

#### 4.1.1. Lambda

Wyniki wskazują, że przy niskich wartościach  $\lambda$  poziom strat był minimalny. W miarę wzrostu  $\lambda$ , system zaczął doświadczać większych obciążeń, co prowadziło do wzrostu ilości straconych ramek. Analiza wyników wskazuje na wyraźną korelację między wzrostem intensywności ruchu a zwiększonym poziomem strat, szczególnie przy wyższych wartościach  $\lambda$ , która została przedstawiona na wykresie 4.1. Dłuższy czas obsługi ramek prowadził do zwiększenia poziomu strat przy identycznych wartościach  $\lambda$ . Wynika to z faktu, że czas obsługi w systemie z  $\lambda_{obs} = 0,001$  jest średnio dłuższy niż w systemie z  $\lambda_{obs} = 0,1$ , co przekłada się na mniejszą intensywność obsługi, tym samym dłuższy czas przetwarzania ramek i ich usunięcie z buforów wejściowych. Zależność ta znajduje odzwierciedlenie w modelach teoretycznych, w których zmniejszenie intensywności strumienia obsługi bezpośrednia wpływa na wzrost prawdopodobieństwa strat w systemie

#### 4.1.2 (CONSTANT)

Przy niskiej wartości stałej wynoszącej od 0 do 10 poziom strat ramek był największy wynosząc ponad 90%. Mała wartość constant oznaczała, że ramki były generowane bardzo często, co prowadziło do szybkiego zapełniania się buforów. Wraz ze zwiększaniem się parametru constant, poziom strat malał, aż osiągnął poziom blisko 0 przy constant równym 1500. Na rysunku 4.3 przedstawiony został wykres tego zdarzenia.

Mimo zmiany źródła losowości widoczna jest ta sama zależność, w której spadek odstępów czasu między napływem kolejnych ramek wpływa na wzrost strat w systemie. Wyniki te można porównać ze strumieniem ramek modelowanym wykładniczo przyjmując wartość constant jako odpowiadający wartości oczekiwanej rozkładu wykładniczego 1

$\lambda$  [25]. Przy takiej interpretacji można

zauważyć, że wyniki dla ruchu opisanego wartością stałą są zbieżne względem ruchu opisanego procesem Poissona.

Należy zwrócić uwagę na istotną różnicę pomiędzy rysunkami 4.3 oraz 4.1 i 4.1.1. Przedstawienie na rysunkach 4.1 i 4.1.1 bezpośrednio wartości  $\lambda$  powoduje to, że zależność jest odwrócona w osi odciętych względem 4.3. Aby zatem mówić o odstępie czasowym między ramkami należałoby znormalizować 4.1 i 4.1.1 np. poprzez umieszczenie na osi x wartości oczekiwanej wyrażanej jako

#### 4.2 WIELKOŚĆ RAMKI

Symulacje wykazują, że rozmiar ramki ma marginalny wpływ na poziom strat w systemie. Małe ramki są przetwarzane efektywniej, co prowadzi do mniejszych strat, podczas gdy większe ramki powodują zwiększone obciążenie systemu i wyższe poziomy strat. Różnice te są jednak stosunkowo niewielkie i w niektórych przebiegach mieszczą się nawet w granicach błędu statystycznego. Biorąc pod uwagę, że system interpretowany jest jako jednoklasowy można założyć, że na poziom strat w tym badaniu wpływ ma wyłącznie czas obsługi, który zgodnie z przyjętym sposobem działania symulatora zależy od długości ramki, co omówiono szczegółowo w rozmiarze 3.

#### 4.3 BUFOR

Większe bufor pozwalają na przechowywanie większej liczby ramek przed ich przetworzeniem, co zmniejsza prawdopodobieństwo strat nadchodzących zgłoszeń. Analogicznie mniejsze bufor szybciej się zapełniają co prowadzi do większych strat ramek, szczególnie przy wyższej intensywności ruchu.

W ogólnym przypadku poziom strat gwałtownie maleje wraz ze wzrostem wielkości bufora. Już przy kilkukrotnym zwiększeniu wielkości bufora poziom strat spada kilkukrotnie. Przy zastosowaniu dostatecznie dużego bufora poziom strat dąży do zera. Zjawisko to znajduje uzasadnienie teoretyczne. Zwiększenie kolejki zgłoszeń w systemach takich jak model Erlanga z opóźnieniem pozwala zmniejszyć poziom strat przy zachowaniu bez zmian pozostałych parametrów systemu. Bufor, stanowiący w rozumieniu takiego systemu kolejkę zgłoszeń, pozwala przyjmować do systemu kolejne zgłoszenia, które oczekują na obsłudze. Przy odpowiednio długiej kolejce względem intensywności ruchu prawdopodobieństwo strat może zostać zminimalizowane [21].

W niektórych przypadkach jak na rysunku 4.7 zauważalny jest obszar, w którym poziom strat

jest zbliżony niezależnie od zmian wielkości bufora. Analogiczna sytuacja widoczna jest na rysunkach 4.9 oraz 4.10. Sugeruje to, że w pewnym zakresie rozmiar bufora nie wpływa na poziom strat przy danej intensywności ruchu. W przypadkach takich jak na rysunku 4.8 poziom strat maleje proporcjonalnie do wzrostu rozmiaru bufora. Odchylenie widoczne jest jedynie na końcu tej zależności.

Symulacje wykazują, że wielkość bufora ma istotny wpływ na poziom strat ramek zwłaszcza w kontekście różnych czasów obsługi ramek. Dłuższy czas obsługi pozwala na skuteczniejsze wykorzystanie mniejszych buforów, podczas gdy krótszy czas obsługi wymaga znacznie większych buforów, aby osiągnąć podobne poziomy strat.

#### **4.4 RUCH ROZGŁOSZENIOWY**

Wzrost procentu ruchu rozgłoszeniowego ma istotny wpływ na poziom strat w systemie. Wraz ze wzrostem udziału ruchu rozgłoszeniowego, poziom strat ramek znacząco wzrasta. Ruch rozgłoszeniowy musi zostać przekazany na każdy z interfejsów z wyłączeniem interfejsu źródłowego, co przekłada się na znaczące obciążenie całego systemu. Minimalizacja ruchu rozgłoszeniowego jest kluczowa dla utrzymania niskiego poziomu strat i wydajności przełącznika. Charakterystyka wzrostu jest porównywalna dla różnych poziomów intensywności ruchu. Warto odnotować, że dla większej intensywności poziom strat wzrasta szybciej, co wynika z samej ilości napływających zgłoszeń.

Niski poziom ruchu rozgłoszeniowego pozwala na efektywne przetwarzanie ramek z minimalnymi stratami, podczas gdy wysoki poziom ruchu rozgłoszeniowego prowadzi do znaczącego obciążenia systemu. Wyniki te potwierdzają dobrze znane praktyki sieciowe, w których dąży się do ograniczania rozmiaru domen rozgłoszeniowych jak również samej ilości rozsyłanych ramek rozgłoszeniowych [17]. Zmniejszenie ilości ruchu rozgłoszeniowego w sieci lokalnej pozwala znacząco poprawić wydajność przełącznika zarówno w formie modelu matematycznego jak i w rzeczywistych urządzeniach

#### **4.5. ROZMIAR CAM**

Wyniki symulacji wskazują ścisły związek między rozmiarem tablicy CAM a poziomem strat w systemie. Większy rozmiar tablicy CAM przekłada się na mniejsze straty ramek w systemie, zaś większa tablica CAM zmniejsza poziom strat. Zależność ta jest bezpośrednim następstwem sposobu działania przełącznika warstwy drugiej. Zmniejszenie rozmiaru tablicy CAM ogranicza maksymalną liczbę adresów jakie może zapamiętać przełącznik, a ruch z niezapisanych adresów przesyłany jest rozgłoszeniowo [17]. Tym samym rozmiar tablicy CAM wpływa na ilość ruchu rozgłoszeniowego i pośrednio na wzrost strat w systemie. Można przyjąć założenie, że poziom strat dla danych rozmiarów tablicy CAM odpowiadał będzie ogólnej ilości ruchu rozgłoszeniowego.

#### **4.6 MAC FLOODING**

Wielkość tablicy CAM ma istotny wpływ na poziom strat ramek. Im większy rozmiar tablicy CAM, tym mniejsze straty ramek dla tego samego czasu życia. Małe tablice CAM wykazują wyższe straty ramek przy każdej wartości TTL, podczas gdy duże tablice CAM mają znacznie niższe straty ramek, szczególnie przy niższych wartościach TTL. Krótszy czas życia powoduje większe straty, szczególnie w mniejszych tablicach CAM. Zwiększenie TTL do 250 zmniejsza straty, ale ten efekt jest bardziej widoczny w większych tablicach CAM.

Analizowany przypadek pozwala stwierdzić, że wartość TTL musi zostać zoptymalizowana pod kątem minimalizacji strat w realiach ataku na tablicę CAM. Zbyt mała wartość TTL powoduje, że do tablicy regularnie napływają nowe, fałszywe wpisy z losowych adresów; z kolei zbyt duża wartość TTL sprawia, że fałszywe wpisy utrzymują się w tablicy przez długi okres czasu nawet jeśli nie napływają ramki, które je zawierają. Parametr ten należy zatem wypośrodkować na podstawie dalszych doświadczeń.