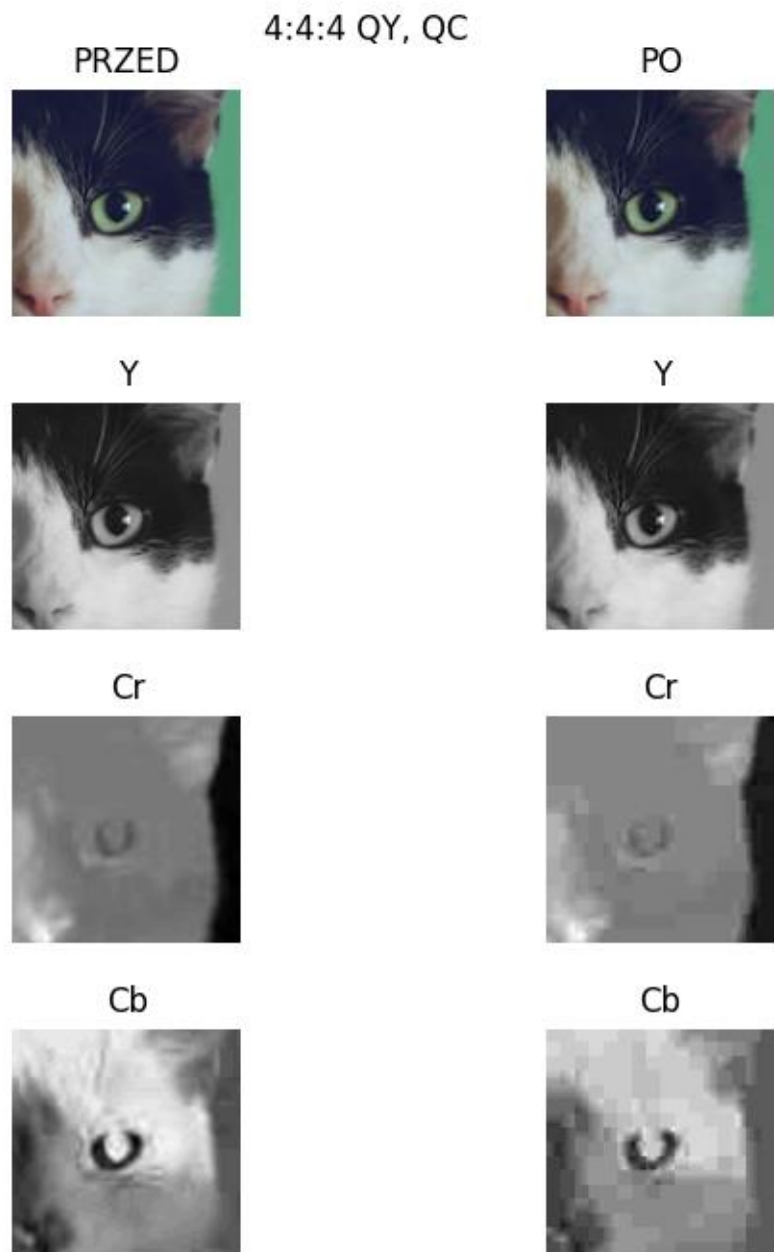


Implementacja częściowej kompresji JPEG

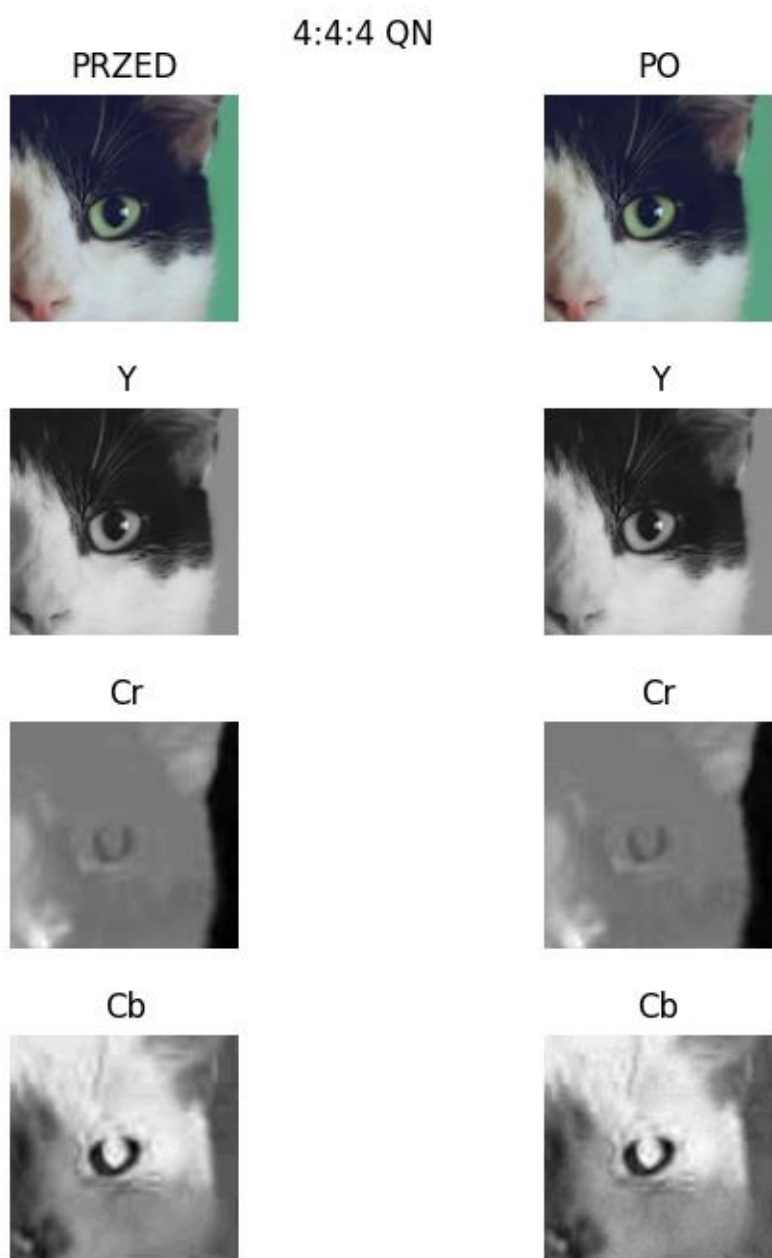
Zdjęcie 1

Fragment 1

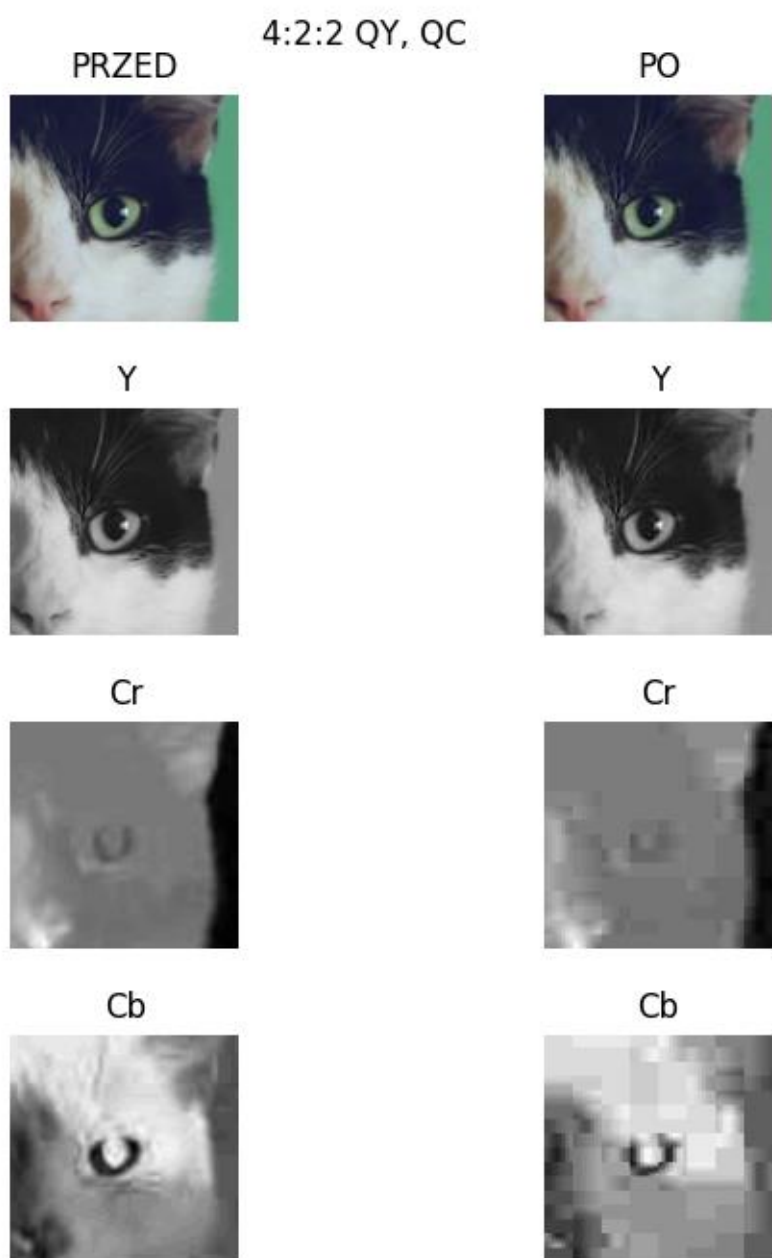
Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



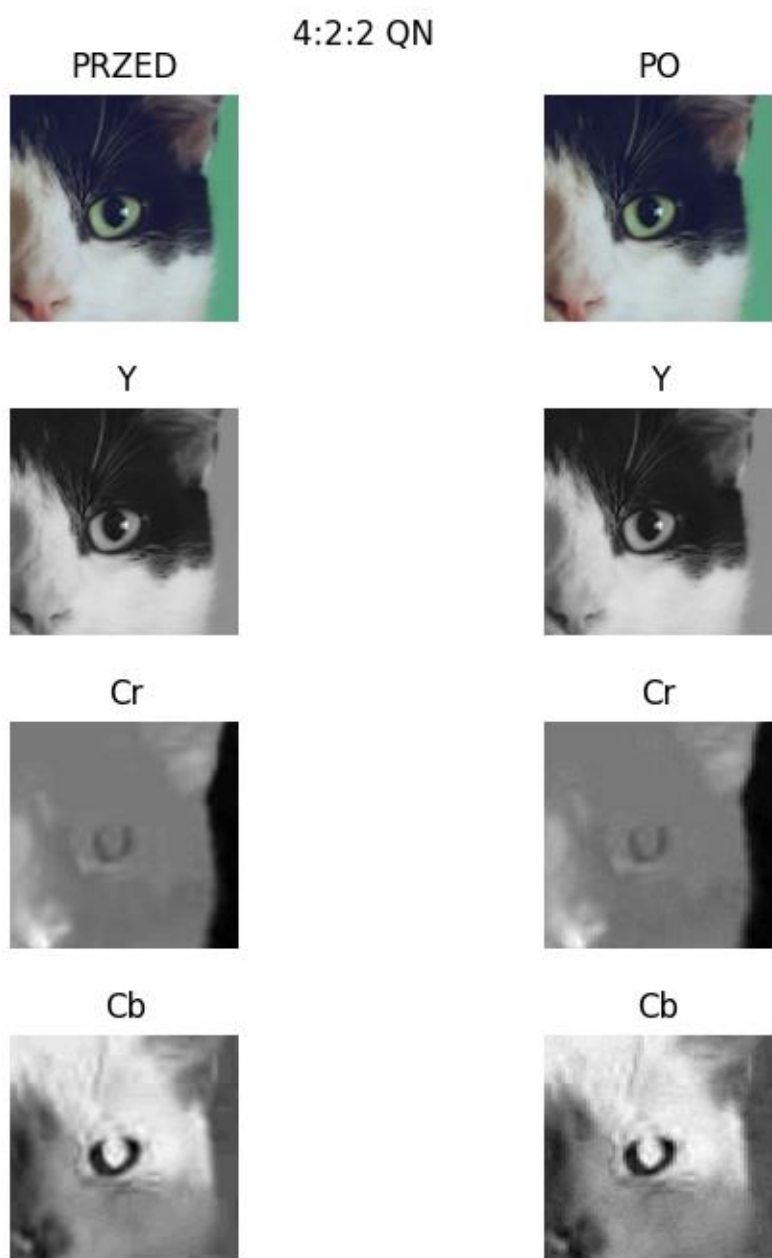
Subsampling 4:4:4, tablica jedynek



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek



Fragment 2

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC

PRZED



4:4:4 QY, QC

PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

PRZED



4:4:4 QN

PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC

PRZED



4:2:2 QY, QC

PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb

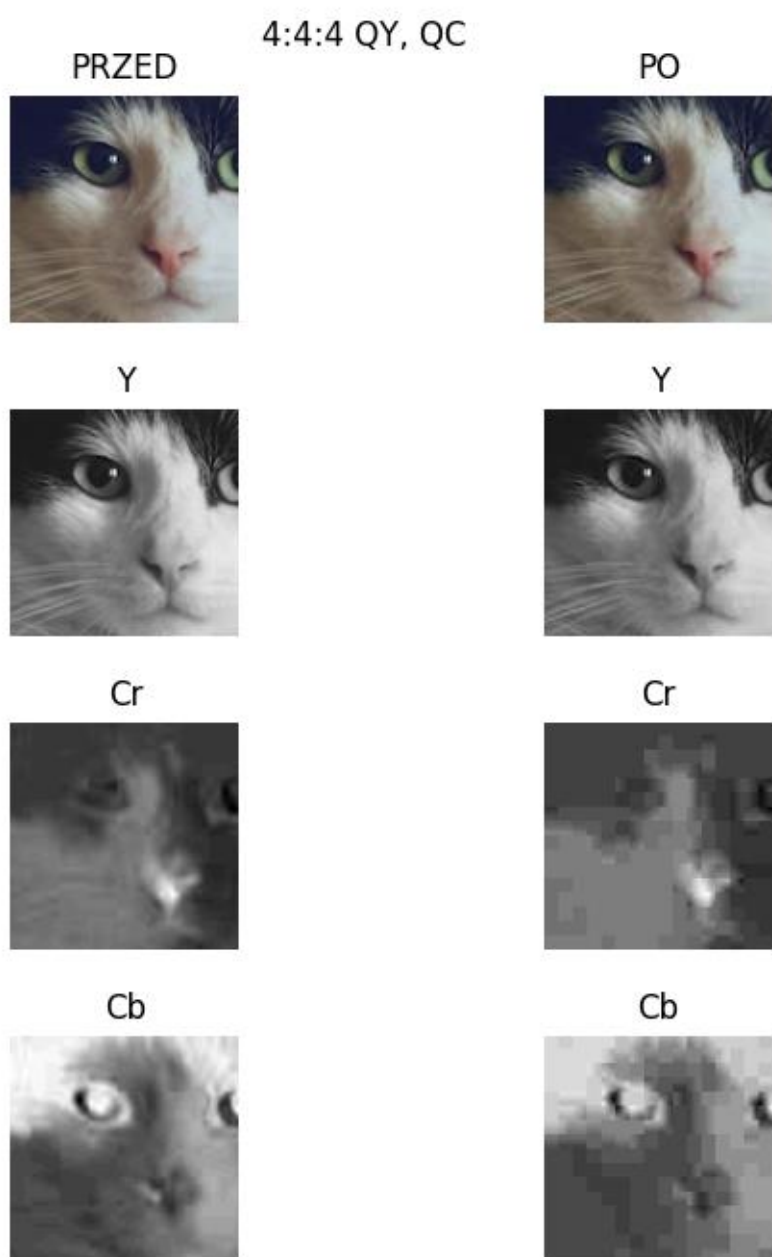


Cb



Fragment 3

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

4:4:4 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



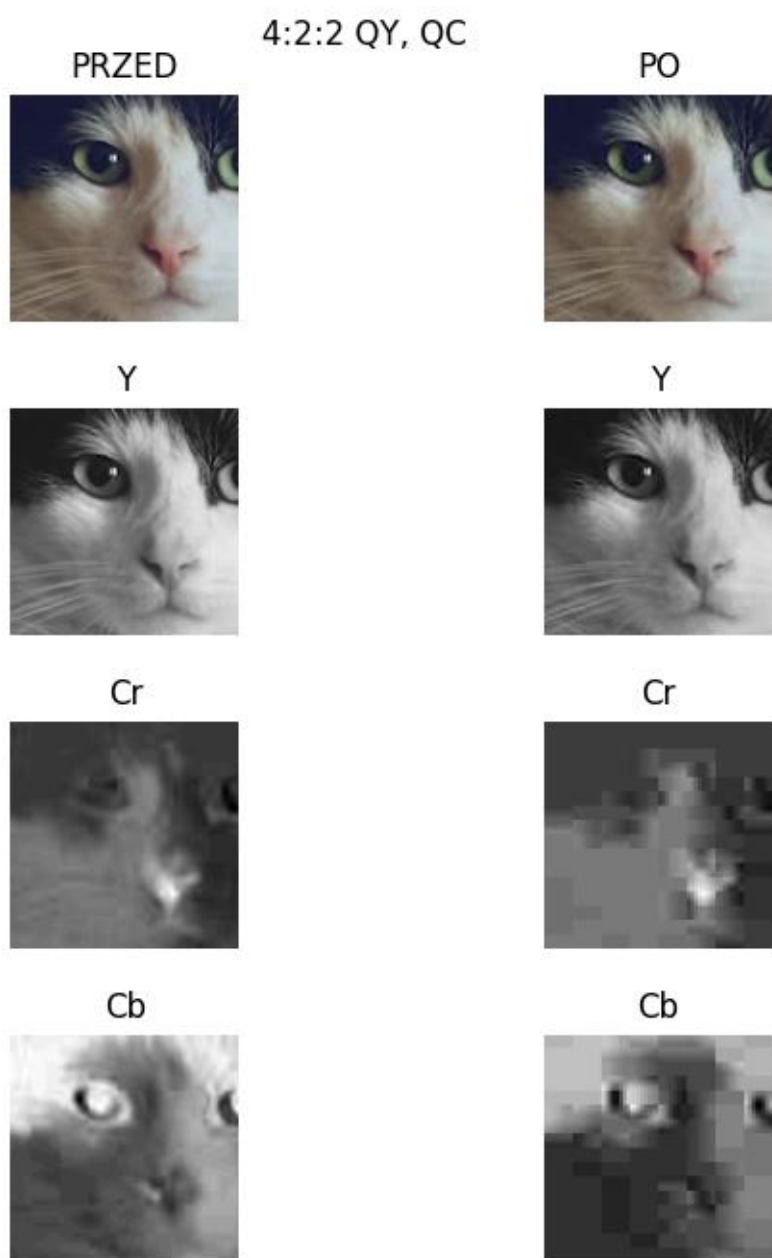
Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



PO



Y



Y



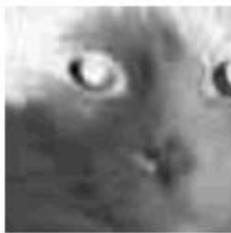
Cr



Cr



Cb

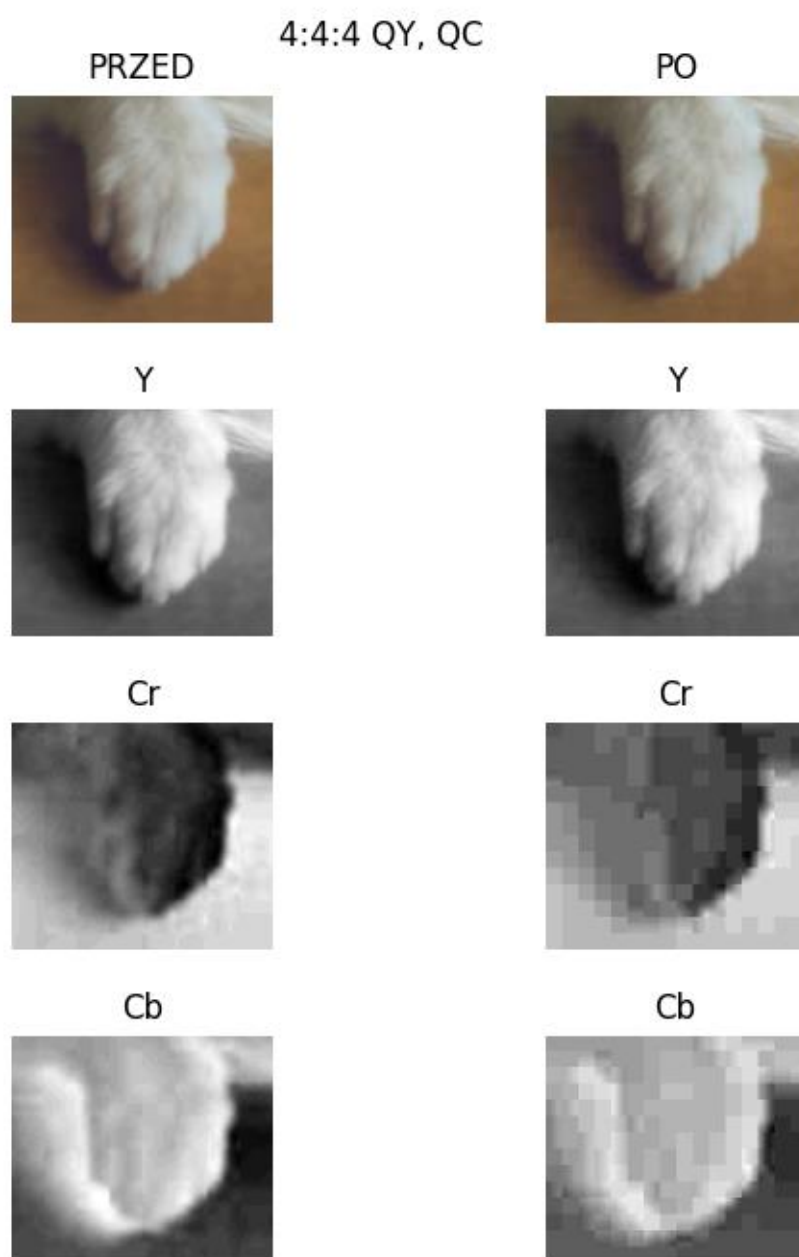


Cb



Fragment 4

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

4:4:4 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC

4:2:2 QY, QC

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



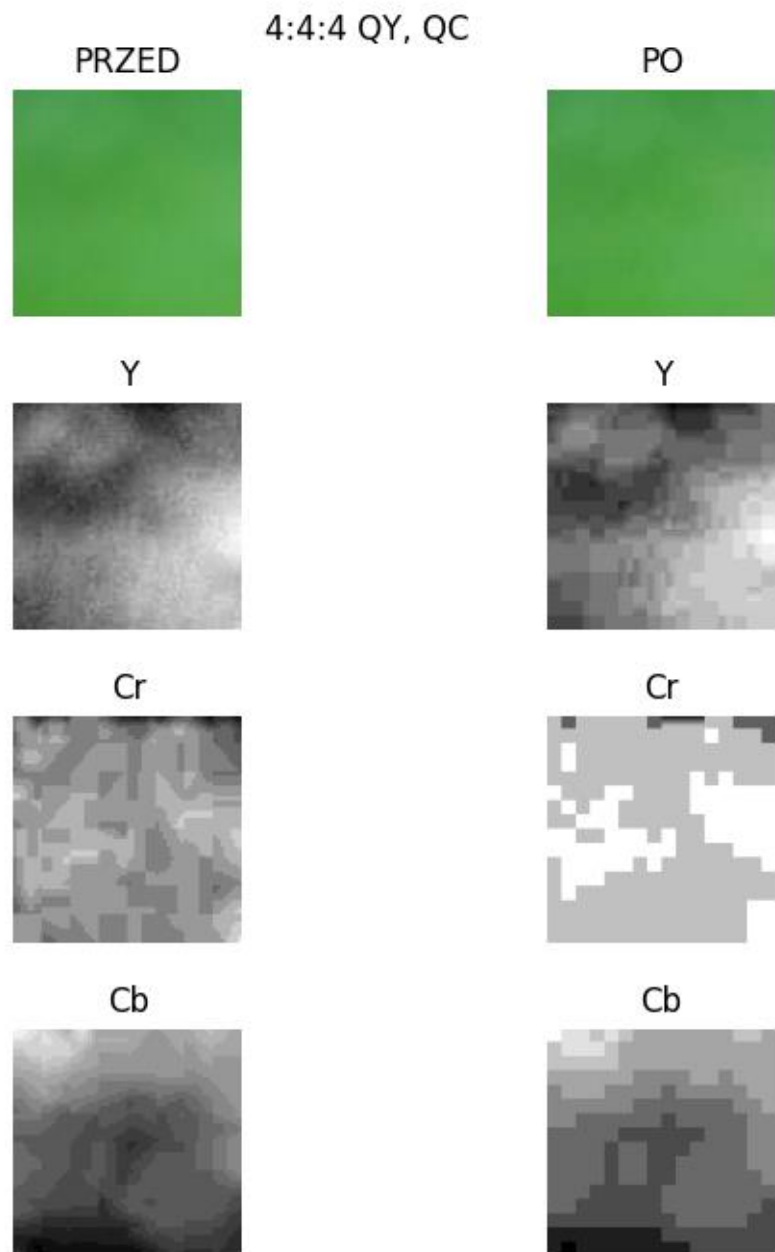
Cb



Zdjęcie 2

Fragment 1

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

4:4:4 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



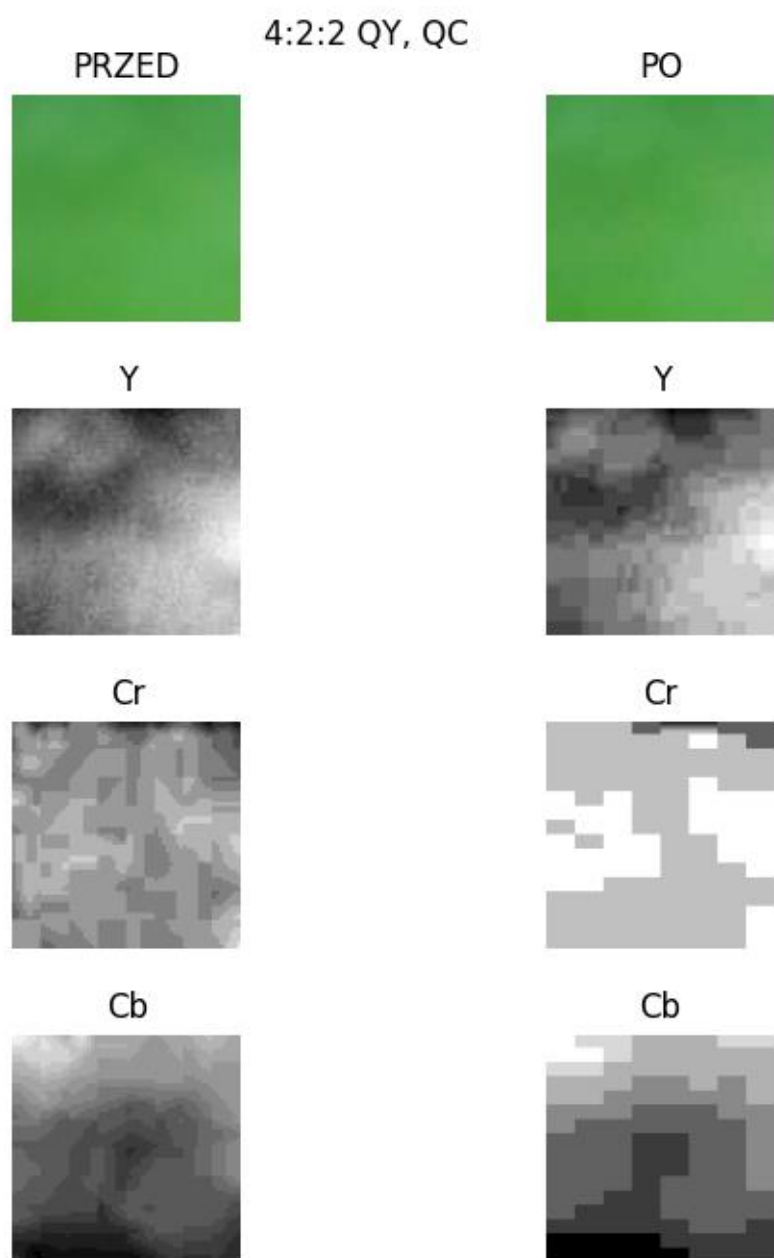
Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



Y



Cr



Cb



PO



Y



Cr

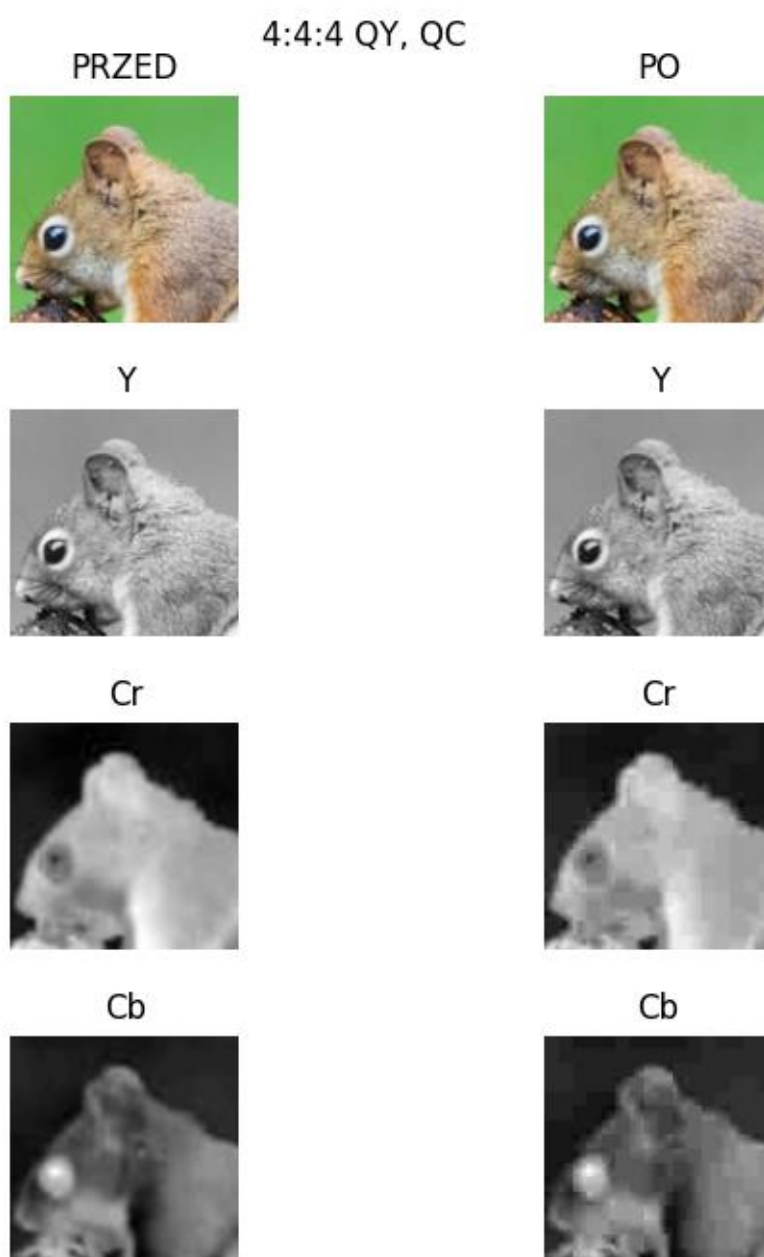


Cb



Fragment 2

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

PRZED



Y



Cr



Cb



4:4:4 QN

PO



Y



Cr



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC

PRZED



Y



Cr



Cb



4:2:2 QY, QC

PO



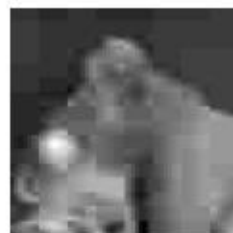
Y



Cr



Cb



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



Y



Cr



Cb



PO



Y



Cr

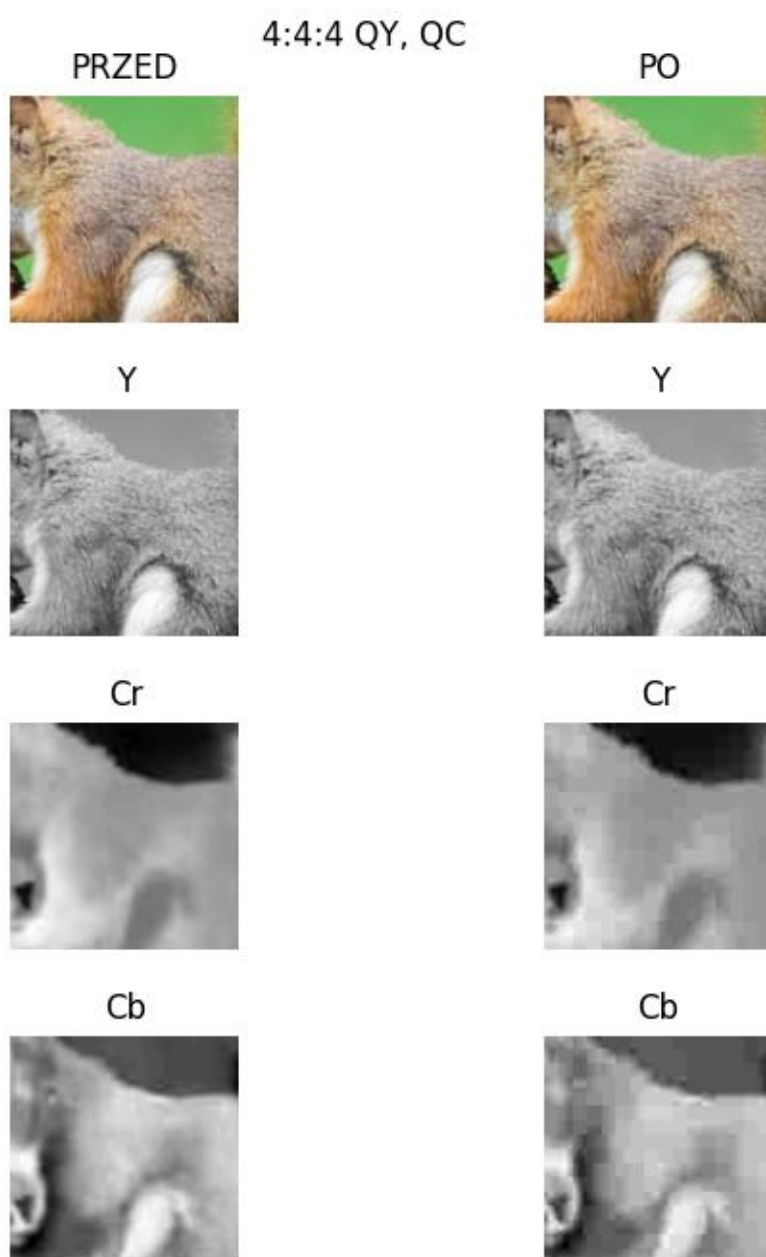


Cb



Fragment 3

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

PRZED



Y



Cr



Cb



4:4:4 QN

PO



Y



Cr



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC

PRZED



Y



Cr



Cb



4:2:2 QY, QC

PO



Y



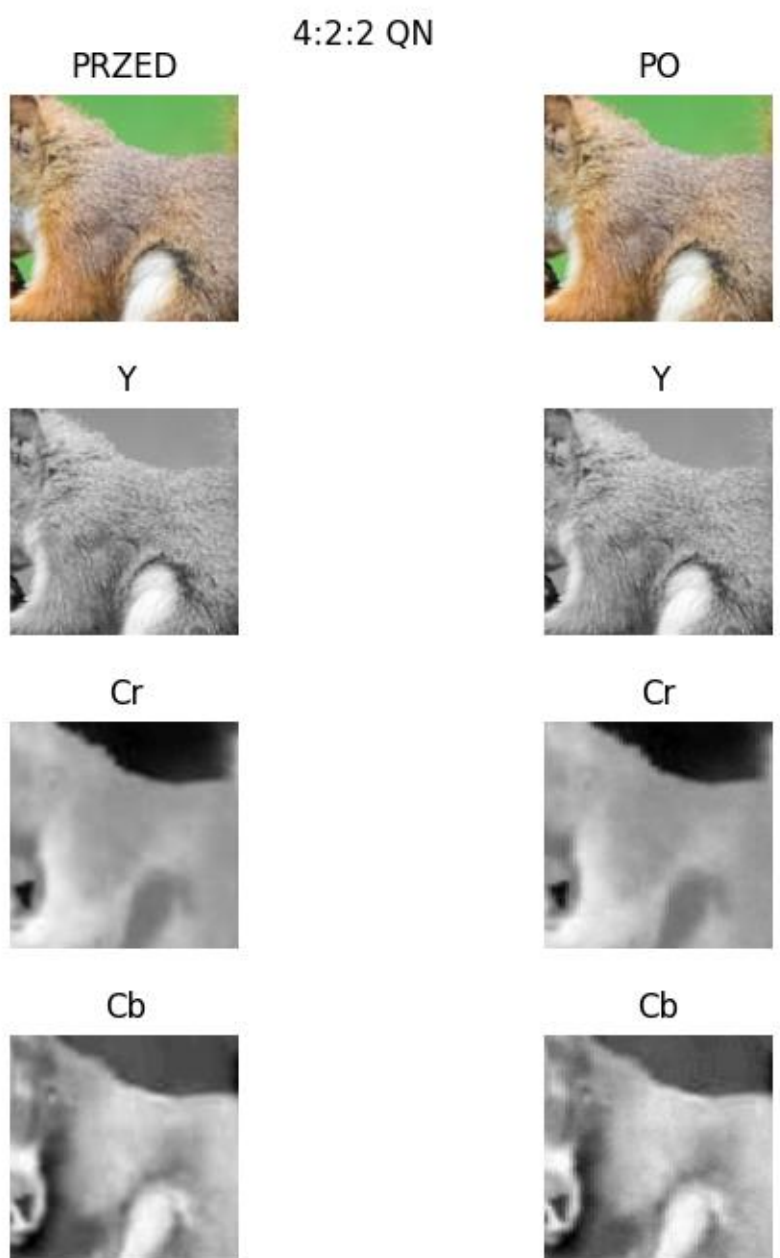
Cr



Cb



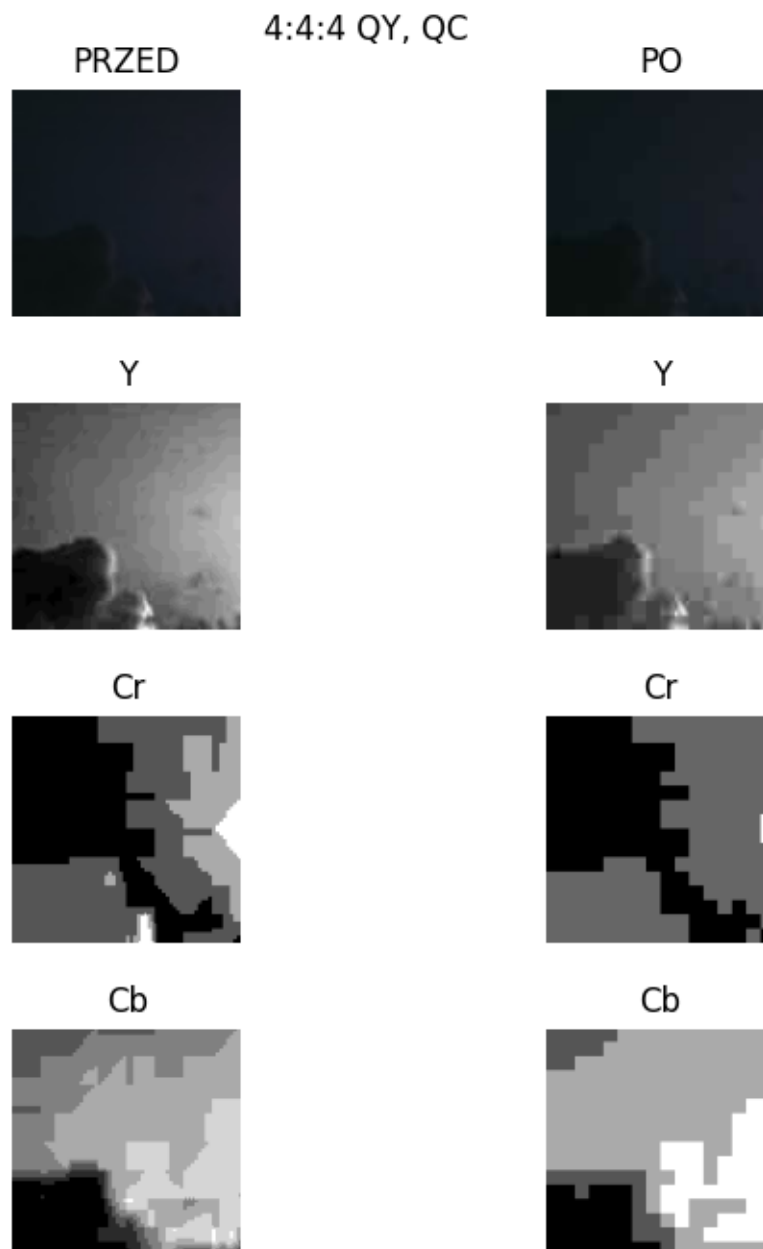
Subsampling 4:2:2, tablica jedynek



Zdjęcie 3

Fragment 1

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



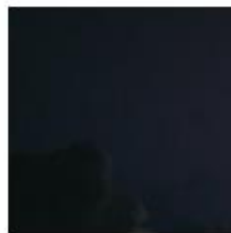
Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

4:4:4 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



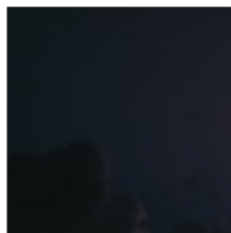
Cb



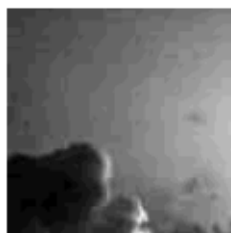
Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC

4:2:2 QY, QC

PRZED



Y



Cr



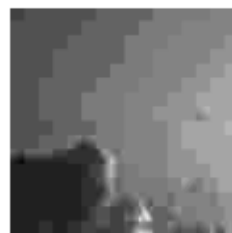
Cb



PO



Y



Cr



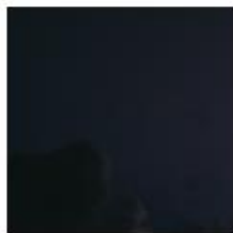
Cb



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Fragment 2

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC

4:4:4 QY, QC

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

4:4:4 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



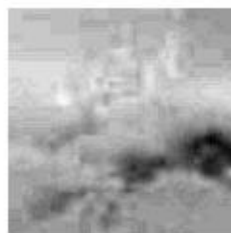
Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC

4:2:2 QY, QC

PRZED



PO



Y



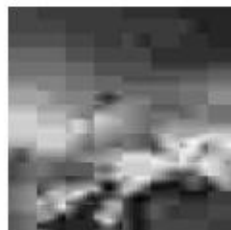
Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



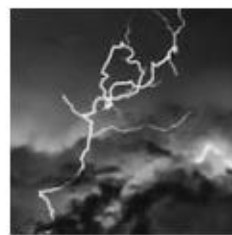
PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb

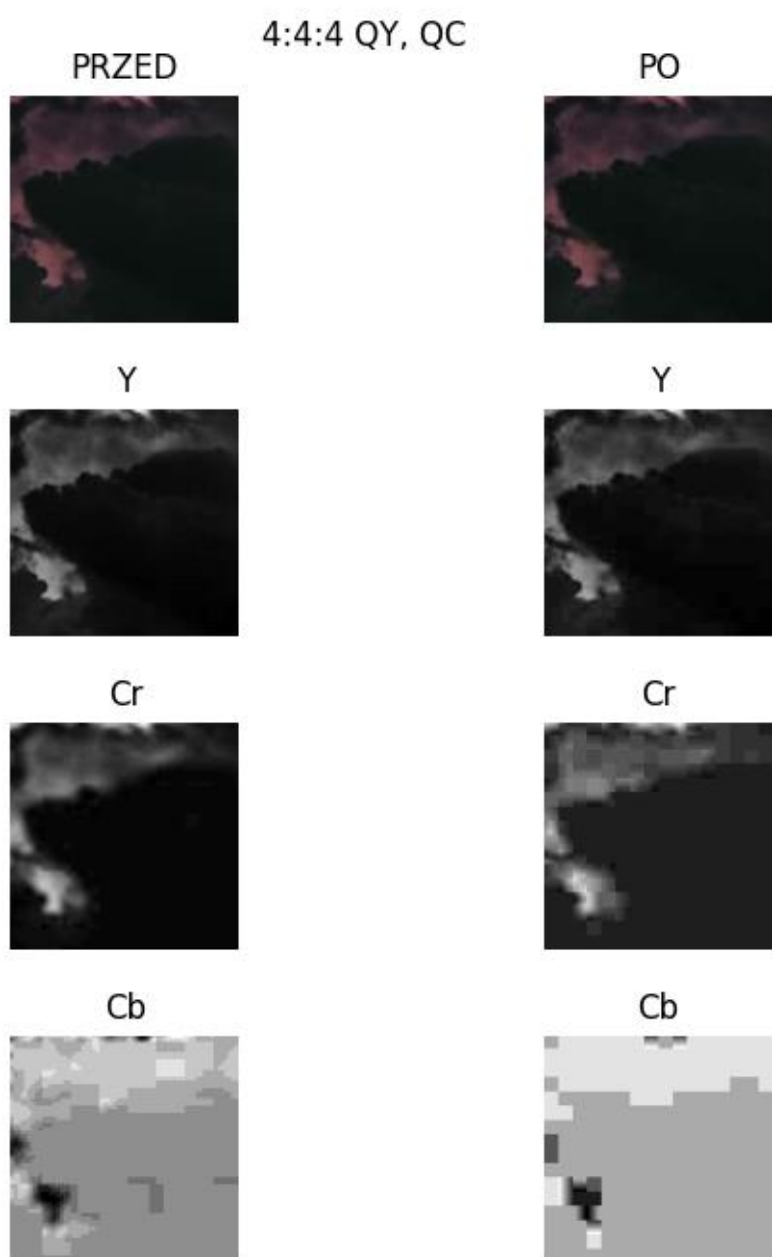


Cb



Fragment 3

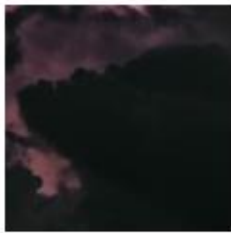
Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



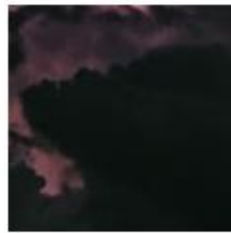
Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

4:4:4 QN

PRZED



PO



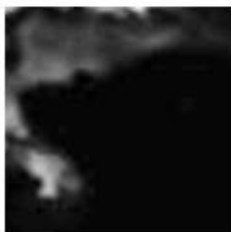
Y



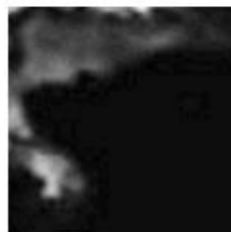
Y



Cr



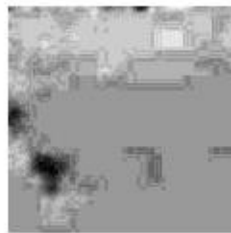
Cr



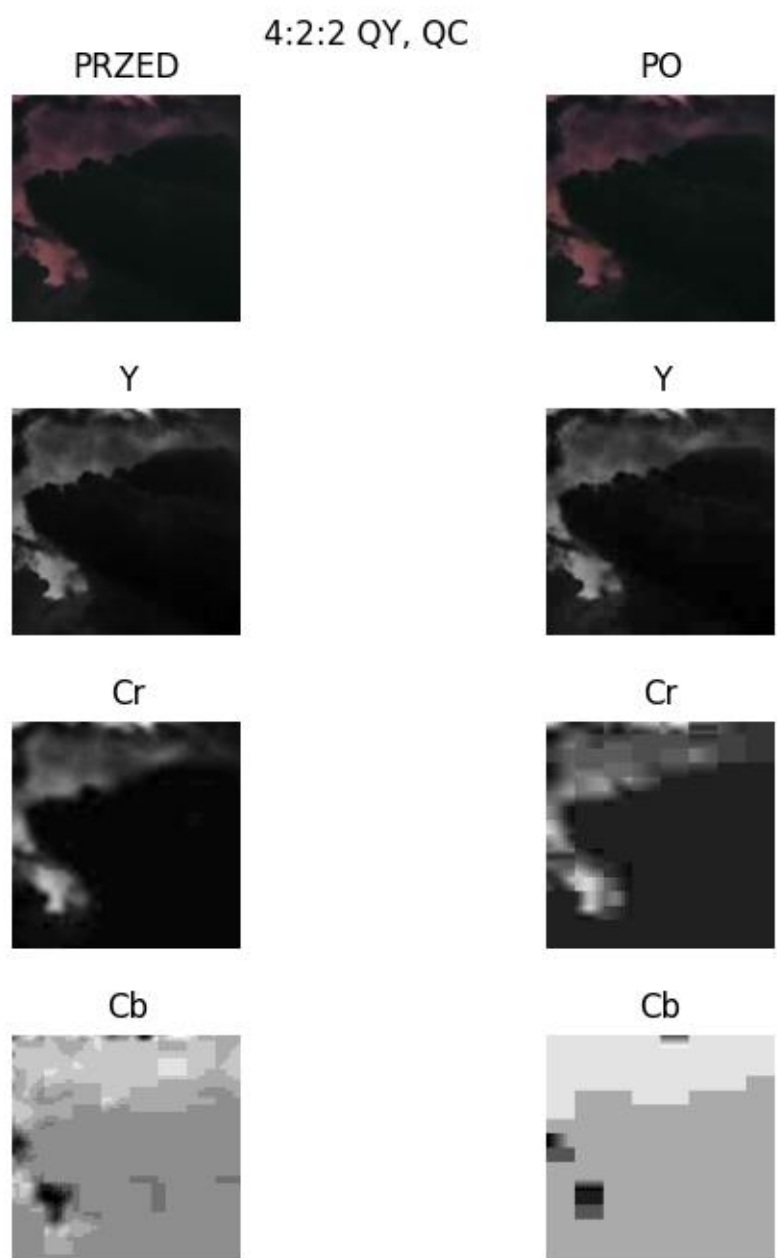
Cb



Cb



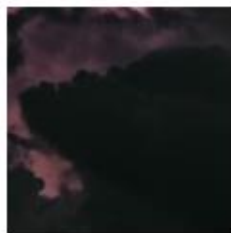
Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC



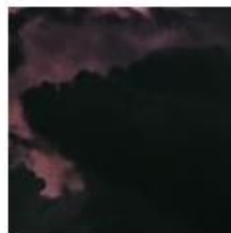
Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



PO



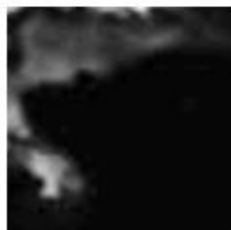
Y



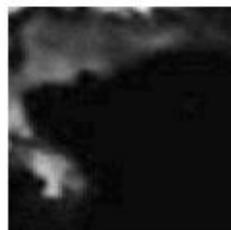
Y



Cr



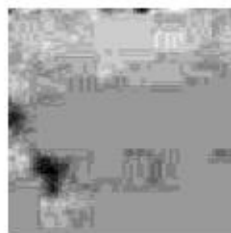
Cr



Cb



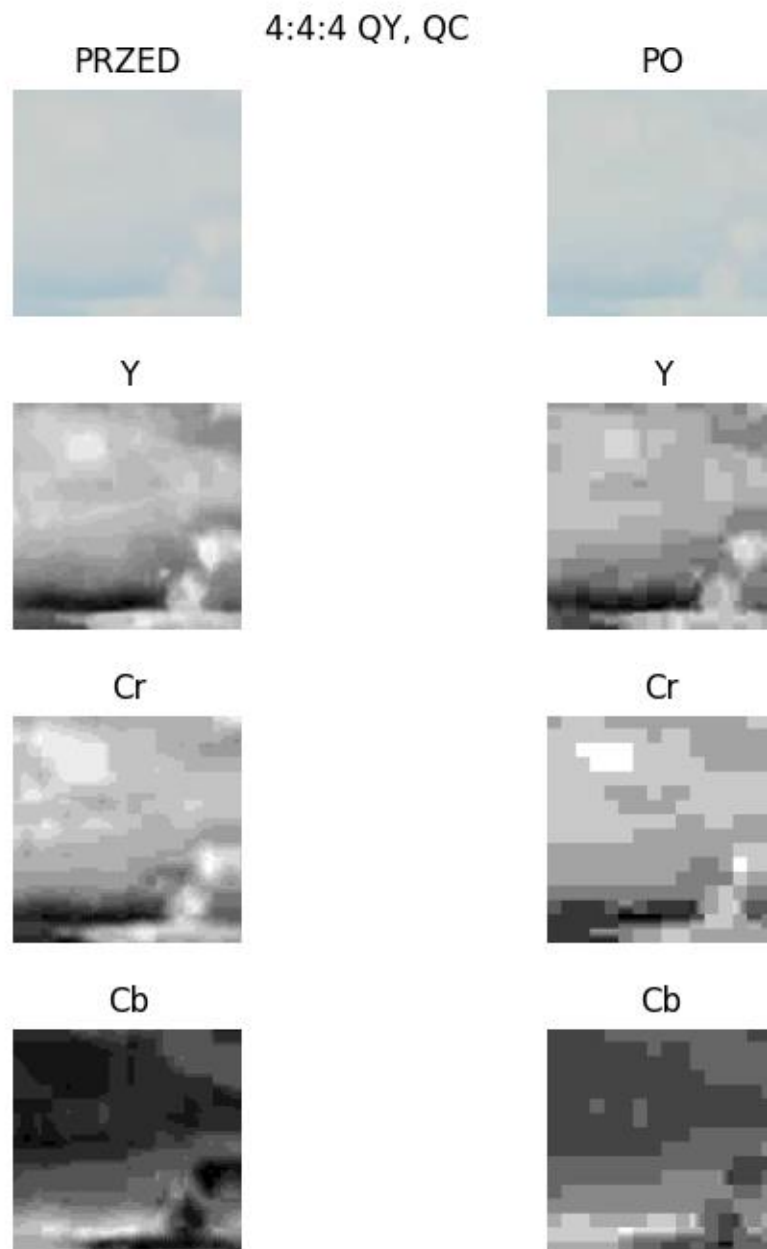
Cb



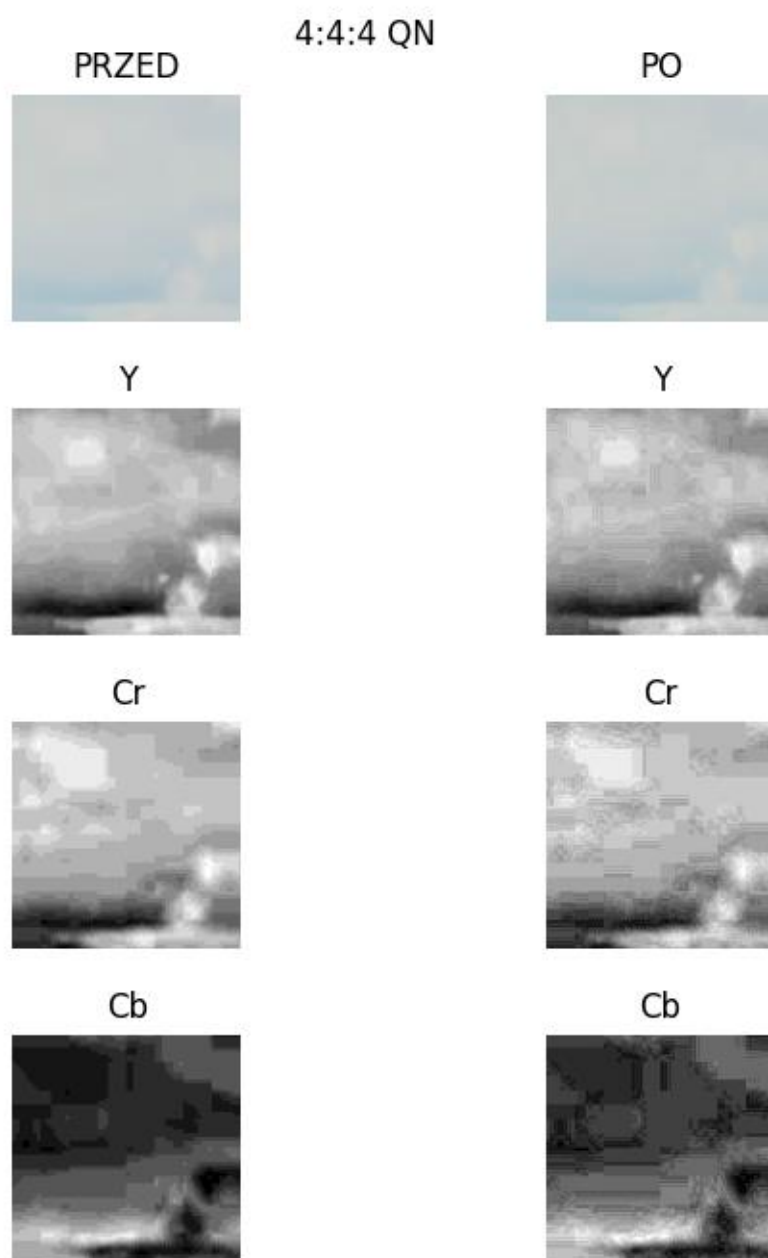
Zdjęcie 4

Fragment 1

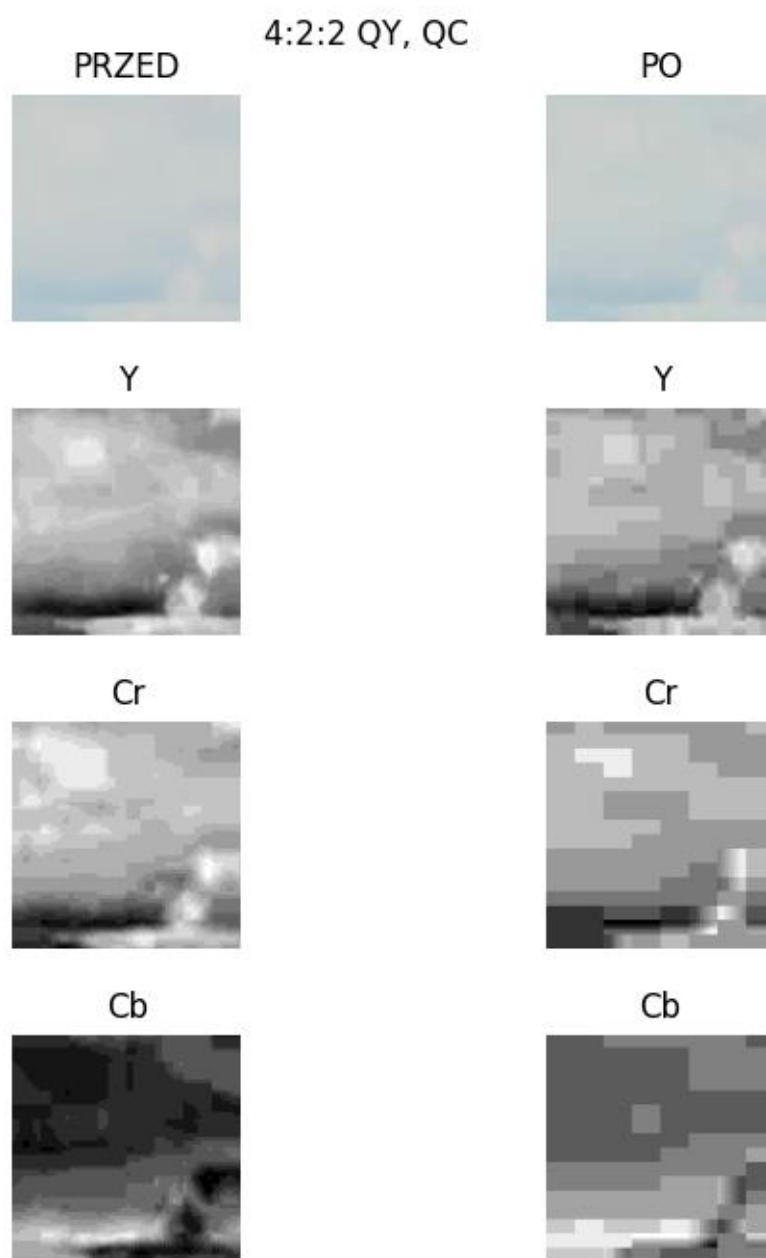
Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

PRZED



Y



Cr



Cb



4:2:2 QN

PO



Y



Cr

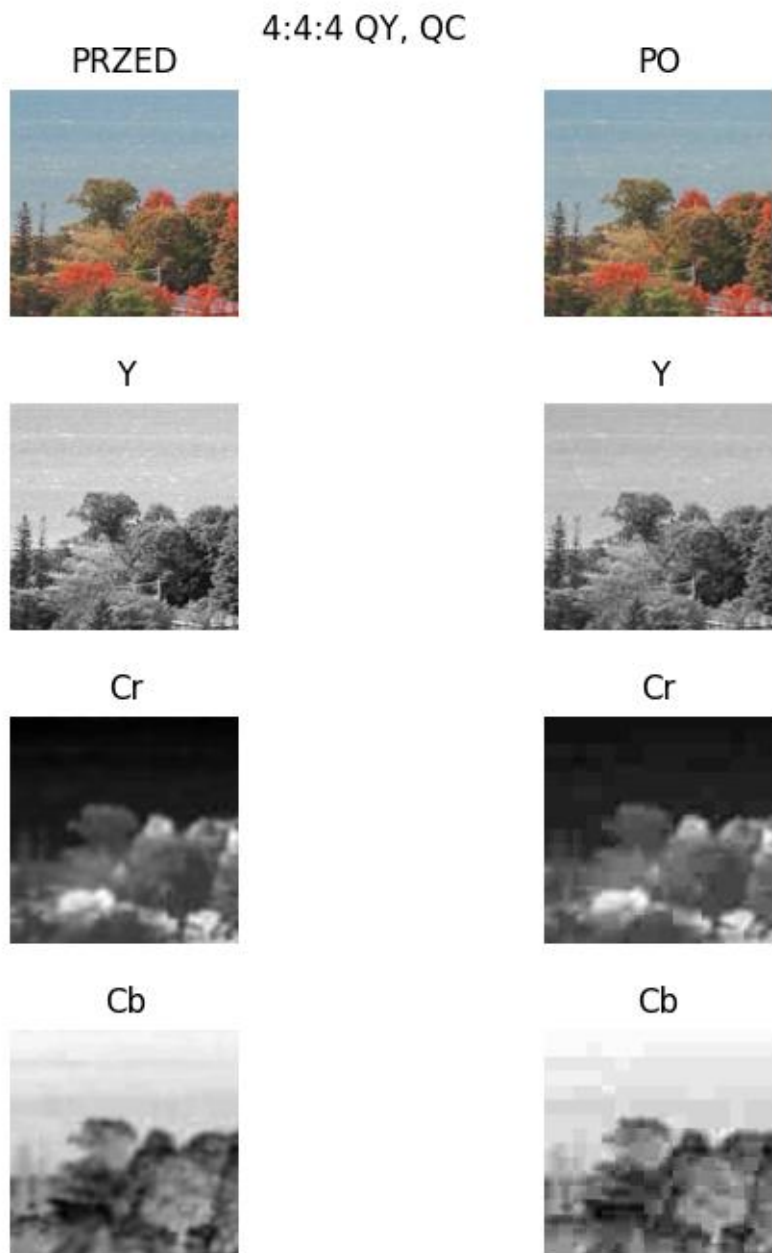


Cb



Fragment 2

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

4:4:4 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC

PRZED



Y



Cr



Cb



4:2:2 QY, QC

PO



Y



Cr



Cb



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb

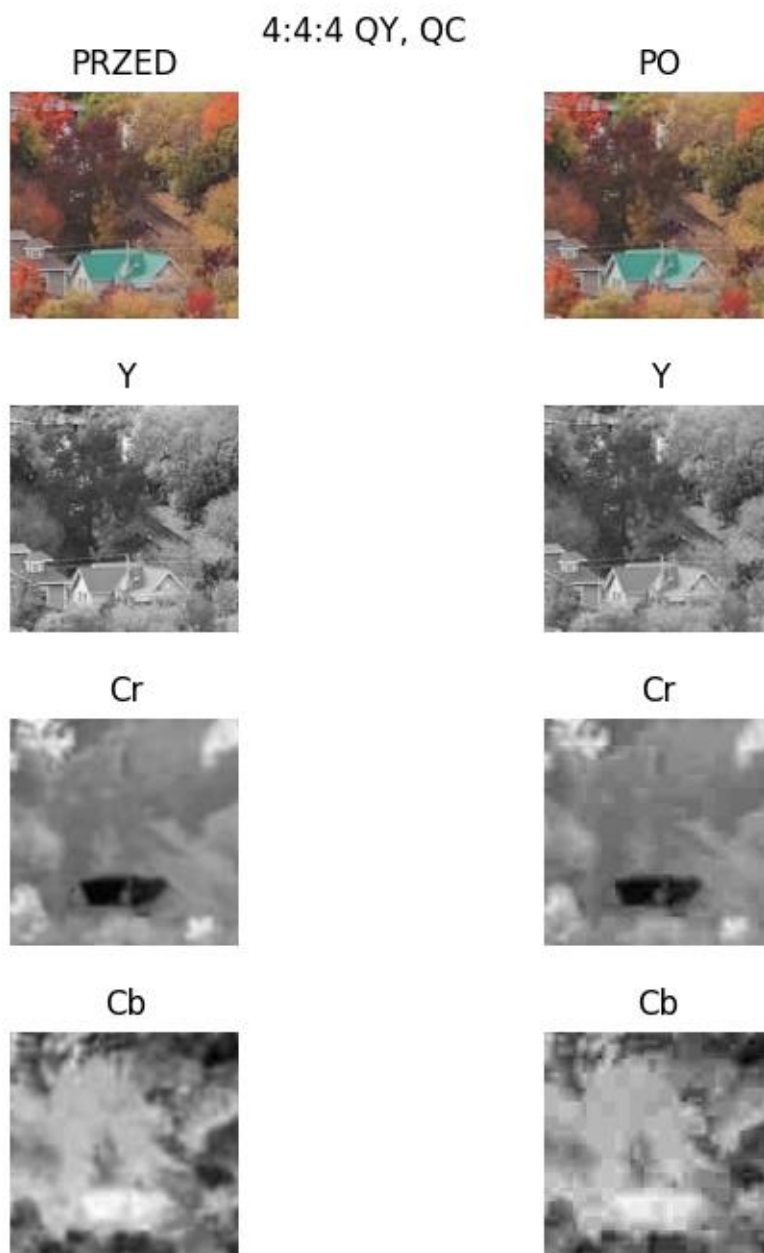


Cb



Fragment 3

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

4:4:4 QN

PRZED



PO



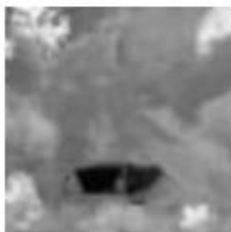
Y



Y



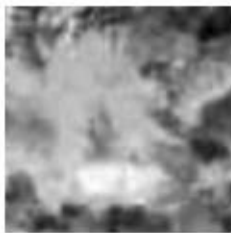
Cr



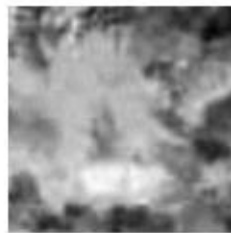
Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC

4:2:2 QY, QC

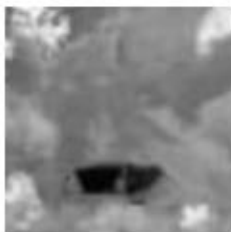
PRZED



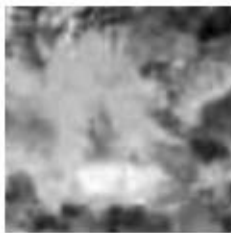
Y



Cr



Cb



PO



Y



Cr



Cb



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



PO



Y



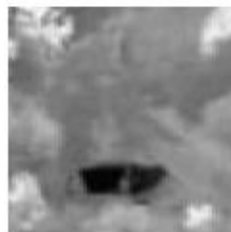
Y



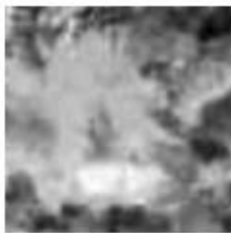
Cr



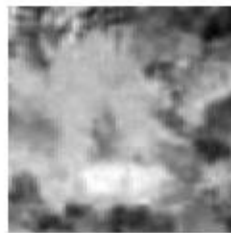
Cr



Cb



Cb



Fragment 4

Subsampling 4:4:4, tablice QY, QC

4:4:4 QY, QC

PRZED



PO



Y



Y



Cr



Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:4:4, tablica jedynek

4:4:4 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



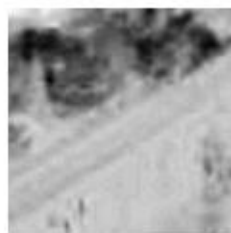
Cr



Cb



Cb



Subsampling 4:2:2, tablice QY, QC

PRZED



Y



Cr



Cb



4:2:2 QY, QC

PO



Y



Cr



Cb



Subsampling 4:2:2, tablica jedynek

4:2:2 QN

PRZED



PO



Y



Y



Cr



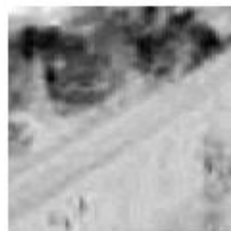
Cr



Cb



Cb



Wnioski:

- W każdym przypadku najmniejsze różnice przed i po zastosowaniu algorytmu widać na warstwie Y modelu YCbCr, na pierwszy rzut oka zwykle są one niezauważalne. Są bardziej zauważalne jedynie w miejscach na obrazie, w których następuje duża zmiana jasności.
- Zmiany na warstwach Cb i Cr są zwykle łatwo zauważalne, dochodzi do przypadków gdy zniekształcenia są na tyle duże, że ciężko byłoby z jednej warstwy odgadnąć zawartość oryginalnego obrazu.
- Na fragmentach o dużej zmienności kolorów warstwy Cb i Cr są znacznie mocniej zniekształcone niż na fragmentach o bardziej stałej kolorystyce.
- Wyższe wartości macierzy QY i QC oznaczają większy stopień kompresji oraz większe pogorszenie się jakości.
- Zastosowanie macierzy jedynkowej nie prowadzi do pogorszenia jakości na tym etapie algorytmu (jakość obrazu dalej ulega pogorszeniu – w przypadku resamplingu innego niż 4:4:4), lecz w takim przypadku rozmiar pliku nie zostałby zmniejszony.
- Dzięki resamplingowi (innemu niż 4:4:4) zmniejsza się rozmiar danych, co przyspiesza proces kompresji bezstratnej (mniej danych do przetworzenia), jednak odbywa się to kosztem pogorszenia jakości i pojawiania się większych artefaktów.
- Ludzkie oko jest najbardziej wrażliwe na zmiany na warstwie luminancji (Y), z tego powodu nie stosuje się na niej resamplingu, w przeciwieństwie do warstw Cb i Cr, na których zmiany nie mają aż tak dużego wpływu na odbiór końcowego obrazu.
- Przyglądając się poszczególnym warstwom można zauważyć że zmiana macierz z QY i QC na QN ma znacznie większy wpływ na jakość niż zmiana resamplingu z 4:4:4 na 4:2:2.
- Pogorszenie się jakości, od najmniejszej zmiany do największej:
 1. Resampling 4:4:4, macierz QN
 2. Resampling 4:2:2, macierz QN
 3. Resampling 4:4:4, macierze QY i QC
 4. Resampling 4:2:2, macierze QY i QC

Przykładowe wyniki stopnia kompresji (CR):

Kompresja

Zdjęcie 4, fragment 1:

	4:4:4, Qy, Qc	4:4:4, QN	4:2:2, Qy, Qc	4:2:2, QN
Warstwa Y	11.99	3.05	11.99	3.05
Warstwa Cr	15.78	3.28	15.52	3.01
Warstwa Cb	26.09	3.4	25.44	3.04

Zdjęcie 4, fragment 2:

	4:4:4, Qy, Qc	4:4:4, QN	4:2:2, Qy, Qc	4:2:2, QN
Warstwa Y	2.34	0.61	2.34	0.61
Warstwa Cr	8.91	1.32	7.61	1.14
Warstwa Cb	9.68	1.41	8.81	1.26

Oczywiście fragment drugi o dużo większej zmienności kolorów i ich jasności został skompresowany w znacznie mniejszym stopniu. Jak można zauważyć wybór macierzy QY i QC może mieć bardzo duży wpływ na późniejszy stopień kompresji (większy niż wybór resamplingu).

Zdjęcie 2, fragment 1:

	4:4:4, Qy, Qc	4:4:4, QN	4:2:2, Qy, Qc	4:2:2, QN
Warstwa Y	13.3	2.04	13.3	2.04
Warstwa Cr	15.78	4.3	15.69	3.33
Warstwa Cb	15.97	3.85	15.94	3.14

Zdjęcie 2, fragment 3:

	4:4:4, Qy, Qc	4:4:4, QN	4:2:2, Qy, Qc	4:2:2, QN
Warstwa Y	2.02	0.55	2.02	0.55
Warstwa Cr	10.97	1.45	9.06	1.19
Warstwa Cb	10.53	1.49	8.83	1.18