
- Kędzierska M., Miłowska K. 2019. Zastosowanie biomateriałów na bazie chitozanu w leczeniu trudno gojących się ran. *Postep Hig Med Dosw.* 73: 768-781.
- Kędziora A., Sobik K. 2013. Oporność bakterii na nanosrebro – problem stary czy nowy? *Kosmos* 301(62): 557-570.
- Kim J.S., Kuk E., Yu K.N., Jong-Ho K., Sung J.P., Lee H.J., Kim S.H., Park Y.K, Yong H.P., Hwang C.Y., Kim Y.K., Lee Y.S., Jeong D.H., Cho M.H. 2007. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomed Nanotechnol Biol Med.* 3: 97-101.
- Kotłozan B. 2011. Analiza zjawiska biofilmu – warunki jego powstawania i funkcjonowania. *Ochr Sr.* 33 (4): 3-14.

Krajczewski J. 2018. Schemat układu do otrzymywania nanocząstek srebra metodą ablacji laserowej. Praca doktorska. Uniwersytet Warszawski. Pracownia Oddziaływań Międzymolekularnych Wydziału Chemii.

Krajczewski J., Kudelski A. 2015. Fotochemiczna synteza nanocząstek srebra i złota. *Wiad. Chem.* 68(3-4): 171-195.

Krzyżostan M. 2019. Laboratorium Kosmetyczne Dr Irena Eris. Nieoceniona rola mikrobiomu. *Mikrobiom i jego wpływ na funkcjonowanie skóry. Cosmetic Reporter VII-XII* 3(4): 67-68.

Kučičec-Tepeš N. 2016. Uloga antiseptika i strategija uklanjanja biofilma kronične rane. *Acta Med Croatica* 70: 33-42.

Lemire J.A., Harrison J. ., Turner R.J. 2013. Antimicrobial activity of metals: mechanisms, molecular targets and applications. *Nature Rev Microb.* 11: 371-384.

Lewandowska N., Kozłowski H. 2016. Wykorzystanie nanocząstek w medycynie, kosmetologii i rolnictwie. *Acta Mygenica* 9: 61-66.

Lok C.N., Ho C.M., Chen R., He Q.Y., Yu W.Y., Sun H., Tam P.K.H., Chiu J.F., Che C.M., 2007. Silver nanoparticles: partial oxidation and antimicrobial activities. *J Biol Inorganic Chem.* 12: 527-534.

Lunjani N., Hlela C., O'Mahony L. 2019. Microbiome and skin biology. *Curr Opin Allergy Clin Immunol.* 19(4): 328-333. doi: 10.1097/ACI.0000000000000542.

Malejko J., Godlewska-Żytkiewicz B. 2015. Nanosrebro: zastosowanie, migracja i metody oznaczania. *Wiad. Chem.* 69(9-10): 847-867.

Malinowska M., Tokarz-Deptuła B., Deptuła W. 2017. Mikrobiom człowieka. *Postep Mikrobiol.* 56(1): 33-42.

Maliszewska I., Sadowski Z., Skłodowska A., Leśkiewicz-Laudy A. 2011. Wykorzystanie metod biotechnologicznych do otrzymywania nanocząstek metali. *Polimer.* 56(2): 140-145.

Markowska K. 2016. Antybakteryjne działanie nanocząstek srebra – wpływ na strukturę i funkcje komórek bakteryjnych. Praca doktorska. Uniwersytet Warszawski, Wydział Biologii.

nanoparticles depends on the applied natural extracts: a comprehensive study. *Int J Nanomedicine* 12: 871-883.

Orzechowska A., Szymańska R. 2016. Nanotechnologia w zastosowaniach biologicznych–wprowadzenie. *Wszechświat* 117(1-3): 60-69.

- Pejsak Z., Tarasiuk K. 2021. Wykorzystanie aktywnych form srebra w dezynfekcji. *Med. Weter.* 77(5): 221-225.
- Petica A, Gavriľiu S, Panzaru C. 2008. Colloidal silver solutions with antimicrobial properties. *Mat Sci Eng.* 152(1-3):22-27. doi: 10.1016/j.mseb.2008.06.021.
- Pótoranos F., Czuba K. 2015. Badania mikrobiologiczne preparatów leczniczych i kosmetyków. *LAB Laboratoria, Aparatura, Badania* 20(2): 21-28.
- Pulit J., Banach M., Kowalski Z. 2011. Czy wygląd ma znaczenie? Charakterystyka nanosrebra w zależności od kształtu jego cząsteczki. *Chemik* 65(5): 445-456.
- Pulit J., Banach M., Tymczyna L., Chmielowiec-Korzeniowska A. 2012. Stan badań i kierunki zmian w otrzymywaniu nanostrukturalnego srebra. *Przem. Chem.* 91 (5): 929-936.
- Rodewald D. 2012. Kosmetyki bez konserwantów?. *Studia Doktorantów Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu. Gospodarka Technologia Zarządzanie* 11: 281-289.
- Rónavári A., Kovács D., Igaz N. i inni. 2017. Biological activity of green-synthesized silver
- Samberg M.E., Orndorff P.E., Monteiro-Riviere N.A. 2011. Antibacterial efficacy of silver nanoparticles of different sizes, surface conditions and synthesis methods. *Nanotoxicol* 5(2):244-253. doi:10.3109/17435390.2010.525669.
- Sanchez-Lopez E., Gomes D., Esteruales G. 2020. Metal-based nanoparticles as antimicrobial agents: An overview 10: 292-310.
- Schoch J.J., Monir R.L., Satcher K.G., Harris J., Triplett E., Neu J. 2019. The infantile cutaneous microbiome: a review. *Pediatr Dermatol.* 36(5): 574-580. doi: 10.1111/pde.13870.
- Sikora E., Śliwa K., Ogonowski J., Promowicz B., Poniewierka K. 2012. Synteza oraz zastosowanie nanosrebra w produktach kosmetycznych. W: *TECHEM 7: 7 Kongres Technologii Chemicznej: Technologia Chemiczna. Chemik* 7
- Skwarczyński M., Skwarczyńska-Kalamon E. 2016. Analiza efektywności mikrobiologicznej filtrów powietrza z warstwą nanosrebra. *Rocz. Ochr. Sr.* 18(2): 930-939.
- Slocik J.M., Naik R.R., Stone M.O., Wright D.W. 2005. Viral templates for gold nanoparticle synthesis. *J Mat Chem.* 15: 749-753.
- Speruda M., Kędziora A., Bugła-Płoskońska G. 2017. Antybakteryjne działanie nanocząstek srebra syntetyzowanych metodą zielonej chemii. *Med. Dośw. Mikrobiol.* 69: 281-288.

Suszek-Namroży A., Zabrocki R. 2016. Postawy i zachowania kobiet wobec innowacji produktowych na rynku kosmetycznym. *Studia i Prace WNEiZ US* 43: 403-412. DOI: 10.18276/sip.2016.43/3-37

Sybis M. 2018. Wpływ dodatku skrobi modyfikowanych oraz nanostrukturalnego srebra stabilizowanego dekstrynami na właściwości fizykochemiczne kompozytów cementowych. Rozprawa doktorska.

Świdwińska-Gajewska A.M., Czerczak S. 2014. Nanosrebro – szkodliwe skutki działania biologicznego. *Med Pr* 65(6): 831-845.

Tylman W.M., Rzeszutko I.M., Dąbrowska G. 2016. Mikrobiom człowieka i jego znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania organizmu. *Eduk Biol Śr.* 3: 26-31.

Wolny-Koładka K., Sikora A., Malina D. 2018. Ocena toksyczności nanocząstek srebra w stosunku do lekoopornych szczepów *Escherichia coli* izolowanych z odpadów komunalnych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 1(1): 7-23.

Wolska K. I., Markowska K., Wypij M., Golińska P., Dahm H. 2017. Nanocząsteczki srebra, synteza i biologiczna aktywność. *Kosmos Problemy Nauk Biologicznych* 1 (314): 125-138.

Wolski T., Kędzia B. 2019. Farmakoterapia skóry cz. 1. Budowa i fizjologia skóry. *Post Fitoter* 20(1): 61-67. doi: 10.25121/PF.2019.20.1.61.

Woo T. E., Sibley C. D. 2020. The emerging utility of the cutaneous microbiome in the treatment of acne and atopic dermatitis. *J Am Acad Dermatol.* 82(1): 222-228. doi: 10.1016/j.jaad.2019.08.078.

Wzorek Z., Konopka M. 2007. Nanosrebro — nowy środek bakteriobójczy. *Chemia – Czasopismo Techniczne* 104: 175-181.

Zgoda M.M., Stańczak A., Anna P., Kołodziejska J.A., Nowak S.B., Marczyński Z.J. 2019. Miód manuka jako składowa recepturowa współcześnie stosowanych leczniczych i rewitalizujących preparatów kosmetycznych. *Pol J Cosmet.* 22(3): 208-216.



Dariusz Średnicki  
Uniwersytet w Białymstoku

## Recenzja książki - „Obcy u naszych drzwi”- Zygmunta Baumana

Zygmunt Bauman urodził się 19 listopada 1925 roku w Poznaniu, a zmarł 9 stycznia 2017 roku w Leeds. Jego nazwisko jest wymieniane wśród najważniejszych twórców koncepcji "ponowoczesności". Zygmunt Bauman jest niewątpliwie jedną z najważniejszych postaci europejskiej i światowej socjologii, a także najczęściej cytowanym polskim socjologiem. Jego wkład w badanie kondycji współczesnych społeczeństw jest nieoceniony, ponieważ to właśnie Baumanowi zawdzięczamy zdefiniowanie takich pojęć jak płynna nowoczesność czy miksofobia, które na stałe weszły nie tylko do słownika nauk społecznych, ale także do debaty publicznej. Jest przede wszystkim autorem prac o kulturze współczesnej, o jej charakterystycznych cechach i procesach w niej zachodzących. Jego największe dzieła to: „Kultura w płynnej nowoczesności”, „Społeczeństwo w stanie obłędu”, „Płynne czasy. Życie w epoce niepewności” oraz „Ponowoczesność jako źródło cierpienia”.

Nawet jeśli przeciętnemu czytelnikowi teksty Baumana kojarzą się ze ściśle naukową, niemal techniczną analizą zjawisk społecznych, warto podjąć próbę zapoznania się choć z jednym z nich, a wydana w 2016 roku książka „Obcy u naszych drzwi” stwarza ku temu doskonałą okazję. w rzeczywistości bowiem, mimo socjologicznych odniesień i całego aparatu naukowego, Bauman pisze w sposób przejrzysty, który powinien być zrozumiały nawet dla laika. Ponadto, trudno o lepszą publikację pozwalającą zrozumieć współczesny „kryzys migracyjny” niż właśnie „Obcy u naszych drzwi” – krótki i treściwy wykład o lęku, odpowiedzialności i podwójnej moralności Zachodu. Siłą książki jest konkret, jej treść, która jest aktualna do dziś. Te niespełna 100 stron zawiera skondensowaną, pozbawioną niepotrzebnych treści analizę istotnych problemów współczesnego świata. Autor rozważa je z socjologicznego, filozoficznego, a co najważniejsze z humanistycznego punktu widzenia. Myślę, że zanim ktokolwiek wypowie się na tematy związane z uchodźcami, emigracją czy odradzającymi się ruchami o charakterze skrajnie nacjonalistycznym i rasistowskim, to powinien tę lekturę potraktować jako obowiązkową.

Na samym początku Bauman opisuje, co to jest panika moralna, czyli: „rozprzestrzeniająca się w dużej grupie ludzi obawa, że dobro społeczeństwa jest zagrożone”. Kryzys uchodźczy uderza w dobre samopoczucie Europy, która musi zmierzyć się z nowymi wyzwaniami i rosnącą paniką. Autor stwierdza też, że masowa migracja nie jest zjawiskiem nowym, chociaż co jakiś czas zmienia się a nawet odwraca. Warto przypomnieć, że jeszcze jakieś sto lat temu większość Europejczyków migrowała do Stanów Zjednoczonych i w inne rejony świata. a teraz tendencja ta się odwróciła, tak jak mówi Bauman, teraz wszyscy, może większość, chce wyjechać do Europy. Migracji nie jesteśmy w stanie zatrzymać, tendencja będzie się raczej nasilać. Głównym powodem migracji stanie się „nowoczesny system życia” oraz postęp gospodarczy tworzący grupy „ludzi zbędnych”, nie mogących znaleźć pracy, a co za tym idzie, nie posiadających środków do życia. Zasadniczym powodem migracji było także, tworzenie się grup ludzi „lokalnie nieakceptowalnych” z powodu konfliktów i sporów, spowodowanych zamieszkami społecznymi i politycznymi oraz ich konsekwencjami. Można zadać pytanie, czy budowanie murów ma sens? Zjawisko migracji przybiera na sile, lecz autor stwierdza, że nie będzie to miało wpływu na dochody mieszkańców. Można założyć, że gdyby każdy dorosły Polak przeznaczył po kilka złotych miesięcznie na przyjęcie kilkunastu tysięcy migrantów, to by nie zbiedniał odczuwalnie, a pomoc by nastąpiła. Może powinno się wysnuć taki postulat chrześcijański. Państwo ma oczywiście wiele środków i możliwości, aby tę formę pomocy wspierać. Można zaplanować na przykład różne rodzaje ulg podatkowych, które byłyby zachętą dla obywateli, też ekonomiczną, do pomocy z tą nierówną „walką” z innością i obcością. Jednakże nie chodzi w tym momencie o te „darowane kilka złotych”, ale o obawę przed stratą elektoratu. Niektóre partie budują swoją pozycję na głoszeniu idei suwerenności i wzmacnianiu nacjonalizmu.

Można zadać sobie pytanie, czy strach przed obcymi nie jest tu emocją, która wpływa najbardziej na postępowanie ludzi? Tak się dzieje, gdy grupy bezradnych ludzi uciekają z brutalnego, ogarniętego wojnami świata i pukają do naszych drzwi jako uchodźcy. Dla ludzi za drzwiami są to obcy i nieproszeni goście, którzy właśnie budzą niepokój i strach. Strach jest narzędziem władzy, która bazując na naturalnych instynktach ludzkich, manipuluje poczuciem bezpieczeństwa swoich obywateli, aby utrzymać swoją pozycję, jako strażnika stojącego na straży przetrwania. w sumie mechanizm jest bardzo prosty. Tłumacząc w skrócie, strach jak wspominałem jest zakodowany w naszym DNA, tyle tylko, że w związku z różnymi przeobrażeniami cywilizacyjnymi zmienia się obiekt, którego ludzie się boją.

Wmawia się znacznej części społeczeństwa europejskiego, że kolejnym beneficjentem naszych niepokojów i lęków będą "obcy". Cel łatwy, praktycznie bezbronny, wystarczająco zagubiony w nowym otoczeniu, aby stawić realny opór. Reakcją obronną przed lękiem jest agresja. Perfidna praktyka stosowana przez rządzących na Węgrzech, w Polsce, a także przez pragnących władzę pozyskać we Francji czy USA. Kiedy lud się boi, to myśli o tym, żeby się bronić i tego oczekuje od władzy, a tym samym skłonny jest wybaczyć brak rozwiązywania problemów gospodarczych pod warunkiem zapewnienia bezpieczeństwa. Socjolog podkreśla, że polityka separacji to rozwiązanie krótkoterminowe i Europa prędzej czy później będzie musiała znaleźć nowy sposób na wspólne istnienie wielokulturowych i wielonarodowych społeczeństw.

Bauman wprowadza pojęcie miksofilii - umiłowanie dla odmiennego środowiska oraz miksofobii, czyli niechęci do życia w społeczeństwie wielokulturowym, w którym napływ „obcych” jest czymś normalnym, autor pisze również o „wyłączeniu migrantów i tego, co się z nimi dzieje, z moralnej oceny”. To właśnie w tym procesie widzi on największe zagrożenie dla Europy tracącej resztki swojej i tak już mocno nadszarpniętej moralności, zamykającej się na cierpienie innego. Autor nawiązując do bajki Ezopa, przedstawia zające, które są wyśmiewane przez inne zwierzęta. To porównanie do imigrantów pokazuje, jak próbują oni odnaleźć w tej nagonce na nich swoją godność.

Dla ludzi żyjących na marginesie, sądzących, że sięgnęli dna, odkrycie istnienia innego dna, które znajduje się poniżej tego, na jakie sami zostali zepchnięci, jest zbawienne, bo pozwala im odzyskać ludzką godność i resztki szacunku do samego siebie. Dialog to alternatywa dla strachu i jedyna droga, która nas czeka w najbliższej przyszłości, bo jak słusznie zauważa Zygmunt Bauman, zabiegi polegające na odgradzaniu się przed światem i obcymi nie mają racji bytu i to tylko kwestia czasu, kiedy będziemy sobie musieli nawzajem otworzyć drzwi. Nie oznacza to jednakże wcale, że mamy się dogadywać bez kłótni, bez nieporozumień i tarć. Nikt nie będzie też zmuszony zaakceptować innego stylu życia jako swojego, a jedyne co będzie konieczne, czy tego chcemy czy nie, to zbliżenie tych odległych horyzontów. Nie chodzi tu o całkowite zjednoczenie czy zespolenie, a bardziej o nie zatrzymywanie procesu wzajemnego przenikania się, czerpania od siebie nawzajem, docenianie wkładu "obcych" w odnowę często zastanych już i może nawet zdegenerowanych systemów. Bez dialogu czeka nas jako ludzkość katastrofa, a czym wcześniej tę prawdę zrozumiemy i wprowadzimy w życie, tym większa szansa, że wszystko się uda zrobić tak jak należy. Czy za jakiś czas ci, co bronili się przed uchodźcami sami będą jako obcy pukać do na

przykład chińskich drzwi? Dlaczego nie mają teraz woli, żeby z tym coś dobrego zrobić? Bauman pisze, że nawet silny przywódca nie jest w stanie tego rozpocząć.

Podoba mi się stwierdzenie autora: „Żyjemy w krainie praw i obowiązków a nie w krainie codziennych faktów. Zamiast wystuchania i zrozumienia najczęściej spotyka uchodźców podejrzliwość, że może są terrorystami”. Pisze np. o tym, jak łatwo jest uciec od problemu migracyjnego do świata online lub wylewać tam swoją nienawiść wobec tych, którzy są w jeszcze gorszej sytuacji niż my sami i stawia tezę, że ma to silny związek z naszą postawą moralną wobec uchodźców. Jedno jest pewne, i Bauman również mówi o tym wprost, w drugiej dekadzie XXI wieku społeczeństwo homogeniczne jest złudzeniem i powinno pozostać w sferze rojeń sfrustrowanych nacjonalistów. Jeżeli Zachód chce wybrnąć z kryzysu, musi znaleźć sposób na nawiązanie rzeczywistego dialogu z przybywającymi i na stworzenie wspólnej przestrzeni społecznej oraz kulturowej. w przeciwnym wypadku nasza łódź pójdzie na dno razem z tymi, które dzień w dzień toną u wybrzeży Europy.

Autor sporo pisze o moralności wobec uchodźców, która nie powinna opierać się tylko na tolerancji, bo to tak jakbyśmy, pozwalali im tu tylko przybyć. Tu pojęcie tolerancja nie wystarczy. Myślę, że należałoby użyć słowa solidarność, to jest bycia na równych prawach. Podam przykład: gdy na oddziale szpitalnym spotykam czarnoskórego lekarza i akceptuję jego obecność to operuję tylko kategoriami tolerancji. Gdy używam kategorii solidarności, doceniam, że ratuje np. moje dziecko i jestem z nim solidarny.

W przypadku kryzysu migracyjnego funkcję oczyszczacza sumienia sprawuje sam dyskurs, jakim posługują się politycy i dziennikarze. Media też odgrywają tu bardzo znaczącą rolę. Poprzez „odczłowieczanie” przybyszów pozwalają na dalsze trwanie w przekonaniu, że uchodźcy nie są naszym problemem. Jednak pojawia się problem coraz większej separacji obywatela od państwa. Postępująca indywidualizacja, a zatem pozostawienie obywatela samemu sobie, przy jednoczesnym odcięciu go od polityki i wymuszeniu na nim stawienia czoła problemom zbiorowości, prowadzi do coraz większej niechęci wobec obcych. Pozorne rozwiązania proponowane przez populistycznych polityków tylko zaostrzają stanowisko tych odrzuconych przez „wielki świat”. Ponieważ sami zostali odrzuceni, szukają recepty w odrzucaniu tych będących w jeszcze gorszej sytuacji.

Rozwiązaniem natomiast powinien być dialog. To właśnie on według profesora Baumana może być wyjściem z obecnego kryzysu. Imigranci nie są jego przyczyną, ale skutkiem. w książce może doskwierać zbyt idealizm autora i zbyt uproszczenie

w przedstawieniu światów online/offline – konkretnie chodzi o sugestię, że czyny w świecie online pozbawione są rzeczywistych konsekwencji.

Podsumowując, Zygmunt Bauman zdaje się wierzyć w siłę ludzkiej moralności. Jedno jest natomiast pewne, jako ludzkość znaleźliśmy się w obliczu wielkiego kryzysu i powodem tego kryzysu nie są uchodźcy, ale nieumiejętność dostosowania się Europy do zmieniających się procesów społecznych na skalę globalną. Politycy nie mogą, a może nie chcą tego robić, bo tak jak pisałem wcześniej, ten oparty na strachu układ "My-oni" jest im bardzo na rękę i wzmacnia ich pozycję. Sześć rozdziałów, które tworzą tę książkę, powiązanych jest ze sobą raczej luźno. Niektóre przemyślenia pojawiają się kilkukrotnie i to wcale nie w kontekście, który rzuciłby na nie jakieś nowe światło. Cel książki Baumana wydaje się prosty: wywołać dysonans poznawczy. Aby to osiągnąć zestawia on ideały, jakim hołduje nasza zachodnia kultura z postawą, którą w stosunku do fali migrantów przyjęła znaczna część obywateli Unii Europejskiej, a za nimi wielu europejskich polityków. Bauman pokazuje w ten sposób hipokryzję zarówno zwykłych ludzi, jak i przede wszystkim polityków. Ci ostatni przez dziesięciolecia godzili się na migrację, która zaspokajała zapotrzebowanie na tanią siłę roboczą, nie podejmując przy tym wysiłku prób integracji przybyłych z lokalnymi społecznościami. Podkreślali oni przy tym otwartość i solidarność Europy, „ukrywając” przed opinią publiczną korzyści ekonomiczne. Teraz ci sami politycy, którzy tak chętnie podnoszą hasła solidarności, jednocześnie jej odmawiają. Potęgując przy tym lęk i niepewność, jaką niesie ze sobą fala migrantów. a lęk i niepewność to przecież specjalność krytyka płynnej nowoczesności. Diagnozie stawianej przez Baumana trudno coś zarzucić, pamiętając przy tym, że analizuje on problem z pewnej perspektywy. Gorzej jest natomiast z propozycjami rozwiązania kryzysu. To zresztą w ogóle przypadłość literatury socjologicznej, która zwykle znacznie lepiej radzi sobie z diagnozą niż pomysłami, co można zrobić. Możliwości rozwiązania tzw. kryzysu migracyjnego upatruje Bauman w implementacji europejskich ideałów. Według socjologa Unia musi reformować się w duchu właśnie tych ideałów, które przykryła już patyna i zastąpione zostały przez dyktat PKB. Czy nie jest to zbyt proste, a przy tym bardzo mgliste. Tego Bauman już nie pisze.

Moja recepta na obcych, to takie dwie myśli: uczymy się myśleć sami, ale zawsze musimy polegać na innych, którzy poszerzając nasz świat doświadczeń, poszerzają nasz światopogląd; Po drugie: a może, jeśli jakiś obcy – np. lekarz – uratuje ci życie, pomyśl o tym i jeśli chcesz być człowiekiem, uszanuj człowieczeństwo w drugim człowieku. To jest bardzo ważne szczególnie, gdy spojrzymy na to w bardziej otwarty, szerszy sposób.

**Literatura:**

Zygmunt B., 2016, „Obcy u naszych drzwi”, Wydawnictwo Naukowe PWN.

## Wpływ telomerów oraz telomerazy na płodność

### Wstęp

Na końcu każdego chromosomu znajdują się niekodujące, heterochromatynowe domeny-telomery. Zakończenia te są wysoce konserwatywne tworząc u człowieka heksanukleotydowe odcinki, które są bogate w cytozynę na końcu 5' oraz guaninę na końcu 3'. Wielokrotnie powtórzona sekwencja 5'-TTAGGG-3' zabezpiecza końce chromosomów przed degradacją i uszkodzeniami, które mogą powstać podczas replikacji. Dodatkowo, telomery chronią chromosomy przed fuzją, dzięki czemu materiał genetyczny nie łączy się w sposób niekontrolowany, zatem gwarantują stabilność chromosomów, umożliwiając skuteczną replikację oraz determinują ich poprawne ustawienie się parami podczas podziałów.

Niestety telomery bywają podatne na czynniki zewnętrzne, które przyczyniają się do ich skracania. Nadmiernie skrócone telomery nie chronią chromosomów, następuje zatrzymanie cyklu podziałowego komórki co generuje starzenie komórkowe lub śmierć komórki (Boniewska-Bernacka 2014). Krytyczna długość telomerów może nieść poważne konsekwencje wśród osób planujących założenie rodziny. Ich długość może być regulowana przez ALT czyli alternatywny proces rekombinacji genetycznej lub przez enzym telomerazę. Telomeraza potrafi kontrolować długość liniowych końców chromosomów, przejawia wyjątkową aktywność podczas rozwoju embrionalnego, natomiast jej ekspresja obniża się parę tygodni po narodzinach (Ozturk 2015).

### Cel

Głównym celem jest poznanie wpływu długości telomerów oraz aktywności telomerazy na płodność męską i żeńską.

Poznając budowę telomerów oraz ich lokalizację, możliwy stał się rozwój dalszych badań nad tymi strukturami co potwierdza wiele publikacji związanych z badaniami nad długością telomerów i aktywnością telomerazy w komórkach rozrodczych. Niezbędne okazały się również pozycje dotyczące czynników powodujących skracanie się sekwencji 5'-TTAGGG-3'.

W niniejszym artykule wyjaśniono na czym polega replikacja liniowych końców chromosomów oraz przeanalizowano jaki wpływ wywiera długość liniowych końców chromosomów na płodność męską i żeńską oraz jakimi czynnikami jest ona determinowana.

## Odkrycie telomerów jako rozwój badań genetycznych

Pojęcia telomer jako pierwszy w 1938 roku użył Hans Muller, który otrzymał nagrodę Nobla (1942). Nazwa pochodzi od greckich wyrazów telos – koniec i meros – część. Zbudowane są one tandemowo z powtarzających się nukleotydowych sekwencji, zintegrowanych z szeregiem białek, które zapewniają im kształt i stabilność. Telomery pełnią bardzo ważną rolę w organizmie ponieważ zabezpieczają końce chromosomów przed zlepianiem, zapobiegają utracie informacji genetycznej na skutek skracania się chromosomów podczas replikacji, chronią przed uszkodzeniami podczas kopiowania. Od długości powtórzeń (TTAGGG)<sub>n</sub> zależy ekspresja genów, które biorą udział w kontroli i regulacji cyklu komórkowego jeżeli telomery są długie hamuje się ekspresja genów, natomiast jeżeli są krótkie niesie to za sobą szereg negatywnych konsekwencji czego przykładem mogą być m.in. onkogeny prostaty. w zależności od organu człowieka długość telomerów wynosi od 15–20kbp w chwili narodzin, natomiast u osób dorosłych długość ta maleje do około 8–10kbp. Liniowe końce chromosomów są strukturami, które organizują chromatynę w jądrze komórkowym oraz wykazują ilość przedziałów do jakich jest zdolna pojedyncza komórka przed wejściem w fazę starzenia. Niekodująca sekwencja telomerów składa się z powtórzeń TTAGGG (Tjio, Levan 1956).

## Czynniki wpływające na skracanie się telomerów

Telomery są bardzo czułe na czynniki zewnętrzne, które powodują ich skracanie. Takimi czynnikami mogą być stres, nieprawidłowe odżywianie, metylacja DNA, a także siedzący tryb życia. Potwierdzając powyższe wyliczenia, udowodniono, że kobiety, które przyjmują suplementy diety mają dłuższe telomery od kobiet nieprzyjmujących witamin (Bryś 2012). Dodatkowo badania wykazały, że długość telomerów u kobiet jest większa niż u mężczyzn, a wpływ na to mają hormony płciowe (Calado i in. 2009). Styl życia i wynikająca z niego aktywność fizyczna stały się celem badań dotyczących długości telomerów w leukocytach u kobiet starszych. Dokonano analizy długości telomerów leukocytów u osób o różnym poziomie aktywności fizycznej metodą Southern blot. Związek między aktywnością fizyczną a LTL oceniono za pomocą wielu modeli regresji liniowych dostosowanych do charakterystyk demograficznych, zachowania stylu życia i zdrowia. Kobiety, które przejawiały wysoką aktywność fizyczną w czasie wolnym miały dłuższe LTL niż kobiety, które nie uprawiały żadnego sportu. Badania wykazały, że siedzący tryb życia wpływa na skracanie się telomerów. Krótsze telomery są też skutkiem ubocznym palenia papierosów, ponieważ związki chemiczne zawarte w dymie tytoniowym doprowadzają do metylacji DNA (Susan i in. 2014). Skracanie telomerów, jak również utrata ich funkcji wiąże się z odłączeniem od nich białek tworzących kompleks shelteriny czego konsekwencją jest starzenie komórki (Sikora 2010). Szybsze starzenie się organizmu z nadmiernego skracania telomerów może być również wynikiem



stresu oksydacyjnego. Badania *in vitro* w ludzkich komórkach śródbłonna wykazały, że w warunkach stresu telomery skracają się dwukrotnie szybciej, w porównaniu z komórkami wolnymi od stresu oksydacyjnego (Boniewska-Bernacka, Pańczyzyn 2016).

### **Replikacja telomerowych końców chromosomów eukariotycznych**

Długość liniowych końców chromosomów kontrolowana jest przez alternatywny proces rekombinacji genetycznej ALT lub przez enzym telomerazę. To właśnie ona zapewnia stabilność genomu, przeciwdziała błędnej aktywacji uszkodzeń kwasu deoksyrybonukleinowego oraz sprawuje kontrolę nad starzeniem komórkowym. Białko jest polimerazą DNA, która posiada zdolność wydłużania telomerów przez syntezę DNA z startera rRNA na zasadzie odwrotnej transkrypcji. Telomery nie mogą zostać w pełni zreplikowane przy pomocy nieciągłej replikacji, ponieważ nie posiadają odcinka DNA, który mógłby zostać wydłużony z zamiarem wyparcia RNA usuniętego z końca 5' nici opóźnionej. Aby rozwiązać ten problem, telomery zbudowane zostały z niekodującej, prostej sekwencji z końcem 3' wychodzącym poza koniec 5' (Turner i in. 2011). Enzym ten występuje w intensywnie dzielących się komórkach tj. W komórkach macierzystych, czy zarodkowych, a jego działanie pozostaje w proporcjonalnym stosunku do długości telomerów i zmniejsza się wraz z wiekiem. W komórkach somatycznych aktywność telomerazy jest hamowana. Jeśli skracanie dotrze do obszarów DNA posiadających informacje, komórka starzeje się i obumiera. Podobne zjawisko występuje podczas skracania komórkowego czyli tzw. limitu Hayflicka. Komórki, które zostały wyizolowane z tkanek i są hodowane w warunkach *in vitro*, starzeją się po około 80 podziale komórkowym, aż w konsekwencji dochodzi do ustania procesów podziału i następuje śmierć komórki. Aby zagwarantować odpowiednią długość telomerów, aktywność telomerazy musi być kontrolowana przez białko TRF1, które wiąże się z wielokrotnie powtarzającą się sekwencją 5'-TTAGGG-3'. Białko to powoduje formowanie się pozawijanego kształtu chromatyny, co blokuje przyłączenie się telomerazy do końców chromosomów. W trakcie kolejnych cykli telomery ulegają skracaniu, liczba przyłączających się cząsteczek TRF1 zmniejsza się, a konstrukcja chromatyny ulega otwarciu. Dzięki temu telomeraza może dotrzeć do końców chromosomów i rozpocząć syntezę telomerów. U ludzi stwierdzono występowanie białka TRF2, które zapobiega fuzji końców telomerów (Boniewska-Bernacka 2014).

### **Długość telomerów i aktywność telomerazy jako czynnik zapłodnienia**

Funkcje telomerazy i telomerów zostały zbadane w wielu aspektach biologii rozrodu. Wiadomo też, że płodność kobiet maleje wraz z ich wiekiem, a różne niekorzystne czynniki mogą przyczyniać się do niepłodności kobiet.

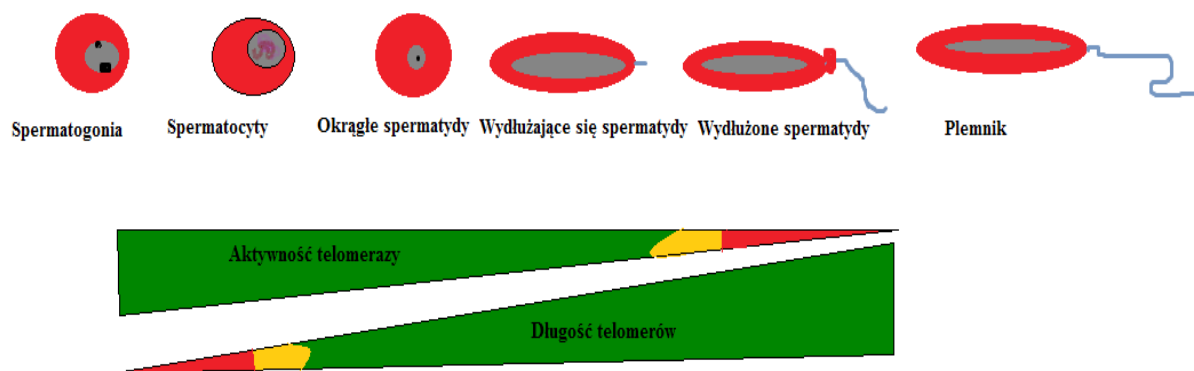
Nieprawidłowości chromosomowe (aneuploidia), są główną przyczyną zależną od wieku i spadku płodności u kobiet, ponieważ upośledzają implantację i rozwój zarodków (Janny 1996). Wiele badań koncentrowało się na aktywności telomerazy i jej korelacji związanej zapłodnieniem i rozwojem zarodkowym. Wykazano, że aktywność telomerazy występuje podczas wczesnego rozwoju zarodka, u noworodków oraz w jajnikach kobiet, nie występuje natomiast w dojrzałych plemnikach (Wright i in. 1996). W ludzkich komórkach somatycznych hodowanych *in vitro* lub podczas replikacyjnego starzenia się *in vivo*, telomery ulegają erozji i stale maleje poziom aktywności telomerazy (Allopp 2007). Badania wykazały, że rozwój oocytów jest związany aktywnością telomerazy otaczających granulocytów obwodowych. Odgrywają one ważną rolę w dojrzewaniu oocytów i są blisko związane z ich jakością reprodukcyjną. Wykazano, że względna długość telomerów była większa w komórkach ziarnistych z dojrzałych oocytów w porównaniu z komórkami z niedojrzałych oocytów u kobiet (Cheng 2013). Po zmierzeniu aktywności telomerazy w komórkach ziarnistych uzyskanych z zapłodnienia pozaustrojowego IVF (ang. *in vitro fertilization*) wykazano, że tempo dojrzewania oocytów i generowanie dobrej jakości wzrosło w sposób zależny od poziomu aktywności telomerazy. Długość telomerów i aktywność telomerazy w komórkach rozrodczych kobiet. Kobieta wykazuje największą płodność około 20 r. ż., a już po przekroczeniu 25 roku życia, płodność zaczyna się zmniejszać. Wraz z wiekiem następuje zmniejszanie się ilości komórek jajowych. W chwili pojawienia się pierwszej miesiączki w jajnikach obserwuje się około 300 do 400 tysięcy pęcherzyków, a z każdym kolejnym cyklem ilość ta spada o ok. 1000 (Faddy, Gosden 1996). W związku z tym, że kobiety odkładają macierzyństwo, jakość komórek jajowych kobiet nieuchronnie spada. Oocyty te predysponują do wielu nieprawidłowości chromosomowych obejmujących zaburzenia strukturalne w mejozycznym połączeniu wrzeciona z chromosomem i mitochondrialne mutacje DNA. Chociaż mechanizmy leżące u podstaw takich wad u starszych kobiet nie zostały w pełni ujawnione, proponuje się skracanie telomerów jako potencjalny czynnik ryzyka dla tych niekorzystnych defektów. W komórkach jajowych pochodzących od kobiet, u których wystąpiły nieudane cykle IVF, czyli zapłodnienia *in vitro* oraz w zarodkach fragmentarycznych lub aneuploidalnych, stwierdzono krótkie sekwencje telomerowe. Przyczyną skracania się telomerów w oocytach u starszych kobiet może być to, że komórki jajowe przechodzą częściej proces podziału komórkowego podczas oogenezy niż oocyty kobiet młodszych. Liczba replikacji DNA, przewlekły wpływ reaktywnych form tlenu i czynników genotoksycznych na komórki jajowe stwarza większe potencjalne ryzyko skrócenia długości telomerów w oocytach. Wiele defektów chromosomowych może również występować w powstałych wczesnych zarodkach pochodzących z oocytów, które mają krótkie telomery (Ozturk i in. 2013). Prawidłowe dojrzewanie oocytów, segregacja chromosomów, rozwój zarodka na poziomie embrionalnym oraz implantacja związane są

z poborem dużej ilości energii. W oocytach kobiet starszych, zaobserwowano zmniejszającą się zawartość ATP co wiąże się z błędami w mitochondrium. Przejście prawidłowych mitochondriów do komórki determinuje jej poprawny rozwój oraz wyższy indeks zapłodnień (Chen i in. 2007). W przeciwieństwie do oocytów, długość telomerów w ludzkich plemnikach wzrasta wraz z postępującym wiekiem mężczyzn, prawdopodobnie z powodu zwiększenia aktywności telomerazy w spermatogonialnych komórkach macierzystych. Może to przyczynić się do przedłużenia telomerów u potomstwa i zapewnić kompensację skróconych telomerów w oocytach u starszych kobiet (Eisenberg i in. 2012). Nie stwierdzono różnicy w długości telomerów i aktywności telomerazy podczas spermatogenezy pomiędzy starszymi i młodszymi mężczyznami (Jorgensen i in. 2013). Telomeraza jest odwrotną transkryptazą, dzięki której skracanie się telomerów, w komórkach macierzystych, nowotworowych oraz rozrodczych jest hamowane. Jednak stężenie telomerazy w oocytach utrzymuje się na wyjątkowo niskim poziomie. Poddając eksperymentalnemu skróceniu telomerów w oocytach drogą genetyczną lub farmakologiczną uzyskano fenotyp starzejącego się oocytu, zaobserwowano zaburzenia wrzeciona podziałowego, nieprawidłowości w rozwoju zarodków, niestabilność chromosomalną oraz zahamowanie rozwoju (Battaglia i in. 1996). Badania przeprowadzono w dwóch grupach aktywnych kobiet. Grupa pierwsza to kobiety w przedziale wiekowym od 20 do 25 lat, druga grupa: 40-45 lat. Wrzeciono mejozyczne u starszych kobiet jest często nieprawidłowe, zarówno w odniesieniu do wyrównania chromosomów, jak i mikrotubuli. 79% oocytów ze starszej grupy wykazywało nienormalne umieszczenie tubuliny i jeden lub więcej chromosomów zostało wysiedlonych z metafazy podczas drugiego podziału mejozycznego. Natomiast tylko 17% oocytów z młodszej grupy wiekowej wykazywało stany aneuploidalne. Większość jaj z tej grupy posiada dobrze uporządkowane wrzeciono mejozyczne zawierające chromosomy, które były poprawnie usytuowane. Zarządzanie chromosomami podczas mejozy jest kierowane przez mikrotubulę w obrębie wrzeciona. Dane te sugerują, że mechanizmy regulacyjne odpowiedzialne za podział mejozyczny są znacząco zmienione u starszych kobiet, co prowadzi do wysokiej częstości występowania aneuploidii.

Oprócz wielu podziałów mitotycznych w komórkach ziarnistych, aktywność telomerazy i długość telomerów jest również zależna od starzenia się i poziomu estrogenu (Bayne i in. 2011). Estrogen odgrywa kluczową rolę w regulacji aktywności telomerazy w komórkach ziarnistych. Obranie estrogenu konsekwentnie prowadziło do zmniejszonej aktywności telomerazy, co może prowadzić do skracania się telomerów w komórkach ziarnistych, a w konsekwencji powodować atrezję pęcherzyków. Długość telomerów i aktywność telomerazy w komórkach rozrodczych mężczyzn. Charakterystykę aktywności telomerazy i długości telomerów u mężczyzn w dużej mierze przeprowadzono na plemnikach, które można łatwo uzyskać w porównaniu z innymi

komórkami spermatogennymi. Ludzkie plemniki mają przeważnie dłuższe telomery niż komórki somatyczne (Kozik i in. 1998). Długość telomerów w plemnikach nie wykazuje widocznych zmian podczas ich procesu dojrzewania, który występuje w różnych obszarach najądrza. To pokazuje, że uzyskują one swoją końcową długość w kanalikach nasiennych (Fradiani i in. 2004). Męskie komórki rozrodcze są zdolne do wydłużania swoich telomerów wraz z wiekiem mężczyzny. Zgodnie z tym, plemniki starszych mężczyzn mają dłuższe telomery w stosunku do plemników od młodszych mężczyzn (Kimura i in. 2008).

Aktywność telomerazy i dowody hTERT w tkance jądra są wysoce wrażliwe i wysoce specyficznymi markerami gametogenezy, które mogą mieć znaczenie przed procedurami mikroiniekcji. Telomery w plemnikach ssaków są na ogół dłuższe w porównaniu z innymi komórkami spermatogennymi. Odwrotnie jest z aktywnością telomerazy, która stopniowo zmniejsza się od spermatogonii do plemników [rys.1].



**Rysunek 1.** Schemat długości telomerów i aktywności telomerazy podczas różnicowania męskich zarodków od spermatogonii do plemników. (Ozturk 2015); opracowanie własne.

Aktywność telomerazy jest stopniowo zmniejszana podczas różnicowania komórek zarodkowych od spermatogonii do plemników i telomeraza nie wykazuje aktywności w plemnikach. Chociaż długość telomerów i aktywność telomerazy w męskich komórkach rozrodczych podczas spermatogenezy została scharakteryzowana częściowo u ludzi, mechanizmy regulacyjne, które działają na wydłużenie telomerów oraz ekspresję telomerazy, wymagają dalszych badań. Charakterystyka tych mechanizmów i dalsze badania na ten temat pomogłyby zrozumieć znaczenie długości telomerów oraz aktywności telomerazy dla prawidłowego postępu spermatogenezy (Ozturk 2015).

## Podsumowanie

Cytogenetyka należy do najbardziej rozwijającej się grupy nauk. Efektem wieloletnich badań jest poznanie materiału genetycznego człowieka. Prace te pomagają w rozwiązywaniu wielu nurtujących nas zagadnień związanych z chromosomami i dziedziczeniem. Dzięki badaniom cytogenetycznym poznaliśmy budowę chromosomów oraz ich liniowe końce zwane telomerami. To dzięki sekwencjom telomerowym chromosomy są chronione przed niekontrolowanym łączeniem się oraz zapobiegają utracie informacji genetycznej. Rozwój badań daje nam możliwość analizy długości tych sekwencji oraz wyjaśnia jej wpływ na funkcjonowanie naszego organizmu. Telomery nie bez powodu określane są jako zegar biologiczny organizmu. Ich skracanie rejestruje replikometr, który jest jednocześnie wskaźnikiem liczby podziałów komórek. Przyjmuje się, że do starzenia komórkowego dochodzi, gdy liniowe końce chromosomów ulegną skróceniu do połowy długości i odnosi się to do większości typów komórek.

## Literatura

- Allsopp R, i in. 2007, Long telomeres in the mature human placenta. *Placenta*, 28:324–327.
- Battaglia D, i in. 1996, Influence of maternal age on meiotic spindle assembly in oocytes from naturally cycling women. *Hum Reprod*, 11: 2217–2222.
- Bayne S, i in. 2011, Estrogen deficiency reversibly induces telomere shortening in mouse granulosa cells and ovarian aging in vivo. *Protein Cell*, 2:333–346.
- Boniewska-Bernacka E. 2014, Molekularne przyczyny procesów starzenia. *Telomery w służbie młodości komórek i organizmów*. PMWSZ w Opolu, 55-61.
- Boniewska-Bernacka E, Pańczyszyn A. 2016, The effects of oxidative stress on telomeres and cell life span. *Puls Uczelni*.
- Bryś M. i in. 2012, *Telomeraza-struktura i funkcja oraz regulacja ekspresji genu*, Katedra Cytobiochemii, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki, 293-305.
- Calado R, i in. 2009, Sex hormones acting on the TERT gene, increase telomerase activity in human primary hematopoietic cells. *Blood*, 114: 2236–2243
- Chen M, i in. 2007, Mitochondria transfer can enhance the murine embryo development. *J Assist Reprod Genet*, 24:445-449.
- Cheng E, i in. 2013, Evaluation of telomere length in cumulus cells as a potential biomarker of oocyte and embryo quality. *Hum Reprod*, 28:929-936.
- Eisenberg D, i in. 2012, Delayed paternal age of reproduction in humans is associated with longer telomeres across two generations of descendants. *Proc Natl Acad Sci USA*, 109:10251–10256.
- Faddy M, Gosden R. 1996, a model conforming the decline in follicle numbers to the age of menopause in women. *Hum Reprod*, 11:1484-1486.
- Fradiani P, i in. 2004, Telomeres and telomerase activity in pig tissues. *Biochimie*, 86:7–12.
- Janny L, Menezo Y. 1996, Maternal age effect on early human embryonic development and blastocyst formation. *Mol Reprod Dev*, 45:31–37.
- Jorgensen P, i in. 2013, Age-dependence of relative telomere length profiles during spermatogenesis in man. *Maturitas*, 75:380–385.
- Kimura M, i in. 2013, Offspring's leukocyte telomere length, paternal age, and telomere elongation in sperm. [w]: *PLOS Genet*, 4:e37.
- Kozik A, i in. 1998, Increased telomere size in sperm cells of mammals with long terminal (TTAGGG)<sub>n</sub> arrays. *Mol Reprod Dev*, 51:98–104.
- Ozturk S. 2015, Telomerase Activity and Telomere Length in Male Germ Cells. *Biology of Reproduction* 92:2-6.

- Ozturk S, i in. 2013, Telomere length and telomerase activity during oocyte maturation and early embryo development in mammalian species. *Molecular Human Reproduction*, 25-26.
- Sikora E. 2010, Telomery i telomeraza-starzenie komórkowe Nagroda Nobla z fizjologii lub medycyny 2009. *Kosmos*, 59:1-8.
- Susan E. i in. 2014, Telomerase mutations in smokers with severe emphysema. *Journal of Clinical Investigation*; 125 (2): 563 DOI: 10.1172/JCI78554
- Tjio H., Levan A. 1956, The chromosome numbers of man. *Hereditas*, 42:1-5.
- Turner P, i in. 2011, Krótkie Wykłady Biologia Molekularna, 102-103.
- Wright W, i in. 1996, Telomerase activity in human germline and embryonic tissues and cells. *Dev Genet*,18:173-179.

Tomasz Kapusta

## Wydajna kompresja grafiki Hires dla platformy Commodore 64 do formatu THP

### Platforma Commodore 64

Commodore 64 to komputer domowy, który miał premierę w sierpniu 1982 roku. Wyposażony był w 64 kB pamięci RAM oraz procesor o szybkości ok. 1 MHz [1].

Produkowany był przez 12 lat i szacuje się, że sprzedano 17-25 milionów egzemplarzy [1]. Do dzisiaj cieszy się dużą popularnością wśród muzyków, grafików i programistów, którzy w swoich produkcjach starają się wykorzystać moc komputera do granic jego możliwości, a nawet je przekraczać poprzez wykorzystanie błędów sprzętowych [2].

Commodore 64 oferuje kilka trybów graficznych. Jednym z najpopularniejszych jest tryb Hires. W trybie tym możliwe jest wyświetlenie grafiki o rozdzielczości 320x200 pikseli podzielonej na bloki 8x8 pikseli [3]. Każdy taki blok może wykorzystywać dowolne 2 spośród 16 kolorów obsługiwanych przez komputer [4].

### Format plików ART

Jest to najprostszy format zapisu grafiki Hires. Pliki z rozszerzeniem ART zajmują dokładnie 9002 lub 9003 bajtów i zawierają nieskompresowane dane [5,6].

Pierwsze 2 bajty to offset, a zarazem identyfikator formatu. Wartość to zawsze 0x0020.

Następnie 8000 bajtów to 320x200 pikseli. Po 1 bicie na każdy piksel.

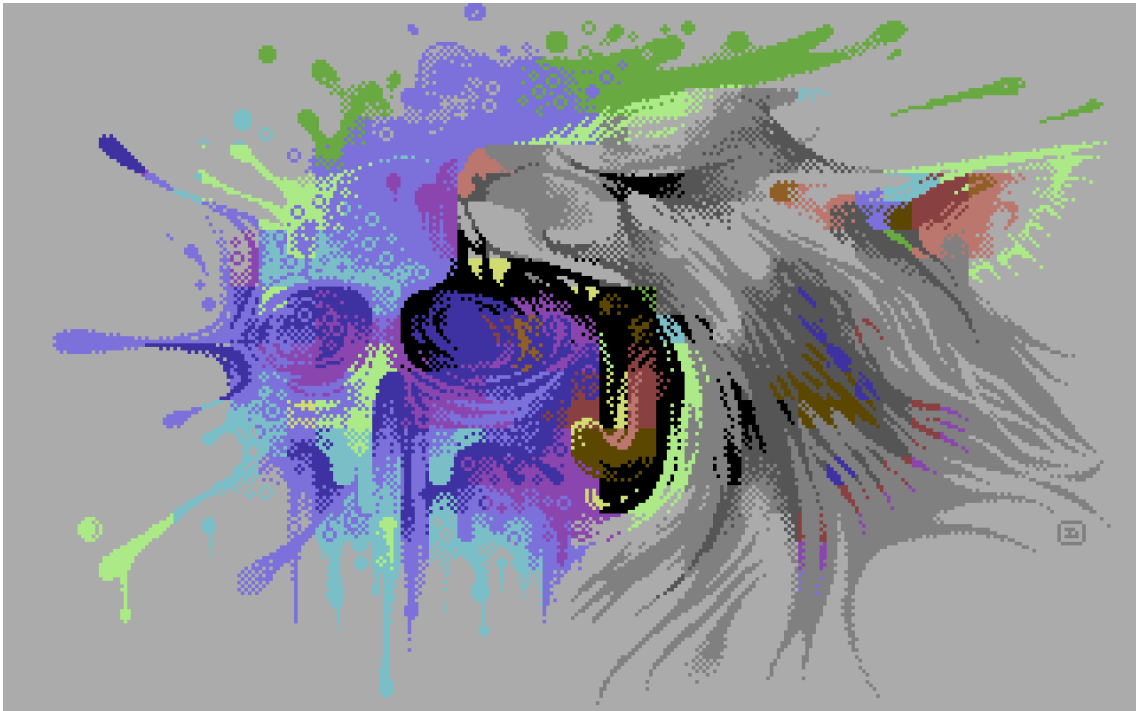
Każdy piksel może więc być albo „ciemny” albo „jasny”.

Następne 1000 bajtów to paleta kolorów. 2 kolory („ciemny” i „jasny”) dla każdego spośród tysiąca bloków (40 poziomo, 25 pionowo) o rozmiarze 8x8 pikseli. Każdy kolor opisany jest za pomocą 4 bitów. Ostatni bajt jest opcjonalny i zawiera kolor tzw. "ramki".

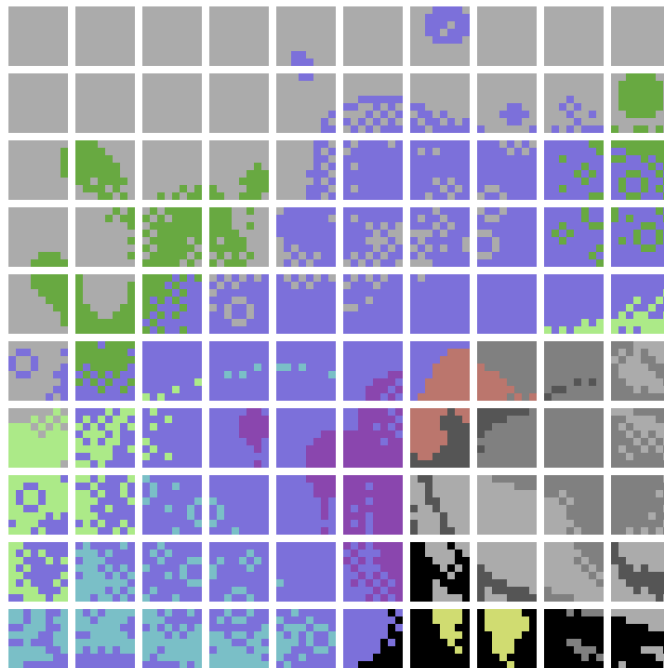
### Algorytm kompresji THP

Algorytm polega na wyszukaniu wszystkich bloków pustych. Blok pusty to blok składający się z 64 pikseli tego samego koloru. Ponieważ pusty blok może się składać z 64 pikseli „jasnych” lub 64 pikseli „ciemnych”, a każdy piksel zapisany jest 1 bitem to szukamy bloków składających się z 64 bitów o wartości 1 lub 64 bitów o wartości 0.





Rycina 1. Przykładowy obraz. (źródło: <http://tomseditor.com/gallery>; autor: Duce)



Rycina 2. Powiększony fragment 80x80 pikseli z widocznym podziałem na bloki 8x8 pikseli (źródło: opracowanie własne)

Odnalezione bloki puste nie są zapisywane w pliku wynikowym. Sprawdzamy ilość pustych bloków, a następnie:

a) jeżeli bloków pustych znaleziono nie więcej niż 62 wówczas algorytm działa identycznie jak algorytm TH1 i zamiast pustego bloku zapisywany jest indeks, na którym pusty blok wystąpił. Bloków jest 1000, więc indeks każdego pustego bloku zapisywany jest za pomocą 2 bajtów (16 bitowa liczba całkowita).

Niepusty blok zajmuje 64 bity czyli 8 bajtów. Indeks do bloku pustego wymaga tylko 2 bajtów. Więc każdy znaleziony pusty blok to oszczędność 6 bajtów.

b) jeżeli znaleziono co najmniej 63 puste bloki wówczas zapisywana jest tablica bitowa o długości 1000 bitów. W tablicy tej bit n-ty ustawiany jest na 1 jeżeli odpowiadający mu blok n-ty jest pusty lub 0, jeżeli blok nie jest pusty.

Łącznie 63 niepuste bloki zajmowałyby 504 bajty. Tablica 1000 bitów zajmuje 125 bajtów. Natomiast zapis 63 pustych bloków wariantem „a” wymagałby 126 bajtów. Wariant „b” jest więc wydajniejszy dopiero od 63 pustych bloków.

### **Struktura plików THP**

Pierwszy bajt to identyfikator pliku. Wartość to zawsze 0x54.

Drugi bajt przyjmuje wartość 0 jeżeli danych nie udało się skompresować (nie znaleziono żadnych pustych bloków) lub wartość 1 jeżeli się udało, ale znaleziono mniej niż 63 bloki, zaś wartość 2 w przypadku gdy znaleziono więcej pustych bloków.

W przypadku nieskompresowanych danych:

Kolejne 8000 bajtów to piksele.

Kolejne 1000 bajtów to paleta.

Ostatni bajt to kolor ramki.

W przypadku skompresowanych danych (pustych bloków  $\leq 62$ ):

Kolejne 2 bajty to ilość znalezionych pustych bloków.

Możliwe wartości od 1 do 1000.

Ilość bloków\*2 bajty - indeksy, na których wystąpiły puste bloki.

Kolejne bajty to bloki, które nie były puste. Każdy blok zajmuje 8 bajtów, a bloków jest

$1000 - \text{Ilość\_Bloków\_Pustych}$

Kolejne 1000 bajtów to paleta.

Ostatni bajt to kolor ramki.

W przypadku skompresowanych danych (pustych bloków  $\geq 63$ ):

Kolejne 125 bajtów to tablica

bitowa. Każdy bit odpowiada

jednemu blokowi. Jeżeli blok jest pusty- bit ma wartość 1. W przeciwnym wypadku bit ma wartość 0.

Kolejne bajty to bloki, które nie były puste. Każdy blok zajmuje 8 bajtów, a bloków jest

$1000 - \text{Ilość\_Bloków\_Pustych}$

Kolejne 1000 bajtów to paleta.

Ostatni bajt to kolor ramki.

## Przykładowe wyniki kompresji

Tabela 1. Porównanie formatów (źródło: opracowanie własne)




	ART	PNG	THP
 <p>Autor: Duce</p>	9003 B	7222 B	6481 B
 <p>Autor: Electric</p>	9003 B	8378 B	7369 B
 <p>Autor: Reekol</p>	9003 B	12848 B	8934 B

Tabela 2. Porównanie formatów, ciąg dalszy (źródło: opracowanie własne)

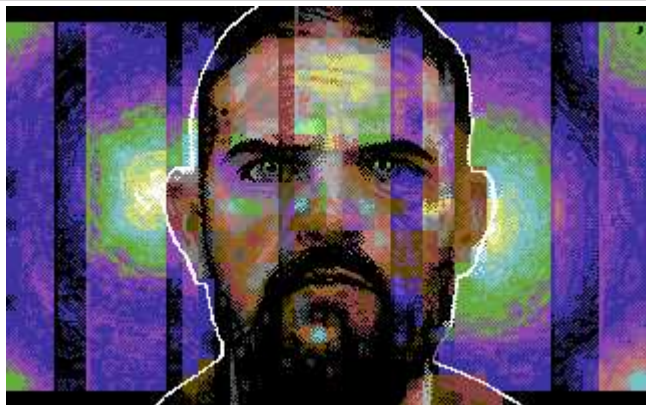


	ART	PNG	THP
 <p>Autor: Jailbird</p>	9003 B	10939 B	8449 B
 <p>Autor: Mermaid</p>	9003 B	4579 B	5233 B
 <p>Autor: The Sarge</p>	9003 B	6444 B	6265 B

Tabela 3. Porównanie formatów, ciąg dalszy (źródło: opracowanie własne)

	ART	PNG	THP
 <p>Autor: Grip</p>	9003 B	7322 B	7001 B
 <p>Autor: Redcrab</p>	9003 B	4386 B	5329 B
 <p>Autor: Jok</p>	9003 B	6271 B	7401 B

## Podsumowanie

Format kompresji THP umożliwia spakowanie grafiki Hires do plików o rozmiarze nie większym niż rozmiar plików ART.

W wielu przypadkach pliki THP zajmują nawet mniej miejsca od plików skompresowanych do formatu PNG, a jednocześnie ich kompresja i dekompresja jest zdecydowanie szybsza niż plików PNG. Format THP jest na tyle szybki, że może być stosowany natywnie na komputerach Commodore 64. Format jest oparty o autorski format TH1, lecz daje pliki mniejsze niż TH1. Jest jednak bardziej wymagający obliczeniowo.

W testach na prawdziwych danych pochodzących z prac tworzonych dla/na Commodore 64 pliki THP były mniejsze nawet o 42% od plików ART. W 71% przypadków pliki THP były mniejsze nawet od plików PNG.

Drugi bajt w plikach THP wskazuje użytą metodę kompresji (0 = brak kompresji, 1 = kompresja TH1, 2 = kompresja THP). Może rozszerzyć format w przyszłości wprowadzając kolejne metody kompresji. Nie zmieniając struktury formatu można wprowadzić aż 253 nowe metody kompresji.

## Bibliografia

1. Wikipedia: Commodore 64.

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Commodore\\_64](https://pl.wikipedia.org/wiki/Commodore_64) (dostęp 2 sierpnia 2021)

2.CSDB: Latest releases

<https://csdb.dk/latestreleases.php> (dostęp 4 sierpnia 2021)

3. C64 Wiki: High Resolution.

[https://www.c64-wiki.com/wiki/High\\_Resolution](https://www.c64-wiki.com/wiki/High_Resolution) (dostęp 2 sierpnia 2021)

4. Commodore VIC-II Color Analysis.

<https://www.pepto.de/projects/colorvic/2001/> (dostęp 3 sierpnia 2021)

5. Codebase 64: C64 Graphics File Format Specs.

[https://codebase64.org/doku.php?id=base:c64\\_grafix\\_files\\_specs\\_list\\_v0.03](https://codebase64.org/doku.php?id=base:c64_grafix_files_specs_list_v0.03)

(dostęp 3 sierpnia 2021)

6. Let's Solve the File Format Problem!: Art Studio.

[http://fileformats.archiveteam.org/wiki/Art\\_Studio](http://fileformats.archiveteam.org/wiki/Art_Studio) (dostęp 3 sierpnia 2021)



## LLL - kompaktowy format graficzny dla platformy Commodore 64

### Platforma Commodore 64

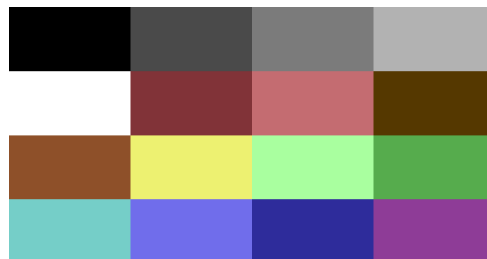
Commodore 64 to komputer domowy, który miał premierę w sierpniu 1982 roku. Wyposażony był w 64 kB pamięci RAM oraz procesor o szybkości ok. 1 MHz [1].

Produkowany był przez 12 lat i szacuje się, że sprzedano 17-25 milionów egzemplarzy [1]. Do dzisiaj cieszy się dużą popularnością wśród muzyków, grafików i programistów, którzy w swoich produkcjach starają się wykorzystać moc komputera do granic jego możliwości, a nawet je przekraczać poprzez wykorzystanie błędów sprzętowych [2].



Rycina 1. Commodore 64

Wszystkie obsługiwane kolory zostały przedstawione na rycinie poniżej. Komputer Commodore 64 nie obsługuje żadnych innych kolorów [3].



Rycina 2. Paleta kolorów obsługiwanych przez Commodore 64

Prezentowany format LLL jest formatem wykorzystującym idee grafiki wektorowej, ale renderowany jest w niskiej rozdzielczości i nie umożliwia skalowania ani obracania.

Dzięki temu każdy piksel wyświetlany jest dokładnie tak, jak został narysowany przez grafika. Grafika rysowana jest w dwóch kolorach- jeden kolor to kolor tła, drugi to kolor "pędzla".

Format LLL wyświetla grafikę w trybie Hires w rozdzielczości 256x200 z użyciem 2 kolorów z palety 16 kolorów.

Mimo, że tryb Hires komputera C64 umożliwia wyświetlanie grafiki w rozdzielczości 320x200 pikseli, to dla oszczędności miejsca format LLL ogranicza rozdzielczość do 256x200 pikseli [4]. Dzięki temu każda współrzędna (X,Y) może być zapisana z użyciem 1 bajta.

### **Format plików ART**

Jest to najprostszy format zapisu grafiki Hires. Ze względu na swoją popularność format ten posłuży jako punkt odniesienia przy porównywaniu rozmiarów plików LLL. Pliki z rozszerzeniem ART zajmują dokładnie 9002 lub 9003 B i zawierają nieskompresowane dane w rozdzielczości 320x200 pikseli podzielonej na bloki 8x8 pikseli. Każdy taki blok może wykorzystywać dowolne 2 spośród 16 kolorów obsługiwanych przez komputer [5,6].

### **Struktura plików LLL**

Pierwszy bajt to kolor tła (4 bity) oraz kolor pędzla (4 bity).

Kolejne 2 bajty to współrzędne Y,X, na których ustawiamy kursor (operacja MoveTo).

Pętla do końca pliku:

Jeżeli kolejny bajt to tzw. Akcja. Jeżeli Akcja ma wartość:

z zakresu 0-199 to bajt jest traktowany jako współrzędna Y, a po nim następuje bajt określający współrzędną X dla operacji LineTo.

200 - koniec rysowania linii. czyli kolejne 2 bajty to znowu współrzędne Y i X dla kolejnej linii (operacja MoveTo)

wartości 201-255 nie są wykorzystywane

## Dodatkowe operacje

Format LLL może zostać łatwo rozszerzony o obsługę 54 nowych operacji (kody Akcji od 201 do 255). Nowe operacje nie tylko pozwoliłyby tworzyć ciekawsze obrazy, ale także mogłyby oszczędzić kolejne bajty. Obsługa wszystkich operacji zwiększyłaby rozmiar programu rysującego (dekodera plików LLL) zmniejszając ilość miejsca w pamięci RAM dostępnego dla obrazków LLL, więc przy szerzej zakrojonych testach mogłyby się okazać, że nie jest to opłacalne. Niestety na chwilę obecną nie ma zbyt wielu grafik w formacie LLL, na których można by to sprawdzić, a stworzenie programu, który by kompresował grafikę z innych formatów do LLL z pewnością nie jest zadaniem prostym. Operacjami takimi mogą być np.:

- rysowanie okręgu – za pomocą jedynie 3 bajtów. 2 bajty dla współrzędnych X,Y określających środek okręgu oraz 1 bajt określający długość promienia.
- rysowanie prostokąta – za pomocą 4 bajtów. 2 bajty na określenie współrzędnych X,Y górnego, lewego narożnika, 1 bajt na określenie długości oraz 1 bajt na określenie wysokości prostokąta.
- rysowanie kwadratu – kwadrat można narysować za pomocą funkcji do rysowania prostokąta, ale dedykowana funkcja potrzebuje o 1 bajt mniej. 2 bajty na określenie współrzędnych X,Y górnego, lewego narożnika, 1 bajt na określenie długości boku.
- operacja FloodFill – za pomocą 2 bajtów można określić współrzędne X,Y skąd zacznie być „rozlewany” kolor. Kolor wypełnienia nie musi być ustawiany- wystarczy wykorzystać kolor pędzla.
- wyświetlanie tekstu – za pomocą 3+n bajtów. 2 bajty jako współrzędne X,Y skąd tekst zacznie być rysowany, 1 bajt na określenie długości tekstu oraz n bajtów na sam tekst
- operacja PutPixel – za pomocą 2 bajtów określających współrzędne X,Y gdzie piksel ma zostać postawiony.
- operacja PutPixel w kolorze tła – działająca identycznie jak PutPixel, ale stawiająca piksel w kolorze tła, a nie pędzla.

## Renderowanie na współczesnych komputerach

Ponieważ format LLL jest formatem pseudowektorowym zapisane obrazy można renderować na współczesnych komputerach w rozdzielczościach innych niż 256x200. Poniżej przykład wyrenderowania w 768x600. Przy takiej rozdzielczości „kanciastość” jest dużo bardziej widoczna, ale efekt końcowy nadal jest ciekawy.



Rycina 3. Renderowanie w 768x600 px (źródło: <http://tomseditor.com/gallery>; autor: TheTom)

## Przykładowe prace

Tabela 1. Porównanie formatów (źródło: Opracowanie własne)

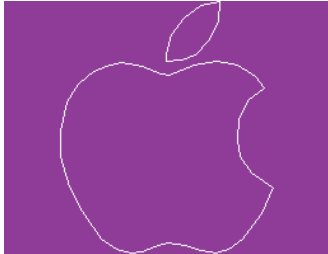
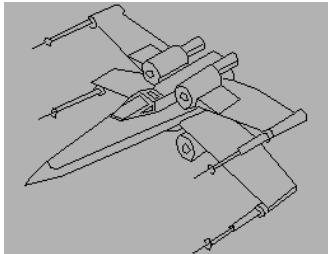


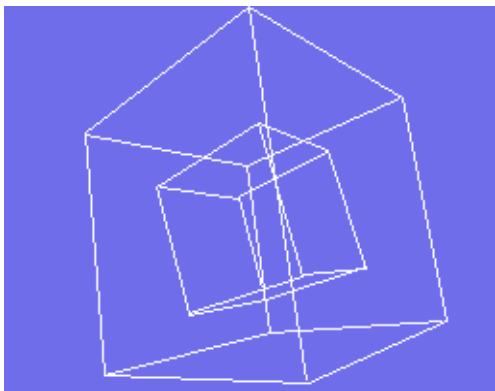
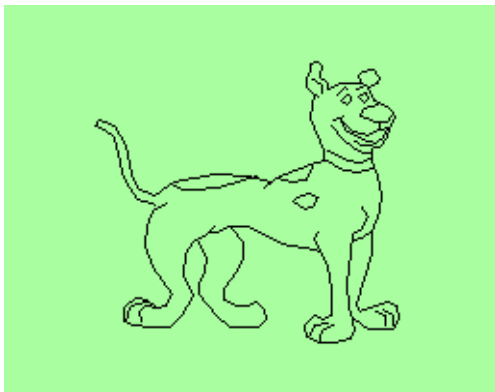

	ART	PNG	LLL
 Autor: TheTom	9003 B	614 B	96 B
 Autor: isildur	9003 B	1536 B	639 B
 Autor: TheTom	9003 B	1495 B	522 B
 Autor: TheTom	9003 B	1102 B	369 B

Tabela 2. Porównanie formatów, ciąg dalszy (źródło: Opracowanie własne)

	ART	PNG	LLL
 <p>A white wireframe cube is centered on a solid blue background. The cube is drawn with thin white lines, showing its three-dimensional structure.</p> <p>Autor: isildur</p>	9003 B	1140 B	81 B
 <p>A black outline of a dog, possibly a Weimaraner, is centered on a solid green background. The dog is standing and facing right.</p> <p>Autor: TheTom</p>	9003 B	972 B	509 B
 <p>A black outline of a character's face, resembling a stylized or cartoonish character, is centered on a solid blue background. The character has spiky hair and a wide, somewhat distorted expression.</p> <p>Autor: TheTom</p>	9003 B	1203 B	416 B

## Podsumowanie

Format LLL umożliwia zapis prostej grafiki o rozmiarze liczonym zaledwie w dziesiątkach bajtów. Przy takiej wydajności zapisu możliwe jest przechowywanie setek pełnoekranowych grafik w pamięci komputera Commodore 64 (64 kB RAM). W przypadku grafiki w nieskompresowanym formacie Hires (np. ART czyli 9002-9003 B) możliwe jest przechowywanie w pamięci RAM jedynie kilku grafik. Nawet skomplikowane formaty współczesne (jak np. PNG) wypadają gorzej tworząc pliki wielokrotnie większe.

Format LLL nie jest formatem skompresowanym, co stanowi dodatkową zaletę, gdyż Commodore 64 nie musi formatu dekompresować marnując cykle procesora i pamięć RAM.

Układ graficzny komputera nie wspiera natywnie rysowania linii, więc linie muszą być rysowane piksel po pikselu (np. korzystając z algorytmu Bresenhama). W przypadku bardziej skomplikowanych grafik w formacie LLL wyrysowanie całego obrazka może zająć kilka sekund. Obrazek jest jednak rysowany linia po linii co nie tylko jest akceptowalnym efektem wizualnym, ale może być nawet atrakcyjne dla użytkownika.

LLL umożliwia zapis grafiki przy użyciu bardzo niedużej ilości bajtów. W testach pliki LLL były mniejsze nawet 111 krotnie od plików w formacie ART. W każdym testowanym przypadku pliki LLL były wielokrotnie mniejsze nawet od plików PNG.

## Bibliografia

1. Wikipedia: Commodore 64.

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Commodore\\_64](https://pl.wikipedia.org/wiki/Commodore_64) (dostęp 1 sierpnia 2021)

2.CSDB: Latest releases

<https://csdb.dk/latestreleases.php> (dostęp 1 sierpnia 2021)

3. Commodore VIC-II Color Analysis.

<https://www.pepto.de/projects/colorvic/2001/> (dostęp 1 sierpnia 2021)

4. C64 Wiki: High Resolution.

[https://www.c64-wiki.com/wiki/High\\_Resolution](https://www.c64-wiki.com/wiki/High_Resolution) (dostęp 1 sierpnia 2021)

5. Codebase 64: C64 Graphics File Format Specs.

[https://codebase64.org/doku.php?id=base:c64\\_grafix\\_files\\_specs\\_list\\_v0.03](https://codebase64.org/doku.php?id=base:c64_grafix_files_specs_list_v0.03)

(dostęp 1 sierpnia 2021)

6. Let's Solve the File Format Problem!: Art Studio.

[http://fileformats.archiveteam.org/wiki/Art\\_Studio](http://fileformats.archiveteam.org/wiki/Art_Studio) (dostęp 1 sierpnia 2021)



## Wpływ zamienników cukru na probiotyczne kultury starterowe bakterii mlekowych

### Wprowadzenie

W związku ze zwiększoną świadomością konsumentów w obszarze prawidłowego odżywiania, jednym z głównych kierunków obieranych przez producentów jest produkcja żywności funkcjonalnej, która wykazuje korzystny wpływ na organizm człowieka, ponad ten, który wynika z jej efektu odżywczego. Takie produkty żywnościowe łączą w sobie zarówno właściwości prozdrowotne, jak i niską kaloryczność i spełniają wymogi konsumentów dotyczące pożądanых walorów smakowych (Kłosiewicz-Latoszek, Cybulska 2011). Aby nadać produktom żywnościowym cechy żywności funkcjonalnej, często konieczna jest modyfikacja ich składu, zwłaszcza eliminacja lub zastąpienie składników, które niekoniecznie służą ludzkiemu organizmowi. Wysokoenergetyczne składniki zastępuje się niskokalorycznymi substytutami, takimi jak półsyntetyczne wypełniacze (mniej słodkie niż sacharoza) oraz intensywne substancje słodzące (słodsze od sacharozy od kilkudziesięciu do kilku tysięcy razy). Do pierwszych zaliczamy m. in.: izomalt, mannitol, ksylitol, sorbitol, laktitol i maltitol, które są znacznie wolniej wchłaniane, więc nie wywołują gwałtownego wzrostu poziomu glukozy we krwi. W drugiej grupie znajduje się m. in.: acesulfam K, aspartam, taumatyna i kwas cyklaminy (Górecka i in. 2011, Koszowska i in. 2014). Ważnym elementem żywności funkcjonalnej są probiotyki, czyli żywe kultury mikroorganizmów, wykazujące korzystny wpływ na organizm gospodarza (Buda i in. 2013). Należą do nich przede wszystkim bakterie fermentacji mlekowej (ang. LAB – Lactic Acid Bacteria) z rodzajów: *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, a także niektóre szczepy z rodzaju *Bacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Escherichia* oraz grzyby *Saccharomyces* (Kapka-Skrzypczak i in. 2012). Aby szczep bakteryjny został uznany za probiotyczny musi spełnić pewne warunki zgodne z zaleceniami FAO/WHO, które obejmują m. in.: konieczność pochodzenia z ludzkiej mikrobioty, potwierdzoną molekularnie przynależność rodzajową i gatunkową, brak właściwości rakotwórczych, patogennych i inwazyjnych oraz zdolność do produkcji substancji antibakteryjnych, czyli wykazywanie antagonizmu wobec patogenów (Jach i in. 2013). W produkcji jogurtów probiotycznych suplementowanych zamiennikami cukru istotne jest, aby substancje te nie hamowały rozwoju i właściwości antagonistycznych probiotycznych kultur

starterowych wobec patogenów, w tym *Listeria monocytogenes*. Listerioza nadal pozostaje jedną z najniebezpieczniejszych chorób, wywoływanych spożyciem skażonej żywności. Analiza wpływu zamienników cukru na probiotyczne bakterie mlekowe w jogurtach niskokalorycznych jest konieczna, aby zachować ich właściwości żywności funkcjonalnej (Buda i in. 2013).

Celem pracy było zbadanie wpływu dodatku wybranych, naturalnych i sztucznych słodzików, na przeżywalność i właściwości bakteriocynogenne probiotycznej kultury starterowej *Lactobacillus casei* ssp. *rhamnosus* w czasie chłodniczego przechowywania.

## **Materiał i metody badań**

### ***Substancje słodzące wykorzystane w doświadczeniu***

Słodziki dodawano do mleka w maksymalnych dopuszczalnych dawkach (według Rozporządzenia Komisji (UE) nr 1129/2011 oraz 1131/2011 z 11 listopada 2011 r.), a mianowicie:

- acesulfam K (Hortimex Plus Sp. z o.o. Spółka Komandytowa, Konin) – 35 mg/100 ml,
- aspartam (Hortimex Plus Sp. z o.o. Spółka Komandytowa, Konin) – 100 mg/100 ml,
- ksylitol (Oleofarm Sp. z o.o., Wrocław); quantum satis, w badaniach przyjęto dawkę 10 g/100 ml,
- stewia (Jining Aoxing Stevia Products Co., Ltd., Chiny) – 10 mg/100 ml,
- sukraloza (Hamburg Fructose GmbH International, Hamburg) – 40 mg/100 ml.

Mleko z dodatkiem słodzików (AcK, ksylitolem, stewią oraz sukralozą), a także próbkę kontrolną bez zamiennika cukru ogrzewano przez 10 minut w 80°C, natomiast wrażliwy na wysoką temperaturę aspartam został dodany do mleka po pasteryzacji i schłodzeniu.

### ***Szczep bakteryjny wykorzystany w doświadczeniu***

W doświadczeniu wykorzystano zliofilizowaną probiotyczną kulturę starterową *Lactobacillus casei* ssp. *rhamnosus* Pro-Tek®. *Listeria monocytogenes*, wobec której określano aktywność bakteriocynogenną bakterii probiotycznych, pochodziła z kolekcji czystych kultur Katedry Mikrobiologii i Technologii Żywności UTP w Bydgoszczy.

### ***Przebieg doświadczenia***

Szczep bakteryjny namnożono w płynnej pożywce LAPT (Raidbaud i in. 1973) w 37°C w ciągu 24 godzin, po czym określono liczbę bakterii w hodowli rozcieńczając 1 ml zawiesiny w 0,85% NaCl w zakresie  $10^{-1}$ – $10^{-8}$ . Z trzech ostatnich rozcieńczeń

pobrano po 0,1 ml próbki i zaszczepiono powierzchniowo na pożywkę MRS (De Man i in. 1960), po czym inkubowano w 37°C przez 24 godziny.

### ***Określenie wpływu słodzików na liczbę bakterii probiotycznych***

Do kolb zawierających mleko i substancje słodzące wprowadzono po 1 ml 24-godzinnej hodowli *Lactobacillus casei* ssp. *ramnosus* o znanej gęstości i przechowywano je w temperaturze 4°C i 12°C imitujących skrajne warunki chłodnicze. Próbkę do analiz mikrobiologicznych pobierano po 7, 14, 20 i 27 dniach (doświadczenie prowadzone w temperaturze 12°C) oraz po 6, 15 i 27 dniach (doświadczenie prowadzone w temperaturze 4°C). Po odpowiednim czasie pobierano po 1 ml mieszaniny i rozcieńczano ją w NaCl w zakresie od  $10^{-1}$ - $10^{-8}$ . Z trzech ostatnich rozcieńczeń wykonano posiewy powierzchniowe, przenosząc 0,1 ml zawiesiny na powierzchnię pożywki MRS. Inkubację prowadzono w 37°C. Po 24 godzinach określano liczebność mikroorganizmów w jednostce jtk·ml<sup>-1</sup>.

### ***Określenie wpływu słodzików na właściwości bakteriocygenne szczepu probiotycznego wobec bakterii chorobotwórczych***

W określonych terminach pobierano próbki wykonując posiewy punktowe 5 µl hodowli na pożywkę MRS, po czym inkubację bakterii prowadzono w warunkach beztlenowych (Oxoid™ AnaeroGen™) w ciągu 24 godzin w temperaturze 37°C. Warunki beztlenowe stworzono w celu zahamowania syntezy kwasu mlekowego oraz nadtlenu wodoru. Bakterie patogene zaszczepiono na płynne podłoże (woda peptonowa, Merck, 107228) i inkubowano w 37°C przez 24 godziny. W dalszej części doświadczenia zaszczepione punktowo hodowle bakterii mlekowych poddano działaniu chloroformu przez 20 minut, celem uniemożliwienia wzrostu bakteriom w kolejnych etapach badań, które zachodziły w warunkach tlenowych. Po odparowaniu chloroformu (20 minut) pożywkę pokrywano zawiesiną *Listeria monocytogenes* (po 0,25 ml 10-krotnego rozcieńczenia całodobowej hodowli) w 10 ml upłynnionej pożywki TSA (Tryptic Soy Agar, Merck 1.05458). Hodowlę prowadzono w 37°C przez 48 godzin. Antagonistyczną aktywność bakterii mlekowych oceniano na podstawie pomiaru szerokości strefy zahamowania wzrostu patogenu.

### **Statystyka**

Porównano różnice w średnicy stref zahamowania wzrostu szczepów patogennych, wskazującą na antagonistyczną aktywność bakterii mlekowych. Użyto w tym celu programu Statistica (StatSoft Polska), wersja 12. Przeprowadzono statystyki podstawowe i FACTORIAL ANOVA do analizy różnic względem czynników międzygrupowych oraz test post-hoc Tukey'a, celem wykazania istotności efektów.

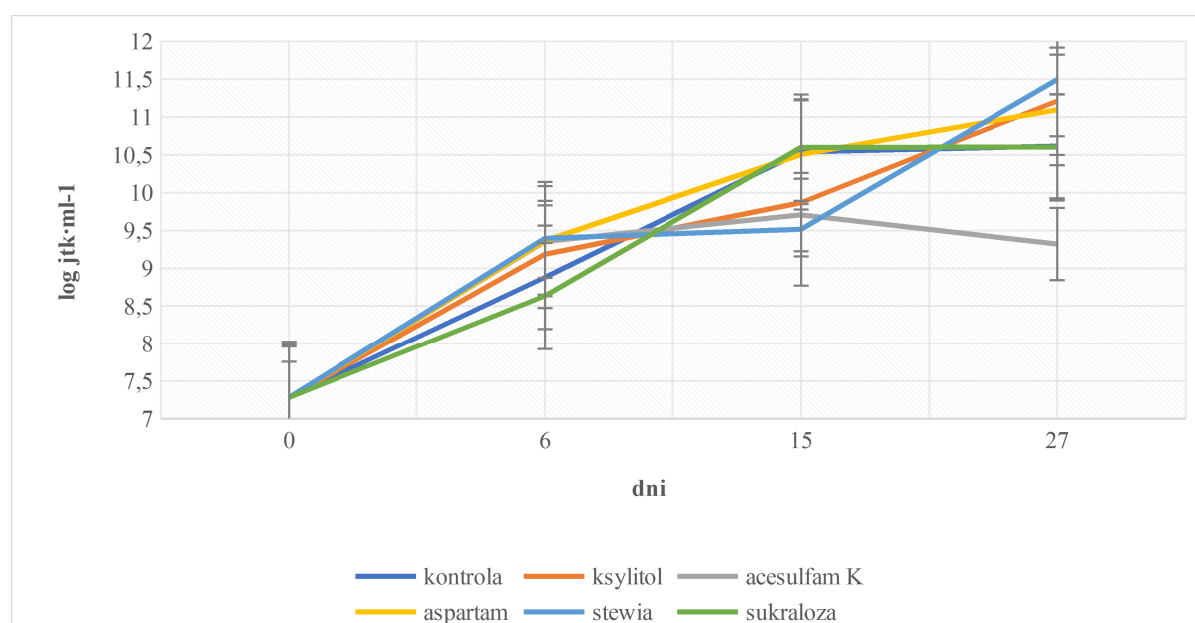
## Wyniki

W przypadku temperatury przechowywania 12°C, pierwsze 7 dni obserwacji wskazywało na stymulujący wpływ stewii i aspartamu na rozwój kultury starterowej, natomiast ksylitol wykazywał wobec niej najsilniejsze działanie inhibujące (Ryc. 1). W próbkach zawierających sukralozę i AcK obserwowano taką samą liczbę bakterii, jak w próbce kontrolnej. W ciągu następnych 7 dni obserwacji stwierdzono, że najsilniejszym inhibitorem kultury starterowej stał się aspartam obniżając liczebność bakterii i 1 log w stosunku do próbki kontrolnej. Ksylitol również hamował rozwój bakterii probiotycznych, choć w mniejszym stopniu. Pozostałe słodziki wykazywały słabe działanie stymulujące wobec bakterii. Analiza przeprowadzona 20. dnia doświadczenia wskazała, że jedynym słodzikiem, nieograniczającym rozwoju bakterii probiotycznych, była sukraloza. Po zakończeniu doświadczenia stwierdzono, iż wykorzystane słodziki ograniczyły populację bakterii mlekowych o ok. 1,5 log.

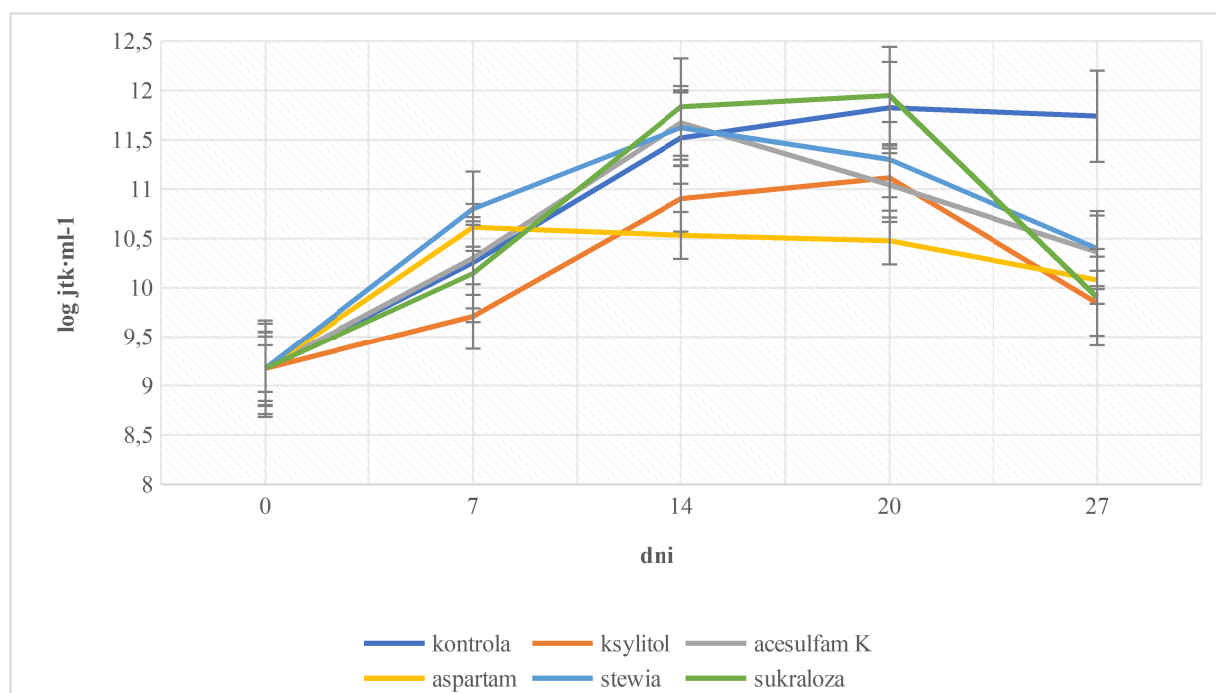
W temperaturze 4°C, rekomendowanej do przechowywania nabiału, hamujący wpływ słodzików nie był tak bardzo wyraźny, jak w 12°C (Ryc. 2). W ciągu sześciu pierwszych dni chłodniczego przechowywania próbek jedynie sukraloza ograniczała w niewielkim stopniu rozwój bakterii, jednak do końca trwania eksperymentu nie wykazywała wpływu na wzrost bakterii (w porównaniu z kontrolą). Hamujące działanie acesulfamu K odnotowano od 14. do 27. dnia obserwacji. Związek ten był jedynym inhibitorem bakterii probiotycznych w tej temperaturze. Stwierdzono, iż aspartam i sukraloza były najlepszymi promotorami rozwoju kultury starterowej. W wyniku analiz statystycznych wykazano, że zarówno wpływ zamiennika cukru jak i termin poboru próbki istotnie wpływał na wielkość stref zahamowania wzrostu, a tym samym na aktywność antagonistyczną bakterii mlekowych. Wykonano test post-hoc HSD Tukey'a celem wskazania jednorodnych grup. Wykazano istotne różnice w analizach międzygrupowych (Tab. 1).

**Tabela 1.** Średnice stref zahamowania wzrostu *Listeria monocytogenes* [mm] w różnych temperaturach i terminach doświadczenia

Próbka	Temperatura 4°C			Temperatura 12°C		
	Termin doświadczenia [tydzień]					
	I	II	IV	I	II	IV
Kontrolna	5,5 <sup>a</sup>	2 <sup>d</sup>	0 <sup>f</sup>	12,5 <sup>a</sup>	8,5 <sup>c</sup>	4,0 <sup>d</sup>
AcK	1,0 <sup>e</sup>	4,5 <sup>b</sup>	0 <sup>f</sup>	9,5 <sup>bc</sup>	10,5 <sup>b</sup>	2,0 <sup>ef</sup>
Aspartam	0 <sup>f</sup>	1 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup>	8 <sup>c</sup>	3,5 <sup>de</sup>	2 <sup>ef</sup>
Ksylitol	0 <sup>f</sup>	1,5 <sup>de</sup>	3,5 <sup>c</sup>	8,5 <sup>c</sup>	4 <sup>d</sup>	4 <sup>def</sup>
Stewia	0 <sup>f</sup>	5,5 <sup>a</sup>	2 <sup>d</sup>	5 <sup>d</sup>	2 <sup>ef</sup>	2 <sup>ef</sup>
Sukraloza	0 <sup>f</sup>	4,5 <sup>b</sup>	1 <sup>e</sup>	3,5 <sup>de</sup>	4 <sup>d</sup>	1,5 <sup>f</sup>



**Rycina 1.** Wpływ substancji słodzących na liczbę bakterii *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus* w temperaturze 12°C



Rycina 2. Wpływ substancji słodzących na liczbę bakterii *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus* w temperaturze 4°C

## Dyskusja

W obu temperaturach bakterie probiotyczne w próbkach kontrolnych charakteryzowały się zbliżoną dynamiką wzrostu, ich populacja zwiększała się stopniowo podczas chłodniczego przechowywania i po 27 dniach była wyższa o ok. 3 log od liczby wyjściowej. Kwestia wpływu temperatury przechowywania na żywotność bakterii probiotycznych była poruszana przez wielu badaczy. Mortazavian i współautorzy (2007) badali liczebność probiotyków (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* BB-12, *Streptococcus thermophilus* i *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*) w jogurcie w temperaturach 2°C, 5°C i 8°C w trakcie 20 dni przechowywania. Najwyższą żywotnością odznaczał się szczep *Lactobacillus acidophilus* w 2°C, podczas gdy *Bifidobacterium lactis* najintensywniej rósł w temperaturze 8°C. Z kolei Daneshi i współautorzy (2013) przebadali żywotność czterech szczepów probiotycznych (*Lactobacillus acidophilus* LA5, *Bifidobacterium lactis* BB-12, *L. rhamnosus* i *L. plantarum*) w niefermentowanym mleku oraz w niefermentowanym soku z marchwi. Analiz liczebności komórek dokonywano w 5-dniowych odstępach w okresie 20 dni. Temperatura przechowywania chłodniczego wynosiła  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ . Wyniki wykazały, że wszystkie szczepy miały wysoką żywotność zarówno w mleku jak i w soku (88–98%), aczkolwiek *L. acidophilus* LA5 charakteryzował się wyższą stabilnością niż pozostałe bakterie. Hekmat i Reid (2011) zaobserwowali, że substancje słodzące (m.in. ksylitol, stevia i sukraloza) mogą promować wzrost szczepu probiotycznego

*Lactobacillus rhamnosus* GR-1. Do podobnych wniosków doszli Weber i Hekmat (2013) stwierdzając, że żaden z zastosowanych słodzików (sukraloza, ksylitol, stewia) nie wykazał negatywnego wpływu na liczebność bakterii probiotycznej *Lactobacillus rhamnosus* GR-1. Badania własne nie potwierdzają ani promującego, ani obojętnego działania ksylitolu na wzrost kultur starterowych. W obu testowanych temperaturach substancja ta ograniczała rozwój bakterii. Z kolei sukraloza albo stymulowała kulturę probiotyczną (w 12°C), albo też nie wywierała na nią żadnego wpływu (4°C).

W pracy przetestowano wpływ zamienników cukru na aktywność bakteriocynogenną szczepu *Lactobacillus casei* ssp. *rhamnosus* wobec patogennych bakterii z gatunku *Listeria monocytogenes*, które mogą skażać żywność i stanowić przyczynę problemów zdrowotnych. Właściwości antibakteryjne kultury probiotycznej, a co za tym idzie, największe strefy zahamowania wzrostu, zarejestrowano w doświadczeniu prowadzonym w 12°C w przypadku każdego patogenu. Te warunki przechowywania wydają się bardziej odpowiednie dla zachowania antagonistycznych właściwości badanego szczepu. Dodatek słodzików hamował aktywność bakteriocynogenną probiotyku w pierwszym tygodniu doświadczenia. Dopiero w kolejnych terminach zauważono stymulujący wpływ ksylitolu, stewii i sukralozy na ograniczanie wzrostu *Listeria monocytogenes* niezależnie od temperatury.

Wyniki badań własnych były bardzo zróżnicowane, jednak na ich podstawie można stwierdzić, że spośród zastosowanych słodzików najmniejszy wpływ ograniczający na liczbę bakterii probiotycznych miała sukraloza, a zaraz po niej stewia. Aspartam, ksylitol i acesulfam K najbardziej ograniczały wzrost probiotyków. Istotne jest także, by zamienniki cukru nie zaburzały właściwości antagonistycznych probiotyków. Najsilniejsze zahamowanie wzrostu patogenów odnotowano w wyższej temperaturze przechowywania (12°C) w ciągu pierwszych siedmiu dni. Wpływ poszczególnych słodzików na właściwości antagonistyczne szczepu *Lactobacillus casei* ssp. *rhamnosus* był bardzo zróżnicowany. Największe strefy zahamowania wzrostu patogenu obserwowano w próbkach suplementowanych acesulfamem K, następnie stewią i sukralozą.

## Podsumowanie

- Wpływ substancji słodzących oraz temperatury na liczebność i właściwości bakteriocynogenne probiotycznej kultury starterowej *Lactobacillus casei* ssp. *rhamnosus* był bardzo zróżnicowany.
- Słodzikiem, który najbardziej promował wzrost probiotyku była sukraloza, natomiast najbardziej ograniczały go ksylitol i aspartam (12°C) oraz acesulfam K (4°C).
- Wyższa temperatura przechowywania chłodniczego aktywniej stymulowała właściwości bakteriocynogenne szczepu probiotycznego.

- Bakteriocynty wytwarzane przez *Lactobacillus casei* ssp. *ramnosus* były skuteczne w ograniczeniu wzrostu pałeczek *Listeria monocytogenes*.
- Wpływ poszczególnych słodzików na właściwości antagonistyczne szczepu *Lactobacillus casei* ssp. *ramnosus* był bardzo zróżnicowany. Największe strefy zahamowania wzrostu patogenów obserwowano w próbkach suplementowanych acesulfamem K, następnie stewią, sukralozą oraz ksylitolem.



## Literatura

- Buda B., Dylus, E., Górska-Frączek S., Brzozowska E., Gamian, A. 2013. Białka powierzchniowe bakterii z rodzaju *Bifidobacterium*. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej*. nr 67, s. 402-412
- Daneshi M., Ehsani M. R., Razavi S. H., Labbafi M. 2013. Effect of refrigerated storage on the probiotic survival and sensory properties of milk/carrot juice mix drink. *Electronic Journal of Biotechnology*. t. 16, nr 5, s. 1-12
- De Man J. C., Rogosa M., Sharpe M. E. 1960. A Medium for the Cultivation of Lactobacilli. *Journal of Applied Bacteriology*. t. 23, nr 1, s. 130-135
- Górecka D., Korczak J., Borowska-Parus A. 2007. Zastosowanie substancji słodzących w wyrobach ciastkarskich. *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*. Wydawnictwo Naukowe PTTŻ. t. 6, nr 55, s. 210-218
- Hekmat S., Reid G. 2011. The effect of different sweeteners on growth and survival of *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 in milk. *Journal of Dairy Science*. nr 94, s. 291
- Jach M., Łoś R., Maj M., Malm A. 2013. Probiotyki – aspekty funkcjonalne i technologiczne. *Postępy mikrobiologii*. Polskie Towarzystwo Mikrobiologów. t. 52, z. 2, s. 161-170
- Kapka-Skrzypczak L., Niedźwiecka J., Wojtyła A., Kruszewski, M. 2012. Probiotyki i probiotyki jako alternatywny składnik żywności funkcjonalnej. *Pediatric Endocrinology, Diabetes and Metabolism*. t. 18, nr 2, s. 79-83
- Kłósiewicz-Latoszek L., Cybulska B. 2011. Cukier a ryzyko otyłości, cukrzycy i chorób sercowo-naczyniowych. *Problemy Higieny i Epidemiologii*. t. 92, nr 2, s. 181-186
- Koszowska A., Dittfeld A., Nowak J., Brończyk-Puzoń A. 2014. Gwizdek, K., Bucior, J., Zubelewicz-Szkodzińska, B., Cukier - czy warto go zastąpić substancjami słodzącymi? *Nowa Medycyna*. nr 1, s. 37-38
- Mortazavian A. M., Ehsani M. R., Mousavi S. M., Rezaei K., Sohrabvandi S., Reinheimer J. A. 2007. Effect of refrigerated storage temperature on the viability of probiotic microorganisms in yogurt. *International Journal of Dairy Technology*. t. 60, nr 2, s. 123-127
- Raibaud P., Galpin J. V., Ducluzeau R., Mocquot G., Oliver G. 1973. Le genre *Lactobacillus* dans le tube digestif du rat. II Characters de souches heterofermentaires isolates de rats "Holo" et "Gnotoxeniques". *Ann Inst Pasteur Mic*. 124, s. 223-235
- Weber A., Hekmat S. 2013. The Effect of *Stevia rebaudiana* on the Growth and Survival of *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 and Sensory Properties of Probiotic Yogurt. *Journal of Food Research*. t. 2, nr 2, s. 136

Anna Woźniak

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Wydział Ekonomii

## **„Niepokolenia”? Teoria i praktyka (Internetu) funkcjonowania pokoleń.**

### **Wprowadzenie**

W mediach coraz częściej spotykamy się z pojęciem pokoleń i różnicowaniem społeczeństwa według tej kategorii. Jest to łatwe i popularne podejście, które mówi nam o tym, że choć wszyscy jesteśmy tacy sami, to „pięknie się różnimy” – a może nie?

Istnieje wiele książek, publikacji, artykułów traktujących o tematyce pokoleń. O różnicach, jakie warto wziąć pod uwagę w miejscach pracy, na uczelniach wyższych. Wyróżniono w nich wybrane cechy pokoleń, ich mocne i słabe strony. Obok tych wszystkich publikacji istnieje również niespójność w nomenklaturze i w chronologii kategoryzacji pokoleń. Jak piszą Thomas C. Reeves oraz Eunjung Oh w artykule *Generational Differences*, większość autorów i znawców w tej dziedzinie zgadza się, że różne wariacje cech, które w obrębie jednego pokolenia mogą być tymi, które wyróżniają je na tle innych, istnieją również wśród innych pokoleń (Reeves & Oh, 2007). Czy może to oznaczać, że sposób w jaki przyjęto się mówić o różnicach międzypokoleniowych, o różnicach w podejściu do kwestii hierarchii wartości czy zachowań, reprezentantów różnych pokoleń, okazać się może daleki od prawdy?

Od zawsze mówiło się o pokoleniach, o zmianach jakie zaszły w funkcjonowaniu i sposobie myślenia społeczeństwa powiązanych z rokiem urodzenia jednostek. O wyzwaniach, jakim muszą sprostać osoby starsze na rynku pracy. O niestabilności, jaką cechują się młodszy pracownicy w miejscu zatrudnienia. O coraz to nowych wyzwaniach, z jakimi borykają się producenci, aby sprostać wymaganiom młodych konsumentów. Jednak czy naprawdę różnice pomiędzy pokoleniami są aż tak drastyczne?

Być może społeczeństwo niestusznie zostało podzielone na pokolenia, eksponując tym samym odrębność grup ludzi w różnym wieku. Może taki podział jednak za bardzo koncentruje się na różnicach, zamiast na podobieństwach między ludźmi? Być może wiek wcale nie definiuje odrębności funkcjonowania i myślenia ludzi. Poniższa praca jest poszukiwaniem odpowiedzi na te oraz inne pytania.

## 1 Literaturowe ujęcie pokoleń

Jak pisze Piotr Szukalski, termin pokolenie można rozumieć w kilku kontekstach. Pierwszym z nich jest kontekst funkcjonujący w antropologii, wedle którego pokolenie rozumiemy jako ogół spokrewnionych ze sobą jednostek, które posiadają wspólnego przodka o tym samym statusie rodzinnym. Jego podstawą są więzi i role rodzinne. Pokolenie w tym przypadku jest grupą wyodrębnioną na podstawie wieku społecznego (Szukalski, 2012).

Drugie podejście uwzględnia głównie aktywność zawodową. Wyróżnia się tu osoby w wieku przedprodukcyjnym, produkcyjnym i poprodukcyjnym. Pokolenie w ujęciu typowym dla polityki społecznej, to grupy wyodrębnione ze względu na wiek ekonomiczny (aktywność zawodowa) i socjalny (wynikające z wieku obowiązki i prawa) (Szukalski, 2012).

Kolejnym, jest powstały w XIX wieku podział, który pod pojęciem pokolenie rozumie grupę osób urodzonych w tym samym okresie. Najczęściej analizuje się to z punktu widzenia roku lub pięciu lat. Jest to ogół ludzi wyodrębnionych na podstawie wieku kalendarzowego.

W ostatnim rozumieniu, pokolenie to grupa ludzi wyodrębniona na podstawie pewnego podobieństwa kulturowego. Przykładem może być pokolenie II Wojny Światowej lub pokolenie Solidarności. Są to ludzie, na których dramatyczne lub przetomowe wydarzenia odcisnęły podobne piętno. Osoby, które posiadają wspólne przeżycia, wspólnie dzielą tę samą historię. Współcześnie, podejście to zostało rozszerzone o wspólny system wartości oraz światopogląd. W ten sposób pojmowane pokolenie obejmuje zazwyczaj grupy urodzonych w 20 kolejnych latach (Szukalski, 2012).

Definicją, która najlepiej oddaje czym jest pokolenie rozumiane w kontekście tego opracowania, jest termin autorstwa Sztompki rozumiany jako „zbiorowość ludzi, którzy doświadczyli takich samych, ważnych wydarzeń historycznych, przeżyli te same sytuacje, reagowali na te same wydarzenia. Ale doświadczały tego wszystkiego osobno każdy nieco inaczej (...) To podobieństwo biografii, ten paralelizm przeżyć, mimo że doznawany w różnych miejscach, różnych momentach i z różną intensywnością, są ważne dlatego, że trwale kształtują mentalność, postawy, hierarchię wartości uczestników. Wytwarzają się między nimi trwałe więzi solidarności zbiorowej czy, jak powiadamy – wspólnota pokoleniowa oparta na pamięci przeżytych wydarzeń” (Sztompka, 2012).

Aktualnie żyjemy w świecie pięciu pokoleń. Na przestrzeni ostatnich pięćdziesięciu lat wyodrębnione zostały trzy pokolenia, które obecnie i w najbliższej przyszłości będą odgrywać znaczącą rolę na rynku pracy, jak również w życiu

społecznym i to ich analizie poświęcone jest poniższe opracowanie. Dokonując przeglądu literatury przedmiotu można zauważyć, że ich nazewnictwo nieznacznie różni się od siebie, ponieważ różni badacze piszący o pokoleniach stosują odmienne terminy służące identyfikacji konkretnych pokoleń. Ponadto istnieje znaczna różnica między autorami, które lata należy wziąć pod uwagę w obrębie poszczególnego pokolenia. Tabela 1. przedstawia porównanie różnych etykiet nadanych pokoleniom w różnych źródłach, a także różnice chronologiczne w stosowanych do identyfikacji poszczególnych generacji okresów czasowych.

**Tabela 1.** Etykiety pokoleniowe i daty występowania w wybranych źródłach (źródło: opracowanie własne.)

Źródło	Nazewnictwo i ramy czasowe		
Rogozińska-Pawetczyk (2014)	Generacja X (1960 - 1980)	Generacja Y (1981 - 2000)	Pokolenie Z (1990 -obecnie)
Hysa (2016)	Generacja X (1965 - 1980)	Generacja Y (tzw. millennials) (1981 - 1994)	Generacja Z (1995 - obecnie)
Global Web Index	Pokolenie X (1964 - 1982)	Milenialsi (1983 - 1996)	Pokolenie Z (1997 - obecnie)
Kraus (2016)	Pokolenie X (1965 - 1980)	<b>Pokolenie Y</b> (1981 - 2000)	Pokolenie Z (2000 - obecnie)
Reeves & Oh (2007)	Pokolenie X (1965 - 1980)	Milenialsi (1981 - 2000)	Pokolenie Z (2001 - obecnie)
Sandeen (2008)	Pokolenie X lub Trzynasta generacja (1961 - 1981)	Pokolenie Y lub Pokolenie Tysiąclecia (1982 - 2003)	Pokolenie Ojczyzny (2004 -obecnie)

Smolbik-Jęczmień (2018)	Generacja X (1965 - 1980)	Generacja Y (tzw. millennials) (1980 - ...)	-
Gwarek, Samitowska, Smoguła (2014)	Pokolenie X, Baby Busters lub Post Boomers (1965 - 1979)	Pokolenie Y, Generacja Millenium, Generacja Why (1980 - 1996)	Pokolenie Z, Pokolenie C (ang. connected), iGeneration (1996 - obecnie)

Jak wykazano w tabeli, analizując różnych autorów, obraz pokoleń może nieznacznie się różnić. Niektórzy (Rogozińska-Pawełczyk, 2014) stwierdzają, że pierwsi przedstawiciele Pokolenia X urodzili się już w 1960 roku, podczas gdy inni (Kraus, 2016) zakładają, że nastąpiło to dopiero w 1965. Podobne nieścisłości powstają podczas próby analizowania pokolenia najmłodszego – Z. Oprócz różnic w nazewnictwie: Pokolenie Ojczyzny (Sandeem, 2008), Generacja Z (Hysa, 2016) czy Pokolenie C (Gwarek, Samitowska, Smoguła, 2014), zakłada się różne daty narodzin przedstawicieli pokolenia Z. Jego początek jest najszerzej zarysowanym przedziałem czasowym, niektórzy (Rogozińska-Pawełczyk, 2014) za początek nowej generacji uważają rok 1990, podczas gdy inni autorzy (Sandeem, 2008) przyjmują dopiero rok 2004.

W celu ujednoczenia na potrzeby pracy, pokolenia zostaną oznaczone, a ich ramy czasowe przyjęte tak, jak pokazano w Tabeli 2.

**Tabela 2.** Etykiety i daty pokoleniowe (nazewnictwo i ramy czasowe) (źródło: opracowanie własne)

Nazwa	Ramy czasowe
Pokolenie X	1965 - 1979
Pokolenie Y	1980 - 1996
Pokolenie Z	1997 - obecnie

## 2 Pokolenia w statystykach – podejście ilościowe

Każdy człowiek posiada wartości, którymi kieruje się życiu. Każdy posiada swoją hierarchię wartości, która w zależności od poszczególnych jednostek może być różna lub bardzo zbliżona do hierarchii innych. Wielokrotnie przeprowadzane zostały badania,

mające na celu zbadanie i określenie najważniejszych wartości wśród społeczeństwa polskiego. Jednym z takich badań, było badanie przeprowadzone w 2019, 2013 oraz 2008 roku, na reprezentatywnej próbie losowej dorosłych mieszkańców Polski przez Centrum Badania Opinii Społecznej – *Aktualne problemy i wydarzenia* (CBOS, 2019). Według CBOSu badania te, są najlepszym barometrem społecznych nastrojów w kraju. Wśród pytań zawartych w ankiecie, na której opierają się badania, z punktu widzenia tej pracy najważniejszym jest pytanie o system wartości i o to, jakimi wartościami kierują się ludzie w codziennym życiu.

Na pytanie które brzmi „Ludzie kierują się różnymi wartościami w życiu. Z podanej listy proszę wskazać nie więcej niż pięć wartości, które uważa Pan(i) za najważniejsze w swoim codziennym życiu.” (CBOS, 2019), na liście znalazło się szesnaście pozycji. Ankietowani mogli wskazać pięć spośród wartości takich jak: szczęście rodzinne, zachowanie dobrego zdrowia, spokój, grono przyjaciół, szacunek innych ludzi, uczciwe życie, praca zawodowa, wiara religijna, pomyślność ojczyzny, wolność głoszenia własnych poglądów, kontakt z kulturą, wykształcenie, dobrobyt/bogactwo, możliwość udziału w demokratycznym życiu społeczno-politycznym, życie pełne przygód i wrażeń oraz sukces/sława (CBOS, 2019).

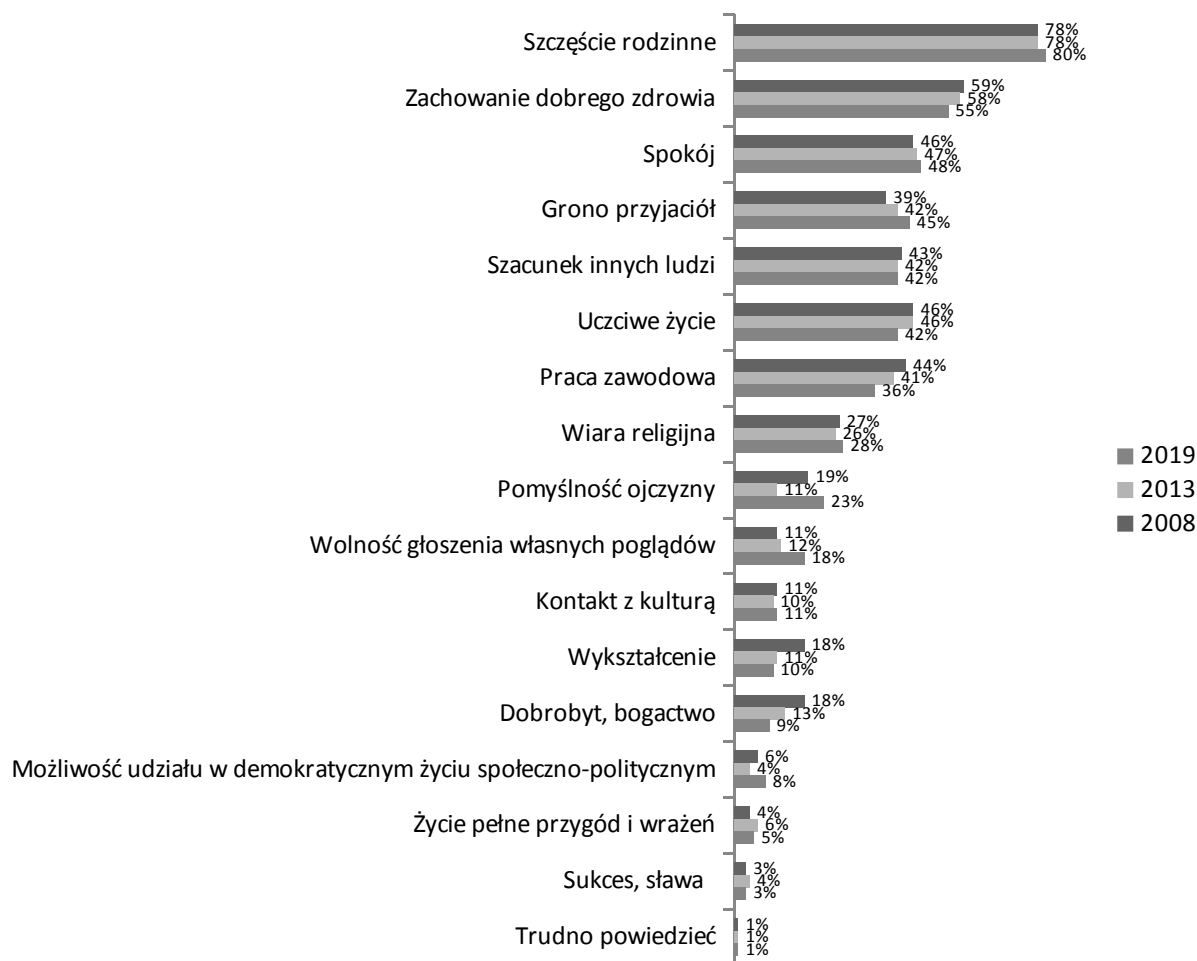
W badaniu przeprowadzonym przez CBOS, jedynie w roku 2019 brali udział reprezentanci wszystkich omawianych w pracy pokoleń: pokolenia X, pokolenia Y oraz pokolenia Z. Tabela 3 obrazuje wiek potencjalnych respondentów z podziałem na pokolenia oraz obrazuje, czy i jakie osoby mogły wziąć udział w badaniu w poszczególnych latach.

**Tabela 3.** Wiek potencjalnych respondentów z podziałem na pokolenia w poszczególnych latach badania (źródło: opracowanie własne)

Rok	Pokolenie X	Pokolenie Y	Pokolenie Z	Pozostali
2019	54-40 lata	39-23 lata	22 lata i mniej; w badaniu wzięty udział jedynie osoby w wieku 22-18	55 lat i więcej
2013	48-34 lata	33-17 lata; w badaniu wzięty udział jedynie osoby w wieku 33-18	16 lat i mniej; nie brali udział w badaniu	49 lat i więcej

2008	43-29 lata	28-12 lata; w badaniu wzięły udział jedynie osoby w wieku 28-18	11 lat i mniej; nie brali udział w badaniu	44 lata i więcej

Porównując wyniki badań z 2019, 2013 oraz 2008, można zauważyć, że przez ostatnie 11 lat, ogólna hierarchia wartości wskazywanych przez Polaków nie uległa znaczącym zmianom. Pomimo, że w gronie respondentów w 2019 roku można znaleźć reprezentantów najmłodszego pokolenia, wydają się mieć oni bardzo zbliżony światopogląd do pokoleń starszych. Analizując wyniki badań można zauważyć, że w długofalowych trendach wartości wahają się nieznacznie. Z bardziej widocznych zmian, jakie dokonały się między rokiem 2008, a 2019, można zauważyć systematyczny wzrost znaczenia przyjaźni (6 p.p.) oraz wolności głoszenia własnych poglądów (7 p.p.). Spadek widoczny jest natomiast przy wartości przypisywanej pracy zawodowej (o 8 p.p.), bogactwu (9 p.p.) oraz wykształceniu (8 p.p.) (CBOS, 2019). Całość ilustruje poniższy wykres.



**Wykres 1.** Odpowiedź na pytanie „Ludzie kierują się różnymi wartościami w życiu. Z podanej listy proszę wskazać nie więcej niż pięć wartości, które uważa Pan(i) za najważniejsze w swoim codziennym życiu.”

Źródło: opracowanie własne, na podstawie komunikatu z badań CBOSu „Rodzina – jej znaczenie i rozumienie”

Z powyżej opisanych względów warto w tym miejscu podjąć rozważania o tym, czy ludzie, którzy są w różnym wieku, którzy wychowali się w zupełnie innych czasach, którzy zaliczani są do zupełnie różnych pokoleń, mają aż tak bardzo różną hierarchię wartości, spojrzenie na świat. W powyższych badaniach w każdym z analizowanych lat dochodzili przedstawiciele nowego pokolenia, coraz młodsze osoby, a pomimo tego, końcowe wyniki były zbliżone do siebie. Już teraz nasuwa się wniosek, że pokolenia mogą mieć więcej wspólnego niż zdawałoby się uważać.

### 3 Badania własne

W celu dogłębnej odpowiedzi na opisany problem i ustosunkowanie się do określonych założeń wyjściowych zdecydowano się zrealizować badania własne. Ich głównym celem było określenie stopnia podobieństwa wartości którymi kierują się w



życiu codziennym reprezentanci analizowanych pokoleń, oraz czy w podobny sposób zaspokajają oni swoje potrzeby z nimi związane. W tym celu przeprowadzono badania netnograficzne,

a jako technikę badawczą zastosowano technikę analizy treści. Zmienne niezależne zdefiniowane zostały w postaci wartości określonych na podstawie tych, przedstawionych

w badaniu CBOSu. Analiza została przeprowadzona wśród losowo dobranych użytkowników portalu społecznościowego Twitter. Metodą doboru celowego na podstawie stopnia wypełnienia profilu wybrano 15 osób, 5 osób z każdego analizowanego pokolenia, których konta umożliwiały uzyskanie danych pasujących do zdefiniowanych zmiennych niezależnych.

### 3.1 Obraz pokolenia X

Wszyscy badani z przedziału wiekowego 41 – 55 lat, to osoby rodzinne, ceniące sobie swoich najbliższych oraz spędzany z nimi czas. Większość ma już dorosłe dzieci, wnuków.

Każdy z nich na swój sposób dba o swoje zdrowie. Mają świadomość tego, co jedzą, wśród nich są osoby, które np. wybierają produkty z upraw ekologicznych. Dwoje badanych stosuje medycynę naturalną, czworo znajduje w ciągu dnia czas na sport. Jeżdżą na rowerze, chodzą na spacerach czy uprawiają jogę lub medytują.

Są to osoby, które otaczają się w realnym życiu raczej niewielką ilością ludzi, troje badanych zdecydowanie woli wąskie, ale zaufane grono znajomych i przyjaciół. Badani, którzy posiadają szerokie grono znajomych to osoby, których praca lub hobby w dużej mierze jest związane ze stałym kontaktem z ludźmi jak np. prowadzenie własnej działalności czy przynależność do klubów sportowych. W Internecie raczej nie nawiązują nowych znajomości, preferują znajomości zawierane twarzą w twarz.

Wszyscy badani pracują. Dwoje z nich otwarcie mówi, że lubi swoją pracę i czuje się w niej dobrze. Mimo, że pokolenie X niedługo będzie schodzić ze sceny zawodowej, aktualnie tylko jedna osoba myśli o przejściu na emeryturę.

Troje badanych to osoby wierzące. Tylko jedna deklaruje się jako osoba niewierząca. Jeden z badanych deklaruje się jako spirytualista.

Zgodnie z definicją patriotyzmu stworzoną na potrzeby badania, tj. działania, poprzez które wykazywane jest zainteresowanie własnym krajem takie jak np.: śledzenie na bieżąco spraw i wydarzeń z nim związanych, uczestnictwo w wyborach, itp., wszystkich badanych można zaklasyfikować jako patriotów. Respondenci interesują się tym, co dzieje się w kraju, śledzą bieżące wydarzenia. Troje z nich otwarcie mówi, że

bierze czynny udział w wyborach. dwoje badanych opisuje ojczyznę jako piękny kraj. Jeden z badanych promuje Polskę i zachęca innych do odkrywania pięknych zakątków, umieszczając zdjęcia ze swoich podróży. Inny badany z racji swojego zawodu, pokazuje najmłodszym jakim pięknym krajem jest Polska, oraz uczy ich postaw obywatelskich.

Badani cenią sobie swoją wolność słowa. Nie boją się wypowiadać swojego zdania, zwłaszcza na tematy, które ich dotyczą, i którymi się interesują oraz które są zgodne z ich poglądami.

Wszystkie osoby, które brały udział w badaniu, mają duży kontakt z kulturą. Troje badanych ogląda filmy i seriale w zaciszu domowym. Troje chodzi do kina, dwoje do teatru. Wszyscy czytają również książki oraz magazyny. Są wśród nich również fani sportu, którzy śledzą rozgrywki i rywalizacje sportowców.

Badani ciągle się doksztatcają. Pomimo zdobytego wykształcenia i stabilnej pracy czworo z nich ciągle poszerza swoją wiedzę. Dwoje uczestniczy w szkoleniach oraz kursach związanych ze swoim zawodem. Jeden z badanych ukończył także studia podyplomowe. Jeden badany doksztatca się samodzielnie. Interesuje się nowościami i na bieżąco śledzi informacje i wydarzenia ze swojej branży. Badany, który jest samozatrudniony, również na bieżąco doksztatca się, aby sprostać oczekiwaniom swoich klientów. Pomimo różnych charakterów wykonywanych prac, badani ciągle poszerzają swoją wiedzę.

Biorą także czynny udział w życiu społecznym. Troje badanych promuje akcje charytatywne oraz samemu bierze w nich udział. Wśród respondentów, jeden jest wolontariuszem, a jeszcze inny – członkiem yacht clubu. Dwie osoby deklarują, że nie są obojętne na krzywdę innych i nie odmawiają w takich sytuacjach pomocy.

Troje badanych reprezentujących pokolenie X lubi gdy w ich życiu coś się dzieje. Podróżują po kraju oraz po świecie bez względu na środek transportu, który wykorzystują w tym celu. Od tradycyjnych, po rower czy jachty. Tylko jedna osoba z badanych ceni sobie spokój w domowym zaciszu i stroni od podróżowania i wrażeń.

### 3.2 Obraz pokolenia Y

Wszyscy badani z przedziału wiekowego 24 – 40 lat to osoby rodzinne, ceniące sobie swoich najbliższych oraz spędzany z nimi czas. Większość z nich ma już swoje własne rodziny, inni dopiero je planują.

Każdy z nich, podobnie jak badani z pokolenia X, dba o swoje zdrowie fizyczne jak i psychiczne. Badani mają świadomość tego, co jedzą, wśród nich są osoby, które np. są na diecie wegetariańskiej oraz takie, które dbają o swoją sylwetkę. Czworo z nich znajduje w ciągu dnia czas na sport. Jeżdżą na rowerze, chodzą na spacer, pływają czy chodzą na siłownię.

Są to osoby, które w większości otaczają się licznym gronem znajomych zarówno w życiu realnym jak i w Internecie. Aż czworo badanych posiada duże grono znajomych. Dwoje zarówno w życiu prywatnym jak i w Internecie, jeden – tylko w życiu prywatnym. Jedynie jedna osoba preferuje wąskie, ale zaufane grono znajomych i przyjaciół. Aż troje z badanych chętnie nawiązuje nowe znajomości w Internecie.

Niektórzy z badanych, reprezentujący pokolenie Y nie weszli jeszcze na rynek pracy. Wśród respondentów troje pracuje, jeden z nich, z uwagi na swój wiek, kontynuuje jeszcze swoją edukację, a jeden prawdopodobnie jest aktualnie bezrobotny. Jeden z badanych otwarcie mówi, że lubi swoją pracę oraz określa ją mianem wymarzonej pracy. Jeden z badanych pracuje, jednak deklaruje, że nie jest to praca w jego zawodzie – chciałby wrócić do jego wykonywania. Pojawiły się także nowe formy wykonywania zawodu. Jeden z badanych pracuje w domu, wykonuje pracę w systemie home office, aby być blisko swojego dziecka.

Młodszy badani zaczynają patrzeć inaczej na sprawy wiary niż poprzednie pokolenie. Jedynie jeden badany deklaruje posiadanie przekonań religijnych. Aż troje to osoby niewierzące; jedna jest agnostykiem.

Wszystkich badanych można zaklasyfikować jako patriotów, zgodnie z definicją patriotyzmu stworzonej na potrzeby badania, podobnie jak poprzednie pokolenie. Respondenci interesują się tym, co dzieje się w kraju, śledzą bieżące wydarzenia. Dwoje z nich otwarcie komentuje to, co dzieje się w kraju, troje otwarcie mówi, że bierze czynny udział w wyborach oraz zachęca do głosowania innych.

Badani cenią sobie swoją wolność słowa. Nie boją się wypowiedzieć swojego zdania, zwłaszcza na tematy, które ich dotyczą i którymi się interesują oraz które są zgodne z ich poglądami. Otwarcie piszą na swoich profilach o sprawach, które uważają za ważne, często nie bojąc się wyrazić swojego odmiennego, a nawet kontrowersyjnego zdania lub poglądu na daną sprawę.

Wszystkie osoby, które brały udział w badaniu mają raczej duży kontakt z kulturą. Czworo badanych ogląda filmy i seriale w zaciszu domowym. Dwoje chodzi do kina, jedna do teatru i muzeum. Są wśród nich również fani sportu, którzy śledzą rozgrywki i rywalizacje sportowców oraz fani różnych gatunków muzycznych. Jeden z badanych jest fotografem, który dokumentuje wydarzenia lokalne takie jak festyny lub koncerty.

Badani chętnie się doksztalcają i uczą nowych rzeczy. Jeden z nich, pomimo zdobytego już wykształcenia dodatkowo uczy się w technikum weterynaryjnym, aby zdobyć kolejne. Jedna osoba uczestniczy w szkoleniach oraz kursach związanych ze swoim zawodem. Jeden z badanych jednocześnie studiuje oraz uczęszcza dodatkowo do

technikum zaocznego. Inny uczęszcza również na kursy związane ze swoimi zainteresowaniami, aby rozwijać się także na tej płaszczyźnie. Można stwierdzić, że badani ciągle przyswajają nową wiedzę i nie rezygnują z samorozwoju.

Badani z pokolenia Y biorą także czynny udział w życiu społecznym. Wszyscy badani promują akcje charytatywne oraz samemu biorą w nich udział. Zarówno w akcjach ogólnopolskich, jak również mniejszych, na rzecz społeczności lokalnej. Wydaje się, że są to osoby, które nie są obojętne na krzywdę innych i chętnie pomagają drugiemu człowiekowi.

Troje badanych reprezentujących pokolenie Y lubi, gdy w ich życiu coś się dzieje. Poszukują wrażeń: głównie podróżują po kraju oraz po świecie. W przypadku dwóch badanych nie uzyskano danych pozwalających na określenie ich postawy wobec analizowanej wartości.

### 3.3 Obraz pokolenia Z

Wszyscy badani z przedziału wiekowego 23 lata i mniej, to osoby rodzinne, ceniące sobie swoich najbliższych oraz spędzany z nimi czas. Osoby badane nie mają jeszcze swoich własnych rodzin, ale niektórzy są w związkach nieformalnych.

Każdy z nich na swój sposób dba o swoje zdrowie, zarówno fizyczne jak i psychiczne. Mają świadomość tego, co jedzą, wśród nich są osoby, które np. są na diecie wegetariańskiej oraz takie, które wybierają produkty ekologiczne lub dbają o swoją sylwetkę. Czworo z nich znajduje w ciągu dnia czas na sport. Jeżdżą na rowerze, rolkach, biegają lub chodzą na siłownię. Jeden z badanych tańczy balet. Dwoje stosuje medycynę naturalną, jedna suplementy diety i witaminy. Dwoje badanych dba także o dobre samopoczucie i zdrowie psychiczne np. poprzez medytację.

Są to osoby, które w większości otaczają się licznym gronem znajomych zarówno w życiu realnym jak i w Internecie. Aż czworo badanych posiada liczne grono znajomych. Jedna osoba zarówno w życiu prywatnym jak i w Internecie, troje w życiu prywatnym. Tylko jeden badany preferuje wąskie, ale zaufane grono znajomych i przyjaciół. Dwoje badanych chętnie nawiązuje nowe znajomości w Internecie.

Badani, którzy reprezentują pokolenie Z to osoby w wieku 23 lat lub mniej. Większość z nich nie weszła jeszcze na rynek pracy. Wśród respondentów dwoje pracuje, jeden z nich jednocześnie kontynuuje edukację, jednak w przyszłości chciałby być niezależny zawodowo. Badany, który jest jedynie zatrudniony deklaruje, że lubi swoją pracę oraz swoich współpracowników. Praca daje mu możliwość rozwoju, co jest ważną dla niego możliwością. Dwoje niepracujących badanych wiąże swoją przyszłą pracę zawodową z wyższym wykształceniem. Młodszy badani zaczynają patrzeć również inaczej na sprawy wiary niż pokolenie Y, ich poglądy w tej kwestii są bardziej zbliżone

do poglądów badanych z pokolenia X. Jedynie jeden badany deklaruje, że jest niewierzący. Aż troje z nich to osoby wierzące, przy czym jedna z nich odrzuca instytucję kościoła, jednak nadal pozostaje osobą wierzącą. Zgodnie z definicją patriotyzmu stworzoną na potrzeby badania, wszystkich badanych można zaklasyfikować jako patriotów. Najmłodszy badany interesuje się tym, co dzieje się w kraju, śledzą wydarzenia. Czworo z nich otwarcie komentuje to, co dzieje się w kraju. Piętnoletni respondenci deklarują czynny udział w wyborach. Badani cenią sobie swoją wolność słowa. Nie boją się wypowiedzieć swojego zdania, zwłaszcza na tematy, które ich dotyczą i którymi się interesują, oraz które są zgodne z ich poglądami. Otwarcie piszą na swoich profilach o sprawach, które uważają za ważne, często nie bojąc się wyrazić swojego odmiennego, czy kontrowersyjnego zdania. Otwarcie i stanowczo walczą również o swoje prawa. Wszystkie osoby, które brały udział w badaniu mają raczej duży kontakt z kulturą. Wszyscy badani oglądają filmy i seriale w zaciszu domowym. Troje chodzi do kina, dwoje do teatru, jeden do opery. Dwoje z nich czyta książki lub magazyny naukowe. Są wśród nich również fani sportu, którzy śledzą rozgrywki i rywalizacje sportowców oraz fani różnych gatunków muzycznych.

Badani dobrze postępują się językami obcymi, głównie angielskim. Są również uzdolnieni muzycznie – jeden z badanych gra na flecie. Wykształcenie i dalszy rozwój jest dla nich ważny. Badany, który podjął pracę, uczęszcza na kursy poszerzające jego wiedzę. Co najmniej dwoje badanych planuje pracę w zawodzie wymagającym wyższego wykształcenia. Pojawiły się także deklaracje chęci dalszego samorozwoju i poszerzania swojej wiedzy po ukończeniu szkół średnich, co można utożsamić z chęcią pójścia na studia lub uczestnictwa w innych formach umożliwiających wzbogacanie swoich umiejętności i wiedzy.

Badani z pokolenia Z biorą czynny udział w życiu społecznym. Czworo z nich promuje akcje charytatywne oraz samemu bierze w nich udział, zarówno w akcjach ogólnokrajowych jak i ogólnokrajowych i lokalnych. Jeden z badanych jest wolontariuszem w domu dziecka. Wydaje się, że są to również osoby, które nie są obojętne na krzywdę innych i chętnie pomagają.

Czworo badanych reprezentujących pokolenie Z lubi, gdy w ich życiu coś się dzieje. Poszukują wrażeń, głównie podróżują po kraju oraz po świecie, lub chcieliby podróżować w przyszłości. Jeden z badanych jest członkiem klubu motocrossowego.

#### 4 Współczynnik podobieństwa pokoleń

Aby określić faktyczne podobieństwo pokoleń w badaniach zastosowano samodzielnie opracowany *współczynnik podobieństwa pokoleń*. Powtarzającej się cesze

w obrębie pokoleń nadano wartości liczbowe odpowiadające ilości pokoleń, w jakich ona wystąpiła.

Wartością na poziomie opisów słownych przyporządkowano następujące rangi liczbowe:

- 1 – gdy dana cecha pojawiała się w jednym zbiorze,
- 2 – gdy dana cecha pojawiała się w dwóch zbiorach,
- 3 – gdy dana cecha pojawiała się w każdym z analizowanych.

Wyniki współczynnika podobieństwa pokoleń zostały przedstawione w poniższej tabeli.

Tabela 4. Współczynnik podobieństwa pokoleń (źródło: opracowanie własne)

Wartość w obrębie której wyróżniono cechy	Wyróżniona cecha	Współczynnik podobieństwa		Wartość w obrębie której wyróżniono cechy	Wyróżniona cecha	Współczynnik podobieństwa
Rodzina	Osoba rodzinna	3 (X Y Z)		Wolność słowa	Nie boi się wypowiedzieć własnego zdania	3 (X Y Z)
Zdrowie	Uprawia sport	3 (X Y Z)			Wypowiada się jedynie w ważnych kwestiach	1 (X)
	Dbą o zdrowie psychiczne	2 (Y Z)		Kontakt z kulturą	Ogląda filmy w zaciszu domowym	3 (X Y Z)
	Dbą o zdrowie fizyczne (+wygląd)	3 (X Y Z)			Ogląda seriale w zaciszu domowym	3 (X Y Z)
	Stosuje odpowiednią dietę, nawyki żywieniowe	3 (X Y Z)			Chodzi do kina	3 (X Y Z)
Przyjaciele	Liczne grono znajomych w życiu prywatnym	3 (X Y Z)			Chodzi do teatru	3 (X Y Z)
	Wąskie grono znajomych w życiu prywatnym	3 (X Y Z)			Chodzi do muzeum	1 (Y)

	Liczne grono znajomych w Internecie	2 (Y Z)			Czyta książki	2 (X Z)	
	Wąskie grono znajomych w Internecie	1 (X)			Czyta gazety	2 (X Z)	
Praca zawodowa	Pracuje	3 (X Y Z)			Fan sportu	3 (X Y Z)	
	Nie pracuje	1 (Y)			Fotografuje	1 (Y)	
	Samozatrudniony	1 (X)			Chodzi na koncerty	2 (Y Z)	
	Praca sprawia mu przyjemność / lubi swoją pracę	3 (X Y Z)		Wykształcenie	Pomimo zatrudnienia, nadal doszkala się w kierunku swojego zawodu	2 (X Y)	
	Nie lubi swojej pracy / chce ją zmienić	1 (Y)			Pomimo zatrudnienia, nadal doszkala się w innym kierunku niż jego zawód	1 (Y)	
Osoba wierząca	3 (X Y Z)		Studiuje / studiował		3 (X Y Z)		
Osoba niewierząca	2 (Y Z)		Uczęszcza / uczęszczał do szkoły pon. gim. / pon. pods.		3 (X Y Z)		
Agnostyk	1 (Y)		Uczęszcza na dodatkowe kursy / szkolenia związane ze swoim hobby		2 (X Z)		
Wiara religijna	Ateista	1 (Z)			Postuguje się językiem obcym	1 (Z)	
	Osoba wierząca, niepraktykująca lub obiektywnie patrząca na sprawy kościoła	3 (X Y Z)			Gra na instrumencie	1 (Z)	
	Spirytualista	1 (X)		Udział w życiu społecznym	Pomoc innym / wolontariat	3 (X Y Z)	
	Patriotyzm	Bierze udział w wyborach	3 (X Y Z)			Promowanie akcji charytatywnych	3 (X Y Z)
		Interesuje się wydarzeniami w kraju	3 (X Y Z)			Branie udziału w akcjach charytatywnych	3 (X Y Z)

	Interesuje się tylko najważniejszymi wydarzeniami z kraju	1 (Z)			Członek klubu / stowarzyszenia	2 (X Z)
	Uważa, że Polska to piękny kraj	2 (X Z)		Życie pełne wrażeń	Podróżuje	3 (X Y Z)
					Uprawia sporty ekstremalne	3 (X Y Z)
					Osoba ceniąca sobie spokój	1 (X)

Łącznie w tabeli znalazło się 50 różnych cech wyróżnionych w obrębie 11 wartości.

Aż 70% z nich pojawiło się w co najmniej dwóch z analizowanych pokoleń. 50% z nich pojawiło się w każdym z pokoleń. Jedynie 30% cech pojawiło się tylko w jednym pokoleniu. Były to jednak cechy specyficzne, pojawiające się w obrębie wartości jaką jest np. kontakt z kulturą reprezentując poszczególne obszary życia kulturalnego, w jakich uczestniczą badani jak np. chodzenie do muzeum lub fotografia, lub pojawiające się w przypadku wiary deklaracje dotyczące ateizmu lub spirytualizmu.

Tabela 5. Wyniki współczynnika podobieństwa pokoleń (źródło: opracowanie własne)

Pokolenia, które współdzielał badaną cechę	Procent współdzielonych cech	
Wszystkie pokolenia współdzielał badaną cechę	50%	W co najmniej dwóch pokoleniach występuje aż 70% badanych cech.
Dwa pokolenia współdzielał badaną cechę	20%	
Jedno pokolenie współdzielił badaną cechę	30%	

### Zakończenie. Pokolenie Przed i Pokolenie Po.

Przedmiotem pracy było ukazanie rzeczywistego obrazu pokoleń, ich podobieństw i różnic. Zgromadzony w procesie badawczym materiał oraz jego analiza dostarczyła wniosków, które jednocześnie stanowią podsumowanie oraz odpowiedź na postawione w pracy pytania. Pokolenia w obecnych czasach więcej łączy niż dzieli. W następstwie przemian społecznych i ogromnego rozwoju cywilizacji granice między opisem różnic pomiędzy pokoleniami zatarty się. Osoby urodzone po roku 1965 mogą na poziomie



opisu zostać uznane za jedno wspólne pokolenie osób, których charakteryzują podobne cechy, wartości oraz styl życia. Pokolenia X, Y oraz Z w obecnych czasach łączy aż 50% wszystkich analizowanych cech. Aż 70% cech łączy co najmniej dwa pokolenia. Co więcej, w każdym z analizowanych pokoleń występują różne warianty tych samych cech. Niezmiennie, bez względu na wiek, rodzina obok wolności wyrażania własnego zdania jest jedną z kluczowych wartości, jakimi badani kierują się w życiu. Nie zaobserwowano również diametralnych zmian w myśleniu i funkcjonowaniu badanych z różnych pokoleń. Żadna z wartości, ani wyróżnionych w ich obrębie cech, nie wyróżnia się na tyle, aby móc stwierdzić, że zaszła w tym obszarze myślowa rewolucja. Autor pracy uważa, że w odpowiedzi na wyniki badań oraz wypracowane na ich podstawie wnioski, jak również w odpowiedzi na przemiany społeczne, cywilizacyjne oraz kulturowe należałoby zaproponować nowy podział społeczeństwa. Proponuje się więc nazewnictwo *Pokolenie Po (Generation After)*, które z definicji będzie opisem scalonych pokoleń X, Y oraz Z, czyli grupy ludzi urodzonej po 1965 roku. Adekwatnie, ludzie urodzeni przed rokiem 1965, nazwani zostaną *Pokoleniem Przed (Generation Before)*. Jednak aby określić dokładny system wartości *Pokolenia Przed*, zmiany jakie zaszły w obrębie tej grupy oraz poziom ich podobieństwa do *Pokolenia Po*, należałoby przeprowadzić odrębne badania.

**Tabela 6.** Nazewnictwo oraz ramy czasowe proponowanego podziału społeczeństwa (źródło: opracowanie własne)

Nazwy nowych pokoleń wg. proponowanego podziału	Ramy czasowe	„Stare” nazwy pokoleń wchodzących w skład proponowanych
Pokolenie Przed	1928 - 1964	Ciche pokolenie Pokolenie Baby Boomer
Pokolenie Po	1965 – obecnie	Pokolenie X Pokolenie Y Pokolenie Z

## Bibliografia

- CBOS. (2019). Rodzina – jej znaczenie i rozumienie, [https://cbos.pl/SPISKOM.POL/2019/K\\_022\\_19.PDF](https://cbos.pl/SPISKOM.POL/2019/K_022_19.PDF) (dostęp: 02.08.2021)
- Global Web Index. (2018). Generation X: Examining the lifestyle, attitudes and digital behavior of Generation X, [https://www.amic.media/media/files/file\\_352\\_1641.pdf](https://www.amic.media/media/files/file_352_1641.pdf) (dostęp: 02.08.2021)
- Gwarek A., Samitowska W., Smoguła M. (2014). Zderzenie pokoleń a rynek pracy. Akademiczne Biuro Karier Uniwersytet Szczecińskiego. *Ekonomiczne Problemy Usług* nr 114, 127-142, [http://bazhum.muzhp.pl/media/files/Ekonomiczne\\_Problemy\\_Uslug/Ekonomiczne\\_Problemy\\_Uslug-r2014-t-n114/Ekonomiczne\\_Problemy\\_Uslug-r2014-t-n114-s127-142/Ekonomiczne\\_Problemy\\_Uslug-r2014-t-n114-s127-142.pdf](http://bazhum.muzhp.pl/media/files/Ekonomiczne_Problemy_Uslug/Ekonomiczne_Problemy_Uslug-r2014-t-n114/Ekonomiczne_Problemy_Uslug-r2014-t-n114-s127-142/Ekonomiczne_Problemy_Uslug-r2014-t-n114-s127-142.pdf) (dostęp: 02.08.2021)
- Hysa, B. (2016). Zarządzanie różnorodnością pokoleniową. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Śląska*.
- Kraus, M. D. (2016). Comparing Generation X and Generation Y on their Preferred Emotional Leadership Style., <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/175335/1/18130-71714-1-PB.pdf> (dostęp: 02.08.2021)
- Reeves, T. C., & Oh, E. (2007). Generational Differences, [https://www.academia.edu/2798943/Generational\\_differences?auto=download](https://www.academia.edu/2798943/Generational_differences?auto=download) (dostęp: 02.08.2021)
- Rogozińska-Pawęczyk A. (red.) (2014). *Pokolenia na rynku pracy*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Sandeen, C. (2008). Boomers, Xers, and Millennials: Who are They and What Do They Really Want from Continuing Higher Education? *Continuing Higher Education Review*, <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ903434.pdf> [dostęp: 02.08.2021].
- Smolbik-Jęczmień, A. (2018). Podejście do pracy i kariery zawodowej wśród przedstawicieli generacji X i Y – podobieństwa i różnice. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:a98gHeEDSvgJ:cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-3db8a625-10e1-45ad-9cca-60a242427e6d/c/89.pdf+&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=pl> (dostęp: 02.08.2021)
- Sztompka P. (2012) *Socjologia. Analiza społeczeństwa*. Kraków: Wydawnictwo Znak
- Szukalski P. (2012), *Solidarność pokoleń. Dylematy relacji międzypokoleniowych*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

Joanna Browarek

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wydział Nauki o Żywności

Studenckie Koło Naukowe Technologów Przetwórstwa Surowców Roślinnych

Opiekun: dr hab. inż. Małgorzata Tańska, prof. UWM

## **Wpływ poszczególnych odmian pszenicy zwykłej na cechy masowe i powierzchniowe ziaren**

### **Wstęp**

Rynek pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. vulgare*) jest bardzo szeroki. Pszenica stanowi główne zboże w Polsce – produkowana jest w największej ilości i zajmuje największą powierzchnię zasiewów (Cacak-Pietrzak i Gondek 2010). Pszenica zwyczajna dzieli się na pszenicę ozimą i jarą. Pszenica ozima charakteryzuje się tym, że do przejścia całego cyklu rozwojowego potrzebuje okresu niskiej temperatury występującej zimą (Internet 1). W jej obrębie możemy wyróżnić ponad 100 odmian (COBORU 2021). Wyróżnia się 3 grupy odmian: jakościowych chlebowych (A), chlebowych (B) i pastewnych i innych (C) (Rudnicki i in. 2021).

### **Cel pracy**

Celem pracy była analiza trzech odmian pszenicy (Błyskawica, Medalistka, Artist) na wybrane cechy masowe i powierzchniowe ziaren. Cechy masowe to m.in. wilgotność, gęstość w stanie zsypanym, masa 1000 ziaren. Natomiast cechy powierzchniowe to cechy związane z sypkością masy tj. kąt naturalnego usypu, kąt zsypu oraz współczynnik tarcia statycznego.

### **Materiały i metodyka badań**

Materiał badań stanowiły 3 odmiany pszenicy ozimej: odmiana „Błyskawica” – Hodowca Małopolska Hodowla Rośli, odmiana „Medalistka” – Hodowca Małopolska Hodowla Roślin, odmiana „Artist” – Hodowca Poznańska Hodowla Roślin. Wszystkie odmiany są odmianami chlebowymi (B).

Jak podaje Golden Seeds (Internet 2) „pszenica ozima Artist to odmiana chlebowa, która dzięki dobrej zimotrwałości sprawdza się nawet podczas trudnych zim. Ma bardzo wysoki potencjał plonowania i osiąga bardzo dobre wyniki zarówno w uprawie ekstensywnej jak i intensywnej. Artist charakteryzuje się dobrym krzewieniem i toleruje opóźnienia w siewie. Idealnie wpasowuje się w profil gospodarstw wielkotowarowych”.

Odmiana Błyskawica charakteryzuje się bardzo dobrą odpornością na choroby takie jak choroby podstawy źdźbła, na rdzę żółtą i brunatną. Ma dobrą zimotrwałość i dobrą odporność na wylęganie (Internet 3). Odmiana Medalistka jest liderem zimotrwałości wśród innych odmian pszenicy ozimej. Tworzy wysoki łan, który jest dość odporny na wylęganie w stosunku do innych wysokich odmian. Odmiana Błyskawica charakteryzuje się wysoką odpornością na choroby podstawy źdźbła, rdzę brunatną i żółtą. Jednakże należy wymienić także bardzo dobrą odporność na osypywanie i porastanie ziarna w kłosach (Internet 3).

Tab. 1. Normy wysiewu. Źródło: Lista opisowa odmian rolniczych 2020, rośliny zbożowe, COBORU 2021

Nr odmiany	Nazwa	MTZ [g]	Zdolność kietkowania [%]	Obsada [szt. M <sup>2</sup> ]	Masa wysiewu [kg/ha]	Masa wysiewu [g/pol]
1	Błyskawica	42,16	97	450	195,59	352,06
2	Medalistka	50,40	100	450	226,80	408,24
3	Artist	46,10	97	450	213,90	385

Przed przystąpieniem do oznaczeń przesiano i przebrano badane próbki. Zadanie to miało na celu usunięcie zanieczyszczeń roślinnych i mineralnych, mogących zafałszować wyniki analiz. Oznaczono zarówno cechy masowe ziarna (wilgotność, gęstość w stanie zsypanym, masa 1000 ziaren) jak i cechy powierzchniowe (kąąt naturalnego usypu, kąąt zsypania oraz współczynnik tarcia statycznego) (Ogrodowska i in. 2010).

#### Oznaczanie wilgotności metodą odwoławczą wg PN-91/A-74010

Oznaczanie ubytku masy ziarna suszonego w temp. 130 – 135°C w określonym czasie.

Odważono ok. 5g rozdrobnionego ziarna do naczynka metalowego lub szklanego wcześniej wysuszonego oraz zważonego i wstawiono do suszarki nagrzanej do temp. 130 – 135°C. Czas suszenia 90 min. przy założeniu, że po 45 min. temp. w suszarce wynosi

ponownie 130 – 135°C. Po 90 min. naczynka wstawiono do eksykatora, schłodzono i zważono z dokładnością do 0,001g. Wykonano po 2 oznaczenia dla każdej z prób.

Wilgotność [%] obliczono ze wzoru:

$$[1] X = (m_0 - m_1) \frac{100}{m_0}$$

gdzie: X – wilgotność [%], m0 – masa ziarna [g], m1 – masa ziarna po suszeniu [g]

#### Oznaczenie wilgotności za pomocą wilgotnościomierzy elektrycznych wg PN-90/A-74009

Włączono zasilanie elektryczne wilgotnościomierza. Skontrolowano wychylenia wskazówki miernika. Następnie wsypano oczyszczone ziarna do lejka do jego maksymalnej objętości. Następnie włączono urządzenie poprzez przycisk „start”, a na koniec odczytać wynik. Wykonano taką liczbę pomiarów jaka określona jest w instrukcji wilgotnościomierza. Za wynik końcowy uznana została średnia arytmetyczna wszystkich pomiarów.

#### Oznaczania masy 1000 ziaren wg PN-68/R-74017

Włączono zasilanie elektryczne licznika nasion LN-S-50. Następnie na wibrującą powierzchnię wsypano około 100 g oczyszczonego ziarna. Na liczniku ustalono żadaną ilość nasion do odliczenia. Odliczoną ilość nasion zważono na wadze technicznej z dokładnością do ± 0,1 g i przeliczono na masę 1000 nasion.

#### Oznaczenie gęstości w stanie zsypanym wg PN-73/R-74007

Zważono wagę holenderską używaną do oznaczenia. Następnie w szczelinę naczynia wprowadzono nóż, na nóż położono krążek opadowy. Kolejnym krokiem było dotknięcie nadstawki. Pojemnikiem nabrano próbę ziarna i z wysokości 3 - 4 cm napętniono ziarnem nadstawkę, strumieniem równomiernie skierowanym na środek w czasie około 8 sek. Po napętnieniu nadstawki szybkim ruchem wyciągnięto nóż. Gdy krążek z ziarnem opadło na dno pojemnika odcięto nadmiar ziarna przez całkowite wsunięcie noża do szczeliny. Wsypano nadmiar ziarna z nadstawki, zdjęto nadstawkę, wyjęto nóż i zważono pojemnik na wadze. Otrzymany wynik przeliczono na [kg/m<sup>3</sup>].

#### Oznaczenie kąta naturalnego usypu

Do cylindra pomiarowego przyrządu wsypano ilość ziarna wypełniającą całość objętości. Pod otwór wysypowy podstawiono zlewkę. Pełnym, jednostajnym ruchem wyciągnięto zasuwę i po swobodnym wysypaniu się ziarna odczytano kąt usypu ze skali

przyrządu. Wysypano pozostałą w cylindrze część ziarna i powtórzono pomiar 10 razy (Szot 1999).

### Oznaczanie kąta zsypania

Ustawiono przyrząd pomiarowy w położeniu początkowym, napelniono całkowicie ziarnem, a jego nadmiar zgarnięto linijką. Przed pomiarem sprawdzono przy pomocy pionu prawidłowość ustawienia przyrządu. Powolnym, jednostajnym ruchem przechyleno część roboczą przyrządu do pozycji pomiarowej i odczekano, aż ziarno przestanie się zsypywać. Wartość kąta zsypania odczytano ze skali przyrządu. Po dokonaniu pomiaru wysypano pozostałe ziarno i powtórzono pomiar (Szot 1999).

### Oznaczanie współczynnika tarcia statycznego

$\alpha$	$\text{tg } \alpha$	$\alpha$	$\text{tg } \alpha$	$\alpha$	$\text{tg } \alpha$	$\alpha$	$\text{tg } \alpha$	$\alpha$	$\text{tg } \alpha$
0°	0	19°	0.3443	38°	0.7813	57°	1.5399	76°	4.0108
1°	0.0175	20°	0.364	39°	0.8098	58°	1.6003	77°	4.3315
2°	0.0349	21°	0.3839	40°	0.8391	59°	1.6643	78°	4.7046
3°	0.0524	22°	0.404	41°	0.8693	60°	1.7321	79°	5.1446
4°	0.0699	23°	0.4245	42°	0.9004	61°	1.804	80°	5.6713
5°	0.0875	24°	0.4452	43°	0.9325	62°	1.8807	81°	6.3138
6°	0.1051	25°	0.4663	44°	0.9657	63°	1.9626	82°	7.1154
7°	0.1228	26°	0.4877	45°	1	64°	2.0503	83°	8.1443
8°	0.1405	27°	0.5095	46°	1.0355	65°	2.1445	84°	9.5144
9°	0.1584	28°	0.5317	47°	1.0724	66°	2.246	85°	11.4301
10°	0.1763	29°	0.5543	48°	1.1106	67°	2.3559	86°	14.3007
11°	0.1944	30°	0.5774	49°	1.1504	68°	2.4751	87°	19.0811
12°	0.2126	31°	0.6009	50°	1.1918	69°	2.6051	88°	28.6363
13°	0.2309	32°	0.6249	51°	1.2349	70°	2.7475	89°	57.29
14°	0.2493	33°	0.6494	52°	1.2799	71°	2.9042	90°	-
15°	0.2679	34°	0.6745	53°	1.327	72°	3.0777		
16°	0.2867	35°	0.7002	54°	1.3764	73°	3.2709		

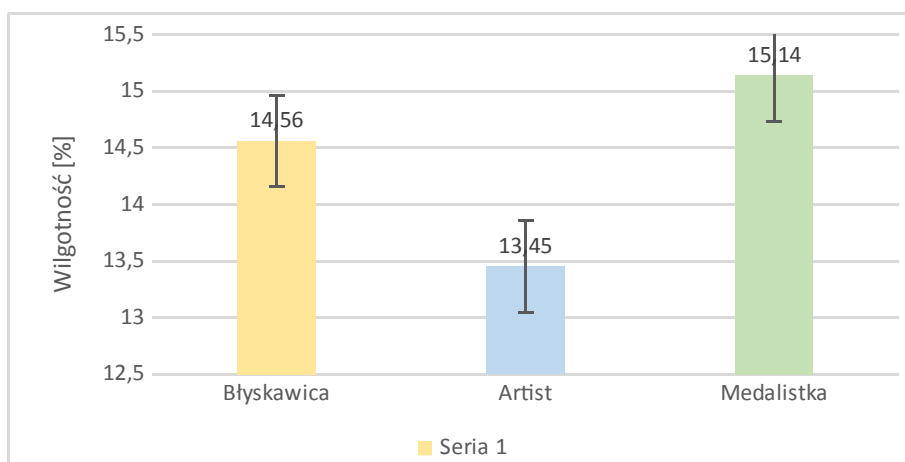
17°	0.3057	36°	0.7265	55°	1.4281	74°	3.4874
18°	0.3249	37°	0.7536	56°	1.4826	75°	3.7321

Tab. 2. Tablica wartości funkcji trygonometrycznych  $\tan \alpha$ . Źródło: opracowanie własne na podstawie <http://www.math.edu.pl/wartosci-funkcji-trygonometrycznych>.

Na ustawione poziomo ramię dźwigni (położenie „0”), w jego górnej części rozsypano niewielką ilość ziarna (w jednej warstwie i linii). Pokręcając pokrętłem doprowadzono do pozycji, w której nasiona zaczęły się zsypanywać. Wówczas odczytano wynik ze skali wyrażonej w stopniach kątowych (z tablic odczytywano wartość  $\tan \alpha$  – tab. 2) (Vilche i in. 2003).

## Wyniki

Różnice w zawartości badanych cech masowych i powierzchniowych w pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. Vulgare*) ozimej dla odmian Artist, Błyskawica i Medalistka przedstawiono na rysunkach (1-7) oraz w tabelach (3-9).



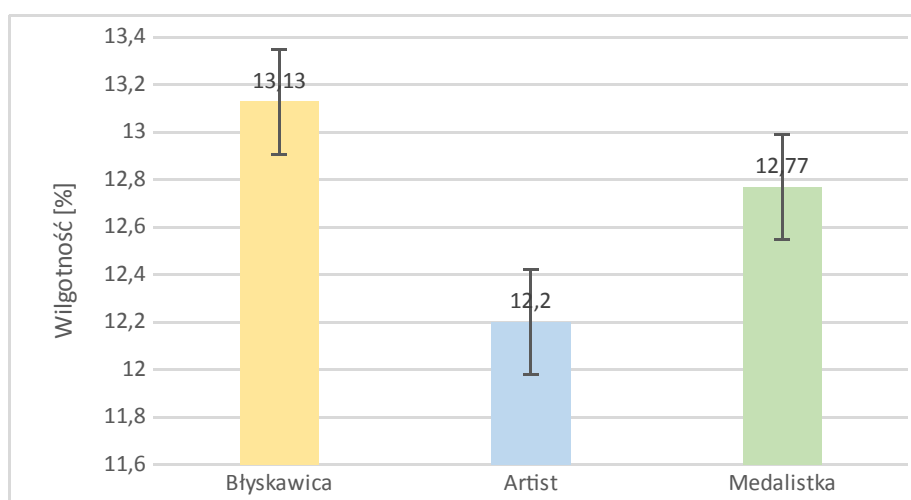
Rys. 1. Zawartość wody mierzona metodą suszarkową w badanych odmianach pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. Vulgare*) ozimej [%]. Opracowanie własne.

Odmiana pszenicy	Wartość średnia	Odchylenie standardowe
Błyskawica	14,56	0,0004
Artist	13,45	0,06
Medalistka	15,14	0,49

Tab. 3. Zawartość wody mierzona metodą suszarkową w badanych odmianach pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. Vulgare*) ozimej [%]. Opracowanie własne.

Wilgotność to ważny parametr, który jest uwzględniany w wytycznych jakościowych dla zbóż. Zbyt wysoka wilgotność powodować może zmiany natury mikrobiologicznej i biochemicznej. Powodować to może m.in. skrócenie czasu składowania, który będzie bezpieczny dla zboża. Natomiast zbyt niska wilgotność może przyczynić się do wyższej podatności na uszkodzenia i łamanie ziarna (Horoszkiewicz-Janka i in. 2013).

Jeżeli chodzi o zawartość wody mierzoną metodą suszarkową najniższą wartością charakteryzuje się odmiana Artist, najwyższą natomiast Medalistka. Jednakże różnica jest na poziomie 1,69% co jest stosunkowo dużą wartością, jeżeli chodzi o przechowywanie ziaren zbóż. Wilgotność na poziomie 14% i poniżej jest ważnym parametrem w przypadku długotrwałego przechowywania ziarna. Dlatego odmianę Medalistkę należałoby wysuszyć o około 1,15%.



**Rys. 2.** Wilgotność mierzona za pomocą miernika elektrycznego w badanych odmianach pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. Vulgare*) ozimej [%]. Opracowanie własne.

**Tab. 4.** Wilgotność mierzona za pomocą miernika elektrycznego w badanych odmianach pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. Vulgare*) ozimej [%]. Opracowanie własne.

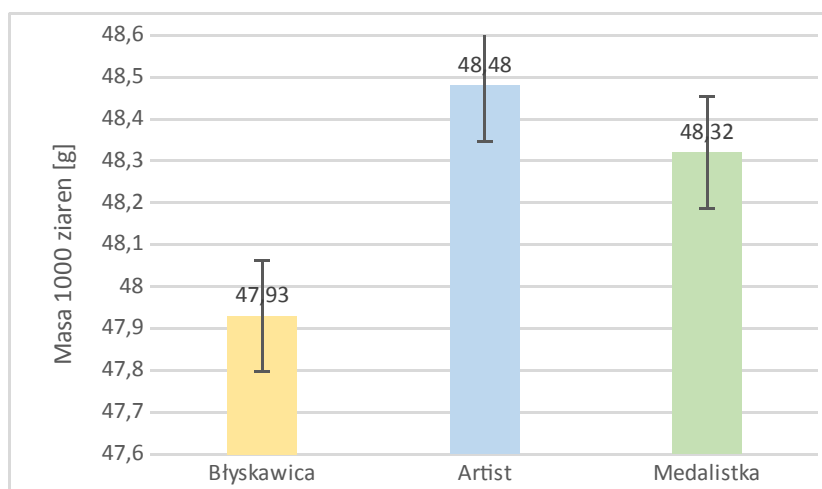
Odmiana pszenicy	Wartość średnia	Odchylenie standardowe
Błyskawica	13,13	0,05
Artist	12,20	0,47
Medalistka	12,77	0,13

Wilgotność ziarna pszenicy nie powinna przekraczać 14-15%. Jeśli badana cecha mieści się w tych granicach jest to znak, że można bezpiecznie składować ziarno i czas



przechowywania się nie skróci. Natomiast jeżeli chodzi o ziarno o wyższej wilgotności wtedy należy zastosować proces suszenia (Horoszkiewicz-Janka i in. 2013).

W przypadku elektrycznego pomiaru wilgotności można zauważyć niższe wartości w przypadku wszystkich odmian. Może to być spowodowane błędem analitycznym w przypadku mierzenia zawartości metodą suszarkową tj.: zbyt krótkie chłodzenie próbki w ekzykatorze, ale też przetrzymanie próbki bez pokrywki co powoduje pochłanianie wody z otoczenia. Natomiast miernik elektryczny charakteryzuje się wyższą dokładnością i kalibrowaniem, co pozwala na uzyskanie większej dokładności uzyskanych wyników.



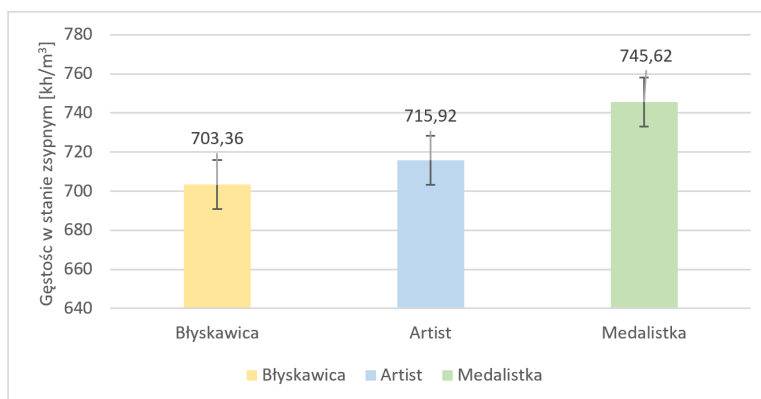
Rys. 3. Masa 1000 ziaren w badanych odmianach pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.

Odmiana pszenicy	Wartość średnia	Odchylenie standardowe
Błyskawica	47,93	0,59
Artist	48,48	0,95
Medalistka	48,32	1,77

Tab. 5. Masa 1000 ziaren w badanych odmianach pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.

Najwyższą MTZ charakteryzuje się odmiana Artist. Oznacza to, że pszenica ta ma wyższy stopień wypełnienia ziarna składnikami chemicznymi w stosunku do odmiany Medalistka i Błyskawica. Jednakże wartości te nie różnią się znacząco, wykazano różnicę na poziomie ponad 2%. Jak podaje Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Lubaniu, najwyższą MTZ winna charakteryzować się odmiana Medalistka – różnica może być spowodowana błędem w pomiarze lub stopniem dojrzałości ziaren.

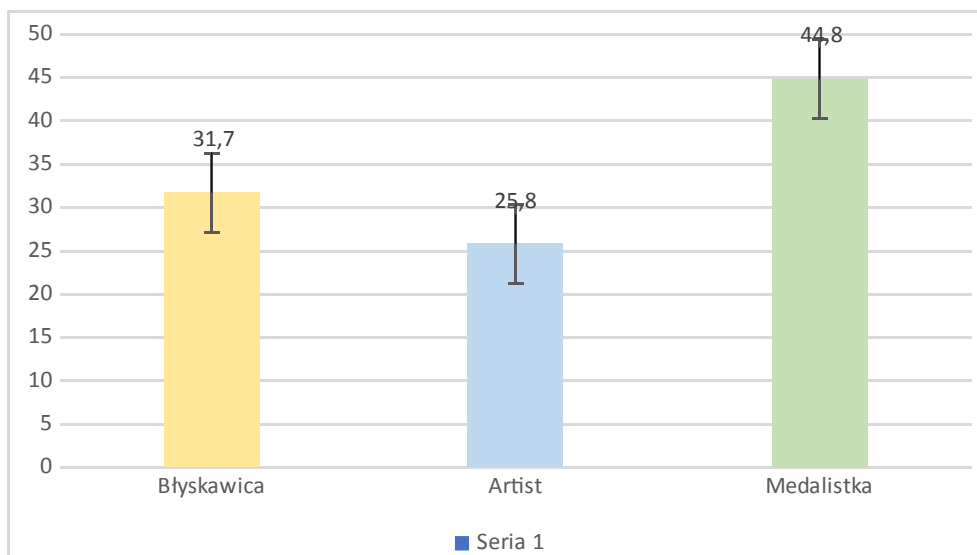
**Rys. 4.** Gęstość w stanie zsypanym badanych odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.



**Tab. 6.** Gęstość w stanie zsypanym badanych odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.

Odmiana pszenicy	Wartość średnia	Odchylenie standardowe
Błyskawica	703,36	3,89
Artist	715,92	3,52
Medalistka	745,62	1,83

Gęstość ziarna w stanie zsypanym to wyróżnik, który charakteryzuje głównie dorodność jak i wykształcenie ziarna. Ważna cecha odpowiedzialna za przydatność na cele przemiałowe. Ziarno pszenicy w stanie zsypanym powinno być co najmniej na poziomie  $720 \text{ kg/m}^3$  aby uzyskać wysoki wyciąg mąki [Bailey i in. 1982]. Jedyną odmianą, która charakteryzuje się odpowiednią gęstością w stanie zsypanym jest pszenica odmiany Medalistka. Oznacza to, że pozostałe dwie próby badanych odmian pszenic mogą być niewystarczająco dojrzałe i wykształcone, co może się przekładać na pogorszenie przemiału.

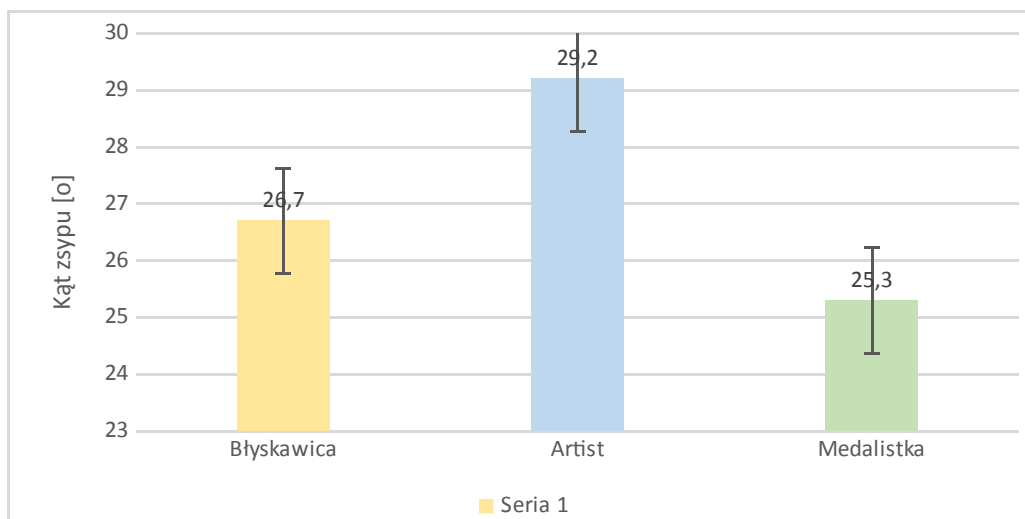


**Rys. 5.** Kąt naturalnego usypu badanych odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.

**Tab. 7.** Kąt naturalnego usypu badanych odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.

Odmiana pszenicy	Wartość średnia	Odchylenie standardowe
Błyskawica	31,7	1,27
Artist	35,8	0,87
Medalistka	44,8	0,45

Kąt naturalnego usypu to kąt, który charakteryzuje stożek powstający przy swobodnym spadaniu ziaren na poziomą płaszczyznę. Odmiana Medalistka charakteryzuje się najwyższym kątem naturalnego usypu. Natomiast pszenica odmiany Artist to najniższa wartość kąta naturalnego usypu. Największą sypkość (czyli najniższy kąt naturalnego usypu) mają ziarniaki suche, okrągłe lub zbliżone do kuli i o powierzchni gładkiej.

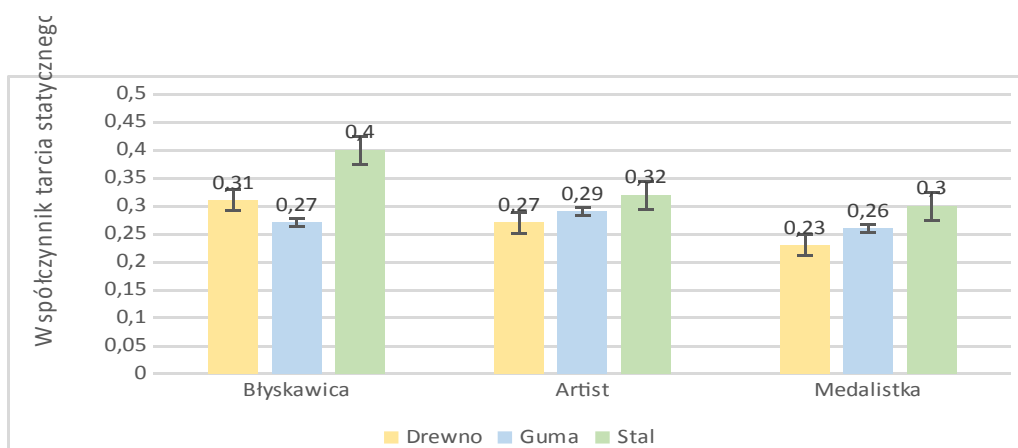


**Rys. 6.** Kąt zsyphu badanych odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.

**Tab. 8.** Kąt zsyphu badanych odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.

Odmiana pszenicy	Wartość średnia	Odchylenie standardowe
Błyskawica	26,7	0,9
Artist	29,2	0,98
Medalistka	25,3	0,82

To najmniejszy kąt nachylenia płaszczyzny, przy którym następuje ześlizg po niej materiału sypkiego [°]. To ważna cecha (jak i kąt naturalnego usypania i współczynnik tarcia statycznego) przy projektowaniu m.in. w projektowaniu magazynów, konstrukcji silosów jak i komór magazynowych. Odmiana Medalistka charakteryzuje się najniższą wartością, co oznacza, że potrzebuje ona najmniejszego ze wszystkich kątów aby nastąpił ześlizg ziaren po płaszczyźnie. Natomiast odmiana Artist potrzebuje najwyższej wartości.



**Rys. 7.** Współczynnik tarcia statycznego dla różnych rodzajów powierzchni badanych odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.

**Tab. 9.** Współczynnik tarcia statycznego dla różnych rodzajów powierzchni badanych odmian pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *Vulgare*) ozimej [g]. Opracowanie własne.

Odmiana pszenicy	Rodzaj powierzchni	Wartość średnia	Odchylenie standardowe
Błyskawica	Drewno	0,31	0,01
	Guma	0,27	0,01
	Stal	0,40	0,03
Artist	Drewno	0,27	0,02
	Guma	0,29	0,02
	Stal	0,32	0,02
Medalistka	Drewno	0,23	0,03
	Guma	0,26	0,02
	Stal	0,30	0,02

Współczynnik tarcia statycznego opisuje zachodzące opory ruchu względnego, które występują pomiędzy materiałem konstrukcyjnym urządzeń technologicznych (drewno, metal, guma) a ziarnem [Horabik i in. 2002]. Oznacza on tangens kąta nachylenia powierzchni, przy którym następuje poślizg ziaren, to znaczy ich zsuwanie. Najbardziej zbliżonymi wartościami dla wszystkich odmian była powierzchnia gumowa. Jednakże charakteryzuje się najniższą wartością  $\tan \alpha$ , więc oznacza ona największy

opór stawiany dla ziaren przez badany materiał jakim jest guma. Drewno również nie jest dobrym materiałem wykorzystywanym w produkcji urządzeń technologicznych. Najlepszym materiałem konstrukcyjnym maszyn technologicznych jest stal.

## **Wnioski**

- Wilgotność mierzona miernikiem elektrycznym dla wszystkich badanych odmian jest poniżej 14%, co oznacza możliwość bezpiecznego przechowywania ziarna bez zmian mikrobiologicznych.
- Trudno jest jednoznacznie określić, która odmiana pszenicy będzie najodpowiedniejszą pod względem przechowywania, transportu i wartości przemiatowych. Jednakże wiele wyróżników wskazuje odmianę Medalistka jako najlepszą odmianę ze wszystkich badanych.
- Najlepszym materiałem konstrukcyjnym dla maszyn technologicznych jest stal z uwagi na bardzo niską porowatość.
- W zależności od odmiany cechy masowe jak i powierzchniowe ziarna różnią się między sobą wartościami co mówi o wyjątkowości każdej z odmian w danym zakresie.

## Literatura

- Cacak-Pietrzak G., Gondek E., 2010, Właściwości przemiatowe ziarna orkiszu i pszenicy zwyczajnej. *Acta Agrophysica*, 16(2), s. 263-273
- COBORU, 2021, Odmiany wpisane do krajowego rejestru (KR) - Pszenica zwyczajna ozima
- Horabik J., Rusinek R., Molenda M., Stasiak M., 2002, Wpływ wybranych parametrów na właściwości cierne ziarna zbóż, *Technica Agraria* 1(2) 2002, s. 81-87
- Horoszkiewicz-Janka Joanna, Marek Korbas, Marek Mrówczyński. 2013. *Metodyka integrowanej ochrony pszenicy ozimej i jarej dla producentów (Methodology of integrated protection of winter wheat and spring for producers)*, Poznań: Wydawnictwo IOR.
- Internet 1: <https://intermag.pl/uprawa-roslin/zalecenie-uprawowe/-pszenica-ozima/opis-uprawy> data dostępu 11.10.2021
- Internet 2: <https://golden-seeds.pl/pszenica-ozima/artist/> data dostępu 11.10.2021
- Internet 3: <https://www.sodr.pl/pole/pszenica-ozima> data dostępu 11.10.2021
- Norma PN-68/R-74017 Ziarno zbóż i nasiona strączkowe jadalne -- Oznaczenie masy 1000 ziaren
- Norma PN-90/A-74009 Ziarno zbóż, nasiona roślin strączkowych i rzepaku oraz przetwory zbożowe -- Oznaczenie wilgotności za pomocą wilgotnościomierzy elektrycznych
- Norma PN-91/A-74010 Ziarno zbóż i przetwory zbożowe. Oznaczenie wilgotności (rutynowa metoda odwoławcza)
- Norma PN-73/R-74007 Ziarno zbóż - Oznaczenie gęstości
- Ogrodowska D., Zadernowski, R., Tańska M., Czaplicki S., 2011, Właściwości fizyczne nasion amarantusa (*Amaranthus cruentus*) pochodzącego z różnych rejonów uprawy w Polsce, *Żywność Nauka Technologia Jakość*, 18(6), s.91-104

- Rudnicki F., Kaliska B., 2020, Wyniki plonowania odmian roślin rolniczych w doświadczeniach porejestrowych w województwie kujawsko-pomorskim, Pszenica ozima 2020
- Szot B, 1999, Właściwości agrofizyczne amarantusa (*Amaranthus cruentus* L.), *Acta Agrophysica*, 18, s. 1-78
- Vilche C., Gely M., Santalla E.: Physical properties of quinoa seeds. *Biosystems Engineering.*, 2003, 86 (1), s. 59-65



Karol Nowak<sup>1</sup>, Jerzy Janiszewski<sup>1</sup>, Andrzej Książkiewicz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Elektroenergetyki, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki,  
Politechnika Poznańska

<sup>2</sup> ASTAT sp. z o.o., Poznań

Dane kontaktowe: Karol Nowak, [karol.nowak@put.poznan.pl](mailto:karol.nowak@put.poznan.pl)

## Wielkopiędowe syntetyczne Źródło do badań zwarciovych

### Wstęo

W badaniach urzędzeń elektroenergetycznych wykonywanych podczas przepływu duzego prądu, stosuje się różne układy wielkopiędowe, zwane zvarciowniami. Biorąc pod uwagę metodę „generowania” i wartość prądu, wyróżnić można cztery podstawowe rodzaje zvarciowni (Au i in. 1996):

- 1 zvarciownie generatorowe,
- 2 zvarciownie sieciowe,
- 3 zvarciownie generatorowe z układami do prób syntetycznych,
- 4 układy oscylacyjne (drgające).

Rzeczywiste warunki sieciowe, w których badane urządzenie elektroenergetyczne będzie pracować, najwierniej odwzorowują **zvarciownie generatorowe**. Są one wyposażone w:

1. generatory o specjalnej budowie, charakteryzujące się małą rezystancją i dużą odpornością na dynamiczne działanie prądów zvarciowych,
2. specjalne transformatory zvarciowe (o małym napięciu zvarcia) podwyższające lub obniżające napięcie (np. do badań wytrzymałości cieplnej lub elektrodynamicznej torów prądowych),
3. wyłączniki bezpieczeństwa, przeznaczone do ochrony obwodu probierczego w przypadku niezadziałania badanego wyłącznika,
4. łącniki zvarciowe, które współpracując z wybiornikami fazowymi, pozwalają na załączanie lub wyłączanie napięcia w wybranej fazie,
5. dławiki bezrdzeniowe, przeznaczone do zmiany wartości prądu oraz regulacji współczynnika mocy obwodu probierczego,
6. szyny zbiorcze, odłączniki, urządzenia pomocnicze do regulacji częstotliwości drgań własnych obwodu probierczego,
7. urządzenia pomiarowe i sterownicze.

**Zvarciownia sieciowa** pozwala na przeprowadzanie badań urzędzeń elektroenergetycznych przyłączonych bezpośrednio do układu elektroenergetycznego. Badania wykonuje się za pośrednictwem transformatorów zvarciowych, wyposażonych

w zaczepty regulacyjne i dławiki regulacyjne. Badania wielkopądowe przeprowadzane są przy napięciu obniżonym do poziomu od 100 do 1000 V napięciu.

**W zwarciozni generatorowej z układami do prób syntetycznych**, występują dwa niezależne układy probiercze - prądowy i napięciowy. Źródłem prądu jest generator zwarciowy. Rolą układu napięciowego, jest wygenerowanie po zgaszeniu łuku (w zerze prądu) napięcia powrotnego. Źródłem napięcia powrotnego jest transformator podwyższający napięcie (zasilany z obwodu prądowego) lub kondensatory, które z odpowiednio dobranymi indukcyjnościami tworzą obwód drgający. Obydwa układy pracują niezależnie. Dla poprawności pracy zwarciozni, w torze prądowym badanego łątnika lub urządzenia elektroenergetycznego, znajduje się wyłącznik pomocniczy, przerywający prąd równocześnie z badanym wyłącznikiem, lub urządzeniem elektroenergetycznym. Po przerwaniu prądu, źródło napięcia powrotnego najczęściej załączane jest iskiernikiem.

**Układy oscylacyjne** mają szereg zalet i wad. Do zalet należy zaliczyć:

- dużą łatwość zmian parametrów badań, np. wartości i częstotliwości prądu,
- łatwość rozbudowy, poprzez odpowiedni dobór kondensatorów i napięcia ich ładowania,
- uniezależnienie prób prądowych od uwarunkowań sieciowych,
- szybkość, częstość i łatwość wykonywania prób.

Podstawowymi wadami układów oscylacyjnych są:

- duże tłumienie przebiegu prądu,
- asymetria przebiegu prądu w jednym półokresie,
- konieczność stosowania kondensatorów impulsowych oraz zabezpieczeń od zwarcí wewnętrznych.

W badaniach wielkopądowych stosuje się dwa typy układów oscylacyjnych.

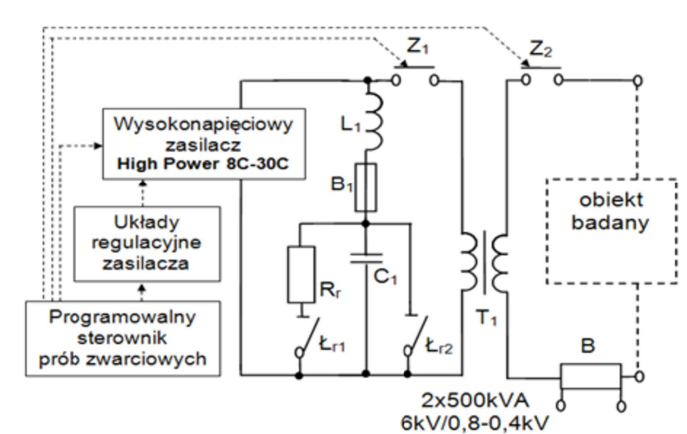
- układy kondensatorowe wysokoczęstotliwościowe oraz o częstotliwości zbliżonej do sieciowej (tj. 50-60Hz). Obydwa układy zbudowane są z baterii kondensatorów, które po naładowaniu do odpowiedniego napięcia, po zadziałaniu załącznika zwarciowego lub trygatronu rozładowywane są przez indukcyjność. Podstawową zaletą tego układu jest brak konieczności stosowania wyłącznika bezpieczeństwa o dużej zdolności łaczeniowej,
- układy transformatorowo-kondensatorowe. Działanie takiego układu polega na rozładowaniu, uprzednio naładowanych, kondensatorów przez uzwojenie pierwotne transformatora i wytworzeniu impulsu prądowego w układzie badawczym przyłączonym do strony wtórnej transformatora. Wielkość zwielokrotnienia prądu zależy od przekładni transformatora. Amplituda impulsu prądu zależy od: pojemności baterii kondensatorów, napięcia ładowania, przekładni transformatora i rezystancji obwodu wtórnego. Rezystancja obwodu wtórnego (obejmująca w zależności od rodzaju badań rezystancję: obciążenia, przewodów połączeniowych, łuku elektrycznego) i indukcyjność transformatora ma znaczny wpływ na kształt przebiegu prądu. Z tego też powodu,

transformatory powinny posiadać małe napięcie zwarcia. Podstawową wadą tego typu układów drgających, jest jednofazowa praca i niemożliwość ich stosowania do badań trójbiegunowych łączy i urządzeń elektroenergetycznych.

### Konfiguracja obwodu probierczego

Na Rys.1 przedstawiono koncepcję rozwiązania zwarciowni syntetycznej, pracującej z wykorzystaniem rezonansowego, transformatorowo-pojemnościowego źródła wieloprądowego pracującego z jednym lub dwoma transformatorami w różnych konfiguracjach.

Rys. 1. Schemat źródła prądowego do badań wieloprądowych (zasadniczymi elementami układu są:  $C_1$ ,  $T_1$  – obwód generacji prądu;  $Z_1$ ,  $Z_2$  – załączniki zwarcia; B – bocznik pomiarowy).



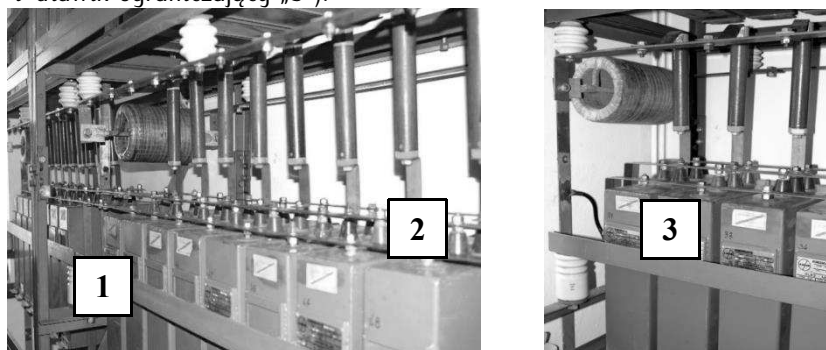
Źródło: Opracowanie własne.

W przedstawionym na Rys. 1 układzie probierczym można wyróżnić drgający transformatorowo-pojemnościowy obwód prądowy, zasilający obiekty badań oraz wykonawcze elementy pomocnicze (w większości przypadków niezbędne, zarówno dla istoty działania układu jak i sprostania wymaganym eksploatacyjnym). Do kontroli procesu ładowania kondensatorów wykorzystano możliwości regulacyjne wysokonapięciowego zasilacza High Power 8C-30C, natomiast dla ułatwienia czynności manewrowych i poprawy bezpieczeństwa eksploatacyjnego w układzie zainstalowano programowalny sterownik prób zwarciovych. Źródłem energii dla układu rezonansowego jest wcześniej naładowana bateria kondensatorów C zasilana z wysokonapięciowej ładowarki.

Do budowy syntetycznego źródła prądowego wykorzystano 48 dostępnych, wysokonapięciowych ( $U_n=10$  kV) kondensatorów impulsowych o pojemności  $2 \times 50 \mu\text{F}$  każdy. Kondensatory połączono równolegle w 6 sekcji po 8 jednostek (0,8 mF/sekcję). Rys. 2 przedstawia widok połączonych sekcji kondensatorowych wraz z elementami zabezpieczającymi. Z uwagi na równoległą współpracę kilkudziesięciu kondensatorów,

w przypadku uszkodzenia jednego z nich, istnieje duże prawdopodobieństwo zwarcia wieloprądowego wytworzonego przepływem prądu od kondensatorów nieuszkodzonych. Dla ochrony przed takimi zdarzeniami stosowane są albo oporniki ograniczające prąd, co dla obwodu rezonansowego jest niekorzystne, albo też bezpieczniki zabezpieczające baterię przed uszkodzeniem. W przyjętym rozwiązaniu każdy kondensator wyposażono w piaskowy bezpiecznik topikowy. Do ograniczenia stromości ewentualnego prądu zwarciego (w obwodzie ze zwartym kondensatorem) między sekcjami tworzącymi baterię kondensatorów umieszczono dławiki bezrdzeniowe o indukcyjnościach 0,12 mH i 10-milisekundowym prądzie dopuszczalnym 10 kA.

**Rys. 2.** Widok dwóch sekcji kondensatorów impulsowych „1” z zabezpieczeniami zwarciovymi (bezpieczniki „2” i dławik ograniczający „3”).



Źródło: Opracowanie własne.

Wymaganą w procedurze badań pojemność użytkową dobiera się poprzez przyłączanie lub odłączanie poszczególnych sekcji kondensatorowych (ewentualnie pojedynczych kondensatorów), przy czym czynności te należy wykonywać w stanie bez napięciowym. W procedurze sterowania układem badawczym, przed zamknięciem załącznika zwarciego  $Z_1$  wymagane jest odłączenie zasilacza wysokonapięciowego od baterii kondensatorów. Standardowo po uruchomieniu układu następuje samoczynne, oscylacyjne rozładowanie pojemności  $C_1$ , choć oscylacje prądu w obwodzie są tłumione (co wynika m. in. ze strat energii w uzwojeniach transformatora). W sytuacjach niestandardowych, w tym także przełączania ogniów baterii czy też awaryjnych, niezbędny jest układ rozładowczy, który normalnie jest odłączony. Układ ten w najprostszym rozwiązaniu zawiera blok rezystorów rozładowczych  $R_r$  i łącznik rozładowczy  $\zeta_{r1}$ . Dodatkowo wmontowano łącznik  $\zeta_{r2}$  umożliwiający (po rozładowaniu baterii) całkowite zwarcie i uziemienia biegunów kondensatorów impulsowych.

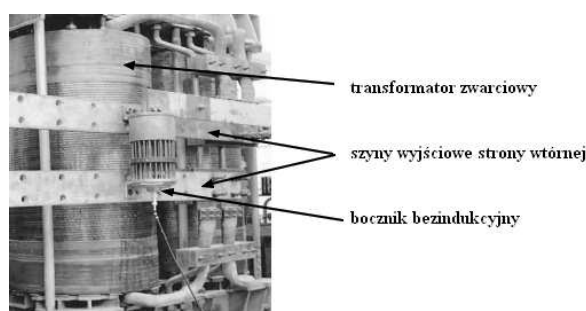
Po zamknięciu załącznika zwarciego  $Z_1$ , bateria kondensatorów  $C_1$  rozładowuje się w obwodzie uzwojenia pierwotnego transformatora  $T_1$ , którego uzwojenie wtórne dostarcza prądu zwarciego do badanych obwodów laboratoryjnych (obiekt badany). W celu oceny maksymalnych parametrów użytkowych źródła syntetycznego, na wyjściu transformatorów zwarciovych (pracujących w układzie

równoległym) podłączony został bocznik B umożliwiający pomiar i rejestrację uzyskiwanych prądów probierczych.

### Elementy wyposażenia wieloprądowego źródła prądu

Na Rys. 3 pokazano wygląd pojedynczego, suchego, jednofazowego transformatora zwarciovego TSX2-500 (Klimowicz, Skrobiszewska 1990). W Tab. 1 przedstawiono wybrane parametry znamionowe tego transformatora.

Rys. 3. Widok pojedynczego, suchego transformatora zwarciovego TSX2-500 wykonanego w firmie ELTA.



Źródło: Opracowanie własne.

Tab. 1. Wybrane parametry znamionowe transformatora TSX2-500.

Typ: TSX2 - 500	
Moc: 500 VA	Prąd strony wtórnej $I_{nDN}$ : 566 A
Napięcie strony pierwotnej $U_{nGN}$ : 6000 V	Częstotliwość: 50 Hz
Napięcie strony wtórnej $U_{nDN}$ : 442/884 V	Straty w stanie jałowym: 1825 W
Napięcie zwarcia GN-DN: 2,75 %	Straty w stanie obciążenia: 2713 W
Możliwość regulacji napięcia w zakresie: -20%, -10%, 0%, +10%, +20%	

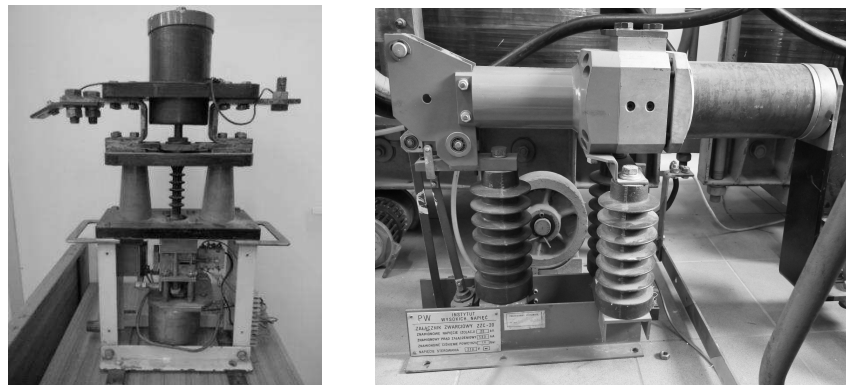
Źródło: Opracowanie własne.

Dla transformatorów zwarciovych wartości napięcia zwarcia są obniżone i wynoszą od ok. 2% do 5%. Zmniejszone napięcie zwarcia osiąga się dzięki odpowiedniej konfiguracji geometrycznej uzwojeń wtórnych (które „osłaniają” uzwojenie pierwotne) oraz stosując znaczne przekroje rdzeni, co umożliwia zmniejszenie liczby zwojów, a tym samym znaczne zmniejszenie strumienia rozproszenia. Producent transformatorów TSX2-500 oszacował dla warunków zwarciovych średnie naprężenia w uzwojeniach pierwotnym i wtórnym na odpowiednio 257 kG/cm<sup>2</sup> i 173 kG/cm<sup>2</sup>, przy dopuszczalnych naprężeniach dla miedzi 700 kG/cm<sup>2</sup> (Klimowicz, Skrobiszewska 1990). Tym warunkom mechanicznym odpowiadają dopuszczalne, szczytowe wartości prądów ok. 6,6 kA dla uzwojenia pierwotnego i 44,8 kA dla uzwojenia wtórnego.

Jeden z załączników zwarciovych umożliwia przyłączenie naładowanej baterii kondensatorów do uzwojenia pierwotnego transformatora, drugi umożliwia przyłączenie

obiekty badane do uzwojeń strony wtórnej transformatora. Łączniki zwarciowe ZZ-15 i ZZC-20 przedstawiono na Rys. 4.

Rys. 4. Załączniki zwarciowe ZZ-15 i ZZC-20.



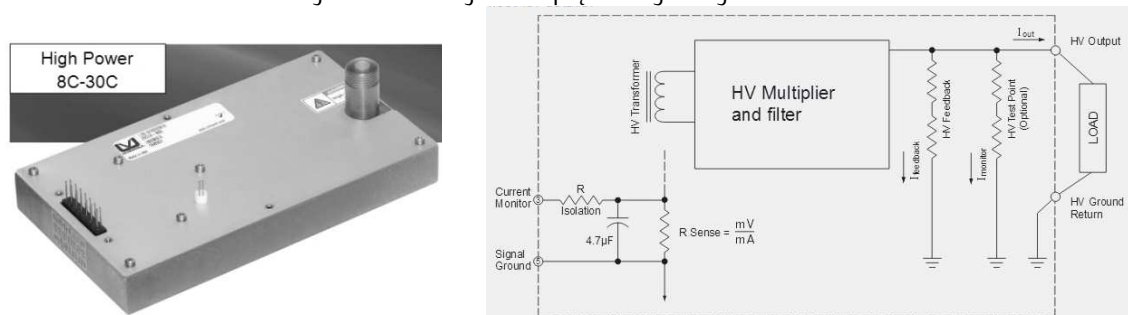
Źródło: Opracowanie własne.

Załącznik zwarciowy ZZ-15 o napięciu znamionowym 15 kV jest jednofazowym łącznikiem mechanicznym, z dwuprzerwowym zestykiem zwiernym o prądzie dopuszczalnym 38 kA. Zasobnikiem energii dla napędu łącznika jest napinana elektromagnesowo sprężyna, przy czym napęd w stanie gotowości do załączenia jest zablokowany zamkiem kulkowym. Mechanizm zwalniający, wyposażony w wyzwalacz elektromagnesowy umożliwia kontrolowane, zdalne uruchomienie załącznika i zamknięcie obwodu zwarciowego. Łącznik nie jest przeznaczony do wyłączenia obwodu w stanie przepływającego prądu.

Jednobiegunowy załącznik zwarciowy ZZC-20 jest przeznaczony do załączania obwodów probierczych (zwarciowych), do badań aparatów elektrycznych, transformatorów i innych urządzeń w zakresie napięć probierczych do 24 kV i prądów załączeniowych do 100 kA. Magazynem energii napędu zamykania styków jest zasobnik sprężynowy. Napęd na otwieranie styków (zbrojenie) oparty jest o pneumatyczny zasobnik energii o znamionowym ciśnieniu wynoszącym 1 MPa. Łącznik nie jest przeznaczony do wyłączenia obwodu odbiornika (przyłączonego do strony wtórnej transformatorów wielkopądowych) w stanie przepływającego prądu.

Do ładowania baterii kondensatorów zastosowano wysokonapięciowy zasilacz prądowy High Power 8C-30C firmy ULTRAVOLT, pracujący w trybie transformatorowego powielacza napięcia z wewnętrznym prostowaniem (strona internetowa produktu HVPS 2021). Jego widok i schemat ideowy przedstawiono na Rys. 5.

Rys. 5. Widok i schemat ideowy zasilacza wysokonapięciowego High Power 8C-30C.

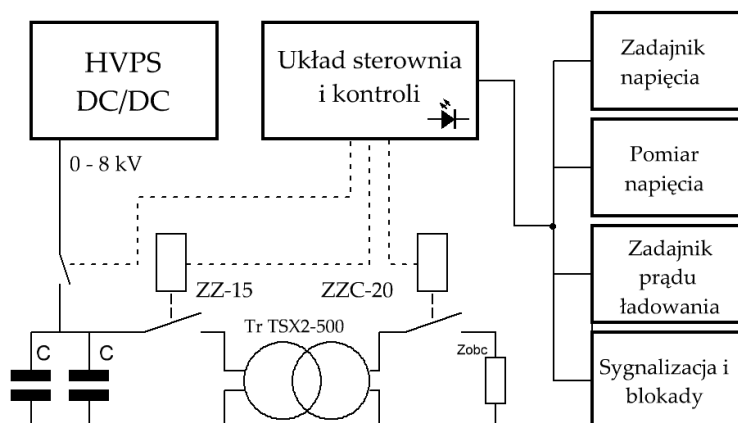


Źródło: Strona internetowa producenta: <https://www.mouser.com/datasheet/2/863/HP8C-30CDS-1137777.pdf>

Zasilacz ten oferuje dość mały prąd ładowania baterii kondensatorów (rzędu 30 mA), co przy możliwych napięciach probierczych do ok. 8 kV, przy maksymalnej pojemności baterii 4,8 mF wymaga czasu ładowania ok. 20 minut. Zasilacz wysokonapięciowy wymaga własnego źródła zasilania stałoprądowego, ale jego zasadniczą zaletą jest łatwość napięciowego sterowania parametrami wyjściowymi, odwzorowywana na jednym z zacisków informacja o napięciu wyjściowym oraz separacja galwaniczna strony wysokonapięciowej od niskonapięciowej.

Na Rys. 6 przedstawiony został widok układu sterowania urządzeniami wykonawczymi/monitorującymi wchodzącymi w skład wielkopięciowego źródła zasilania oraz uproszczona wersja schematu sterowania tymi urządzeniami. Główną rolę w układzie sterowania i kontroli pełni programowalny przekaźnik PLC. Jego zadaniem, w zależności o stanów sygnałów (wejściowych pochodzących m.in. od: wysokonapięciowego układu ładowania kondensatorów (HVPS), stanu położenia styków roboczych łączy ZZ-15 i ZZC-20, szeregu łączy zabezpieczających przed niepowołanym załączeniem obciążenia), jest odpowiednie sterowanie urządzeniami załącz / wyłącz oraz sygnalizacja optyczna stanów tych urządzeń. Wykorzystanie sterownika PLC w roli urządzenia sterującego pozwala na pomiar i synchronizację czasów załączania i wyłączenia dla poszczególnych elementów wykonawczych.

**Rys. 6.** Uproszczony schemat układu sterowania urządzeniami wykonawczymi wielokorpdowego źródła zasilania.



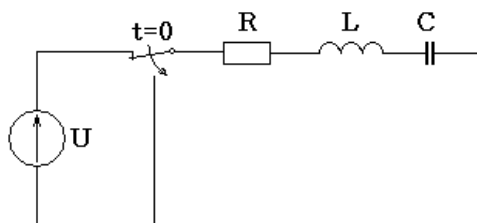
Źródło: Opracowanie własne.

### Parametry użytkowe źródła prądowego

W układach transformatorowych wielkość zwielokrotnienia prądu zależy od przekładni transformatora. Amplituda impulsu prądu zależy od: pojemności baterii kondensatorów, napięcia ładowania, przekładni transformatora i rezystancji obwodu wtórnego. Rezystancja obwodu wtórnego (obejmująca rezystancję obciążenia, przewodów połączeniowych, zestyków, a niekiedy także łuku elektrycznego) i indukcyjność transformatora ma znaczny wpływ na kształt przebiegu prądu.

Przyjęty do analizy podstawowych parametrów impulsu prądowego dostarczanego z syntetycznego źródła wieloprądowego (takich jak: amplituda, częstotliwość) schemat elektryczny oscylacyjnego układu probierczego, można przekształcić do schematu zastępczego przedstawionego na Rys. 7.

**Rys. 7.** Schemat zastępczy układu probierczego. Parametry zastępcze R, L, C sprowadzone do strony pierwotnej transformatora.



Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie parametrów znamionowych transformatora TSX2-500 (Tab. 1) wyznaczono parametry zastępcze (Au i in. 1996):

- rezystancja transformatora T po stronie 6 kV:



$$R_{T6kV} = \frac{\Delta P_{Cu} \cdot U_{n1}^2}{S^2} = 0,3906 \Omega \quad (1)$$

- impedancja transformatora T po stronie 6 kV:

$$Z_{T6kV} = \frac{\Delta U_{Z\%} \cdot U_{n1}^2}{100 \cdot S_{nT}} = 1,98 \Omega \quad (2)$$

- reaktancja transformatora:

$$X_{T6kV} = \sqrt{Z_{T6kV}^2 - R_{T6kV}^2} = 1,94 \Omega \quad (3)$$

- indukcyjność transformatora dla częstotliwości 50 Hz

$$L_{T6kV} = \frac{X_{T6kV}}{\omega} = 6,18 \text{ mH} \quad (4)$$

Zastosowanie transformatora w obwodzie drgającym, wymaga dobrania współpracującego kondensatora o pojemności spełniającej warunek rezonansu dla wymaganej częstotliwości. Dla obliczeń szacunkowych, nieuwzględniających rezystancji obwodu:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (5)$$

natomiast uwzględniając rezystancję

$$f = \frac{\sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \left(\frac{R}{2 \cdot L}\right)^2}}{2 \cdot \pi} \quad (6)$$

Należy zaznaczyć, że jeżeli obwód rezonansowy posiada dużą rezystancję, to jego tłumienie może powodować szybkie wygaszanie oscylacji układu, a w skrajnym przypadku nawet uniemożliwić ich wytworzenie (praca aperiodyczna).

Przewiduje się możliwość pracy układu:

- z pojedynczym transformatorem,
- dwoma transformatorami połączonymi szeregowo po stronie pierwotnej,
- z dwoma transformatorami połączonymi równolegle po stronie pierwotnej.

Tym trybom pracy odpowiadają indukcyjności cewki na Rys. 7 równe: 6,18 mH, 12,5 mH i 3,1 mH.

Przy pominięciu rezystancji, dla uzyskania częstotliwości drgań układu  $f=50$  Hz, pojemność wymaganego kondensatora obliczona z wzoru (5) jest równa:

- 1,64 mF dla pracy z pojedynczym transformatorem,
- 0,81 mF przy 2 transformatorach połączonych szeregowo,
- 3,28 mF dla 2 jednostek transformatorowych, połączonych równolegle.

Wartość amplitudy prądu w obwodzie pierwotnym transformatora można wyznaczyć z zależności:

$$I_m = \frac{U_c}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \quad (7)$$

w której  $\sqrt{\frac{L}{C}}$  jest tzw. impedancją falową  $Z_f$ .

Dla wyznaczonych wartości indukcyjności i pojemności impedancje falowe mają wartość:

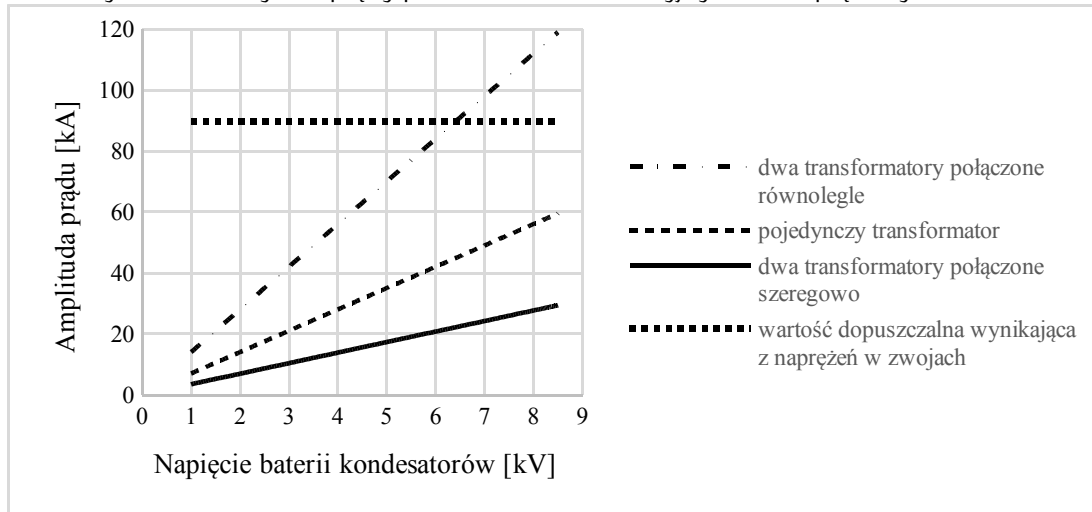
- $Z_f = 1,94 \Omega$  - dla układu z pojedynczym transformatorem,
- $Z_f = 3,93 \Omega$  - dla układu z dwoma transformatorami połączonymi szeregowo,
- $Z_f = 0,97 \Omega$  - dla układu z transformatorami połączonymi równolegle.

Spodziewane wartości szczytowe prądów pierwotnych i w konsekwencji spodziewane prądy użytkowe, przy zasileniu układu z baterii kondensatorów naładowanych do napięcia 8,46 kV (jest to  $U_m$  dla znamionowego napięcia pierwotnego transformatorów  $U_n=6$  kV) mają wartości odpowiednio dla przypadków:

- $I_{1m} / I_{2m} - 4,37$  kA / 59,37 kA
- $I_{1m} / I_{2m} - 2,16$  kA / 29,32 kA
- $I_{1m} / I_{2m} - 8,75$  kA / 118,75 kA, (przy czym na każdy transformator przypada w przybliżeniu połowa tych wartości).

Jak łatwo zauważyć w przypadku punktu „c” możliwe jest przekroczenie wytrzymałości znamionowej transformatorów, co oznacza, że maksymalne napięcie ładowania kondensatorów nie powinno przekraczać ok. 6,5 kV. Wartości tej odpowiadałby w układzie idealnym prąd wtórny wynoszący około 89,6 kA.

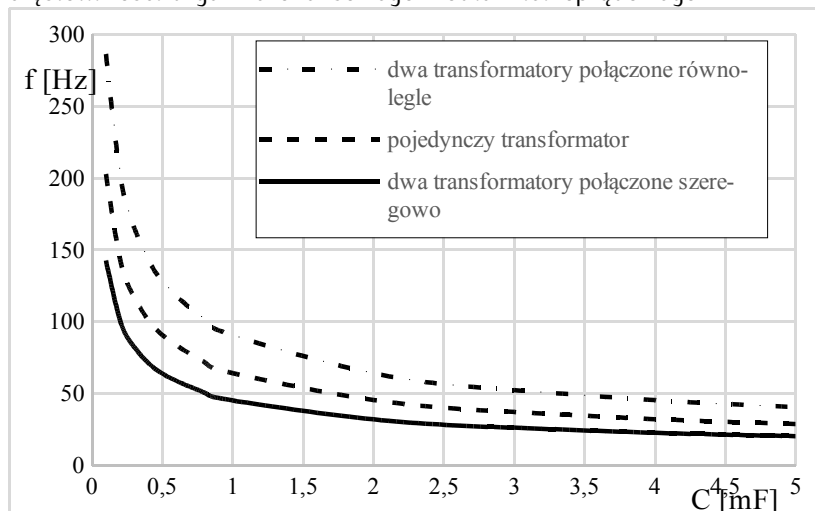
Rys. 8. Maksymalne teoretyczne prądy probiercze w laboratoryjnym źródle prądowym.



Źródło: Opracowanie własne.

Przy dysponowanych pojemnościach kondensatorów można zamodelować obwody probiercze o różnych częstotliwościach rezonansowych. Wartości teoretyczne częstotliwości możliwych do uzyskania w obwodach drgających z jednym lub dwoma transformatorami pokazano na Rys. 9.

Rys. 9. Możliwe częstotliwości drgań rezonansowego źródła wieloprądowego.

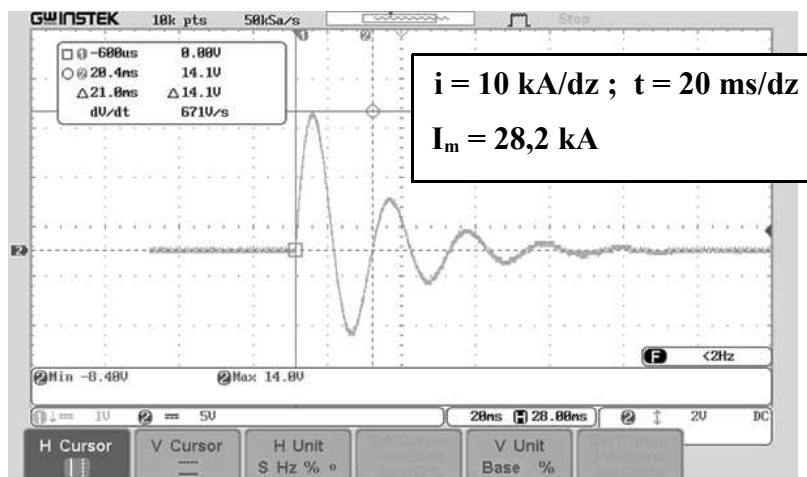


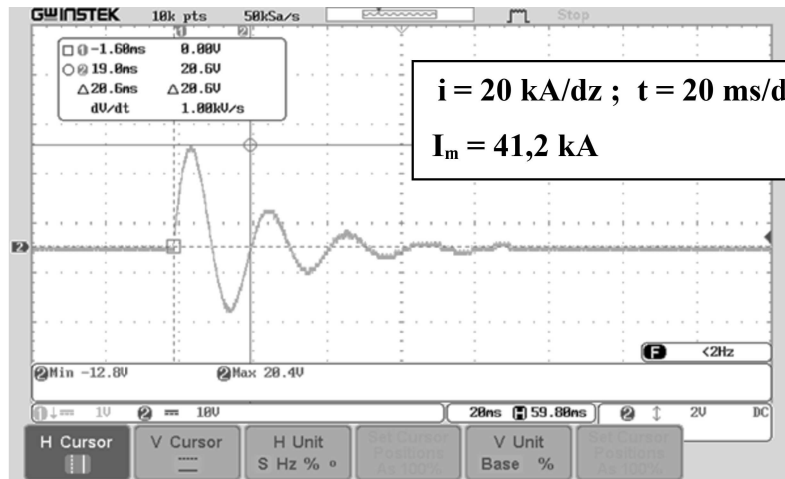
Źródło: Opracowanie własne.

### Ocena eksperymentalnych osiąganych wartości prądów

W celu oceny maksymalnych parametrów użytkowych źródła syntetycznego, na wyjściu transformatorów zwarciovych (pracujących w układzie równoległym) podłączony został bezindukcyjny bocznik BP o rezystancji  $R_b = 0,5 \text{ m}\Omega$ , umożliwiającą pomiar i rejestrację uzyskiwanych prądów probierczych. Sposób i miejsce pomiaru (rejestracji) prądu pokazano na Rys. 3, natomiast na Rys. 10 i Rys. 11 pokazano przykładowe oscylogramy prądów zwarciovych oraz zestawienie uzyskiwanych wartości probierczych, w zależności od napięcia ładowania baterii kondensatorów.

Rys. 10. Przykładowe przebiegi prądów zwarciovych na wyjściu dwóch równolegle połączonych transformatorów o kolejno szczytowych wartościach 28,2 kA i 41,2 kA.

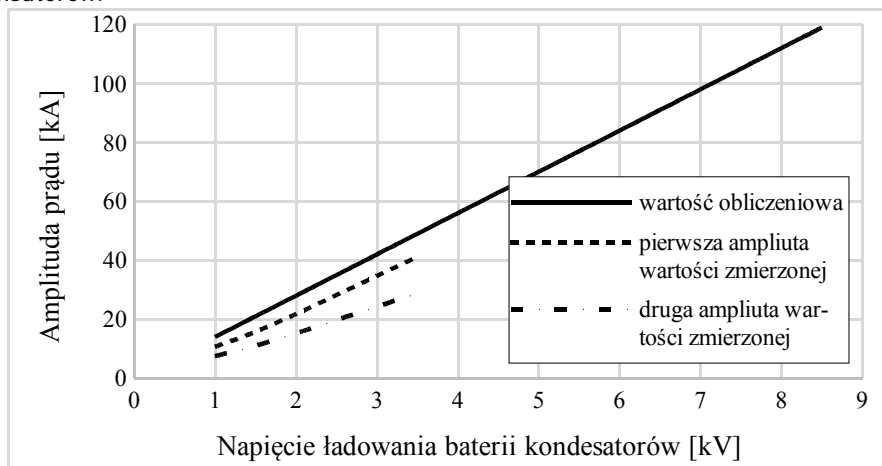




Źródło: Opracowanie własne.

Na Rys. 11 pokazano wartości obliczeniowe prądów zwarciovych oraz wyniki pomiarów, przy czym wstępne eksperymenty ograniczono do napięcia ładowania kondensatorów wynoszącego 3,5 kV. Pierwsza półfala zarejestrowanych przebiegów prądowych dobrze odwzorowuje sinusoidę prądu sieciowego, niestety kolejna jest już tłumiona o blisko 30% (Rys. 10, Rys. 11), co jest wynikiem istnienia w obwodzie rezystancji bocznika, uzwojeń transformatorów i torów połączeniowych. Należy pamiętać, że zmiana impedancji obciążenia transformatora zwarciovego ma wpływ na amplitudę oraz w pewnym zakresie częstotliwość i kształt prądu obwodu. Wartość prądu można łatwo korygować poprzez zmianę napięcia naładowania baterii kondensatorów. Korekta pozostałych parametrów jest trudniejsza i wymaga niekiedy kłopotliwych przelączeń związanych ze zmianą pojemności baterii, a nawet przelączeń uzwojeń transformatora.

Rys. 11. Wartości prądów zwarciovych na wyjściu transformatorów w zależności od napięcia ładowania baterii kondensatorów.



Źródło: Opracowanie własne.

## Przykłady i obszary zastosowań syntetycznego źródła prądu

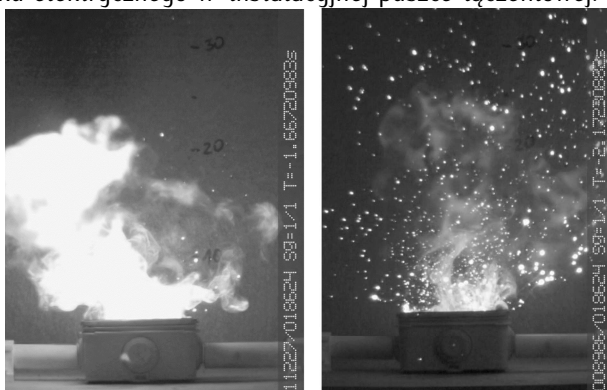
Wielkopiędowe Źródło prądu zbudowane w oparciu o układy oscylacyjne (drgające) stosowane są do: badań fizycznych łuku elektrycznego; optymalizacji układów stykowych; weryfikacji ich kształtu i modyfikacji komór gaszeniowych wyłączników oraz badań i weryfikacji wytrzymałości dynamicznej torów prądowych urządzeń elektroenergetycznych (Maksymiuk 1992). Po modyfikacji, mogą być wykorzystane również do badań zwarciowej wytrzymałości cieplnej urządzeń elektroenergetycznych (Kulas 2008). Zastosowanie tego typu układu wielkopiędowego pozwala znacznie zmniejszyć koszty badań i koszty nakładów inwestycyjnych związanych z podobnymi kosztami występującymi w konkurencyjnych zwarciowniach.

Zbudowany i przetestowany układ nadaje się w szczególności do badań wielkopiędowych wyładowań łukowych, a także procesów łączeniowych. Wybrane klatki rejestracji skutków zapłonu łuku elektrycznego wewnątrz instalacyjnej puszkii łączeniowej zostały przedstawione na Rys. 12. Maksymalna wartość prądu płynąca w obwodzie dotkniętym zakłóceniem łukowym wynosiła 1,5 kA.

Oddziaływanie elektrodynamiczne w torach prądowych i układach stykowych łączników elektrycznych są wywołane przepływającym przez nie prądem elektrycznym. Siły elektrodynamiczne osiągają największe wartości podczas przepływu prądów zwarciowych. Efekt oddziaływania elektrodynamicznego podczas przepływu prądu zwarciowego o wartości szczytowej 10 kA przez dwa równoległe ułożone blisko siebie przewody aluminiowe został przedstawiony na Rys. 13.

Układ nadaje się, w szczególności do badań wielkopiędowych wyładowań łukowych w łącznikach próżniowych (przerwywających prąd zwarciowy z końcem jego pierwszej półfali), do badań oddziaływań elektrodynamicznych oraz badań cieplnych zestyków przy nagrzewaniu impulsowym (Janiszewski, Batura 2015).

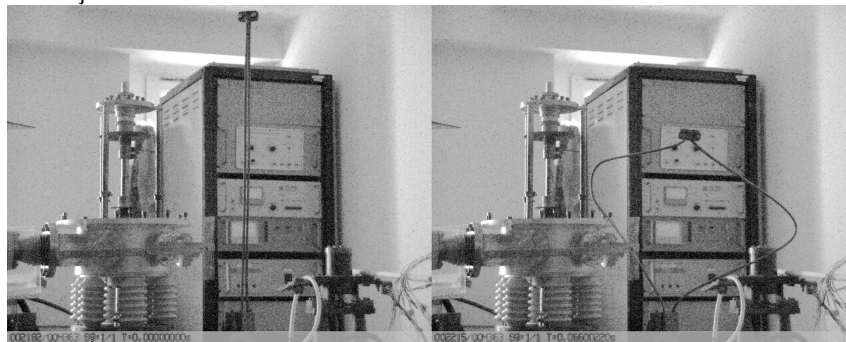
Rys. 12. Efekt zapłonu łuku elektrycznego w instalacyjnej puszkii łączeniowej.





Źródło: Opracowanie własne.

**Rys. 13.** Skutki oddziaływania elektrodynamicznego podczas przepływu prądu zwarcowego. Zdjęcie przed i po próbie zwarcowej.



Źródło: Opracowanie własne.

## Podsumowanie

Wykonane pomiary wartości prądów, możliwych do wygenerowania w zbudowanym, rezonansowym źródle zasilającym potwierdziły, że jego możliwości ograniczone są głównie rezystancją transformatorów, torów połączeniowych i przyłączanych do nich obciążeń. Wpływają one istotnie na zmniejszenie amplitudy spodziewanego prądu zwarcowego oraz w pewnym stopniu na zmianę częstotliwości oczekiwanych kształtów prądu. Wykazano jednak, że potencjalne możliwości probiercze są zdecydowanie większe od możliwych do uzyskania z wykorzystaniem transformatorów energetycznych małej i średniej mocy. Układ wieloprądowy zbudowany w oparciu o specjalne transformatory zwarcowe, przy poprawnie dobranych parametrach pozostałych elementów obwodu probierczego, pozwala generować prądy o parametrach występujących w rzeczywistych sieciach średniego i niskiego napięcia.

Na podstawie uzyskanych parametrów prądowych można stwierdzić, że skonstruowany układ umożliwia:

- prowadzenie badań wytrzymałości elektrodynamicznej aparatury oraz osprzętu elektroinstalacyjnego,

- badania odskoków elektrodynamicznych i szepienia się styków łączy,
- badania krótkotrwałych przeciążeń cieplnych aparatury łączeniowej,
- wykonywanie badań łuku łączeniowego i awaryjnego.

## Literatura

- Au A., Maksymiuk J., Pochanke Z. 1996. Podstawy obliczeń aparatów elektroenergetycznych. WNT, Warszawa
- Au A., Maksymiuk J., Podgórski A. 1968. Badania łączników elektroenergetycznych prądu przemiennego. WNT, Warszawa
- Janiszewski J., Batura R. 2015. Badania modelowe stanu cieplnego zestyków elektrycznych. Poznan University of Technology Academic Journals, No 83, 2015, pp: 253-260
- Klimowicz A., Skrobiszewska L. 1990. Transformator zwarciowy TSX2-500, założenia i obliczenia projektowe. Elta, Łódź
- Kulas S. 2008. Tory prądowe i układy zestykowe. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa
- Maksymiuk J. 1992. Aparaty elektryczne. WNT, Warszawa
- Strona internetowa produktu HVPS.  
<https://www.mouser.com/datasheet/2/863/HP8C-30CDS-1137777.pdf> (dostęp 4 października 2021 r.)



Karol Nowak<sup>1</sup>, Jerzy Janiszewski<sup>1</sup>, Łukasz Drużyński<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Elektroenergetyki, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki,  
Politechnika Poznańska

## **Półprzewodnikowy eliminator łuku elektrycznego w układach niskiego napięcia**

Dane kontaktowe: Karol Nowak, karol.nowak@put.poznan.pl

### **Wstęp**

Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną odbiorców wymaga ustawicznego rozbudowywania i modernizowania urządzeń zasilających i rozdzielczych. Wartości natężenia prądów przetężeniowych, przepływających w tych obwodach w stanach zakłóceń, są zwykle wielokrotnie wyższe od wartości prądów znamionowych (Berczyński i in.2018). Wyłączanie prądów zwarciovych i znacznych prądów przeciążeniowych ze zwłoką i przy naturalnym ich przechodzeniu przez zero, jak to ma miejsce w przypadku działania klasycznych wyłączników, powoduje w obwodach elektrycznych wystąpienie znacznych sił elektrodynamicznych oraz ich duże przeciążenie cieplne. Skutki cieplne i dynamiczne stają się trudne do opanowania, a likwidacja efektów takich zakłóceń bardzo kosztowna. Do najważniejszych skutków zwarć zalicza się:

- silne nagrzewanie torów prądowych – przyspiesza to starzenie izolacji maszyn elektrycznych, przewodów i kabli,
- powstawanie dużych sił dynamicznych między częściami, w których płyną prądy zwarciove – może to być przyczyną np. deformacji szynoprzewodów, łamania izolatorów wsporczych i przepustowych oraz szepiania zestyków,
- powstanie niebezpiecznych napięć na częściach normalnie niebędących pod napięciem,
- powstanie przepięć ziemnozwarciowych towarzyszących zwarciom łukowym,
- powstanie zakłóceń elektromagnetycznych oddziałujących na urządzenia telekomunikacyjne,
- możliwość utraty stabilności systemu przez utratę synchronizmu generatorów znajdujących się blisko siebie (Kacejko, Machowski 2017).

Częstym, niezamierzonym efektem krytycznym powstałym np. na skutek uszkodzenia izolacji urządzenia jest wystąpienie łuku awaryjnego. Przyczyn powstania zwarć łukowych jest wiele. Najczęstszymi z nich są (Kochel i in.2004):

- błędy projektowe i konstrukcyjne – najczęstszą przyczyną są błędy w obliczeniach mocy zwarciovych, a w efekcie niewłaściwy dobór kabli i aparatury,
- błędy wykonawcze – często wynikające z nieświadomych i świadomych zaniedbań,
- wady materiałowe – wady te dotyczą głównie kabli, ich izolacji oraz aparatury łączeniowej,
- niepełne i niesystematyczne badania oraz próby,
- czynniki środowiskowe – jest to grupa czynników związana wprost z oddziaływaniem otoczenia, w którym pracuje urządzenie (np. nadmierna wilgoć, zapylenie, agresywna atmosfera, drgania, zwierzęta),
- czynnik ludzki – dotyczy osób bezpośrednio wykonujących prace eksploatacyjne (manipulacje łączeniowe, badania, remonty, przeglądy konserwacje), jak i błędy organizacyjne związane z prowadzeniem prac (organizacja miejsca pracy) przy urządzeniach elektrycznych.

Możliwe skutki działania powstałego łuku awaryjnego to:

- nagrzewanie się medium otaczającego i sąsiadujących elementów konstrukcyjnych,
- gwałtowna zmiana ciśnienia powietrza lub innego gazu izolacyjnego wewnątrz urządzeń elektrycznych,
- perforacja obudów urządzeń elektrycznych,
- powstawanie przewodzących warstw na powierzchniach materiałów izolacyjnych,
- niszczenie aparatury elektroenergetycznej,
- wytworzenie fali akustycznej (o natężeniu przekraczającym nawet 160 dB),
- ośnienie lub poparzenie personelu technicznego i osób postronnych.

Na Rys.1 pokazano przykładowy stan destrukcji pola odłącznika szynowego w rozdzielnicy elektroenergetycznej średniego napięcia (6 kV), spowodowany zwarciem łukowym o prądzie 10 kA i czasie trwania 1,8 s. Brak zasilania, spowodowany awarią, przekroczył 24 h, a całkowite straty materialne to ponad 0,5 mln zł (Kaźmierczak 2021).

Zakłócenia łukowe stanowią zagrożenie nie tylko w przypadku dużych wartości prądów i napięć. Na Rys. 2 pokazano przykładowy stan destrukcji wnętrza elektrycznej puszkii łączeniowej. Zapłon łuku elektrycznego miał miejsce w sieci zasilanej napięciem

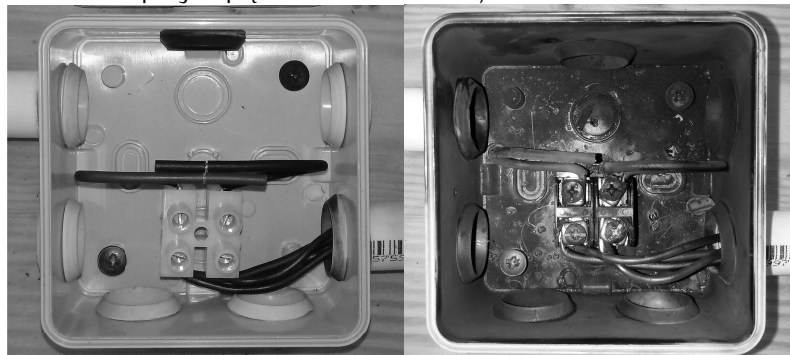
230 V i spowodował przepływ prądu o wartości skutecznej około 700 A. Oprócz widocznych śladów opalenia wewnętrznej powierzchni puszek i uszkodzenia izolacji przewodów zasilających nastąpiło otwarcie wieka, przez co rozżarzone krople materiału elektrod (miedź) wydostały się na zewnątrz.

**Rys. 1.** Wnętrze pola przyłącza kablowego rozdzielnic SN po awarii o prądzie zwarcia łukowego 10 kA i czasie trwania zwarcia 1,7 s.



Źródło: Kaźmierczak M., publikacja internetowa: Zwarcia łukowe – doświadczenia eksploatacyjne w polskiej energetyce zawodowej i przemysłowej, opracowanie Energotest sp. z o.o.

**Rys. 2.** Wnętrze łączniowej puszeki elektrycznej przed i po zapłonie łuku elektrycznego (skutki potłukowe dla prądu o wartości 700 A i przy napięciu zasilania 230 V).



Źródło: Opracowanie własne.

W cytowanym dokumencie nie wykazano innych skutków niematerialnych, jednak według oficjalnych danych statystycznych Państwowej Inspekcji Pracy (CIOP 2021) w ciągu roku w całym kraju na skutek zwarc łukowych ginie kilkanaście osób, a dziesiątki doznają ciężkich uszkodzeń ciała. Urządzenia elektryczne, w których wystąpiło zwarcie łukowe są zniszczone w takim stopniu, że najczęściej trzeba wymienić je na nowe. W konkretnych przypadkach straty z uwzględnieniem kosztów przestoju sięgają wielu setek tysięcy złotych. Podobnie niepokojące są dane Zakładu

Bezpieczeństwa Pracy Instytutu Energetyki (Kaźmierczak 2021), z których wynika, że średnia częstość wypadków spowodowanych zdarzeniami z prądem elektrycznym z udziałem łuku elektrycznego zawiera się w zakresie 0,35–0,45 na 1000 zatrudnionych, przy czym przytaczane statystyki dotyczą wyłącznie tych wydarzeń, w których poszkodowani zostali ludzie. Co gorsza, wiele innych zdarzeń nie jest podawanych do wiadomości, a część z nich jest wręcz ukrywana (Kaźmierczak 2021).

O ile w przypadku metalicznych zwarć wewnętrznych w rozdzielnicach elektroenergetycznych zagrożenie ich rozsądzenia jest relatywnie małe (mała impedancja obwodu zwarciovego, niskie napięcie na elementach przewodzących prąd) o tyle zwarcia łukowe stanowią szczególny rodzaj zagrożeń, o trudnych do określenia skutkach, m.in z uwagi na trudny do oszacowania poziom wydzielanej w łuku energii.

Reasumując, awaryjne stany łukowe oraz skutki zwarciovowe w obwodach i urządzeniach elektroenergetycznych stanowią poważne zagrożenia zarówno z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacyjnego jak i możliwych, znacznych strat materialnych. Zarówno sam problem (od strony zjawiskowej) jak i wzrastające wymagania dotyczące ograniczania tych skutków (np. przez wprowadzane wymagania łukoodporności rozdzielnic elektroenergetycznych (Koch, Maksymiuk 2007)) stwarzają przesłanki do podejmowania badań nad możliwościami technicznymi ograniczania skutków łukowych i zwarciovych, w szczególności w obwodach silnoprądowych. Celem pracy jest przedstawienie badań eksperymentalnych, nakierowanych na opracowanie efektywnych sposobów zabezpieczania lub dobezpieczania dotkniętych awarią obwodów zasilających. W szczególności podjęte działania dotyczą oceny skuteczności działania półprzewodnikowej gałęzi bocznikującej eliminatora łuku awaryjnego (AE – ang. *Arc Eliminator*), testowanego w warunkach rzeczywistego zwarcia łukowego, w sieci zasilającej niskiego napięcia.

## Ograniczanie skutków zwarciovych i łukowych

Poprawa bezpieczeństwa eksploatacyjnego obwodów odbiorczych i zasilających wymaga (niekiedy obligatoryjnie) ograniczania skutków przepływu prądów zaktóceniovych i występowania łuku awaryjnego (Koch, Maksymiuk 2007). Podejmowane w tym celu działania wiążą się z potrzebą ograniczania wartości maksymalnych prądów zwarciovych, ich stromości narastania i czasu trwania. Metody ograniczania prądów zwarcia można podzielić na bierne i czynne. Metody bierne, najczęściej związane z powiększeniem impedancji zwarciovowej dotkniętego uszkodzeniem obwodu, realizowane są przez (Berczyński i in.2018):

- dławiki zwarciovowe – o stałej wartości indukcyjności, niezależnej od wartości przepływającego prądu (wadą jest, że dławiki zwarciovowe, pogarszają warunki napięciowe odbiorców w stanie normalnej pracy),

- transformatory z dzielonymi uzwojeniami strony wtórnej i – rozwiązanie takie jest zalecane zwłaszcza w stacjach elektrownianych i dużych stacjach elektroenergetycznych; w naturalny sposób wpływa na zmniejszenie mocy zwarciowej na poszczególnych systemach szyn zbiorczych rozdzielni średniego napięcia,
- instalowanie transformatorów z podwyższonymi wartościami napięcia zwarcia – skuteczniej ograniczają wartości prądów zwarciowych, są jednak źródłem zwiększonych strat obciążeniowych, mocy i energii biernej,
- sekcjonowanie szyn zbiorczych – prowadzi do zmniejszenia wartości mocy zwarciowej i ograniczenia prądu zwarciowego w danym obwodzie; przy okazji zwiększa niezawodności zasilania odbiorców,
- automatykę rozcinającą sieć zasilającą – jest metodą ograniczania prądów zwarciowych przez zmianę konfiguracji sieci, realizowana samoczynnie (ze zwłoką wynikającą z ustalonych procedur działania) już po wystąpieniu zwarcia.

Czynne metody ograniczania prądów zwarciowych polegają na stosowaniu:

- bezpieczników topikowych – są one najprostszymi urządzeniami ograniczającymi wartość chwilową prądu zwarcia, jeszcze przed wystąpieniem wartości maksymalnej. Ich podstawowymi wadami są relatywnie mała obciążalność znamionowa i jednokrotność zadziałania (Berczyński i in.2018),
- ograniczników (np. typu IS limiter) – spełniają one taką samą funkcję jak bezpieczniki dużej mocy, są jednak konstruowane na dużo większe prądy robocze i dużo większe prądy zwarciowe (zadziałanie ogranicznika wymaga wymiany detonatora i uszkodzonego bezpiecznika na nowe) (Berczyński i in.2018),
- sprzęgieł rezonansowych – jako udoskonalonej wersji dławika zwarciowego, dostrajanego do warunku rezonansu (Berczyński i in.2018),
- elementów nieliniowych wyzwalanych temperaturowo – aktualnie wykorzystane jest nadprzewodnictwo, gdzie wraz ze wzrostem temperatury (wywołanym przepływem prądu zwarcia) rezystywność obwodu prądowego gwałtownie rośnie, ograniczając wartość tego prądu. Wadą metody jest konieczność utrzymywania bardzo niskiej temperatury w komorze kriostatycznej, nawet w przypadku stosowania dostępnych nadprzewodników wysokotemperaturowych (Berczyński i in.2018),

- zwierników zestykowych (załączników zwarciovych) – stosowane są dotychczas głównie w sieciach wysokiego napięcia; wadą zwiernika mechanicznego jest jego łukowa komutacja prądu zaktóceniovego oraz stosunkowo długi czas załączania, co zwykle uniemożliwia skuteczne ograniczenie skutków elektrodinamicznych w obwodzie zwarciovym (Berczyński 2016),
- szybkich łączników tyrystorowych - bezstykowych półprzewodnikowych ograniczników skutków przepływu prądu zwarciovego, wykorzystujące możliwość wyłączenia tyrystorów w czasie krótszym niż  $\frac{1}{4}$  okresu przepływu prądu zwarciovego; stosunkowo niewielka ich obciążalność robocza ograniczona jest wartością prądów znamionowych produkowanych aktualnie tyrystorów (Chucha 1998),
- zwierników tyrystorowych – umożliwiającących praktycznie bezzwłoczne przejęcie prądu awaryjnego przez zbocznikowanie chronionego obwodu; ich zdolność łączeniowa limitowana jest wytrzymywanym prądem krótkotrwałym oraz parametrami cieplnymi (całką Joule'a) struktury półprzewodnikowej (Berczyński 2016),
- łączników hybrydowych – zbudowanych z równoległych gałęzi łącznika zestykowego i półprzewodnikowego, łączących cechy dużej obciążalności prądowej (gałąź łącznika mechanicznej) i dużej szybkości działania (gałąź łącznik półprzewodnikowej).

W chwili obecnej rozwiązanie z łącznikiem hybrydowym, wykorzystanym w formie zwiernika, charakteryzuje się potencjalnie najlepszymi parametrami użytkowymi w obwodach niskonapięciowych z jego perspektywicznymi możliwościami zastosowania w obwodach średniego napięcia. Niestety przy znacznych wartościach prądów eksploatacyjnych, spodziewane w typowych obwodach elektroenergetycznych prądy zwarciove znacznie przekraczają parametry znamionowe aktualnie produkowanych tyrystorów.

Metody ograniczania skutków wystąpienia łuku awaryjnego lub jego eliminowania, realizowane są poprzez stosowanie:

- rozdzielnic przedziałowych o odpowiednio dobranej konstrukcji,
- bezpieczników ograniczających prąd (w sieciach SN i nn),
- szybkich wyłączników (np. tyrystorowych),
- kriogenicznych ograniczników prądu,
- zbocznikowania obwodu dotkniętego pojawieniem się łuku elektrycznego,

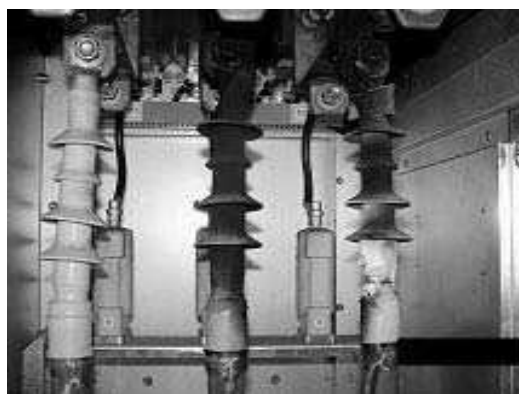
- dodatkowej ochrony osobistej personelu technicznego (realizowana jest przez zastosowanie dźwiękochłonnych naszników oraz ubrań ochronnych z tkanin odpornych na wysoką temperaturę).

Skuteczna eliminacja zwarć łukowych stanowi aktualny problem badawczy i techniczny, a w jego rozwiązaniu, w odniesieniu do urządzeń rozdzielczych, można wyróżnić dwie zasadnicze grupy działań:

- wprowadzenie wymagań łukoochronności rozdzielnic okapturzonych, czyli określenie stopnia wytrzymałości mechanicznej rozdzielnic na wzrost ciśnienia w jej wnętrzu oraz ochrony przed wydostaniem się płomienia i gorących gazów (PN-EN 62271-200, PN-EN IEC 61439-1:2021-10).
- zastosowanie szybkiej eliminacji łuku zakłóceniewego, zapobiegającej rozwojowi wyładowania.

Nie wszystkie wymienione wcześniej metody i urządzenia spełniają zadania szybkiej ochrony obwodów przed skutkami powstania łuku awaryjnego, mogącego palić się zarówno przy przepływie prądów roboczych, jak i przetężeniowych. Tylko łączniki wyposażone w energoelektroniczne człony wykonawcze (np. łącznik hybrydowy) mogą być wykorzystane do efektywnej – krótkozwłocznej ochrony obwodów przed skutkami powstania łuku awaryjnego, z równoczesną możliwością ograniczania wartości prądu zakłóceniewego. Należy mieć również na uwadze doświadczenia eksploatacyjne, które wskazują, że skracanie czasu łukowego jest najbardziej efektywnym sposobem ograniczania skutków zwarć łukowych.

**Rys. 3.** Wnętrze pola przyłącza kablowego rozdzielnic SN po awarii o prądzie zwarcia łukowego 15 kA i czasie trwania zwarcia 0,05 s.



Źródło: Kaźmierczak M., publikacja internetowa: Zwarcia łukowe – doświadczenia eksploatacyjne w polskiej energetyce zawodowej i przemysłowej, opracowanie Energotest sp. z o.o.

Na Rys. 3 pokazano stan wnętrza przedziału przyłączeniowego rozdzielnic średniego napięcia (15 kV), po wystąpieniu zwarcia łukowego z prądem o wartości 15 kA, przepływającym w czasie 0,05 s. W porównaniu z widokiem przedziału kablowego,

pokazanym na Rys. 1, można stwierdzić, że mimo większego prądu zwarciovego, skutki połukowe są zdecydowanie mniejsze. Dodatkowo, całkowite straty materialne oszacowano w tym przypadku na zaledwie kilkaset złotych (Kaźmierczak 2021).

### Ogólna charakterystyka właściwości łuku awaryjnego

W środowisku elektroenergetyków upowszechniła się definicja, w myśl której „łukiem zakłóceniovym lub awaryjnym” określa się niezamierzone wyładowanie energii elektrycznej w urządzeniach rozdzielczych (Koch, Maksymiuk 2007). Na całkowity czas wyłączenia zwarcia łukowego wpływa czas detekcji pojawienia się wyładowania łukowego (interpretowany zwykle na podstawie rozbłysku świetlnego lub/i analizy harmonicznycn napięcia zasilającego), czas decyzji urządzenia sterującego zabezpieczeniem wyłaczającym prąd uszkodzeniowy (analizującego dodatkowo zwykle wartość i stromość narastania tego prądu) oraz czas zadziałania samego zabezpieczenia (zwykle głównego wyłaczniaka obwodu). Pomijając czas zadziałania detektora zakłócenia (pobudzenie członu optycznego, napięciowego, prądowego itp.) i opóźnienia wystania sygnałów sterujących, decydującym jest czas zwłoki zadziałania wyłaczniaka mocy, który dla sieci niskiego napięcia wynosi od 20 ms do 60 ms, a w sieciach SN zwykle nie mniej niż 40-100 ms, dla różnych urządzeń zabezpieczających (Surówka 2017). W ciągu tego czasu palący się łuk elektryczny, w wyniku wydzielania energii cieplnej, może spowodować całkowite zniszczenie aparatów elektrycznych, izolacji przewodów zasilających czy też uszkodzenie lub całkowite zniszczenie wnętrza rozdzielnicv elektrycznej.

Energię łuku  $W_a$  można wyznaczyć z zależności:

$$W_a = \int_0^{T_a} u_a \cdot i_a \cdot dt \quad (1)$$

gdzie:

$u_a$  - wartość chwilowa napięcia łuku,  $i_a$  - wartość chwilowa prądu łuku,

$T_a$  - czas trwania łuku elektrycznego,

natomiast przybliżoną wartość energii łuku powietrznego  $W_a$ , dla stałej wartości skutecznej prądu łuku można określić z zależności uproszczonej (Koch, Maksymiuk 2007):

$$W_a = U_{av} \cdot I_a \cdot T_a \quad (2)$$

w której:

$U_{av}$  - przybliżona, zastępcza wartość napięcia łuku,  $I_a$  - wartość skuteczna prądu łuku.

Dla łuku wielkoprądowego o długości od 10 mm do 100 mm (niekiedy nawet do 300 mm) oraz skutecznej wartości prądu od 1 kA do 30 kA, wartość zastępczą napięcia łuku palącego się w powietrzu można obliczyć ze wzoru (Koch, Maksymiuk 2007):



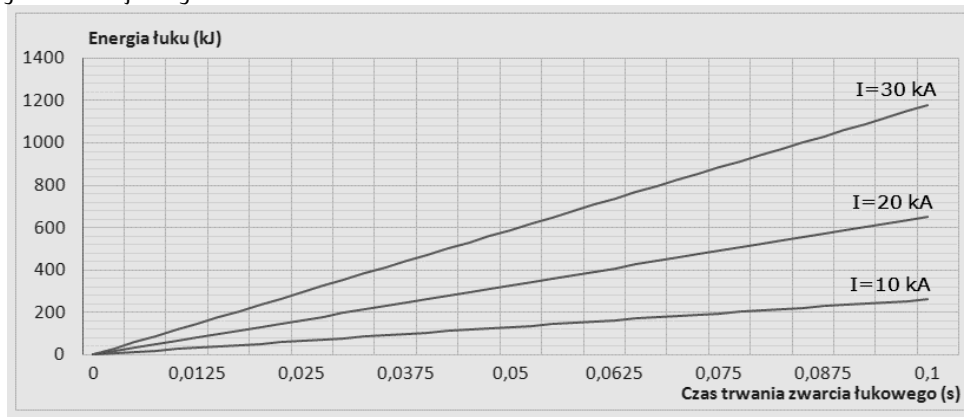
$$U_{av} = 35 + 1,6 \cdot d_a + I_a \quad (3)$$

w której:

$d_a$  – długość łuku w [mm],  $I_a$  – wartość skuteczna prądu łuku wyrażona w [kA].

Przykładowe, obliczone wartości spodziewanej energii wydzielanej z łuku elektrycznego o długości 100 mm, palącego się w powietrzu, dla prądów zwarciovych 10 kA, 20 kA i 30 kA, w zależności od czasu trwania zwarcia łukowego przedstawiono na Rys. 4.

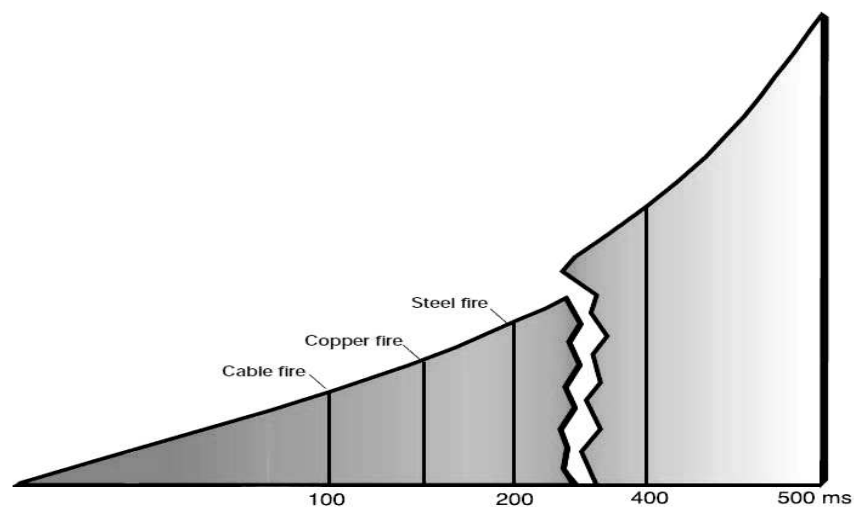
**Rys. 4.** Zależność energii łuku w funkcji czasu trwania zwarcia dla różnych wartości prądów zakłócających i stałej długości łuku 100 mm.



Źródło: Opracowanie własne

Rejestrowane rodzaje uszkodzeń, wywołanych zwarciami łukowymi o prądach od kilku do kilkudziesięciu kiloamperów, w funkcji czasu trwania zwarcia, przedstawiono orientacyjnie na Rys. 5 (Kaźmierczak 2021).

Rys. 5. Rodzaje i obszar czasowy obserwowanych uszkodzeń cieplnych urządzeń elektroenergetycznych w zależności od czasu trwania zwarcia łukowego.



Źródło: Kaźmierczak M., publikacja internetowa: Zwarcia łukowe – doświadczenia eksploatacyjne w polskiej energetyce zawodowej i przemysłowej, opracowanie Energotest sp. z o.o.

Przedstawiony wykres, poparty wynikami płynącymi z eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych, posłużył Autorowi do postawienia tezy, że w obwodach średniego napięcia wystarczające jest ograniczanie czasów zwarciovych do poziomu 40-50 ms. W odniesieniu do Rys. 4, takim czasom łukowym odpowiadałyby energie łuku ok. 150 kJ, 330 kJ i 580 kJ odpowiednio dla prądów 10 kA, 20 kA i 30 kA. Z pracy (Kaźmierczak 2021) wynikałoby, że skutki łukowe dla w/w czasów powinny być nieznaczne, co stoi w zdecydowanej sprzeczności z wynikami badań przedstawionymi w pracy (Partyka 2006). W Tab.1 przedstawiono orientacyjne skutki zwań łukowych występujących w osłoniętych rozdzielnicach średniego i niskiego napięcia, w zależności od wydzielonej energii łuku, a także przewidywane postępowania, (za którym kryją się koszty napraw i inne straty materialne), związane z usuwaniem powstałych szkód. Zakładając, że akceptowalne straty odnoszą się wyłącznie do „czyszczenia” uszkodzonego obiektu, dopuszczalny poziom energii łuku awaryjnego powinien być ograniczony do 100 kJ, któremu według Rys. 4 odpowiadają czasy od 10ms do maksymalnie 40 ms odpowiednio dla prądu zwarciovego 30 kA i 10 kA.

**Tab. 1** Skutki zwarć łukowych w rozdzielnicach średniego i niskiego napięcia oraz sposoby ich usuwania w zależności od energii łuku powietrznego.

Energia łuku [kJ]	Skutki w rozdzielnicy	Sposoby usuwania szkód
100	Okopcenie bez uszkodzeń wyposażenia oraz izolacji	Czyszczenie
170	Ślady wypalenia szyn i izolatorów, uszkodzenia termiczne przegród, napylenie, pogorszenie stanu izolacji	Intensywne czyszczenie, wymiana niektórych aparatów i urządzeń
260	Silne zniszczenie wewnątrz przedziałów, wypalenie szyn i izolatorów, tworzenie się metalicznych powłok na elementach konstrukcji, izolatorach i urządzeniach	Wymiana elementów konstrukcji, aparatów i urządzeń
340	Przenikanie łuku do większości przedziałów, skutki widoczne na zewnątrz rozdzielnicy, uszkodzenia konstrukcji wsporczych, znaczne pogorszenie się stanu izolacji, niebezpieczeństwo zapalenia	Wymiana ścian, osłon przegród i wyposażenia
700	Całkowite zniszczenie przedziałów rozdzielnicy	Wymiana rozdzielnicy

Źródło: Partyka R.: Badanie skutków zwarć łukowych w rozdzielnicach osłoniętych, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2006.

Pod wpływem energii łuku awaryjnego  $W_a$  następuje wzrost ciśnienia w obudowie rozdzielnicy elektroenergetycznej, a to z kolei może powodować jej odkształcenia lub nawet rozerwanie. Wzrost ciśnienia  $\Delta p$  w szczelnej obudowie można obliczyć z zależności (Koch, Maksymiuk 2007):

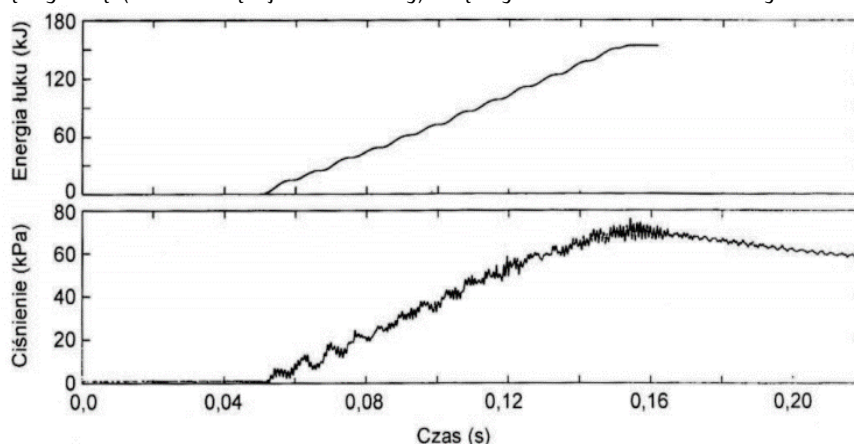
$$\Delta p(t) = k_t \frac{\kappa - 1}{V_g} \cdot W_a(t) \quad (4)$$

w której:

$k_t$  – współczynnik przekazywania ciepła z łuku elektrycznego,  $V_g$  – wartość chwilowa prądu łuku,  $\kappa$  – wartość adiabaty gazu wypełniającego rozdzielnicę.

Przykładowy przebieg wzrostu ciśnienia w zamkniętej rozdzielnicy, zarejestrowany podczas badań łuku awaryjnego, palącego się między elektrodami miedzianymi przedstawiono na Rys. 6. W korelacji czasowej zilustrowano również przyrost energii tego łuku, trwający ok. 110 ms.

Rys. 6. Korelacja przykładowych przebiegów wzrostu energii łuku i przyrostu ciśnienia dla łuku awaryjnego palącego się (w zamkniętej rozdzielnic) między elektrodami miedzianymi



Źródło: Koch B., Maksymiuk J.: Łukoodporność rozdzielnic ostroniętych i symulacja zwarć łukowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2007.

W rozpatrywanym przypadku wartość ciśnienie przekroczyła 70 kPa, a energia łuku 130 kJ. Należy przy tym zwrócić uwagę, że jako dopuszczalną granicę wzrostu ciśnienia dla obudów stosowanych w rozwiązaniach rozdzielnic przyjmuje się ciśnienie eksplozji równe 30 kPa [13]. W Tab. 2 zamieszczono obliczone wartości energii ( $W_a$  i  $W_{azw}$ ) oraz przyrostu ciśnienia ( $\Delta p_a$  i  $\Delta p_{azw}$ ) wewnątrz przykładowej rozdzielnic elektroenergetycznej o objętości  $0,1 \text{ m}^3$  dla łuku palącego się w powietrzu na miedzianych elektrodach. Wielkości te oceniono dla prądów zwarcia łukowego o wartościach od 1 kA do 30 kA i dla czasów trwania zwarcia  $t_a=20 \text{ ms}$  oraz  $t_{azw}=1 \text{ ms}$ .

Tab. 2. Obliczeniowe wartości energii łuku awaryjnego i ciśnienia w zamkniętych obudowach

$I_a$ [kA]	$W_a$ [kJ]	$W_{azw}$ [kJ]	$\Delta p_a$ [kPa]	$\Delta p_{azw}$ [kPa]
1	4	0,2	1,6	0,08
5	22,8	1,14	9,12	0,456
10	52,2	2,61	20,88	1,044
20	130,8	6,54	52,32	2,616
30	235,8	11,79	94,32	4,716

Źródło: Opracowanie własne.

Przedstawione wyniki, w porównaniu z danymi z Tab. 1 wskazują na potencjalne możliwości ograniczania znaczących uszkodzeń urządzeń elektroenergetycznych poprzez stosowanie zabezpieczeń łukochronnych, zdolnych do szybkiej eliminacji łuku awaryjnego. Podobne spostrzeżenia wynikają z pracy (Partyka

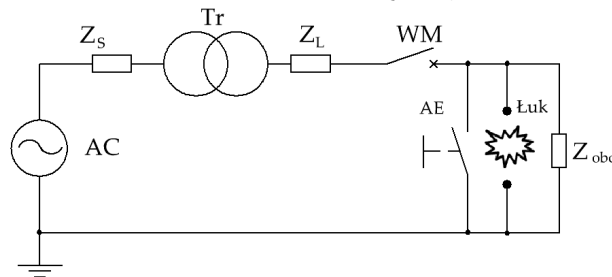
2006) oraz – choć w nieco łagodniejszej formie, z prac (Kaźmierczak 2021) i (Kulas, Supronowicz 2014).

### Obiekt i metodyka badań

Podjęte badania eksperymentalne nakierowano na sprawdzenie możliwości wykorzystania półmostka tyrystorowego (dwóch przeciwsobnie połączonych tyrystorów) w roli eliminatora łuku awaryjnego (AE – *arc eliminator*). Półprzewodnikowy układ bocznikujący umożliwia bardzo szybkie zbocznikowanie obwodu elektrycznego dotkniętego zwarcie lub zaktóceniem łukowym, mające na celu stworzenie alternatywnej – uprzywilejowanej drogi dla przepływu prądu awaryjnego. Docelowo jest to podstawowa forma gałęzi bocznikującej zwiernika hybrydowego, umożliwiająca bezłukową komutację prądu zaktóceniewego w gałęzi współpracującego łącznika zestykowego. Badania wykonano w obwodach rzeczywistej instalacji niskiego napięcia, przy prądach o spodziewanej wartości szczytowej przekraczającej 1600 A. Oceniono wpływ wartości reaktancji obwodu zwarciego na czas palenia się łuku elektrycznego i skuteczność jego eliminacji.

Tyrystorowy eliminator łuku (AE) jest urządzeniem ochronnym włączanym równoległe do obciążenia (może być umieszczony np. wewnątrz rozdzielnic elektrowni). Schemat zastępczy sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia z zainstalowanym eliminatorem łuku, w której wystąpiło uszkodzenie przedstawiono na Rys. 7.

Rys. 7. Schemat zastosowania eliminatora łuku AE dla ochrony urządzeń sieci niskiego napięcia.



Źródło: Opracowanie własne.

Obwód sieci niskiego napięcia charakteryzowany jest przez następujące parametry:

- $Z_s$  – impedancja systemu elektroenergetycznego,
- $Tr$  – transformator i jego parametry  $R_{Tr}$ ,  $X_{Tr}$  – rezystancja, reaktancja,
- $Z_L$  – impedancja linii zasilającej,
- $Z_{obc}$  – impedancja obciążenia,

- AE – eliminator łuku awaryjnego (arc eliminator).

Przyjmując, że napięcie zasilające w chwili wystąpienia zwarcia ma wartość chwilową opisaną wzorem:

$$u = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t + \psi) \quad (5)$$

w chwili pojawienia się łuku elektrycznego, wartość chwilowa prądu zwarciego przepływającego po stronie wtórnej transformatora jest sumą składowej okresowej AC i nieokresowej DC prądu zwarciego o postaci:

$$i = i_{AC} + i_{DC} = \sqrt{2} \cdot I_K'' \quad (6)$$

gdzie:

$\omega$  – pulsacja napięcia,  $\phi_z$  – argument impedancji obwodu zwarcia,  
 $\psi$  – kąt fazowy napięcia w chwili zwarcia,  $I_K''$  – początkowy prąd zwarcia,  
 L, R – elementy impedancji obwodu zwarcia.

Podczas przepływu prądu zakłóceniewego, w przypadku zapalenia się łuku elektrycznego, zadziałanie detektora łuku elektrycznego, powoduje wygenerowanie sygnału sterującego układem eliminatora łuku (AE). Praktycznie bezzwłoczne zadziałanie AE powoduje przetączenie przepływu prądu zakłóceniewego do gałęzi bocznikującej (gałęzi AE). Przepływ ten trwa do czasu zadziałania wyłącznika głównego (WM – wyłącznik mocy) lub zgaśnięcia łuku elektrycznego. Ponieważ spadek napięcia na tyrystorowym eliminatorze łuku (AE) jest znikomy w porównaniu z napięciem łuku elektrycznego, dlatego łuk gaśnie w bardzo krótkim czasie, często nie powodując wyłączenia głównych zabezpieczeń obwodu zasilającego.

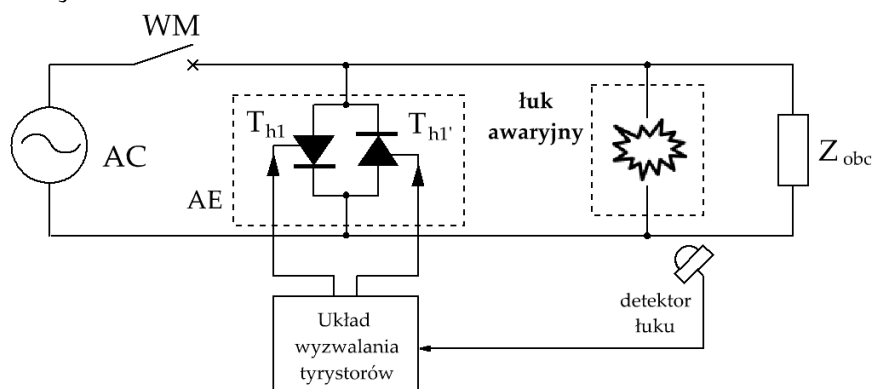
W przypadku braku eliminatora łuku (AE), na całkowity czas wyłączenia zwarcia mają wpływ czas detekcji zakłócenia oraz czas zadziałania wyłącznika mocy (WM). Zainstalowanie eliminatora nie skraca czasu trwania zwarcia, a jedynie zmniejsza czas przepływu prądu awaryjnego w obwodzie dotkniętym uszkodzeniem. Eliminator łuku (AE) pobudzany jest tylko w momencie wystąpienia łuku elektrycznego. Rozwiązanie może chronić aparaty rozdzielcze zainstalowane np. w rozdzielnicy elektrycznej. Bocznikująca gałąź eliminatora łuku może wymusić przepływ dużego prądu przetężeniowego, dlatego w niektórych przypadkach należy przewidzieć dodatkową ochronę transformatora w stacji rozdzielczej.

### Projekt obwodu tyrystorowego eliminatora łuku

W celu zbadania skuteczności działania półmostka tyrystorowego – dwóch przeciwsobnie połączonych tyrystorów pracujących w roli eliminatora łuku (AE) –

w sieciach niskiego napięcia i zasilanych z dostępnego systemu elektroenergetycznego zbudowano obwód przedstawiony na Rys. 8.

Rys. 8. Obwód testowy do badań eliminatora łuku.

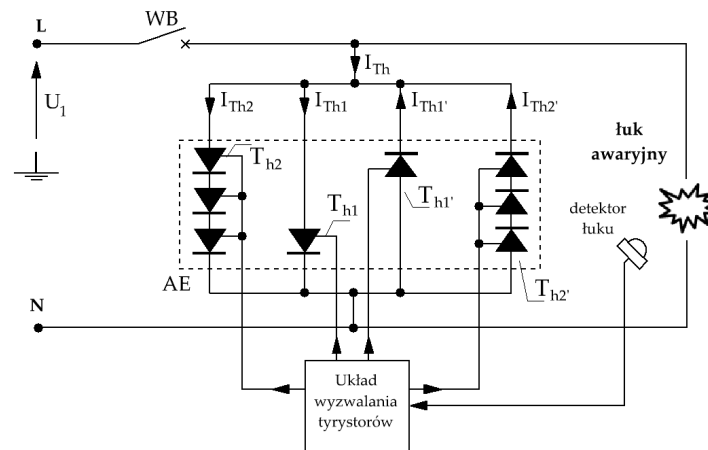


Źródło: Opracowanie własne.

Układ wyzwalania działający w oparciu o sygnały z detektora łuku, ma za zadanie załączyć eliminator łuku (AE), który stanowią przeciwsośnie potączone tyrystory Th1 i Th1'. Takie potączenie pozwala na jego zastosowanie w sieciach prądu przemiennego o mogącym się pojawiać losowo stanie awaryjnym. Dla dodatniej półfali prądu przewodzi tyrystor Th1, dla polaryzacji przeciwnej przewodzenie przejmuje tyrystor Th1'. W układzie dwóch przeciwsośnie potączonych półprzewodników, tyrystorowa gałąź bocznikująca może w najmniej sprzyjającym przypadku przewodzić przez czas półfali przepływającego prądu (10 ms). Czas ten nie wynika z trudności gaszenia łuku za pomocą AE, lecz z wyłączenia tyrystora, który przestaje przewodzić w momencie przejścia prądu przez zero. Aby nie uszkodzić tyrystorów podczas przepływu prądu zakłóceniewego, należy odpowiednio dobrać ich parametry graniczne, a w szczególności maksymalny dopuszczalny niepowtarzalny szczytowy prąd przewodzenia  $I_{Tsm}$  (ang. *absolute maximum surge current*), którego wartość katalogowa podawana jest z reguły dla czasu przepływu 10 ms. W przypadku parametrów określanych, jako „niepowtarzalne” warunkiem jest, że dana wartość nie może powtórzyć się, zanim nie ustaną skutki cieplne poprzedniego jej wystąpienia. W konsekwencji, w sytuacji kolejnych zapłonów łuku w następujących po sobie półfalach przepływu prądu w zasadzie nie można załączyć ponownie wykorzystanego wcześniej tyrystora do eliminacji zakłócenia. Skutki cieplne kolejnych półfal przepływającego prądu mogą doprowadzić do uszkodzenia półprzewodnika. Miarą wrażliwości zaworu półprzewodnikowego na ciepło wydzielające się w nim przy zwarciu może być jego graniczna całka Joule’a. Wielkość  $I^2t$  jest nazywana parametrem przeciążeniowym elementu półprzewodnikowego (Thyristor Theory and Design Considerations).

Rozwiązaniem problemu zwiększenia obciążalności prądowej eliminatora łuku przy zachowaniu jego skuteczności działania jest zastosowanie wielosekcyjnej gałęzi bocznikującej zbudowanej z elementów półprzewodnikowych. Rys. 9 przedstawia schemat ideowy dwusekcyjnego tyrystorowego eliminatora łuku elektrycznego w wykonaniu tyrystorowym. Zastosowanie wielosekcyjnej gałęzi bocznikującej miejsce dotknięte zaktóceniem, pozwala na sekwencyjne przejmowanie prądu zaktóceniewego przez poszczególne torry bocznikujące, co umożliwia skrócenie czasu przepływu prądu w kolejnych sekcjach urządzenia, aż do chwili zgaszenia łuku elektrycznego lub otwarcia styków wyłącznika głównego. W konsekwencji uzyskuje się zwiększenie obciążalności prądowej w poszczególnych gałęziach półprzewodnikowych eliminatora łuku i wzrost jego całkowitej wytrzymałości obciążeniowej.

Rys. 9. Schemat ideowy obwodu testowego w układzie z dwusekcyjnym MSAE.



Źródło: Opracowanie własne.

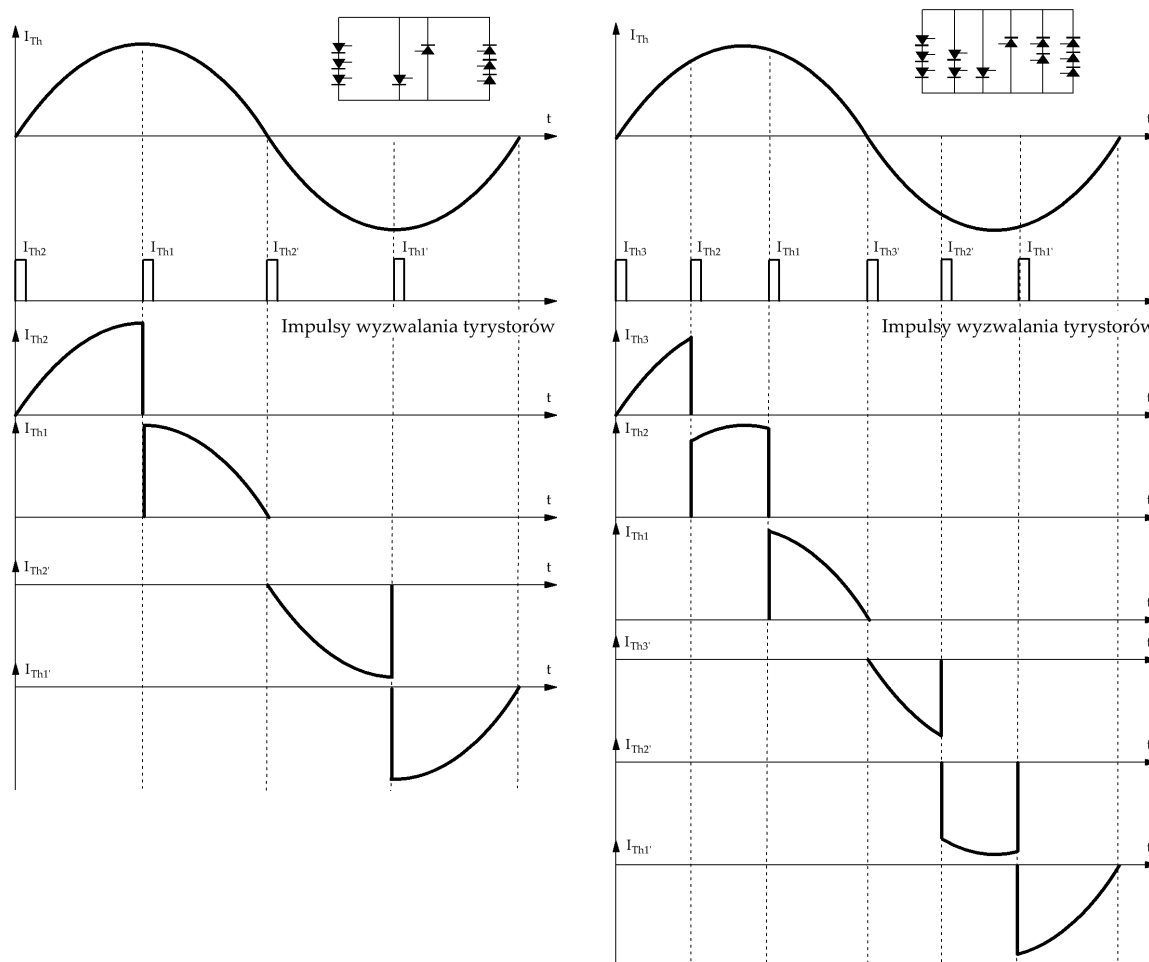
### Procedura wyzwalania tyrystorów MSAE

Przykładowe rozwiązanie toru prądowego dwusekcyjnego eliminatora łuku, z których każda zawiera 2 gałęzie półprzewodnikowe, bocznikujące miejsce dotknięte zaktóceniem łukowym zostało przedstawione na Rys. 9. Załączanie poszczególnych elementów kaskady półprzewodnikowej dwusekcyjnego eliminatora łuku przebiega w kolejności  $T_{h2} \rightarrow T_{h1}$ , a następnie  $T_{h2'} \rightarrow T_{h1'}$ , gdy wykryta początkowa polaryzacja prądu awaryjnego jest dodatnia lub w kolejności odwrotnej, gdy wykryty prąd ma polaryzację ujemną. Kolejne załączenia gałęzi tyrystorowych w każdej z sekcji przebiega zgodnie z zmniejszającym się spadkiem napięcia na poszczególnych sekcjach bocznikujących. Sekwencyjne zamykanie torów półprzewodnikowych pozwala na przejmowanie prądu awaryjnego przez poszczególne gałęzie zwiernika półprzewodnikowego w sposób przykładowo uwidoczniiony na Rys. 10. Dla rozwiązania trójsekcijnego sterowanie wygląda bardzo podobnie,  $T_{h3} \rightarrow T_{h2} \rightarrow T_{h1}$ , a następnie  $T_{h3'} \rightarrow T_{h2'} \rightarrow T_{h1'}$ , gdy wykryta



początkowa polaryzacja prądu awaryjnego jest dodatnia lub w kolejności odwrotnej, gdy wykryty prąd ma polaryzację ujemną.

**Rys. 10.** Przykład sekwencyjnego przejmowania prądu przez tory bocznikujące dla rozwiązania dwusekcyjnego i trzysekcyjnego.



Źródło: Opracowanie własne.

Przedstawione na Rys. 10 sekwencyjne przejmowania prądu przez kolejne gałęzie eliminatora łuku związane jest z odpowiednim wyzwalaniem kolejnych tyrystorów. W skład zespołu sterowania tyrystorów wchodzi układy umożliwiające:

- wytwarzanie impulsów bramkujących,
- odpowiednią modulację czasową, synchronizację i rozdział tych impulsów,
- przekształcanie i adaptację wejściowego sygnału sterującego (niezależnie od źródeł jego pochodzenia),
- działanie systemu blokad i zabezpieczeń oddziałujących na impulsy wyzwalające,

- eliminację lub ograniczenie wpływów zewnętrznych takich jak: temperatura, zmiany napięcia zasilającego, zakłócenia itp.

Do wymagań stawianych układom wyzwalania tyrystorów można zaliczyć (Pawelski 1974):

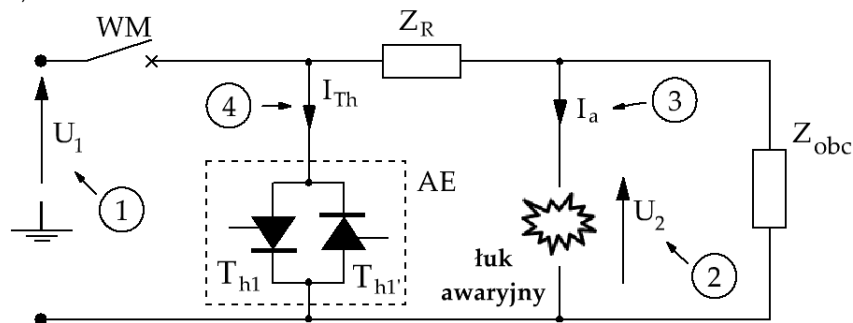
- zapewnienie odpowiedniej wartości prądu wyzwalającego i napięcia bramkowego.
- wygenerowania impulsu wyzwalającego o odpowiedniej stromości narastania oraz czasu trwania,
- minimalizację opóźnienia wyzwalania w stosunku do chwili występowania sygnału wywołującego impuls wyzwalający,
- zapewnienie maksymalnej niezawodności działania,
- oddzielenie galwaniczne obwodów wyjściowych, zasilających bramki poszczególnych tyrystorów.

Powyższe wymagania spełnia „Mikroprocesorowy sterownik tyrystorowy” opisany szczegółowo w publikacji (Nowak 2018). Urządzenie w odniesieniu do przywołanego pierwowzoru zostało rozbudowane o możliwość niezależnego sterowania sześcioma sekcjami tyrystorów ( $T_{h1}$ ,  $T_{h2}$ ,  $T_{h3}$ ,  $T_{h1'}$ ,  $T_{h2'}$ ,  $T_{h3'}$ ) oraz wejście wyzwalania zewnętrznego, które w oparciu o sygnał pochodzący z detektora łuku uruchamia proces sterowania sekcjami tyrystorów. Mikroprocesorowy sterownik tyrystorowy może współpracować z komercyjnymi detektorami zakłóceń łukowych ZŁ-4 firmy Energotest (Energotest, Zabezpieczenie łukoochronne ZŁ-4). W przedstawionych poniżej badaniach eksperymentalnych sterownik pobudzany był z prostego detektorem błysku łuku opartego jedynie o detekcję świetlną zainicjowanego wyładowania elektrycznego.

### **Wyniki badań eliminatora łuku i ich analiza**

Schemat obwodu pokazany na Rys. 11 przedstawia obwód testowy eliminatora łuku, z zaznaczonymi punktami rejestracji sygnałów pomiarowych. Napięcie zasilania rejestrowane jest względem przewodu ochronnego PE. Napięcie łuku rejestrowano za pomocą napięciowej sondy różnicowej. Wartość prądu w gałęziach eliminatora łuku (AE) i obciążenia, a także prąd pobierany ze źródła zostały zarejestrowane z wykorzystaniem sond prądowych.

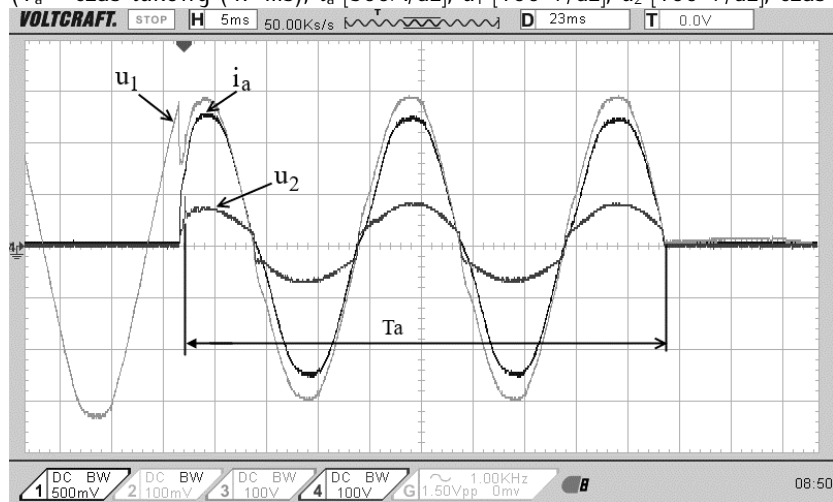
**Rys. 11.** Umieszczenie punktów rejestracji sygnałów pomiarowych (1 – napięcie zasilania –  $U_1$ , 2 – napięcie na elektrodach źródła łuku –  $U_2$ , 3 – prąd w gałęzi źródła łuku –  $I_a$ , 4 – prąd w gałęzi tyrystorowej –  $I_{Th}$ ).



Źródło: Opracowanie własne.

Na Rys. 12 przedstawiono przykładowe przebiegi: prądu w gałęzi dotkniętej zakłóceniem łukowym  $i_a$ , napięcia zasilania  $u_1$  oraz napięcia mierzonego na zaciskach obwodu z łukiem elektrycznym  $u_2$ , zarejestrowane w układzie bez uaktywnionego eliminatora łuku. Przeptyw prądu utrzymuje się do czasu zadziałania głównego zabezpieczenia zwarciovego, co trwa ok. 47 ms. Przebieg prądu zwarciovego zawiera składową okresową AC i niewielką składową nieokresową DC stąd zmniejszająca się amplituda prądu  $i_a$ . Szczytowa wartość prądu wynosi 1250 A. W celu ułatwienia odczytów, chwilę  $t = 0$  s, na przebiegach oscylogramów powiązano z momentem zapłonu łuku. Podczas przepływu prądu przekraczającego dopuszczalną wartość dla elementu topikowego, wykorzystanego do inicjowania łuku awaryjnego, po czasie około 0,6 ms następuje zapłon łuku, który pali się–przez czas około 47 ms. Napięcie łuku w chwili pierwszego zapłonu łuku osiąga wartość 75 V. W chwilach przejść prądu przez zero, napięcie na łuku spada do zera, (co jest charakterystyczne dla rezystancyjnego charakteru obwodu zasilającego), łuk gaśnie, lecz sprzyjające warunki cieplne i niewielka odległość elektrod powodują ponowne jego zapłony. Napięcie zapłonowe wtórnych wyładowań łukowych jest mniejsze i mieści się w granicach wartości 23–25 V.

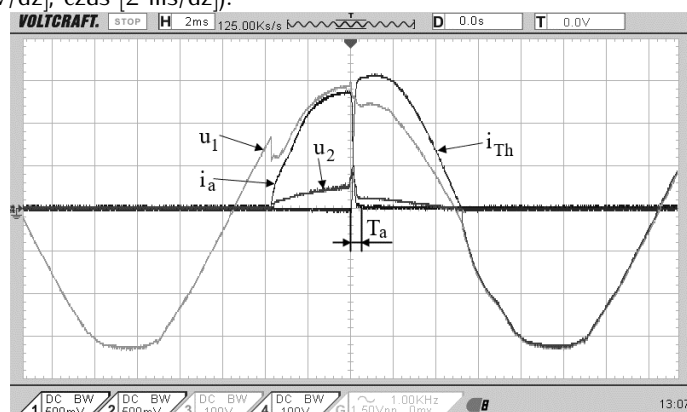
Rys. 12. Przebiegi prądu i napięć w obwodzie testowym z łukiem elektrycznym bez aktywnego eliminatora łuku ( $T_a$  – czas łukowy (47 ms);  $i_a$  [500A/dz],  $u_1$  [100 V/dz],  $u_2$  [100 V/dz], czas [5 ms/dz]).



Źródło: Opracowanie własne.

Rys. 13 przedstawia eliminację łuku elektrycznego przy wykorzystaniu układu tyrystorowego zatęczonego odpowiednio dla dodatniej i ujemnej półfali przepływającego prądu. W chwili zapłonu łuku, prąd i napięcie w gałęzi źródła łuku osiągają wartości maksymalne. Wartość szczytowa prądu wynosi niespełna 1600 A, a napięcie na łuku w chwili zapłonu wynosi 80 V. W momencie wykrycia przez detektor eksplozji elementu topikowego następuje wyzwolenie jednego z tyrystorów eliminatora łuku. Napięcie  $u_2$  obniża się do wartości około 25 V czyli do napięcia przewodzącej gałęzi półprzewodnikowej eliminatora łuku. Komutacja prądu przez gałąź tyrystorową  $i_{Th}$  powoduje obniżenie napięcia  $u_2$  poniżej minimalnej wartości palącego się łuku, a w efekcie zgaszenie łuku i zmniejszenie prądu  $i_a$  do zera. W chwili przejścia prądu przez zero, tyrystor przestaje przewodzić, w wyniku czego prąd w gałęzi eliminatora przestaje płynąć.

**Rys. 13.** Przebiegi prądów i napięć w obwodzie z wyzwolonym błyskiem łuku eliminatorem AE (łuk zainicjowany przy dodatniej półfali prądu,  $T_a$  – czas łukowy (0,72 ms);  $i_a$  [500 A/dz],  $i_{Th}$  [500 A/dz],  $u_1$  [100 V/dz],  $u_2$  [100 V/dz], czas [2 ms/dz]).



Źródło: Opracowanie własne.

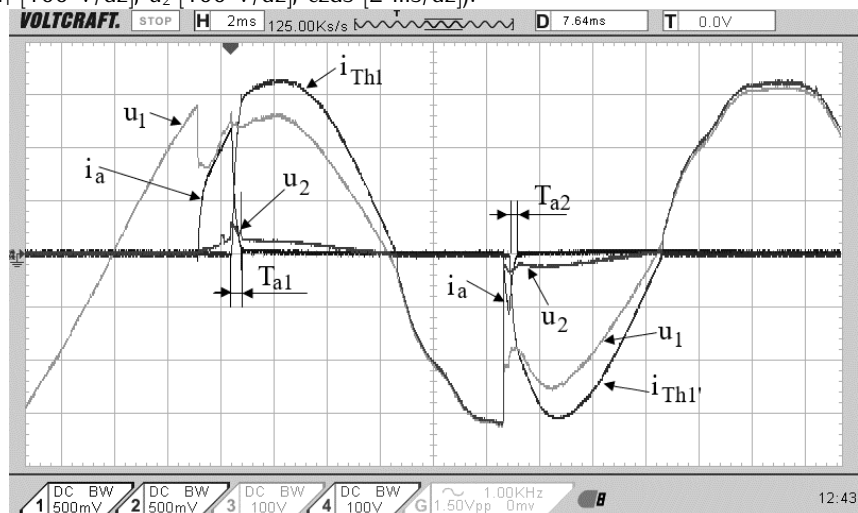
Napięcie na elektrodach „źródła” łuku ( $u_2$ ), należy interpretować następująco:

- w chwili wystąpienia zwarcia łukowego jest to napięcie na łuku,
- w chwili zadziałania eliminatora łuku jest to napięcie na przewodzących tyrystorach,
- w chwili, gdy łuk został zgaszony i nie przewodzą tyrystory, jest to napięcie sieci zasilające.

Na Rys. 14 przedstawiono przebiegi kolejnych zapłonów łuku w dodatniej i ujemnej półfali napięcia zasilania.

**Rys. 14.** Przebiegi prądów i napięć w obwodzie z wyzwolonym błyskiem łuku eliminatorem AE (łuk z zapłonami przy dodatniej i ujemnej półfali prądu, czasy łukowe:  $T_{a1}=0,42$  ms,  $T_{a2}=0,32$  ms,  $i_a$  [500 A/dz],

$i_{Th}$  [500 A/dz],  $u_1$  [100 V/dz],  $u_2$  [100 V/dz], czas [2 ms/dz]).



Źródło: Opracowanie własne.

Pierwszy zapłon łuku, inicjowany rozpadem elementu topikowego, następuje podczas dodatniej półfali napięcia zasilania. Upływający czas, od momentu detekcji łuku do całkowitego przejścia przewodzenia prądu przez tyrystor  $T_{h1}$  wynosi 0,42 ms. W momencie przejścia prądu przez zero, przewodzący tyrystor eliminatora łuku zostaje wyłączony. Sprzyjające warunki powstaniu łuku elektrycznego powodują, że w ujemnej półfali napięcia zasilania, następuje przebicie przerwy międzyelektrodowej i pojawia się kolejny zapłon łuku elektrycznego. Prąd w gałęzi dotkniętej kolejnym zakłóceniem łukowym zanika po upływie 0,32 ms od momentu detekcji i po wyzwoleniu tyrystora  $T_{h1}$  w gałęzi eliminatora łuku.

Dla eliminatorów wielosekcyjnych istotą zastosowania większej liczby szeregowo połączonych tyrystorów w gałęziach bocznikujących wyższego rzędu jest utrzymanie (w stanie ich przewodzenia) spadku napięcia wystarczającego do wysterowania elementów sekcji rzędu niższego. Cała procedura zapewnienia przejście prądu zakłóceniewego w obwodach półprzewodnikowych przez czas, który jest niezbędny do zgaszenia powstałego łuku elektrycznego lub otwarcia styków wyłącznika głównego. W ten sposób uzyskuje się praktycznie bezzwłoczne zadziałanie AE oraz sukcesywne odciążenie jego półprzewodnikowych elementów wykonawczych.

Przedstawione rozwiązanie na Rys. 9 jest układem eliminatora w wykonaniu dwusekcyjnym, z wzrastającą ilością elementów półprzewodnikowych w każdej sekcji wyższego rzędu. Opracowanie wielosekcyjnego eliminatora łuku jest autorskim projektem i w chwili obecnej ma status zgłoszenia patentowego (Nowak, Janiszewski 2018).

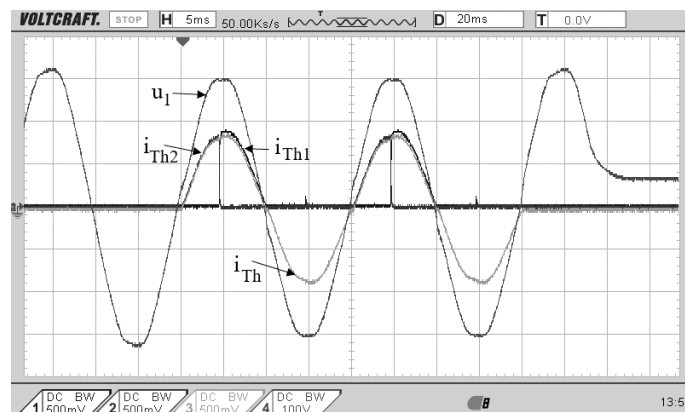
Układ przedstawiony na Rys. 9 pozwala na:

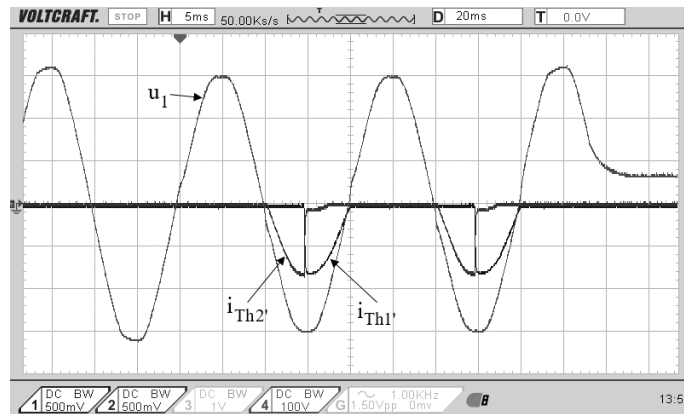
- zwiększenie obciążalności prądowej eliminatora łuku,
- praktycznie bezzwłoczną eliminację łuku awaryjnego w uszkodzonym obwodzie,
- wydłużenie czasu dysponowanego na otwarcie styków wyłącznika głównego w przypadku ponownych zapłonów łuku w kolejnych półfalach przepływającego prądu zakłóceniewego,
- skrócenie czasu oddziaływania skutków cieplnych w zabezpieczanym obwodzie,
- zmniejszenie skutków oddziaływań elektrodynamicznych,
- możliwość optymalizacji obciążalności cieplnej poszczególnych gałęzi półprzewodnikowych,
- możliwość współpracy z dostępnymi na rynku zabezpieczeniami łukochronnymi,

Badanie wstępne z wykorzystaniem dwusekcyjnego eliminatora łuku (Rys. 9) przeprowadzono przy wyzwaniu sekcji tyrystorowych  $T_{h2}$  w chwili przejścia półfali napięcia przez zero. Wykonano je w obwodzie z bardzo cienkim elementem topikowym, którego zapłon następował tuż po w chwili  $u_1(t) \approx 0$  V. Taki sposób sterowania pozwala zarejestrować możliwość podziału praktycznie pełnej półfali przepływającego prądu na fragmenty przewodzone przez poszczególne sekcje tyrystorowe.

Na Rys. 15. zostały przedstawione przebiegi prądów i napięć w obwodzie dwusekcyjnego eliminatora łuku (Rys. 9), zarejestrowane podczas zakłócenia łukowego trwającego przez dwa okresy napięcia zasilania. W chwili, gdy  $u_1(t) \approx 0$  V (około 0,137 ms) następuje wyzwolenie tyrystora  $T_{h2}$  w pierwszej sekcji tyrystorowej. Wysterowane tyrystory umożliwiają przepływ prądu  $I_{Th2}$ . Większa liczba szeregowych półprzewodników w gałęzi bocznikującej wyższego rzędu ( $T_{h2}$ ), powoduje w stanie przewodzenia utrzymywanie się spadku napięcia wystarczającego do wysterowania elementów sekcji rzędu niższego ( $T_{h1}$ ). Po zwrocie wynikającej z zaprogramowanego podziału czasu trwania półfali napięcia na dwie części (niekoniecznie równe) następuje podanie impulsu wyzwalamającego sekcję niższego rzędu  $T_{h1}$ . Wyzwolenie gałęzi  $T_{h1}$  powoduje przepływ prądu  $I_{Th1}$ . Mniejsza ilość pracujących półprzewodników w gałęzi bocznikującej niższego rzędu  $T_{h1}$ , powoduje zmniejszenie się spadku napięcia, uniemożliwiając podtrzymanie przewodzenia elementów sekcji rzędu wyższego  $T_{h2}$ . Grupa tyrystorów z sekcji  $T_{h2}$  przestaje przewodzić prąd  $I_{Th2}$ , czego efektem jest całkowite przejście przewodzenia prądu przez sekcję  $T_{h1}$ . Prąd  $I_{Th}$  zarejestrowany sondą prądową i przedstawiony na Rys. 15 jest sumą prądów płynących w kolejnych sekcjach eliminatora łuku. Ciągłość przepływu prądu  $I_{Th}$  świadczy o stanie aktywności eliminatora łuku. Analogicznie dla ujemnej półfali przepływającego prądu, w pierwszej kolejności przewodzą tyrystory sekcji wyższego rzędu  $T_{h2'}$ , po czym przewodzenie przejmuje sekcja niższego rzędu  $T_{h1'}$ .

Rys. 15. Przebiegi prądów i napięć w układzie dwusekcyjnego eliminatora łuku zarejestrowane dla dodatniej i ujemnej półfali napięcia zasilania.





Źródło: Opracowanie własne.

## Wnioski

Przedmiotem przeprowadzonych badań było sprawdzenie możliwości wykorzystania półmostka tyrystorowego (dwóch przeciwsobnie połączonych tyrystorów lub sekcjonowanych modułów tyrystorowych) w roli eliminatora łuku awaryjnego. Półprzewodnikowy układ bocznikujący umożliwia bardzo szybkie zbocznikowanie obwodu elektrycznego dotkniętego zakłóceniem łukowym, mające na celu stworzenie alternatywnej – uprzywilejowanej drogi dla przepływu prądu. W ten sposób następuje natychmiastowa eliminacja powstałego awaryjnego łuku elektrycznego. Jeżeli zakłócenie łukowe wystąpiło przed osiągnięciem wartości maksymalnej przepływającego prądu, czas eliminacji zwarcia łukowego ma wpływ na amplitudę prądu w gałęzi dotkniętej awarią. Skrócenie czasu trwania zwarcia łukowego powoduje wówczas zmniejszenie amplitudy prądu zakłócenieniowego i wartości wydzielanej energii łuku.

Badania eksperymentalne wykazały, że w obwodach z przeważającą rezystancją w stosunku do reaktancji, dwa przeciwsobnie połączone tyrystory mogą pracować w roli eliminatora łuku, który zgasi łuk w czasie mniejszym od 1 ms. Eliminator łuku AE zbudowany z dwóch przeciwsobnie połączonych tyrystorów (lub modułów tyrystorowych) zasilanych prądem przemiennym umożliwia eliminację zakłócenia łukowego nawet w sytuacji, gdy wydłużający się czas palenia i energia wydzielana w łuku powodują jego ponowny zapłon.

Niewątpliwą zaletą tego rozwiązania jest znaczne zwiększenie wartości dopuszczalnych prądów eliminatora łuku. Sekwencyjny podział prądu zakłócającego na poszczególne gałęzie półprzewodnikowe umożliwia przewodzenie prądów zakłócenieniowych znacznie większych od dopuszczalnych prądów przewodzenia pojedynczego tyrystora, podawanych zwyczajowo w katalogach dla czasu przewodzenia 10 ms.

Po przeprowadzenie szeregu badań i eksperymentów przedstawionych w niniejszej pracy, wykazano, że:



- istnieje możliwość skutecznego gaszenia łuku awaryjnego w dowolnej półfali przepływu prądu,
- występuje znaczna zależność skutecznego (całkowitego) gaszenia łuku od doboru parametrów użytkowych tyrystorów, przy czym korzystne jest, aby tyrystory w gałęziach niższego rzędu miały napięcie przewodzenia możliwie niskie.
- nawet w przypadku braku całkowitego przejścia prądu łuku (gdy napięcie gałęzi tyrystorowej jest porównywalne z napięciem łuku) następuje co najmniej ograniczenie wartości jego prądu i wydzielanej w nim energii,
- układ wielosekcyjnego eliminatora łuku daje możliwość zwiększenia całkowitej obciążalności prądowej urządzenia,
- poprzez właściwe sterowanie impulsami wyzwalającymi tyrystory i czasem ich przewodzenia istnieje możliwość optymalizacji obciążenia poszczególnych tyrystorów,
- konstrukcja zaprogramowanego wielosekcyjnego eliminatora łuku umożliwia także jego wykorzystanie w układach załączania obwodów zwarciovych,
- skuteczność działania eliminatora dla dowolnej polaryzacji napięcia zasilania potwierdza, że istnieją przesłanki do wykorzystania układu w obwodach zabezpieczających zarówno sieci prądu przemiennego jak i stałego.

## Literatura

- Berczyński R. 2016. Stanowisko pomiarowe do określania parametrów ruchu styków elektrycznego łącznika zwarcowego. Przegląd Elektrotechniczny, nr 1, R. 92.
- Berczyński R., Kulas S., H. Supronowicz H. 2018. Metody ograniczania prądów zwarcowych w sieciach SN – stan obecny i tendencje rozwojowe. ElektrolInfo, nr 7-8.
- Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, dane dotyczące wypadków przy pracy, publikacja internetowa: [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl) (dostęp 11 października 2021).
- Chucha J. 1988. High speed thyristor circuit breaker for 3-phase networks. III Sympozjum Międzynarodowe pt. „Prądy zwarcowe w układach elektroenergetycznych”, Łódź.
- Kacejko P., Machowski J. 2017. Zwania w systemach elektroenergetycznych. PWN, Warszawa.
- Kochel Z., Rodoń F., Talaga M. 2004. Skuteczne metody eliminacji zwarć i ograniczania ich skutków. Wiadomości Elektrotechniczne, nr 3.
- Kaźmierczak M. opracowanie Energotest sp. z o.o. [https://www.spie-energotest.pl/media/Zwania\\_lukowe\\_doswiadczenia\\_eksploatacyjne.pdf](https://www.spie-energotest.pl/media/Zwania_lukowe_doswiadczenia_eksploatacyjne.pdf) (dostęp 11 października 2021).
- Koch B., Maksymiuk J. 2007. Łukoodporność rozdzielnic ostoniętych i symulacja zwarć łukowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Kulas S., Supronowicz H. 2014. Analiza łuku elektrycznego awaryjnego i sposoby ograniczania jego skutków. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, Nr 6(520) listopad-grudzień 2014, s 43-49.
- Nowak K. 2018. Mikroprocesorowy sterownik tyrystorowy. Poznan University of
- Nowak K., Janiszewski J. 2018. Zwiernik Hybrydowy. Zgłoszenie patentowe P.427947.
- Nowak K., Janiszewski J. 2018. Zwiernik Hybrydowy. Zgłoszenie patentowe P.427948.
- Partyka R. 2006. Badanie skutków zwarć łukowych w rozdzielnicach ostoniętych, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- Pawelski W. 1974. Sterowanie tyrystorów. Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa.
- PN-EN 62271-200. Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza -- Część 200: Rozdzielnicze prądu przemiennego w ostonach metalowych na napięcie znamionowe powyżej 1 kV do 52 kV włącznie.
- PN-EN IEC 61439-1:2021-10. Rozdzielnicze i sterownice niskonapięciowe -- Zestawy badane w pełnym i niepełnym zakresie badań typu.

- Surówka I. 2017. Zwarcia łukowe w rozdzielnicach elektroenergetycznych SN i nn, opracowanie Europejski Instytut Miedzi.  
<https://leonardo-energy.pl/artykuly/zwarcia-lukowe-w-rozdzielnicach-elektroenergetycznych-sn-i-nn/> (dostęp 11 października 2021).
- Technology Academic Journals. Electrical Engineering, nr 95 Energotest, Zabezpieczanie łukoochronne Zł-4 [https://www.energotest.com.pl/media/IU\\_ZL-4\\_wer.2015.01.23.PL.pdf](https://www.energotest.com.pl/media/IU_ZL-4_wer.2015.01.23.PL.pdf) (dostęp 11 października 2021).
- Thyristor Theory and Design Considerations  
[http://www.icbase.com/File/News/download/ON\\_Reference\\_1.PDF](http://www.icbase.com/File/News/download/ON_Reference_1.PDF) (dostęp 11 października 2021).