

# **RAPORT Z PROJEKTU NIEZAWODNOŚCI I DIAGNOSTYKI UKŁADÓW CYFROWYCH 2**

**Autorzy:** Arkadzi Zaleuski i Pavel Babrovich

**Grupa zajęciowa:** Środa, 7:30-9:00 TP

**Prowadzący zajęcia:** Dr hab. inż. Henryk Maciejewski

## **Cele i założenia projektu:**

W telekomunikacji, teorii informacji i teorii kodowania, korekcji błędów w przód (FEC) lub kodowanie kanałowe to technika wykorzystywana do kontrolowania błędów w transmisji danych przez niezetelnych lub hałaśliwym kanałów komunikacyjnych. Główną ideą jest nadawca koduje post w redundantny sposób stosując kod korekcji błędów.

W tym projekcie musimy zbadać cechy kodów korekcji błędów i zapoznać się z metodami komputerowego modelowania losowości i napisanie oprogramowania umożliwiającego symulację pracy wybranych systemów transmisji informacji w postaci cyfrowej.

## **Jakie kody korekcyjne chcemy badać?**

### **Kod Hamminga**

Kody Hamminga należą do grupy kodów korekcyjnych, ich celem jest detekcja i ewentualnie poprawianie błędów. Nazwa tego kody pochodzi od nazwiska twórcy, czyli R. W. Hamming, pracownika laboratoriów Bella. Sam kod został opracowany ok 1950 roku. Kody Hamminga należą ponadto do grupy kodów blokowych, to znaczy, że każdorazowo kodowany jest blok wiadomości o określonej długości, zawierający oprócz bitów informacyjnych także bity kontrolne. W tym przypadku są to bity parzystości, wyliczane z odpowiednich bitów informacyjnych. Po odebraniu takiego bloku danych (dane plus bity kontrolne) możliwa jest jego walidacja pod kątem błędów. W przypadku kodów Hamminga bity kontrolne dodawane są na określonych pozycjach, ogólnie jest to pierwszy bity, a następnie bity będą potęgami liczby 2. Dla kodu Hamming (7,4) liczba bitów informacyjnych wynosi 4, liczba bitów kontrolnych 3, a całkowita długość zakodowanego bloku wynosi 7. Bity kontrolne to bity parzystości, które wyznaczane są dla odpowiednich bitów informacyjnych.

### **Reed Solomon**

Kody Reeda-Solomona - niebinarna wersja kodów BCH, elementy słowa kodowego są wybierane z alfabetu  $q$ -symbolowego (wstępnie przed kodowaniem  $k$  bitów informacyjnych zostaje zamienionych na jeden z  $q$  symboli) Przykład: symbol jest tworzony z 8 bitów - mamy 256-elementowy alfabet i wszystkie obliczenia wykonywane są modulo 256

## Potrąkanie bitów

Kolejny transmitowany bit jest potrąkany (0 – 000, 1- 111) Dla kolejnej, odebranej trójki bitów podejmowana jest decyzja przy pomocy algorytmu głosującego: jeśli trójka zawiera co najmniej dwa zera, to wynikiem jest zero, jeśli trójka zawiera co najmniej dwie jedynki, to wynikiem jest jeden.

Symulacja została utworzona w języku java. Z wykorzystaniem biblioteki Blackblaze. Do uruchamiania symulacji służy plik SimulationMaster.java który zawiera w sobie wywołania poszczególnych funkcji oraz zaimplementowana jest bazowa logika symulatora. Na początku wybieramy który rodzaj kodów chcemy zbadać, wybieramy ilość bitów do przekazania oraz jakość kanału.

## Przebieg symulacji

- Generowany będzie losowy ciąg 0 i 1 o zadanej długości  $m$ , który będzie grał rolę sygnału. Prawdopodobieństwa wystąpienia 0 i 1 są równe.
- Ciąg będzie podawany do obiektu klasy koder (takich klas będzie kilka w zależności od ilości rozważanych kodów), w której ciąg ten będzie ulegał niezbędnym zmianom (dodaniu kodu nadmiarowego) do detekcji błędów w dekodерze.
- Zakodowany sygnał będzie podawany do obiektu klasy kanał, realizowanej według modelu Binary symmetric channel, w której sygnał ten będzie ulegał pewnej ilości zakłóceń w zależności od podanego współczynnika  $f$ , takiego, że prawdopodobieństwo zmiany 0 na 1 lub 1 na 0 wynosi  $f$ , natomiast zachowanie wartości będzie miało prawdopodobieństwo  $1-f$ .
- Sygnał ten będzie dalej dekodowany w obiekcie klasy dekodер zgodnie z tym w jaki sposób został zakodowany. Podczas dekodowania błędy pobrane podczas transmisji zostaną częściowo poprawione.

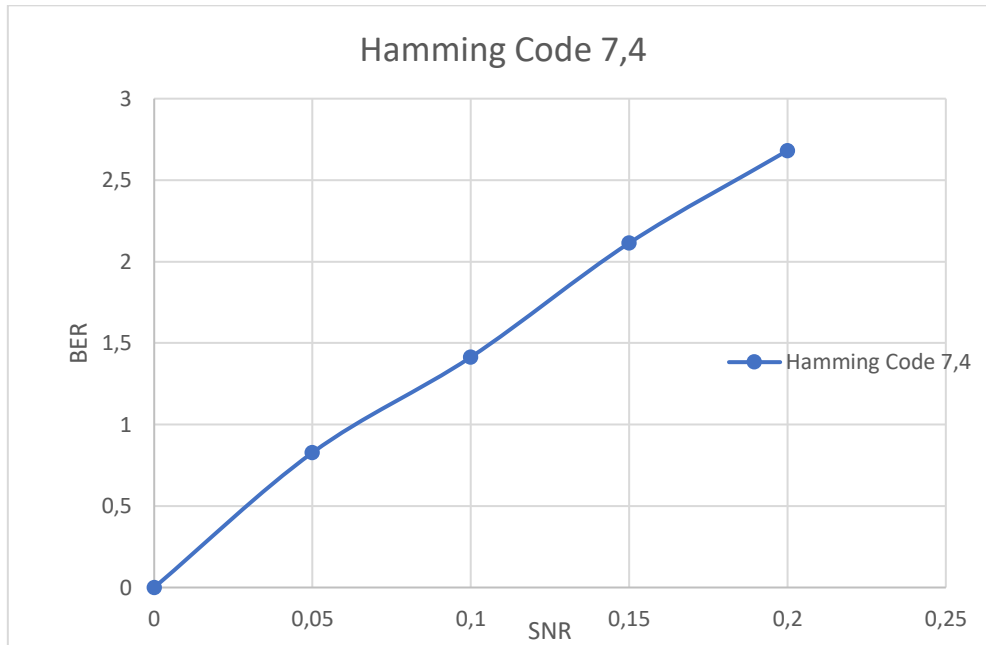
Na wyjściu program tworzy plik o podanej nazwie, w którym znajdują się zbiorcze wyniki podsumowujące ilość przesłanych bitów oraz wyliczony BER. Bit error rate - obliczany jako liczba przekłamanych bitów podzielona przez długość wiadomości.

## Porównanie kodu Hamminga

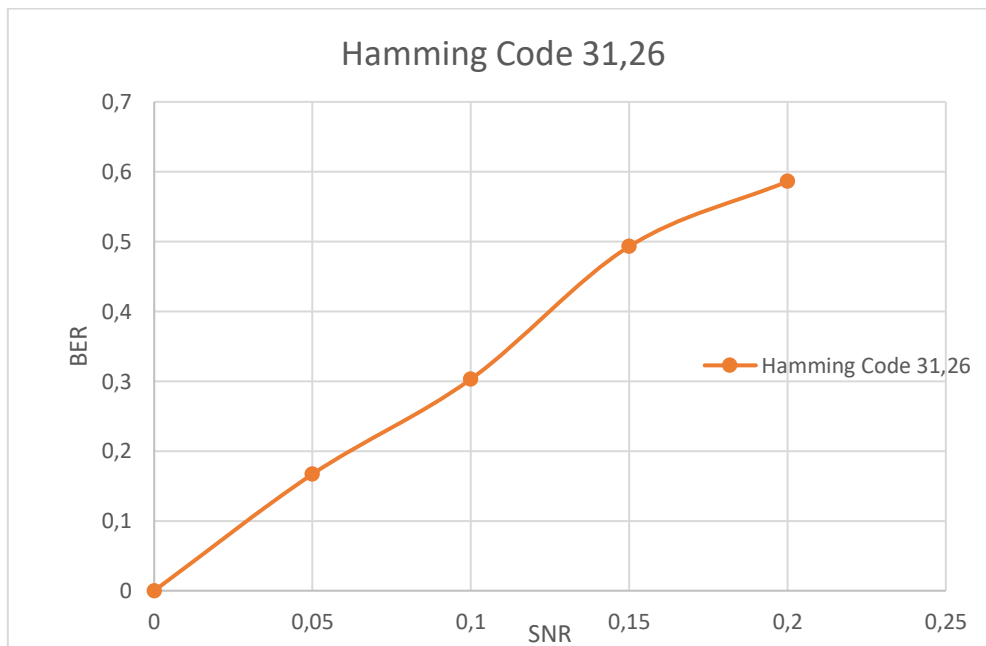
W symulacji sprawdzamy wartość BER kodu Hamminga z następującymi parametrami: (7,4), (31,26), (120,127).

W Wyniku otrzymaliśmy następujące wyniki:

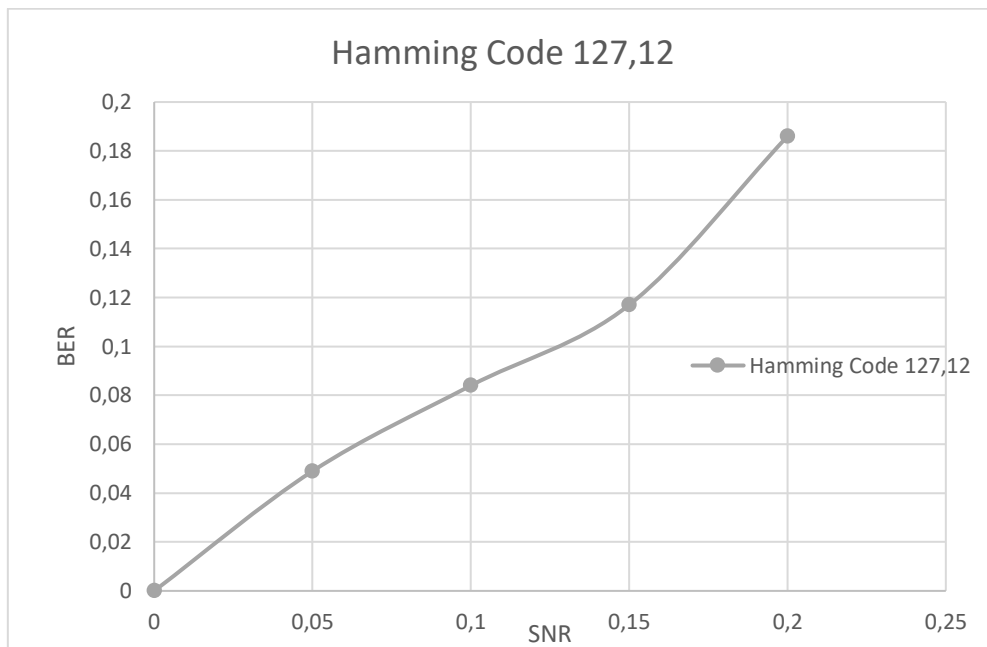
Grafik zależności BER od jakości kanału dla kodu Hamminga (7,4):



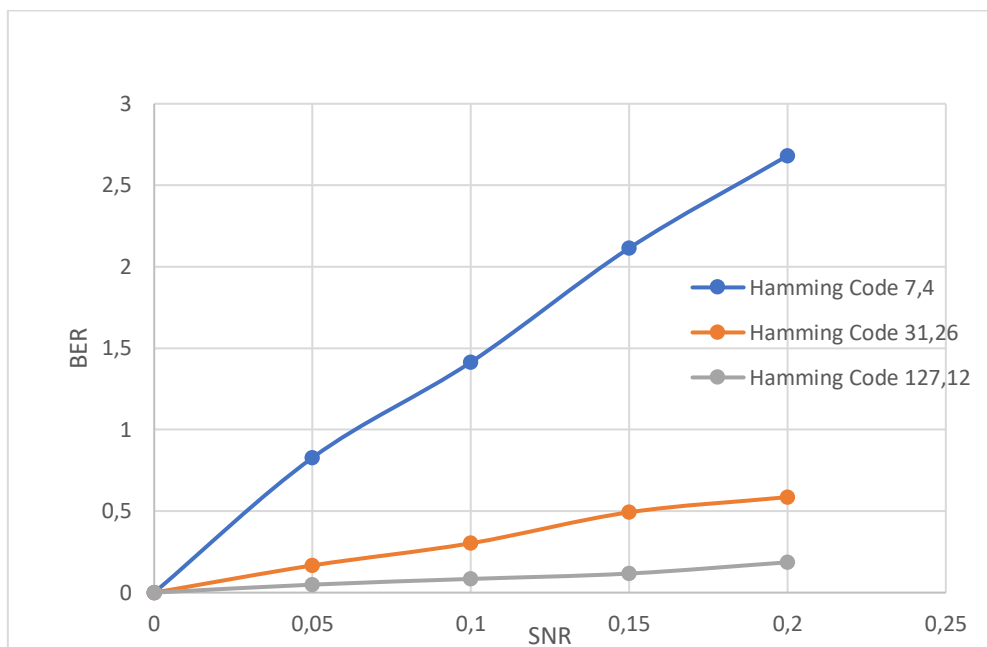
Grafik zależności BER od jakości kanału dla kodu Hamminga (31,26):



Grafik zależności BER od jakości kanału dla kodu Hamminga (120,127):



Porównanie na jednym grafiku:

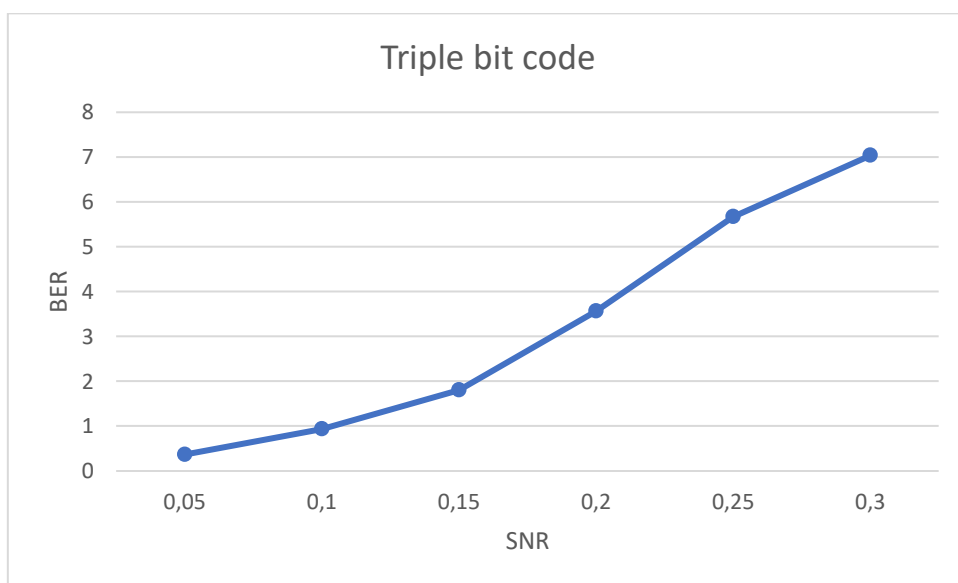


Jak widać, kod z parametrami (127,120) ma najmniejszą wartość BER, wynika to z tego, że ten kod ma mniejszy nadmiar. N.p dla ciągu bitów długością 1200, ilość nadmiaru będzie wynosiła 70 bitów.

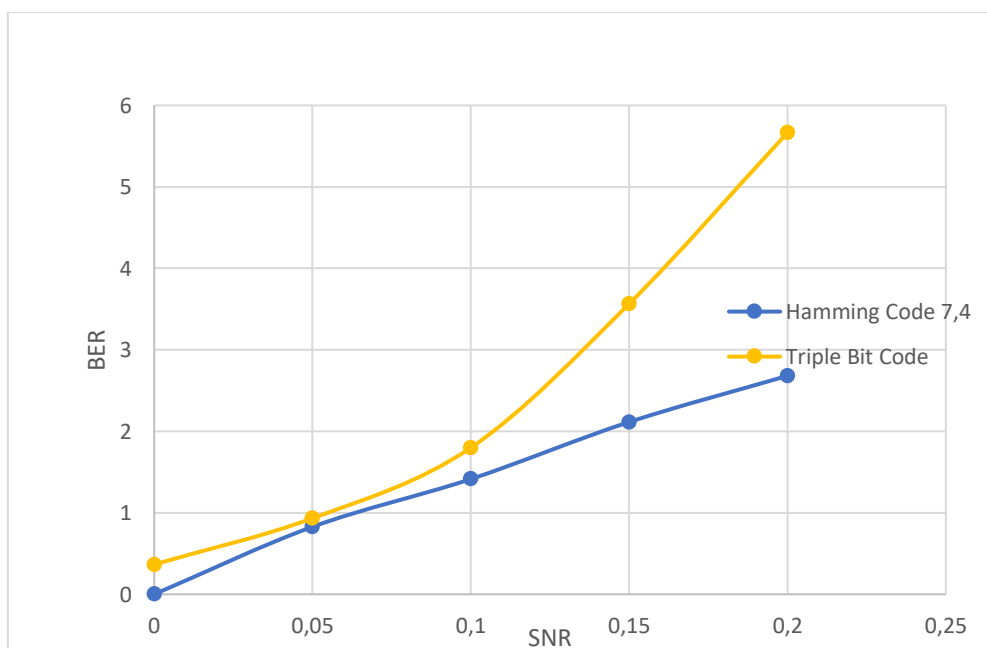
## Potrąkanie bitów

W tym przypadku nadmiar stały i wynosi  $3n-n$  (n.p. przy ciągu bitów długością 1000, nadmiar wynosi  $(3 \cdot 1000 - 1000 = 2000)$ ). W wyniku symulacji dostaliśmy następujące wyniki:

Triple bit code	
SNR	BER
0,05	0,366
0,1	0,933
0,15	1,799
0,2	3,566
0,25	5,666
0,3	7,033



Porównanie kodu Hamminga(7,4) i Triple Bit code:



Dla osiągnięcia koniecznej całości informacji, która udziela się po kablowych czy bezprzewodowych kanałach w szybie wiertniczym, można dobrać hałasoodporny kod z takimi parametrami, przy których błędy, związane z działaniem przeszkód, będą nie tylko ujawnione, ale i skorygowane. Jednak, ze względu na małą przelotowość kanałów przekazania w szybie wiertniczym, można wyciągnąć wniosek, że należy zwiększać czy zmniejszać sprawdzającą informację w kadrze zależnie od zakłóceń konkretnego kanału związku. W wyniku odbywa się adaptacja kodowania dla konkretnych zadań i warunku.

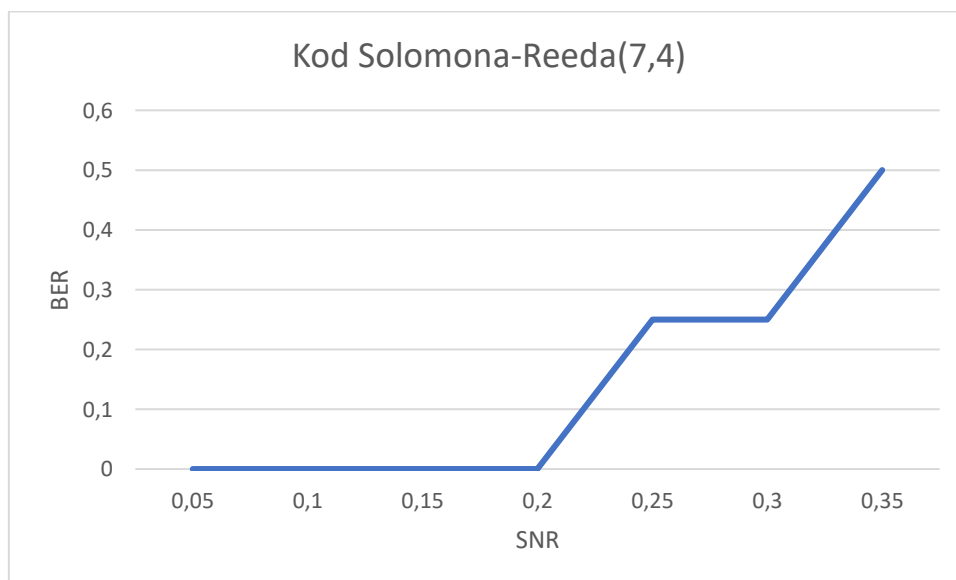
Maksymalne frakcje błędów lub brakujących bitów, które mogą być rozwiązane jest określana poprzez konstrukcję ECC, więc różne kody korygowania błędów w przód są odpowiednie dla różnych warunków. Ogólnie, kod wywołuje silniejszy więcej nadmiarowości, które muszą być przesyłane z wykorzystaniem dostępnej przepustowości, co zmniejsza skuteczną bitrate, poprawiając jednocześnie odbierany skuteczny stosunek sygnału do szumu.

### Kod Solomona-Reeda

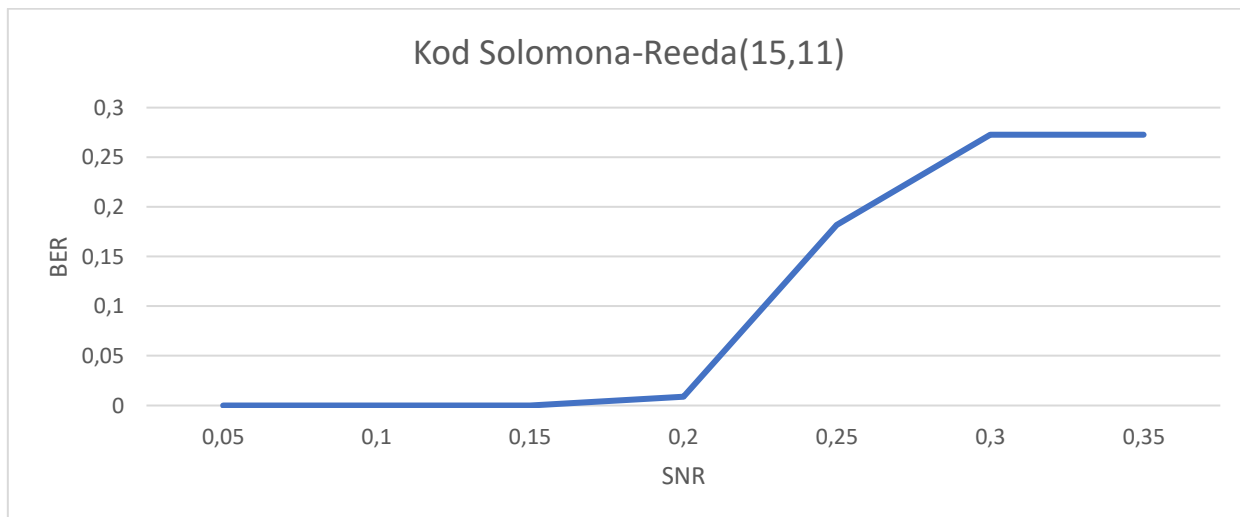
W symulacji sprawdzamy wartość BER kodu Solomona-Reeda z następującymi parametrami: (7,4), (15,11), (255,223).

W Wyniku otrzymaliśmy następujące wyniki:

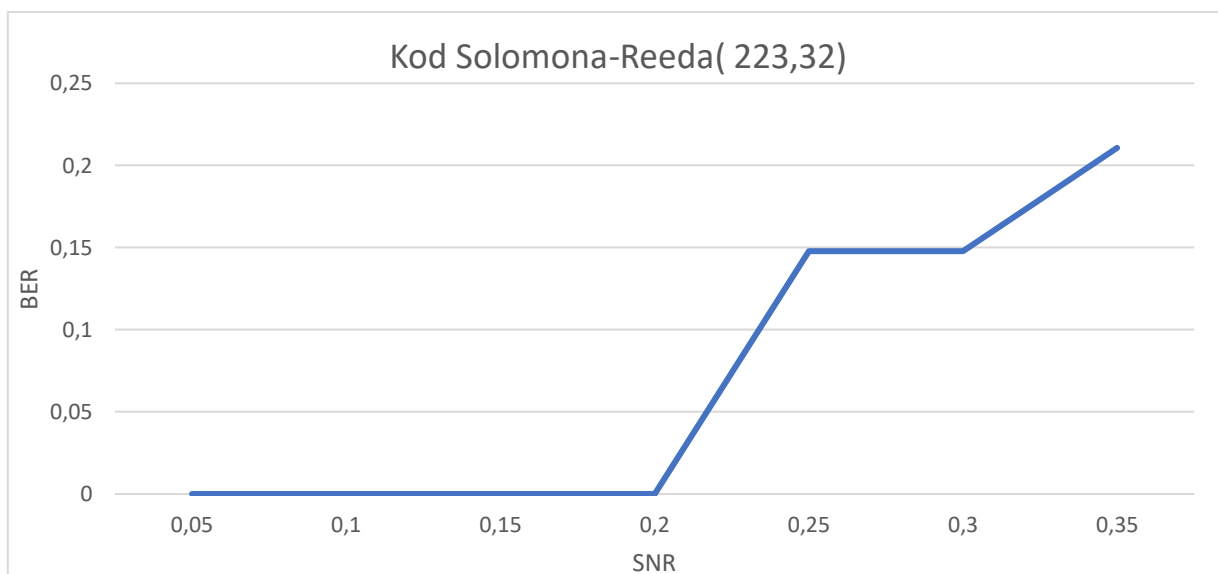
Grafik zależności BER od jakości kanału dla kodu Solomona-Reeda(7,4):



Grafik zależności BER od jakości kanału dla kodu Solomona-Reeda(15,11):



Grafik zależności BER od jakości kanału dla kodu Solomona-Reeda(255,223):



### Wnioski

Podczas realizacji projektu zapoznaliśmy się z kodami korekcyjnymi sygnałów do transmisji przez BSC oraz ich zastosowaniami w rzeczywistości.

Kodowanie Reeda-Solomona są szeroko stosowane w systemach pamięci masowej w celu skorygowania błędów zdjęć seryjnych związane z defektami nośnika. Kodowanie Reed-Solomon jest kluczowym elementem płyty kompaktowej .

Kodowanie z potrajaniem jest bardzo prostą w zrozumieniu oraz implementacji, jednak ma małe zastosowanie z powodu trzechkrotnego nadmiaru informacji co nie daje proporcjonalnie lepszej korekcji błędów w porównaniu do innych metod.

Kodowanie Hamminga, ze względu na swoją implementację i sposób korekcji, jest szeroko używane w pamięciach komputerowych.