

Mirosław SIKORA

Uniwersytet Rzeszowski

Wydział Nauk Społecznych

msikora@ur.edu.pl

<https://orcid.org/0000-0002-8623-9228>

<https://doi.org/10.34739/dsd.2025.01.12>



PRODUKCJA I OBRÓT MIKROELEKTRONIKĄ PODWÓJNEGO ZASTOSOWANIA Z PERSPEKTYWY BEZPIECZEŃSTWA POLSKI. REKONESANS BADAWCZY

ABSTRAKT: W artykule opisano współczesną pozycję Polski na globalnym rynku elektroniki i oprogramowania, w kontekście obrotu produktami typu dual-use. Sformułowano hipotezę, iż usytuowanie geopolityczne Polski czyni tutejsze firmy z branży elektroniki i ICT podatnymi na działania korupcyjne, włamania do systemów IT oraz penetrację przez wywiady FR, ChRL i innych państw, zainteresowanych zakupem objętych embargiem technologii lub pozyskiwaniem objętych tajemnicą państwową lub handlową informacji naukowo-technicznych. Zdefiniowano zbiór podmiotów (sekcja 1), które mogą wchodzić w zainteresowanie zagranicznych organizacji państwowych i prywatnych, w tym posiadających swoje siedziby także poza FR i ChRL (celem zamaskowania ostatecznego użytkownika). Następnie zawężono krąg przedsiębiorstw, narażonych na oferty korupcyjne do ok. 400-500, wskazując, że nie wszystkie segmenty produkcji układów półprzewodnikowych obecne są na polskim rynku. Główne pytania badawcze dotyczą tego, jakie geopolityczne czynniki stwarzają zagrożenie dla polskich firm elektronicznych w ich zachowaniach rynkowych? (2); czego wymaga prawo krajowe i europejskie od tych firm w zakresie przestrzegania sankcji? (3); jakie zagrożenia firmy te powinny uwzględniać w planowaniu polityki bezpieczeństwa? (4); jakie są możliwe scenariusze reakcji firm na nielegalne oferty? (5). Wykorzystano takie metody empiryczne, jak studium przypadku i ekstrapolacja danych (przykład firmy Wilk Elektronik) i analiza statystyczna (dane GUS, COIG, PKD, KRS), a także teoretyczne, jak porównanie (rynek niemiecki i dalekowschodni) i analiza historyczna (w zakresie praktyk omijania embarga). Sprawdzono możliwości teorii gier odnośnie dostarczenia modeli, przydatnych do analizy zachowań przedsiębiorców.

SŁOWA KLUCZOWE: Polska, embargo, elektronika, technologie informacyjno-komunikacyjne, podwójne zastosowanie

MANUFACTURING AND TRADE OF DUAL-USE MICROELECTRONICS: PERSPECTIVE OF STATE SECURITY IN POLAND. RESEARCH RECONNAISSANCE

ABSTRACT: The article describes Poland's current position on the global electronics and software market in the context of trade of dual-use products. It puts forward the hypothesis that Poland's geopolitical location makes local electronics and ICT companies vulnerable to corruption, IT system hacking, and penetration by intelligence services from the Russian Federation, China, and other countries interested in purchasing embargoed technologies or obtaining scientific and technical information covered by state or trade secrets. A set of entities (section 1) was defined that may be of interest to foreign state and private organizations, including those based outside the Russian Federation and the PRC (in order to conceal the end user). The circle of companies exposed to corruption offers was then narrowed down to approx. 400-500, indicating that not all segments of semiconductor chip production are present on the Polish market. The main research questions concern what geopolitical factors pose a threat to Polish electronics companies in their market behavior? (2); what do national and European law require of these companies in terms of compliance with sanctions? (3); what threats should these companies take into account when planning

their security policy? (4); What are the possible scenarios for companies' responses to illegal offers? (5). Empirical methods such as case studies and data extrapolation (example of Wilk Elektronik company) and statistical analysis (data from: GUS, COIG, PKD, KRS) were used, as well as theoretical methods such as comparison (German market, Far East Market) and historical analysis (in the area of embargo circumvention practices). The possibilities of game theory in providing models useful for analyzing business behavior were examined.

KEYWORDS: embargo, electronics, ICT, Dual-Use

WPROWADZENIE

Celem artykułu jest sformułowanie hipotez dotyczących współczesnej pozycji Polski na globalnym rynku półprzewodników, urządzeń elektronicznych i oprogramowania o podwójnym zastosowaniu¹. Pozycja ta rozpatrywana jest w ramach bieżącej sytuacji geopolitycznej, a także wynikających z niej zagrożeń i barier prawnych.

Pierwszym kryterium analizy są technologie. Drugim współczynnikiem jest sytuacja geopolityczna oraz wynikający z niej korpus prawa krajowego i międzynarodowego. Przy tej okazji w orbitę zainteresowania wchodzi organy i organizacje definiujące, regulujące i kontrolujące obrót towarami i usługami typu dual-use. Trzeci wymiar analizy to praktyki w zakresie omijania embarga strategicznego przez osoby fizyczne, prawne i aktorów państwowych. Tutaj zidentyfikowane zostaną także podatności przedsiębiorstw na oferty handlowe i inne nieformalne umowy, zmierzające do omijania embarga. Zaprezentowany zostanie również model decyzyjny, uwzględniający strategię firm.

Przestrzeganie embarga i ograniczeń w handlu, skuteczne egzekwowanie stosowania się przedsiębiorców do obowiązujących przepisów, precyzyjna kodyfikacja prawa to zadania administracji państwa, których wykonanie bez współpracy ze strony przedsiębiorców byłoby trudne. Są to zarazem zadania kluczowe z punktu widzenia wiarygodności Polski jako członka UE oraz NATO i innych organizacji oraz porozumień.

Głównym odbiorcą niniejszej analizy jest kierownictwo firm, a także pełnomocnicy ochrony informacji niejawnych oraz pracownicy firm z ww. branż. Efektem ma być zwłaszcza uwrażliwienie na problematykę embarga w zakresie ochrony informacji, stanowiących tajemnicę produkcji czy tajemnicę państwową. Skonkretyzowanie obrazu sytuacji w Polsce w jej międzynarodowym otoczeniu posłużyć może w przyszłości do sformułowania ewentualnych propozycji dotyczących zmodyfikowania polityki zagranicznej państwa w zakresie kontaktów handlowych i współpracy z organizacjami międzynarodowymi, a także zmodyfikowania polityki wewnętrznej, realizowanej przez regulatorów krajowych wobec podmiotów sektora prywatnego, uczestniczących w obrocie mikroelektroniką i software typu dual-use. Tym samym

¹ Poniżej abstrahować będziemy od tych towarów i technologii, które mają jednoznacznie wojskowy charakter i podlegają kontroli broni oraz kontroli broni masowego rażenia (systemy uzbrojenia i amunicja, prekursorzy materiałów wybuchowych materiały rozszczepialne, czynniki chorobotwórcze). Skupimy się tylko na podwójnym tj. cywilnym i wojskowym zastosowaniu technologii z branży elektroniki, telekomunikacji i IT (ICT).

potencjalnymi odbiorcami wyników badań są urzędnicy państwowi, odpowiadający za analizowaną tu dziedzinę bezpieczeństwa.

Najważniejsze pytania badawcze brzmią: jakie geopolityczne czynniki stwarzają zagrożenie dla polskich firm elektronicznych w ich zachowaniach rynkowych? (sekcja 2); czego wymaga się od tych firm, w związku z koniecznością wywiązania się polskiego państwa ze zobowiązań międzynarodowych i sojuszniczych w zakresie sankcji? (sekcja 3); jakie zagrożenia związane z wyścigiem technologicznym między aktorami państwowymi firmy te powinny uwzględniać w szacowaniu ryzyka rynkowego? (sekcja 4); jakie strategie są do dyspozycji właścicieli i udziałowców tych firm? (sekcja 5).

Przegląd sytuacji mikroelektroniki polskiej – w określonych wyżej ramach poznawczych – nie został dotychczas podjęty przez badaczy z dyscypliny nauk o bezpieczeństwie czy stosunków międzynarodowych ani też przez ekspertów z kręgów inżynierskich. Analiza publikacji, takich jak „Przegląd Bezpieczeństwa Wewnętrznego” Centralnego Ośrodka Szkolenia ABW, „Rocznik Strategiczny” Wydziału Nauk Politycznych i Studiów Międzynarodowych UW czy „Sprawy Międzynarodowe” Instytutu Studiów Politycznych PAN z minionych ok. 15 lat nie przyniosła wielu rezultatów bibliograficznych. Owszem, tematy kontroli zbrojeń, nieprolifracji broni jądrowej czy sankcji związanych z węglowodorami i sankcji finansowych są eksplorowane. Powstały też opracowania monograficzne, jak chociażby prace Magdaleny Trzcionki², Marcina Menkesa³, czy ostatnio – niepublikowana jeszcze – Michała Jasiulewicza⁴. Dominuje tu jednak ujęcie formalnoprawne, brakuje zaś ujęć technicznych i biznesowych.

Poniższa analiza dokonana jest głównie w oparciu o rządowe bazy danych, opracowania monograficzne i artykuły naukowe dostępne w formule open access (poprzez web of Science/Elsevier), a także witryny internetowe⁵. Niemal wszystkie wykorzystane publikacje są polsko- lub anglojęzyczne, choć w Rosji (w j. rosyjskim) publikuje się również dużo na temat sankcji, a tamtejszy punkt widzenia niewątpliwie zasługuje także na uwagę⁶. Chińskojęzyczny rynek publikacji jest trudniejszy do zbadania⁷.

² M. Trzcionka, *Sankcje gospodarcze w polityce zagranicznej USA po II wojnie światowej*, Kraków 2005.

³ M. Menkes, *Stosowanie sankcji gospodarczych – analiza prawno-międzynarodowa*, Toruń 2011.

⁴ M. Jasiulewicz, *Kontrola obrotu z zagranicą towarami, technologiami o usługami o znaczeniu strategicznym jako instrument realizacji polskiej polityki zagranicznej* [autoreferat], SGH, Warszawa, czerwiec 2024.

⁵ Świadomie pominięte zostały w związku z tym ważne czasopisma poświęcone bezpieczeństwu, w tym wydawnictw: Taylor & Francis („International Journal of Intelligence and Counterintelligence”, „Security Studies”, „Journal of Strategic Studies”, „Review of International Political Economy”, „Intelligence and National Security”), MiT Press („International Security”), Oxford University Press/Chatham House („International Affairs”), Council on Foreign Relations („Foreign Affairs”), Springer, a także prace think tanków jak International Institute for Strategic Studies, Centre for Strategic and International Studies, czy SIPRI. Większość tekstów publikowanych w tych wydawnictwach nie jest bowiem dostępna w formule open access.

⁶ D.A. Bragin [Д.А. Брагин], *Barjery realizacji importozamieszczenia w rosyjskiej mikroelektronice* [Барьеры реализации импортозамещения в российской микроэлектронике], „КАНТ” 2023, 4 (49), DOI: 10.24923/2222-243X.2023-49.3, s. 13-17; Tisza Wasilij [Тища В.], *Osnownyje problemy Rossii w sfierie importozamieszczenia mikroelektroniki* [Основные проблемы России в сфере импортозамещения микроэлектроники], <https://topwar.ru/256397-osnovnye-problemy-rossii-v-sfere-importozamieszczenia-mikroelektroniki.html> (02.05.2025).

⁷ Pobieżny przegląd dokonany poprzez wyszukiwarkę Baidu.com (zakładając, że jest ona lepiej zindeksowana niż nieobecny w Chinach google) pokazuje setki wyników (witryn, artykułów, recenzji, wzmianek) dla kombinacji

Dane ze źródeł sekundarnych, które zostają przeze mnie poddane analizie zostały na ogół zebrane przez ich autorów metodami empirycznymi, takimi jak: obserwacja rozwoju danej dziedziny techniki przez inżynierów i ekonomistów, obserwacja przez ekspertów ewolucji przepisów prawa oraz analiza przypadków łamania prawa, ankietowanie podmiotów gospodarczych przez instytucje zajmujące się pomiarem statystycznym, zebranie relacji z doświadczeń „insiderów” zaangażowanych w rozwój technologii (urzędnicy, inżynierowie i biznesmeni).

Drugi składnik analizowanego materiału to teorie i hipotezy, często intuicyjne i skonstruowane na podstawie eksperymentów myślowych autorów, wpisujących się w dociekania hermeneutyczne.

Wspólnym mianownikiem wielu współczesnych teorii geopolitycznych, zwłaszcza (neo)konserwatywnych, jest postrzeganie państwa jako wciąż najważniejszego podmiotu stosunków międzynarodowych, mimo postępującej w wielu dziedzinach globalizacji.

Zauważmy, że celem państwa jako organizacji społecznej nie jest osiągnięcie jakiegoś konkretnego poziomu rozwoju (gospodarczego, technicznego, militarnego) i dobrobytu, lecz osiągnięcie, względnie utrzymanie lub powiększenie przewagi nad innymi państwami. Tym samym zarówno społeczeństwo dobrobytu, jak i szeroko rozumiane bezpieczeństwo państwa są pojęciami względnymi.

W myśl tzw. kopenhaskiej szkoły, bezpieczeństwo jest bytem społecznie konstruowanym, determinowanym funkcjami czasu i przestrzeni. Pod względem rzeczowym może odnosić się do sfery ekonomicznej, w tym technologicznej. Pod względem skali oczekiwanego niebezpieczeństwa nie musi to być (jak przekonuje Christopher Daase) zagrożenie, a wystarczy jedynie ryzyko czy podatność. Odbiorcą bezpieczeństwa pod względem podmiotowym może być z kolei zarówno państwo, jak i społeczeństwo, a nawet jednostka, pod względem zaś terytorialnym zarówno naród, jak i region, i świat⁸.

Obie wojny światowe udowodniły, że zasoby naturalne oraz zabezpieczenie żywnościowych potrzeb narodu decydują o bezpieczeństwie, a także o zdolności państwa do przetrwania w trybie wojennym. Najpóźniej od lat 70. XX w. w związku z kryzysem na rynku ropy naftowej energetyka stała się integralnym składnikiem polityki bezpieczeństwa, zaś w ciągu minionych kilkunastu lat do takich krytycznych wymiarów dołączyły cyberbezpieczeństwo, biobezpieczeństwo i w końcu elektronika. W obu ostatnich przypadkach katalizatorem przemian w myśleniu polityków była pandemia COVID-19.

takich fraz jak: embargo (禁运), kontrola eksportu (出口管制), sankcje ekonomiczne (经济制裁) z jednej strony oraz mikroelektronika (微电子学), półprzewodniki (半导体), układy scalone (集成电路) z drugiej. Istnieje tu też oczywiście bogata literatura anglojęzyczna. Por. np. Ming-Chin M.Ch., *Controlling the Uncontrollable. China Perspectives. The Migration of the Taiwanese Semiconductor Industry to China and Its Security Ramifications*, „China Perspectives“ 2008, 1, s. 54-68, <http://journals.openedition.org/chinaperspectives/3343>, DOI: 10.4000/chinaperspectives.3343.

⁸ J. Varwick, *NATO in (Un-)Ordnung. Wie transatlantische Sicherheit neu verhandelt wird*, Bonn 2017, s. 14-20.

Znaczenie technologii dla potencjału sił zbrojnych rosło stopniowo z każdym wiekiem przez minione tysiące lat a obecnie rośnie skokowo z każdym rokiem⁹. Mikroelektronika stała się ważnym przedmiotem badań specjalistów z zakresu nauk społecznych, w tym nauk o bezpieczeństwie, ekonomistów i analityków rynku nowych technologii, mnie więcej od momentu zaostrenia się rywalizacji chińsko-amerykańskiej na początku XXI w. Chris Miller – być może nieco na wyrost – zauważa: „No product is more central to international trade than semiconductors”¹⁰. Istotnie mikroelektronika i miniaturyzacja systemów uzbrojenia armii USA wpływały już w znaczący sposób na prowadzenie wojny w Wietnamie¹¹, jednak dopiero w Iraku w 1991 r. stały się elementem rozstrzygającym¹². Niezależnie od sił zbrojnych fakt, że układy scalone wykorzystywane są w większości urządzeń codziennego użytku, czyni je w życiu każdego modernizującego się społeczeństwa niemal równie niezbędnym jak żywność czy energia¹³.

Administracja amerykańska publikowała wnikliwe dane i analizy dotyczące kradzieży własności intelektualnej przez ZSRS już w latach 80.¹⁴, zaś od lat 90. XX w. agendy kongresu oraz administracji rządowej przedstawiały opinii publicznej raporty dotyczące ChRL¹⁵. Liczne prace historyków i śledztwa dziennikarskie pogłębiały świadomość społeczeństw i środowiska biznesu na temat sposobów łamania embarga oraz proliferacji broni i materiałów podwójnego zastosowania. Nie brakowało także specjalistów, którzy podejmowali wątki nielegalnych przepływów technologii pomiędzy państwami NATO¹⁶.

W minionych latach dodatkowym katalizatorem zainteresowania się naukowców i ekspertów kwestią embarga i szerzej sankcji gospodarczych były regulacje tariff oraz restrykcje przedsięwzięte w czasie pierwszej kadencji prezydenta Donalda Trumpa i rozwijane za czasów administracji Joe Bidena. Oprócz analiz poświęconych półprzewodnikom badacze w ramach studiów interdyscyplinarnych koncentrują się także na fundamencie logiczno-matematycznym (machine-learning, IA) z jednej strony¹⁷, oraz na bazie materiałowej (surowce) dla nowych technologii z drugiej strony¹⁸.

⁹ Zob. szerzej Ł. Kamieński, *Technologia i wojna przyszłości. Wokół nuklearnej i informacyjnej rewolucji w sprawach wojskowych*, Kraków 2009.

¹⁰ Ibidem, s. 253.

¹¹ P.N. Edwards, *The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America (Inside Technology)*, Cambridge/Ma – London 1996, s. 134-145.

¹² Ch. Miller, *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*, London 2022, s. 57-61, 151-154. (książka ukazała się także w polskim tłumaczeniu).

¹³ D. Pronk, *Anticipating surprise in an era of global technology advances: a framework for scientific & technical intelligence analysis*, „Journal of Intelligence History” 2021, 20 (1), s. 61.

¹⁴ Por. np. *Meeting the espionage challenge: a review of United States counterintelligence and security programs*. Report of the Select Committee on Intelligence, US Senate, [Washington 1986], dostępne na podstawie FOIA: <https://www.cia.gov/readingroom/document/cia-rdp87m01007r000100350010-8>, dostęp: 27.04.2025.

¹⁵ Por. np. *Report of the Select Committee on US National Security and Military/Commercial concerns with the People's Republic of China*, Haus of Representatives [Washington 1999], vol. 1-3.

¹⁶ Por. np. P. Schweizer, *Szpiedzy wśród przyjaciół. Jak sojusznicy wykradają Amerykanom tajemnice technologiczne*, tłum. J. Lobman, Z. Słomowski, Warszawa 1997.

¹⁷ Tutaj przyrost literatury jest szczególnie dynamiczny. Zob. np. H.A. Kissinger, E. Schmidt, D. Huttenlocher, *The Age of AI: And Our Human Future*, New York 2021.

¹⁸ E. Scheyder, *The war. Lithium, Copper and the global battle to power our lives*, New York 2024.

ZAKRES PRZEDMIOTOWY. KRAJOWY POTENCJAŁ SEGMENTU ELEKTRONIKI I ICT

Eksperci zajmujący się potęgotetrią wśród głównych czynników wpływających na potencjał państwa wymieniają niemal zawsze terytorium i demografię, a także gospodarkę i siły zbrojne. Na ogół też w tej pierwszej decydującej grupie czynników znajduje się infrastruktura produkcyjna i komunikacyjna, system polityczny, usługi niematerialne (służba zdrowia i edukacja), a także zasoby naturalne i poziom technologiczny¹⁹. Mikroelektronika wraz z optyką jest wyjątkowym rodzajem technologii, nie tylko posiada ona znaczenia sama w sobie, ale także rzutuje na inne dziedziny, w tym gospodarkę jako całość, siły zbrojne (miniaturyzacja systemów uzbrojenia), produkcję przemysłową (automatyzacja) i komunikację (przyspieszanie transferu danych).

Analiza informacji dotyczących produkcji mikro- i nanoelektroniki z jednej strony oraz obostrzeń w obrocie tymi towarami oraz powiązаныmi usługami z drugiej strony implikuje orientację w złożonej terminologii, której niekonsekwentne stosowanie prowadzi do nieporozumień i fałszywych wyników tych interdyscyplinarnych badań. Pierwszym wymiarem jest zatem ujęcie technologiczne, uwzględniające pryzmat dóbr podlegających regulacji w ramach sankcji, stanowiących oręż w rywalizacji globalnych sił²⁰.

Początkowy proces produkcji podzespołów półprzewodnikowych, obejmujący prefabrykację surowców i projektowanie, określany jest mianem Front-End. Końcowe stadium produkcji, obejmujące „montaż pojedynczego chipu w obudowę i testowanie końcowego gotowego podzespołu”, a także „cięcie całej płytki półprzewodnikowej na pojedyncze chipy” to Back-End²¹.

Uwzględniwszy poszczególne stadia wytwarzania chipów w branży, wyróżnić możemy kilka typów przedsiębiorstw: 1. ODM (Original Design Manufacturer) lub IDM (Integrated Device Manufacturer), projektujące i wytwarzające układy scalone, których architektura jest też przedmiotem ich własności intelektualnej (np. Texas Instruments, Onsemi/dawniej część Motorola). 2. Tzw. odlewnie (Foundry), w których tylko wytwarza się struktury w oparciu o wzorce dostarczone przez ODM lub przez tzw. firmy bezfabryczne. Przykładem takich firm to słynna TSMC czy Global Foundries. 3. Bezfabryczni dostawcy, którzy tylko projektują, zlecając wykonanie odlewniom. Do tej grupy zaliczamy np. NIVIDIA, Apple czy Qualcomm²² (zob. rys. 1). W Polsce nie ma firm pierwszej kategorii, natomiast załóżek drugiej i trzeciej kategorii daje się już zaobserwować.

Uzupełniającym kryterium systematyki rynku jest podział na firmy: 1. Wytwarzające procesory logiczne i graficzne (CPU/GPU), w tym w oparciu o architekturę x86 (komputery)

¹⁹ M. Sulek, *Potęga państw. Modele i zastosowania*, Warszawa 2013. Por. R. Białoskórski, *The global balance of power after the cold war. A powermetric approach*. „Journal of Security and Sustainability Issues” 2020 9(3), 1089-1104. [https://doi.org/10.9770/jssi.2020.9.3\(32\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2020.9.3(32)).

²⁰ N.O. Oermann, H.J. Wolff, *Wirtschaftskriege. Geschichte und Gegenwart*, Bonn 2020, s. 9-12.

²¹ *Firmy półprzewodnikowe, czyli jakie? – Grzegorz Kamiński wskazuje różnice oraz wyjaśnia, na czym polega produkcja front-end i back-end*, 15.4.2024, <https://mikrokontroler.pl/2024/04/15/firmy-polprzewodnikowe-czyli-jakie/> (22.04.2025).

²² Ibidem.

i RISC (urządzenia mobilne), np. Intel, AMD, Arm; 2. Wytwarzające pamięci operacyjne (DRAM) i pamięci masowe/trwałe (NAND/Flash), np. Samsung; 3. Wytwarzające maszyny do produkcji chipów (fotolitografia elektronowa, wytrawianie, implantacja jonów, pakowanie), np. ASML oraz urządzenia do testowania układów scalonych; 4. Opracowujące oprogramowanie do projektowania i testowania układów scalonych, np. Synopsys. Na Polskim rynku występują firmy kategorii 2 i 4.

Zdefiniowanie zbioru firm podatnych na korupcję lub penetrację wywiadu innych państw zależy od tego, jaką produkcję lub jaką sferę usług zakwalifikujemy do dóbr podwójnego zastosowania w obszarze elektroniki. Będą to nie tylko przetworzone w prefabrykaty surowce (np. german, krzem, azotek galu, węgiel krzemu) czy wytrawione wafery albo upakowane układy scalone (typu MOSFET, FINFET i in.)²³, ale także niematerialne formy jak projekty, wyniki testów, asemblery i kompilatory i inne dane przetwarzane w chmurze.

Z uwagi na mnogość czynników pomiaru, a także kompleksowość technologii elektronicznych wyzwaniem pozostaje ustalenie autentycznego znaczenia polskiego rynku na tle globalnym. Wzorców metodologicznych dostarcza tutaj przykład uczonych brytyjskich, dotyczący mikroelektroniki niemieckiej.

Rynek niemiecki jest znacznie bardziej zdywersyfikowany niż polski oraz znacznie silniej powiązany kapitałowo i technologicznie z wiodącym rynkiem amerykańskim (ale także chińskim). Niemiecka branża mikroelektroniczna, choć w przekazie medialnym (zwłaszcza Polsce) słabo widoczna, odgrywa istotną rolę w światowym łańcuchu dostaw, nawet jeśli pod względem wartości wolumenu eksportowanego do ChRL aż 10-krotnie ustępuje Japonii, a 3-krotnie Holandii (z pozostałych krajów UE na uwagę zasługuje jeszcze Francja z takimi przedsiębiorstwami jak STMicroelectronics, Soitec czy Thales). Powodem zainicjowania projektu naukowego przez brytyjski zespół była jednak nie tyle branża jako taka, lecz jej miejsce w sporze USA z ChRL i transferze technologii.

Warto przy tej okazji odnotować, że geograficznie rzecz biorąc Niemcy są najbliższym Polsce ośrodkiem produkcji wysoce zaawansowanych technologii, a takie firmy jak Siemens, czy zwłaszcza produkująca maszyny do wytwarzania układów scalonych Süss, znajdowały się w orbicie zainteresowania wywiadu naukowo-technicznego PRL²⁴.

Obecna rola (zjednoczonego) rynku niemieckiego w globalnym łańcuch dostaw w porównaniu z przełomem lat 80. i 90. jest większa. Upadek NRD przetrwała wytwarzająca soczewki i inny sprzęt optyczny firma Zeiss z Jeny. Chemiczne prefabrykaty do półprzewodników wytwarzają Merck i BASF. Inne wiodące w skali globalnej niemieckie przedsiębiorstwa to Trumpf (produkująca lasery do litografii EUV), Siltronic (Wafery), Infineon (mikroelektronika samochodowa). Większość tych firm prowadzi ekspansję kapitałową w USA. Siemens

²³ M. Jaworowska, *Jak ewoluowały technologie pakowania układów scalonych?*, „Elektronika B2B”, 2.02.2023, <https://businessinsider.com.pl/biznes/intel-bedzie-produkowal-polprzewodniki-we-wroclawiu/g567nlt> (26.04.2025).

²⁴ Por. M. Sikora, *Black Box. Wywiad jako instrument transferu technologii i wsparcia decyzji ekonomicznych w PRL 1955-1990*, Katowice-Warszawa 2021, s. 421.

w minionych latach przejął kontrolę na firmami Mentor Graphic i Zona Technologies. Merck również posiada fabryki w USA. Do Süss należą Image Technology Inc. i Tamarack Scientific Co. w Kalifornii. Przy tym wszystkim firmy niemieckie zaangażowane są również w kooperację a krajami Azji Wschodniej, w tym z ChRL, gdzie ich klientami są potężne YMTC (pamięci) i SMIC (procesory). To z kolei generuje napięcia na linii Waszyngton-Berlin²⁵.

Pozycja polskiej elektroniki jest skromniejsza, tak pod względem własnego potencjału, jak i skali powiązań kapitałowych z zagranicą. Elektronika i informatyka reprezentowana jest zarówno w sektorze przemysłu, jak i w sektorze usług polskiej gospodarki. Polska Klasyfikacja Działalności w sekcji C uwzględnia produkcję/przetwórstwo przemysłowe, tu z kolei w dziale 26 zlokalizowano produkcję komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych²⁶. Z kolei w sekcji K sklasyfikowano m.in. działalność usługową w zakresie telekomunikacji, programowania komputerowego, doradztwa, a także infrastruktury obliczeniowej²⁷.

W najszerszym ujęciu możemy mówić o przemyśle optoelektronicznym oraz informatyczno-telekomunikacyjnym. Pomocna w precyzyjniejszym zdefiniowaniu branży pod względem kapitału ludzkiego jest też Polska Klasyfikacja Wyrobów i Usług oraz Klasyfikacja Zawodów i Specjalności.

Według niektórych statystyk Polska jest piątym największym producentem elektroniki w EU²⁸. Nawet jeśli jest to szacunek zbliżony do stanu faktycznego, to niekoniecznie odzwierciedla rolę Polski w wytwarzaniu technologii zaawansowanych. Nie ulega wątpliwości, że w czołówce są takie kraje jak Holandia, Niemcy i Francja, liczą się także Hiszpania, Włochy i Irlandia²⁹.

W toku transformacji ustrojowej na początku lat 90. polski przemysł elektroniczny uległ w znacznej mierze likwidacji. Było to spowodowane jego nierentownością i zacofaniem technologicznym³⁰.

Obecnie w Polsce zarejestrowanych i aktywnych jest ok. 2,5 mln firm, z czego ok. 2 mln to jednoosobowa działalność gospodarcza (rejestrwana w CEIDG) oraz spółki prawa cywilnego, zaś pozostałe niespełna pół miliona to spółki prawa handlowego³¹. Według danych GUS w 2024 r. (4 kwartał) w kraju zarejestrowanych było 155 przedsiębiorstw w dziale produkcja komputerów, wyrobów elektronicznych i optycznych. Liczba ta nie uległa większym zmianom od 2010 r.³²

²⁵ J. Germann, S. Rolf, J. Baines, S.K. Starrs, *A Chip War Made in Germany? US Techno-Dependencies, China Chokepoints, and the German Semiconductor Industry*, „Politics and Governance“ 2024, 8265(12), s. 1-19, <https://doi.org/10.17645/pag.8265>.

²⁶ PKD 2025 - Polska Klasyfikacja Działalności 2025 - klasyfikacje.gofin.pl/pkd2025 (24.04.2025).

²⁷ Ibidem.

²⁸ *Perspektywy rozwoju branży półprzewodników w Polsce – raport*, 27.09.2024, <https://investmap.pl/perspektywy-rozwoju-branzy-polprzewodnikow-w-polsce-raport.a310425> (24.04.2025).

²⁹ Szerzej: S. Donnelly, op. cit.

³⁰ Por. seria publikacji poświęconych tej branży przemysłu, wydanych na przestrzeni minionych ok. 10 lat przez Polskie Towarzystwo Informatyczne (PTI), głównie z inicjatywy Prezesa Sekcji Historycznej p. Jerzego S. Nowaka, a także: *High-Tech za żelazną kurtyną. Elektronika, komputery i systemy sterowania w PRL*, red. M. Sikora przy współpracy P. Fuglewicza, Katowice–Warszawa 2017.

³¹ https://www.coig.com.pl/spis-polskich-firm_katalog_polskich_firm.php (22.04.2025).

³² „Biuletyn Statystyczny GUS” 2025, 2, s. 89, tab. 29.

Polska Agencja Inwestycji i Handlu podaje, że w 2020 r. polski segment optoelektroniczny (bez usług softwarowych ICT) osiągnął wartość sprzedaży blisko 45 mld zł, dając 2,8% produkcji przemysłowej. Na rynek dostarczał głównie maszyny cyfrowe, aparaty telefoniczne i odbiorniki radiowe. Zatrudnienie wynosiło ponad 62 tys. ludzi, stanowiąc ok. 2% zatrudnionych w przemyśle w kraju³³.

Firmy elektroniczne to głównie pod względem liczby zatrudnienia firmy małe (do 50 pracowników) i średnie (do 250)³⁴. Pod względem formy prawnej, modelu biznesowego i wysokości obrotów istnieje różnorodność.

W Polsce działa ponadto ok. 350-380 (dane z lat 2022-2023) przedsiębiorstw z branży usług ICT (typu IaaS, SaaS, PaaS) i produkcji/montażu sprzętu (zwłaszcza telefony, komputery, peryferia) IT, które częściowo pokrywają się z w/w branżą elektroniczną³⁵. Rynek ICT w Polsce w roku 2023 wart był ponad 80 mld zł, z tego na produkcję sprzętu przypadało niespełna 20 mld zł. Wartość sprzedaży oprogramowania wyniosła ok. 16 mld zł, usług IT ponad 18 mld zł, zaś usług typu Business Process Outsourcing ok. 5 mld zł³⁶.

Niektóre firmy branży ICT zajmują się głównie finalną kompletacją i dystrybucją sprzętu (vendor, integrator, reseller), np. Komputronik, X-Kom, czy AB S.A.

Spora część tych firm notowana jest na GPW i indeksowana w takich sektorach jak: nowe technologie, gry komputerowe, firmy informatyczne, telekomunikacja, względnie firmy elektromaszynowe³⁷.

Interesujący nas tutaj zbiór liczy zatem ok. 400-500 podmiotów i składa się pod względem geograficznym z następujących podkategorii elementów:

- firmy zarejestrowane w Polsce i prowadzące głównie tutaj działalność handlową,
- firmy zarejestrowane w Polsce i sprzedające lub produkujące głównie za granicę,
- firmy zagraniczne prowadzące zarejestrowaną działalność w Polsce,
- przedstawicielstwa handlowe i fabryki dużych koncernów zagranicznych w Polsce.

Pod względem ról czy funkcji możemy mówić o:

- producentach (manufacturer),
- dystrybutorach/sprzedawcach (reseller),
- usługodawcach (services).

Pod względem pozycji w łańcuchach dostaw zaś o:

- importerach,
- eksporterach,

³³ Sektor elektroniczny – Polska Agencja Inwestycji i Handlu S.A., <https://www.paih.gov.pl/inwestycje/sektory/elektroniczny/> (24.04.2025).

³⁴ „Półprzewodniki to złoto XXI wieku”. Rząd pracuje nad nową strategią po porażce z Intelem, 6.02.2025, <https://tvn24.pl/biznes/najnowsze/produkcja-chipow-w-polsce-minister-gawkowski-zaprezentowal-polityke-polprzewodnikowa-st8294759> (22.08.2025).

³⁵ A. Ogończyk, *Rosja kończy prace nad archaiczną litografią 350 nm. Techno-logia z lat 90. w 2025 roku*, 2025 <https://itwiz.pl/najwieksze-firmy-it-w-polsce-w-roku-2023-ranking-itwiz-best100/> (22.04.2025).

³⁶ Ibidem.

³⁷ Giełda Papierów Wartościowych, <https://www.gpw.pl/spolki> (22.04.2025).

- pośrednikach,
- odbiorcach,
- dostawcach,
- użytkownikach.

Główni polscy producenci elektroniki to firmy, które w latach 90. wyrosły z dawnych państwowych zakładów zjednoczeń przemysłu automatyki i elektroniki jak MERA czy UNITRA, zwłaszcza Elzab Zabrze czy Apator Toruń. Zakłady dostarczające wyspecjalizowaną branżowo elektronikę ulokowane są m. in. w Czeladzi i Andrychowie. Do tego dochodzą firmy współpracujące z polskim przemysłem zbrojeniowym, jak PIT Radwar, czy WB Electronics. Niektóre przedsiębiorstwa mają bardzo prestiżowe port folio, jak np. firma Vigo Photonics, której technologii stosowane są w pojazdach wykonujących misję na Marsie. Przedsiębiorstwa rodzime projektujące chipy (System on Chip/SoC) to: Digital Core Design z Bytomia, ChipCraft z Lublina, Phonemic również z Lublina, OmniChip z Warszawy, Aldec-Adt z Katowic czy Ensemble z Gdańska³⁸. Przedsiębiorstwa te na ogół przybierają formę spółek z o.o.

Przyjrzyjmy się w ramach studium przypadku jednej z bardziej obiecujących polskich firm. W przeciwieństwie do widocznej w przestrzeni publicznej – za sprawą reklamy – marki Krüger & Matz, dostarczającej urządzenia mobilne³⁹, firma średniej wielkości (ok. 160 zatrudnionych) Wilk Elektronik S.A., notowana na GPW, nie zdobyła dotychczas rozgłosu⁴⁰. Posiada ona dział produkcyjny w Łaziskach Górnych (woj. śląskie). W branży elektronicznej działa od 2001 r.⁴¹ Zgodnie z najnowszym sprawozdaniem z działalności w roku budżetowym 2023/24 „Podstawowym rodzajem działalności [...] była produkcja pamięci komputerowych, dystrybucja pamięci komputerowych własnych i nabytych, a także kompletacja i dystrybucja pamięci typu flash pen-drive, dysków SSD oraz usługi związane z wgrywaniem zawartości na karty flash i pendrive”⁴². Wykorzystywane w produkcji komponenty pochodzą głównie od takich dostawców jak południowokoreański Samsung oraz wiodąca prym w produkcji pamięci NAND japońska Kioxia (w roku poprzednim współpracowano z tajwańską firmą Phison⁴³). Jak czytamy dalej w sprawozdaniu: „Spółka jest obecnie jedynym w Europie Środkowo-Wschodniej producentem modułów pamięci do komputerów”⁴⁴. W okresie sprawozdawczym spółka sprzedała swoje produkty o wartości blisko 290 mln zł. Aż 60% produkcji trafiło za granicę.

Wilk Elektronik dostarczał swoje towary przed rozpoczęciem inwazji rosyjskiej na Ukrainę w 2022 r. zarówno na rynek ukraiński, jak i na rynki białoruski i rosyjski. W wyniku

³⁸ *Perspektywy rozwoju branży półprzewodników w Polsce – raport*, 27.09.2024, <https://investmap.pl/perspektywy-rozwoju-branzy-polprzewodnikow-w-polsce-raport.a310425> (24.04.2025).

³⁹ *Producenci elektroniki w Polsce - lista firm*, <https://factories.pl/producers/produkcja-elektroniki> (24.04.2025).

⁴⁰ Portal Rejestrów Sądowych, <https://wyszukiwarka-krs.ms.gov.pl/dane-szczegolowe-podmiotu;numer-KRS=pBINwnfhDY6rrRpAWXhLaQ%3D%3D;typ=P> (22.04.2025).

⁴¹ Ministerstwo Sprawiedliwości, https://ekrs.ms.gov.pl/rdf/pd/search_df (22.04.2025).

⁴² *Sprawozdanie Zarządu z działalności jednostki Wilk Elektronik S.A. za okres sprawozdawczy: 01.04.2023 - 31.03.2024*, s. 1, <https://www.imsig.pl/krs/0000068827/sprawozdania> (23.08.2025).

⁴³ *Ibidem*, s. 1.

⁴⁴ *Ibidem*.

konieczności zastosowania się do sankcji firma poniosła znaczące straty⁴⁵. Na tym przykładzie widać zatem praktyczne konsekwencje wynikające dla lokalnego rynku, w wyniku stosowania unijnej dyscypliny w zakresie handlu z krajami łamiącymi prawa człowieka.

Stosunkowo dużą rozpoznawalność w przestrzeni publicznej posiadają niektóre firmy świadczące usługi IT oraz BPO, na ogół notowane na giełdzie. Asseco Rzeszów, która przejęła w 2008 r. Prokom Gdynia, to grupa kapitałowa zatrudniająca 34 tys. pracowników, posiadająca przedstawicielstwa handlowe lub produkcyjne na wszystkich kontynentach⁴⁶. Innym ważnym udziałowcem rynku jest Comarch Kraków, powiązany od lat 90. z amerykańskim gigantem w branży oprogramowania użytkowego dla przedsiębiorstw (ERP) i administracji Oracle. Z kolei WASKO Gliwice specjalizuje się w modelu B2A, zajmując się w przeszłości m.in. wdrażaniem paszportów biometrycznych.

Ten pobieżny przegląd niech uzupełni znana na całym świecie z produkcji gier CD-Projekt Warszawa. Mniejsze rodzime firmy to LSI Software Łódź – dostawca oprogramowania, czy Synerise Kraków – specjalizująca się w sztucznej inteligencji i big data.

Krajobraz zbioru polskich podmiotów wchodzących w międzynarodowe interakcje na niwie półprzewodników uzupełnić trzeba o sferę R&D, zwłaszcza Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii CEZAMAT, funkcjonujące przy Politechnice Warszawskiej, Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki, wchodzący w skład sieci badawczej Łukasiewicz, a także Instytut Wysokich Ciśnień PAN (Unipress)⁴⁷. Z uwagi na ograniczenia tego opracowania wątek kooperacji w trójkącie: przedsiębiorstwo – nauka – administracja (wojsko, urzędy patentowe) nie zostanie głębiej przeanalizowany. Należy jednak mieć na uwadze, że sfera nauki (w tym nauk podstawowych) również może być eksploatowana przez państwa na potrzeby dotarcia do technologii objętej restrykcjami. Zmapowanie (także wizualizacja) sieci powiązań personalnych i organizacyjnych (stanowiących też przedmiot analizy w ramach teorii aktora-sieci/ANT) we wspomnianym trójkącie to pierwszy krok do zdiagnozowania słabych ogniw⁴⁸.

Polskie firmy z branży ICT, rzadziej z działu mikroelektroniki, posiadają przedstawicielstwa handlowe i niekiedy produkcyjne na całym świecie (np. AIUT Gliwice). Analogicznie wielkie korporacje (MNC) posiadają w Polsce swoje fabryki (zwłaszcza Dell, LG, Flex i Humax, Jabil, Kimball, Nokia, Sharp, ZF, Motorola i in. – zob. rys. 2), biura zajmujące się dystrybucją (np. Rochester Electronics, oferujący dostęp do półprzewodników w całym spektrum Front-End)⁴⁹ czy swoich poddostawców software i usług IT (Google, Huawei, Samsung, Sony, Citrix).

Na polskim rynku działa kilkanaście firm, pracujących w najbardziej innowacyjnych, intensywnych technologicznie i naukochołnych obszarach. Czynne są tu firmy zagraniczne

⁴⁵ Ibidem, s. 2.

⁴⁶ Grupa Asseco, <https://pl.asseco.com/grupa> (22.04.2025).

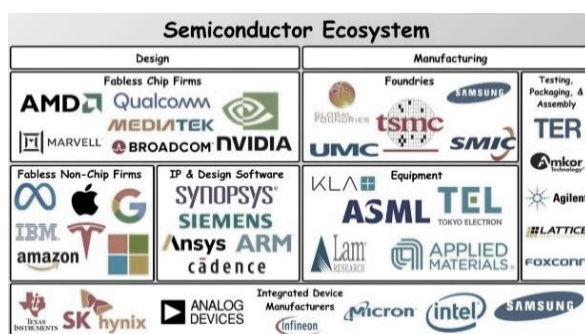
⁴⁷ *Perspektywy rozwoju branży półprzewodników w Polsce – raport*, 27.09.2024, <https://investmap.pl/perspektywy-rozwoju-branzy-polprzewodnikow-w-polsce-raport.a310425> (24.04.2025).

⁴⁸ Por. analiza sieci powiązań firmy Sematech: D. O'Reagan, L. Fleming, *The FinFET Breakthrough and Networks of Innovation in the Semiconductor Industry, 1980-2005: Applying Digital Tools to the History of Technology*, „Technology and Culture” 2018, 59 (2), s. 253-257 passim.

⁴⁹ Rochester Electronic, <https://www.rocelec.pl/> (22.04.2025).

projektujące układy scalone w technologii 2-3 nm: Intel⁵⁰, Solidigm (grupa SK Hynix – jedna z kilku głównych firm produkujących pamięci DRAM i NAND/Flash, obok m. in. Samsunga, czy Micron⁵¹), Silicon Creations i Synopsys (jedna z kilku wiodących firm amerykańskich projektujących układy scalone, obok amerykańskiej Cadence czy niemieckiej Mentor⁵²).

Prosty rachunek prawdopodobieństwa każe założyć, że zarówno zarządy wszystkich tych omówionych powyżej firm, jak również licznych firm zajmujących się pośrednictwem, a także kadry managerskie oraz personel niższego szczebla, mogą w każdej chwili stać się obiektem zainteresowania firm (i stojących za nimi struktur państwowych), posiadających swoje główne siedziby w takich krajach jak Rosja czy Białoruś. Śledztwa dziennikarskie przeprowadzone w Polsce w ostatnich miesiącach wskazują na wykorzystywanie firm-słupów z Azji Środkowej na potrzeby wywozu do Rosji m.in. technologii wytwarzania układów scalonych⁵³. Z kolei zagrożenia z kierunku firm chińskich, stosujących nielegalne praktyki rynkowe, nabrały w Polsce prawdopodobieństwa najpóźniej w 2019 r., w związku z próbami skorumpowania polskich urzędników przez firmę Huawei, zabiegającą m.in. o kontrakty związane z obsługą technologii 5G⁵⁴.



Rysunek 1. Uproszczony przegląd głównych firm branży mikroelektroniki.

Źródło: *Firmy półprzewodnikowe, czyli jakie?* – Grzegorz Kamiński wskazuje różnice oraz wyjaśnia, na czym polega produkcja front-end i back-end, 15.4.2024, <https://mikrokontroler.pl/2024/04/15/firmy-polprzewodnikowe-czyli-jakie/> (22.04.2025).

⁵⁰ Intel będzie produkował półprzewodniki we Wrocławiu [materiał komercyjny], <https://businessinsider.com.pl/biznes/intel-bedzie-produkowal-polprzewodniki-we-wroclawiu/g567nlt> (22.04.2025); T. Szwał, *Co dalej z fabryką Intela pod Wrocławiem? Dyrektor rozwił wątpliwości*, 14.12.2023, <https://antyweb.pl/fabryka-intela-pod-wroclawiem-co-dalej> (22.04.2025).

⁵¹ Ch. Miller, *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*, London 2022, s. 205-208.

⁵² Ibidem, s. 199.

⁵³ *Dziennikarskie śledztwo ujawnia. Te dwie firmy z Polski miały handlować z Rosją*, 30.04.2024, <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/dziennikarskie-sledztwo-ujawnia-te-firmy-z-polski-mogly-handlowac-z-rosja/gymd440> (03.05.2025).

⁵⁴ S. Czubkowska, *Rusza polski proces o chińskie szpiegostwo. Po 2,5 roku przesłuchań najmocniejsza historia to ta... o ziemniaczkach*, 31.05.2021, <https://spidersweb.pl/plus/2021/05/szpiegostwo-proces-huawei-5g-menager-oficer-abw-chiny> (03.05.2025).



Rysunek 2. Tabliczka znamionowa monitora LG zmontowanego w Polsce.
Źródło: fotografia własna.

ŹRÓDŁA ZAGROZEŃ. WOJNA ROSJI Z UKRAINĄ, RYWALIZACJA CHRL Z USA

Z punktu widzenia USA Rosja w zasadzie nie przedstawia zagrożenia w rywalizacji technologicznej, a sankcje (sektorowe, osobowe, finansowo-inwestycyjne, embargowe), wprowadzane stopniowo od 2014 r., związane są wyłącznie z wojną w Ukrainie⁵⁵.

Rosja, w przeciwieństwie do Polski, nie unicestwiła swojego przemysłu mikroelektronicznego w toku transformacji lat 90., zachowując dużą autonomię. Nie zdołano wprowadzić zredukować luki technologicznej w stosunku do krajów G7. Strategia rozwoju Polski po 1990 r. powinna tu być porównana jednak nie z Rosją, a raczej z krajami mniejszymi strefy postradzieckiej, takimi jak np. wytwarzająca komputery Białoruś, posiadająca duży wkład w rozwój automatyki Ukraina czy też Armenia, na terenie której mieścił się ważny ośrodek prac naukowych nad oprogramowaniem dla ZSRS, i w końcu Bułgaria, specjalizująca się w wytwarzaniu pamięci dyskowych w RWPG⁵⁶. W Mińsku przykładowo nadal produkuje się komputery, ale wyposażone w układy scalone o skali integracji na poziomie zaledwie 350 nm⁵⁷.

Specjaliści szacują, że rosyjskie firmy pozostają ok. 15 lat za firmami z USA⁵⁸, jeśli chodzi o projektowanie układów scalonych, wytwarzanie maszyn do produkcji i testowania układów scalonych, a także jeśli chodzi o samą produkcję procesorów i pamięci. Obecnie firma NM-Tech (wcześniej Angstrom) z Zielenogradu jest w stanie wytwarzać struktury o wielkości 130 nm, bazując wciąż na zakupionej w 2001 r. licencji AMD. Z kolei inna rosyjska firma Mikron pozyskała od francusko-włoskiej firmy STMicroelectronics (największego producenta

⁵⁵ S.A. Belozyorov, O. Sokolovska, *Economic Sanctions against Russia: Assessing the Policies to Overcome their Impact*, „*Ekonomika regiona*” 2020, 16(4), s. 1115-1131, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-8>.

⁵⁶ Zob. np. studium porównawcze: J. W. Cortada, *The Digital Flood. The Diffusion of Information Technology across the US, Europe and Asia*, New York 2012.

⁵⁷ A. Ogończyk, *Rosja kończy prace nad archaiczną litografią 350 nm. Technologia z lat 90. w 2025 roku*, 30.03.2025, https://ithardware.pl/aktualnosci/rosja_archaiczna_litografia_350_nm_technologia-40297.html (16.04.2025).

⁵⁸ S. Feldstein, F. Brauer, *Why Russia Has Been So Resilient to Western Export Controls*, *Carnegie Endowment for International Peace*, 11.03.2024, <https://carnegieendowment.org/research/2024/03/why-russia-has-been-so-resilient-to-western-export-controls?lang=en> (16.04.2025).

mikroelektroniki w Europie) technologię 90 nm. Ważnym producentem jest też firma Integral⁵⁹. Jak ocenia Chris Miller, zapotrzebowanie FR na wafery wynosi 30 tys. sztuk miesięcznie, z czego rodzimy przemysł jest w stanie dostarczyć ok. 8 tys. Obecnie istnieją poszlaki wskazujące na możliwą kooperację rosyjskiego projektanta układów scalonych MICT, (Moscow Center of SPARC Technologies) z chińskim gigantem SMIC. Rosja posiada też zdolność wytwarzania kart SIM do telefonów, kart debetowych/kredytowych czy innych kart dostępu/subskrypcji⁶⁰. Rosja zdołała też emulować systemy rozliczeń i płatności międzynarodowych (zwłaszcza SWIFT, Master Card/Visa elektron), z których po eskalacji wojny na Ukrainie w lutym 2022 r. została wykluczona⁶¹.

Badania przeprowadzone w ostatnich latach przez ekspertów zachodnich (np. firmy consultingowej Pideeco) pokazują, że sankcje nałożone na Rosję wprawdzie komplikują, nie uniemożliwiają jednak władzom FR nabywania towarów podwójnego zastosowania. Transfer odbywa się za pośrednictwem krajów, które nie zobligowały się do kontroli eksportu, względnie tej kontroli nie dopełniają w sposób należyty. Chodzi tu o Kazachstan, Kirgistan, Uzbekistan czy Gruzję⁶². Nieszczerne są także obszary celne niektórych zachodnich państw, w tym m. in. Szwajcarii⁶³. Niektóre kraje, jak np. Turcja akceptują rozliczenia w Rb oraz w generowanej przez rosyjskie osoby fizyczne i prawne kryptowalucie⁶⁴. Eksport półprzewodników z Turcji do Rosji wzrósł w 2022 r. czterokrotnie w stosunku do roku poprzedniego. Eksperti Carnegie Endowment ustalili, że towary embargowe trafiają do Rosji także z lub przez Indie, Brazylię, ChRL czy ZEA. Przez Dubai do Rosji trafiały m.in. elementy systemu Starlink. Eksport (tranzyt) z tej destynacji do Rosji wzrósł w 2022 r. w stosunku do 2021 o 15 razy⁶⁵.

Pewną część elektroniki, wykorzystywanej w systemach uzbrojenia, zwłaszcza w UAV, rosyjski kompleks przemysłu obronnego pozyskuje z towarów nieobjętych embargiem (zmywarki, chłodziarki, mikrofalówki). Tylko w ciągu 2022 r. Rosja poprzez zarejestrowane na jej terenie lub powiązane finansowo podmioty zrealizowała ok. 3 tys. transakcji dotyczących półprzewodników, w tym pochodzących z takich firm jak Texas Instruments, Intel, AMD czy Analog Devices. Sprzęt, podzespoły i materiały przeładowywane były często na statki floty rosyjskiej na wodach międzynarodowych lub w niektórych portach (Tanger/Królestwo Maroka)⁶⁶. Zdobyte przez armię ukraińską dowody rzeczowe potwierdzają, że np. w dronach typu Orlan 10 stosowane są moduły pochodzące od producentów w Szwajcarii, Japonii czy USA. W innych

⁵⁹ *President of Belarus visits INTEGRAL. Industry trends of domestic microelectronics*, „News By”, 14.02.2025, <https://news.by/eng/news/prezident/president-of-belarus-visits-integral-industry-trends-of-domestic-microelectronics> (17.04.2025).

⁶⁰ Ch. Miller, *The Impact of Semiconductor Sanctions on Russia*, AEI April 2024, <https://aei.org/wp-content/uploads/2024/04/The-Impact-of-Semiconductor-Sanctions-on-Russia.pdf?x85095> (16.04.2025).

⁶¹ D. Canario da Cunha, *How has Russia circumvented sanctions?*, „Pideeco”, 4.07.2024, <https://pideeco.be/articles/how-russia-circumvented-sanctions/> (16.04.2025).

⁶² Ibidem

⁶³ Ibidem.

⁶⁴ Ibidem.

⁶⁵ S. Feldstein, F. Brauer, *Why Russia...*, op. cit., (16.04.2025).

⁶⁶ Ibidem.

systemach uzbrojenia, takich jak ciężarówki wojskowe, IFV, czołgi, samoloty, broń strzelecka czy zestawy obrony przeciwlotniczej/przeciwrakietowej BUK oraz S-300 odnaleźć można wyroby takich firm jak włoska firma Iveco, francuska Thales czy niemieckie ZF i Bosch⁶⁷.

Rosja wydaje na import półprzewodników i wyrobów elektronicznych rocznie kilkanaście miliardów USD, czyli kwoty tego rzędu, ile wynoszą dochody ze sprzedaży ropy naftowej. Zarazem rosyjski przemysł liczy się w wyścigu technologicznym w zaledwie 1-2 tzw. krytycznych technologiach, podczas gdy ChRL znajduje się w czołówce w rozwoju 37 takich technologii⁶⁸. I to tutaj USA na dłużą metę postrzegają swojego rywala.

Amerykanie świadomie i systematycznie przenosili produkcję układów scalonych do państw Azji Wschodniej i Południowo-Wschodniej od lat 60. XX w. Firmy tajwańskie czy japońskie uczyły się know-how od Texas Instruments czy Fairchild Semiconductor (Schlumberger). Zasada przyświecająca USA polegała na tym, by przenosić te działy, które wymagają produkcji mniej specjalistycznej. Najpierw na Wschód trafiły dlatego pamięci trwałe i pamięci masowe, potem procesory, zaś takie działy jak produkcja maszyn do wytwarzania i testowania układów scalonych, a także projektowanie układów scalonych do dzisiaj stanowią pilnie strzeżoną domenę USA i kilku firm w innych częściach świata (w USA: Lam Research, Applied Materials, KLA). Spadek udziału USA w globalnej produkcji półprzewodników z 37% w 1990 r. do 13% w 2022 r. nie oznacza, że wprost proporcjonalnie spadł udział USA w wytyczaniu trendów i dyktowaniu kierunku rozwoju nanoelektroniki⁶⁹. W 2022 r. ChRL posiadała udział w wytwarzaniu sprzętu używanego w litografii oraz w projektowaniu układów scalonych na poziomie 1-2%, zaś partycypacja USA w tych obszarach to ponad jedna trzecia światowej puli⁷⁰. Podatność Chin na embargo amerykańskie w niektórych wąskich gardłach jest olbrzymia. Przykładowo, 95% chińskich serwerów obsługujących rozwiązania IA napędzanych jest procesorami NVidia⁷¹.

Najbardziej niebezpieczne dla USA nie są działania chińskiego wywiadu, ukierunkowane na kradzież tej czy innej technologii, lecz zakamuflowane przejęcia całych przedsiębiorstw, jak to miało miejsce np. w 2016 r., gdy udziały brytyjskiego producenta procesorów do urządzeń telefonii komórkowej Arm przejął japoński Softbank, odsprzedając następnie pakiet kontrolny chińskiej grupie kapitałowej (technologię Arm naśladuje w ChRL firma Phytium, zainteresowana z oczywistych względów w poznaniu bliżej planów Arm)⁷². Na marginesie należy jednak

⁶⁷ B. Mirosznichenko, D. Denkov, *A broken embargo. How Russia circumvents sanctions on weapons imports*, „Ukrainska Pravda”, 25.04.2022, <https://www.pravda.com.ua/eng/articles/2022/04/25/7341956/> (16.04.2025).

⁶⁸ A.A.Akajew, T.C.Dewezas, W.W.Korablow, A.I. Sarygułow [A.A.Акаев, Т.К.Девезас, В.В.Кораблѐв, А.И. Сарыгулов], *Kriticzeskije tiechnologii i pierspiektiwu razwitija Rossii w usłowijach ekonomiczeskich i tiechnologiczeskich ograniczenij* [Критические технологии и перспективы развития России в условиях экономических и технологических ограничений], „Terra Economicus” 2024 22(2), DOI: 10.18522/2073-6606-2024-22-2-6-21, s. 7-8.

⁶⁹ Ch. Miller, *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*, London 2022, s. 177, passim.

⁷⁰ Ibidem, s. 249.

⁷¹ Ibidem, s. 286.

⁷² Ibidem, s. 260.

zwrócić uwagę, że i amerykańskie spółki (w tym technologiczne) wpuszczone zostały na rynek chiński, nabywając niebagatelne udziały w takich firmach jak Tencent, Baidu czy Alibaba⁷³.

Problem relacji chińsko-amerykańskich nie polega jednak tylko na różnicy kosztów produkcji w obu krajach czy na utracie (do pewnego stopnia kontrolowanej) prymatu USA w niektórych krytycznych technologiach. Problem, jak zauważa Chris Miller, polega na tym, że oba kraje czerpały korzyści ze współpracy, a firmy amerykańskie oraz tajwańskie są powiązane łańcuchami dostaw z firmami chińskimi⁷⁴. Rywalizacja amerykańsko-chińska ma cechy rywalizacji amerykańsko-japońskiej z lat 80. i 90. XX w.⁷⁵.

W 2018 r. administracja amerykańska ogłosiła pakiet pierwszych restrykcji oraz podwyższonych taryf celnych importowych (25%), którymi dotknięte zostały przede wszystkim prywatna (formalnie) firma Huawei oraz państwowa ZTE. Obie firmy umacniały wówczas swoją światową pozycję na globalnym rynku technologii 5G. Kolejne sankcje oraz nowe taryfy celne dotyczące branży mikroelektroniki chińskiej wdrożone zostały w 2019 r.⁷⁶ W kolejnych latach Amerykanie zaczęli wywierać większą presję na UE i Japonię i w 2023 r. skutecznie zablokowali eksport technologii litografii typu EUV/DUV, którą dysponowała holenderska firma ASML i japońska Tokyo Electron⁷⁷.

Zarówno UE, jak i USA podjęły też w ostatnich latach wysiłki na rzecz zagwarantowania bezpieczeństwa łańcuchów dostawy (w USA Chips and Science Act z 2022 r., w UE Chip Act z 2022 r.), zmierzające do rozbudowy infrastruktury przemysłowej niezależnej od ChRL. Polska jako kraj UE i zarazem NATO, a także członek wielu reżimów kontroli zbrojeń, musi ustosunkować się do tych aksjomatów, nawet jeśli nie w każdym przypadku prawo międzynarodowe obliuguje ją do ich bezwzględnego przestrzegania.

Dwa scharakteryzowane powyżej geopolityczne procesy nie wyczerpują katalogu zagrożeń dla integralności embarga. Skomplikowany konflikt bliskowschodni, w którym obozy są dużo mniej przejrzyste niż w wyżej wymienionych, stwarza dla polskiej elektroniki również pewne ryzyko. Jako główny aktor, zainteresowany dostępem do technologii o podwójnym zastosowaniu (np. wykorzystywanych w konstrukcji dronów), występuje tu Islamska Republika Iranu⁷⁸. Do tego dochodzą inne źródła zagrożeń, wynikające z procesów, w których aktorem jest też EU, jak np. rywalizacja o złoża minerałów i metali wykorzystywanych w produkcji półprzewodników, baterii etc.

⁷³ W. Ma, *China's Mobile Economy. Opportunities in the largest and fastest information consumption boom*, b.m.w. 2017, s. 60-61.

⁷⁴ Ch. Miller, *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*, London 2022, s. 301.

⁷⁵ Ibidem, s. 102 passim.

⁷⁶ S. Donnelly, *Semiconductor and ICT Industrial Policy in the US and EU: Geopolitical Threat Responses*, „Politics and Governance“ 2023, 11 (4), s. 129-132, <https://doi.org/10.17645/pag.v11i4.7031>.

⁷⁷ O. Hrynkiv, S. Lavrijssen, *Not trading with the enemy: The case of computer*, „Journal of World Trade“ 2024 58(1), s. 65.

⁷⁸ *US Sanctions Network For Illicit Supply Of Drone Parts To Iran*, Iran International Newsroom, 20.12.2023, <https://www.iranintl.com/en/202312208965> (21.08.2025).

ZABEZPIECZENIE PRZEPISAMI PRAWA: UE I POLSKA

W ujęciu podmiotowym pytanie o rolę sankcji dla branży mikroelektroniki i IT w Polsce można rozpatrywać poprzez analizę motywów, zakresu i efektu działania państw oraz organizacji międzynarodowych regulujących handel. Będą to zatem tacy aktorzy, jak zwłaszcza USA (wytwarzające większość globalnej wiedzy i know-how), ChRL, inne duże państwa, a także instytucje międzynarodowe i stowarzyszenia państw, powołane do kontroli zbrojeń (Wassenaar Arrangement, Missile Technology Control Regime⁷⁹, a w mniejszym stopniu: Zangger Committee, Nuclear Suppliers Group, Australian Group – ta ostatnia ds. przestrzegania konwencji o broni chemicznej i biologicznej CWC/BWC. Warto dodać, że członkiem większości wspomnianych reżimów jest także FR, co do pewnego stopnia ogranicza skuteczność regulacji i procedur opracowanych i implementowanych poprzez te formaty.

Trudno wskazać jakiś konkretny moment, w którym państwa NATO i niektóre kraje Azji powróciły do bardziej rygorystycznego traktowania kontaktów handlowych, po tym jak początek lat 80. przyniósł w tej materii znaczące rozluźnienie w odniesieniu do ChRL, zaś początek lat 90. w odniesieniu do Rosji. Niewątpliwie uplasowanie się ChRL na drugim miejscu w rankingu PKB ok. 2010 r. było tutaj bardziej symbolicznym niż faktycznym przełomem. Już w 2009 r. niektóre agencje UE wskazywały na konieczność zacieśnienia kontroli przepływu technologii do ChRL⁸⁰. W przypadku Rosji przełomem był kryzys polityczny w Ukrainie w 2013 r. i aneksja Krymu rok później. W tym też mniej więcej okresie UE reguluje wiele kluczowych obszarów związanych z bezpieczeństwem i cyfryzacją (European Defense Technologies and Industrial Base/2013, Electronic Identification, Authentication, and Trust Services/2014, Digital Single Market/2015).

Przełomowe dla kodyfikacji polityki eksportu dóbr podwójnego zastosowania przez kraje UE było Rozporządzenie Rady (UE) nr 428 z 5 maja 2009 r. ustanawiające wspólnotowy system kontroli wywozu, transferu, pośrednictwa i tranzytu w odniesieniu do produktów podwójnego zastosowania i Rozporządzenie Rady (UE) nr 1061/2009 z 13 października 2009 r. ustanawiające wspólne reguły wywozu (była to nowelizacja podobnego aktu EWG z 1969 r.). W UE działa grupa koordynacyjna ds. produktów podwójnego zastosowania.

W Polsce korpus prawa obejmujący kontrolę eksportu wykrystalizował się na dobre dopiero po wstąpieniu do NATO. Znaczenie dla regulacji tej sprawy miało też przekształcenie sektora zbrojeniowego z postaci w pełni upaństwowionej (Centralny Zarząd Inżynierii/Cenzin) w PRL do bardziej zdecentralizowanej, aczkolwiek także zdominowanej przez udziały skarbu państwa PHZ Sp. z o.o./PHO Sp. z o.o. i skonsolidowanej PGZ S.A.

Kluczowe akty prawne to: ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. o obrocie z zagranicą towarami, technologiami i usługami o znaczeniu strategicznym dla bezpieczeństwa państwa, a także dla utrzymania międzynarodowego pokoju i bezpieczeństwa, a także ustawa z 22 czerwca 2001 r. dotycząca

⁷⁹ *Handwörterbuch Internationale Politik*, red. W. Woyke, Bonn 2004, s. 439-440.

⁸⁰ S. Donnelly, op. cit., s. 132-135.

działalności gospodarczej w zakresie produkcji i obrotu bronią i materiałami wybuchowymi (w latach 2003-2015 koncesje na obrót specjalny pozyskało w Polsce 1240 firm)⁸¹.

Na podstawie ustawy z 29 listopada 2000 r. wraz z późniejszymi nowelami, eksporter lub pośrednik uzyskać może, w zależności od potrzeb, unijne zezwolenia generalne na obrót niektórymi rodzajami broni, a także krajowe zezwolenia generalne (na obrót bronią) oraz indywidualne (wydawane zawsze dla jednego eksportera odnośnie jednego lub więcej towarów wysyłanych do jednego importera) i globalne (wydawane zawsze dla jednego eksportera odnośnie jednego lub więcej towarów wysyłanych do jednego lub więcej importerów) pozwolenia na handel produktami podwójnego zastosowania⁸².

Kontrola procederu handlu produktami strategicznymi leży w gestii ministra właściwego dla gospodarki (obecnie Minister Rozwoju i Technologii), który to wydaje stosowne decyzje administracyjne, udziela zezwoleń i je cofa, kierując się opiniami ABW, MSW, MSZ, Ministerstwa Finansów, SKW, SWW, AW czy Polskiej Agencji Atomistyki. Szczególna funkcja przypada ABW, która na wniosek eksportera wydaje tzw. świadectwa wiarygodności odbiorcy⁸³. Przy wydawaniu decyzji dotyczących eksportu towarów strategicznych organy kontrolno-opiniujące kierują się m.in. prawami człowieka, bezpieczeństwem publicznym i narodowym RP, UE i NATO, zagrożeniami terrorystycznymi i in.⁸⁴

Wśród kar grożących osobom fizycznym sprzedającym towary podmiotom objętym sankcjami handlowymi, znajdują się: kara pozbawienia wolności od 1 do 10 lat (art. 33 KK), a także kary pieniężne w wysokości 50 tys. - 200 tys. zł (art. 34-35 KK)⁸⁵. Inne formy represji to cofnięcie koncesji czy wykreślenie z rejestru działalności regulowanej⁸⁶.

Na eksporterze ciąży obowiązek okazania stosownych zezwoleń przy odprawie celnej. Gromadzi on ponadto dokumentację ewidencyjną i rejestracyjną, przechowuje opisy produktów, adresy i nazwy przewoźników i odbiorców, a także końcowych użytkowników⁸⁷. Polski przedsiębiorca ma możliwość zapoznania się z procedurami, związanymi z eksportem towarów i usług

⁸¹ Za: M. Dela, *Obowiązki ewidencyjne i informacyjne koncesjonariusza w zakresie obrotu bronią i amunicją*, „Przegląd Bezpieczeństwa Wewnętrznego” 2016, 15(8), s. 113; Uzupełnieniem są: rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 13 maja 2013 r. w sprawie zakresu informacji przekazywanych organowi kontroli obrotu przez podmiot dokonujący obrotu towarami o znaczeniu strategicznym w ramach zezwoleń generalnych, a także rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 19 maja 2014 r. w sprawie krajowego zezwolenia generalnego wraz z wykazem uzbrojenia, oraz rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z 4 czerwca 2024 r. w sprawie wykazu uzbrojenia, na obrót którym jest wymagane zezwolenie. System ochrony polskiego rynku dopełnia ustawa z dnia 1 marca 2018 r. o przeciwdziałaniu praniu pieniędzy oraz finansowaniu terroryzmu.

⁸² S. Gładysz, *Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego w systemie ochrony obrotu strategicznego*, „Przegląd Bezpieczeństwa Wewnętrznego” 2016, 15(8), s. 32-33.

⁸³ Ibidem, s. 40-42.

⁸⁴ Na bieżąco aktualizowana jest także lista produktów uznanych za uzbrojenie, pogrupowanych zgodnie z ustawą z 22 czerwca 2001 r. w takie działy jak: wyroby pirotechniczne, wybuchowe i niebezpieczne, a także broń palna, broń inna, amunicja. Koncesje na handel wydaje MSW, przy opinii ABW i SKW. Kontrolą obrotu bronią zajmuje się minister właściwy do sprawy gospodarki i MON. S. Gładysz, op. cit., s. 43-45.

⁸⁵ Ibidem, s. 46-48.

⁸⁶ Ł. Lasek, A. Olejniczak-Michalska, S. Drozd, S. Feliniak, J. Krakowiak, *Międzynarodowe sankcje gospodarcze – przewodnik dla przedsiębiorców*, 21.03.2022, s. 7, <https://wardynski.com.pl/publikacje/opracowania/międzynarodowe-sankcje-gospodarcze-przewodnik-dla-przedsiębiorców> (17.04.2025).

⁸⁷ Por. Mirosław Dela, op. cit., s. 113-129.

dual-use. Witryny rządowe w sposób przejrzysty prezentują wymaganą dokumentację oraz zamieszczają komentarze odnośnie FAQ⁸⁸. Meandry handlu z podmiotami zlokalizowanymi w krajach objętych sankcjami tłumaczą też niektóre kancelarie prawne i inne instytucje publiczne⁸⁹.

Specjaliści reprezentujący kancelarię Wardyński i Wspólnicy podkreślają, że polscy przedsiębiorcy choć *de iure* nie muszą, to powinni brać pod uwagę, nie tylko sankcje UE, ale także USA (zwłaszcza Commerce Control List i Entity List, formułowane przez Bureau of Industry and Security przy departamencie handlu⁹⁰), gdyż mogą ponieść konsekwencje finansowe i karne, np. reeksportując towary wytworzone w USA, objęte embargiem USA (choć niezastrzeżone w obrocie handlowym w świetle prawa UE) do Iranu czy Kuby lub też realizując transakcje w dolarach amerykańskich z podmiotami, figurującymi na amerykańskich listach sankcyjnych⁹¹.

Każdy przedsiębiorca ma natomiast bezwzględny obowiązek, aby przed podpisaniem umów handlowych z kontrahentem ustalić:

1. czy państwo, do którego odbywa się eksport jest objęte sankcjami UE,
2. czy eksportowane produkty lub usługi są uwzględnione na listach uzbrojenia (krajowych), lub na liście podwójnego-zastosowania UE,
3. czy partner handlowy jest objęty sankcjami sektorowymi, finansowymi i in. jako osoba fizyczna lub prawna⁹².

Zauważmy, że śledzenie list osób prawnych i fizycznych objętych sankcjami przez UE jest proste. Wystarczy przejść krótką, standardową procedurę rejestracji na witrynie <https://sanctionsmap.eu/#/main> (zob. rys. 3).

Objęte embargiem produkty podwójnego zastosowania ujęte zostały w formie załącznika do Rozporządzenia delegowanego Komisji (UE) 2023/66 z 21 października 2022 r., zmieniającego Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/821 w odniesieniu do wykazu produktów podwójnego zastosowania.

Z punktu widzenia branży mikroelektroniki i ICT przedsiębiorca powinien zainteresować się zwłaszcza pozycjami: 3 (elektronika, w tym materiały takie jak krzem, german, tlenek galu i in.), 4 (komputery), 5 (telekomunikacja i ochrona informacji, w tym systemy nawigacji

⁸⁸ R. Pilarski, *Produkty podwójnego zastosowania. Co trzeba wiedzieć przed ich eksportem?*, 16.11.2021, [https://pytania.parp.gov.pl/component/content/article/75828;produkty-podwojnego-zastosowania-co-trzeba-wiedziec-przed-ich-eksportem#:~:text=Nazywane%20s%C4%85%20one%20produktami%20podw%C3%B3jnego%20zastosowania.%20W%20zale%C5%BCno%C5%9Bci,te%20o%20podw%C3%B3jnym%20zastosowaniu%3F%20Jak%20dokona%C4%87%20ich%20klasyfikacji%3F](https://pytania.parp.gov.pl/component/content/article/75828;produkty-podwojnego-zastosowania-co-trzeba-wiedziec-przed-ich-eksportem#:~:text=Nazywane%20s%C4%85%20one%20produktami%20podw%C3%B3jnego%20zastosowania.%20W%20zale%C5%BCno%C5%9Bci,te%20o%20podw%C3%B3jnym%20zastosowaniu%3F%20Jak%20dokona%C4%87%20ich%20klasyfikacji%3F;); <https://www.pcbc.gov.pl/pl/wazne-informacje/12-01-2023-nowy-wykaz-produktow-podwojnego-zastosowania>; <https://www.biznes.gov.pl/pl/portal/ou1349> (24.04.2025).

⁸⁹ DUAL USE czyli Towary podwójnego zastosowania, <https://ikmj.com/dual-use-zasady-obrotu/> (27.04.2025).

⁹⁰ Por. *Federal Register: Agencies – Industry and Security Bureau*, <https://www.federalregister.gov/agencies/industry-and-security-bureau> (03.05.2025).

⁹¹ Ł. Lasek, A. Olejniczak-Michalska, S. Drozd, S. Feliniak, J. Krakowiak, op. cit.

⁹² Ibidem.

satelitarnej, cyfrowe systemy uwierzytelniania i podpisu, a także tokeny i algorytmy kryptograficzne) oraz 6 (czujniki i lasery, wzmacniacze obrazu i dźwięku)⁹³.



Rysunek 3. Przykładowy wynik wyszukiwania dla frazy „JSC Integral” wytwarzającej układy scalone.
Źródło: EU Sanctions Map <https://sanctionsmap.eu/#/main> (24.04.2025).

PRAKTYKA OMIJANIA EMBARGA. PERSPEKTYWA HISTORYCZNA

Na styku procedury prawnej i fizycznej ochrony oraz współczesnych technologii transportu i komunikacji ulokować trzeba systematykę praktyk omijania embarga i szerzej sankcji, począwszy od korupcji i wykorzystywania firm słupów do nielegalnych transakcji, a na atakach cybernetycznych ukierunkowanych na kradzież danych kończąc.

Od przełomu lat 80. i 90. XX w. uwarunkowania psychiczne i społeczne człowieka (urzędnika, pracownika), podatnego na korupcję na skutek zaistnienia któregoś z czynników kompleksu MICE (Money, Ideology, Compromise, Ego), nie uległy zmianie. Rewolucyjne zmiany dokonały się jednak w obszarze transportu rzeczy (drony), transferu danych (komunikacja satelitarna, kablowa i radiowa, cloud computing⁹⁴), a także technologii monitorowania ruchu ludzi i rzeczy (CCTV, GPS). Powstały metody hybrydowe, dzięki którym za pomocą kanału transfery danych można *de facto* przenosić rzeczy (druk 3D). Dane empiryczne stanowiące dowód nielegalnych działań państw mogą zbierać teraz zwykli użytkownicy internetu, śledząc ruchy samolotów czy statków handlowych⁹⁵.

Na przykładzie PRL widzimy, w jaki sposób w Polsce omijano takie procedury jak pre-license check czy postshipment check, realizowane przez personel ambasady USA w Polsce: 1) przenosząc np. zakupione w USA maszyny z jednej fabryki (produkującej na rynek cywilny) do innej (posiadającej dział produkcji specjalnej); 2) czy np. demontując linię technologiczną, sprzedaną przez Japonię państwu trzeciemu, nieobjętemu embargiem, i przenosząc ją do objętej

⁹³ Fraza: Exporting dual-use items - European Commission, <https://policy.trade.ec.europa.eu/17.04.2025> (24.04.2025).

⁹⁴ Y. Diogenes, E. Ozkaya, *Cyberbezpieczeństwo. Strategie ataku i obrony. Jak osiągnąć najwyższy możliwy stan zabezpieczeń systemu informatycznego*, Gliwice 2023, s. 23-41.

⁹⁵ R. Baker, *Prawdziwa głębia Osint. Odkryj wartość danych open source intelligence*, tłum. P. Rakowski, Gliwice 2024, s. 302-318, 336-374.

embargiem Polski, 3) albo zakupując dokumentację techniczną w krajach Afryki, pozostających w dobrych relacjach z USA, 4) czy w końcu pozyskując certyfikaty ostatecznego odbiorcy w krajach arabskich albo Indiach⁹⁶. Część tych praktyk w zmodyfikowanej formie występuje na świecie zapewne także dzisiaj.

Zgromadzone w archiwum IPN dokumenty służb specjalnych PRL są jednak pod niektórymi względami rozczarowujące dla badacza. Brakuje tam w szczególności dokumentacji związanej z transferem dóbr, takiej jak listy przewozowe, faktury, deklaracje ostatecznego odbiorcy. Dominują natomiast sprawozdania, notatki, plany i szeroko pojęta dokumentacja pracy z osobowymi źródłami informacji. Bardzo rzadko spotykamy przejętą od agentów dokumentację techniczną (konstrukcyjną) i technologiczną czy dane techniczno-ekonomiczne. Materiały te na ogół *in extenso* trafiały do Polski odbiorców – przedsiębiorstw, instytutów i OBR, w których to archiwach zakładowych, być może nadal dałoby się część z nich odnaleźć, jeśli tylko nie zostały wybrakowane.

Współczesne dane tej kategorii są mocno wybiórcze z uwagi na politykę bezpieczeństwa w państwie. Ujawnione przez służby, zwłaszcza KAS i ABW, przypadki naruszeń sankcji nie są na ogół podawane do opinii publicznej, zwłaszcza jeśli do wykrycia takich nielegalnych procederów doszło na skutek wykorzystania techniki operacyjnej oraz źródeł osobowych. Siłą rzeczy zatem dane tego typu pochodzą ze śledztw dziennikarskich, względnie kontrolowanych przecieków, mających na celu profilaktykę i budowanie świadomości u przedsiębiorców.

Do naruszenia embarga dochodzić może wtedy, gdy przedsiębiorca (zarząd) świadomie podpisze kontrakt na dostarczenie towarów lub usług objętych sankcjami, partnerowi handlowemu (ewentualnie za pomocą firmy-słupa), zdając sobie sprawę, że łamie prawo. Zawsze oczywiście transakcja taka będzie obciążona ryzykiem, gdyż jest grą z niepełną informacją dla sprzedającego i kupującego. Nagrodą dla sprzedającego jest wysoka marża, wynikająca z potrzeb kupującego.

Druga grupa przepływów nielegalnych to sytuacja, w której dochodzi do skorumpowania pracownika wyższego, średniego lub niższego szczebla przedsiębiorstwa, w tym pozyskanie takiego pracownika do współpracy przez inne przedsiębiorstwo lub przez służby specjalne innego państwa. Chińczycy (np. firma SMIC) stosują „drenaż mózgow” (human capital flight), polegający na przyciąganiu specjalistów, czy to z Zachodu, czy z państw regionu Azji, jak Japonia czy Tajwan, oferując bardzo korzystne warunki zatrudnienia, w zamian za „konsultacje”⁹⁷.

Trzecia możliwość to kradzież technologii kanałami technicznymi przez służby specjalne lub grupy przestępcze pozostające w łączności i działające na rzecz innych państw.

Jeśli chodzi o formę to nielegalny transfer technologii może się też odbywać w świetle penalizujących go przepisów prawa poprzez środki komunikacji zdalnej, takie jak np. urządzenia telefonii mobilnej, przetwarzanie w chmurze, videokonferencje, rozmowy telefoniczne oraz

⁹⁶ M. Sikora, *Black Box. Wywiad jako instrument transferu technologii i wsparcia decyzji ekonomicznych w PRL 1955-1990*, Katowice-Warszawa 2021, s. 588-599, 741-754.

⁹⁷ Ł. Gacek, *Nowe źródła wzrostu gospodarczego Chin: wiedza i innowacje*, „Roczniki Humanistyczne” 2018, LXVI (9), s. 25, <http://dx.doi.org/10.18290/rh.2018.66.9-1>.

dialog prowadzony poprzez komunikatory etc.⁹⁸. Państwa zainteresowane ominięciem embarga mogą usiłować dotrzeć do osób znających know-how poprzez wystawy, szkolenia, konferencje i seminaria.

Jeszcze inny wariant, ukierunkowany na tzw. reverse engineering, to zakupy małych ilości podzespołów czy pojedynczych egzemplarzy urządzeń przez osoby prywatne, lub małe niepozorne firmy⁹⁹. Część nielegalnych metod przewiduje pasywną postawę firmy – ofiary kradzieży, zaś część zakłada współpracę tej firmy, stwarzając perspektywę osiągnięcia wyniku win-win. Ten w sensie rynkowym korzystny dla obu firm (posiadającej technologię i zainteresowanej nabyciem technologii) wynik oznacza jednak stratę jednego z państw, gdy za punkt odniesienia przyjąć interesy państwowe i bezpieczeństwo narodowe.

STRATEGIE I HIPOTETYCZNE MODELE ZACHOWAŃ

Interesujące nas tutaj ujęcie behawioralne sprowadza się do napięcia, jakie powstaje pomiędzy państwowym imperatywem bezpieczeństwa a społecznym imperatywem wolnego rynku oraz międzynarodowego podziału pracy. Dylemat taki obserwowaliśmy np. w latach 60. i 70. XX wieku, gdy państwa Europy Zachodniej (przy oporze ze strony USA) zdecydowały się porozumieć z ZSRS, przekazując Moskwie objęte embargiem technologie wydobycia i przesyłu węglowodorów w zamian za tańszą energię. Identyczne kontrowersje na linii UE – USA wystąpiły w XXI na tle budowy rurociągów Nord Stream 1 i 2.

Interesujące próby zastosowania matematyki do rozwiązania dylematów decyzyjnych dotyczących handlu państw wysokorozwiniętych z państwami gorzej rozwiniętymi (Northern Innovator vs Southern firms) w zakresie technologii mikroelektronicznych podjęli ostatnio specjaliści południowokoreańscy. Za przykład posłużyła tu m.in. technologia 5G i światowy oligopol, zdominowany przez firmy, takie jak amerykańska Qualcomm czy chiński Huawei. Eksperci konkludują, że eksportowanie wysokiej jakości sprzętu przez kraj innowacyjny (w domyśle USA) opłaca się bardziej gospodarce tego kraju niż tworzenie barier w dostępie do tych technologii rywalom z gospodarek znajdujących się na niższym szczeblu technologicznym (Huawei). Blokady działają bowiem zachęcająco na uniezależnienie się od kraju innowacyjnego, który w ten sposób na dłuższą metę traci atut wynikający z dyktowania trendów i uzależniania od nich swoich potencjalnych rywali¹⁰⁰.

⁹⁸ S. Gładysz, op. cit., s. 30.

⁹⁹ R. Szkutak, *Chinese buyers are getting Nvidia Blackwell chips despite US export controls*, 3.03.2025, <https://techcrunch.com/2025/03/03/chinese-buyers-are-getting-nvidia-blackwell-chips-despite-u-s-export-controls/> (17.04.2025).

¹⁰⁰ Yoonho Choi, E. Kwan Choi, *Selling High-Tech Inputs to the Enemy*, CESifo Working Papers, The international platform of Ludwigs-Maximilians University's Center for Economic Studies and the ifo Institute, 8886 (2021), s. 1-34.

Rozważmy zatem następującą prostą grę tzw. dwuosobową, pozbawioną elementu losowego, rozgrywaną się pomiędzy dwoma przedsiębiorstwami o nierównych potencjałach¹⁰¹. Strony negocjują sprzedaż technologii produkcyjnej (licencji, know-how) przez firmę A firmie B. Firma A posiada siedzibę na terenie państwa X, zaś firma B na terenie państwa Y. Wychodzimy tutaj z założenia, że celem państwa X, Y jest bezpieczeństwo, którego jednym z podstawowych warunków jest powiększenie i utrzymanie przewagi technicznej (państwo X) lub jej uzyskanie/odzyskanie (państwo Y). Celem firmy A, B jest zaś zysk, który osiąga się na ogół poprzez modernizację (polepszenie konkurencyjności oferty) i zdobywanie klientów, w tym niekiedy kosztem bezpieczeństwa. Ma to miejsce wówczas, gdy kapitał na ową modernizację pozyskuje się poprzez zbyt produktów i rozwiązań na rynku państwa zagrażającego bezpieczeństwu państwa gospodarza-firmy. Zakładamy, że nie istnieją żadne obiektywne stałe, które państwo czy firma chce osiągnąć. Celem jest różnica potencjałów na korzyść państwa/firmy w stosunku do innych państw/firm.

Gra ma sumę niezerową (zmienną), jest sekwencyjna i rozgrywa się na osi czasu. A zyskując kapitał (marżę) ze sprzedaży, traci przejściowo przewagę (bezpieczeństwo), którą odbudowuje z czasem dzięki zyskowi (inwestycja). B „traci” kapitał (inwestycyjny), ale zyskuje szybką redukcję zaległości (technologicznej) i poprawia bezpieczeństwo.

Wejście w proces negocjacji oznacza, zgodnie z założeniami Alana Fowlera, istnienie konfliktu i odmiennych celów (każda strona chce kształtować różnicę potencjałów kapitałowych/bezpieczeństwa na swoją korzyść), ale także pewnej wzajemnej zależności obu podmiotów (które niejako są na siebie skazane). Stąd wynika, że o ile A jest w lepszej sytuacji, gdyż przewaga będzie zachowana w przypadku nie-zawarcia kontraktu, o tyle B może zastosować strategię 3 (zob. tabela), będącą *de facto* jej tzw. BATNA (Best Alternative to Negotiated Agreement)¹⁰².

Biorąc pod uwagę, że obie firmy produkują także na potrzeby użytkowników wojskowych w dwóch różnych państwach, pozostających ze sobą w stanie rywalizacji, to rozpatrzyć można następującą tabelę wypłat dla (wartość A, wartość B), przy czym potencjał $A > B$, w związku z czym determinacja do zawarcia umowy $B > A$ (zob. tab. 1).

Tabela 1. Przykładowa tabela wypłat (macierz) dla dwóch graczy po trzy decyzje (strategie)

	Firma B (biorca)		
	Strategia 1: Kontrakt (także nielegalny) – szybka redukcja luki technologicznej	Strategia 2: Brak kontraktu – samodzielna, długotrwała redukcja, groźba powiększenia luki	Strategia 3: Brak kontraktu – kradzież technologii (pomoc państwa Y)

¹⁰¹ Na temat metodologii teorii gier o stałej i zmiennej, gier niekooperacyjnych i kooperacyjnych zob. P.D. Straffin, *Teoria gier*, tłum. J. Haman, Warszawa 2006; R. Laraki, J. Renault, S. Sorin, *Teoria gier. Podstawy matematyczne*, tłum. T. Lewandowski, Warszawa 2022.

¹⁰² Na temat struktury procesu negocjacji zob. R.J. Lewicki, D.M. Saunders, B. Barry, *Zasady negocjacji*, tłum. M. Baranowski, Poznań 2018, E. Roszkowska, *Wybrane modele negocjacji*, Białystok 2011.

Firma A (dawca)	Strategia 1: Brak kontraktu - przewaga technologiczna, brak zysku, ryzyko utraty przewagi w wyniku działań nielegalnych (kradzież)	(0,0)	(0,-1)	(-1,1)
	Strategia 2: Kontrakt legalny (autoryzowany przez państwo) – zysk kapitałowy, zmniejszenie przewagi tech.	(2,2) – wariant win/win	(0,-1)	(-1,1)
	Strategia 3: kontrakt nielegalny (państwo X traci bezpieczeństwo) – zysk kapitałowy, zmniejszenie przewagi tech., ryzyko dla kierownictwa firmy	(1,2) – wariant win/win (jednak firma A ponosi ryzyko utraty zaufania władz państwa X)	(0,-1)	(-1,1)

Źródło: opracowanie własne

Firma B będzie grała strategię 1 lub 3 (jeśli gra będzie sekwencyjna i powtarzalna, to właśnie w takiej kolejności), firma A zaś zagra strategię 2, ewentualnie 1, ale także strategia 3 może być dla niej korzystna i to w zapobieżeniu tej strategii leży istota zadań stawianych przed administracją państwa, w tym przed służbami specjalnymi. Tzw. punktem siodłowym, w którym dochodzi do optymalnej koniunktury interesów obu stron może być konfiguracja A2-B1, ewentualnie A3-B1. Ten ostatni scenariusz jest przy tym istotą rozważanego tu problemu.

W eksperymencie tym można by uwzględnić jeszcze wiele zmiennych, a także zaprezentować wyniki w formie drzewa decyzyjnego z iterowanymi wynikami negocjacji, oczywiście, gdy nadamy im powtarzalny charakter. Gra może występować w wersji kooperacyjnej i niekooperacyjnej.

W rzeczywistości decyzje firm mają często przebieg symultaniczny i podejmowane są w dynamicznym otoczeniu geopolitycznym, w którym współwystępują dziesiątki makro-czynników i setki, a nawet tysiące mikro-czynników, np. możliwość zawarcia przez B legalnego lub nielegalnego kontraktu z inną firmą niż A.

Niestety nie są obecnie dostępne publicznie dane empiryczne (historyczne), które pozwoliłyby w oparciu o ten model teoretyczny przeanalizować postawę kierownictwa polskich firm elektronicznych na przestrzeni minionych lat. Teoretycznie dane takie zebrać można np. stosując metody nieformalnego ankietowania i pozyskiwania relacji od przedsiębiorców. W ten sposób zgromadzić można chociażby informacje statystyczne, obrazujące skalę incydentów korupcyjnych czy zidentyfikowanych prób przeniknięcia do tajemnic produkcji.

PODSUMOWANIE I PERSPEKTYWY

Celem tej refleksji naukowej było ustalenie sytuacji i „skalibrowanie” ogólnej pozycji polskiego przemysłu elektronicznego w kontekście restrykcji handlowych państw UE i NATO. Efektem poznawczym analizy może być poniższa konkluzja: Polski przemysł elektroniczny (i szerzej IT) składa się z kilkuset przedsiębiorstw (mniej niż pół tysiąca) i uwzględnia większość dziedzin działalności na rynku (w zakresie Back-End – Front-End). Są na nim obecne nie tylko rodzime firmy, ale także wielkie korporacje. Przemysł ten funkcjonuje na chwilę obecną (2025 r.) w trybach pokojowych, jednak w warunkach wciąż eskalującej polityki sankcji, tak ze strony UE, jak i państw NATO. Podobnie jak inne przemysły narodowe na całym świecie, zdeterminowany jest takimi czynnikami globalnymi jak: rywalizacja amerykańsko-chińska w zakresie nowych technologii, wojna na Ukrainie i inne procesy globalizacyjne. Polskie firmy straciły część rynku na skutek eskalacji konfliktu Rosji z Ukrainą w 2022 r. (co pokazuje przykład Wilk Elektronik). Badania zachodnich think-tanków sugerują, że nie tylko firmy z rejonu Bliskiego Wschodu i także Azji Środkowej, ale także z Europy, podatne są na oferty FR, zmierzające do ominięcia embarga. Z uwagi na ochronę informacji niejawnych dostęp do danych statystycznych na temat zachowań polskich firm wobec prawdopodobnych ofert korupcyjnych nie jest na chwilę obecną możliwy.

Zachowanie się polskich firm w warunkach podatności na nielegalne oferty handlowe ze strony podmiotów państwowych i prywatnych, powiązanych z państwami autorytarnymi, można analizować – i do pewnego stopnia przewidywać – posiłkując się doświadczeniami historycznymi (spory pomiędzy krajami NATO na tle stosowania sankcji wobec ZSRR, a potem Rosji czy ograniczeń w kontaktach z ChRL). Reakcje kierownictwa firm dają się rozpatrywać także w kategoriach teorii gier, tworząc proste modele alternatywnych strategii, stosowanych w warunkach ścierania się ze sobą dwóch sił: interesu (bezpieczeństwa) państwa i wolnego rynku. Ta pierwsza siła objawia się poprzez korpus prawa, ta druga poprzez posiadające również długą tradycję nielegalne praktyki. W ramach modelu gry dwuosobowej wskazano powyższy scenariusz groźnych – z punktu widzenia bezpieczeństwa państwa – interakcji firm zarejestrowanych i prowadzących działalność w Polsce.

Polski przemysł elektroniczny – podobnie zresztą jak np. przemysł niemiecki – staje się aktorem gry prowadzonej przez USA z FR i ChRL i będzie nim zapewne w najbliższych kilkunastu latach. Polscy przedsiębiorcy są związani zarówno przepisami prawa krajowego, jak i europejskiego, a do pewnego stopnia prawa amerykańskiego (reeksport). Orientacja w zakresie kategorii dóbr podwójnego zastosowania oraz podmiotów objętych sankcjami ułatwiona jest poprzez publikowane na unijnych i polskich rządowych witrynach objaśnienia sposobu postępowania przy podpisywaniu kontraktów z partnerami, których wiarygodność i intencje nie są oczywiste.

Biorąc pod uwagę obecną dynamikę w amerykańskiej polityce stosunkowo szybko może dojść do zmian formalno-prawnych (zmiany wartości taryf celnych, korekta list sankcyjnych tak przedmiotowa, jak i podmiotowa), jednak przeniesienie ośrodków produkcji to wciąż procesy

długotrwałe (np. z ChRL do Indii¹⁰³), wymagające żmudnych negocjacji w multilateralnym środowisku, czego najlepszym przykładem jest (niedokończona) historia fabryki Intel w Polsce.

Nie ma powodu by sądzić, że reżimy kontroli eksportu wraz z całym korpusem prawa przestaną w najbliższej dekadzie obowiązywać. Raczej należy spodziewać się inflacji przepisów w tej materii. Perspektywa budowy dużej, znaczącej strategicznie fabryki półprzewodników (pamięci, procesorów) w Polsce, jakkolwiek obecnie odleglejsza niż jeszcze kilka lat temu, pozostaje jednak w mocy. Uświadomienie sobie przez elity polityczne UE stopnia zależności od importu z ChRL i innych krajów spoza wspólnoty (USA, Japonia, Korea Południowa) elementów mikro- i nanoelektroniki wydaje się mieć nieodwracalne konsekwencje.

Obserwujemy rosnące znaczenie Holandii (ASML, Thales DIS/dawniej Gemalto) i Niemiec (zwłaszcza w ośrodkach Jena i Drezno/„silicon saxony”¹⁰⁴, a także Global Foundries, Infineon) jako europejskich hubów, do których i Polska być może będzie aspirowała.

Może nas też czekać rekonfiguracja w kierunkach przepływu technologii oraz w globalnym wzajemnym układzie rywali. Nie tylko wyścig pomiędzy USA i UE może się zaostrzyć, nie tylko konflikty interesów obu tych gospodarek z Chinami czy Rosją mogą eskalować, ale może także dojść do tarć pomiędzy nauką i biznesem Rosji i Chin, co pokazują ostatnie kontrowersje na tle własności intelektualnej do technologii obliczeń trójkowych (alternatywy dla systemu binarnego)¹⁰⁵.

BIBLIOGRAFIA

- Akajew Askar A., Dewezas Tessaleno C., Korablów Wadim W., Sarygułow Askar I. [Акаев А.А., Девезас Т.К., Кораблёв В.В., Сарыгулов А.И.]. 2024. „Kritičeskije tehnologije i perspektivy razwitiya Rossii w usłowijach ekonomiczeskich i tehnologičeskich ograniceń” [Критические технологии и перспективы развития России в условиях экономических и технологических ограничений], *Terra Economicus* 22(2): 6-21. DOI: 10.18522/2073-6606-2024-22-2-6-21.
- Belozyorov Sergey A., Sokolovska Olena. 2020. „Economic Sanctions against Russia: Assessing the Policies to Overcome their Impact”. *Ekonomika regiona [Economy of region]* 16 (4): 1115-1131. [https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-16\(4\):1115-1131](https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2020-4-16(4):1115-1131).
- Białoskórski Robert. 2020. „The global balance of power after the cold war. A powermetric approach. *Journal of Security and Sustainability Issues* 9(3): 1089-1104. [https://doi.org/10.9770/jssi.2020.9.3\(32\)](https://doi.org/10.9770/jssi.2020.9.3(32)).
- Biuletyn Statystyczny GUS nr 2. 2025. Warszawa: Główny Urząd Statystyczny.

¹⁰³ Ch. Miller, *US curbs on China chip industry offer an opening to India*, „The Economic Times. Tech”, 7.01.2025, <https://economictimes.indiatimes.com/tech/technology/indias-semiconductor-industry-could-play-key-role-as-global-supply-chains-shift-chris-miller/articleshow/116999895.cms> (24.04.2025).

¹⁰⁴ „Silicon Saxony” - Mehr als nur Chips, <https://standort-sachsen.de/de/standort-sachsen/branchenvielfalt/silicon-saxony-mehr-als-nur-chips> (24.04.2025).

¹⁰⁵ P. Czajkowski, *Huawei podobno ukradło rosyjską technologię obliczeń trójkowych. Opatentowali te same błędy*, 9.04.2025, https://ithardware.pl/aktualnosci/huawei_ukradlo_rosja_tehnologia_obliczen_trojkowych_opatentowali_bledy-40627.html (21.08.2025).

- Bragin Denis A. [Брагин Д.А.]. 2023. „Barjery rrealizacyi importozamieszczeniija w rossijskoj mikroelektronikie“ [Барьеры реализации импортозамещения в российской микроэлектронике]. КАНТ 4(49): 13-17. DOI: 10.24923/2222-243X.2023-49.3.
- Canario da Cunha Diogo. 2024. „How has Russia circumvented sanctions?“. Pideeco. W <https://pideeco.be/articles/how-russia-circumvented-sanctions/>.
- Centralny Ośrodek Informacji Gospodarczych. W https://www.coig.com.pl/spis-polskich-firm_katalog_polskich_firm.php.
- Choi Yoonho, Choi E. Kwan. 2021. „Selling High-Tech Inputs to the Enemy“. CESifo Working Papers, The international platform of Ludwigs-Maximilians University’s Center for Economic Studies and the ifo Institute 8886: 1-34.
- Cortada James W. 2012. *The Digital Flood. The Diffusion of Information Technology across the US, Europe and Asia*. New York: Oxford University Press.
- Czajkowski Paweł. 2025. Huawei podobno ukradło rosyjską technologię obliczeń trójkowych. Opatentowali te same błędy. W https://ithardware.pl/aktualnosci/huawei_ukradlo_rosja_technologia_obliczen_trojkowych_opatentowali_bledy-40627.html.
- Czubkowska Sylwia. 2021. Rusza polski proces o chińskie szpiegostwo. Po 2,5 roku przesłuchań najmocniejsza historia to ta... o ziemniaczkach. W <https://spidersweb.pl/plus/2021/05/szpiegostwo-proces-huawei-5g-menager-oficer-abw-chiny>.
- Dela Mirosław. 2016. „Obowiązki ewidencyjne i informacyjne koncesjonariusza w zakresie obrotu bronią i amunicją”. *Przegląd Bezpieczeństwa Wewnętrznego* 15(8): 113-129.
- Diogenes Yuri, Ozkaya Erdal. 2023. *Cyberbezpieczeństwo. Strategie ataku i obrony. Jak osiągnąć najwyższy możliwy stan zabezpieczeń systemu informatycznego*. Gliwice: Helion.
- Donnelly Shawn. 2023. „Semiconductor and ICT Industrial Policy in the US and EU: Geopolitical Threat Responses“. *Politics and Governance* 11(4): 129-139. <https://doi.org/10.17645/pag.v11i4.7031>.
- DUAL USE czyli Towary podwójnego zastosowania. W <https://ikmj.com/dual-use-zasady-obrotu>.
- Dziennikarskie śledztwo ujawnia. Te dwie firmy z Polski miały handlować z Rosją. 2024. *Business Insider*. W <https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/dziennikarskie-sledztwo-ujawnia-te-firmy-z-polski-mogly-handlowac-z-rosja/gymd440>.
- Edwards Paul N. 1996. *„The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America (Inside Technology)*. Cambridge/Ma, London.
- European Commission. W <https://policy.trade.ec.europa.eu/17.04.2025>.
- Federal Register: Agencies – Industry and Security Bureau. W <https://www.federalregister.gov/agencies/industry-and-security-bureau>.
- Feldstein Steven, Brauer Fiona. 2024. *Why Russia Has Been So Resilient to Western Export Controls*“. Carnegie Endowment for International Peace. W <https://carnegieendowment.org/research/2024/03/why-russia-has-been-so-resilient-to-western-export-controls?lang=en>.
- Firmy półprzewodnikowe, czyli jakie? – Grzegorz Kamiński wskazuje różnice oraz wyjaśnia, na czym polega produkcja front-end i back-end. 2024. W <https://mikrokontroler.pl/2024/04/15/firmy-polprzewodnikowe-czyli-jakie/>.
- Gacek Łukasz. 2018. „Nowe źródła wzrostu gospodarczego Chin: wiedza i innowacje”. *Roczniki Humanistyczne LXVI* (9): 5-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.18290/rh.2018.66.9-1>.

- Germann Julian, Rolf Steve, Baines Joseph, Starrs Sean Kenji. 2024. „A Chip War Made in Germany? US Techno-Dependencies, China Chokepoints, and the German Semiconductor Industry“. *Politics and Governance* 12(8265): 1-19. <https://doi.org/10.17645/pag.8265>.
- Giełda Papierów Wartościowych. W <https://www.gpw.pl/spolki>.
- Gładysz Sławomir. 2016. „Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego w systemie ochrony obrotu strategicznego”. *Przegląd Bezpieczeństwa Wewnętrznego* 15(8): 29-63.
- Grupa Asseco. W <https://pl.asseco.com/grupa>.
- Hrynkiv Olga, Lavrijsen Saskia. 2024. „Not trading with the enemy: The case of computer“. *Journal of World Trade* 58(1): 61-86.
- Intel będzie produkował półprzewodniki we Wrocławiu [materiał komercyjny]. 2023. W <https://businessinsider.com.pl/biznes/intel-bedzie-produkowal-polprzewodniki-we-wroclawiu/g567nlt>.
- Jasiulewicz Michał. 2024. Kontrola obrotu z zagranicą towarami, technologiami o usługami o znaczeniu strategicznym jako instrument realizacji polskiej polityki zagranicznej. auto-referat niepublikowany, w zbiorach autora.
- Jaworowska Monika. 2023. Jak ewoluowały technologie pakowania układów scalonych. *Elektronika B2B*. W <https://businessinsider.com.pl/biznes/intel-bedzie-produkowal-polprzewodniki-we-wroclawiu/g567nlt>.
- Kamiński Łukasz. 2009. *Technologia i wojna przyszłości. Wokół nuklearnej i informacyjnej rewolucji w sprawach wojskowych*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Kissinger Henry A., Schmidt Eric, Huttenlocher Daniel. 2021. *The Age of AI: And Our Human Future*. New York: Hodder And Stoughton Ltd.
- Laraki Rida, Renault Jerome, Sorin Sylvain. 2022. *Teoria gier. Podstawy matematyczne*, tłum. T. Lewandowski. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Lasek Łukasz, Olejniczak-Michalska Anna, Drozd Stanisław, Feliniak Stefan, Krakowiak Joanna. 2022. Międzynarodowe sankcje gospodarcze – przewodnik dla przedsiębiorców. W <https://wardynski.com.pl/publikacje/opracowania/miedzynarodowe-sankcje-gospodarcze-przewodnik-dla-przedsiębiorców>.
- Lewicki Roy J., Saunders David M., Barry Bruce. 2018. *Zasady negocjacji*, tłum. M. Baranowski. Poznań: Dom Wydawniczy Rebis.
- Ma Winston. 2017. *China's Mobile Economy. Opportunities in the largest and fastest information consumption boom*. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Meeting the espionage challenge: a review of United States counterintelligence and security programs. Report of the Select Committee on Intelligence. US Senat Washington, dostępne na podstawie FOIA. W <https://www.cia.gov/readingroom/document/cia-rdp87m01007r000100350010-8>.
- Menkes Marcin. 2011. *Stosowanie sankcji gospodarczych – analiza prawno-międzynarodowa*. Toruń: Wydawnictwo Adam Marszałek.
- Miller Chris. 2022. *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*. London: Scribner.
- Miller Chris. 2024. *The Impact of Semiconductor Sanctions on Russia*. AEI April 2024. <https://aei.org/wp-content/uploads/2024/04/The-Impact-of-Semiconductor-Sanctions-on-Russia.pdf?x85095>.

- Miller Chris. 2025. US curbs on China chip industry offer an opening to India. The Economic Times. Tech. <https://economictimes.indiatimes.com/tech/technology/indias-semiconductor-industry-could-play-key-role-as-global-supply-chains-shift-chris-miller/articleshow/116999895.cms>.
- Ming-Chin Monique Chu. 2008. Controlling the Uncontrollable. The Migration of the Taiwanese Semiconductor Industry to China and Its Security Ramifications. *China Perspectives* 1: 54-68. <http://journals.openedition.org/chinaperspectives/3343>. DOI: 10.4000/chinaperspectives.3343.
- Miroshnichenko Bohdan, Denkov Dmytro. 2022. A broken embargo. How Russia circumvents sanctions on weapons imports. *Ukrainska Pravda*, <https://www.pravda.com.ua/eng/articles/2022/04/25/7341956/>.
- O'Reagan Douglas, Fleming Lee. 2018. „The FinFET Breakthrough and Networks of Innovation in the Semiconductor Industry, 1980-2005: Applying Digital Tools to the History of Technology“. *Technology and Culture* 59(2): 251-288.
- Oermann Nils Ole, Wolff Hans Jürgen. 2020. „Wirtschaftskriege. Geschichte und Gegenwart“, Bonn.
- Ogończyk Arkadiusz. 2025. Rosja kończy prace nad archaiczną litografią 350 nm. Technologia z lat 90. w 2025 roku. W https://ithardware.pl/aktualnosci/rosja_archaiczna_litografia_350_nm_technologia-40297.html, dostęp 16.04.2025. <https://itwiz.pl/najwieksze-firmy-it-w-polsce-w-roku-2023-ranking-itwiz-best100/>.
- Perspektywy rozwoju branży półprzewodników w Polsce – raport. 2024. W <https://investmap.pl/perspektywy-rozwoju-branzy-polprzewodnikow-w-polsce-raport.a310425>.
- Pilarski Radosław. 2021. Produkty podwójnego zastosowania. Co trzeba wiedzieć przed ich eksportem?. W <https://pytania.parp.gov.pl/component/content/article/75828:produkty-podwojnego-zastosowania-co-trzeba-wiedziec-przed-ich-eksportem#:~:text=Nazywane%20s%C4%85%20one%20produktami%20podw%C3%B3jnego%20zastosowania.%20W%20zale%C5%BCno%C5%9Bci,te%20o%20podw%C3%B3jnym%20zastosowaniu%3F%20Jak%20dokona%C4%87%20ich%20klasyfikacji%3F>.
- PKD 2025 – Polska Klasyfikacja Działalności 2025. W klasyfikacje.gofin.pl/pkd2025.
- Polskie Centrum Badań i Certyfikacji. 2023. Od 12.01.2023 Nowy wykaz produktów podwójnego zastosowania. W <https://www.pcbc.gov.pl/pl/wazne-informacje/12-01-2023-nowy-wykaz-produktow-podwojnego-zastosowania>.
- Portal Rejestrów Sądowych. W <https://wyszukiwarka-krs.ms.gov.pl/dane-szczegolowe-podmiotu;numerKRS=pBINwnfhDY6rrRpAWXhLaQ%3D%3D;typ=P>.
- Poświadczenie oświadczenia końcowego użytkownika w obrocie towarów o znaczeniu strategicznym. 2025. W <https://www.biznes.gov.pl/pl/portal/ou1349>.
- ‘Półprzewodniki to złoto XXI wieku’. Rząd pracuje nad nową strategią po porażce z Intelem”. 2025. W <https://tvn24.pl/biznes/najnowsze/produkcja-chipow-w-polsce-minister-gawkowski-zaprezentowal-polityke-polprzewodnikowa-st8294759>.
- President of Belarus visits INTEGRAL. Industry trends of domestic microelectronics”. 2025. News By. W <https://news.by/eng/news/prezident/president-of-belarus-visits-integral-industry-trends-of-domestic-microelectronics>.
- Producenci elektroniki w Polsce – lista firm. W <https://factories.pl/producers/produkcja-elektroniki>.

- Pronk Danny. 2021. „Anticipating surprise in an era of global technology advances: a framework for scientific & technical intelligence analysis“. *Journal of Intelligence History* 20(1): 60-71.
- Rae Baker. 2024. *Prawdziwa głębia Osint. Odkryj wartość danych open source intelligence*, tłum. Piotr Rakowski, Gliwice.
- United States. Congress. House. Select Committee on U.S. National Security and Military/Commercial Concerns with the People's Republic of China. 1999. *Report of the Select Committee on US National Security and Military/Commercial concerns with the People's Republic of China*. vol. 1-3. Washington: U.S. Government Printing Office.
- Rochester Electronics. W <https://www.rocelec.pl/>.
- Roszkowska Ewa. 2011. *Wybrane modele negocjacji*. Białystok: Wydawnictwo Uniwersytetu w Białymstoku.
- Scheyder Ernest. 2024. *The war. Lithium, Copper and the global battle to power our lives*. New York: One Signal Publishers/Atria.
- Schweizer Peter. 1997. *Szpiedzy wśród przyjaciół. Jak sojusznicy wykradają Amerykanom tajemnice technologiczne*. tłum. J. Lobman, Z. Słomowski. Warszawa: Wydawnictwo Książka i Wiedza.
- Sektor elektroniczny – Polska Agencja Inwestycji i Handlu S.A. W <https://www.paih.gov.pl/inwestycje/sektory/elektroniczny/>.
- Sikora Mirosław, Fuglewicz Piotr (red.). 2017. *High-Tech za żelazną kurtyną. Elektronika, komputery i systemy sterowania w PRL*. Katowice–Warszawa: Instytut Pamięci Narodowej – Komisja Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu, Oddział w Katowicach.
- Sikora Mirosław. 2021. *Black Box. Wywiad jako instrument transferu technologii i wsparcia decyzji ekonomicznych w PRL 1955-1990*. Katowice-Warszawa: Instytut Pamięci Narodowej – Komisja Ścigania Zbrodni przeciwko Narodowi Polskiemu.
- „Silicon Saxony“ - Mehr als nur Chips. W <https://standort-sachsen.de/de/standort-sachsen/branchenvielfalt/silicon-saxony-mehr-als-nur-chips>.
- Sprawozdanie Zarządu z działalności jednostki Wilk Elektronik S.A. za okres sprawozdawczy: 01.04.2023 - 31.03.2024. W <https://www.imsig.pl/krs/0000068827/sprawozdania>.
- Straffin Philip D. 2006. *Teoria gier*. tłum. J. Haman. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar.
- Sulek Mirosław. 2013. *Potęga państw. Modele i zastosowania*. Warszawa: Wydawnictwo Rambler.
- Szkutak Rebecca. 2025. „Chinese buyers are getting Nvidia Blackwell chips despite US export controls“. W <https://techcrunch.com/2025/03/03/chinese-buyers-are-getting-nvidia-blackwell-chips-despite-u-s-export-controls/>.
- Szwast Tomasz. 2023. *Co dalej z fabryką Intela pod Wrocławiem? Dyrektor rozwiął wątpliwości*. W <https://antyweb.pl/fabryka-intela-pod-wroclawiem-co-dalej>.
- Tisza Wasilij [Тиша В.]. 2025. „Osnovnyje problemy Rossii w sfierie importozamieszczenija mikroelektroniki” [Основные проблемы России в сфере импортозамещения микроэлектроники]. W <https://topwar.ru/256397-osnovnye-problemy-rossii-v-sfere-importozameschenija-mikroelektroniki.html>.
- Trzcionka Magdalena. 2005. *Sankcje gospodarcze w polityce zagranicznej USA po II wojnie światowej*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- US Sanctions Network For Illicit Supply Of Drone Parts To Iran. 2023. *Iran International Newsroom*. W <https://www.iranintl.com/en/202312208965>.

Varwick Johannes. 2017. NATO in (Un-)Ordnung. Wie transatlantische Sicherheit neu verhandelt wird. Bonn: Wochenschau Verlag.

Woyke Wichard (red.). 2024. Handwörterbuch Internationale Politik. Bonn.