

Arkadiusz Iwanicki*

ORCID: 0000-0003-1320-1699

arkadiusz.iwanicki@eksoc.uni.lodz.pl

RippleNet jako narzędzie do obsługi przelewów międzynarodowych

Streszczenie

Artykuł ma na celu ocenę RippleNet jako platformy obsługi przelewów międzynarodowych. Badanie obejmuje pomiar szybkości rozliczeń, analizę struktury i koncentracji sieci płatniczej oraz zestawienie uzyskanych wyników z wnioskami z literatury w formie analizy SWOT.

Tradycyjne modele oparte na systemie SWIFT, który pełni jedynie funkcję komunikacyjną i wymaga rozliczeń w krajowych systemach płatności, wiążą się z wysokimi kosztami, niską przejrzystością i relatywnie długim okresem finalizacji transakcji. W odpowiedzi na te ograniczenia można stosować technologię blockchain w obsłudze płatności transgranicznych.

W badaniu wykorzystano dane z publicznego rejestru XRP Ledger (XRPL), analizując okres finalizacji transakcji, strukturę i topologię sieci płatniczej, koncentrację aktywności oraz dynamikę wolumenów. Wyniki empiryczne zestawiono z wnioskami z literatury i przedstawiono w formie analizy SWOT.

RippleNet zapewnia quasi-natychmiastowe rozliczenia (średni czas finalizacji transakcji wynosi 3,87 sekundy), a maksymalne opóźnienia nie przekraczają 9 sekund, a aktywność w sieci jest wysoce skoncentrowana. Pojedyncze węzły i społeczności odpowiadają za większość wolumenu, co potwierdza obliczony współczynnik Giniego (0,969). RippleNet funkcjonuje w praktyce jako sieć o strukturze skali-wolnej, w której centralne huby instytucjonalne odgrywają kluczową rolę. Do głównych korzyści systemu należą: szybkość, obniżenie kosztów i przejrzystość, natomiast ograniczeniami ryzyka regulacyjnego oraz nadmierna zależność od nielicznej grupy dominujących uczestników.

RippleNet ma cechy pozwalające traktować go jako innowacyjne rozwiązanie dla płatności transgranicznych oraz potencjalny pomost technologiczny dla integracji z projektami CBDC. Jednak jego upowszechnienie będzie zależać od dostosowania regulacyjnego, rozwiązania problemu koncentracji aktywności oraz gotowości instytucji finansowych do wdrażania rozproszonych systemów rozliczeniowych.

* Arkadiusz Iwanicki – Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Katedra Informatyki Ekonomicznej i Medycznej.

Słowa kluczowe: Ripple, Blockchain, Kryptowaluta, Płatności transgraniczne, XRP

Kody JEL: G21, E42, M15

RippleNet as a Tool for Handling International Transfers

Abstract

Purpose: The article aims to evaluate RippleNet as a tool for processing cross-border payments, with particular emphasis on its ability to provide fast and predictable settlement, as well as its potential role in the modernization of global payment systems.

Problem and research method: Traditional models based on the SWIFT system, which serves only as a communication network and requires settlement within domestic payment infrastructures, are associated with high costs, low transparency, and long settlement times. In response to these limitations, blockchain technology has begun to be applied in cross-border payments. This study uses data from the public XRP Ledger (XRPL) to analyze settlement time, the structure and topology of the payment network, the concentration of activity, and transaction dynamics. The empirical findings are then combined with insights from the literature and presented in the form of a SWOT analysis.

Results: RippleNet enables quasi-instant settlement – the average transaction finalization time is 3.87 seconds, with maximum delays not exceeding 9 seconds. At the same time, network activity is highly concentrated, with a small number of nodes and communities accounting for the majority of transaction volume, as confirmed by the calculated Gini coefficient (0.969). The analysis shows that RippleNet functions in practice as a scale-free network, in which institutional hubs play a dominant role. The main benefits of the system include speed, cost reduction, and transparency, while key limitations involve regulatory risks and heavy reliance on a small group of dominant participants.

Conclusions: RippleNet demonstrates characteristics that make it an innovative solution for cross-border payments and a potential technological bridge in the context of CBDC integration. However, its broader adoption will depend on regulatory adaptation, addressing the problem of activity concentration, and the readiness of financial institutions to implement distributed settlement systems.

Keywords: Ripple, Blockchain, Cryptocurrency, Cross-border payments, XRP

JEL Codes: G21, E42, M15

Wstęp

Globalne powiązania gospodarcze skutkują intensyfikacją wymiany transgranicznej, w tym również w zakresie przepływów finansowych, a zwłaszcza międzynarodowych przekazów pieniężnych, obsługiwanych, od dekad, głównie za pośrednictwem systemu SWIFT. System ten, chociaż uznawany za standard w bankowości, poddawany jest krytyce ze względu na swoją złożoność, wysoki koszt oraz niską efektywność wg kryterium czasu rozliczenia i transparentności (Cipriani i in. 2023).

Alternatywą dla SWIFT są rozwiązania oparte na technologii blockchain, jak np. Ripple. Należy jednak podkreślić, że SWIFT jest systemem komunikacyjnym wspierającym płatności transgraniczne, lecz sam nie dokonuje transferu wartości, podczas gdy RippleNet pełni jednocześnie funkcję warstwy komunikacyjnej i rozliczeniowej dzięki wykorzystaniu XRP Ledger. Platforma RippleNet, wykorzystująca cyfrową walutę XRP, reorganizuje dotychczasowy paradygmat płatności międzynarodowych poprzez zapewnienie niemal natychmiastowej finalności transakcji, redukcję kosztów i eliminację pośredników (Ahmadova, Ereš 2022; Kaygin i in. 2021). Choć Ripple nie jest jedynym projektem łączącym świat finansów z technologią blockchain, to właśnie jego implementacja przez ponad 100 instytucji finansowych oraz liczne partnerstwa z bankami centralnymi czynią go interesującym przypadkiem badawczym (Islam i in. 2022; Hashemi Joo i in. 2020).

Technologiczną podstawą Ripple jest zdecentralizowany rejestr (XRP Ledger), który rejestruje wszystkie transakcje i aktualizowany jest przez sieć walidatorów, przy wykorzystaniu mechanizmu konsensusu niebędącego klasycznym „Proof of Work” czy „Proof of Stake”, ale specjalnie zaprojektowanym algorytmem konsensusu Ripple (Ripple doc, n.d.). Dzięki temu Ripple może osiągać wysoką skalowalność i energooszczędność przy zachowaniu integralności danych (Hashemi Joo i in. 2020). Transakcje w sieci są weryfikowane i zabezpieczane mechanizmem konsensusu RPCA (ang. Ripple Protocol Consensus Algorithm). Potwierdzanie transakcji odbywa się dzięki węzłom walidującym. Każdy użytkownik może założyć swój własny węzeł w sieci, jednak to instytucja korzystająca z XRPL decyduje, które węzły będą uczestniczyły w procesie osiągania konsensusu w ramach ich systemu. Transakcja zostaje potwierdzona, gdy wszystkie z węzłów UNL (ang. Unique Node List), czyli tylko tych bezpośrednio wybranych przez instytucję, zaakceptują i wyemitują ten sam zestaw transakcji do księgi głównej. Wtedy transakcja zostaje potwierdzona i zapisana w blockchain. Takie rozwiązanie procesów walidacyjnych łańcucha bloków umożliwiło znaczną poprawę wydajności. Według deweloperów, architektura RippleNet pozwala na przetworzenie do 50 000 transakcji na sekundę (Ripple doc, n.d.). Jednak rzeczywista aktywność sieci pozostaje znacząco niższa niż jej deklarowana przepustowość (do 50 000 TPS). Wskazuje to, że XRPL działa z dużą rezerwą wydajności, a nie na granicy swoich możliwości technicznych. Jednak jest to wystarczająca prędkość do globalnego zastosowania w sektorze usług finansowych. System Ripple wykorzystuje także natywną kryptowalutę XRP, która pełni funkcję pośredniczącą w transakcjach między dwiema różnymi walutami. XRP pozwala na uniknięcie konieczności posiadania konta w walucie docelowej i eliminuje potrzebę angażowania banków korespondentów (Ahmadova, Ereš 2022). Co istotne, Ripple nie dąży do wykluczenia tradycyjnych instytucji finansowych – wręcz przeciwnie, zakłada współpracę z bankami i integrację z istniejącymi systemami (Rosner, Kang 2015). Ripple znajduje zastosowanie m.in. w płatnościach detalicznych, przekazach pieniężnych (*remittances*), a także jako narzędzie do optymalizacji płynności w rozliczeniach międzybankowych. Rozwiązanie to zyskało zainteresowanie wielu instytucji finansowych na świecie, a jego sieć partnerów obejmuje banki komercyjne, firmy fintechowe oraz operatorów systemów płatniczych (Ripple, n.d.-b).

Celem niniejszego artykułu jest ocena RippleNet jako narzędzia do obsługi przelewów międzynarodowych. Badanie obejmuje pomiar szybkości finalizacji transakcji, analizę dynamiki wolumenów i liczby operacji, ocenę topologii sieci płatniczej (w tym identyfikację hubów i społeczności) oraz stopnia koncentracji przepływów wartości pomiędzy uczestnikami. Uzyskane wyniki zestawiono z wnioskami płynącymi z przeglądu literatury, a całość ujęto w formie analizy SWOT, co pozwala kompleksowo ocenić zarówno mocne i słabe strony RippleNet, jak i zewnętrzne szanse oraz zagrożenia dla jego dalszej implementacji.

1. Metoda badawcza

Przeprowadzone badanie empiryczne opiera się na analizie danych transakcyjnych pochodzących z publicznego rejestru XRP Ledger (XRPL), który stanowi technologiczną podstawę funkcjonowania RippleNet. W odróżnieniu od tradycyjnych baz płatniczych, XRPL jest rejestrem rozproszonym, a więc każdy blok (tzw. ledger) zawiera pełną informację o stanie kont oraz zestawie zatwierdzonych transakcji.

Dane źródłowe zostały pobrane bezpośrednio z XRPL przy użyciu autorskiego kodu w języku C++, który powstał na bazie otwartego projektu GetLedger¹, lecz został znacząco zmodyfikowany w celu automatycznego pobrania większej liczby danych. O ile oryginalne rozwiązanie pozwalało na pobranie tylko jednej wskazanej księgi, wprowadzone zmiany umożliwiły iteracyjne pobieranie całych ledgerów (na podstawie wartości `complete_ledgers`) oraz zapisywanie wyłącznie tych rekordów, które zawierały faktyczne transakcje. Dane były zapisywane w postaci plików JSON obejmujących nagłówki ledgerów i szczegółowe informacje o transakcjach.

W kolejnym kroku, zgromadzona próbka obejmująca 1000 ledgerów pobrana 29 sierpnia 2025 r. została przetworzona przy użyciu w pełni autorskiego skryptu analitycznego w języku Python. Skrypt ten umożliwiał parsowanie transakcji, budowę struktur danych oraz obliczanie kluczowych wskaźników ilościowych w trzech głównych obszarach: topologii sieci płatniczej, rozkładu wartości transakcji oraz dynamiki przepływów.

Pierwszym etapem analizy było wczytanie surowych danych zawierających informacje o transakcjach typu Payment – czyli faktycznych transferach wartości pomiędzy adresami w sieci. Z tych danych zbudowano tabelę zdarzeń obejmującą identyfikatory nadawcy i odbiorcy, wartość transakcji w XRP, opłaty transakcyjne oraz znaczniki czasowe.

Drugi etap badań obejmował analizę sieciową. Zgodnie z podejściem sieci ekonomicznych (*network economics*), uczestników XRPL potraktowano jako węzły grafu skierowanego, zaś transakcje jako krawędzie łączące nadawcę i odbiorcę. Dla każdego węzła obliczono podstawowe miary stopnia (*in-degree*, *out-degree*, *degree total*). W celu uchwycenia struktury społecznej sieci zastosowano algorytm Louvain, któ-

¹ <https://github.com/JoelKatz/getLedger> (dostęp 28.08.2025).

ry pozwala na identyfikację społeczności węzłów o silniejszych powiązaniach wewnętrznych. Kolejnym obszarem analizy była charakterystyka wartości transakcji. Szczególną uwagę poświęcono koncentracji aktywności, tj. ocenie, jaka część wolumenu płatności przypada na największych uczestników. W tym celu obliczono udziały w wolumenie dla grupy top-N węzłów ($N = 1, 5, 10$). Dodatkowo rozkład koncentracji zobrazowano za pomocą krzywej Lorenza oraz współczynnika Giniego, co umożliwiała ocenę stopnia nierówności w dystrybucji aktywności pomiędzy uczestników. Trzecim obszarem badań była analiza czasowa. Dla każdego ledgeru policzono liczbę transakcji oraz ich łączny wolumen w XRP, co pozwoliło na skonstruowanie szeregów czasowych aktywności sieci i identyfikację okresów zwiększonego obciążenia.

Wyniki przedstawiono w formie analizy SWOT, która integrowała zarówno rezultaty badań własnych autora, jak i informacje pozyskane z przeglądu literatury dotyczącej RippleNet. Takie połączenie pozwoliło nie tylko na syntetyczne ujęcie mocnych i słabych stron sieci Ripple, ale także identyfikację szans i zagrożeń wynikających z jej rozwoju i potencjału wdrożeniowego w sektorze finansowym.

Wykorzystane metody analityczne zostały dobrane w taki sposób, aby umożliwić ocenę sieci Ripple z perspektywy jej przydatności jako infrastruktury do obsługi przelewów międzynarodowych. Analiza topologiczna pozwala uchwycić obecność węzłów o centralnym znaczeniu, które odgrywają dominującą rolę w strukturze sieci transakcyjnej. Analiza wartości transakcji i koncentracji umożliwia ocenę, czy sieć sprzyja rozproszonej konkurencji, czy też wykazuje tendencje monopolistyczne. Z kolei analiza czasowa daje wgląd w dynamikę systemu oraz jego zdolność do obsługi przepływów w warunkach zmiennego obciążenia.

2. Przegląd literatury

W odpowiedzi na ograniczenia tradycyjnego modelu płatności transgranicznych zaczęły pojawiać się rozwiązania oparte na technologii blockchain. Jednym z najbardziej rozpoznawalnych projektów w tym obszarze jest Ripple – system zaprojektowany z myślą o usprawnieniu globalnych transferów finansowych przy zachowaniu zgodności z wymogami regulacyjnymi (Kaygin i in. 2021). Ripple wykorzystuje własny protokół komunikacyjny (Ripple Protocol, znany także jako RTXP – Ripple Transaction Protocol), który umożliwia natychmiastowe przesyłanie wartości w różnych walutach – zarówno fiducjarnych, jak i cyfrowych. Sieć RippleNet pozwala na rozliczanie transakcji w ciągu kilku sekund, co stanowi znaczącą przewagę nad systemami opartymi na SWIFT (Qiu i in. 2019; Islam i in. 2022).

Jednym z najczęściej cytowanych przypadków zastosowania RippleNet jest hiszpański bank Santander, który wdrożył aplikację One Pay FX, umożliwiającą szybkie przelewy międzynarodowe dla klientów detalicznych w wybranych krajach europejskich i Ameryki Południowej (Ahmadova, Ereik 2022) i korzysta z jej zalet. W Azji istotną rolę odgrywa japońska grupa finansowa SBI Holdings, która nie tylko wykorzystuje RippleNet do realizacji przelewów, ale także współtworzy z Ripple spół-

kę joint venture – SBI Ripple Asia. W ramach tej współpracy wdrażany jest system płatności międzybankowych w Japonii i Korei Południowej (Ahmadova, Ereka 2022). Innym przykładem jest IndusInd Bank z Indii, który zastosował technologię Ripple w celu usprawnienia usług transgranicznych dla klientów korporacyjnych i instytucjonalnych (Kaygin i in. 2021).

Wdrożenie RippleNet odbywa się najczęściej w formie pilotażowej lub w ograniczonym zakresie geograficznym. Instytucje finansowe testują RippleNet w wybranych korytarzach walutowych – np. pomiędzy Azją a Ameryką Łacińską – celem oceny jego efektywności i współdziałania z istniejącymi systemami back-office (Xia, Wang 2022). W wielu przypadkach nie jest to całkowite zastąpienie dotychczasowych rozwiązań, lecz ich uzupełnienie, szczególnie w zakresie rozliczeń o wysokiej częstotliwości lub niskiej wartości jednostkowej. Dostępne informacje sugerują, że największe korzyści z wdrożenia RippleNet osiągają instytucje działające w regionach o niedostatecznie rozwiniętej infrastrukturze płatniczej, a także firmy oferujące usługi przekazów pieniężnych (*remittances*), gdzie szybkość i koszty mają kluczowe znaczenie dla konkurencyjności.

W literaturze podkreśla się również potencjał RippleNet jako rozwiązania wspierającego w przyszłości integrację walut cyfrowych banków centralnych (CBDC). Dzięki transparentności XRPL i publicznej rejestracji wszystkich transakcji, system może ułatwiać nadzór regulacyjny i audyt, co stanowi istotną przewagę w projektowaniu infrastruktury finansowej zgodnej z wymogami prawa. Autorzy zwracają także uwagę, że Wykorzystanie RippleNet nie ogranicza się wyłącznie do sektora bankowego. Coraz częściej interesują się nim także instytucje pozabankowe, takie jak firmy zajmujące się przekazami pieniężnymi, dla których kluczowe znaczenie mają niskie koszty i szybkość rozliczeń. Jednocześnie brak jednoznacznego statusu prawnego XRP w wielu jurysdykcjach wskazuje na potrzebę ścisłej współpracy z regulatorami jako warunku dalszej ekspansji RippleNet (Adrian i in. 2023). Z kolei raport Banku Światowego wskazuje, że rozwój transgranicznych zastosowań CBDC może przyczynić się do istotnego obniżenia kosztów i skrócenia czasu rozliczeń, jednak jego sukces będzie uzależniony od międzynarodowej koordynacji i harmonizacji regulacyjnej (World Bank 2021).

3. Wyniki badań własnych

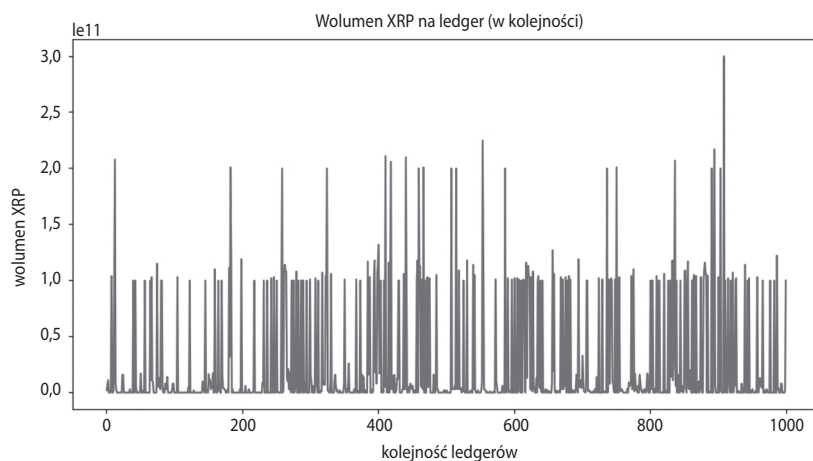
Przeprowadzona analiza empiryczna XRPL pozwoliła na ocenę struktury i dynamiki sieci Ripple z trzech perspektyw: wolumenu transakcji, topologii sieci płatniczej oraz dystrybucji wartości i koncentracji aktywności. Wyniki wskazują na wyraźne tendencje centralizacyjne, nierównomierny rozkład aktywności pomiędzy uczestnikami oraz występowanie okresów o znacznym nasileniu przepływów.

3.1. Czas finalizowania transakcji

W sieci Ripple proces zamknięcia bloku (*ledger close*) jest jednoznaczny z finalizacją transakcji – po jego zakończeniu wszystkie zapisane w nim operacje mają status ostateczny i nie mogą być cofnięte. Dane dotyczące rytmu zamykania kolejnych ledgerów w XRPL pokazują, że sieć RippleNet charakteryzuje się bardzo stabilnym i przewidywalnym mechanizmem finalizacji bloków. Na próbie 999 obserwacji średni czas pomiędzy kolejnymi ledgerami wyniósł 3,87 sekundy, przy medianie równej 1 sekundzie. Wartości dla percentyli potwierdzają tę regularność: 90., 95. i 99. percentyl osiągają identyczny poziom 9 sekund, co oznacza, że nawet w momentach największego obciążenia sieci czas finalizacji nie przekraczał tej granicy. Minimalny zarejestrowany odstęp wyniósł 1 sekundę, a maksymalny również 9 sekund. Tak wąski rozkład różnic w czasie zamykania ledgerów wskazuje na wysoką przewidywalność i deterministyczny charakter procesu konsensusu XRPL. W kontekście zastosowań płatniczych oznacza to, że RippleNet zapewnia quasi-natychmiastowe rozliczenia transakcji, które pozostają odporne na wahania obciążenia sieci. Wynik ten stanowi istotną przewagę w porównaniu z tradycyjnymi systemami transgranicznymi, w których czas rozrachunku liczony jest w godzinach lub dniach.

3.2. Dynamika wolumenu transakcji

Rysunek 1. Wolumen transakcji XRP zarejestrowany w księgach w badanej próbie

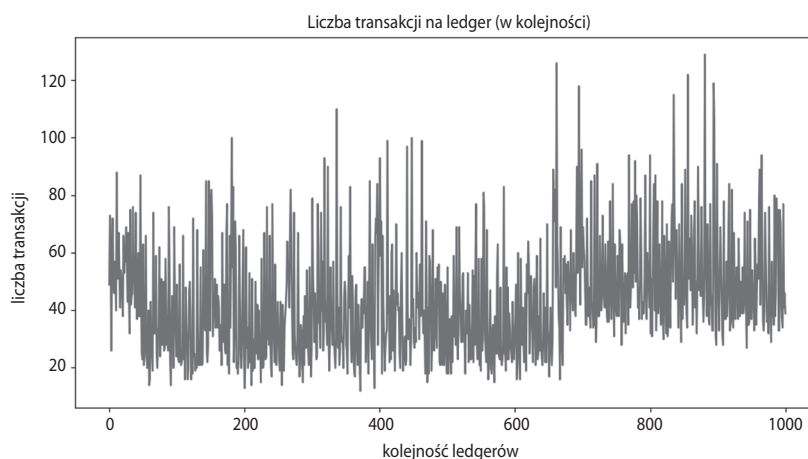


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

Na rysunku 1 zaprezentowano łączny wolumen transakcji w XRP przypadający na każdy ledger w badanej próbie. Widoczna jest znacząca zmienność wartości – obok okresów względnej stabilizacji występują liczne szczyty sięgające nawet powyżej

2×10^{11} XRP. Taka dyspersja sugeruje, że w sieci dochodzi do nieregularnych, bardzo dużych transferów, prawdopodobnie związanych z działaniami pojedynczych dużych podmiotów instytucjonalnych.

Rysunek 2. Liczba transakcji zarejestrowana w księgach w badanej próbie



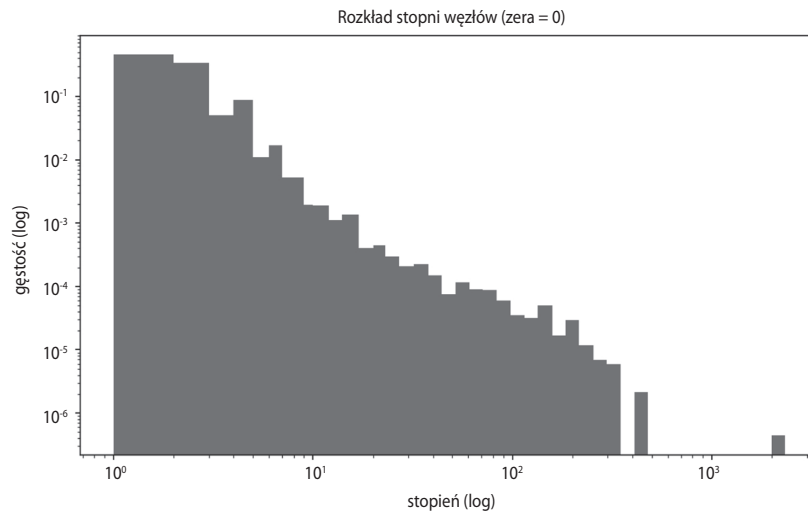
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

Zmienność liczby transakcji przedstawiono na rysunku 2. Choć przeciętna liczba transakcji na ledger oscyluje wokół 50–60, to obserwowane są także okresy zwiększonej intensywności, w których liczba transakcji przekracza 100. Wskazuje to na istnienie pewnych cykli aktywności użytkowników sieci, co może być istotne dla oceny zdolności RippleNet do obsługi zwiększonego obciążenia.

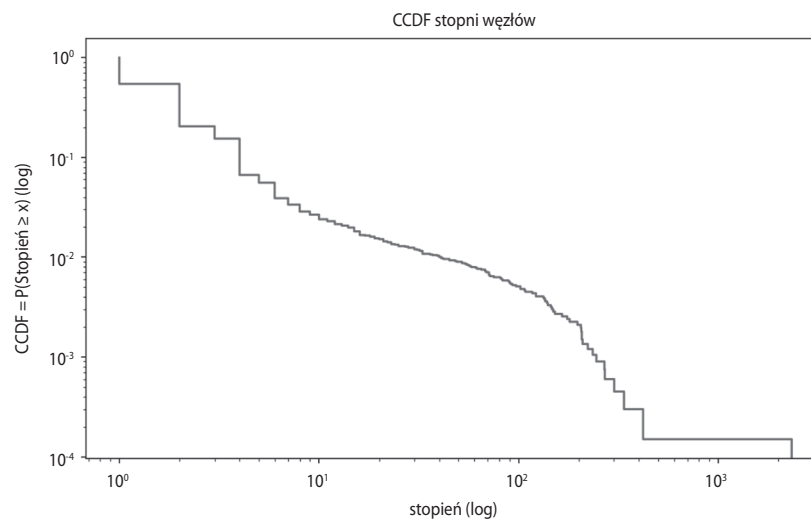
3.3. Struktura sieci płatniczej

Aby ocenić strukturę powiązań w RippleNet, przeanalizowano rozkład stopni węzłów w skali log–log. Węzeł (ang. Node) to uczestnik sieci reprezentowany przez adres XRPL, który brał udział w transakcjach Payment.

Na rysunku 3 przedstawiono histogram stopni (bez uwzględniania stopni zerowych nie zawierających transakcji), co pozwala lepiej zobrazować faktyczną różnorodność aktywnych uczestników. Widoczna jest charakterystyczna dla sieci finansowych asymetria – większość węzłów ma niewielką liczbę połączeń, podczas gdy nieliczna grupa pełni funkcję hubów z bardzo wysokimi wartościami stopnia. Zastosowanie skali logarytmicznej zarówno na osi X, jak i Y, pozwala na kompresję „długiego ogona” i wyeksponowanie struktury rdzeniowej.

Rysunek 3. Rozkład stopni węzłów w skali log-log

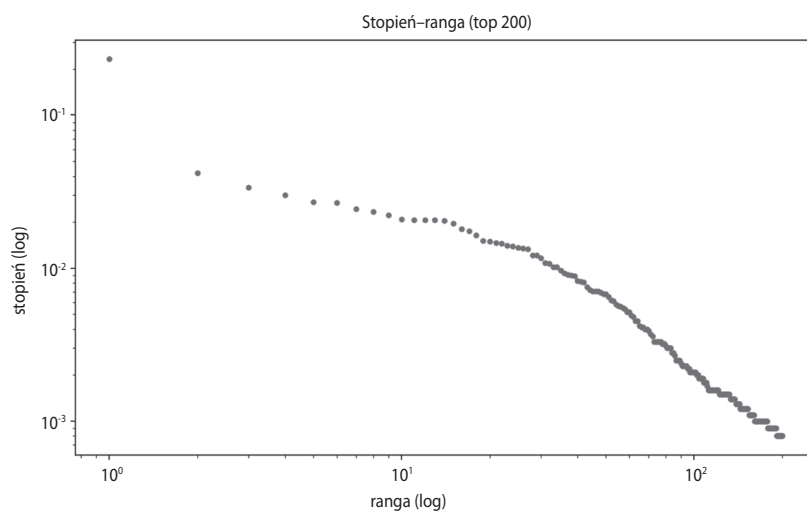
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

Rysunek 4. Komplementarna dystrybuanta rozkładu stopni (CCDF)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

Jeszcze bardziej czytelny jest wykres komplementarnej dystrybucyjności rozkładu stopnia (CCDF), zaprezentowany na rysunku 4. Ilustruje on, jaka część węzłów ma stopień większy lub równy danej wartości. Wyraźnie widać, że prawdopodobieństwo posiadania wysokiego stopnia maleje powoli, co sugeruje obecność nielicznych, lecz bardzo silnie skomunikowanych węzłów. Takie rozkłady są typowe dla systemów o strukturze skali-wolnej (ang. *scale-free network*), gdzie większość uczestników ma marginalne znaczenie, a dominacja skupia się w transakcjach nielicznej elity (Albert, Barabási 2002).

Rysunek 5. Rangi stopni w skali log-log



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z książki Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

Na rysunku 5 przedstawiono wykres rangowy stopni (*degree-rank plot*) również w skali log-log. Prawie liniowy spadek w tej skali wskazuje na przybliżone dopasowanie do rozkładu potęgowego. Oznacza to, że RippleNet, podobnie jak inne sieci o charakterze ekonomicznym, wykazuje silne właściwości hierarchiczne – istnieje mała liczba adresów o wyjątkowo dużej liczbie połączeń, które pełnią funkcję centralnych hubów transakcyjnych. W kontekście zastosowań płatniczych sugeruje to, że przepływy wartości mogą być w znacznym stopniu uzależnione od stabilności i aktywności tych kilku dominujących węzłów.

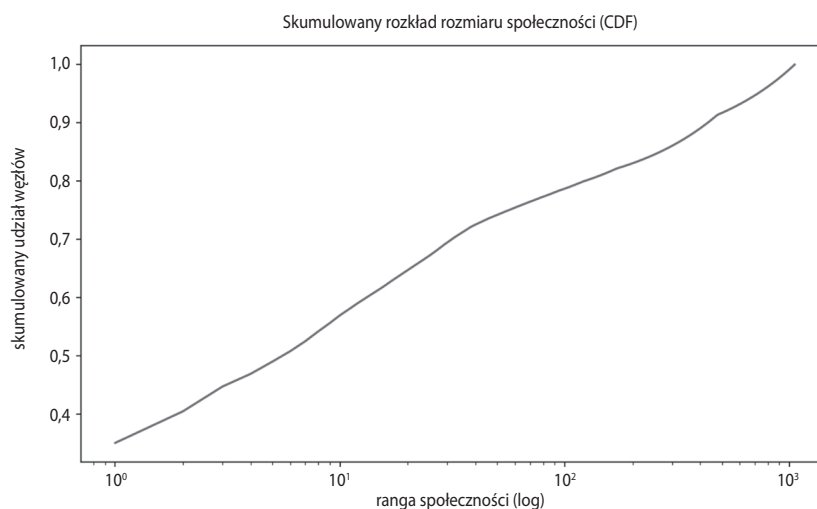
3.4. Statystyki stopni węzłów

Dla próbki 6 667 aktywnych adresów średni stopień całkowity wyniósł 3,78 (mediana: 2), przy $p_{90} = 4$, $p_{95} = 6$ i $p_{99} \approx 40$; maksimum osiągnęło 2329. Rozkłady *in-degree* i *out-degree* są silnie skośne: mediana *in-degree* = 1 ($p_{99} \approx 13$; max = 135), natomiast mediana *out-degree* = 0 ($p_{99} \approx 16$; max = 2 327), co potwierdza obecność nielicznej grupy hubów o wyjątkowo wysokiej liczbie połączeń po stronie nadawczej. Wnioski te są zgodne z wcześniejszymi wykresami (histogram, CCDF, degree-rank), wskazując na strukturę zbliżoną do skali-wolnej i znaczną heterogeniczność ról w sieci.

3.5. Społeczności w sieci Ripple

Identyfikacja społeczności za pomocą algorytmu Louvain pozwoliła na wyodrębnienie grup węzłów charakteryzujących się silniejszymi powiązaniami wewnętrznymi. Zamiast klasycznego wykresu słupkowego dla wszystkich społeczności, przedstawiono dwie formy ujęcia: dystrybucje skumulowane oraz ranking największych grup.

Rysunek 6. Skumulowana dystrybucja liczebności społeczności

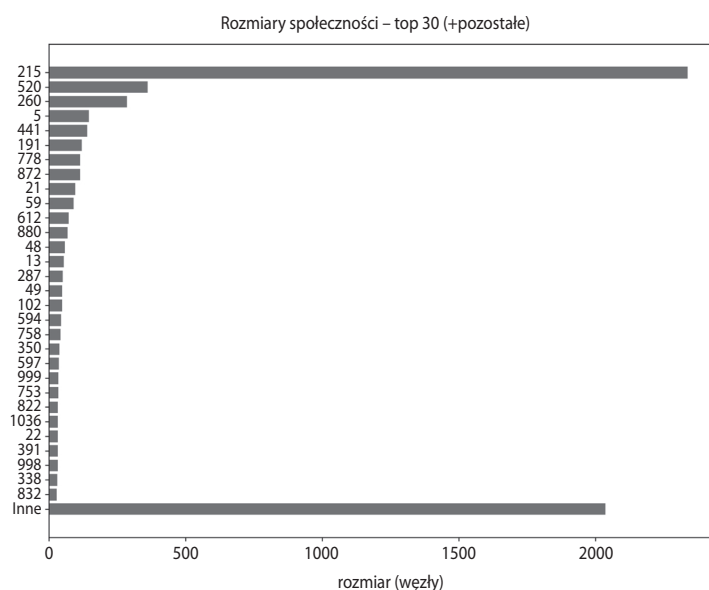


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

Na rysunku 6 zaprezentowano skumulowaną dystrybucję liczebności społeczności (CDF) w skali logarytmicznej rangi. Widać wyraźnie, że stosunkowo niewielka liczba największych grup obejmuje znaczną część wszystkich węzłów, a osiągnięcie

50% populacji następuje już przy kilkunastu największych społecznościach. Krzywa szybko „domyka się” również w okolicach 80–90%, co wskazuje na wyraźną hierarchię: większość uczestników należy do kilku dominujących społeczności, podczas gdy tysiące mniejszych grup ma marginalny udział w strukturze sieci.

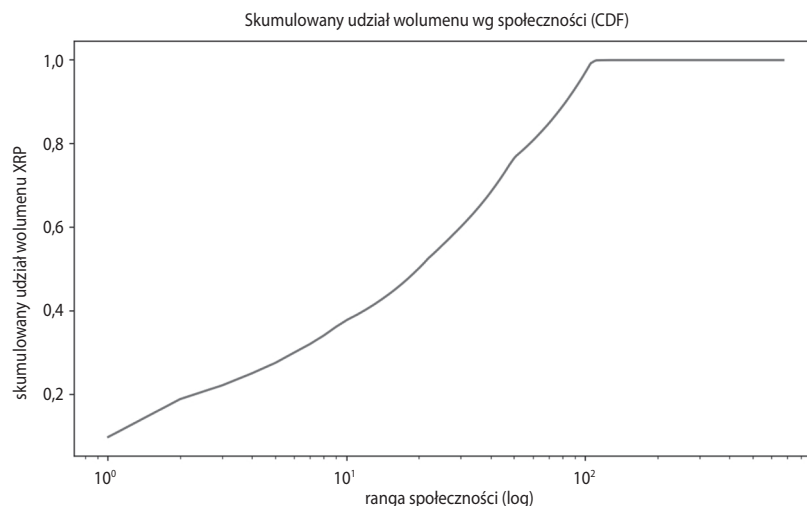
Rysunek 7. Największej społeczności (30) pod względem liczebności adresów



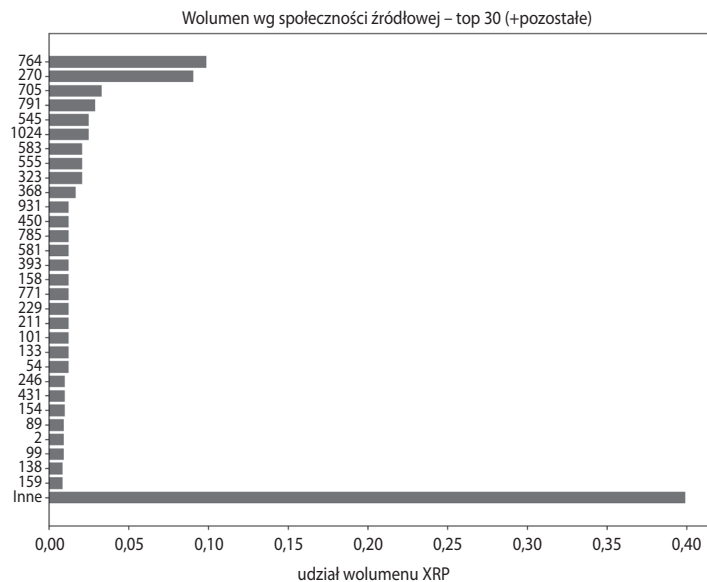
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

Rysunek 7 prezentuje ranking trzydziestu największych społeczności pod względem liczebności, a wszystkie pozostałe ujęto zbiorczo jako kategorię *Other*. Zastosowanie takiego podejścia eliminuje problem „długiego ogona” i pozwala łatwo porównać dominującą rolę największych grup. Największa społeczność skupia ponad 2000 adresów, co sugeruje, że pełni ona funkcję rdzenia węzłowego, wokół którego koncentrują się przepływy wartości.

Podobne wnioski płyną z analizy wolumenu transakcji przypadającego na społeczności. Na rysunku 8 przedstawiono skumulowaną dystrybucję udziałów w całkowitym wolumenie XRP. Widoczna jest bardzo silna koncentracja – już kilka największych społeczności odpowiada za ponad połowę wartości wszystkich transferów, a ok. 90% całości skupia się w mniej niż stu grupach.

Rysunek 8. Wolumen transakcji przypadający na społeczności

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

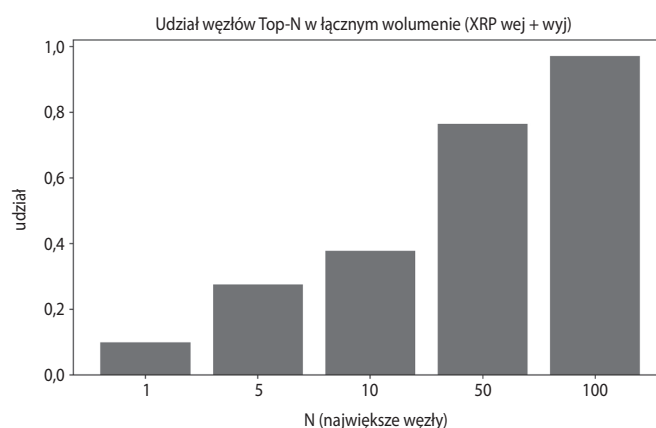
Rysunek 9. Ranking największych społeczności według udziału w wolumenie

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

Rysunek 9 ukazuje ranking największych społeczności pod względem udziału w wolumenie (Top-30 + Other). Największa grupa odpowiada za ponad 15% wszystkich przepływów, a trzy kolejne największe dodają po kilka procent każda. Natomiast tysiące mniejszych społeczności, zebranych do kategorii *Other*, łącznie generują mniej niż 40% wolumenu. Zastosowanie osi procentowej, zamiast wartości absolutnych, pozwala jednoznacznie ocenić skalę tej koncentracji i ułatwia porównania.

4. Koncentracja wartości i nierówności w dystrybucji

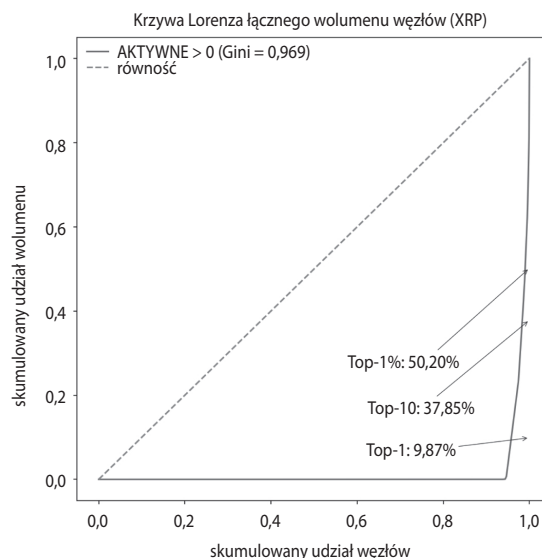
Rysunek 10. Rozkład udziału w całkowitym wolumenie pomiędzy największymi uczestnikami sieci



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

Rozkład udziału w całkowitym wolumenie pomiędzy największymi uczestnikami przedstawiono na rysunku 10. Z danych wynika, że pojedynczy największy węzeł odpowiada za ok. 10% wszystkich przepływów. Udział pięciu największych wynosi już ok. 27%, a stu największych – niemal 97%. Oznacza to, że aktywność w sieci jest ekstremalnie skoncentrowana i pozostaje pod kontrolą niewielkiej liczby adresów.

Wyniki te są zgodne z krzywą Lorenza zaprezentowaną na rysunku 11, która przyjmuje kształt skrajnie wypukły względem linii równości (przerywana linia). Obliczony współczynnik Giniego wynosi aż 0,969, co świadczy o ekstremalnym poziomie nierówności w dystrybucji przepływów XRP pomiędzy uczestników. Dodatkowo na wykresie oznaczono wartości ilustrujące udział największych węzłów: pojedynczy największy adres odpowiada za 9,87% całkowitego wolumenu, dziesięciu największych kontroluje łącznie 37,85%, a zaledwie 1% wszystkich aktywnych węzłów skupia w swoich rękach ponad 50% wolumenu. Tak wysoki stopień koncentracji dowodzi, że aktywność w sieci RippleNet jest zdominowana przez wąską elitę adresów, podczas gdy zdecydowana większość uczestników odpowiada za marginalny ułamek przepływów.

Rysunek 11. Krzywa Lorenza dla wolumenu transakcji węzłów

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z ksiąg Ripple (29 sierpnia 2025 r.), wizualizacja wykonana w Python z użyciem biblioteki matplotlib.

5. Ripple Analiza SWOT

5.1. Mocne strony

Ripple oferuje natychmiastowe rozliczenia transakcji transgranicznych, co znacząco przewyższa tradycyjne systemy bankowe, w tym SWIFT (Qiu i in. 2019). Potwierdzają to również wyniki przeprowadzonych badań. Średni czas zamykania ledgerów w XRPL wynosił 3,87 sekundy, przy medianie równej jednej sekundzie, a maksymalny zaobserwowany czas finalizacji nie przekroczył 9 sekund. Tak stabilny i przewidywalny mechanizm konsensusu zapewnia quasi-natychmiastowe rozliczenia, niezależnie od obciążenia sieci. Dodatkowo, niskie koszty operacyjne oraz możliwość działania 24/7 niezależnie od lokalnych ograniczeń czasowych czynią RippleNet atrakcyjnym rozwiązaniem dla instytucji finansowych (Islam i in. 2022). Kolejną istotną zaletą jest przejrzystość – transakcje w sieci XRP Ledger są dostępne do śledzenia w czasie rzeczywistym, co zwiększa zaufanie i pozwala na bieżące monitorowanie przepływów środków (Kaygin i in. 2021). Wyniki wskazują ponadto, że sieć jest zdolna do obsługi okresów zwiększonej aktywności, w których liczba transakcji przekraczała 100 na pojedynczy ledger, bez utraty stabilności procesu rozliczeniowego.

5.2. Słabe strony

Ripple pozostaje względnie scentralizowanym. Choć opiera się na blockchainie, to znacząca część podaży XRP znajduje się pod kontrolą Ripple Labs, co może budzić wątpliwości co do faktycznej decentralizacji i niezależności sieci (Martin 2020). Dodatkowo, zastosowanie RippleNet – mimo dynamicznego wzrostu – jest nadal ograniczone w porównaniu do zasięgu SWIFT, a wdrożenie tej technologii wymaga integracji z istniejącymi systemami bankowymi, co bywa czasochłonne i kosztowne (Qiu i in. 2019). Wyniki badań własnych wskazują na bardzo wysoki poziom koncentracji aktywności: największy pojedynczy węzeł odpowiadał za blisko 10% całego wolumenu, a 1% uczestników kontrolował ponad połowę przepływów, co przełożyło się na współczynnik Giniego równy 0,969. Oznacza to, że aktywność w sieci RippleNet jest zdominowana przez niewielką grupę adresów, co może ograniczać jej postrzeganą decentralizację i zwiększać podatność na zaburzenia w aktywności tych kluczowych podmiotów.

5.3. Szanse

Rosnące zapotrzebowanie na efektywne, szybkie i tanie przelewy międzynarodowe w segmencie B2B oraz remittances stwarza przestrzeń do ekspansji RippleNet, szczególnie w regionach o słabiej rozwiniętej infrastrukturze bankowej (Ahmadova, Ereś 2022). Globalne trendy digitalizacji finansów, w tym rozwój CBDC oraz otwarcie instytucji na współpracę z fintechami, mogą ułatwić Ripple dalszą integrację z rynkami regulowanymi. Możliwa jest również współpraca Ripple z bankami centralnymi – np. w zakresie pośrednictwa przy emisji lub transferze walut cyfrowych (Ahmadova, Ereś 2022).

5.4. Zagrożenia

Ripple działa w środowisku wysokiego ryzyka regulacyjnego. Status prawny XRP jako aktywa finansowego pozostaje niejednoznaczny w wielu jurysdykcjach, co może wpłynąć na tempo wdrożeń i zniechęcić potencjalnych partnerów instytucjonalnych (Spindler 2024). Ripple konkuruje z innymi inicjatywami opartymi na blockchainie, jak Stellar czy systemy stablecoinów, które oferują podobne funkcjonalności z alternatywną strukturą zarządzania. Istnieje również ryzyko, że rozwój nowych, bardziej zaawansowanych systemów płatności (np. ISO 20022)² zmniejszy konkurencyjność RippleNet (Constantino i in. 2024). Należy zaznaczyć, że ISO 20022 jest standardem komunikacyjnym, a nie systemem rozliczeniowym; jego wdrożenie może jednak zwiększyć konkurencyjność SWIFT, ograniczając przewagi RippleNet. Dodatkowo, silna koncentracja przepływów wykazana w badaniach

² ISO 20022 is an international standard for electronic data interchange between financial institutions

własnych – gdzie zaledwie niewiele węzłów odpowiada za większość aktywności – może być postrzegana jako dodatkowe zagrożenie dla stabilności i wiarygodności systemu przez regulatorów i instytucje finansowe.

6. Synteza wyników badań własnych

Uzyskane rezultaty pozwalają sformułować kilka kluczowych wniosków. Po pierwsze, sieć Ripple cechuje się wysoką zmiennością zarówno w liczbie transakcji, jak i w wolumenach, co wskazuje na obecność dużych, nieregularnych transferów. Po drugie, struktura topologiczna i wskaźniki centralności potwierdzają istnienie niewielkiej liczby kluczowych węzłów dominujących nad resztą uczestników. Po trzecie, identyfikacja społeczności wykazała istnienie rdzeniowych grup, które generują większość aktywności sieci. Po czwarte, rozkład wartości transakcji i koncentracja top-N węzłów jednoznacznie wskazują na skrajną nierówność w dystrybucji przepływów. W rezultacie RippleNet, choć technologicznie zdecentralizowany, w praktyce funkcjonuje w sposób wysoce scentralizowany, co ma istotne konsekwencje dla jego potencjalnej roli jako infrastruktury transgranicznych płatności.

Studia literatury dowodzą, że wdrożenia RippleNet są prowadzone przede wszystkim w formie pilotażowej, a pełna implementacja w skali globalnej napotyka bariery regulacyjne, technologiczne i instytucjonalne. Uwagę zwracają m.in. szanse związane z integracją z projektami CBDC oraz zagrożenia wynikające z konkurencji i niepewności regulacyjnej.

W interpretacji wyników należy uwzględnić kwestie regulacyjne. Ze względu na niejednoznaczny status prawny XRP w wielu jurysdykcjach, a w szczególności na toczące się postępowania przed amerykańską SEC, wdrożenia RippleNet obarczone są ryzykiem prawnym (Goforth 2024). Brak jednolitej kwalifikacji prawnej XRP – czy jako waluty cyfrowej, towaru, czy papieru wartościowego – powoduje niepewność instytucji finansowych i może ograniczać ich skłonność do wykorzystania tej technologii. Z drugiej strony, badania empiryczne wskazują, że choć w krótkim okresie wdrożenie RippleNet nie przynosi bankom wyraźnych korzyści w zakresie efektywności i płynności, to w dłuższym okresie następuje poprawa niektórych wskaźników operacyjnych (Marisetty i in. 2024).

Przeprowadzone badania wskazują na konieczność dalszej analizy ryzyk systemowych związanych z koncentracją aktywności i centralizacją węzłów, a także na potrzebę uważnego śledzenia zmian legislacyjnych. W kontekście potencjalnej współpracy z bankami centralnymi oraz integracji z projektami CBDC, RippleNet może zostać wykorzystany jako pomost technologiczny, jednak jego strukturalne i regulacyjne ograniczenia powinny być integralnym elementem oceny wiarygodności i odporności sieci.

Tabela 1. Podsumowanie analizy SWOT

Mocne strony	Słabe strony	Szanse	Zagrożenia
– Natychmiastowe rozliczenia (średnio 3,87 s, mediana 1 s, maks. 9 s) – Niskie koszty transakcyjne – Transparentność transakcji – Działanie 24/7 – Zdolność obsługi zwiększonej aktywności (powyżej 100 transakcji na ledger bez utraty stabilności)	– Częściowa centralizacja (Znacząca część podaży XRP kontrolowana przez Ripple Labs) – Ograniczona adopcja rynkowa – Problemy z integracją z systemami legacy – Niejednoznaczny status prawny XRP – Skrajna koncentracja aktywności (1% uczestników kontroluje > 50% wolumenu; współczynnik Giniego = 0,969)	– Wzrost znaczenia fintechów i CBDC – Ekspansja na rynki wschodzące – Możliwość współpracy z bankami centralnymi – RippleNet jako pomost dla CBDC	– Ryzyko regulacyjne – Konkurencja ze strony innych technologii (np. Stellar) – Modernizacja SWIFT lub rozwój alternatyw (np. gpi, ISO 20022, CIPS w Chinach, SPFS w Rosji) – Niepewność wobec aktywów kryptograficznych – Nadmierna zależność od niewielkiej liczby kluczowych węzłów i społeczności

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań własnych oraz przeglądu literatury zawartego w artykule.

Bibliografia

Adrian T., Garratt R., He D., Mancini-Griffoli T. (2023), *Trust bridges and money flows*. BIS Working Papers, No. 1112, Monetary and Economic Department, July. Bank for International Settlements. <https://www.bis.org/publ/work1112.pdf> (dostęp 5.09.2025).

Ahmadova S., Ereğ M. (2022), *A review on Ripple, a financial intermediary Coin*. „Akademik İzdüşüm Dergisi”, 7(2).

Albert R., Barabási A.L. (2002), *Statistical mechanics of complex networks*. „Reviews of Modern Physics”, 74(1).

Armknecht F., Karame G.O., Mandal A., Youssef F., Zenner E. (2015), *Ripple: Overview and outlook*, [w:] Trust and Trustworthy Computing: 8th International Conference, TRUST 2015, Heraklion, Greece, August 24–26, 2015, Proceedings 8 (s. 163–180). Springer International Publishing.

Chen S., Wang N., Zhong Y. (2021), *Ripple's market competitiveness in the long-term*. Advances in Economics, Business and Management Research, 190, 218–223. Atlantis Press.

Cipriani M., Goldberg L.S., La Spada G. (2023), *Financial sanctions, SWIFT, and the architecture of the international payment system*. „Journal of Economic Perspectives”, 37(1).

Constantino J., Mamede H.S., da Silva M.M. (2024), *Adopting ISO 20022: Opportunities, challenges, and success factors for corporations in payment processing*. Emerging Science Journal, 8(4), 1402–1419. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2024-08-04-010>

Dörny S., Robinson G., Derudder B. (2018), *There is no Alternative: SWIFT as Infrastructure Intermediary in Global Financial Markets* (Financial Geography Working Paper Series No. 22). The Global Network on Financial Geography (FinGeo).

Goforth C.R. (2024), *SEC v. Ripple Labs: A Ripple or a Wave?*. Drake L. Rev., 71.

Hashemi Joo M., Nishikawa Y., Dandapani K. (2020), *Cryptocurrency, a successful application of blockchain technology*. „Managerial Finance”, 46(6).

Islam M.R., Rashid M.M., Rahman M.A., Mohamad M.H.S. B., Embang A.H.B. (2022), *Analysis of blockchain-based Ripple and SWIFT*. „Asian Journal of Electrical and Electronic Engineering”, 2(1).

Kaygin E., Zengin Y., Topcuoglu E., Ozkes, S. (2021), *The evaluation of block chain technology within the scope of ripple and banking activities*. „Journal of Central Banking Theory and Practice”, 10(3).

Marisetty V.B., Mamidi V., Breda L. (2024), *Blockchain, cross border payments markets and banking efficiency*. SSRN Working Paper. No. 5017790. <https://ssrn.com/abstract=5017790> (dostęp 7.07.2025).

Martin L. (2020), *Ripple Effects: How In Re Ripple Labs Inc. Litigation Could Signal The Beginning of the End of the Payment Platform*. Duke L. & Tech. Rev., 19.

Nilsson T., Bouter R., Van Acoleyen M., Cohen L. (2022), *SWIFT gpi data indicate drivers of fast cross-border payments*. „Journal of Payments Strategy & Systems”, 16(3).

Qiu T., Zhang R., Gao Y. (2019), *Ripple vs. SWIFT: Transforming cross border remittance using blockchain technology*. „Procedia Computer Science”, 147.

Ripple (n.d.) Ripple Documentation, <https://docs.ripple.com/> (dostęp: 7.09.2025).

Rosner M.T., Kang A. (2015), *Understanding and regulating twenty-first century payment systems: The ripple case study*. Mich. L. Rev., 114.

Spindler J.C. (2024), *Shaq, Ripple, and the Future of Crypto Regulation*. Wm. & Mary L. Rev., 66.

SWIFT (n.d.) Who we are, <https://www.swift.com/about-us/who-we-are> (dostęp 7.09.2025).

Xia H., Wang L. (2022, December), *Reanalysis of Cross-Border Payment Based on Blockchain Technology*, [w:] 2022 International Conference on Bigdata Blockchain and Economy Management (ICBBEM 2022) (s. 206–214). Atlantis Press.

World Bank, Central Bank Digital Currencies for Cross-border Payments: A Review of Current Experiments and Ideas. World Bank, Washington 2021. Dostępne pod adresem: <https://worldbank.org/curated/en/369001638871862939/pdf/Central-Bank-Digital-Currencies-for-Cross-border-Payments-A-Review-of-Current-Experiments-and-Ideas.pdf> (dostęp 5.09.2025).