

Krzysztof Kubiak¹

Podmorskie kable telekomunikacyjne jako element globalnej infrastruktury krytycznej. Ocena podatności na zagrożenia

Streszczenie: Artykuł jest pierwszą w literaturze polskiej próbą nakreślenia roli odgrywanej we współczesnym, informacyjnym, świecie przez podmorskie kable telekomunikacyjne. Autor kreśli syntetyczną historię rozwoju kabli podmorskich oraz przedstawia ich aktualną sieć. W artykule omówiono ponadto najczęściej występujące przyczyny skutkujące przerwaniem kabli oraz zaprezentowano przykłady takich zdarzeń oraz ich następstwa. Autor podkreśla ponadto, że w świetle obowiązującego prawa morza kable telekomunikacyjne nie są objęte szczególną ochroną. Mimo, że są one ważnym elementem infrastruktury krytycznej, to kwestia ta nie budzi zainteresowania państw, gdyż w znakomitej większości stanowią one własność podmiotów prywatnych. Rozwój komunikacji opartej o kable jest niezwykle dynamiczny. W okresie krótszym niż życie jednego pokolenia przestoczyły się one ze „środka łączności”, przydatnego i użytecznego, ale nieposiadającego krytycznego znaczenia w prawdziwy „system nerwowy” zglobalizowanej gospodarki funkcjonującej głównie w oparciu o rzeczywistość wirtualną. Kable podmorskie, zarówno z uwagi na swe znaczenie ekonomiczne, poli-

¹ Prof. dr hab. Krzysztof Kubiak, Katedra Bezpieczeństwa, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, adres e-mail: herkub67@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9623-923X.

tyczne i społeczne, jak i fizyczne charakterystyki są potencjalnie silnie ekspozowane na destrukcyjne oddziaływania. Mogą być one następstwem katastrof naturalnych, ale również kroków podejmowanych intencjonalnie przez pojedynczych ludzi, organizacje o charakterze ekstremistycznym lub państwa.

Słowa kluczowe: kable telekomunikacyjne, ocean światowy, zagrożenia, infrastruktura krytyczna

Wstęp

Jeżeli surowce energetyczne (zwłaszcza ropę naftową i gaz ziemny) możemy uznać za podstawowe „płyiny ustrojowe” współczesnej globalnej gospodarki, to systemy przesyłania informacji są jej „układem nerwowym”. Rozwijały się one od dawna, ale bynajmniej nieliniowo. O ile jeszcze wiek temu przekazywanie wiadomości na transkontynentalne odległości było przywilejem polityków, dowódców wojskowych, przedsiębiorców i dziennikarzy, o tyle już kilkadziesiąt lat później nie deperze telegraficzne, ale rozmowy telefoniczne prowadzone na dystansie tysięcy kilometrów stały się normalnością dla całkiem licznej populacji. Prawdziwa eksplozja ilości przesyłanych informacji nastąpiła wraz z powstaniem rzeczywistości cyfrowej i wchłonięciem przez nią większości obrotów finansowych. Wirtualny pieniądz, oderwany od klasycznej „wytwórczej” gospodarki, krąży więc światłowodowymi magistralami, napędzając z jednej strony rozmaite finansowe bańki, ale z drugiej zapewniając normalne funkcjonowanie zglobalizowanej ekonomii. Wraz z elektronicznymi walorami wędruje też informacja medialna oraz trudna do oszacowania ilość wiadomości o ściśle personalnym charakterze. Serwery z jednego kontynentu obsługują klientów za oceanem, a stabilność sieci bankomatowych w Europie zależna jest również od sprawności przepływu danych do centrów rachunkowych w karaibskich rajach podatkowych. Co charakterystyczne, mimo intuicyjnego wręcz wiązania nowoczesnej telekomunikacji z systemami satelitarnymi (czyli w uproszczeniu „z łącznością kosmiczną”) 97% całości przekazów

międzykontynentalnych realizowane jest za pomocą kabli podmorskich. To właśnie setki tysięcy światłowodów tworzących magistrale komunikacyjne przecinające dna mórz i oceanów sprawiają w dużej mierze, że nasza współczesność może nosić miano „cywilizacji informacyjnej” (Chesnov, 2015).

Od miedzi do światłowodu

Historia podmorskich kabli telekomunikacyjnych wiąże się ściśle z tak zwaną drugą rewolucją przemysłową, zwaną również „wspañiałym wiekiem pary i elektryczności”. Jeszcze w 1842 roku Samuel Morse prowadził w Nowym Jorku eksperymenty z łącznością telegraficzną utrzymywaną za pomocą biegnącego pod wodą przewodu miedzianego izolowanego opłotem konopnym uszczelnianym kauczukiem naturalnym. Z charakterystyczną dla tamtych czasów wiarą w naukę i postęp pojawiły się pomysły przeciągnięcia połączenia między Starym a Nowym Światem, między Londynem a Waszyngtonem. Zanim jednak do tego doszło kable telegraficzne przecięły Kanał La Manche (funkcjonalne połączenie w 1853), połączyły Wielką Brytanię z Irlandią, Belgią i Holandią, a także z Wyspami Normandzkimi (Jersey i Guernsey). Technologia telekomunikacyjna rozwijała się bardzo szybko, często metodą prób i błędów. Już w lipcu 1858 roku na Atlantyku spotkały się dwa okręty: brytyjski 91 działowy śrubowy okręt liniowy II klasy „Agamemnon” oraz amerykańska śrubowa fregata „Niagara”. Każdy z nich układał odcinek transatlantycznego kabla, który po połączeniu w centralnej części oceanu zaczęto układać ku brzegom Irlandii w kierunku wschodnim i ku Nowej Funlandii na zachodzie. 16 sierpnia królowa Wiktoria i prezydent John Buchanan wymienili się telegramami. Było to wydarzenie o niewątpliwie historycznym znaczeniu. Świat stał się mniejszy, a jeszcze 8 stycznia 1815 roku Brytyjczycy i Amerykanie stoczyli bitwę pod Nowym Orleanem, gdyż nie było możliwości przekazania informacji, że 24 grudnia roku poprzedniego w Gandawie zawarto pokój. Dodać można, że wydajność połączenia utrzymywanego alfabetycznie Morse’a była rozpaczliwie niska – około 2 znaków na minutę,

co spowodowało, że pierwszą wiadomość nadawano ponad 17 godzin (Huurdeman, 2006; Mercer, 2006).

Pierwszy kabel nie działał, co prawda, zbyt długo, ale kiedy nabrano doświadczenia z krótszymi połączeniami i opracowano nową konstrukcję przewodu do projektu powrócono i w 1866 roku łączność telegraficzną przywrócono na stałe. Znakomicie wzrosła już wówczas wydajność połączenia, a wynosiła ona 8 słów na minutę. Mimo takich ograniczeń sieć kabli podmorskich rozwijała się dynamicznie. Nowy segment rynku opanowany został przez Brytyjczyków, co było konsekwencją zarówno przewagi technicznej, jak i rozległości Imperium, które – po prostu – wymagało sprawnego przepływu informacji. Mimo że w miarę upływu czasu na rynek wchodziły inne podmioty, to w 1923 roku Brytyjczycy kontrolowali nadal około 43% całości połączeń międzykontynentalnych. Przeprowadzanie arterii łącznościowych morzami, nad którymi panowała Królewska Marynarka Wojenna, było zaś rozwiązaniem zdecydowanie sensowniejszym niż zawieranie liniiom przebiegającym przez obszary innych państw (Kennedy, 1971).

Londyn szybko nauczył się przekładać kontrolę nad liniami telegraficznymi ponad przewagę wywiadowczą. Bezpośrednio po wybuchu I wojny światowej przecięto mianowicie kable niemieckie biegnące na portugalskie Azory i dalej do Ameryki Północnej i Niemieckiej Afryki Zachodniej. Niemiecka służba dyplomatyczna i oddziały w Afryce skazane zostały na klasyczną pocztę, korzystanie z pośredników (na ogół kontrolowanych przez podmioty brytyjskie) lub łączność radiową. Zaowocowało to przechwyceniem i rozkodowaniem przez wywiad marynarki wojennej (Room 40) tak zwanego telegramu Zimmermanna, w którym Rzesza oferowała Meksykowi nabytki terytorialne kosztem amerykańskim (obszary Nowego Meksyku, Teksasu i Arizony). Jego upublicznienie stało się jednym z ciągu zdarzeń, które zaowocowały włączeniem się Stanów Zjednoczonych do wojny (Friedman, 1977; Tuchman, 1989). Było to możliwe, gdyż Niemcy wykorzystali linię telegraficzną udostępnioną im w celu utrzymania korespondencji dyplomatycznej przez Stany Zjednoczone. Zakodowany telegram powędrował więc z Berlina do Kopenhagi, gdyż tamtejsza ambasada amerykańska dysponowała podłączeniem do kabla dyplomatycznego.

Nie była to jednak komunikacja bezpośrednia. Transmisja przez Atlantyk odbywała się przy użyciu brytyjskiej stacji wzmacniającej, znajdującej się w kornwalijskim Porthcurno, położonym 5 km od przylądka Land's End. Wbrew przyjętym zasadom ówczesny ambasador Stanów Zjednoczonych w Niemczech James W. Gerard uczynił dla owego jednego telegramu wyjątek i pozwolił, by nadano go w formie zakodowanej. Wynikało to prawdopodobnie z przeświadczenia, że zawiera on niemieckie propozycje pokojowe, które Berlin zamierza przekazać Waszyngtonowi, prosząc jednocześnie o wypełnienie misji dobrych usług w negocjacjach z państwami Ententy. Dla Brytyjczyków nie stanowiło to jednak specjalnego utrudnienia, gdyż dysponowali książkami kodowymi zarówno stosowanymi przez służbę dyplomatyczną (zdobytymi w trakcie kampanii mezopotamskiej), jak i marynarkę przeciwnika (wydobyte przez Rosjan z wraku krążownika „Magdeburg” zatopionego pod estońską wyspą Osmussaar 26 sierpnia 1914 roku) (Mendelsohn, 1937).

Rozwój technologiczny w owych latach polegał na doskonaleniu pierwotnego pomysłu kabla podmorskiego. Podstawowym nośnikiem impulsów elektrycznych zawierających informację pozostawał miedziany rdzeń otoczony coraz doskonalszą, wielowarstwową osłoną, pełniącą również funkcję izolacji. Pomimo pojawienia się wzmacniaczy królował przekaz telegraficzny, a mimo rozwoju telefonii lądowej projekt przeprowadzenia kabla telefonicznego przez Atlantyk musiał czekać aż do 1956 roku (TAT-1, Transatlantic No. 1), choć z technologicznego punktu widzenia zbudowanie takiego połączenia możliwe było już około 30 lat wcześniej. Nadmienić można, że w czasie II wojny światowej z doświadczeń telekomunikacji podmorskiej korzystano szeroko podczas opracowywania rurociągu PLUTO (Pipe-Lines Under The Ocean) dostarczającego podczas inwazji w Normandii paliwo z Wielkiej Brytanii na normandzkie wybrzeże. Partnerem przemysłowym tego przedsięwzięcia koordynowanego przez National Physical Laboratory było przedsiębiorstwo elektrotechniczne Siemens Brothers and Company Limited założone jeszcze w 1858 roku jako podmiot zależny niemieckiej firmy Siemens & Halske, ale przejęte w 1914 roku przez kapitał brytyjski (na podstawie Trading with the Enemy Act) (Searle, 2004).

Prawdziwy przełom technologiczny przyniosło dopiero upowszechnienie światłowodów. Do transmisji danych zamiast prądu elektrycznego, wykorzystywana jest w nich modulowana fala świetlna, której źródłem może być laser półprzewodnikowy lub dioda elektroluminescencyjna. Rozwiązanie to znakomicie zwiększa wydajność informacyjną, cechuje znaczna odporność na zewnętrzne zakłócenia elektromagnetyczne i niski współczynnik błędów. Co istotne, światłowody nie emitują promieniowania elektromagnetycznego, co czyni zdecydowanie trudniejszym niż przy rozwiązaniach wcześniejszych, nieautoryzowane przejście emisji. W przypadku zastosowań morskich istotnym jest ponadto mniejsza masa (Haykin, 2004). Firmy telekomunikacyjne błyskawicznie dostrzegły tkwiący w światłowodach potencjał. Pierwsze testy użytkowe nowego rozwiązania prowadzono pod koniec lat siedemdziesiątych poprzedniego wieku (w tym w 1978 roku na UMCS w Lublinie, z czego jednak finalnie wyniknęło zgoła niewiele), a już w 1988 roku do eksploatacji weszło łącznie podmorskie TAT-8 łączące Stany Zjednoczone, Wielką Brytanię i Francję. Inwestycję o wartości 335 mln dolarów zrealizowało konsorcjum złożone z AT&T Corporation, France Télécom oraz British Telecom. Składało się ono z dwóch arterii użytkowych i jednej rezerwowej, a użytkowane było do 2002 roku (Glover).

Współczesny kabel telekomunikacyjny ma około 25 mm średnicy, a jego masa to 700 kg/km. Przy rozwiązaniu z podwójnym torem transmisyjnym oraz dodatkową osłoną (zbrojeniem stalowym) średnica rośnie do około 200 mm, a masa do 4800 kg/km (*Submarine*, 2009).

Kablowa sieć globalna

Obecnie sieć podmorskich połączeń komunikacyjnych obejmuje ponad 1 mln km. Co interesujące w znakomitej większości stanowi ona własność podmiotów komercyjnych, w tym firm i korporacji prywatnych. Ocenia się, że za jej pośrednictwem przesyłane jest około 80 miliardów komunikatów dziennie, głównie związanych z przepływami finansowymi. Jednym z najważniejszych, a może nawet

najważniejszym z istniejących połączeń jest SEA-ME-WE3 (South-East Asia – Middle East – Western Europe 3) ukończony w 2000, a zmodernizowany w 2009 roku. Wraz z odgałęzieniem do Australii stanowi on kluczową magistralę informacyjną. Operatorem instalacji jest konsorcjum prowadzone przez France Télécom i China Telecom obejmujące ponadto 92 inwestorów lokalnych. Na podobnej trasie (18800 km) przebiega SEA-ME-WE 4 oddany do użytku w 2004 roku przez konsorcjum 16 podmiotów, na czele którego stoją Alcatel-Lucent (w czasie realizacji projektu Alcatel Submarine Networks) oraz Fujitsu. Inwestorzy wyłożyli na przedsięwzięcie około pół miliarda dolarów, a zrealizowano je w czasie zaledwie kilkunastu miesięcy. Świadczy to, że obecnie ograniczenia w dalszym rozwoju sieci kabli podmorskich wynikają raczej z uwarunkowań finansowych, niż technicznych (*Africa*).

Z kolei połączenia przez Północny Atlantyk realizowane są przez kable o długości rzędu 6000–6500 km. Z uwagi na ilość danych transferowanych z Ameryki Północnej (głównie Stanów Zjednoczonych) do Europy i w drugą stronę jest to arteria równie ważna, co ta, która łączy Europę z Dalekim Wschodem. Za najważniejsze połączenie na Północnym Atlantyku uważany jest system TAT-14. Oddany został do użytku w 2001 roku przez konsorcjum złożone z 14 podmiotów, do których w następnych latach dołączyły kolejne (obecnie jest ich 31, wśród nich takie giganty jak Tata Communications, Vodafone, czy Deutsche Telekom). System zaprojektowany został w układzie pętli, która okala Wyspy Brytyjskie. Dwa tworzące ją kable biegną więc w znacznym oddaleniu od siebie na wschodzie, ale na zachodzie (wybrzeżu amerykańskim) punkty wejścia na ląd dzieli już tylko około 70 km. W relacji bezpośredniej arteria łączy Stany Zjednoczone, Wielką Brytanię, Francję, Holandię, Niemcy i Danię. Na każde ramię pętli składają się dwie pary światłowodów (para robocza i para awaryjna). Łączna długość połączenia to 15428 km. Aktualna szybkość transmisji danych to 3,15 Tbit/s, maksymalna zaś aż 9,38 Tbit/s. TAT-14 dysponuje więc rezerwą możliwości tak dużą, iż pojawiły się nawet głosy, że został przeinwestowany (*TAT-14*).

Co interesujące, Południowy Atlantyk był przez wiele dziesięcioleci „kablową pustynią”. Europę z Ameryką Południową łączy

obecnie arteria Atlantis-2 biegnąca z Portugalii przez Wyspy Kanaaryjskie, Wyspy Zielonego Przylądka (z odgałęzieniem do Senegalu) do Brazylii i Argentyny. Połączenie o długości 12000 km ukończone zostało kosztem 370 mln dolarów w 2000 roku przez konsorcjum 25 podmiotów, na czele którego stoi brazylijski Embratel. Firma zasilila całe przedsięwzięcie kwotą 100 mln dolarów. Tym samym połączone zostały nie tylko dwa kontynenty, ale i dwa biegunowe państwa luzytańskiego (portugalskiego) obszaru językowego. Nie bez przyczyny pierwszym połączeniem była wideokonferencja, w której uczestniczyli premier Portugalii, António Guterres oraz prezydent Brazylii, Fernando Henrique Cardoso (*Telebras*).

W sierpniu 2018 roku uruchomiono pierwsze bezpośrednie połączenie między Afryką a Ameryką Południową, a konkretnie między Angolą a Brazylią (Luandą a Fortalezą, z odgałęzieniem do brazylijskiego archipelagu Fernando de Naroná), a więc ponownie między dwoma krajami języka portugalskiego, noszące nazwę SCAS (Sistema de Cabo do Atlântico Sul). Inwestycję prowadziła firma Angola Cables, a jej koszt szacowany jest na 278 mln dolarów. Długość arterii to 6300 km. Dzięki niej Ameryka Południowa zyska bezpośrednią możliwość komunikowania się z Europą i Azją bez pośrednictwa amerykańskiego, zaś Afryka z dwoma kontynentami amerykańskimi bez Europejczyków. Dodać można, że Angola Cables to podmiot z większościowym udziałem (51% państwowego operatora Angola Telecom), w skład którego wchodzi ponadto angolski Unitel (z udziałami państwowej firmy naftowej Sonangol), MSTelcom (również firma zależna Sonangol), Movicel (z około 20% udziałem państwa angolskiego) oraz brytyjsko-angolski Startel (*Submarine*).

W roku 2011 po raz pierwszy ogłoszono projekt budowy arterii światłowodowej łączącej Republikę Południowej Afryki z Brazylią, posiadającej odgałęzienia do Namibii oraz na pozostającą pod jurysdykcją brytyjską Wyspę Świętej Heleny. Otrzymał on miano SAEx, czyli South Atlantic Express. W istocie, uwzględniając już istniejące arterie, ma on łączyć Amerykę Południową – poprzez Afrykę – z regionem Zatoki Perskiej, Indiami i Dalekim Wschodem z pominięciem zagrożeń natury geograficznej (na przykład wielkie rowy pacyficzne, w przypadku zamiaru realizacji połączenia w kie-

runku zachodnim) oraz potencjalnie niestabilnego regionu Morza Czerwonego (przez który biegnie ME-WE3, w przypadku korzystania z istniejących połączeń wschodnich). Planuje się wykonanie dwóch odcinków – pierwszego długości 7400 km z Kapsztadu do brazylijskiej Fortalezy, przecinającego Południowy Atlantyk i drugiego z Kapsztadu do Mtunzini na północno-wschodnim wybrzeżu RPA (w pobliżu granicy z Mozambikiem) umożliwiającego wpięcie się w system połączeń podmorskich Oceanu Indyjskiego. Zauważyć przy tym trzeba, że biegną one w znakomitej większości akwenami przybrzeżnymi – tylko jedna arteria przecina Ocean Indyjski. Biegnie ona z Kapsztadu na Mauritius i Reunion, a następnie dalej ku Indiom oraz na Daleki Wschód (*SAEx1*).

Na Pacyfiku system kabli podmorskich biegnie dwoma szlakami. Północny obejmuje połączenia bezpośrednie z zachodniego wybrzeża Ameryki Północnej do Japonii i Chin (w tym oddany do użytku w 2000 r. absolutnie rdzeniowy US-China Cable Network), zaś południowy zapewnia komunikację przez Hawaje i dalej przez Guam do Australii oraz Nowej Zelandii. Na obszarze południowym stworzono system noszący nazwę Southern Cross. Jest to w istocie wielka pętla (podobnie jak TAT-14). Jej elementy – połączone dwoma odcinkami lądowymi na terytorium Stanów Zjednoczonych, schodzą do oceanu w Nedonna Beach (Oregon) oraz Morro Bay (Kalifornia), biegną ku Hawajom, a następnie północny osiąga przez Fidzi australijskie Brookvale, zaś południowy dociera do Nowej Zelandii i australijskiej Alexandrii. W Australii oba łączą się ponownie, zamykając pętlę. Ową magistralę teleinformacyjną ukończono w roku 2000, zaś operatorem jest posiadająca 50,01% udziałów firma Southern Cross Cables Limited z siedzibą na Bermudach. Po modernizacji w 2014 roku Krzyż Południa może przesyłać 3,6 Tbit/s. Podkreślenia wymaga, że opisana infrastruktura telekomunikacyjna o kluczowym znaczeniu dla obu państw antypodów formalnie (a w dużym stopniu też faktycznie) nie jest zależna od ich władz politycznych (*Southern*).

Co charakterystyczne, Ameryka Południowa nie posiada bezpośrednich połączeń z Azją, co potęguje znaczenie wspomnianego wcześniej systemu biegnącego z Brazylii do Angoli. O ile Południowy Pacyfik nie został przecięty przez światłowody, o tyle dno akwenów

wschodniej Azji jest nimi pokryte bardzo gęsto. Szczególnie duża ilość arterii biegnie przy tym przez „gorące” w sensie polityczno-wojskowym Morze Południowochińskie, co jest rezultatem swobodnego „dyktatu geografii” (z przyczyn technicznych i finansowych unika się układania kabli na głębokościach powyżej 1500 m, jak do tej pory nie podejmowano więc prób przekraczania wielkich rowów oceanicznych, po części dla tego, że ze względu na ich usytuowanie nie było też takiej potrzeby). Wytyczenie innego szlaku między dwoma rozwiniętymi i nadal intensywnie rozwijającymi się obszarami (Azją Wschodnią i Południowowschodnią oraz Europą), choć technologicznie możliwe, byłoby znacznie bardziej kosztowne.

Tabela 1. Najdłuższe systemy podwodnych połączeń telekomunikacyjnych

Nazwa	Trasa	Długość [km]
SEA-ME-WE3	Europa – Azja Wschodnia	37000
Southern Cross	Zachodnie wybrzeże Stanów Zjednoczonych – Fidzi, Australia, Nowa Zelandia	30500
China-US	Zachodnie wybrzeże Stanów Zjednoczonych – Chiny	30450
FLAG (Fiber-Optic Link Around the Globe)	Wschodnie wybrzeże Stanów Zjednoczonych – Wielka Brytania – Japonia	28000
South America-1 (Sam-1)	Buenos Aires – Santiago de Chile (dookoła północnych wybrzeży kontynentu)	25000

Źródło: Opracowanie własne.

Bez rozwiązania awaryjnego

Skokowy wzrost zapotrzebowania na usługi telekomunikacyjne spowodował, że większość relacji obsługiwanych jest przez więcej niż jedną arterię, co podnosi niezawodność całego systemu, gdyż zadania przypadkowo przerwanego kabla przejmuje, oczywiście nie za darmo, inny. Jednakże z reguły biegną one szlakami wyznaczonymi przez geografę. To zaś zwiększa ich wrażliwość na uszkodzenia

spowodowane furją przyrody, na przykład przez trzęsienia ziemi oraz towarzyszące im osunięcia i wypiętrzenia rozległych obszarów dna morskiego.

Zagrożenia generowane przez rozległe uszkodzenia morskiego systemu transferu informacji dla gospodarki światowej ilustruje wielkość dokonywanych za ich pośrednictwem przepływów finansowych. Są one trudne do wyobrażenia. Według informacji upublicznionych przez US Federal Reserve jest to – dziennie – kwota porównywalna z czterokrotnym rocznym PKB Wielkiej Brytanii. Składa się na to do około 15 miliardów transakcji dokonywanych dziennie przez ponad 300000 najrozmaitszych instytucji finansowych. Koła kręcą się zatem niesłychanie szybko, tak więc rozległe i przeciągające się w czasie zerwania podmorskiej komunikacji można porównać do włożenia stalowego pręta w szprychy pędzącego roweru. Oczywiście postaci związane z morskim biznesem telekomunikacyjnym skłonne są zapewne przeszacowywać zagrożenia, ale warto przytoczyć opinię Karla Rauschera, honorowego emerytowanego szefa Institute of Electrical and Electronics Engineers (największej światowej profesjonalnej organizacji inżynierskiej), który stwierdził: [...] *wpływ takiego zdarzenia na bezpieczeństwo międzynarodowe i stabilizację ekonomiczną byłby dewastujący. Nie ma pewności, czy cywilizacja zdołałaby się podnieść po dysfunkcji rozwiązania, które przyjęto w bardzo krótkim czasie, nie budując żadnego planu awaryjnego. [...] Bez sieci światłowodowej globalny rynek natychmiast by zamarł* (Rauscher, 2010, s. 61).

Awarye kabli podmorskich towarzyszą temu obszarowi telekomunikacji od jego początku. Postawić można nawet tezę, że są one, biorąc pod uwagę teorię niezawodności i rachunek prawdopodobieństwa, wkomponowane w samą istotę jego funkcjonowania. Rutynowe metody usuwania awarii, jak dotąd okazały się wystarczające, choć gdy następowało piętrzenie się niefortunnych zdarzeń, lub uszkodzenia występowały na znacznym obszarze, sytuacja stawała się krytyczna.

Do chwili obecnej zanotowano kilkadziesiąt poważnych uszkodzeń kabli komunikacyjnych wywołanych przyczynami naturalnymi bądź nieintencjonalnymi działaniami człowieka. Pierwszym sygnałem

ostrzegawczym było trzęsienie ziemi, które 18 listopada 1929 roku nawiedziło rejon Wielkiej Ławicy Nowofundlandzkiej. Zerwaniu uległo wówczas 12 kabli podmorskich – 6 w chwili zdarzenia, a pozostałe uległy zniszczeniu w ciągu kolejnych kilkunastu godzin z uwagi na przemieszczenia się gruntu na dnie morskim wywołanym wstrząsami. Wówczas, ze względu na minimalny poziom uzależnienia od kabli gospodarki brytyjskiej i amerykańskiej, konsekwencje owego zdarzenia były nieznaczące, ale dziś trudno sobie wyobrazić następstwa przecięcia komunikacji między giełdą nowojorską a londyńską (czy też tylko opóźnień w transferze danych, gdyż część strumieni informacyjnych mogłyby przejąć połączenia południowoatlantyckie, a następnie magistrale lądowe).

Wydaje się, że spośród katastrof naturalnych to wielkie trzęsienia ziemi stanowią najpoważniejsze zagrożenia. Dowiodły tego na przykład wydarzenia z 16 grudnia 2006 roku, kiedy miało miejsce trzęsienie ziemi z epicentrum położonym na południe od Tajwanu (Cieśnina Luzońska, jeden z węzłowych obszarów światowej sieci telekomunikacyjnej) (Rauscher, 2010). Oceniając zdarzenie tylko przez pryzmat wpływu na sektor łączności, zauważyć należy, że ucierpiało kilka państw. Według tajwańskiego operatora Chunghwa Telecom czasowo o 40% ograniczona została komunikacja telefoniczna z Chinami, Hongkongiem, Malezją, Singapurem i Stanami Zjednoczonymi. Z informacji China Telecom wynika zaś, że na skutek samych wstrząsów jeszcze w czasie zdarzenia uszkodzone zostały magistrale CUCN (China-US Cable Network), SMW3 (South-East Asia – Middle East – Western Europe 3), APCN 2 (Asia-Pacific Cable Network) oraz FLAG North Asia Loop. Kolejne uszkodzenia będące następstwem przemieszczeń mas gruntu w następstwie wstrząsów dotknęły: APCN 2S7 (Asia-Pacific Cable Network), FLAG Europe Asia Loop oraz FLAG North Asia Loop. Do 31 grudnia zdolność przesyłową sieci telefonicznych przywrócono w około 70%, ale dostępność do Internetu (w tym amerykańskich portali Google, Yahoo! oraz MSN) tylko w około 60%. Odtworzenie pełnej wydajności informacyjnej trwało do około 15 stycznia 2007 roku. Zauważono jednak również, że wydarzenie to spowodowało skokowe zmniejszenie ilości spamu napływającego z Azji na serwery amerykańskie, ale tego rodzaju

„korzyść” z pewnością nie była w stanie zrównoważyć poniesionych strat (Rauscher, 2010).

W operacji remontowej uczestniczyło 11 kablownic, z tego 6 operujących na stałe w regionie i 5 awaryjnie ściągniętych z Azji Południowej oraz akwenów jeszcze odleglejszych obszarów. Naprawa sieci wymagała lokalizacji uszkodzenia, odnalezienia kabla światłowodowego, wydobycia go na powierzchnię, dokonania reperacji i ponownego ułożenia przewodu na dnie. Doskonale ilustruje to rolę odgrywaną przez specjalistyczne statki, nie tylko w budowie sieci, ale także, co dostrzegane jest w publikacjach specjalistycznych, w jej bieżącym serwisowaniu i utrzymaniu. Koszty utrzymania specjalistycznego (i kosztownego) potencjału naprawczego są więc jednym z elementów obciążających cały system. Wcześniej prawdziwym szczęściem w nieszczęściu było to, że największe współcześnie odnotowane podmorskie trzęsienie ziemi (z 26 grudnia 2004 roku) miało miejsce w południowej części Oceanu Indyjskiego, gdzie sieć jest rzadka, zaś masyw Sumatry ochronił Cieśninę Malaka, gdzie występuje koncentracja kabli. Z kolei doniesienia dotyczące trzęsienia ziemi z 11 marca 2011 roku (epicentrum na wschód od Tōhoku) zdominowane zostały przez awarię elektrowni atomowej w Fukushima i poważną awarię radiacyjną. Informacjom o niesprawnościach systemu telekomunikacyjnego wywołanych kataklizmem nie poświęcono więc większej uwagi.

Trzęsienia ziemi, poprzez skumulowanie katastrofalnych następstw w krótkim czasie i oddziaływanie na rozległe fragmenty sieci, są najbardziej spektakularne i wymuszają rzucenia do akcji remontowej znacznych środków. Większość uszkodzeń sieci (łącznie ponad 50%) następuje jednak nie na skutek furii przyrody, ale codziennej i rutynowej działalności człowieka. Ponieważ kable układane są głównie na wodach przybrzeżnych, przerwania powoduje rybołówstwo i kotwiczenie, które stanowią najczęstsze powody przerw w ich pracy (Rauscher, 2010).

Jednak nawet na pozór niegroźne zdarzenia jak wleczenie kotwic przez statek mogą doprowadzić do bardziej niż dalekosiężnych następstw. Wymienić tu można zerwanie przez kotwice w trakcie dwóch niepowiązanych ze sobą zdarzeń (do których jednak doszło

Tabela 2. Przyczyny zrywania kabli podmorskich (według danych zbieranych od 1959 roku)

Przyczyna	% uszkodzeń
Rybołówstwo (włoki denne i inne denne narzędzia połowowe)	44,4
Kotwiczenie	14,6
Splot kilku czynników (nieintencjonalnych)	7,2
Abrazja (przemieszczenie gruntu na dnie)	3,7
Inne przyczyny geologiczne	2,6
Prace wiertnicze	0,9
Lód morski i góry lodowe	0,5
Oddziaływanie organizmów morskich	0,1
Inne	4,7
Nieznane	21,3

Opracowanie własne na podstawie: *Submarine cables and the oceans: connecting the world*, UNEP World Conservation Monitoring Centre, International Cable Protection Committee Ltd. (ICPC), Cambridge–Lymington 2009, s. 45.

w odstępnie zaledwie 3,5 godziny), które miały miejsce 30 stycznia 2008 roku w rejonie Aleksandrii arterii SEA-ME-WE4 oraz FLAG. Konsekwencje dotknęły użytkowników Internetu od Egiptu po Indie i Malediwy, ze wszystkimi tego konsekwencjami dla, na przykład, płynności przepływów finansowych. Dysfunkcjonalne spowolnienie pracy sieci komputerowej odczuło około 60 mln użytkowników w Indiach, 12 mln w Pakistanie, 6 mln w Egipcie, 4,7 mln w Arabii Saudyjskiej, 1,7 mln w Zjednoczonych Emiratach Arabskich, około 0,8 mln w Kuwejcie, 0,3 mln w Katarze i ponad 0,2 mln w Bahrajnie (*Internet*).

W ostatnich latach do uszkodzeń spowodowanych nieintencjonalnie doszły także działania jak najbardziej celowe. Pod koniec marca 2013 roku służby egipskie poinformowały o aresztowaniu trzech mężczyzn wyposażonych w turystyczny ekwipunek nurkowy, podejrzanych o zamiar dokonania sabotażu na jednym z kabli podmorskich. Zaznaczyć jednak trzeba, że owa czujność była rezultatem nierutynowych procedur bezpieczeństwa, ale przecięcia kilka dni wcześniej kabla SEA-ME-WE 4. Doszło do tego w odległości zaledwie 750 m od brzegu, a więc w zasięgu wzroku z nadmorskiej promenady

spacerowej. Jeszcze bardziej „interesujący” przypadek miał miejsce w marcu 2007 roku w Zatoce Tajlandzkiej. Miejscowi piraci, a właściwie złomiarze, zlokalizowali kabel T-V-H (Thailand-Vietnam-Hong Kong) i wydobyli go z morza (około 11 km). Pozyskaną miedź i stal oczywiście sprzedano (*Vietnam’s*).

W tym kontekście przez Internet przetoczyła się fala przerażenia po opublikowaniu w 2015 roku przez jeden z portali zdjęć podwodnych (jak najbardziej autentycznych), przedstawiających średniej do-rodności rekina gryzącego – bez specjalnego jednak zacięcia – kabel podmorski na wodach wietnamskich. Jest to tylko egzemplifikacja logiki *infortainmentu* (gdzie inforamtion – informacja oraz entertainment – rozrywka), złanej w jedną, pozbawioną jakiegokolwiek refleksyjności i konkluzyjności, pulpę. Zgodnie z zasadą „ekspertyzmu” natychmiast objawiło się nader szerokie grono specjalistów, również z mniej lub bardziej poważnymi tytułami, w tym wyjątkowo zajadłych eko-radykałów, głoszących rychłą zagładę cywilizacji informacyjnej spowodowaną przez rozmaite organizmy morskie, oczywiście z rekinami na czele. Po raz kolejny potwierdziło się, że sieć nie tylko zniesie każdą bzdurę, ale nada jej również rangę wiarygodnej, sensownej opinii, a nawet objawionej mądrości (*Kravets*).

Status prawny podmorskich systemów telekomunikacyjnych

Biorąc pod uwagę znaczenie odgrywane przez podmorskie połączenia telekomunikacyjne, pewne zdziwienie budzi fakt, że jedynie sporadycznie były one przedmiotem przejawiającego się w formie przyjmowania chroniących jej katów prawnych, zainteresowania wspólnoty międzynarodowej. Wynikało to, a obecnie również po części wynika nadal, z zaszłości historycznych. Pierwsza sprowadza się do tego, że od początku rozwoju opisywanego segmentu rynku był on zdominowany przez podmioty prywatne, narodził się wszak w „złotej epoce kapitalizmu”, zaś obecnie przez firmy komercyjne, nawet jeżeli udziały w nich posiadają państwa (by wymienić przykład China Telcom, czy wspomniane firmy brazylijskie oraz angielskie). Państwa

nie miały więc, przynajmniej formalnie, tytułu do zajmowania się zagadnieniem bezpieczeństwa przesyłu informacji. Druga wynika z faktu, iż wzrost znaczenia połączeń podmorskich w tempie wykładniczym nastąpił dopiero wraz z ukształtowaniem się rzeczywistości informacyjnej (z kreuującą rolą Internetu), z której istnienia oraz zdolności wpływania na przestrzeń niewirtualną niewiele zdaje sobie w pełni sprawę (stąd tak wielkie zaskoczenia możliwością wpływania na wynik wyborów za pomocą mediów społecznościowych).

Pierwsza regulacja międzynarodowa biorąca pod ochronę kable podmorskie – Konwencja o ochronie podmorskich kabli telegraficznych – przyjęta została jeszcze w 1884 roku przez około 40 państw. Powstała ona z inicjatywy Wielkiej Brytanii, co dziwić nie może, biorąc pod uwagę wzrastającą rolę telegrafu w zarządzaniu imperium oraz fakt, że znakomita większość połączeń stanowiła własność podmiotów brytyjskich. Wprowadziła ona, choć nie bezpośrednio, do prawa międzynarodowego regulę, że układanie kabli podmorskich jest jedną z – tak zwanych – wolności morza pełnego i żadne państwo nie może, poza swoimi wodami terytorialnymi, podejmować usiłowań ukierunkowanych na reglamentację tego rodzaju działalności. Kolejna kluczowa zasada wprowadzona w odniesieniu do kabli zawierała się w słowach: „[...] przerwanie lub uszkodzenie kabla podmorskiego dokonane rozmyślnie lub skutkiem karygodnego niedbalstwa i które mogłoby spowodować przerwę lub przeszkodę całkowitą lub częściową komunikacji telegraficznych, jest karalne, nie przesądzając akcji cywilnej o odszkodowanie. Postanowienie to nie stosuje się do przerwania lub uszkodzenia, których sprawcy mieli tylko słuszny cel ochrony swego życia lub bezpieczeństwa swych statków, po przedsięwzięciu wszystkich koniecznych środków ostrożności, ażeby uniknąć tych przerwania lub uszkodzenia”. Konwencja regulowała również, w oparciu o zasadę absolutnie „zdroworozsądkową”, kwestię odpowiedzialności za szkody spowodowane w sytuacji, zdarzającego się już wówczas, krzyżowania połączeń należących do różnych właścicieli, stwierdzając, iż, „[...] właściciel kabla, który przez zakładanie lub naprawę tego kabla spowodował przerwanie lub uszkodzenie innego kabla, winien ponieść koszty naprawy, które przez to przerwanie lub uszkodzenie musiały być poniesione” (1884, 1884). Postanowienie to nie wyłączało

jednakże odpowiedzialności sprawcy z innych tytułów. Polska przystąpiła do Konwencji w 1935 roku.

Przez następne dziesięciolecia postanowienia konwencji uznawano za satysfakcjonujące. Większe zmiany przyniosła dopiero „Konwencja o morzu pełnym” sporządzona w Genewie w 1958 roku. W dokumencie tym wyeksplikowano w sposób bezpośredni, że korzystanie z wolności morza pełnego obejmuje między innymi – zarówno dla państw posiadających, jak i nie posiadających dostępu do morza: wolność żeglugi, wolność rybołówstwa, wolność układania podmorskich kabli i rurociągów, wolność przelotu. Nie podążyło jednak za tym objęcie tych instalacji szczególną ochroną międzynarodową. Konwencja poprzestała na stwierdzeniu, że: „[...] Każde Państwo obowiązane jest do podjęcia niezbędnych kroków ustawodawczych, aby zerwanie lub uszkodzenie kabla podmorskiego na morzu pełnym przez statek podnoszący jego banderę lub przez osobę podlegającą jego jurysdykcji, dokonane umyślnie lub na skutek zawinionego zaniedbania i które mogłoby spowodować przerwanie lub utrudnienie łączności telegraficznej lub telefonicznej, jak również zerwanie lub uszkodzenie w takich samych okolicznościach kabla wysokiego napięcia lub rurociągu podmorskiego, stanowiło wykroczenie podlegające sankcjom” (*Konwencja o morzu*, 1958). Postanowienia owe w sposób, w zasadzie niezmienny, powtórzone zostały w „Konwencji ONZ o prawie morza” sporządzonej w 1982 roku (*Konwencja Narodów*, 1982). Zatem kable podmorskie nie podlegają szczególnej ochronie i nie ma przesłanek wskazujących na to, że w przewidywalnej przeszłości ich status w uniwersalnych regulacjach międzynarodowych ulegnie zmianie.

Próba konkluzji

Podmorskie arterie komunikacyjne są doskonałym przykładem tego, jak postęp techniczny prześciga nie tylko prawo międzynarodowe, ale również potoczne wyobrażenie o kształcie współczesności i rządzących nią regułach. W okresie krótszym niż życie jednego pokolenia przeistoczyły się one ze „środka łączności”, przydatnego i użytecznego, ale nieposiadającego krytycznego znaczenia w praw-

dziwy „system nerwowy” zglobalizowanej gospodarki funkcjonującej głównie w oparciu o rzeczywistość wirtualną. Mimo że nie płynie nimi ani ropa, ani gaz, mimo że nie transportuje się nimi pszenicy, ryżu i sorgo, podmorskie kable komunikacyjne wywierają codzienny, trudny do dostrzeżenia wpływ na życie miliardów ludzi. Dopóki oddziaływanie to pozostaje niewidoczne, sprawy mają się dobrze, gdyż znaczenie międzykontynentalnych transferów informacji zostaje na ogół w pełni rozerwane dopiero, gdy przepływ danych ustaje. Kable podmorskie, zarówno z uwagi na swe znaczenie ekonomiczne, polityczne i społeczne, jak i fizyczne charakterystyki będące ich udziałem są potencjalnie silnie eksponowane na destrukcyjne oddziaływania. Mogą być one następstwem katastrof naturalnych, ale również kroków podejmowanych intencjonalnie przez pojedynczych ludzi, organizacje o charakterze ekstremistycznym lub państwa. W ostatnim przypadku specjaliści uspokajają twierdzeniami, że w warunkach zglobalizowanej gospodarki uderzenie w system telekomunikacyjnych przyniosłoby negatywne skutki wszystkim uczestnikom gry, co czynić ma jakoby takie wysiłki ze strony państw mało prawdopodobnymi. W tym kontekście trzeba jednak wspomnieć, że sto kilkanaście lat temu polsko-żydowski industrialista i badacz wojny Jan Gotlib Bloch również twierdził, że przy ówczesnym poziomie gospodarczych powiązań międzynarodowych długotrwała wojna nie jest możliwa... W rzeczywistości, o ile można – i to budując całkiem realne scenariusze – prognozować sposoby fizycznego oddziaływania na podmorskie magistrale informacyjne (jest to – jak pokazują przytoczone przykłady – stosunkowo proste), o tyle nie jesteśmy w stanie przewidzieć całościowych następstw rozległych i trudnych do szybkiego usunięcia fizycznych zniszczeń w obrębie tego segmentu infrastruktury. Jest to nadal w większym stopniu domena prozy sensacyjnej lub wręcz apokaliptycznej niż prognozowania inżynierskiego. Zatem gdy Internet na naszym domowym komputerze spowalnia, a niektóre strony nagle znikają, można jedynie mieć nadzieję, że to skutek problemów lokalnego dostawcy usług informatycznych, a nie przejaw globalnego kablowego Armagedonu. Kwestią zupełnie odrębną jest również problem bezpieczeństwa danych przesyłanych kablami podmorskimi.

Bibliografia

- 1884 Convention for the Protection of Submarine Telegraph Cables adopted in Paris (1884), France, 14 March. *Centre for International Law*. Pobrano z lokalizacji <https://cil.nus.edu.sg/wp-content/uploads/formidable/18/1884-Convention-for-the-Protection-of-Submarine-Telegraph-Cables.pdf>.
- Africa Network Connections – SMW3 – SEA-ME-WE3. *CMC Network*. Pobrano z lokalizacji <https://www.cmcnetworks.net/smw3-sea-me-we3.html>.
- Chesnoy, J. (red.) (2015). *Undersea Fiber Communication Systems*. Cambridge: Academic Press.
- Friedman, W. (1977). *Solving German Codes in World War I*. Walnut Creek: Aegean Park Press.
- Glover, B. Cable Timeline: 1951–2000. *History of the Atlantic Cable & Undersea Communications*. Pobrano z lokalizacji <http://atlantic-cable.com/Cables/Cable-TimeLine/index1951.htm>.
- Huurdeman, A.A. (2003). *The Worldwide History of Telecommunications*. New York: John Wiley & Sons.
- Haykin, S. (2004). *Systemy telekomunikacyjne, t. 2*, Warszawa: Wydawnictwo Komunikacji i Łączności.
- Internet Fiber-Optic Link SEA-ME-WE 4 / FLAG Damaged- Bandwidth Crisis Hits India and Middle East. *nixCraft*. Pobrano z lokalizacji <https://www.cyberciti.biz/tips/cable-breakdown-in-mediterranean-sea-affects-internet.html>.
- Kennedy, P.M. (1971). Imperial Cable Communications and Strategy, 1870–1914. *The English Historical Review*, October, 86 (341), ss. 728–752.
- Konwencja Narodów Zjednoczonych o prawie morza (1982). Montego Bay. 10 grudnia 1982. Pobrano z lokalizacji <https://www.prawo.pl/akty/dz-u-2002-59-543,16959103.html>.
- Konwencja o morzu pełnym (1958). Genewa, 29 kwietnia 1958, *Biblioteka Sejmowa*. Pobrano z lokalizacji <http://libr.sejm.gov.pl/tek01/txt/onz/1958a.html>.
- Kravets, D. It's official: Sharks no longer a threat to subsea Internet cables. *Ars Technica*. Pobrano z lokalizacji <https://arstechnica.com/tech-policy/2015/07/its-official-sharks-no-longer-a-threat-to-subsea-internet-cables/>.
- Mendelsohn, Ch.J. (1937). *Studies in German Diplomatic Codes Employed During World War*. Washington: Office of the Chief Signal Officer, Government Printing Office.
- Mercer, D. (2006). *The Telephone: The Life Story of a Technology*. Santa Barbara: Greenwood Publishing Group.
- Rauscher, K.F. (2010). *Proceedings of the Reliability of Global Undersea Cable Communications Infrastructure. Study and Global Summit*, b.m.e. SAEx1. SAEx. Pobrano z lokalizacji <https://www.saex.net>.

- Searle, A. (2004). *PLUTO. Pipe-Line Under The Ocean*. Shanklin: Shanklin Cine.
- Southern Cross Cables Network. *Southern Cross Cables Network*. Pobrano z lokalizacji <https://www.southerncrosscables.com>.
- Submarine cable linking Angola and Brazil goes live. *Africa Tech*. Pobrano z lokalizacji <https://africabusinesscommunities.com/tech/tech-news/submarine-cable-linking-angola-and-brazil-goes-live/>.
- Submarine cables and the oceans: connecting the world*. (2009). Cambridge-Ly-mington: UNEP World Conservation Monitoring Centre, International Cable Protection Committee Ltd (ICPC).
- TAT-14. *Submarine Cable Networks*. Pobrano z lokalizacji <https://www.submarine-networks.com/systems/trans-atlantic/tat-14>.
- Telebras Plans Brazil-Europe Submarine Cable. *Submarine Cable Networks*. Pobrano z lokalizacji <https://www.submarinenetworks.com/news/telebras-plans-brazil-europe-submarine-cable>.
- Tuchman, B. (1989). *Telegram Zimmermanna*. Warszawa: Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej.
- Vietnam's submarine cable lost and found. *bdnews24.com*. Pobrano z lokalizacji <https://bdnews24.com/bangladesh/2007/06/01/vietnam-s-submarine-cable-lost-and-found>.

Undersea Telecommunication Cables as an Element of Global Critical Infrastructure. Assessment of Vulnerability

Summary: The article is the first in Polish literature attempt to present the role played in the modern information world by undersea telecommunications cables. The author draws a synthetic history of the undersea cables' development as well as presents its current network. The article also discusses the most common causes that lead to cutting the cables and shows examples of such events and their consequences. The author also emphasizes that according to the international law of the sea the telecommunication cables are not subject to special protection. Although they are an important element of critical infrastructure, this issue does not arouse the interest of states, because in the vast majority they are owned by private companies. The development of cable-based communication is extremely dynamic. In a period shorter than that of one generation, they transformed from a „means of communication”, useful, but without a critical importance, to the real „nervous system” of a globalized economy operating mainly based on virtual reality. Un-

dersea cables, due to their economic, political and social importance, as well as their physical characteristics, are potentially strongly exposed to destructive influences. They may be a consequence of natural disasters, but also of steps taken intentionally by individual people, extremist organizations or even states.

Keywords: undersea cables, oceans and seas, threats and dangers, critical infrastructure