Fundacja CinemaVision
ul. Pabianicka 159/161
93-490 Łódź
NIP 7292702378, REGON 101499085, KRS 0000437418

Phone +48 (42) 201 13 40
info@cinemavision.com
http://cinemavision.com

Wyniki B+R
CV.RAP13 Raport ewaluacji algorytmów kontroli jakości oraz wskazań do korekty stereoskopowego materiału filmowego

© 2025 CinemaVision. All rights reserved.

Spis treści

1. Uzasadnienie przeprowadzenia ewaluacji algorytmów oceny jakości materiału stereoskopowego 2
1.1. Kluczowe definicje 2
2. Opis narzędzia Disparity Checker 3
2.1. Algorytm obliczania punktowej korelacji stereopary 3
2.2. Algorytmy obliczania błędów stereoskopowych 6
2.2.1. Dysparycja pionowa stereopary 6
2.2.2. Rotacja stereopary 6
2.2.3. Skala stereopary 6
2.2.4. Sekwencja obliczeniowa 7
2.3. Działanie narzędzia Disparity Checker 7
2.3.1. Komenda wywoławcza i parametry narzędzia 7
2.3.2. Dane wyjściowe aplikacji 8
2.3.3. Dobre praktyki pracy z aplikacją Disparity Checker 14
2.4. Cele przeprowadzenia badania weryfikacyjnego dla algorytmów narzędzia Disparity Checker 14
3. Metryka badania 15
3.1. Materiał badawczy 15
3.2. Zestawienie przypadków referencyjnych do testowania działania narzędzia Disparity Checker 16
3.3. Ujęcia dynamiczne dla badanych przypadków referencyjnych 21
3.4. Metodyka oceny działania algorytmów zaimplementowanych w narzędziu 21
4. Prezentacja wyników badania wybranych artefaktów stereoskopowych za pomocą narzędzia Disparity Checker 22
4.1. Zestawienie wyników dla przypadku D00B4 24
4.2. Zestawienie wyników dla przypadku D11B4 29
4.3. Zestawienie wyników dla przypadku D12B4 34

4.4. Zestawienie wyników dla przypadku D13B4 39
4.5. Zestawienie wyników dla przypadku D14B4 44
4.6. Zestawienie wyników dla przypadku D15B4 49
4.7. Zestawienie wyników dla przypadku D16B4 54
4.8. Zestawienie wyników dla przypadku D21B4 59
4.9. Zestawienie wyników dla przypadku D22B4 64
4.10. Zestawienie wyników dla przypadku D23B4 69
4.11. Zestawienie wyników dla przypadku D24B4 74
4.12. Zestawienie wyników dla przypadku D25B4 79
4.13. Zestawienie wyników dla przypadku D26B4 84
4.14. Zestawienie wyników dla przypadku D31B4 89
4.15. Zestawienie wyników dla przypadku D32B4 94
4.16. Zestawienie wyników dla przypadku D33B4 99
4.17. Zestawienie wyników dla przypadku D41B4 104
4.18. Zestawienie wyników dla przypadku D42B4 109
4.19. Zestawienie wyników dla przypadku D43B4 114
5. Podsumowanie i konkluzje 121
5.1. Ocena poprawności i skuteczności algorytmów do oceny jakości materiału stereoskopowego 121
5.2. Konkluzje po wykonaniu badań 122
5.3. Ocena potencjału komercyjnego narzędzia w procesie kontroli jakości obrazu 3D 124

1. Uzasadnienie przeprowadzenia ewaluacji algorytmów oceny jakości materiału stereoskopowego

Proces powstawania materiału trójwymiarowego składa się z wielu etapów cząstkowych. Począwszy od projektowania sceny stereoskopowej kończąc na zaawansowanych procesach postprodukcyjnych popełnione błędu mogą powodować powstawanie różnego rodzaju artefaktów w obrazie. Wczesne wykrywanie anomalii pozwala na szybkie reagowanie umożliwiając ich natychmiastową eliminację bądź świadome zaplanowanie korekty na dalszych etapach produkcyjnych. Ocena jakości obrazu stereoskopowego wymaga przygotowania do tego dedykowanych narzędzi analitycznych umożliwiających wykrycie poszczególnych artefaktów obrazu. W ramach realizowanego studium zaproponowano algorytmy wykrywania dysparycji pionowej, rotacji oraz rozskalowania stereopary. Zastosowanie opracowanych metod w komercyjnych projektach wymaga wcześniejszego przeprowadzenia ich ewaluacji określającej poprawność generowanych rezultatów.

Jednym z kluczowych produktów w ramach Projektu PKJ „Narzędzia wykorzystujące nowatorskie metody: okulograficzną, elektrofizjologiczną i introspekcję – automatyzujące analizę preferencji klientów oraz kontrolę jakości produkcji filmów i gier komputerowych" ma być aplikacja PKJ.AP umożliwiająca ocenę jakości obrazu stereoskopowego poprzez wykrywanie potencjalnych błędów dysparycji w stereoparze obrazu.

W ramach aplikacji PKJ.AP proces detekcji błędów i obliczania ich wartości ma być możliwy zarówno dla surowego materiału filmowego (footage), dla materiału transkodowanego na etapie postprodukcji oraz dla materiałów wyjściowych dla konkretnego kanału dystrybucyjnego.

Oprogramowanie ma stanowić narzędzie wyrywkowej kontroli jakości materiału filmowego 3D na danym etapie produkcji i zwracać informacje o typie i poziomie wykrytych dysfunkcji stereoskopowych oraz pozwalać na ich podstawie oszacować możliwości naprawcze.

W wersji przeznaczonej do szczegółowej analizy możliwości naprawczych dla konkretnego materiału filmowego aplikacja PKJ.AP powinna zasymulować widok stereopary po wykonaniu czynności korygujących wykonanych na podstawie oszacowania wartości poszczególnych błędów składowych niepożądanych dysparycji w obrazie. Wizualizacja możliwości naprawczych ma polegać na wzajemnym zestawieniu widoków anaglifów stereopar wybrany klatek filmu pobranych z badanego materiału oraz ich poprawionej wersji po dokonaniu korekt na podstawie obliczeń algorytmów aplikacji. Algorytmy aplikacji PKJ.AP wyliczają optymalne parametry naprawcze w postaci wzajemnych transformacji obrazów stereopary względem siebie. Czynności naprawcze (przesunięcie w pionie, obrót i przeskalowanie) muszą być wykonane w aplikacjach umożliwiających wzajemne transformacje widoków w filmowym materiale 3D (np. pakiety Redcine Pro, DaVici Resolve).

1.1. Kluczowe definicje

Filmowy materiał stereoskopowy (3D) – obraz statyczny (klatka filmu) bądź dynamiczny (sekwencja klatek filmu) odwzorowujący własności przestrzenne kompozycji umożliwiające uzyskanie widzenia trójwymiarowego.

Stereopara składa się z dwuwymiarowych widoków prezentowanej sceny dedykowanych odpowiednio dla lewego oraz prawego oka widza. Sumarycznie obrazy stereopary prezentują tę samą scenę zarejestrowaną pod różnym kątem. Kąt akwizycji materiału, a w rezultacie różnice zawartości pomiędzy widokami stereopary umożliwiają percepcję trójwymiarową.

Filmowy materiał 3D stanowi pojedynczą stereoparę lub sekwencję stereopar zarejestrowaną lub rozseparowaną technologicznie oddzielnie dla lewego i prawego oka odbiorcy. Układ wzrokowo-nerwowy odbiorcy nakłada i interpretuje oba obrazy odpowiednio zapewniając wrażenie stereoskopii.

Jakość materiału stereoskopowego – parametr określający obecność artefaktów w obrazie trójwymiarowym. Materiał stereoskopowy rejestrowany za pomocą fizycznej aparatury audiowizualnej podlega naturalnej parametryzacji powodującej występowanie błędów obrazu wynikających np. z dekalibracji zestawu stereoskopowego (kamera, RIG) lub niepoprawnie zrealizowanych zdjęć stereoskopowych bądź destrukcyjnych działań postprodukcyjnych w zakresie stereoskopii. Do głównych artefaktów należy zaliczyć dysparycję pionową,

wzajemną rotację oraz rozskalowanie stereopary. Im większa ilość artefaktów w obrazie tym gorsza jakość materiału stereoskopowego.

Błąd dysparycji pionowej stereopary – artefakt stereoskopowy polegający na wystąpieniu pionowego przesunięcia (np. przez wzajemną translację kamer) pomiędzy obiektami przedstawionymi w lewym i prawym widoku klatki materiału filmowego. Liczbowa wartość dysparycji pionowej obrazu wyrażana jest w pikselach jako różnica współrzędnych Y skorelowanych widoków stereopary. Niezerowa wartość dysparycji pionowej oznacza błąd.

Błąd rotacji stereopary – artefakt stereoskopowy polegający na zaistnieniu obrotu (względnej rotacji kamer) pomiędzy obiektami przedstawionymi w lewym i prawym widoku klatki materiału filmowego. Liczbowa wartość rotacji wyrażana jest w stopniach jako kąt obrotu skorelowanych widoków stereopary. Niezerowa wartość rotacji stereopary oznacza błąd.

Błąd skalowania stereopary – artefakt stereoskopowy polegający na niespójnej akwizycji przestrzeni sceny (rozbieżny zoom kamer) w lewym i prawym widoku klatki materiału filmowego. Liczbowa wartość rozskalowania stereopary wyrażana jest jako stosunek przestrzeni skorelowanych widoków stereopary. Poprawnie zeskalowana klatka 3D charakteryzuje się stosunkiem powierzchni obu widoków o wartości 1. Wartość skali o wartości różna od 1 oznacza błąd dopasowania obu widoków.

2. Opis narzędzia Disparity Checker

Cinema Vision Footage Manager Disparity Checker to aplikacja, która umożliwia oszacowanie jakości realizacji filmowego materiału stereoskopowego.
Narzędzie oszacowuje jakość ujęcia 3D na podstawie identyfikacji i obliczenia wartości trzech podstawowych artefaktów stereoskopowych:

- dysparycji pionowej pomiędzy widokiem dla lewego i prawego oka,
- dysparycji rotacji widoków,
- rozskalowania stereopary.

W czasie pracy narzędzia Disparity Checker badany materiał wejściowy w postaci statycznej (image TIF) bądź dynamicznej (sekwencja filmowa) poddawany jest wstępnej dekompozycji, a następnie przetwarzany jest sekwencyjnie za pomocą zaimplementowanych rozwiązań algorytmicznych informując użytkownika o wykrytych anomaliach. Proces analityczny składa się z trzech etapów odpowiadających rodzajom analizowanych błędów.

2.1. Algorytm obliczania punktowej korelacji stereopary

Wejściowy materiał stereoskopowy statyczny (obraz) bądź dynamiczny (film) poddawany jest zaawansowanej segmentacji oraz analizie a następnie przetwarzany jest sekwencyjnie analizie za pomocą zaimplementowanych rozwiązań algorytmicznych umożliwiającej wykrywanie anomalii trójwymiarowych. informując użytkownika o wykrytych anomaliach. Algorytmy wykorzystywane w procesie obliczeniowym bazują na referencyjnej interpretacji zawartości stereopary badając wzajemną translację (względne przesunięcie) pikseli obrazu reprezentujących te same obiekty w lewym i prawym widoku trójwymiarowym.

Inicjalnym etapem procesu obliczeniowego jest wyznaczenie korelacji widoków trójwymiarowych polegającej na określeniu powiązania pomiędzy pikselami stereopary.
Rozwiązaniem stosunkowo dokładnym i powszechnie wykorzystywanym do tego zagadnienia jest algorytm dopasowywania bloków (ang. Block Matching). Umożliwia on znalezienie dokładnego dopasowania pomiędzy pikselami stereopary. Metoda dopasowywania bloków bazuje jednak na analizie holistycznej wymagającej przeprowadzenia czasochłonnych obliczeń dla każdego piksela badanego obrazu. W przypadku materiałów o wysokiej rozdzielczości (np. obrazów trójwymiarowych 4K) zagadnienie to okazuje się nadmiernie kosztowne w rozumienie czasowej złożoności obliczeniowej uniemożliwiając komercyjne zastosowanie rozwiązania opartego o tę metodę.
Znacznie bardziej optymalnymi czasowo rozwiązaniami wykrywania korelacji widoków stereoskopowych są algorytmy analizy punktowej bazujące na ograniczeniu przestrzeni obliczeniowej. Uzyskiwane przyśpieszenie

wynika z wstępnej selekcji reprezentatywnych pikseli obrazu wykorzystywanych w procesie analitycznym. W rezultacie zamiast całego obrazu wykorzystywany jest jedynie stosunkowo mały podzbiór pikseli zmniejszając ilość obliczeń potrzebnych do oszacowania korelacji widoków stereopary. Prostym i wydajnym rozwiązaniem reprezentującym tę klasę obliczeniową jest proces dopasowywania wzorców cech (ang. Feature Matching).

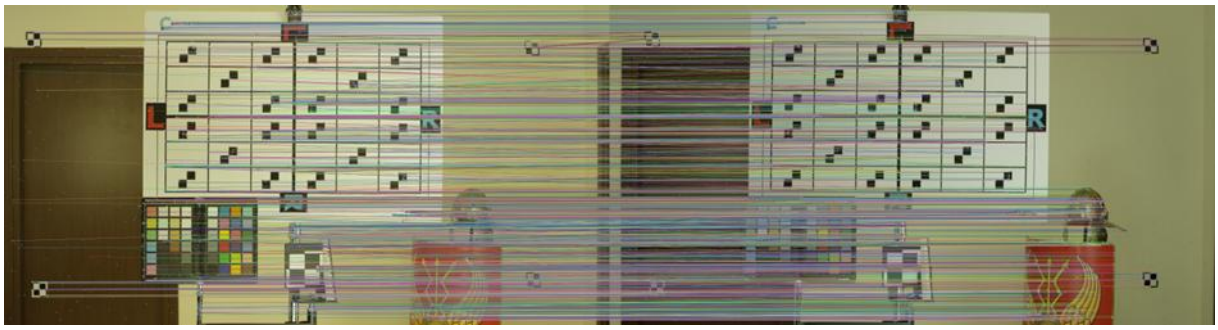
Wymieniony algorytm bazuje na czterech głównych etapach analitycznych:

- detekcja punktów kluczowych obrazu – wyznaczenie pikseli obrazu o wysokiej wartości deskrypcyjnej umożliwiając redukcję przestrzeni obliczeniowej niezbędnej do wyznaczenia korelacji stereopary,
- ekstrakcja cech - obliczenie deskryptorów (wektorów cech) punktów kluczowych umożliwiających numeryczny (wektor binarny) i możliwie precyzyjny opis charakterystyki obrazu pozwalający na identyfikację piksela w przestrzeni obrazu,
- wyznaczenie par deskryptorów – porównanie wszystkich deskryptorów punktów kluczowych względem metryki wektorowej oraz wyselekcjonowanie par deskryptorów w kontekście maksymalnego numerycznego podobieństwa wektorowego,
- filtrowanie dopasowań niskiej jakości – odrzucenie par deskryptorów o zbyt dużej bezwzględnej odległości wektorowej względem zastosowanej metryki.

Implementacja procesu dopasowywania wzorców cech oprócz wysokiej wydajności może być łatwo parametryzowana i skalowana dzięki wielu dostępnym rozwiązaniom wykorzystywanym na poszczególnych etapach analitycznych.
Wśród najpopularniejszych algorytmów cząstkowych można wyszczególnić następujące metody:

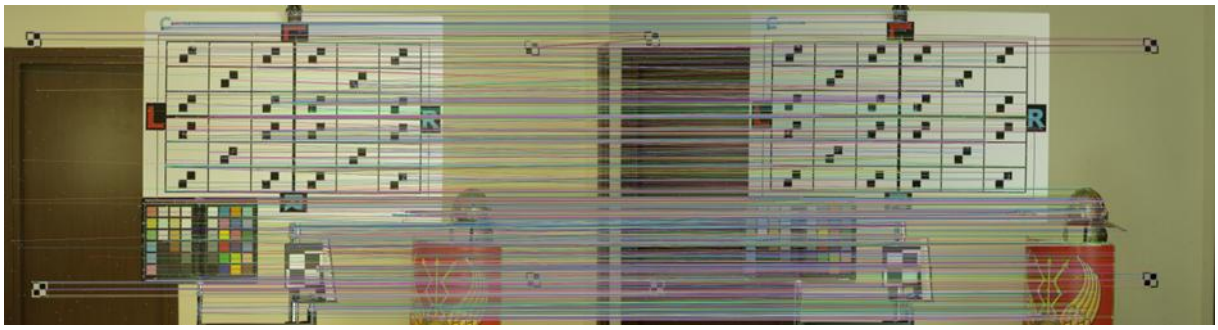
- detekcja punktów kluczowych:
    - FAST (ang. Features from Accelerated Segment)
    - BRISK (ang. Binary Robust Invariant Scalable Keypoints)
    - HARRIS (ang. Harris Affine Region Detector)
    - GFTT (ang. Good Features To Track)
    - ORB (ang. Oriented FAST and Rotated BRIEF)
    - MSER (ang. Maximally Stable Extremal Region)
- ekstrakcja cech:
    - BRIEF (ang. Binary Robust Independent Elementary Features)
    - ORB (ang. Oriented FAST and Rotated BRIEF)
    - BRISK (ang. Binary Robust Invariant Scalable Keypoints)
    - FREAK (ang. Fast Retina Keypoint)
- wyznaczanie par deskryptorów – metryki wektorowe :
    - Manhattan – suma wartości bezwzględnych różnic wektorów na poszczególnych pozycjach
    - Euklidesowa – pierwiastek z sumy kwadratów różnic wektorów na poszczególnych pozycjach
    - Hamminga – liczba pozycji, na których na których wektory również długości się różnią
- filtrowanie dopasowań niskiej jakości:
    - filtrowanie symetryczne – przeprowadzenie procesu dopasowywania deskryptorów symetrycznie dla pary widoków lewego-prawego oraz prawego-lewego a następnie odrzuceniu dopasowań, które nie są sobie równe w obydwu porównaniach
    - filtrowanie odległości – odrzucenie dopasowań powyżej pewnej ustalonej odległości wektorów obliczonej za pomocą zadanej metryki

Implementacja procesu dopasowywania wzorców cech w oparciu o przestawiony model oraz wachlarz algorytmów cząstkowych wymaga realizacji studium pozwalającego na selekcję zestawu metod pozwalających na maksymalizację poprawności generowanych rezultatów przy równoczesnym zapewnieniu wysokiej optymalności obliczeniowej. W rezultacie przeprowadzonej analizy oszacowano, iż przy zastosowaniu algorytmu ORB (detektor punktów kluczowych), BRIEF (ekstraktor cech), Brute-Force-Hamming (generator dopasowań) oraz filtrowania symetrycznego możliwe jest wyznaczenie korelacji stereopary w poszczególnych punktach obrazu. Korelację stereopary uzyskaną za pomocą powyższego zestawu metod przedstawia rysunek.



Rys. Korelacja stereopary uzyskana za pomocą procesu dopasowywania wzorców cech z zastosowaniem zestawu algorytmów ORB, BRISK, Brute-Force-Hamming oraz filtrowania symetrycznego

Metoda, chociaż pozwala oszacować korelację punktową stereopary dla obrazów o różnorodnym rozkładzie, jest stosunkowo podatna na szumy związane z nieprecyzyjnymi dopasowaniami. Kwestia ta uwarunkowana jest charakterystyką procesu dopasowania wzorców cech oraz dodatkowo intensyfikowana powtarzalnymi obiektami znajdującymi się w obrębie analizowanego obrazu. Powoduje to dopasowywanie nieodpowiednich punktów co implikuje błędną korelacją widoków stereopary.
Rozwiązaniem tego problemu jest zastosowanie obszarowej metody badania stereopary **za pomocą okna przesuwnego**. Mechanizm okna przesuwnego polega na sekwencyjnym wycinaniu małych podobrazów z lewego i prawego widoku, a następnie przeprowadzeniu jedynie w ich zakresie opisanego procesu dopasowywania wzorców cech. Takie podejście eliminuje problem dużej ilości powtarzających się w widoku obiektów, pozwalając na maksymalnie precyzyjne określenie korelacji pomiędzy obrazami.
Dodatkowym mechanizmem wpływającym na ulepszenie mechanizmu wyznaczania korelacji jest modyfikacja procesu filtrowania. Oprócz typowego filtrowania symetrycznego w procesie dopasowywania wzorców cech z zastosowaniem okna przesuwnego zastosowano filtrowanie obszarowe w wyniku, którego realizowana jest selekcja jedynie tych dopasowań, których podobieństwo jest największe w ramach analizowanego zbioru. W rezultacie oznacza to wybranie prawdopodobnie jednego ewentualnie kilku najlepszych dopasowań w ramach wszystkich par wektorów obliczonych dla pojedynczej pary podobrazów.
Rozmiar okna przesuwnego wykorzystywanego na potrzeby obliczania korelacji stereopary wyznaczony został eksperymentalnie i **określony jest procentowo**. Wysokość okna przesuwnego ustalono odpowiednio jako 2% wysokości stereopary natomiast szerokość okna wynosi 20% szerokości pojedynczego widoku analizowanego obrazu.



*Rys. Korelacja stereopary uzyskana za pomocą procesu dopasowywania wzorców cech oraz **mechanizmu okna przesuwnego** z zastosowaniem zestawu algorytmów ORB, BRISK, Brute-Force-Hamming oraz filtrowania symetrycznego.*

Rezultatem wprowadzonej modyfikacji jest możliwość obliczenia korelacji odpornej na zakłócenia związane z powtarzalnymi obiektami w obrazie. Ponadto uzyskiwany rozkład korelacji ma charakter stosunkowo jednolity na całej powierzchni stereopary. Dodatkowo w wyniku wprowadzenia mechanizmu okna przesuwnego ilość generowanych dopasowań została ograniczona, co znacząco wpływa na przyśpieszenie dalszych etapów procesu obliczeniowego. Warto jednak wspomnieć że dla obrazów o bardzo dużych wartościach błędów (np. dysparycji pionowej ponad 2% wysokości obrazu) może okazać się, że korelacja nie zostanie poprawnie określona gdyż odpowiadające piksele stereopary będą leżeć poza obszarem analizy metody.

2.2. Algorytmy obliczania błędów stereoskopowych

Dysponując informacją o punktowej korelacji stereopary możliwe jest obliczenie wartości błędów stereoskopowych na podstawie bezwzględnych współrzędnych dopasowanych pikseli obrazu.

2.2.1. Dysparycja pionowa stereopary

Zgodnie z definicją dysparycja pionowa to różnica współrzędnych Y skorelowanych widoków stereopary. Obliczając różnicę d pomiędzy pionowymi współrzędnymi pary dopasowanych pikseli uzyskujemy punktową wartość dysparycji obrazu.
Do celów analizy możliwości korekcji artefaktu dysparycji pionowej dla całego obrazu pobierana jest wartość mediany ze zbioru dysparycji punktowych uwzględniając wcześniej odrzucenie 30% skrajnych wartości (15% minimalnych oraz maksymalnych) dysparycji punktowych uzyskanych w procesie obliczeniowym.

2.2.2. Rotacja stereopary

Błąd punktowej rotacji stereopary szacowany jest w sposób analityczny badając wzajemną orientację prostych wyznaczanych pomiędzy puntami kluczowymi w ramach widoków stereopary. Aby określić kąt rotacji stereopary w punkcie należy dla wybranego punktu kluczowego P_1 (dowolnego) obliczyć współczynnik kierunkowy prostej a1 przechodzącej pomiędzy wybranym punktem P_1, a dowolnym innym punktem kluczowym P_n w analizowanym widoku. Następnie analogiczny proces należy przeprowadzić dla punktów odpowiadających wybranym pikselom (P_1, P_n) na drugim widoku stereopary (P_1', P_n') uzyskując współczynnik kierunkowy prostej a_2. Kąt przecięcia prostych α powinien stanowić kąt rotacji stereopary w punkcie P_1. Tangens kąta α można wyznaczyć za pomocą zależności:

$$tg\alpha = \frac{a_1 - a_2}{1 + a_1 a_2}$$

gdzie:

a_1 oznacza współczynnik kierunkowy prostej wyznaczony dla lewego (P_1, P_n) widoku stereopary
a_2 oznacza współczynnik kierunkowy prostej wyznaczony dla prawego (P_1', P_n') widoku stereopary

Obliczenie liczbowej wartości kąta α wymaga wyznaczenia α= arctg(α).
Dodatkowo, aby uśrednić uzyskiwane wyniki i minimalizować niedokładności obliczeniowe opisany proces jest powtarzany dla punktu P_1 wyznaczając wszystkie proste względem innych punktów kluczowych występujących w widoku stereoskopowym. Uzyskane wartości kątów α są wzajemnie uśredniane dzięki czemu uzyskiwane wyniki są stabilne i odporne na błędy jednostkowe.

Rotacja stereopary dla całego obrazu wyznaczana jest analogicznie do dysparycji pionowej jako mediana ze zbioru rotacji punktowych {α} uwzględniając wcześniej odrzucenie 30% skrajnych wartości (15% minimalnych oraz maksymalnych) rotacji punktowych uzyskanych w procesie obliczeniowym.

2.2.3. Skala stereopary

Wyznaczenie punktowej skali stereopary wykorzystuje analogiczne mechanizmy obliczeniowe. Pierwszym etapem jest wybór pary dowolnych punktów kluczowych (P_1, P_n) należących do tego samego widoku stereoskopowego. Następnie należy wyznaczyć wartość d będącą różnicą współrzędnych pionowych pomiędzy parą (P_1, P_n). Analogiczny proces należy wykonać wyznaczając wartość d' dla skorelowanych punktów (P_1', P_n') na drugim widoku stereoskopowym. Wartość punktowej skali s stereopary można wyznaczyć jako stosunek wartości d oraz d'.

$$s = \frac{d}{d'}$$

Skala stereopary dla całego obrazu wyznaczana jest jako mediana ze zbioru skali punktowych {s} uwzględniając wcześniej odrzucenie 30% skrajnych wartości (15% minimalnych oraz maksymalnych) skali punktowych uzyskanych w procesie obliczeniowym.

2.2.4. Sekwencja obliczeniowa

Proces oceny jakości materiału stereoskopowego zakłada analizę obrazu w zakresie opisanych artefaktów. Błędy trójwymiarowe mogą wzajemnie wpływać na wyniki uzyskiwane na poszczególnych etapach obliczeniowych. W związku z powyższym należy zadbać, aby proces analityczny był realizowany w **sposób ustandaryzowany**.

Pierwszym etapem oceny jakości materiału stereoskopowego jest oszacowanie dysparycji pionowej. Uzyskana wartość przesunięcia pionowego wykorzystywana jest w celu skorygowania obrazu. Korekta realizowana jest jako pionowe przesunięcie prawej klatki obrazu o wartość wyznaczoną w procesie obliczeniowym.

Kolejnym etapem jest szacowanie rotacji stereopary z wykorzystaniem klatki stereoskopowej ze skorygowaną wartością dysparycją pionową. Proces ten określa numeryczną wartość kąta wzajemnego obrotu widoków stereopary. Korekta obrazu polega na obrocie prawego widoku klatki względem środka jej środka o obliczoną wartość kąta rotacji stereopary.

Ostatnim etapem jest oszacowanie skali stereopary. Wyznaczenie wartości błędu skali jest realizowane na obrazie ze skorygowaną dysparycją pionową oraz rotacją obrazu. Wartość artefaktu skali stereopary korygowana jest poprzez transformację skalowania(zwiększania bądź zwiększania) prawego widoku stereoskopowego. Uzyskany wynik powinien reprezentować stereoparę o pełnej korekcie stereoskopowej.

Uzasadnienie. Kolejność etapów analitycznych uwarunkowana jest hierarchią błędów stereoskopowych oraz własnościami opracowanych algorytmów. Głównym błędem identyfikowanym w ramach materiałów trójwymiarowych jest dysparycja pionowa – błąd ten może negatywnie wpłynąć na proces szacowania rotacji oraz skali szczególnie ze względu na fakt iż korekta rotacji jest wykonywana względem środka obrazu, który może zostać przesunięty w wyniku zaistnienia dysparycji pionowej. Błąd rotacji wpływa natomiast na wartości różnic pionowych współrzędnych pomiędzy punktami. Powinien on zostać skorygowany przed realizacją obliczeń artefaktu skali stereopary.

Podsumowując proces oceny jakości oraz korekty obrazu trójwymiarowego powinien być realizowany zachowując sekwencję obliczeniową w następującej kolejności:

1. **dysparycja pionowa stereopary**
2. **rotacja stereopary**
3. **skala stereopary**

2.3. Działanie narzędzia Disparity Checker

Cinama Vision Footage Manager Disparity Checker umożliwia analizę obrazów stereoskopowych pod kątem błędów dysparycji pionowej, rotacji oraz skali stereoskopowej.
Aplikacja przyjmuje szerokie spektrum plików wejściowych – zarówno statycznych (jpg, png, tif, bmp) jak również dynamicznych (mov, avi, r3d) o dowolnej rozdzielczości (ograniczonej pamięcią operacyjną komputera).
Ponadto program przetwarza zarówno obrazy stereoskopowe w formie oddzielnych kanałów jak również jako skompresowany materiał Side-by-Side oraz Over-Under.
O sposobie działania oraz przetwarzania danych decydują parametry uruchomieniowe aplikacji. Parametryzacja komendy uruchomieniowej aplikacji pozwala w prosty sposób konfigurować zakresy i metody przeliczeń, zapewniając pełen zasób funkcjonalności niezbędnych do realizacji założonych testów.

Wyniki obliczeń uzyskane w kolejnych etapach analitycznych zapisywane są do plików tekstowych RESULT.txt będący plikiem tekstowym zawierającym dane wyjściowe dedykowane dla każdej klatki. Dla całego materiału generowany jest dodatkowo zbiorczy plik RESULTS.CSV zawierający zagregowane wyniki obliczeń.

2.3.1. Komenda wywoławcza i parametry narzędzia

Aplikacja działa w trybie konsolowym systemu Windows 10. Wymaga wywołania narzędzia „wiersz polecenia” i wpisania polecenia z klawiatury lub zapisania komendy uruchomieniowej do pliku wykonalnego *.bat

Model komendy uruchomieniowej dla aplikacji posiada następującą formę:

DisparityChecker.exe -m CONSOLE -i [ścieżka lewego kanału] [ścieżka prawego kanału] -t [ilość wątków] -r [ścieżka wyjściowa] -p WIDTH:20,HEIGHT:2,HIERARCHY:VERTICAL;ROTATION;SCALE,DISTRIBUTION:FALSE –s [zakres klatek]

Parametry uruchomieniowe aplikacji:

-m GUI | CONSOLE	-- tryb uruchomieniowy aplikacji GRAFICZNY/KONSOLOWY
-i [ścieżka]	-- położenie pliku wejściowego
-o VERTICALLY | HORIZONTALLY	-- orientacja klatki dla materiałów Side-by-Side/Over-Under
-t [ilość]	-- ilość wątków obliczeniowych
-r [ścieżka]	-- ścieżka wyjściowa – miejsce zapisania wyników obliczeń
-p [parametry]	-- parametry dodatkowe:
-WIDTH:20	-- szerokość okna przesuwnego [% szerokości klatki]
- HEIGHT:2	-- wysokość okna przesuwnego [% wysokości klatki]
- HIERARCHY:VERTICAL;ROTATION;SCALE	--hierarchia obliczeniowa – kolejność wykonania algorytmów analizy błędów
- DISTRIBUTION:TRUE | FALSE	-- wizualizacja rozkładu w obrazie wartości maksymalnych błędów stereoskopowych
-s [klatki]	-- zakres wybranych klatek filmu do przeliczenia
-h	-- pomoc

Przykład uruchomienia aplikacji dla następującej konfiguracji:

- Badany materiał 3D –film referencyjny D43B4D
- pliki wejściowe:
  - C:\data\dynamic\D43B4D-L.mov - ścieżka dostępu do pliku lewego kanału
  - C:\data\dynamic\D43B4D-R.mov – ścieżka dostępu do pliku prawego kanału
- pojedynczy wątek obliczeniowy (dobierany w zależności od mocy obliczeniowej komputera roboczego)
- ścieżka wyjściowa:
  - C:\results\dynamic\D43B4D\
- parametry dodatkowe
  - szerokość okna przesuwnego: 20% szerokości widoku obrazu
  - wysokość okna przesuwnego: 2% wysokości widoku obrazu
  - sekwencja obliczeniowa błędów: dysparycja pionowa -> rotacja -> skala stereopary
  - opcja czy powinien zostać zwizualizowany rozkład błędów większych niż mediana: nie
- zakres wybranych klatek do przeliczenia: 1-5

Komenda uruchomieniowa aplikacji dla powyższych parametrów wygląda następująco:

DisparityChecker.exe -m CONSOLE -i C:\data\dynamic\D43B4D-L.mov C:\data\dynamic\D43B4D-R.mov -t 1 -r C:\results\dynamic\D43B4D\ -p
WIDTH:20,HEIGHT:2,HIERARCHY:VERTICAL;ROTATION;SCALE,DISTRIBUTION:FALSE -s 1,52,100,116,192

2.3.2. Dane wyjściowe aplikacji

Wyniki działania aplikacji są prezentowane w czasie rzeczywistym na ekranie konsoli jak również są zapisywane do odpowiednich plików w zdefiniowanej lokalizacji wyjściowej (parametr -r komendy uruchomieniowej).

```
----------------------------------------
D43B4D-L : 1 / 192 VERTICAL
ALL POINTS : 163
CALCULATION POINTS : 81
AVERAGE : 17.5733
AVERAGE STANDARD DEVIATION : 1.27435
MEDIAN : 17.4
MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION : 1
CENTYL 70 : 20
----------------------------------------
D43B4D-L : 1 / 192 ROTATION
ALL POINTS : 190
CALCULATION POINTS : 83
AVERAGE : -0.492304
AVERAGE STANDARD DEVIATION : 0.358845
MEDIAN : -0.446394
MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION : 0.20628
CENTYL 70 : 1.50835
----------------------------------------
D43B4D-L : 1 / 192 SCALE
ALL POINTS : 195
CALCULATION POINTS : 84
AVERAGE : 1.00064
AVERAGE STANDARD DEVIATION : 0.00411004
MEDIAN : 1.00013
MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION : 0.00270086
CENTYL 70 : 1.01039
----------------------------------------
```

Rys. Wyniki działania aplikacji Cinema Vision Footage Manager Disparity Checker wyświetlane na konsoli dla 1 klatki materiału dynamicznego D43B4D.

Aplikacja zapisuje następujące dane w pliku tekstowym o nazwie skonstruowanej wg schematu: **plik [numer klatki]_[ilość klatek]_RESULT.txt. Plik z wynikami zapisywany jest** we wskazanej w komendzie lokalizacji wyjściowej.

```
VERTICAL ALL POINTS : 163
VERTICAL CALCULATION POINTS : 81
VERTICAL AVERAGE : 17.5733
VERTICAL AVERAGE STANDARD DEVIATION : 1.27435
VERTICAL MEDIAN : 17.4
VERTICAL MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION : 1
VERTICAL CENTYL 70 : 20
ROTATION ALL POINTS : 190
ROTATION CALCULATION POINTS : 83
ROTATION AVERAGE : -0.492304
ROTATION AVERAGE STANDARD DEVIATION : 0.358845
ROTATION MEDIAN : -0.446394
ROTATION MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION : 0.20628
ROTATION CENTYL 70 : 1.50835
SCALE ALL POINTS : 195
SCALE CALCULATION POINTS : 84
SCALE AVERAGE : 1.00064
SCALE AVERAGE STANDARD DEVIATION : 0.00411004
SCALE MEDIAN : 1.00013
SCALE MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION : 0.00270086
SCALE CENTYL 70 : 1.01039
```

Rys. Wyniki działania aplikacji Disparity Checker zapisane do pliku D43B4D 1_192_RESULT.txt dla 1 klatki materiału dynamicznego D43B4D.

Wyliczone parametry oznaczają:

- **VERTICAL ALL POINTS : 163** – ilość punktów kluczowych znalezionych przez algorytm wyznaczenia dysparycji pionowej.
- **VERTICAL CALCULATION POINTS : 81** - ilość punktów kluczowych przyjętych do wyznaczenia dysparycji pionowej.
- **VERTICAL AVERAGE : 17.5733** – średni błąd dysparycji pionowej w pikselach.

- **VERTICAL AVERAGE STANDARD DEVIATION : 1.27435** – odchylenie standardowe dla średniej błędu dysparycji pionowej.
- **VERTICAL MEDIAN : 17.4** – mediana błędu dysparycji pionowej.
- **VERTICAL MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION : 1** – wartość bezwzględna odchylenia mediany.
- **VERTICAL CENTYL 70 : 20** – najwyższa wartość błędu dysparycji pionowej dla 70-tego percentyla rozkładu wartości obliczonej dysparycji (oznacza odrzucenie 30% skrajnych wyników wynikających z ograniczeń metody).

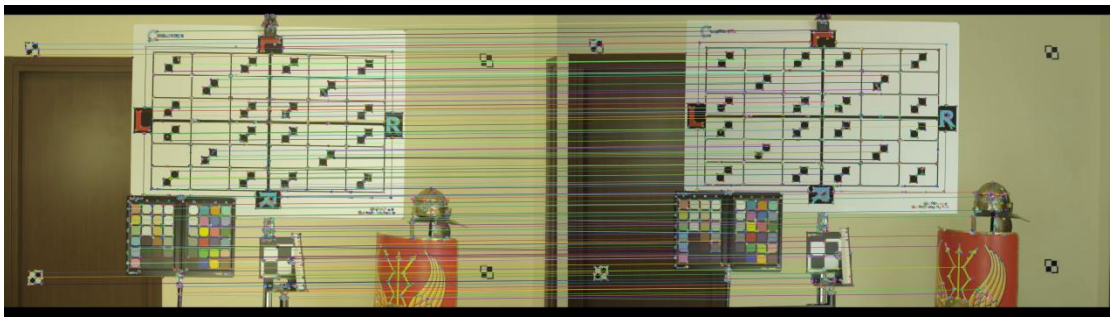
- **ROTATION ALL POINTS : 190** - ilość punktów kluczowych znalezionych przez algorytm wyznaczenia dysparycji rotacji.
- **ROTATION CALCULATION POINTS : 83** - ilość punktów kluczowych przyjętych do wyznaczenia dysparycji rotacji.
- **ROTATION AVERAGE : -0.492304** – średni błąd dysparycji rotacji w stopniach [deg].
- **ROTATION AVERAGE STANDARD DEVIATION : 0.3588** – odchylenie standardowe dla średniej błędu rotacji.
- **ROTATION MEDIAN : -0.44639** - mediana błędu dysparycji rotacji.
- **ROTATION MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION : 0.20628** – wartość bezwzględna odchylenia mediany.
- **ROTATION CENTYL 70 : 1.50835** – najwyższa wartość błędu dysparycji rotacji dla 70-tego percentyla rozkładu wartości obliczonej dysparycji (oznacza odrzucenie 30% skrajnych wyników wynikających z ograniczeń metody).

- **SCALE ALL POINTS : 195** - ilość punktów kluczowych znalezionych przez algorytm wyznaczenia dysparycji skali.
- **SCALE CALCULATION POINTS : 84** - ilość punktów kluczowych przyjętych do wyznaczenia dysparycji rotacji.
- **SCALE AVERAGE : 1.0064** – średni błąd dysparycji skali [liczba niemianowana].
- **SCALE AVERAGE STANDARD DEVIATION : 0.00411** – odchylenie standardowe dla średniej błędu skali.
- **SCALE MEDIAN : 1.00013** - mediana błędu dysparycji skali.
- **SCALE MEDIAN ABSOLUTE DEVIATION : 0.00270086** – wartość bezwzględna odchylenia mediany.
- **SCALE CENTYL 70 : 1.01039** – najwyższa wartość błędu dysparycji skali dla 70-tego percentyla rozkładu wartości obliczonej dysparycji (oznacza odrzucenie 30% skrajnych wyników wynikających z ograniczeń metody).

Oprócz danych obliczeniowych jako rezultaty działania aplikacji generowane są **następujące wizualizacje:**

Dysparycja pionowa.

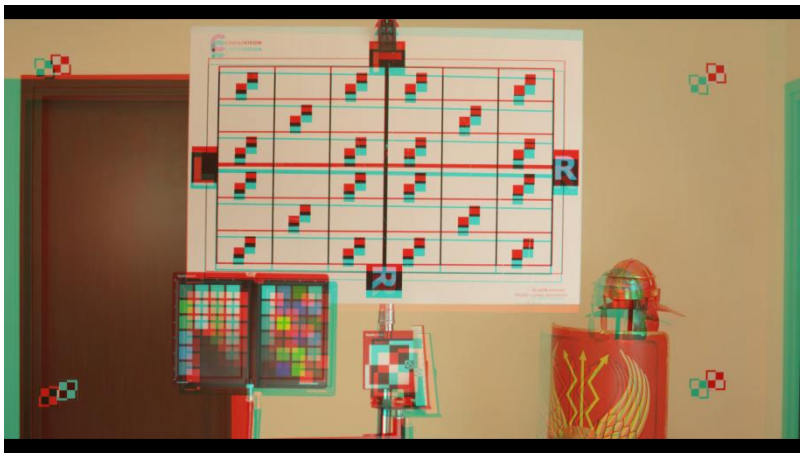
Pary punktów kluczowych uwzględnione dla fazy obliczania dysparycji pionowej.



Rys. Wizualizacja korelacji stereopary generowana przez aplikację Disparity Checker w fazie szacowania dysparycji pionowej.

Nazwa pliku z wizualizacją wg schematu: plik [numer klatki]_[ilość klatek]_VERTICAL_MATCHES.png – wizualizacja korelacji stereopary.

Wizualizacja w formie anaglifu stereopary przed korektą dysparycji pionowej.



Rys. Anaglif stereopary do korekty generowany przez aplikację Disparity Checker w fazie szacowania dysparycji pionowej.

Nazwa pliku z wizualizacją wg schematu: plik [numer klatki]_[ilość klatek]_VERTICAL_ANAGLYPH_BEFORE.png – wizualizacja anaglificzna stereopary przed korektą dysparycji pionowej.

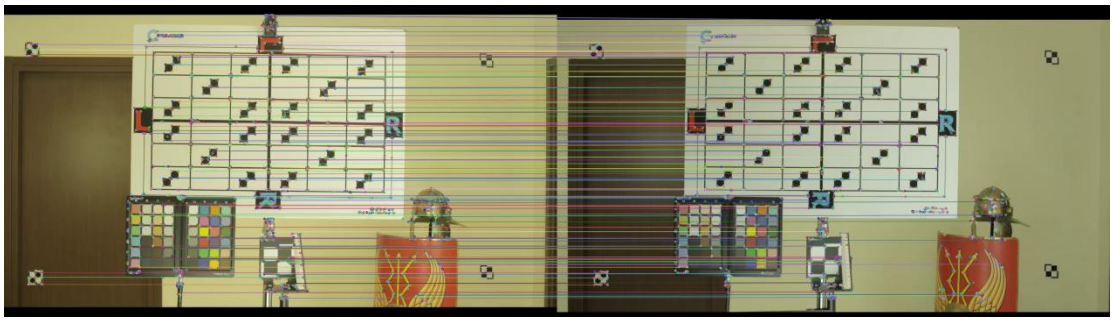
Wizualizacja w formie anaglifu stereopary po sugerowanej korekcie dysparycji pionowej.

Rys. Anaglif stereopary po sugerowanej korekcie oszacowanej dla dysparycji pionowej aplikację Disparity Checker.

Nazwa pliku z wizualizacją wg schematu: plik [numer klatki]_[ilość klatek]_VERTICAL_ANAGLYPH_AFTER.png – wizualizacja anaglificzna stereopary po korekcie dysparycji pionowej.

Dysparycja rotacji.

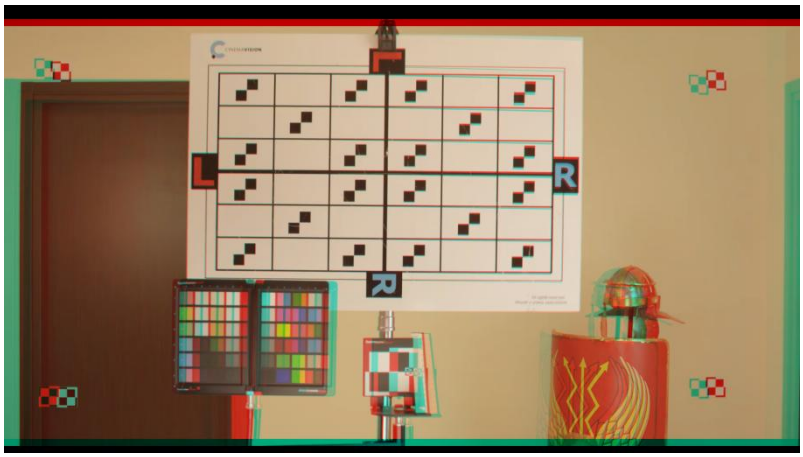
Pary punktów kluczowych uwzględnione dla fazy obliczania dysparycji rotacji.



Rys. Wizualizacja korelacji stereopary generowana przez aplikację Disparity Checker w fazie szacowania dysparycji rotacji.

Nazwa pliku z wizualizacją wg schematu: plik [numer klatki]_[ilość klatek]_ROTATION_MATCHES.png – wizualizacja korelacji punktów stereopary.

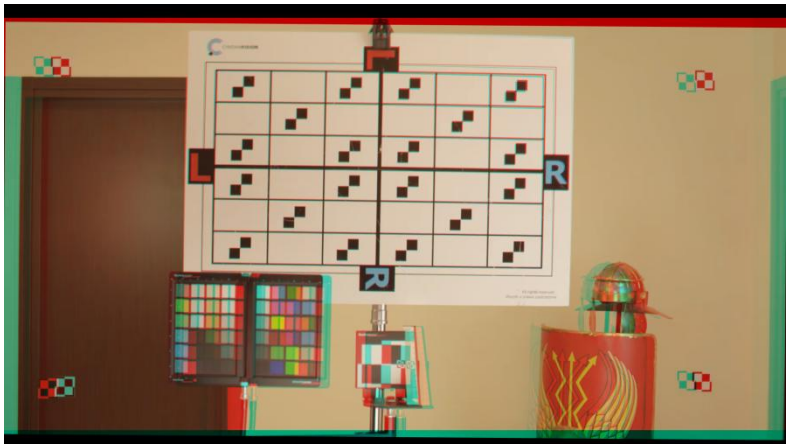
Wizualizacja w formie anaglifu stereopary przed korektą dysparycji rotacji.



Rys. Anaglif stereopary do korekty generowany przez aplikację Disparity Checker w fazie szacowania dysparycji rotacji.

Nazwa pliku z wizualizacją wg schematu: plik [numer klatki]_[ilość klatek]_ROTATION_ANAGLYPH_BEFORE.png – wizualizacja anaglificzna stereopary przed korektą rotacji.

Wizualizacja w formie anaglifu stereopary po sugerowanej korekcie dysparycji rotacji.

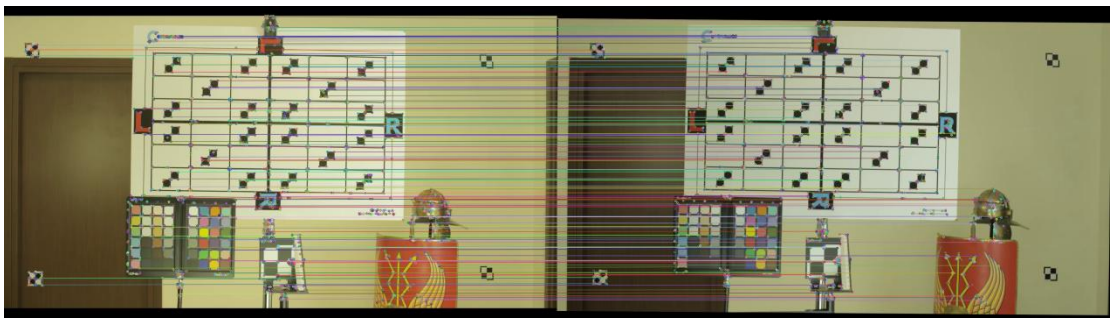


Rys. Anaglif stereopary po sugerowanej korekcie oszacowanej dla dysparycji rotacji przez aplikację Disparity Checker.

Nazwa pliku z wizualizacją wg schematu: plik [numer klatki]_[ilość klatek]_ROTATION_ANAGLYPH_AFTER.png – wizualizacja anaglificzna stereopary po korekcie rotacji.

Dysparycja skali.

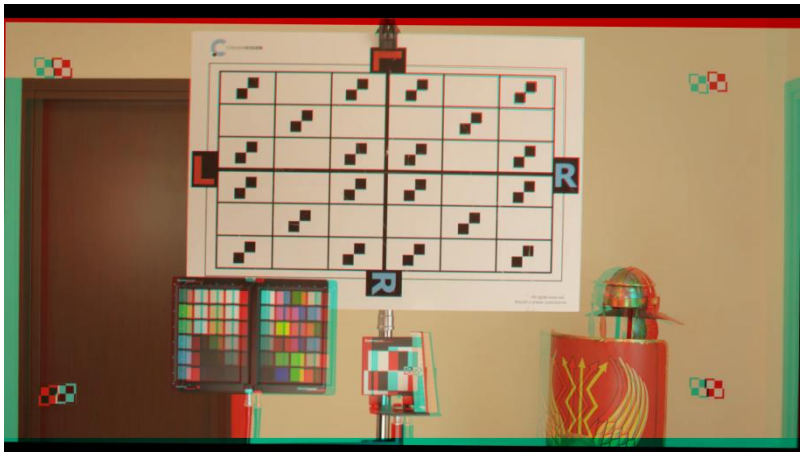
Pary punktów kluczowych uwzględnione dla fazy obliczania dysparycji skali.



Rys. Wizualizacja korelacji stereopary generowana przez aplikację Disparity Checker w fazie szacowania dysparycji rotacji.

Nazwa pliku z wizualizacją wg schematu: plik [numer klatki]_[ilość klatek]_SCALE_MATCHES.png – wizualizacja korelacji stereopary.

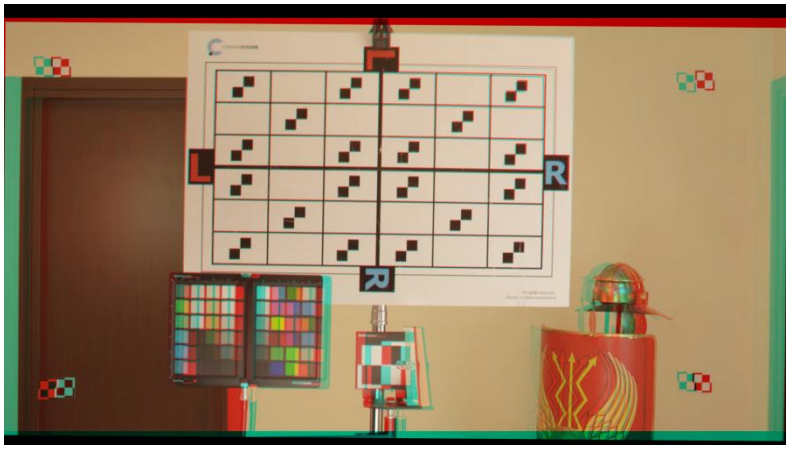
Wizualizacja w formie anaglifu stereopary przed korektą dysparycji skali.



Rys. Anaglif stereopary do korekty generowany przez aplikację Disparity Checker w fazie szacowania dysparycji skali.

Nazwa pliku z wizualizacją wg schematu: plik [numer klatki]_[ilość klatek]_SCALE_ANAGLYPH_BEFORE.png – wizualizacja anaglificzna stereopary przed korektą skali.

Wizualizacja w formie anaglifu stereopary po sugerowanej korekcie dysparycji skali.



Rys. Anaglif stereopary po sugerowanej korekcie oszacowanej dla dysparycji skali przez aplikację Disparity Checker.

Nazwa pliku z wizualizacją wg schematu: plik [numer klatki]_[ilość klatek]_SCALE_ANAGLYPH_AFTER.png – wizualizacja anaglificzna stereopary po korekcie skali.

Aplikacja Disparity Checker zapisuje także dane w formacie tabelarycznym, w pliku RESULTS.csv. Plik zawiera wygenerowane wyniki w formie tabeli zawierające raport z całego przeliczanego materiału. **Plik z wynikami zapisywany jest** we wskazanej w komendzie lokalizacji wyjściowej.

	FRAME	POINTS	AVERAGE	AVERAGE SD	MEDIAN	MEDIAN AD	CENTYL 70
VERTICAL	1	81	17,5733	1,27435	17,4	1	20
ROTATION	1	83	-0,4923	0,358845	-0,44639	0,20628	1,50835
SCALE	1	84	1,00064	0,00411	1,00013	0,002701	1,01039
VERTICAL	2	85	17,5873	1,32488	17,8	1	20
ROTATION	2	80	-0,4418	0,361876	-0,4261	0,230658	1,22633
SCALE	2	81	0,999617	0,005338	0,999512	0,004124	1,01021
VERTICAL	3	85	17,6456	1,37199	17,8	1,20001	20
ROTATION	3	80	-0,42014	0,33508	-0,4134	0,199925	1,35338
SCALE	3	91	0,999402	0,004882	0,999294	0,003872	1,00861
VERTICAL	4	84	17,7114	1,34131	18	1	20
ROTATION	4	84	-0,55255	0,280815	-0,53056	0,193714	1,1991
SCALE	4	75	1,00008	0,003959	0,999534	0,002381	1,01105
VERTICAL	5	84	17,7029	1,43276	18	1	20
ROTATION	5	84	-0,5363	0,301791	-0,51119	0,201082	1,08452
SCALE	5	81	1,00072	0,005282	1,00044	0,00428	1,01303

Tabela. Przykładowe wyniki działania Disparity Checker zapisane do pliku RESULTS.csv dla pięciu kolejnych klatek badanego materiału.

2.3.3. Dobre praktyki pracy z aplikacją Disparity Checker

- Aplikacja Cinema Vision Footage Manager Disparity Checker generuje szczegółowe dane analizy, które zapisywane są w zadanej lokalizacji (parametr „-r" komendy uruchomieniowej). Należy zadbać, aby ścieżka wyjściowa aplikacji była dedykowana dla badanego materiału i z nim skorelowana pod względem nazwy. Przykładowo jeśli testujemy materiał o nazwie D43B4D ścieżka wyników również powinna mieć w nazwie D43B4D, tak aby wyniki były odpowiednio uporządkowane, a co najważniejsze nie nadpisywały się wzajemnie.
- Wskazane jest oszacowanie siły obliczeniowej komputera na którym uruchamiana jest aplikacja. Dla komputerów o niskie mocy obliczeniowej (procesor, zasoby pamięci operacyjnej) wskazane jest ustawienie parametru –t (ilość wątków obliczeniowych) na 1. Zapobiegnie to blokowaniu się aplikacji w trakcie przeliczania większej ilości klatek materiału o wysokiej rozdzielczości.

2.4. Cele przeprowadzenia badania weryfikacyjnego dla algorytmów narzędzia Disparity Checker

Proces powstawania materiału trójwymiarowego składa się z wielu etapów cząstkowych. Na każdym z tych etapów, począwszy od projektowania sceny stereoskopowej kończąc na zaawansowanych procesach postprodukcyjnych, popełnione błędy w zakresie tworzenia obrazu stereoskopowego mogą powodować powstawanie różnego rodzaju artefaktów stereopary w obrazie. Wczesne wykrywanie anomalii pozwala na szybkie reagowanie umożliwiając ich natychmiastową dyskwalifikację i możliwość powtórzenia rejestracji ujęcia

po weryfikacji ustawień zestawu kamerowego trakcie tej samej sesji zdęciowej, bądź świadome zaplanowanie korekty na dalszych etapach postprodukcyjnych.

Ocena jakości obrazu stereoskopowego wymaga przygotowania do tego dedykowanych narzędzi analitycznych umożliwiających wykrycie poszczególnych artefaktów obrazu. W ramach opracowywania wymagań funkcjonalnych dla aplikacji kontrolującej jakość rejestracji stereoskopowej zaproponowano algorytmy wykrywania dysparycji pionowej, dysparycji rotacji oraz błędów rozskalowania stereopary. Zastosowanie opracowanych metod obliczeniowych w komercyjnych projektach wymaga wcześniejszego przeprowadzenia ich ewaluacji określającej co najmniej poprawność generowanych rezultatów, a także zakresy błędów i poziom wiarygodności wyników dla różnych przypadków.

Cele szczegółowe badania:

- Ewaluacja algorytmów oceny jakości materiału stereoskopowego:
    - Przetestowanie poprawności wyników generowanych przez algorytmy wykrywania dysparycji pionowej, rotacji, rozskalowania klatki stereoskopowej w stosunku do obrazów anaglif.
    - Weryfikacja wzajemnego oddziaływania błędów stereoskopowych – obliczenia separowane/obliczenia sekwencyjne.
    - Oszacowanie hierarchii błędów stereoskopowych – rekurencyjna korekta błędów.
    - Weryfikacja potrzeby zastosowania okna przesuwnego (niedokładne dopasowania).
- Analiza doboru parametrów wejściowych algorytmów oceny jakości materiału stereoskopowego:
    - Przetestowanie skuteczności algorytmów cząstkowych wykorzystywanych w procesie obliczania korelacji stereopary.
    - Weryfikacja poprawności wyników w zależności od rozmiarów zastosowanego okna przesuwnego.
    - Potwierdzenie stabilności generowanych wyników niezależnie od rozdzielczości badanego materiału wejściowego.
- Porównanie uzyskanych za pomocą narzędzia rezultatów z wynikami referencyjnej bazy błędów filmowania w 3D:
    - Ocena poprawności wyników generowanych przez opracowane narzędzia w kontekście oszacowanych wcześniej wartości referencyjnych dla wybranych przypadków i dostępnych materiałów filmowych zrealizowanych na potrzeby wzorcowej bazy błędów stereokopowych.

3. Metryka badania

Ewaluacja algorytmów kontroli jakości materiału stereoskopowego wymaga wykorzystania zestawu badawczego zawierającego obrazy trójwymiarowe oraz informacje o wartościach błędów występujących w ramach danej stereopary. Dostępne bazy danych zawierają w głównej mierze metadane dotyczące dysparycji pionowej jednak przeprowadzony przegląd zasobów nie umożliwił na uzyskanie materiałów z danymi stereoskopowymi charakteryzującymi się rotacją bądź rozskalowaniem stereopary. W związku z powyższym samodzielnie opracowano bazę danych materiałów statycznych (zdjęcia) oraz dynamicznych (filmy) zawierających pożądane, zaplanowane i oszacowane błędy stereoskopowe.

3.1. Materiał badawczy

Ewaluacja algorytmów oceny jakości materiału stereoskopowego wymaga wykorzystania zestawu badawczego (zbioru testowego) zawierającego obrazy trójwymiarowe oraz informacje o wartościach błędów występujących w ramach danej badanej stereopary. Dostępne ogólnie bazy danych obrazów stereoskopowych zawierają w głównej mierze metadane dotyczące dysparycji pionowej. Przeprowadzony przegląd zasobów zbiorów badawczych nie dostarczył materiałów z danymi stereoskopowych charakteryzującymi się ze zdefiniowaną wartością rotacji bądź rozskalowania stereopary. W związku z powyższym na potrzeby procesu ewaluacji opracowano samodzielnie bazę danych materiałów stereoskopowych tj. 66 statycznych (zdjęcia) oraz dynamicznych (filmy) ujęć zawierających informację o liczbowych wartościach artefaktów występujących w

steroparach. Przygotowana baza materiałów uwzględnia różnorodne kombinacje artefaktów obrazu stereoskopowego.

Materiał badawczy stanowiły filmowe materiały stereoskopowe zrealizowane w ramach stworzonej referencyjnej bazy błędów filmowania ujęcia 3D w projekcie PKJ „Narzędzia wykorzystujące nowatorskie metody: okulograficzną, elektrofizjologiczną i introspekcję – automatyzujące analizę preferencji klientów oraz kontrolę jakości produkcji filmów i gier komputerowych".

Kontrolowane błędy stereoskopii w badanym materiale filmowym były generowane za pomocą manipulacji wzajemnych ustawień kamer na rigu lustrzanym. Szczegóły realizacji materiału badawczego znajdują się w dokumencie „PKJ.RAP03 Model referencyjnej bazy błędów filmowania ujęcia 3D".

Do raportu dedykowano przypadki charakterystyczne dla każdego rodzaju błędu filmowania sterrreokopowego w skali wskazującej na możliwość jego skorygowania w postprodukcji. Szczegółowy opis rodzajów błędów znajduje się w Tabeli 2.

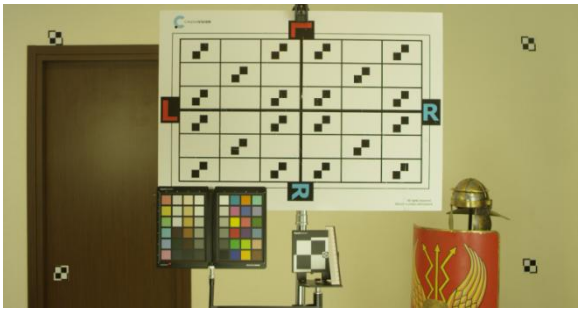
 Sfilmowane ujęcie: Aktor z mieczem w lewej ręce wchodzi z lewej strony tylnego planu, omija dużą tablicę kalibracyjną i skręca w stronę kamery. Zatrzymuje się przed wzornikiem kolorów i wyciąga wolno rękę z mieczem w stronę kamery. Trzyma ją wyciągniętą przez ok. 3 sekundy. Wygenerowane błędy stereoskopowe (w różnym natężeniu): • dysparycja pionowa stereopary, • dysparycja rotacji stereopary, • dysparycja rozskalowania stereopary.	Parametry filmowych materiałów stereoskopowych do badań porównawczych wykrywania błędów stereoskopii: Materiał statyczny: • Rozdzielczość 4096x2160 pikseli. • Format TIF. • Głębia bitowa: 48. Ujęcie dynamiczne (footage z kamer): • Długość ujęcia 192 klatki. • Rozdzielczość 4K. • Format R3D. • Klatkaż 24 klatki na sekundę. Ujęcie dynamiczne (postprodukcja): • Długość ujęcia 192 klatki. • Rozdzielczość FHD. • Format mov. • Klatkaż 24 klatki na sekundę. Błędy stereoskopowe w materiałach: • dysparycja pionowa stereopary • rotacja stereopary • skala stereopary

Tabela 1. Zestawienie parametrów materiału badawczego.

W badaniu i zestawieniu porównawczym uwzględniono różnorodne kombinacje artefaktów obrazu stereoskopowego. W badaniu wykorzystano następujące przypadki:

3.2. Zestawienie przypadków referencyjnych do testowania działania narzędzia Disparity Checker

Przypadki do badania zostały wybrane z referencyjnej bazy błędów wygenerowanych w procesie filmowania w 3D (CV.SUDC Stereoscopy Undesirable Disparities Collection). Stanowią kolekcję standardowych, ale o różnym stopniu nasilenia (mały, średni, duży), błędów ustawień zestawu kamerowego podczas filmowania. Wszystkie

cechuje 4 centymetrowy rozstaw kamer na rigu lustrzanym (baza riga) , co jest częstym przypadkiem realizacyjnym dla bliskich i średnich planów filmowych.

Referencyjne wartości artefaktów zostały oszacowane na bazie analizy widoków lewego i prawego oka dla pojedynczej klatki z ujęcia statycznego (Tif_4K 4096x2160 pikseli).

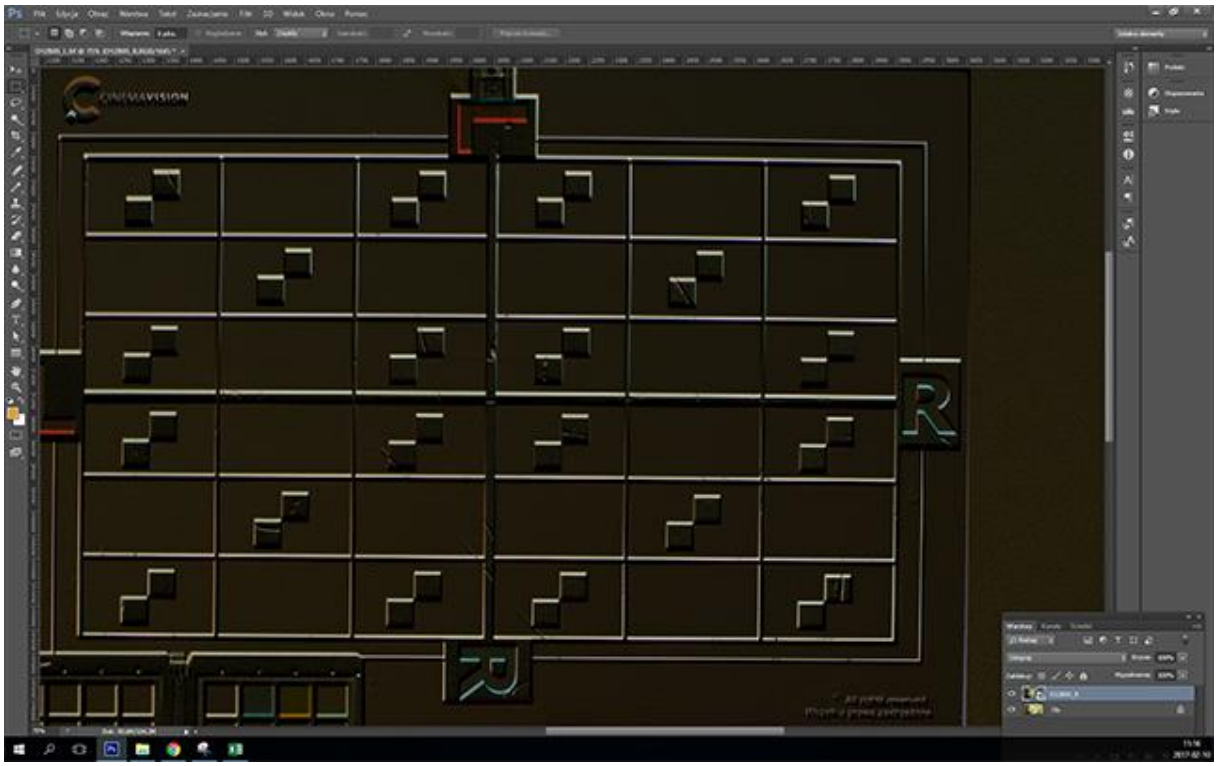
Wartości niepożądanych dysparycji dla przypadków referencyjnych zostały wyznaczone za pomocą pomiaru względnego przesunięcia prawego widoku stereopary względem lewego widoku. Z uwagi na celowość zamodelowanych ustawień riga dla uzyskania określonych błędów stereoskopowych zrezygnowano z określania wartości dysparycji poziomej (x offset), która nie miała znaczenia w kontekście celowości tworzonych danych referencyjnych.

Koncepcja wyznaczania wartości niepożądanych dysparycji opierała się na globalnych względem całego kadru transformatach prawego widoku w celu zniwelowania (lub w trudnych przypadkach minimalizacji) różnic położenia kluczowych obiektów. Wykorzystano następujące parametry przesunięć (transformacji) prawego widoku:

- **Dopasowanie pionowe (y offset)** – wyznaczone jako wartość przesunięcia prawego widoku w pionie w celu wyrównania położenia pionowego względem lewego widoku. Wartość korekty pionowej (dysparycji pionowej) wyznaczano w pikselach, w rozdzielczości natywnej zarejestrowanego materiału (4096 x 2160 px).
    - Wartość = 0 oznacza brak konieczności przesunięcia prawego widoku.
    - Wartości dodatnie oznaczają konieczność przesunięcia prawego widoku do góry.
    - Wartości ujemne oznaczają konieczność przesunięcia prawego widoku w dół.
- **Zeskalowanie (scale)** – wyznaczono jako wartość przeskalowania prawego widoku w celu wyrównania wielkości do lewego widoku. Wartości dysparycji skalowania oszacowano w procentach równomiernej zmiany szerokości i wysokości prawego widoku względem wymiarów lewego obrazu.
    - Wartość = 100% oznacza brak konieczności skalowania prawego obrazu.
    - Wartości >100% oznaczają konieczność powiększenia prawego obrazu.
    - Wartości <100% oznaczają konieczność zmniejszenia prawego obrazu.
- **Dopasowanie rotacji (rotation)** – wyznaczono jako wartość obrócenia prawego widoku w celu wyrównania położenia kątowego względem lewego obrazu. Środek obrotu stanowił środek widoku (punkt przecięcia przekątnych). Wartości dysparycji rotacji skalkulowano w stopniach (deg) względem położenia zerowego lewego widoku.
    - Wartość = 0 oznacza brak konieczności obrotu prawego obrazu.
    - Wartości dodatnie oznaczają konieczność obrócenia prawego obrazu zgodnie z ruchem wskazówek zegara (cw).
    - Wartości ujemne oznaczają konieczność obrócenia prawego obrazu przeciwnie do ruchu wskazówek zegara (ccw).

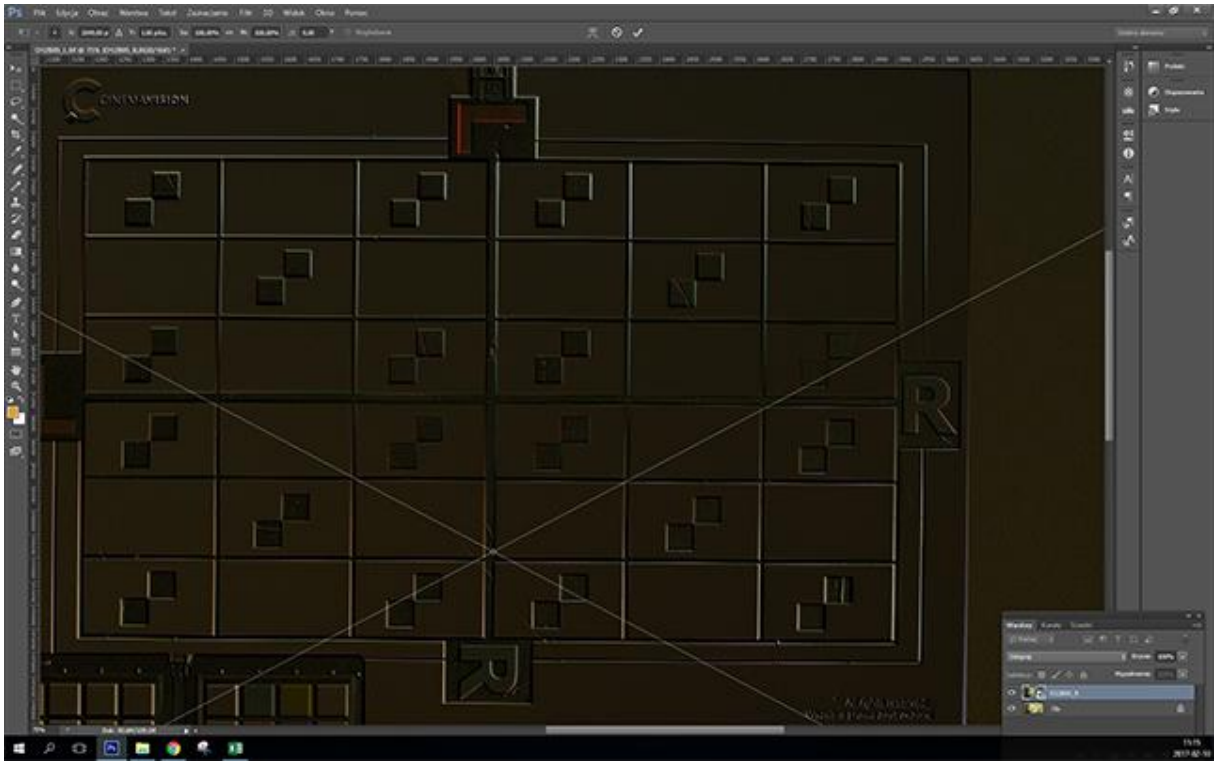
Oszacowania wartości niepożądanych dysparycji w stereoparze dokonano w aplikacji Adobe Photoshop wykonując następujące czynności:

1. Otworzenie pliku obrazu lewego na warstwie Tło.
2. Umieszczenie pliku obrazu prawego bezpośrednio nad obrazem lewym (na automatycznie wygenerowanej nowej warstwie).
3. Akceptacja Umieszczenia (Enter).
4. Zmiana trybu mieszania warstw na Odejmij, z Kryciem 95%. Powoduje to możliwość rozpoznania wzajemnego położenia detali względem siebie w obrazach lewym i prawym.
5. Powiększenie widoku w celu wyekstrahowania detali tablicy kalibracyjnej. Zobacz rysunek:



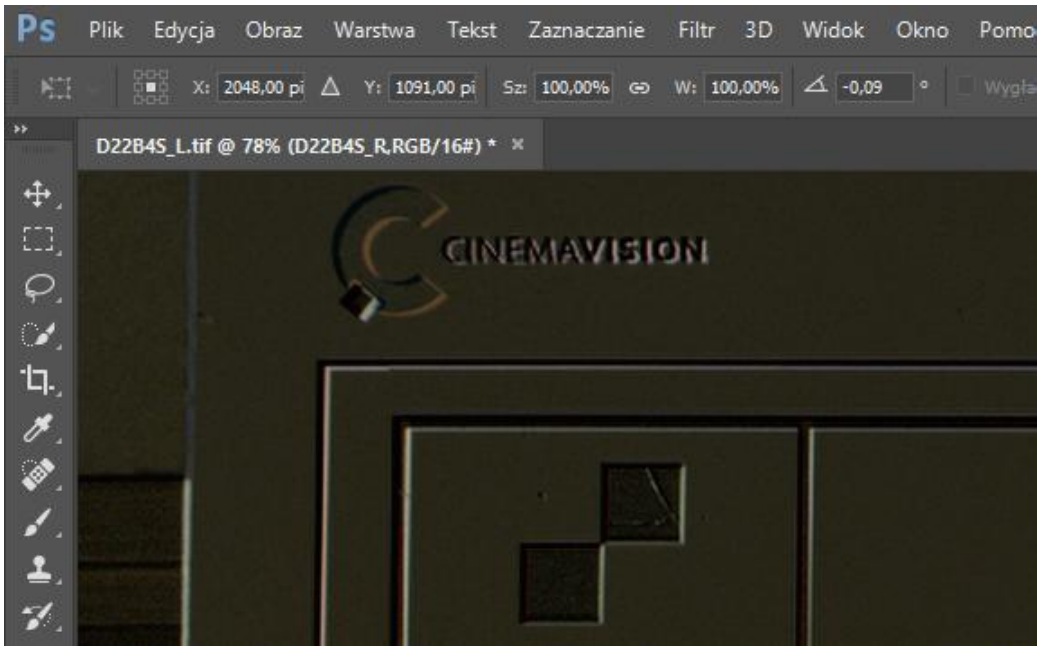
Rys. Przygotowany do oszacowania niepożądanych dysparycji widok stereopary w aplikacji Photoshop.

6. Uruchomienie trybu Edycji i procedury Przekształć swobodnie. Pozwala to manipulować wartościami liczbowymi położenia warstwy z prawym obrazem i kontroli wartości poszczególnych transformacji. Celem transformacji jest jak najprecyzyjniejsze spozycjonowanie tablicy z warstwy prawego obrazu nad tablicą z lewego obrazu. Przy pełnym dopasowaniu położeń znikają białe linie pokazujące różnice wzajemnych położeń pomiędzy tymi samymi elementami. Zobacz rysunek:



Rys. Widok stereopary w aplikacji Photoshop po transformacji dopasowującej położenie elementów tablicy kalibracyjnej.

7. Wartości transformacji niezbędnych do spasowania wzajemnych położeń elementów tablicy kalibracyjnej można odczytać ze zmian określonych parametrów położenia wskazanych przez aplikację. Zobacz rysunek:



Rys. Sekcja parametrów transformacji warstwy prawego obrazu do odczytu zaakceptowanych wartości.

8. Wyznaczanie niepożądanych dysparycji podczas procedury dopasowywania wzajemnych położeń elementów tablicy kalibracyjnej:

   - Punkt obrotu warstwy prawej ustawiono w środku geometrycznym tej warstwy (biały punkt w centralnej pozycji na pierwszym wskaźniku parametrów transformacji). Takie ustawienie środka warstwy prawej ustawia wartości dla jego pozycji w układzie współrzędnych Photoshopa na x: 2048 px i y:1080 px jako bazy dla transformacji.
   - Wartość dysparycji pionowej (y offset) to różnica pomiędzy wartością wynikowego położenia y: xxxx warstwy prawego obrazu a położenia bazowego y:1080.
     - Jeśli y:xxxx jest > od bazy y:1080 to korekta dysparycji wymaga przesunięcia prawego obrazu w górę.
     - Jeśli y:xxxx jest < od bazy y:1080 to korekta dysparycji wymaga przesunięcia prawego obrazu w dół.
   - Wartość dysparycji skalowania (scale) to wartość Sz i W (szerokość, wysokość). Należy pamiętać aby oba parametry były związane tzn. zmieniały się jednocześnie (zaznaczony symbol spinacza).
   - Wartość dysparycji rotacji (rotation) to wartość parametru Kąt Obrotu wyrażona w stopniach.
     - Wartości dodatnie oznaczają konieczność obrócenia prawego obrazu zgodnie z ruchem wskazówek zegara (cw).
     - Wartości ujemne oznaczają konieczność obrócenia prawego obrazu przeciwnie do ruchu wskazówek zegara (ccw).

Przyjęta metodyka wyliczania i kompensacji niepożądanych dysparycji w stereoparze jest spójna z procedurami naprawczymi błędów stereoskopowych w aplikacji DaVinci Resolve, która jest najpopularniejszą aplikacją postprodukcyjną dla filmowych materiałów stereoskopowych. Metodyka bazuje na transformacjach globalnych

całego kadru i nie kompensuje zniekształceń lokalnych wynikających z uwarunkowań technicznych sprzętu do rejestracji stereoskopowej (np. zniekształcenia lustra riga czy obiektywów).

Tabela 2. Wartości oszacowanych artefaktów stereoskopowych dla badanych przypadków referencyjnych (metadane badanych artefaktów).

Identyfikator przypadku	Opis błędu referencyjnego	Wartości błędów oszacowanych metodą dopasowania warstw kanałów lewego i prawego stereopary w Photoshopie		
		Dysparycja pionowa [px]	Błąd rotacji [deg]	Błąd skali [%]
D00B4	baza riga 4 cm, konwergencja 0 (brak konwergencji - kamery ustawione równolegle)	4	0,00	100,0
D11B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy lekko w górę lub jest wyżej (przesunięcie ok. 2-4px)	7	0,04	100,0
D12B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy bardziej w górę lub jest jeszcze wyżej (przesunięcie ok. 5-8px)	14	0,05	100,0
D13B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy mocno w górę lub jest mocno przesunięta w górę (przesunięcie ok. 12-15px)	19	0,05	100,0
D14B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, – lewa kamera patrzy lekko w dół lub jest niżej (przesunięcie ok. 2-4px)	2	0,08	100,0
D15B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy bardziej w dół lub jest jeszcze niżej (przesunięcie ok. 5-8px)	-1	0,03	100,0
D16B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy mocno w dół lub jest mocno przesunięta w dół (przesunięcie ok. 12-15px)	-8	0,05	100,0
D21B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona lekko przeciwnie do wskazówek zegara (przesunięcie ok. 2-4 px na obrzeżach tablicy)	8	0,02	100,0
D22B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona bardziej przeciwnie do wskazówek zegara (przesunięcie ok. 5-8 px na obrzeżach tablicy)	11	0,09	100,0
D23B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona mocno przeciwnie do wskazówek zegara (przesunięcie ok. 12-15 px na obrzeżach tablicy)	14	0,22	100,0
D24B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona lekko zgodnie ze wskazówkami zegara (przesunięcie ok. 2-4 px na obrzeżach tablicy)	3	0,04	100,0

D25B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona bardziej zgodnie ze wskazówkami zegara (przesunięcie ok. 5-8 px na obrzeżach tablicy)	2	0,08	100,0
D26B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona mocno zgodnie ze wskazówkami zegara (przesunięcie ok. 12-15px na obrzeżach tablicy)	-2	0,18	100,0
D31B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera odsunięta lekko od lustra (obraz na lewej kamerze mniejszy o ok. 2-4 px)	6	-0,04	99,5
D32B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera odsunięta bardziej od lustra (obraz na lewej kamerze mniejszy o ok. 5-8 px)	6	-0,04	99,2
D33B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera odsunięta daleko od lustra (obraz na lewej kamerze mniejszy o ok. 12-15 px)	5	-0,10	98,6
D41B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy lewa kamera patrzy lekko w górę lub jest wyżej 2-4 px i jest przechylona lekko przeciwnie do wskazówek zegara	16	-0,21	99,9
D42B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy bardziej w górę lub jest wyżej 5-8 px i jest przechylona bardziej przeciwnie do wskazówek zegara	28	-0,39	99,7
D43B4	baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy mocno w górę lub jest wyżej 12-15 px i jest przechylona mocno przeciwnie do wskazówek zegara	50	-0,49	99,7

3.3. Ujęcia dynamiczne dla badanych przypadków referencyjnych

- W badaniu wykorzystano dwa zestawy filmowych materiałów referencyjnych w zależności od typu i potencjalnej możliwości wykorzystania w procesie produkcyjnym filmu 3D:
- Footage bezpośrednio z kamer rejestrujących - materiał filmowy w rozdzielczości rejestrowanej (4K) w postaci natywnej - pliki *.R3D.
- Dynamic_Anaglyph - transkodowany do formatu FHD materiał 3D w trybie anaglyph z ujęć dynamicznych w postaci plików *.mov gotowych do odtworzenia w dowolnym stereoplayerze.

3.4. Metodyka oceny działania algorytmów zaimplementowanych w narzędziu

Ocena poprawności działania algorytmów metody dla każdego badanego przypadku bazuje na:

- Ocenie sytuacji wyjściowej w oparciu o wspólny widok stereopary (anaglif before)
- Analizie poprawności możliwej korekty na podstawie generowanych rezultatów w oparciu o ocenę obrazu wyjściowego (anaglif after).
- Weryfikacji wartości wyników przy korekcje na pojedynczej klatce.
- Weryfikacji wartości wyników przy korekcie na wybranych klatkach.
- Weryfikacja stabilności wyników w zależności od rozdzielczości materiału wejściowego.
- Porównania uzyskanych w wyników z metadanymi bazy artefaktów.

4. Prezentacja wyników badania wybranych artefaktów stereoskopowych za pomocą narzędzia Disparity Checker

Schemat prezentacji wyników badania dla każdego badanego przypadku składa się z następujących elementów:

- Zbiorcza tabela wyników dla przypadku:

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1								
DxxB4S	4096:2160	1								
DxxB4D	1920:1080	1								
DxxB4D	1920:1080	52								
DxxB4D	1920:1080	100								
DxxB4D	1920:1080	116								
DxxB4D	1920:1080	192								
DxxB4R3D	4096:2160	1								
DxxB4 R3D	4096:2160	52								
DxxB4 R3D	4096:2160	100								
DxxB4 R3D	4096:2160	116								
DxxB4 R3D	4096:2160	192								

Rys. Schemat zbiorczej tabeli wyników dla badanego przypadku.

- Omówienie wyników dla przypadku
- Wykresy rozkładu mediany wyników dla trzech typów dysparycji dla wybranych klatek badanego przypadku.
- Porównanie widoków anaglifowych steropary klatki 1 dla ujęcia statycznego TIF-y w rozdzielczości 4K - bez korekty artefaktów stereoskopowych oraz po korekcie na podstawie wartości dysparycji obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (widok możliwości naprawczych dla stereopary).
- Porównanie widoków anaglifowych steropary klatki 1 dla ujęcia dynamicznego transkodowanego do rozdzielczości FHD - bez korekty artefaktów stereoskopowych oraz po korekcie na podstawie wartości dysparycji obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (widok możliwości naprawczych dla stereopary).
- Porównanie widoków anaglifowych steropary klatki 1 dla ujęcia dynamicznego w rozdzielczości 4K (footage z kamer) - bez korekty artefaktów stereoskopowych oraz po korekcie na podstawie wartości

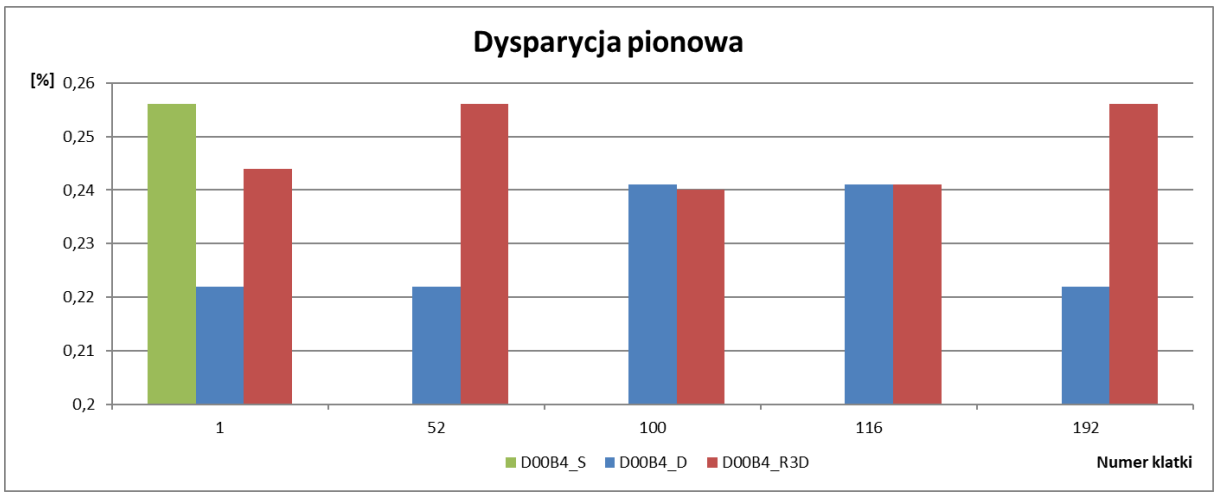
dysparycji obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (widok możliwości naprawczych dla stereopary).

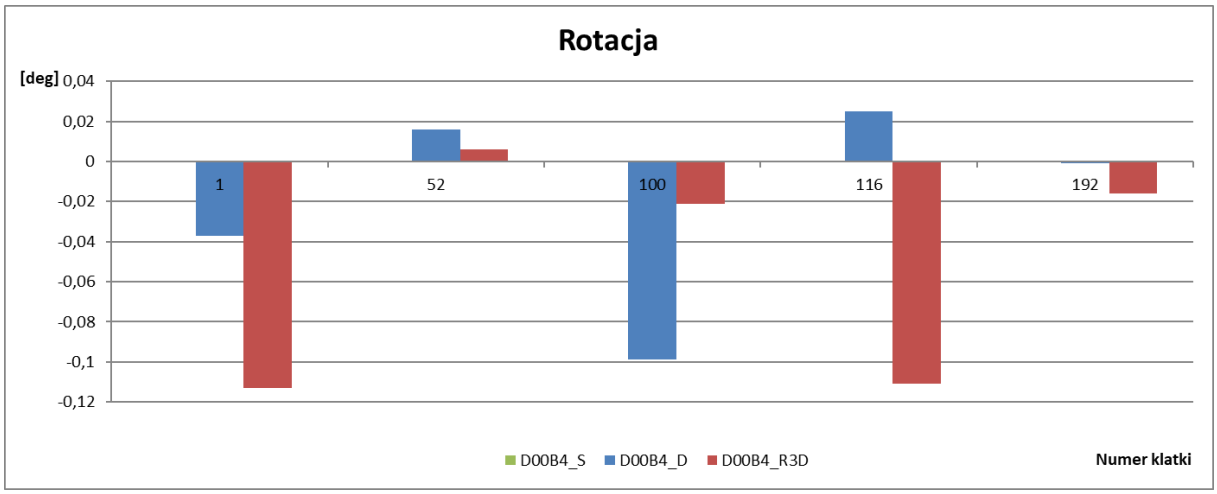
4.1. Zestawienie wyników dla przypadku D00B4

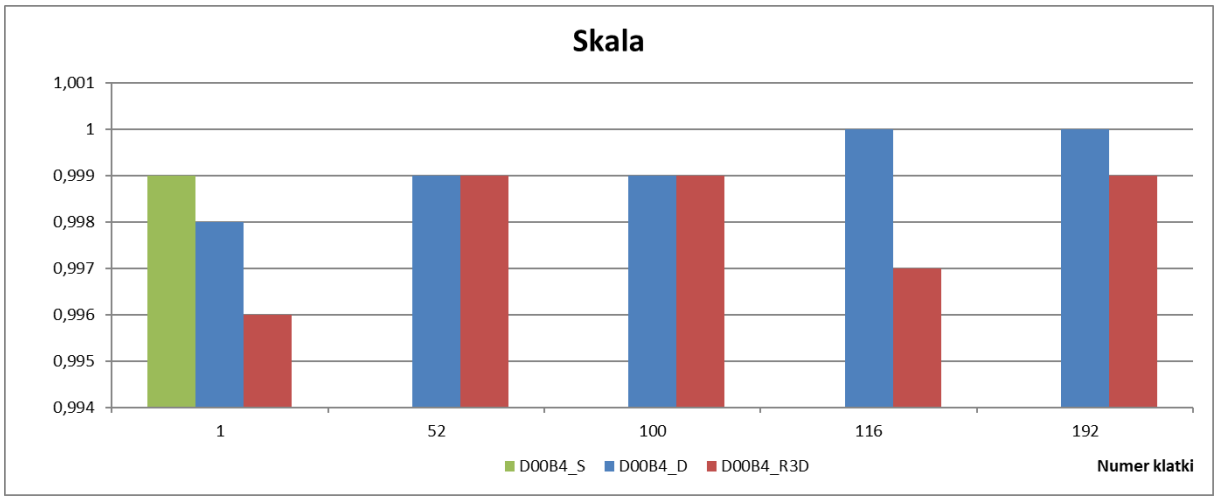
Baza riga 4 cm, konwergencja 0 (brak konwergencji - kamery ustawione równolegle)

Tabela. Zestawienie wyników dla przypadku D00B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**4**	**0.185**			**0,00**		**1,000**	
D00B4S	4096:2160	1	5.496	0.254	5.530	0.256	-0.012	0.000	0.998	0.999
D00B4D	1920:1080	1	2.500	0.231	2.400	0.222	-0.029	-0.037	0.997	0.998
D00B4D	1920:1080	52	2.509	0.232	2.400	0.222	0.034	0.016	0.999	0.999
D00B4D	1920:1080	100	2.551	0.236	2.600	0.241	-0.160	-0.099	0.998	0.999
D00B4D	1920:1080	116	2.522	0.234	2.600	0.241	-0.022	0.025	0.999	1.000
D00B4D	1920:1080	192	2.541	0.235	2.400	0.222	-0.034	-0.001	1.000	1.000
D00B4R3D	4096:2160	1	5.404	0.250	5.280	0.244	-0.114	-0.113	0.995	0.996
D00B4 R3D	4096:2160	52	5.534	0.256	5.530	0.256	-0.045	0.006	0.999	0.999
D00B4 R3D	4096:2160	100	5.392	0.250	5.184	0.240	-0.075	-0.021	0.999	0.999
D00B4 R3D	4096:2160	116	5.415	0.251	5.200	0.241	-0.140	-0.111	0.996	0.997
D00B4 R3D	4096:2160	192	5.617	0.260	5.520	0.256	-0.021	-0.016	0.999	0.999

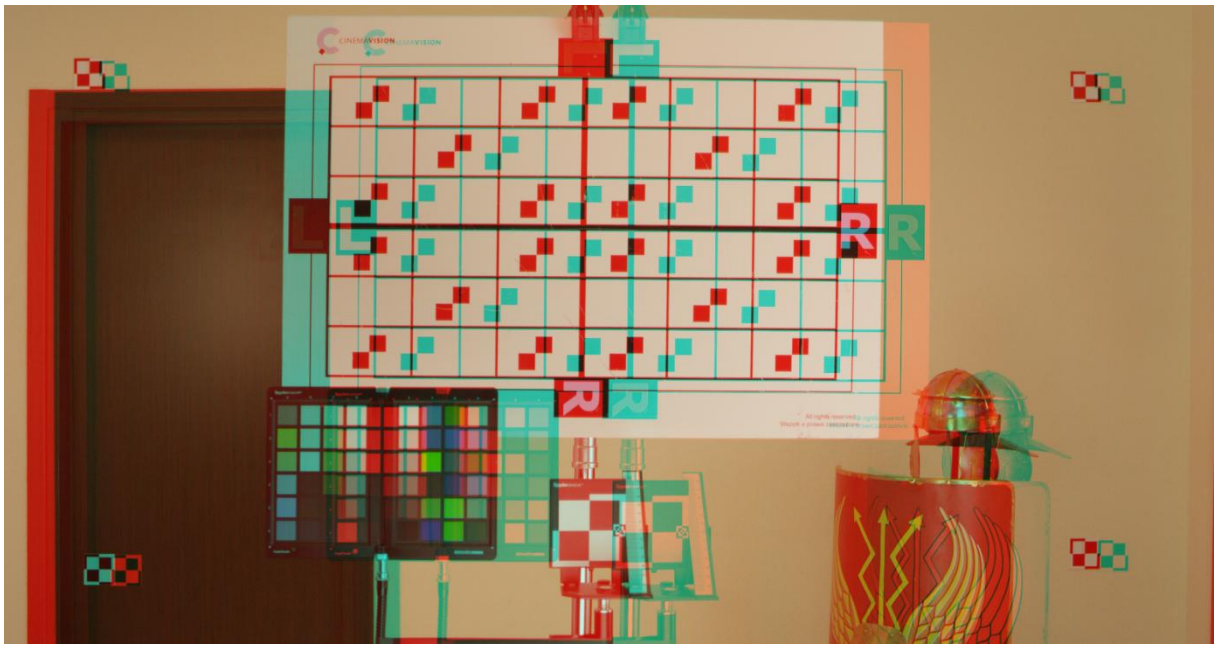




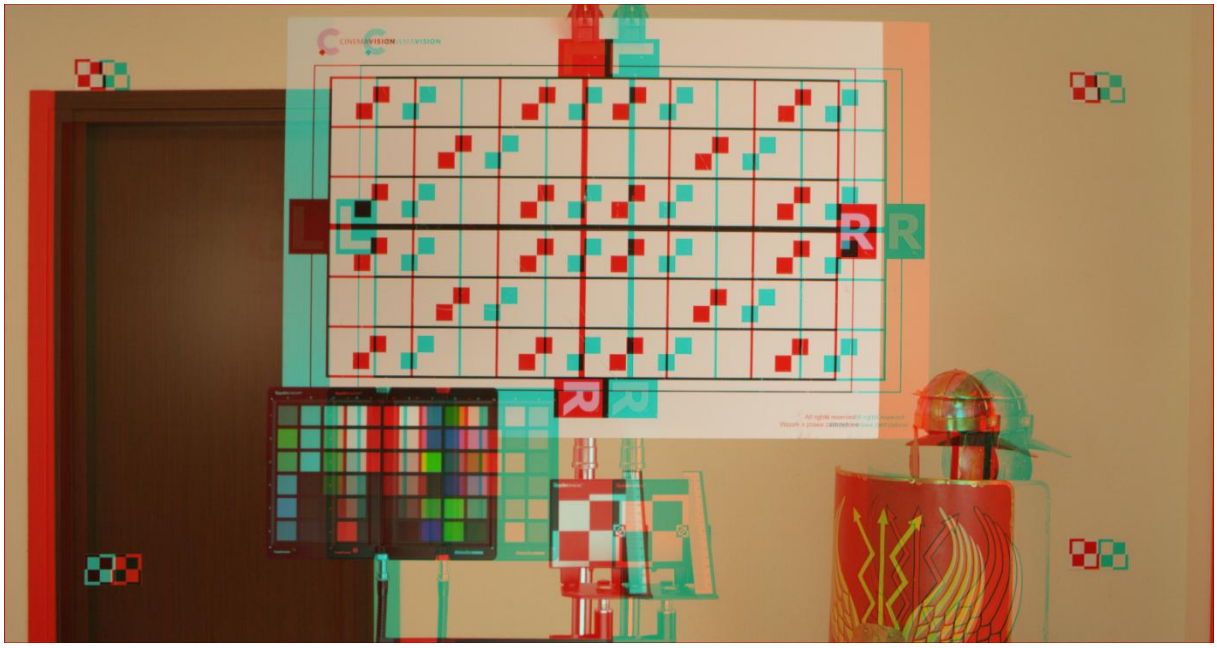


Omówienie wyników dla przypadku D00B4:

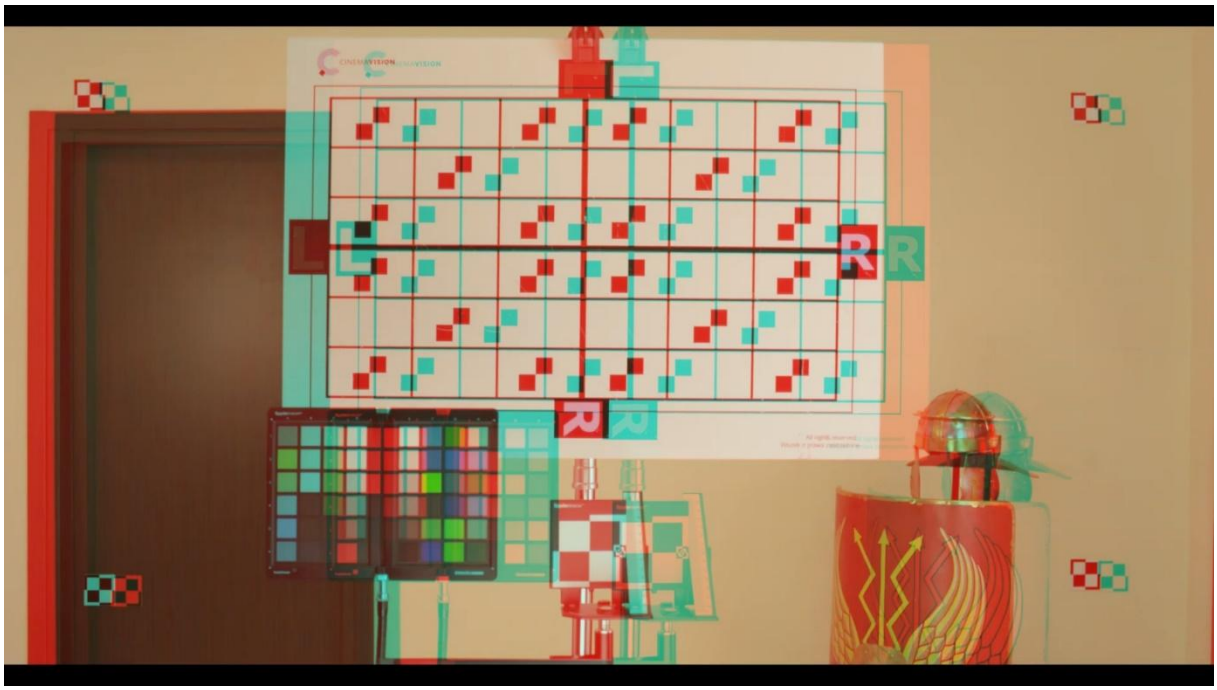
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie rotacji rozrzut wyników dla klatek mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



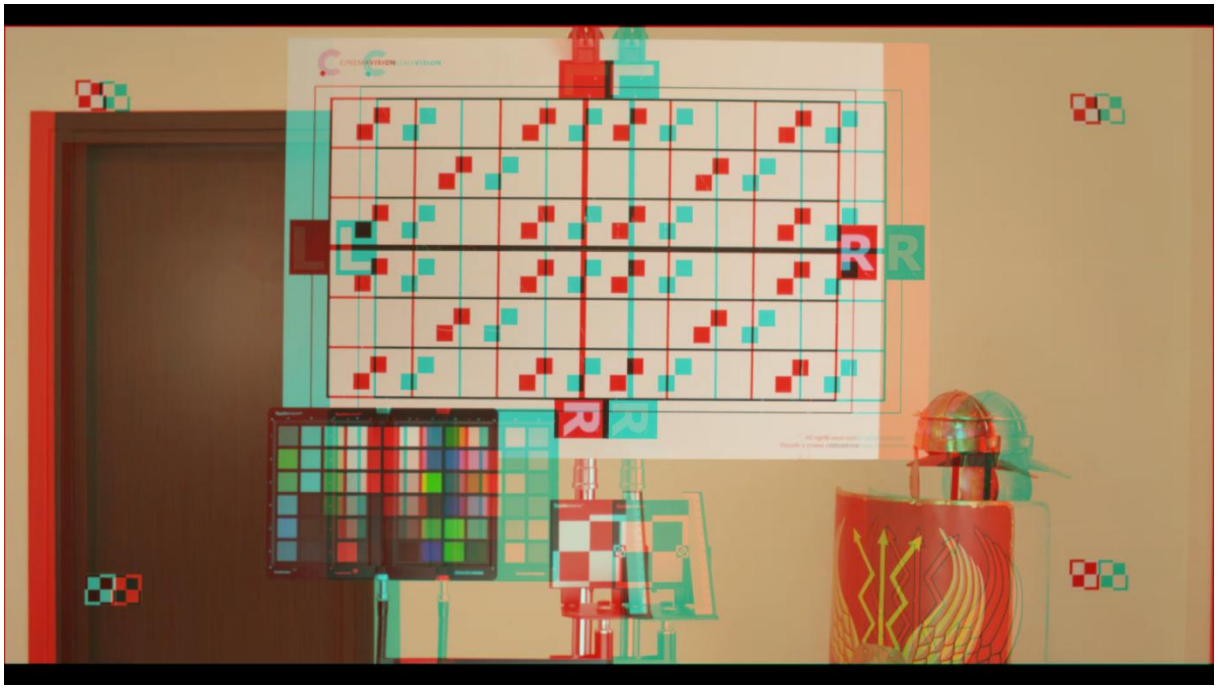
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D00B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



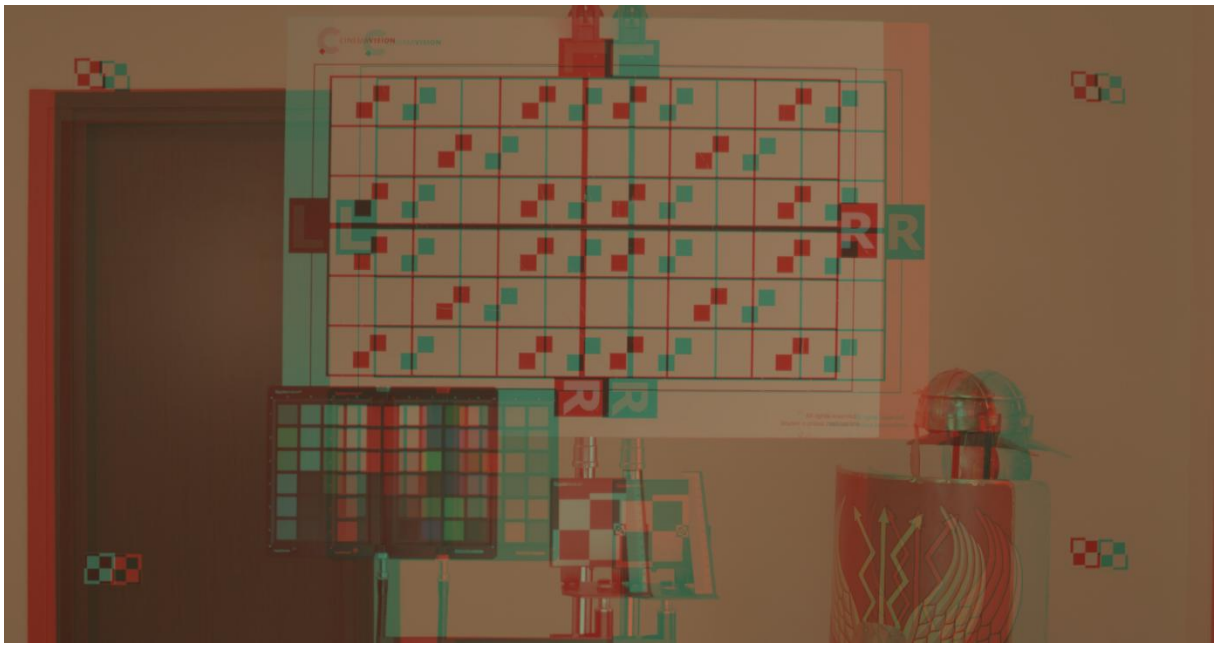
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D00B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



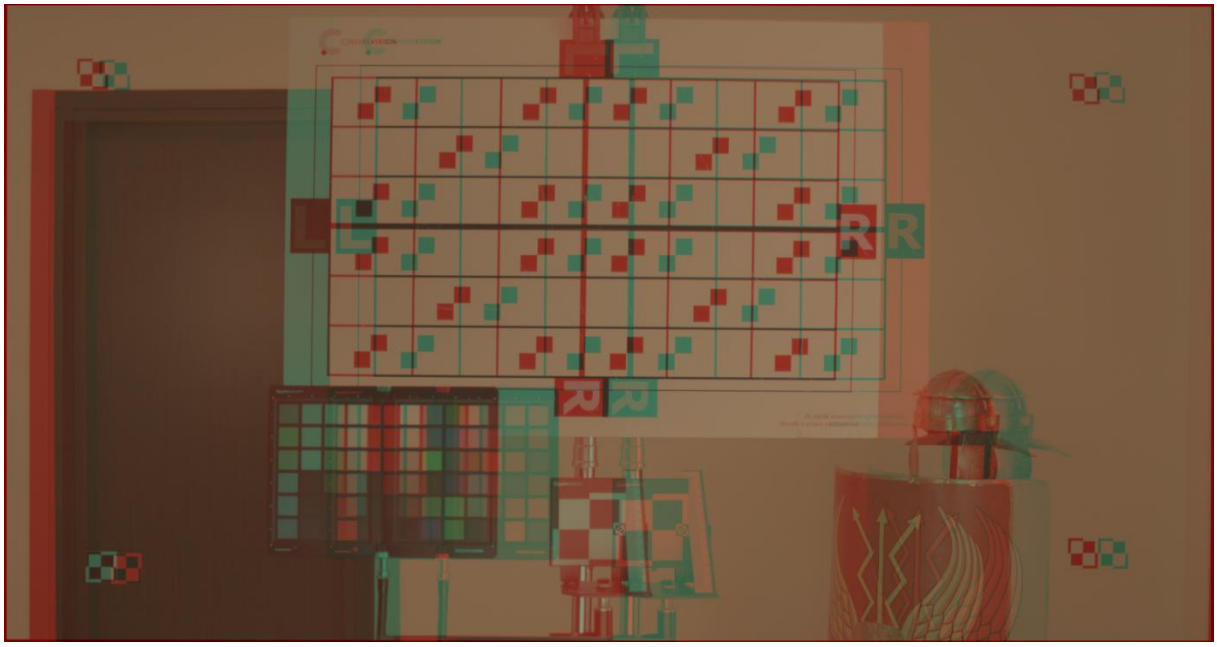
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D00B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D00B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D00B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



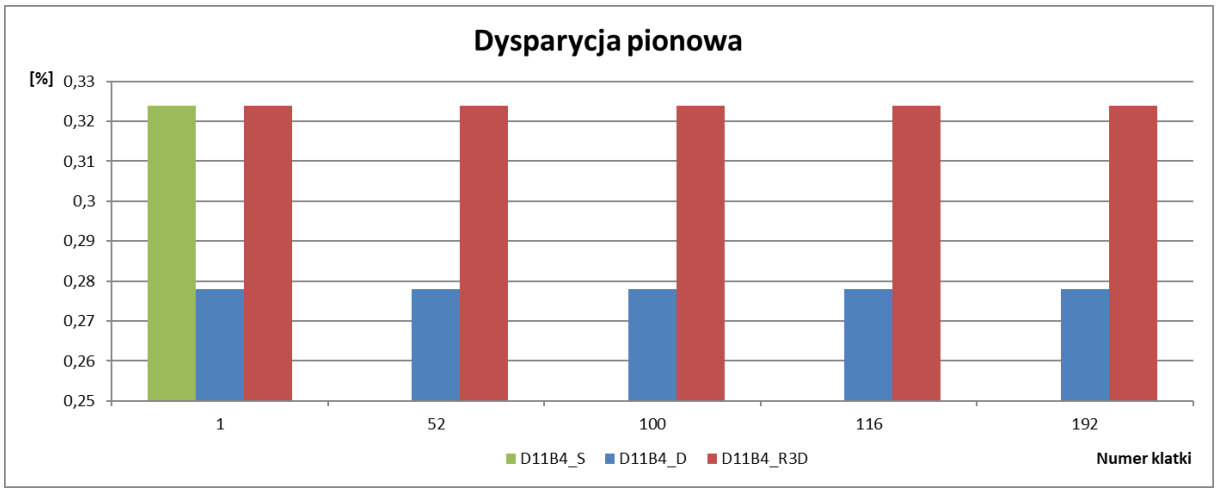
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D00B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

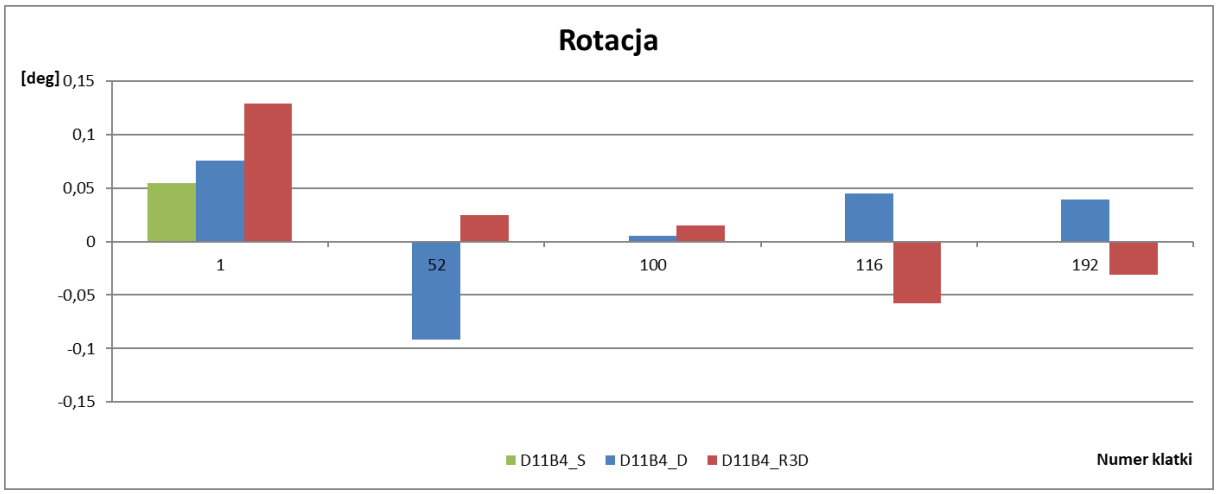
4.2. Zestawienie wyników dla przypadku D11B4

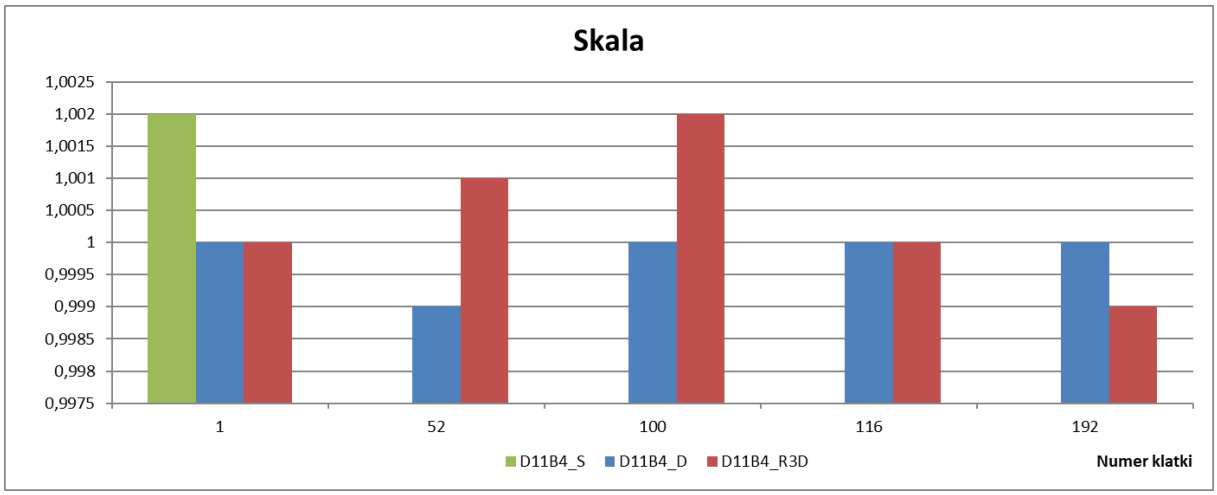
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy lekko w górę lub jest wyżej (przesunięcie ok. 2-4px).

Tabela. Zestawienie wyników dla przypadku D11B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**7**	**0.324**			**0,04**		**1,000**	
D11B4S	4096:2160	1	6.964	0.322	7.000	0.324	0.077	0.055	1.001	1.002
D11B4D	1920:1080	1	3.202	0.296	3.000	0.278	0.051	0.076	1.001	1.000
D11B4D	1920:1080	52	3.272	0.303	3.000	0.278	-0.079	-0.092	0.999	0.999
D11B4D	1920:1080	100	3.198	0.296	3.000	0.278	0.000	0.005	0.999	1.000
D11B4D	1920:1080	116	3.209	0.297	3.000	0.278	0.035	0.045	1.000	1.000
D11B4D	1920:1080	192	3.238	0.300	3.000	0.278	0.003	0.039	0.999	1.000
D11B4R3D	4096:2160	1	7.046	0.326	7.000	0.324	0.130	0.129	1.000	1.000
D11B4 R3D	4096:2160	52	7.097	0.329	7.000	0.324	0.028	0.025	1.002	1.001
D11B4 R3D	4096:2160	100	7.036	0.326	7.000	0.324	0.001	0.015	1.002	1.002
D11B4 R3D	4096:2160	116	7.032	0.326	7.000	0.324	-0.070	-0.058	1.001	1.000
D11B4 R3D	4096:2160	192	7.000	0.324	7.000	0.324	-0.041	-0.031	0.999	0.999

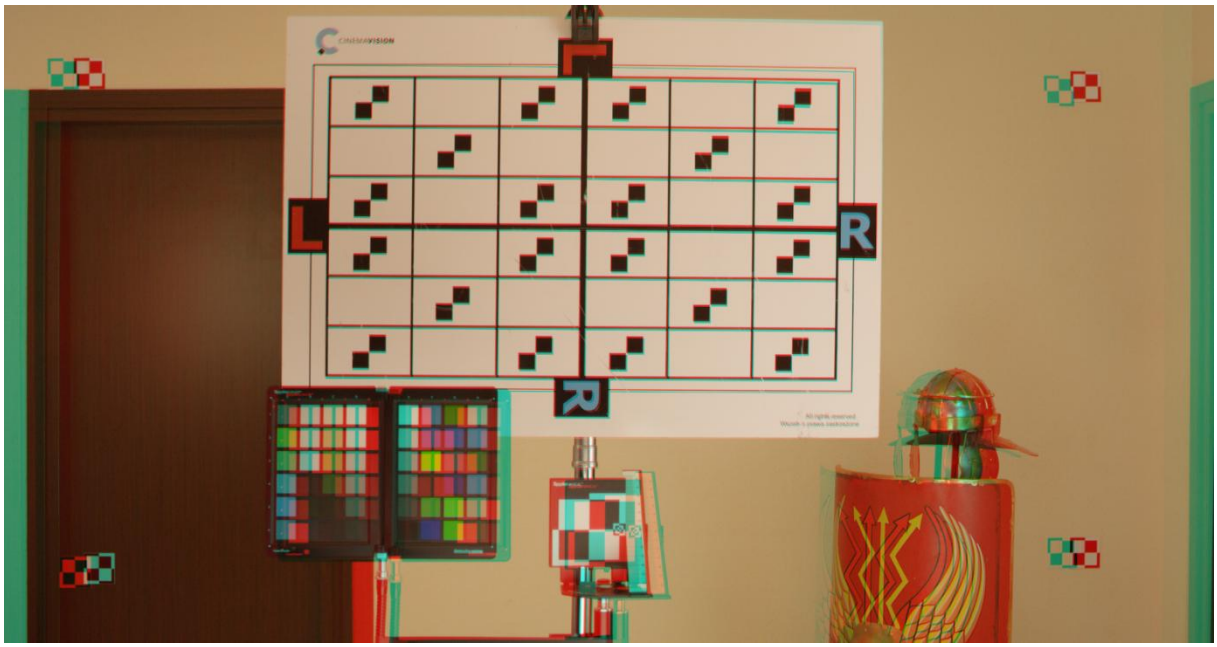




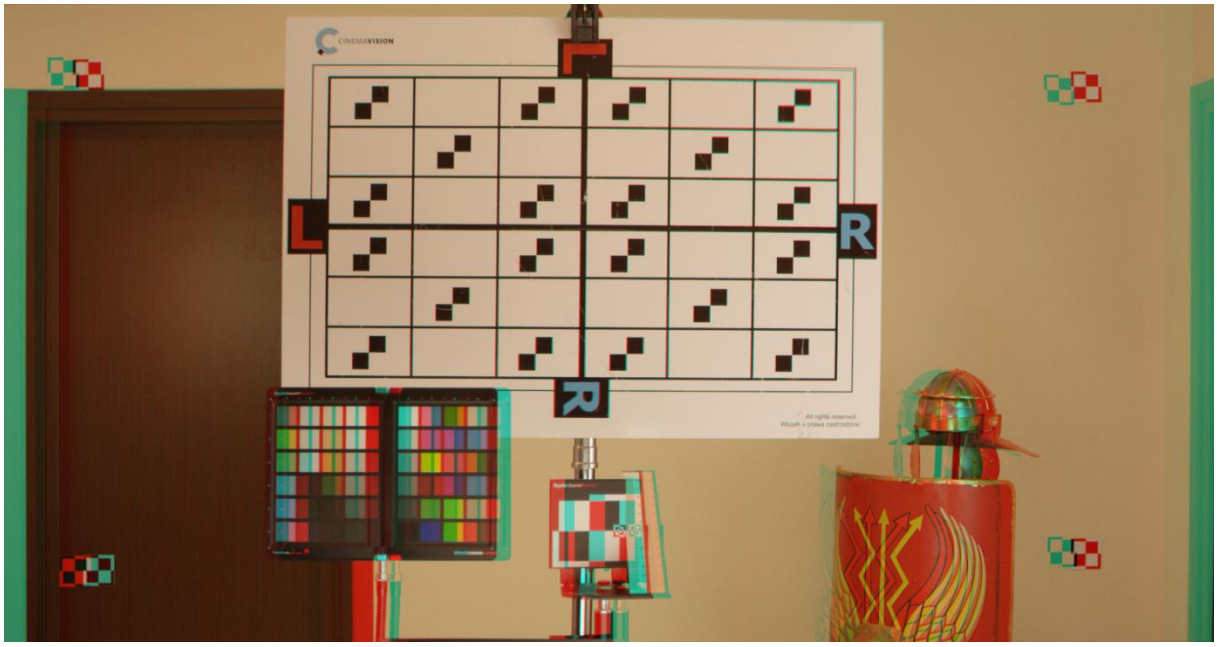


Omówienie wyników dla przypadku D11B4:

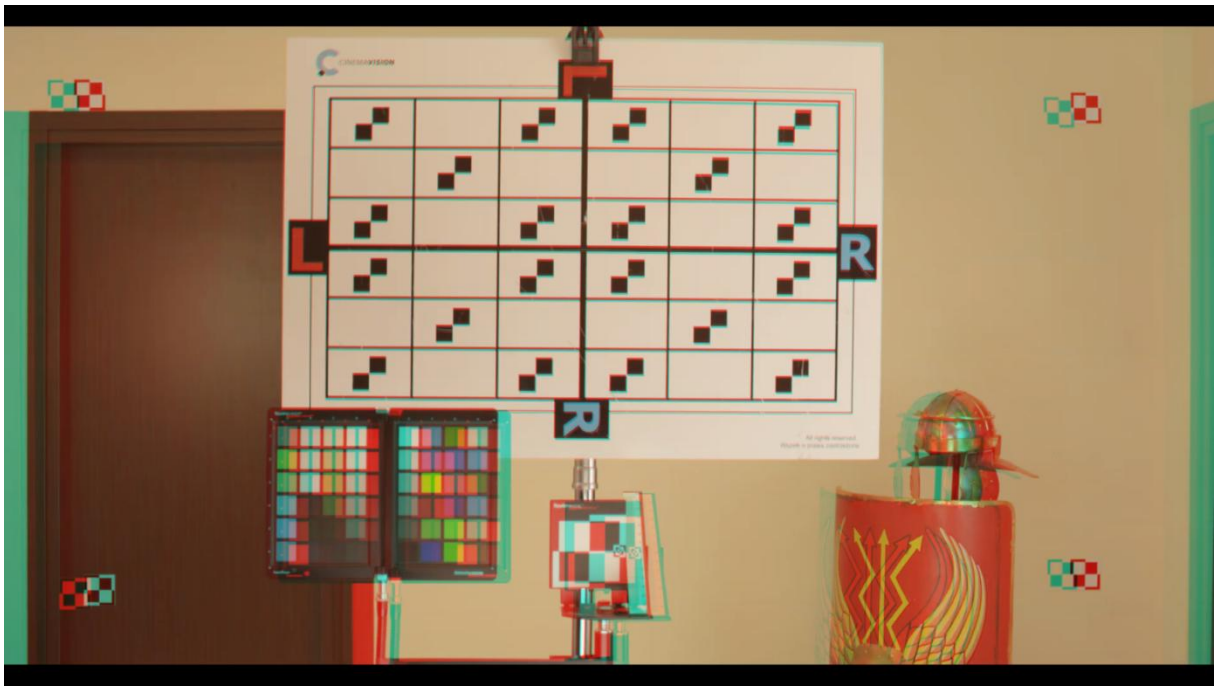
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie dysparycji pionowej rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



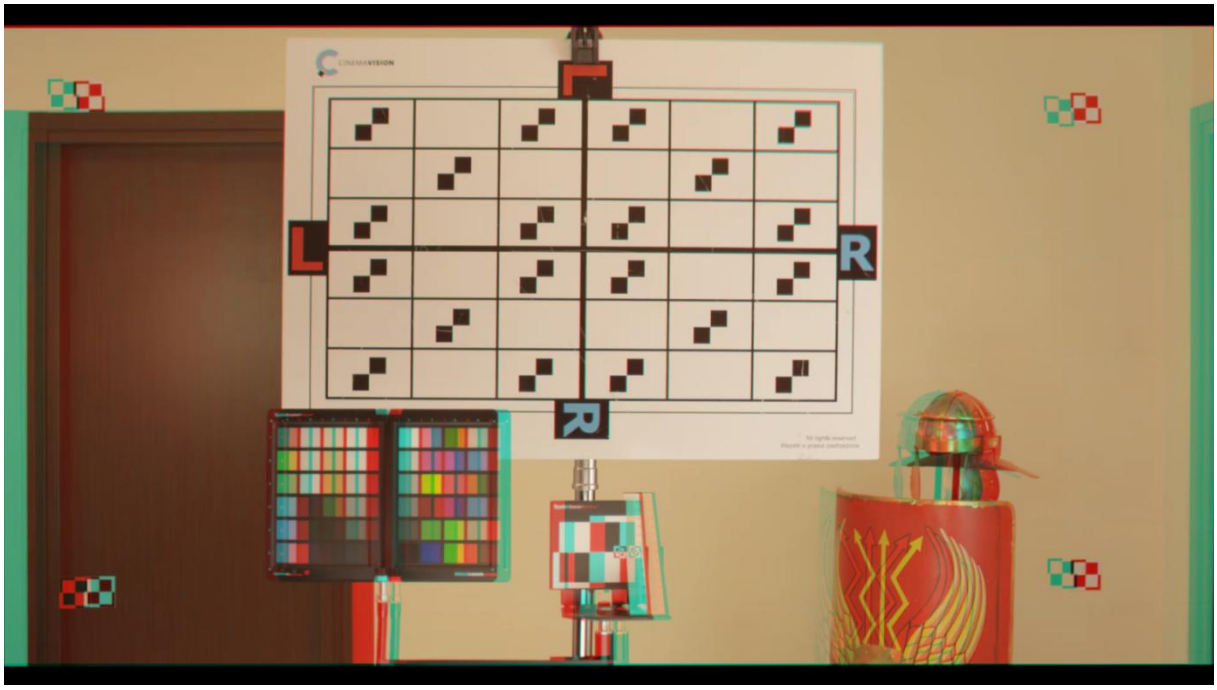
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D11B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D11B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

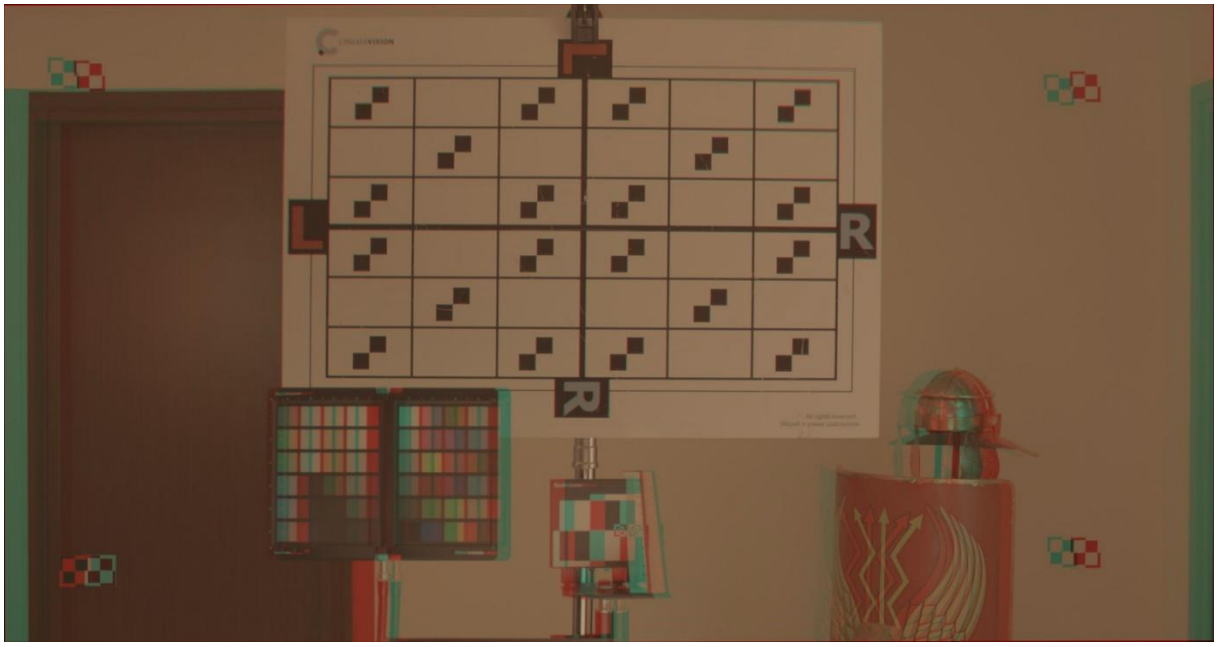


Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D11B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D11B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D11B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



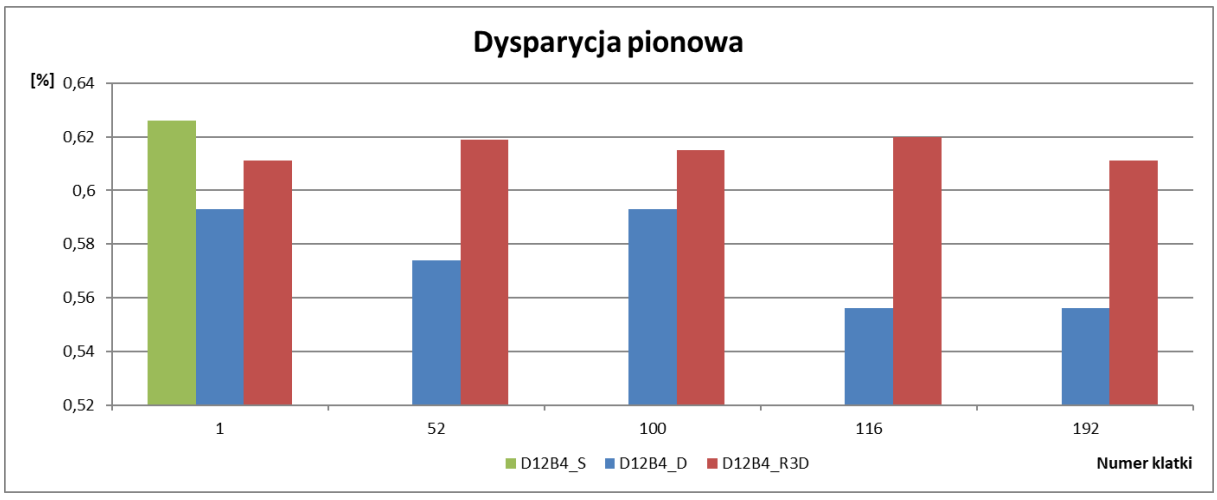
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D11B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

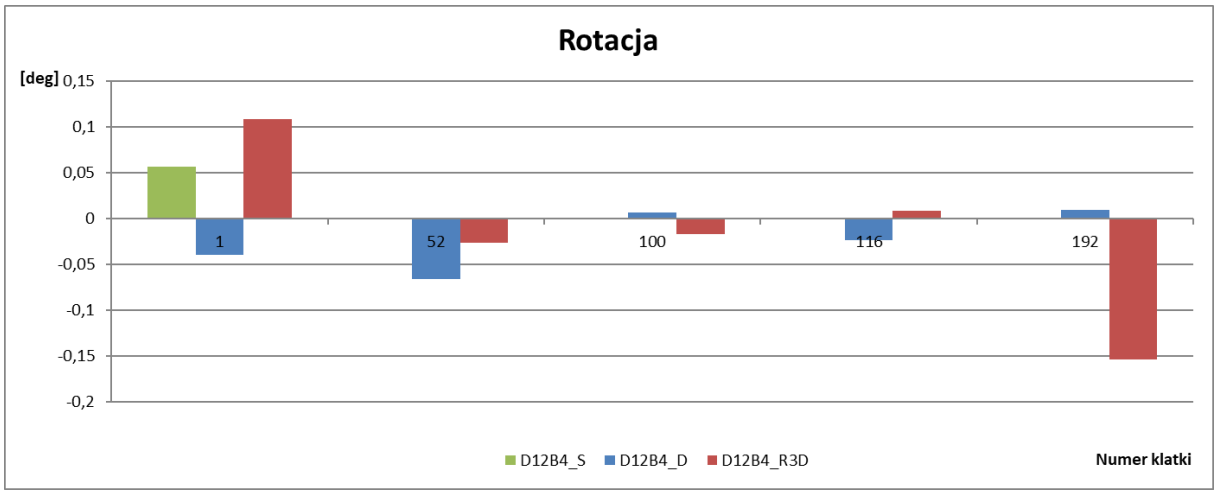
4.3. Zestawienie wyników dla przypadku D12B4

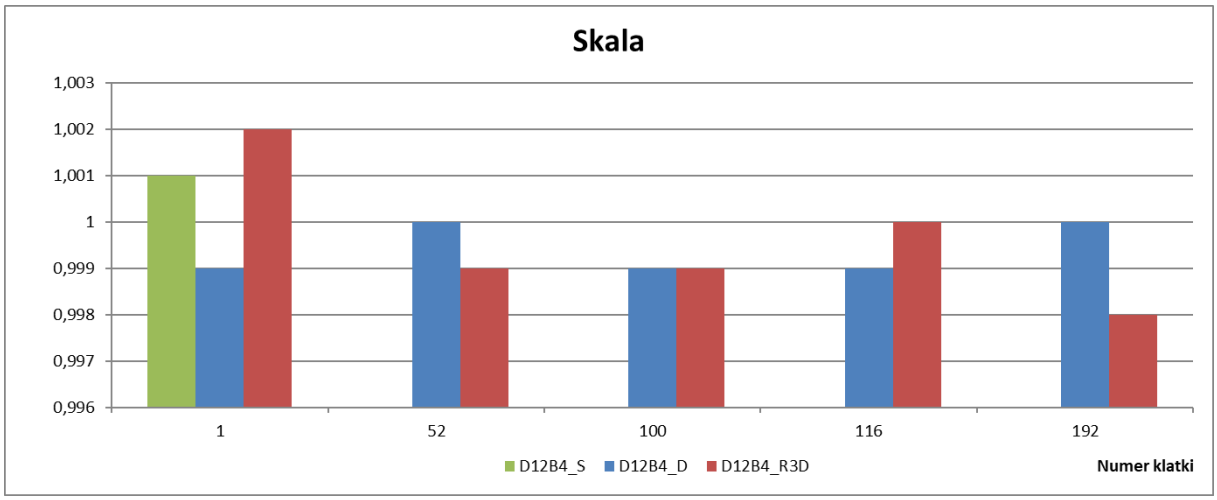
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy bardziej w górę lub jest jeszcze wyżej (przesunięcie ok. 5-8px).

Tabela. Zestawienie wyników dla przypadku D12B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**14**	**0.648**			**0,05**		**1,000**	
D12B4S	4096:2160	1	13.868	0.642	13.520	0.626	0.062	0.057	1.000	1.001
D12B4D	1920:1080	1	6.433	0.596	6.400	0.593	-0.100	-0.039	1.000	0.999
D12B4D	1920:1080	52	6.429	0.595	6.200	0.574	-0.078	-0.066	1.000	1.000
D12B4D	1920:1080	100	6.404	0.593	6.400	0.593	-0.022	0.007	0.999	0.999
D12B4D	1920:1080	116	6.269	0.580	6.000	0.556	-0.048	-0.023	0.999	0.999
D12B4D	1920:1080	192	6.295	0.583	6.000	0.556	0.011	0.010	1.001	1.000
D12B4R3D	4096:2160	1	13.485	0.624	13.200	0.611	0.076	0.109	1.001	1.002
D12B4 R3D	4096:2160	52	13.843	0.641	13.380	0.619	-0.013	-0.026	0.999	0.999
D12B4 R3D	4096:2160	100	13.597	0.629	13.288	0.615	0.008	-0.017	0.999	0.999
D12B4 R3D	4096:2160	116	13.664	0.633	13.400	0.620	-0.003	0.009	1.000	1.000
D12B4 R3D	4096:2160	192	13.767	0.637	13.200	0.611	-0.183	-0.154	0.998	0.998

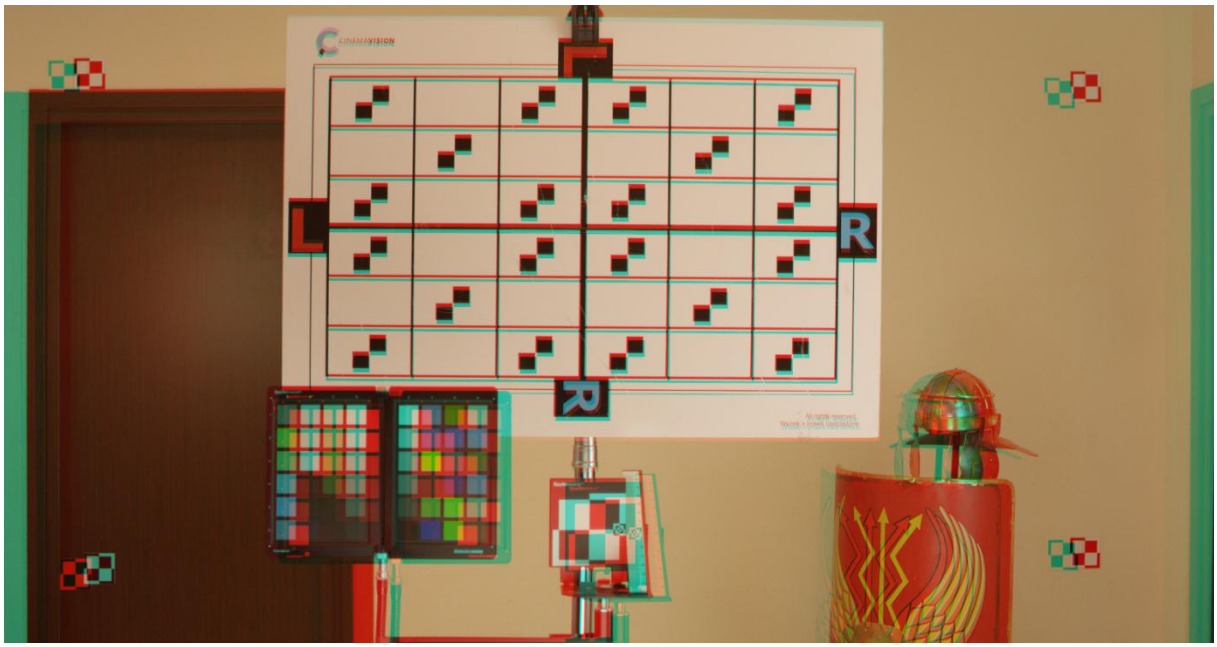




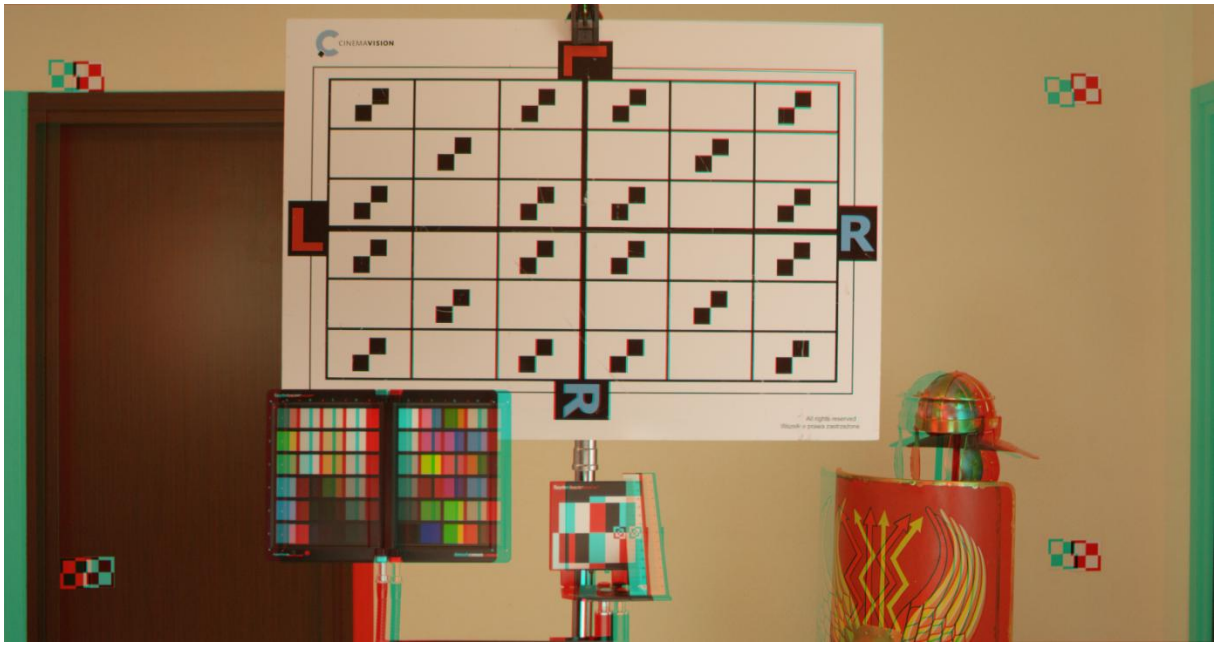


Omówienie wyników dla przypadku D12B4:

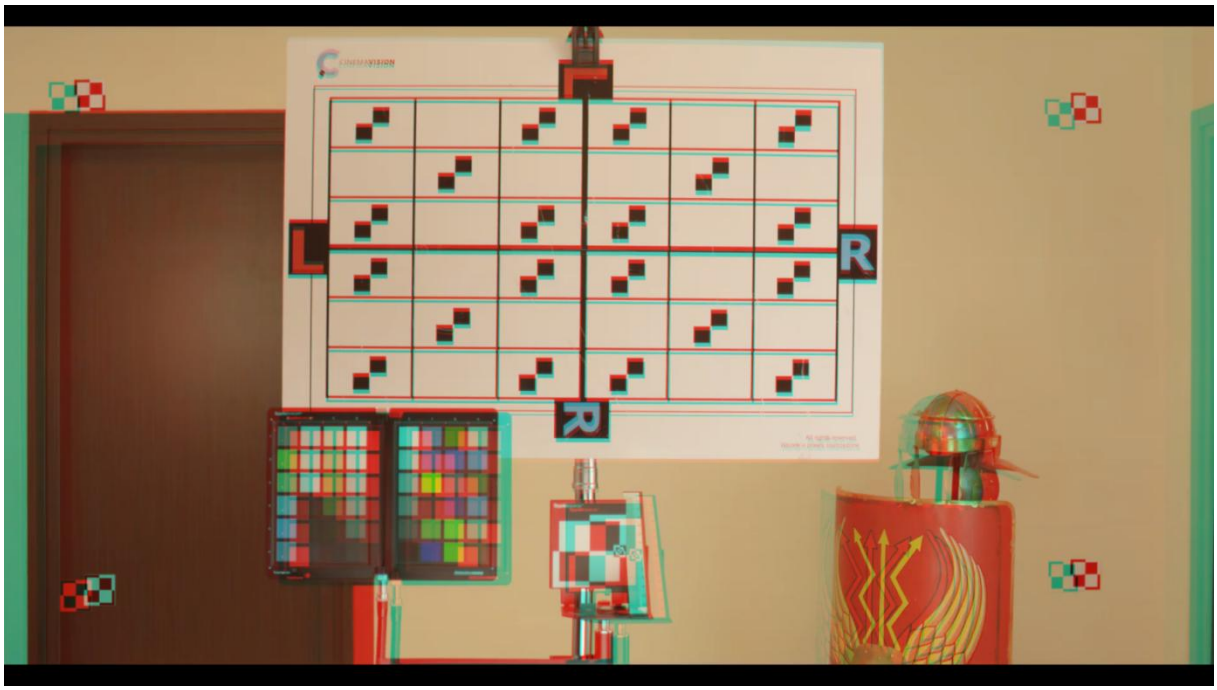
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie dysparycji pionowej rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



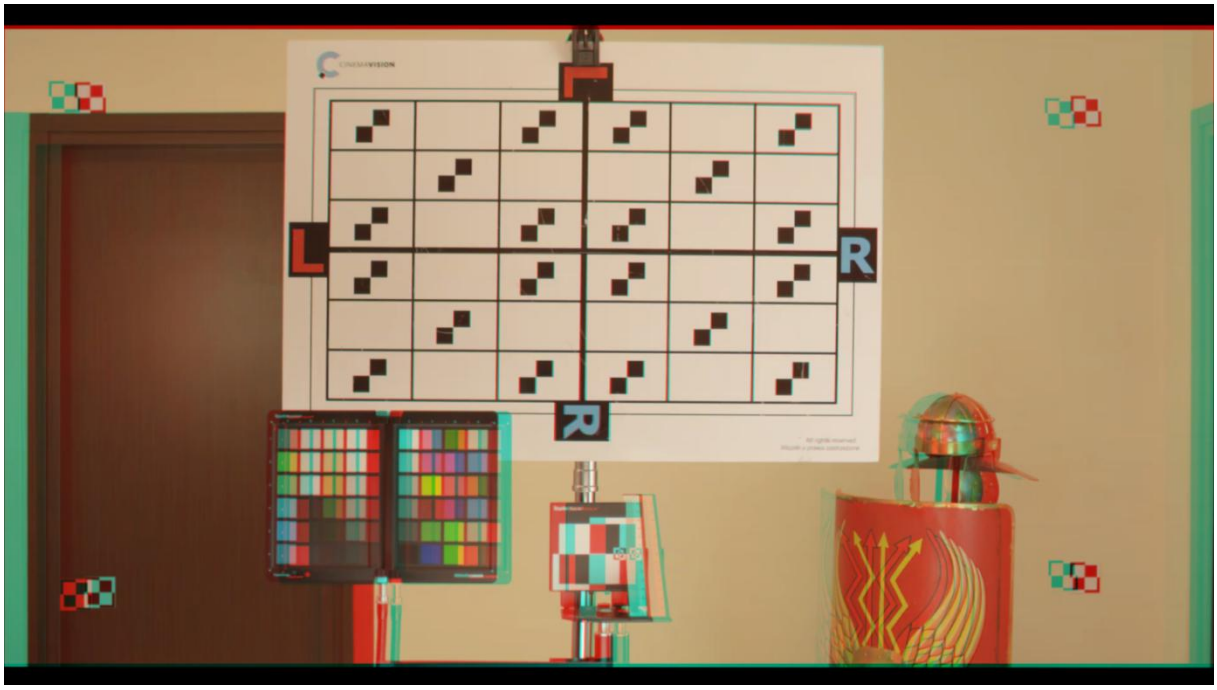
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D12B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D12B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

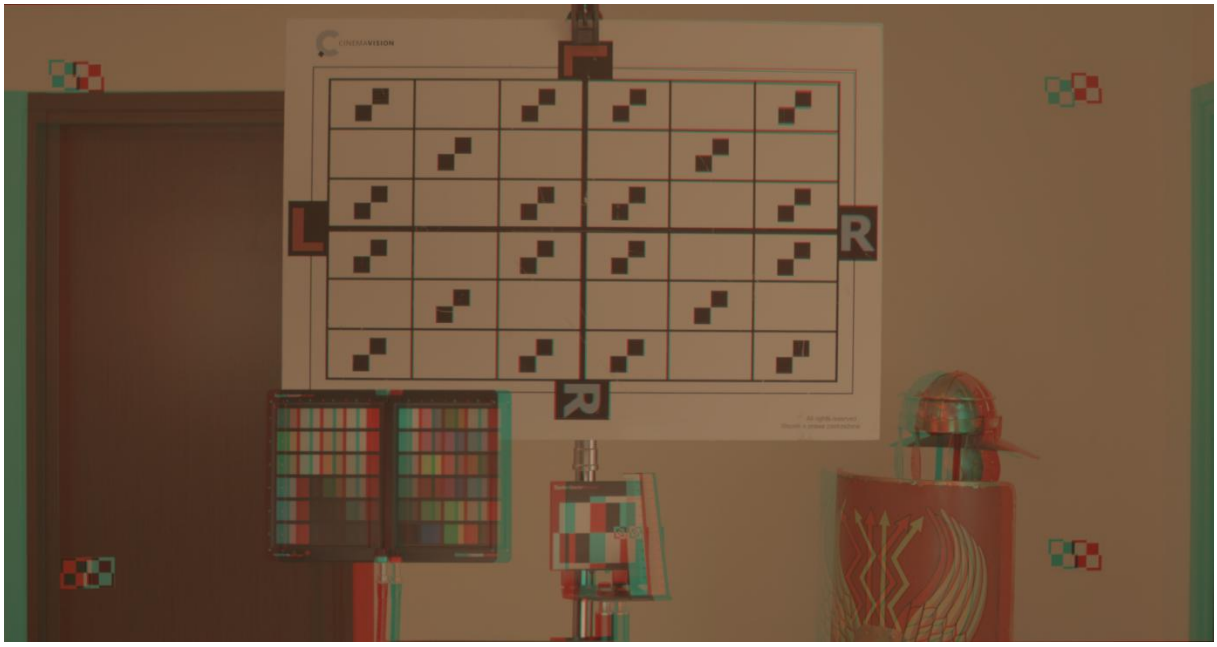


Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D12B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D12B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D12B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



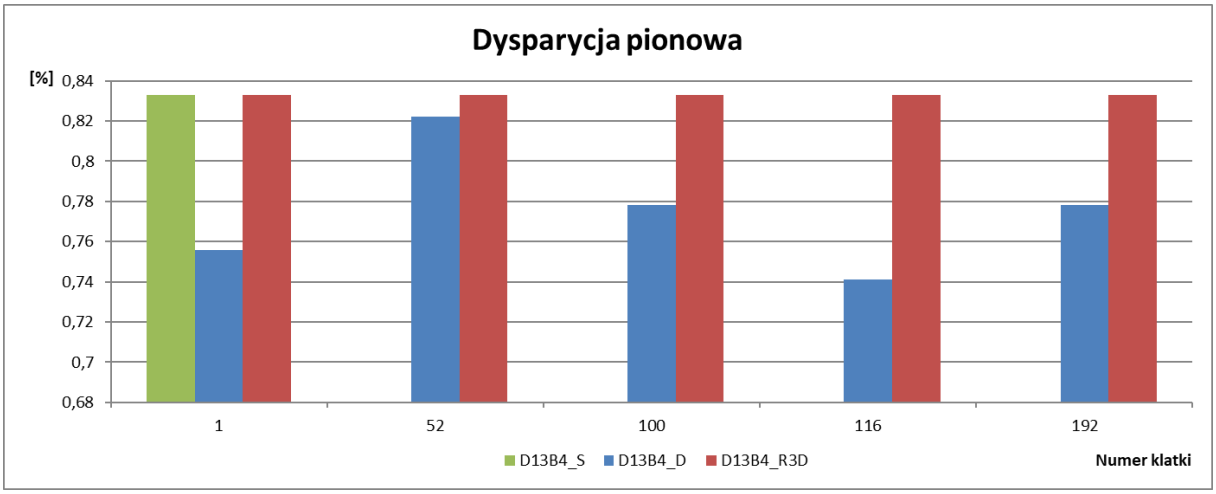
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D12B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

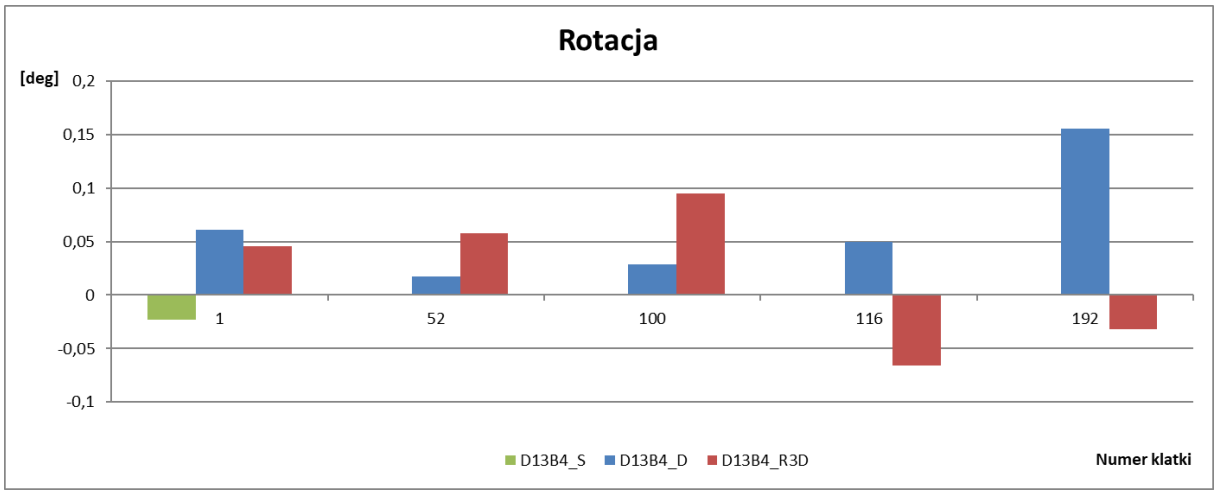
4.4. Zestawienie wyników dla przypadku D13B4

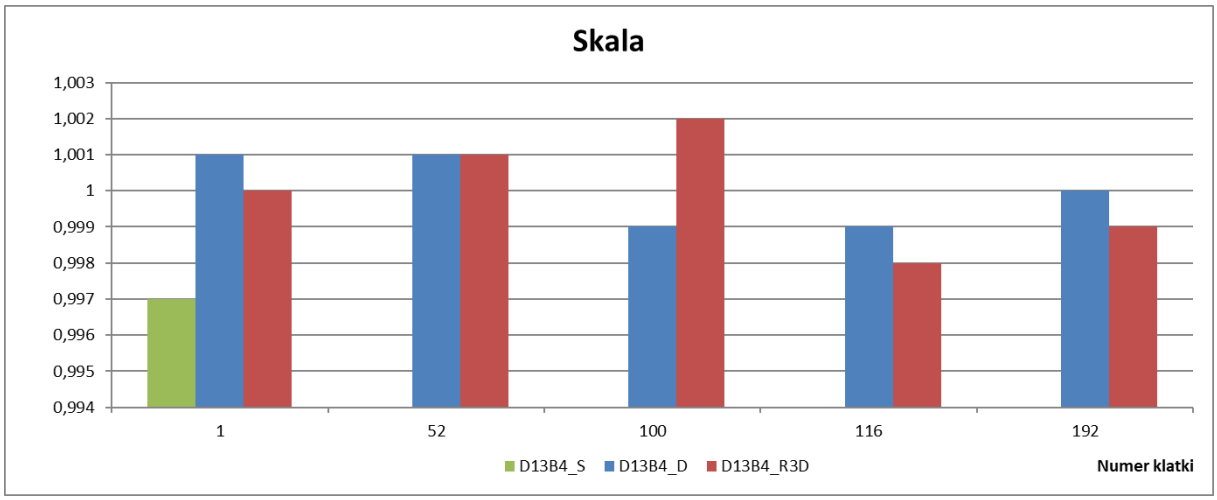
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy mocno w górę lub jest mocno przesunięta w górę (przesunięcie ok. 12-15px).

Tabela. Zestawienie wyników dla przypadku D13B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**19**	**0.879**			**0,05**		**1,000**	
D13B4S	4096:2160	1	18.259	0.845	18.000	0.833	-0.039	-0.023	0.997	0.997
D13B4D	1920:1080	1	8.353	0.773	8.160	0.756	0.052	0.061	1.001	1.001
D13B4D	1920:1080	52	8.575	0.794	8.880	0.822	-0.021	0.017	1.002	1.001
D13B4D	1920:1080	100	8.433	0.781	8.400	0.778	0.018	0.029	1.000	0.999
D13B4D	1920:1080	116	8.174	0.757	8.000	0.741	0.028	0.050	0.999	0.999
D13B4D	1920:1080	192	8.442	0.782	8.400	0.778	0.127	0.156	1.001	1.000
D13B4R3D	4096:2160	1	17.941	0.831	18.000	0.833	0.041	0.046	1.001	1.000
D13B4 R3D	4096:2160	52	18.037	0.835	18.000	0.833	0.021	0.058	1.000	1.001
D13B4 R3D	4096:2160	100	18.049	0.836	18.000	0.833	0.043	0.095	1.002	1.002
D13B4 R3D	4096:2160	116	17.957	0.831	18.000	0.833	-0.051	-0.066	0.998	0.998
D13B4 R3D	4096:2160	192	18.199	0.843	18.000	0.833	0.014	-0.032	0.999	0.999

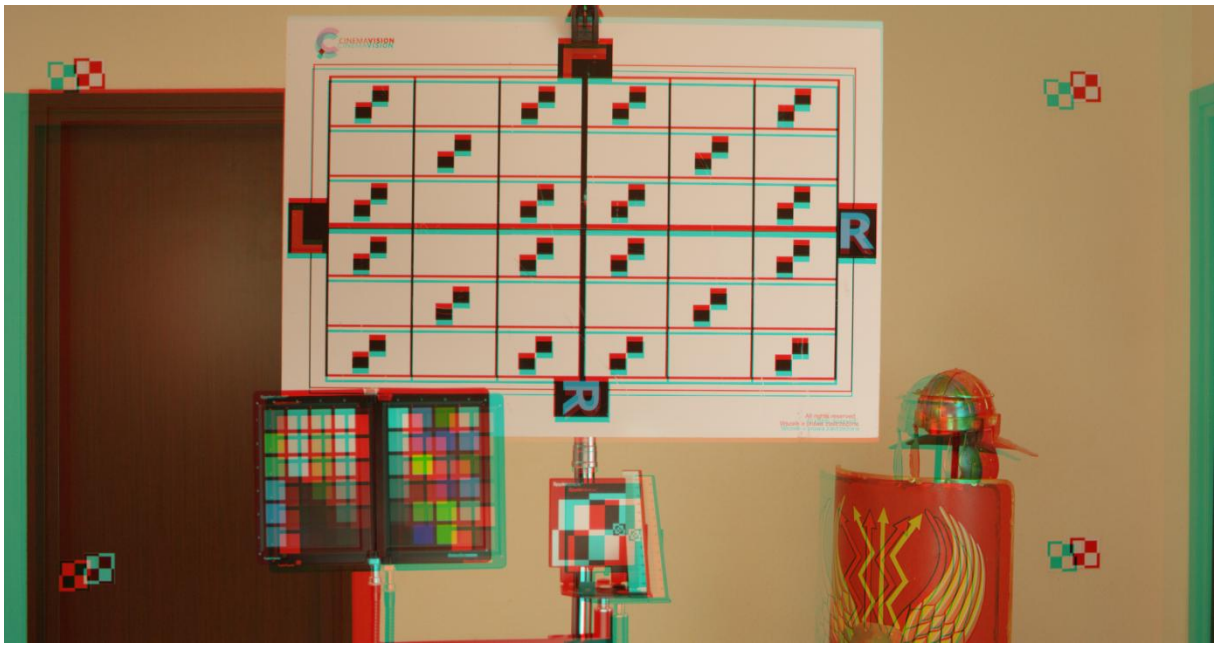




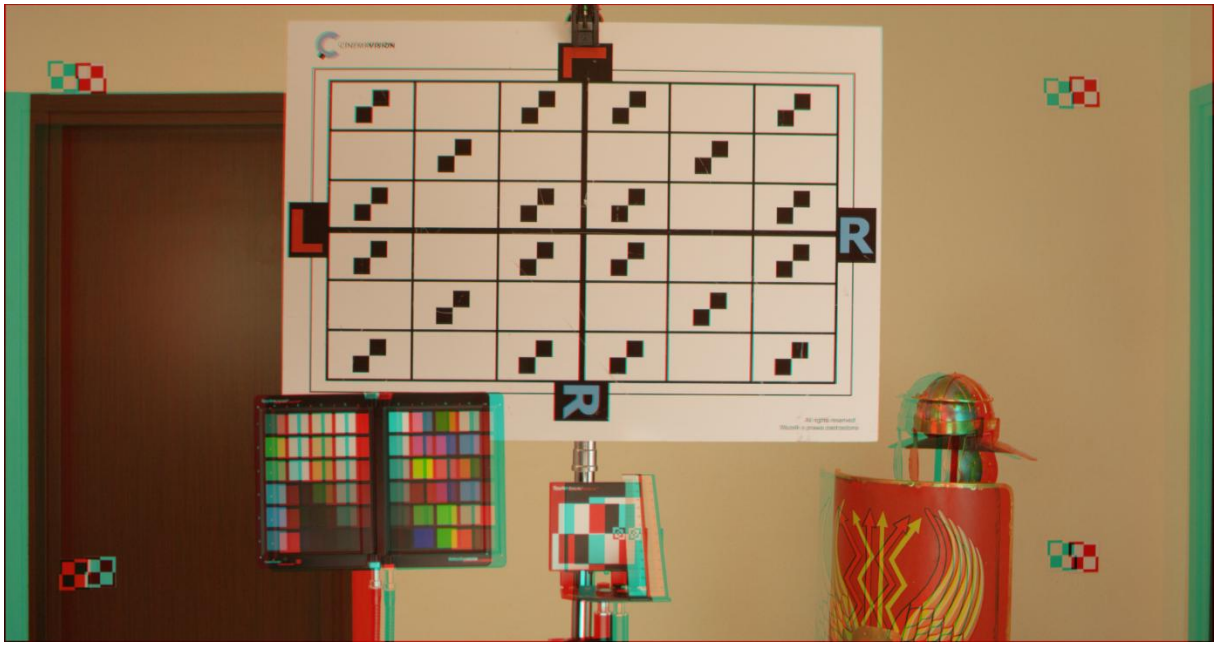


Omówienie wyników dla przypadku D13B4:

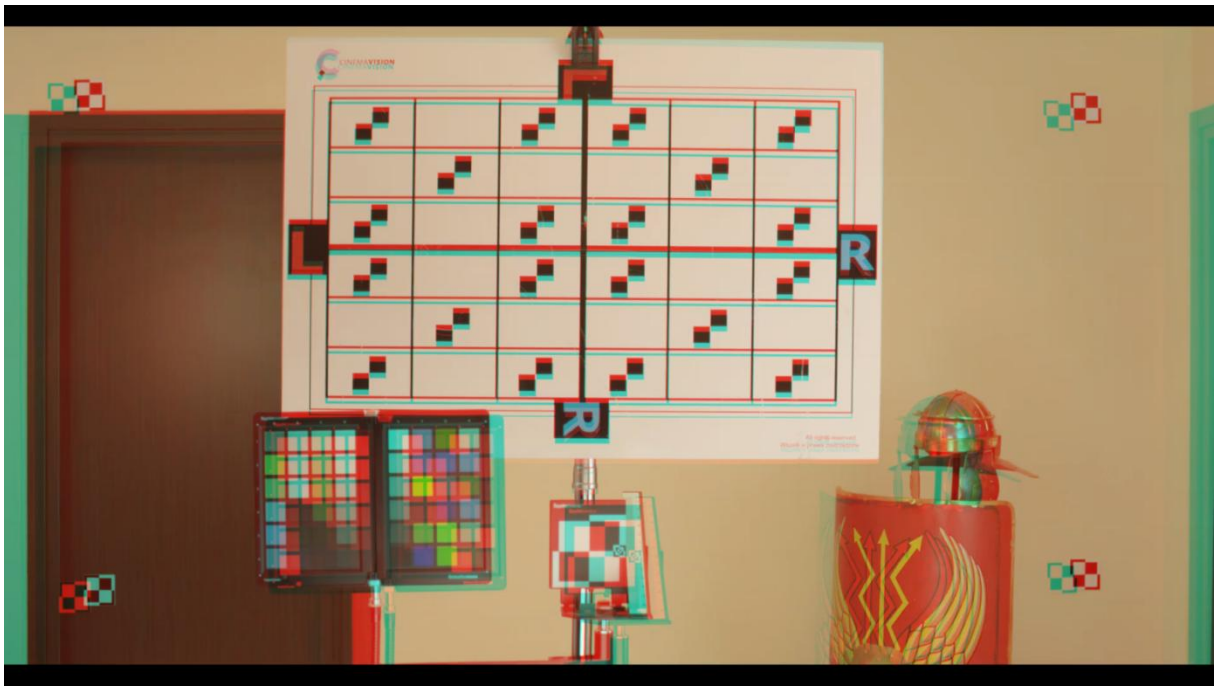
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie dysparycji pionowej rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



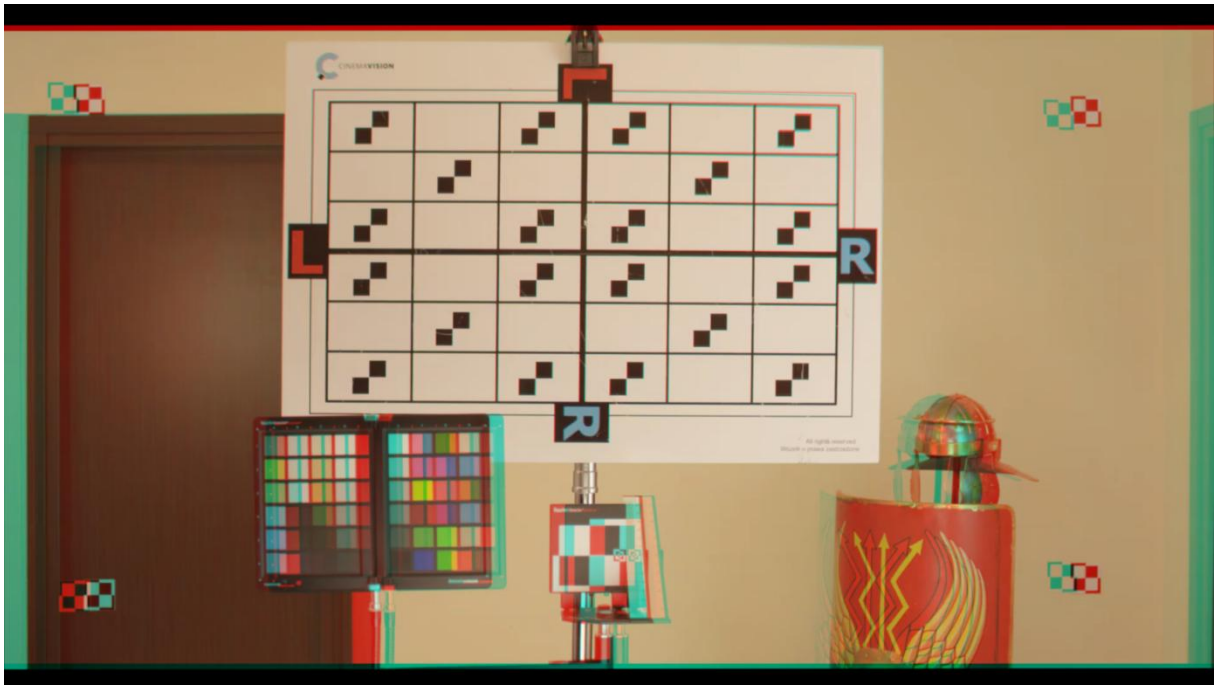
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D13B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D13B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

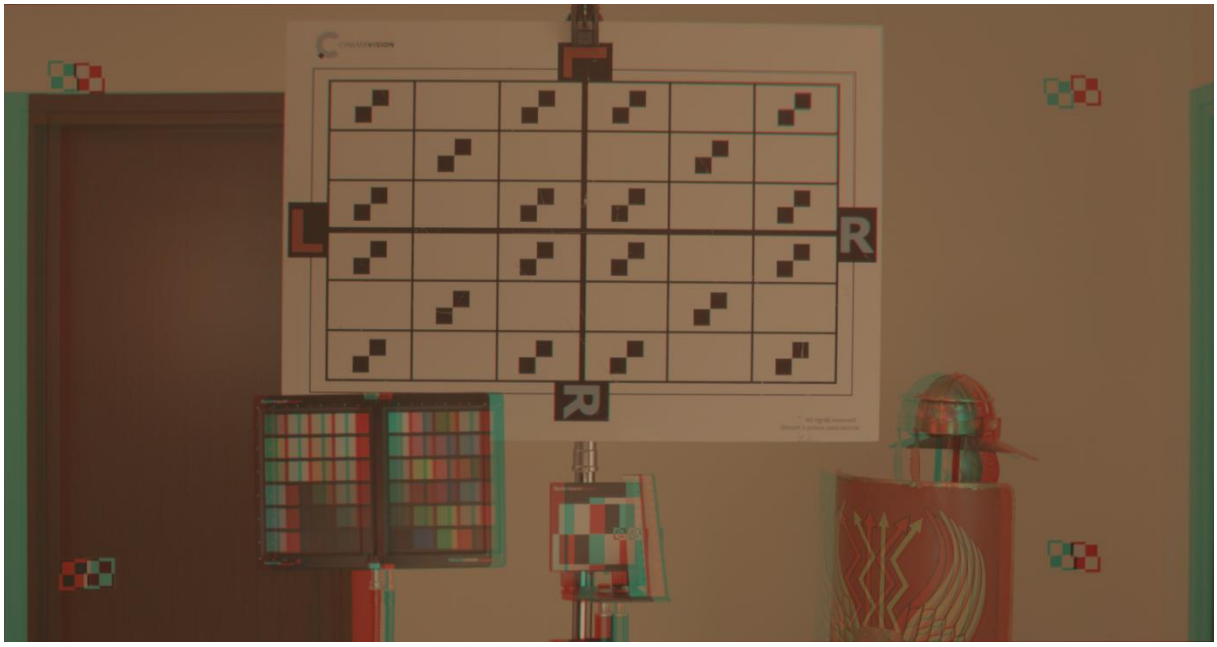


Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D13B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D13B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D13B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



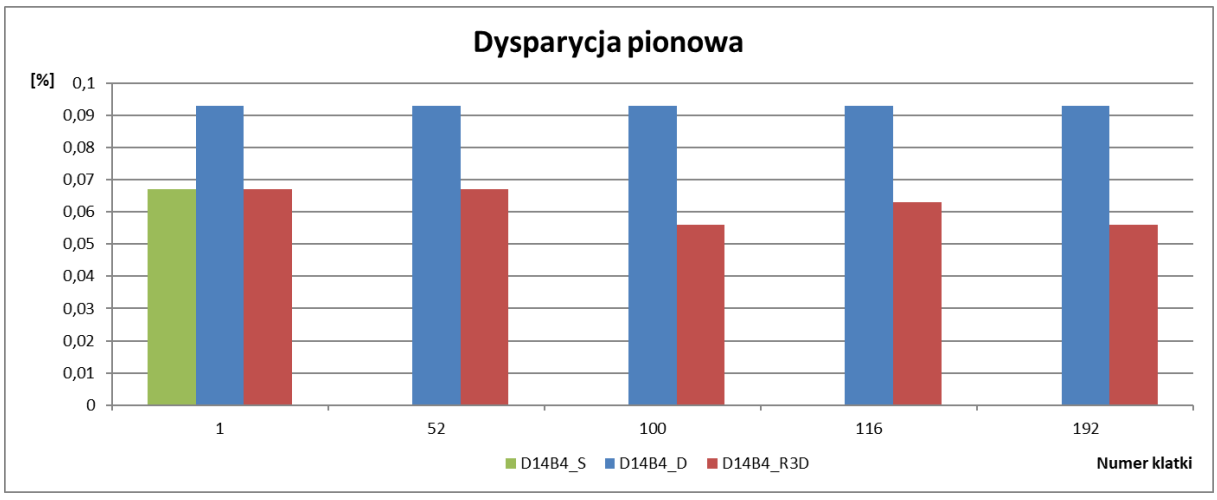
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D13B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

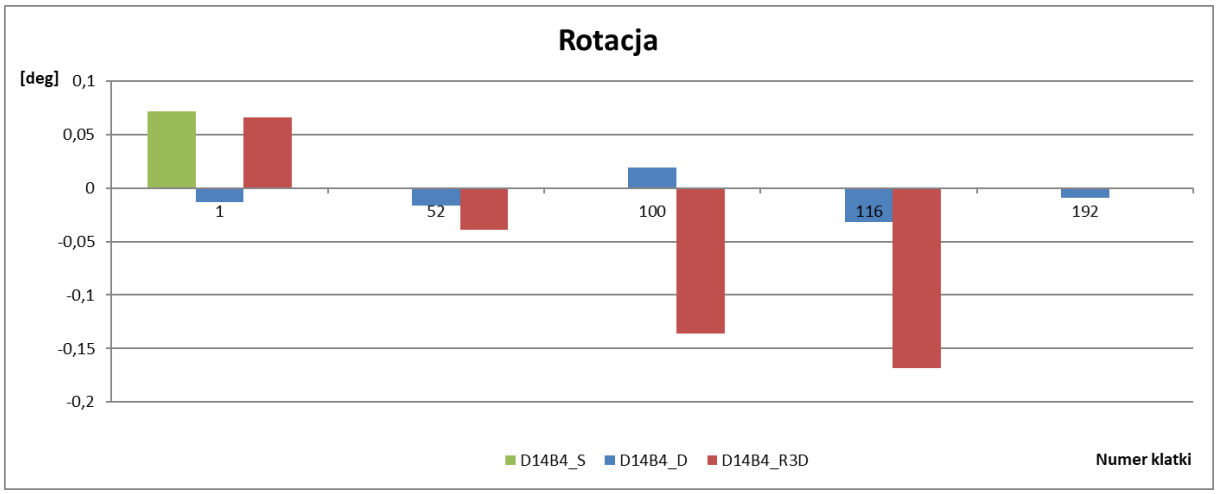
4.5. Zestawienie wyników dla przypadku D14B4

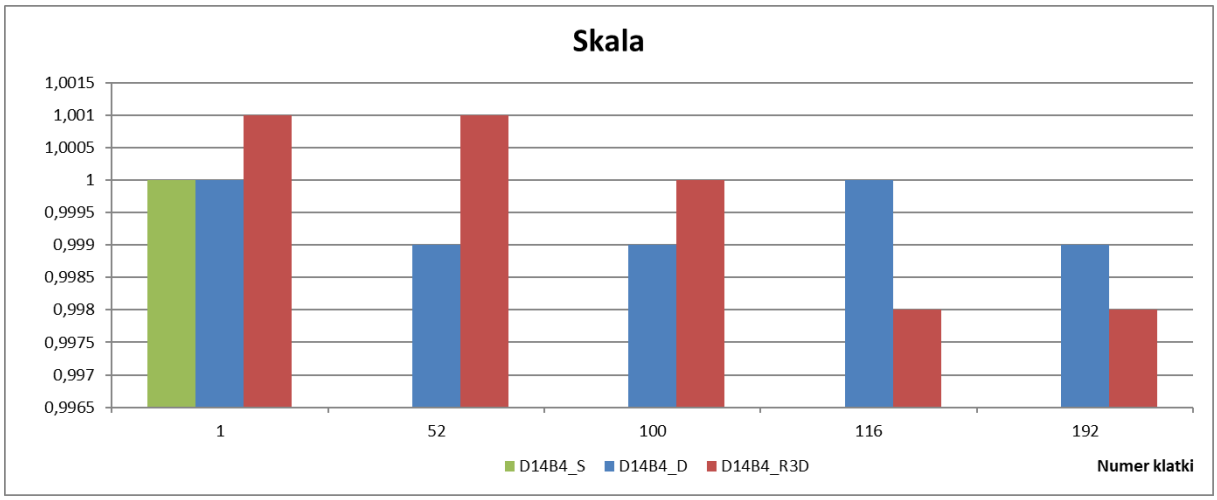
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, – lewa kamera patrzy lekko w dół lub jest niżej (przesunięcie ok. 2-4px).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D14B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**2**	**0.093**			**0,08**		**1,000**	
D14B4S	4096:2160	1	1.805	0.084	1.440	0.067	0.071	0.072	1.001	1.000
D14B4D	1920:1080	1	0.755	0.070	1.000	0.093	-0.026	-0.013	1.000	1.000
D14B4D	1920:1080	52	0.749	0.069	1.000	0.093	-0.059	-0.016	0.998	0.999
D14B4D	1920:1080	100	0.711	0.066	1.000	0.093	0.040	0.019	0.999	0.999
D14B4D	1920:1080	116	0.811	0.075	1.000	0.093	-0.045	-0.032	0.999	1.000
D14B4D	1920:1080	192	0.793	0.073	1.000	0.093	-0.004	-0.009	0.999	0.999
D14B4R3D	4096:2160	1	1.565	0.072	1.440	0.067	0.077	0.066	1.001	1.001
D14B4 R3D	4096:2160	52	1.663	0.077	1.440	0.067	-0.058	-0.039	1.002	1.001
D14B4 R3D	4096:2160	100	1.556	0.072	1.200	0.056	-0.152	-0.136	1.000	1.000
D14B4 R3D	4096:2160	116	1.543	0.071	1.364	0.063	-0.172	-0.168	0.998	0.998
D14B4 R3D	4096:2160	192	1.421	0.066	1.200	0.056	0.014	-0.000	0.998	0.998

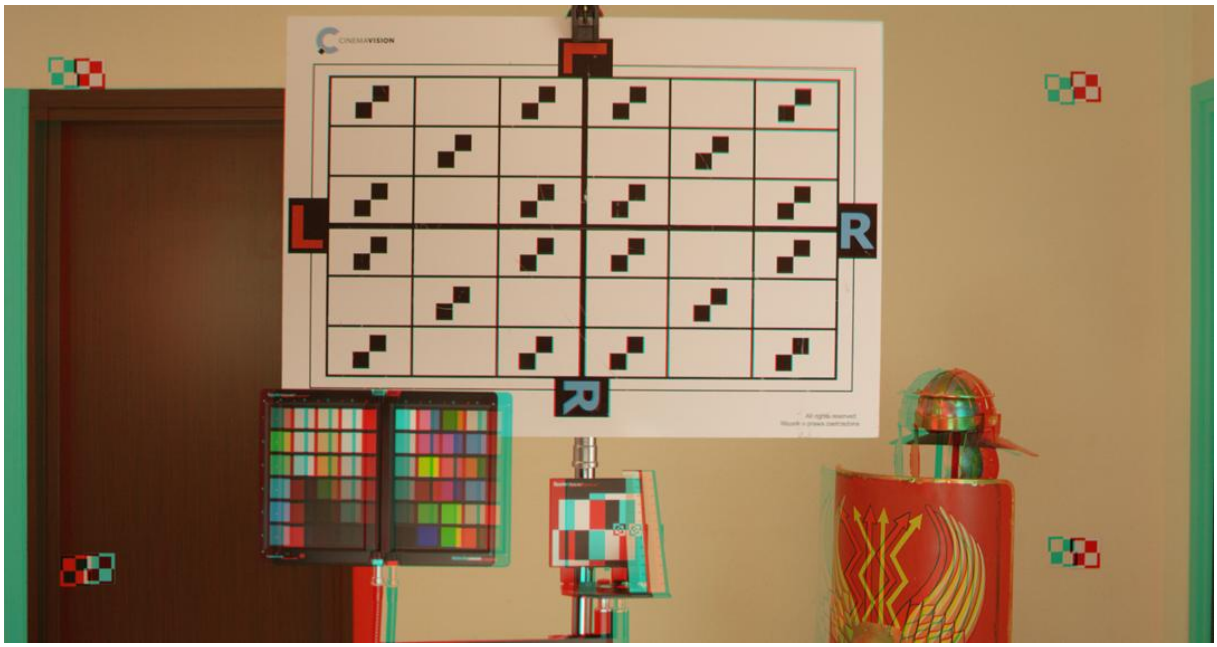




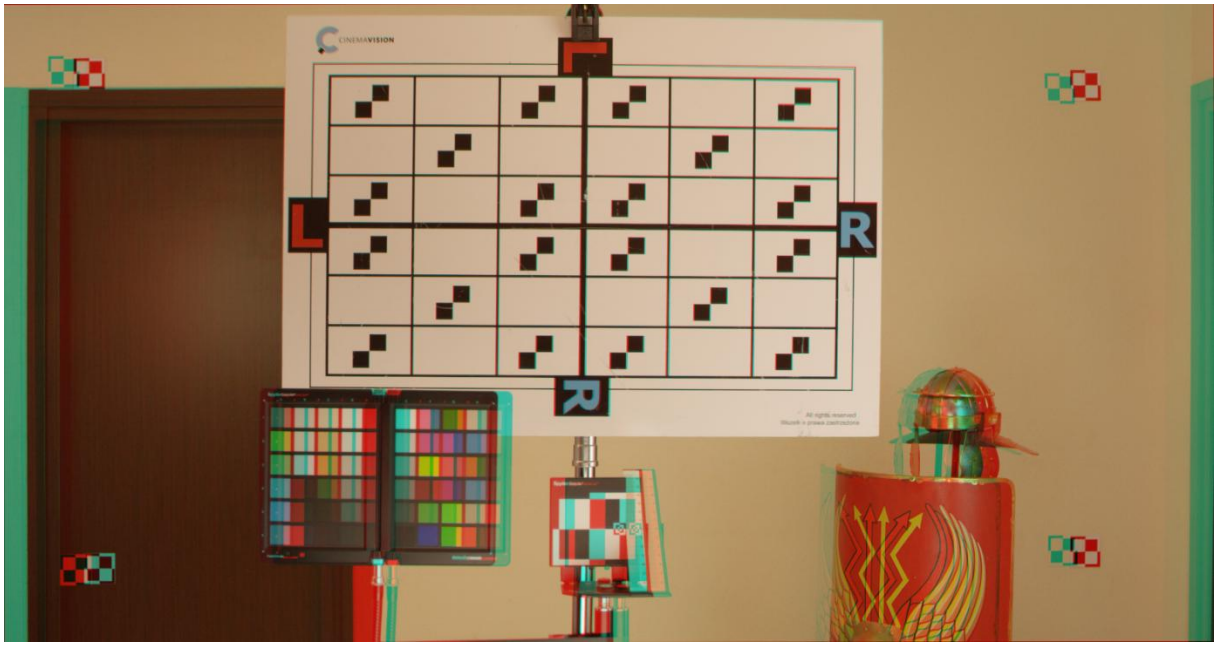


Omówienie wyników dla przypadku D14B4:

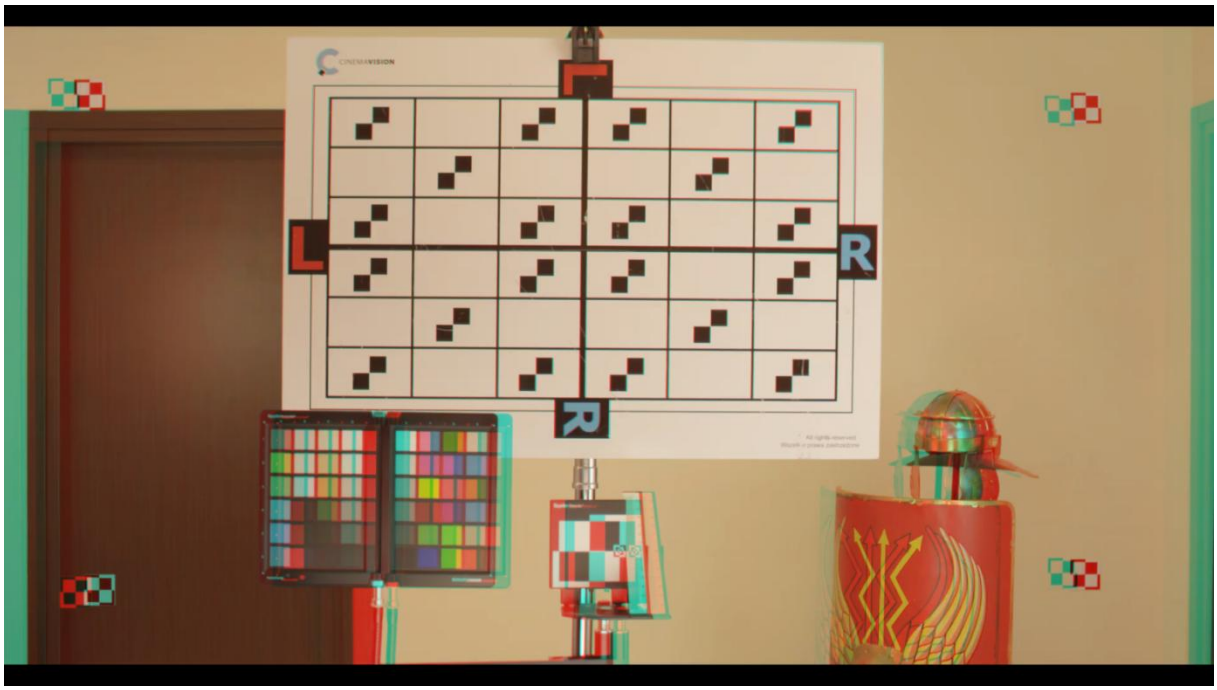
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie dysparycji pionowej rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD jest znikomy w skali bezwzględnej wartości przesunięcia korygującego i mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



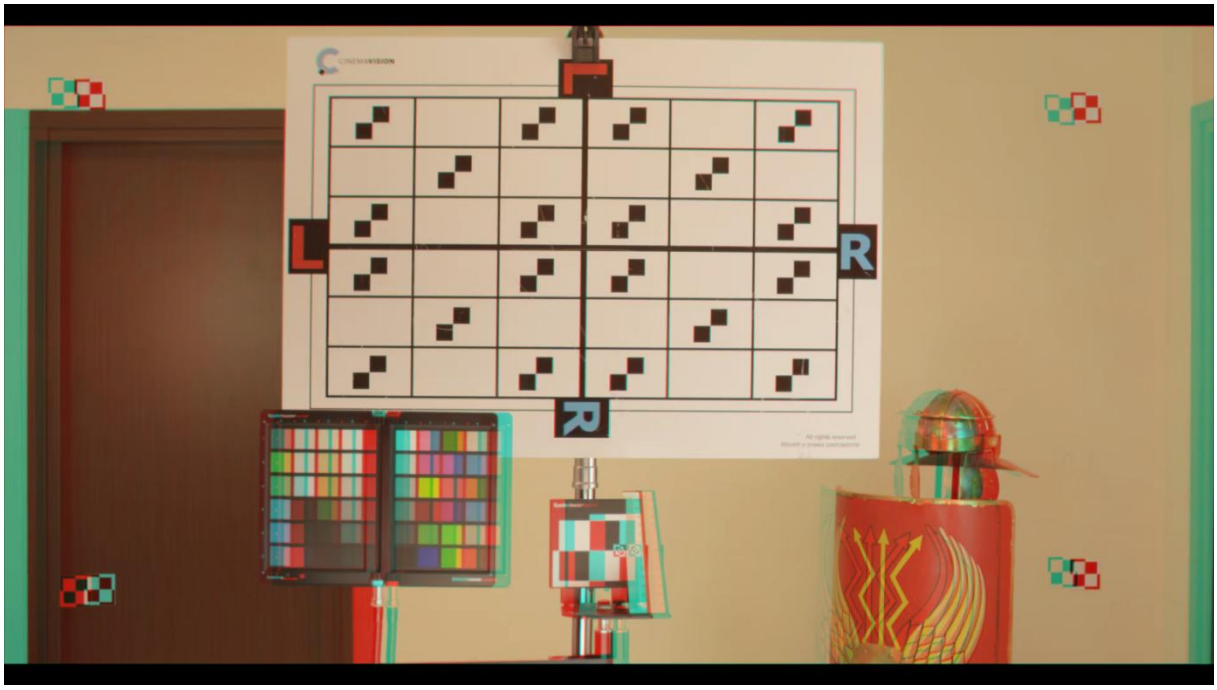
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D14B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



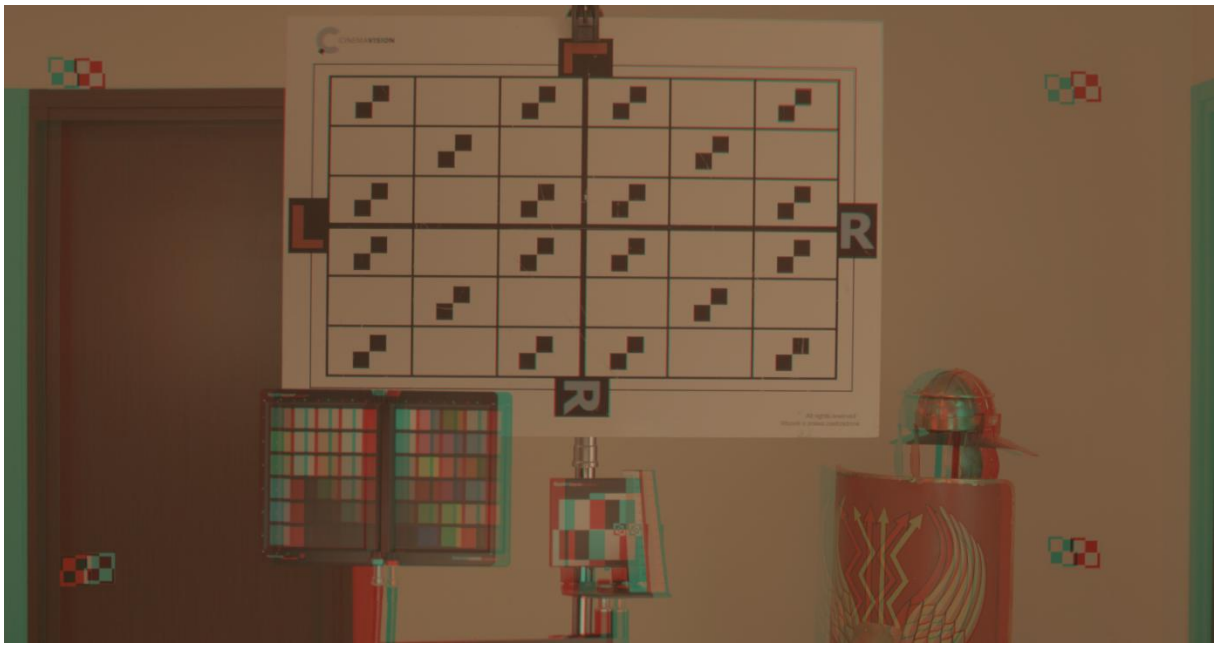
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D14B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D14B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D14B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D14B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.

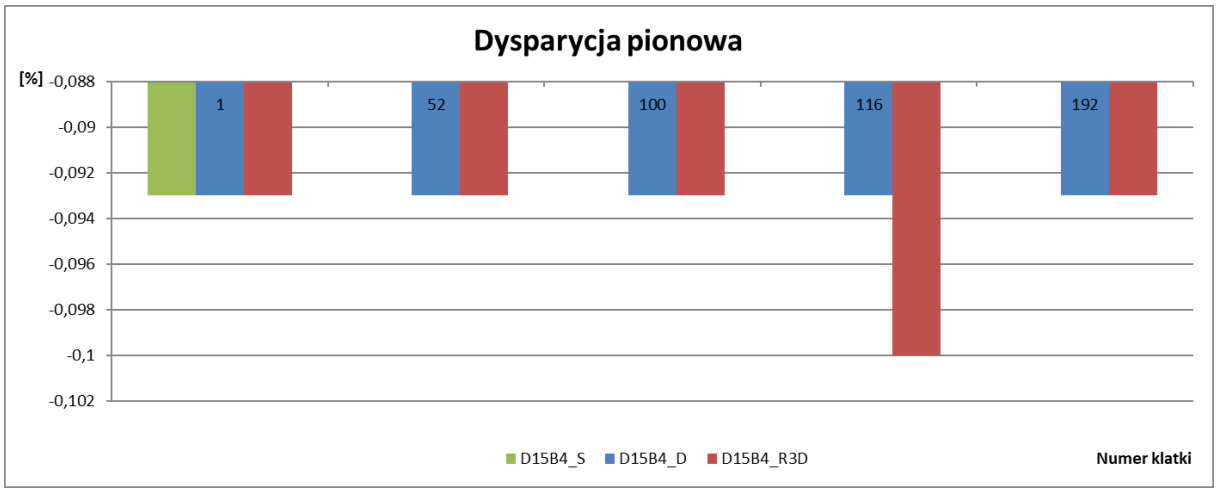
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D14B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

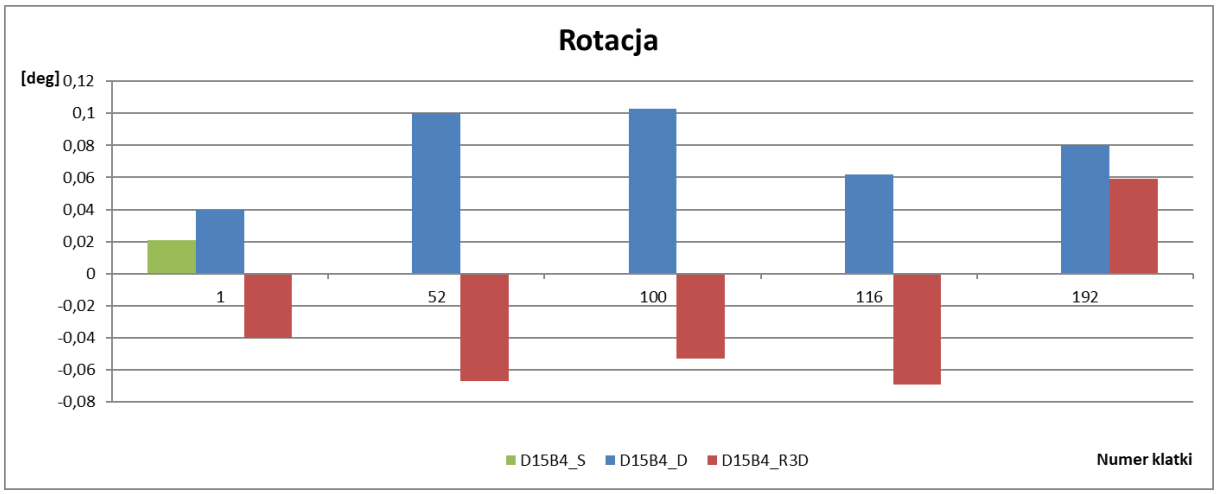
4.6. Zestawienie wyników dla przypadku D15B4

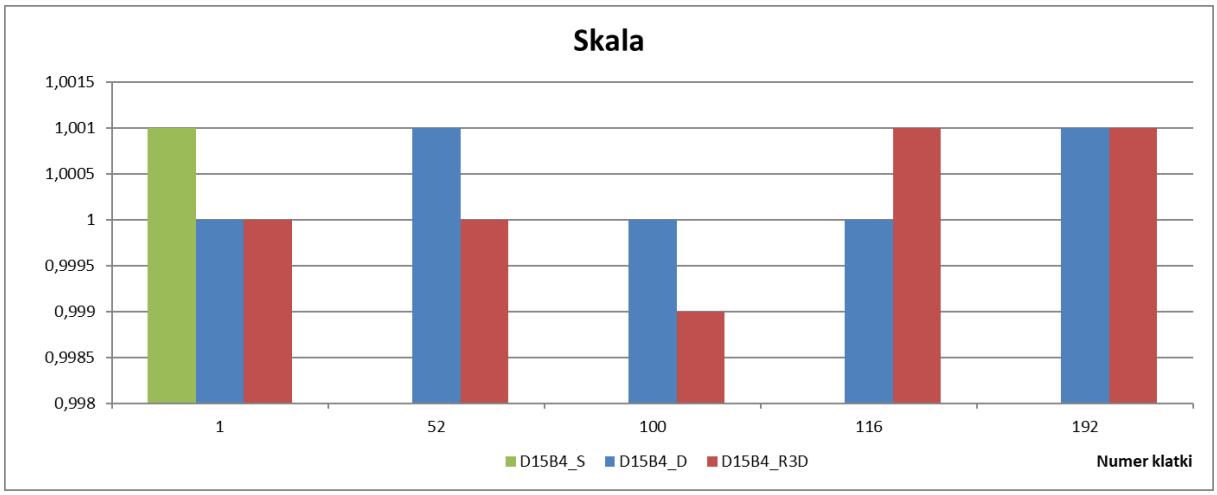
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy bardziej w dół lub jest jeszcze niżej (przesunięcie ok. 5-8px).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D15B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**-1**	**-0.063**			**0,03**		**1,000**	
D15B4S	4096:2160	1	-2.043	-0.095	-2.000	-0.093	0.004	0.021	1.000	1.001
D15B4D	1920:1080	1	-1.035	-0.096	-1.000	-0.093	0.045	0.040	0.999	1.000
D15B4D	1920:1080	52	-1.000	-0.093	-1.000	-0.093	0.102	0.100	1.001	1.001
D15B4D	1920:1080	100	-0.764	-0.071	-1.000	-0.093	0.110	0.103	1.001	1.000
D15B4D	1920:1080	116	-0.875	-0.081	-1.000	-0.093	0.058	0.062	1.000	1.000
D15B4D	1920:1080	192	-0.889	-0.082	-1.000	-0.093	0.076	0.080	1.002	1.001
D15B4R3D	4096:2160	1	-1.757	-0.081	-2.000	-0.093	-0.007	-0.040	0.999	1.000
D15B4 R3D	4096:2160	52	-1.743	-0.081	-2.000	-0.093	-0.084	-0.067	1.000	1.000
D15B4 R3D	4096:2160	100	-2.084	-0.096	-2.000	-0.093	-0.093	-0.053	0.999	0.999
D15B4 R3D	4096:2160	116	-2.266	-0.105	-2.160	-0.100	-0.087	-0.069	1.000	1.001
D15B4 R3D	4096:2160	192	-1.792	-0.083	-2.000	-0.093	0.075	0.059	1.001	1.001

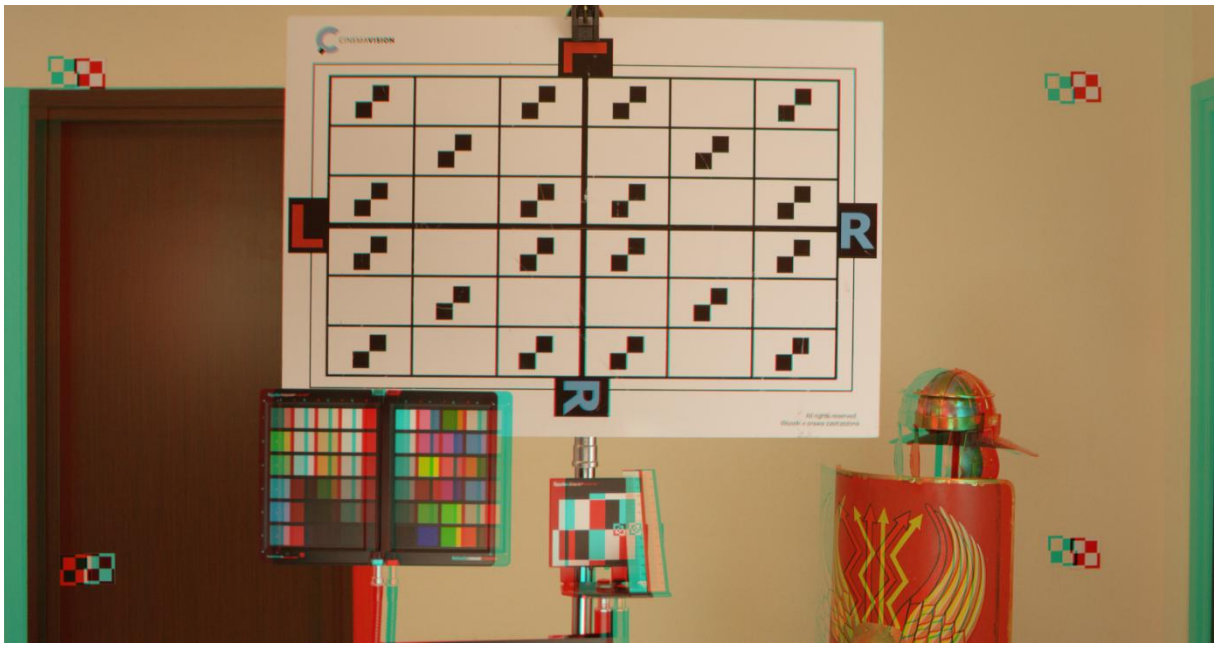




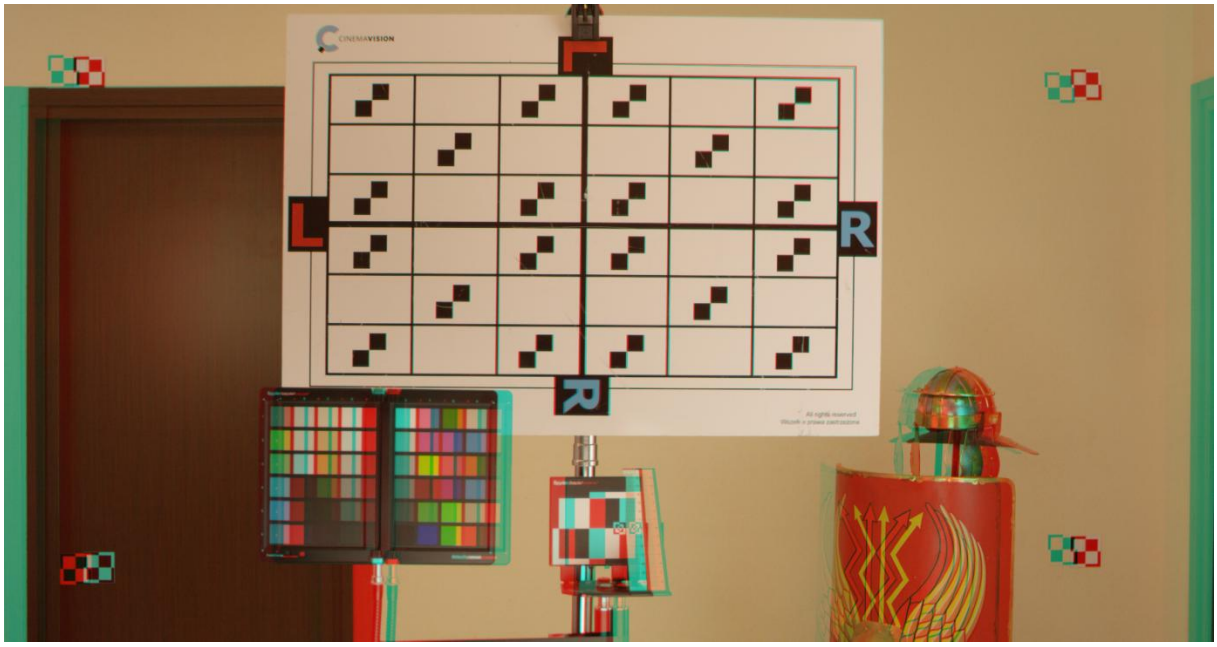


Omówienie wyników dla przypadku D15B4:

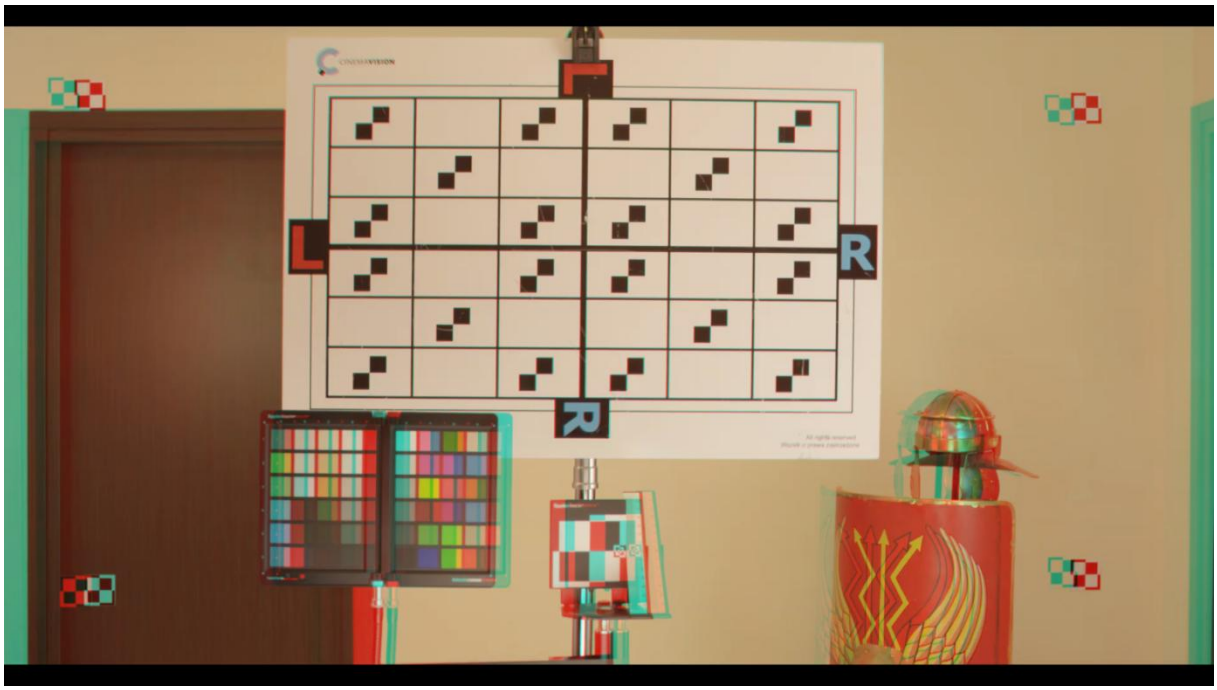
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie rotacji rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD jest znikomy w skali bezwzględnej wartości przesunięcia korygującego i mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



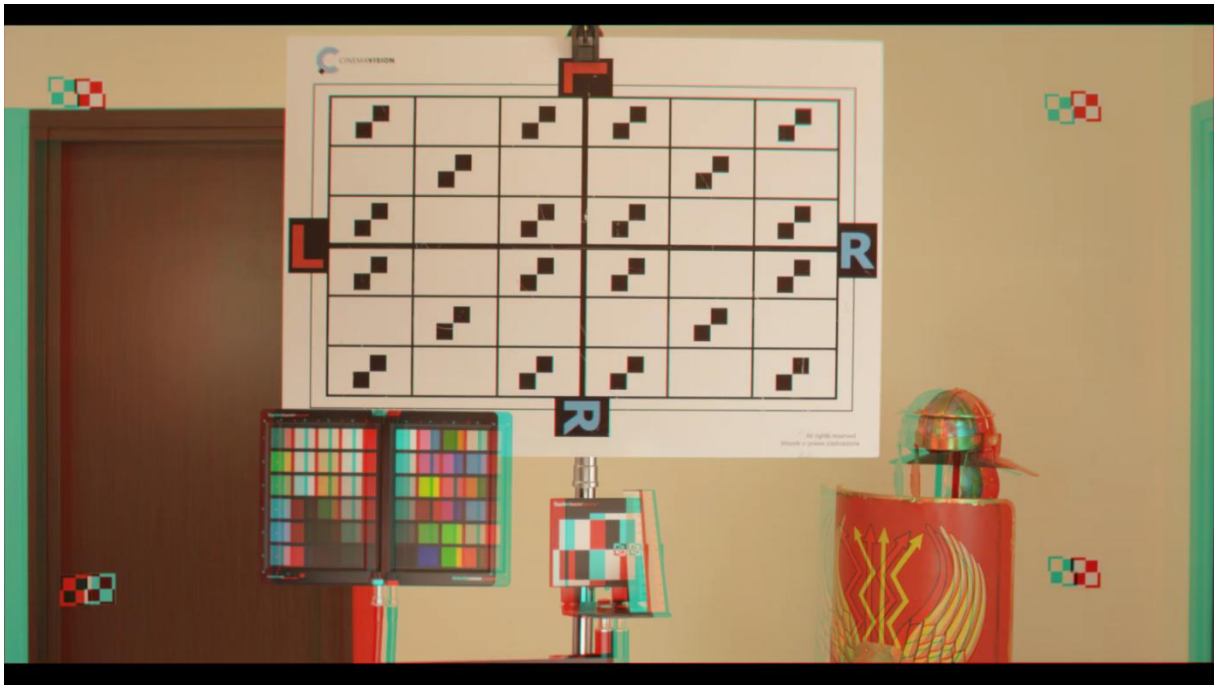
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D15B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



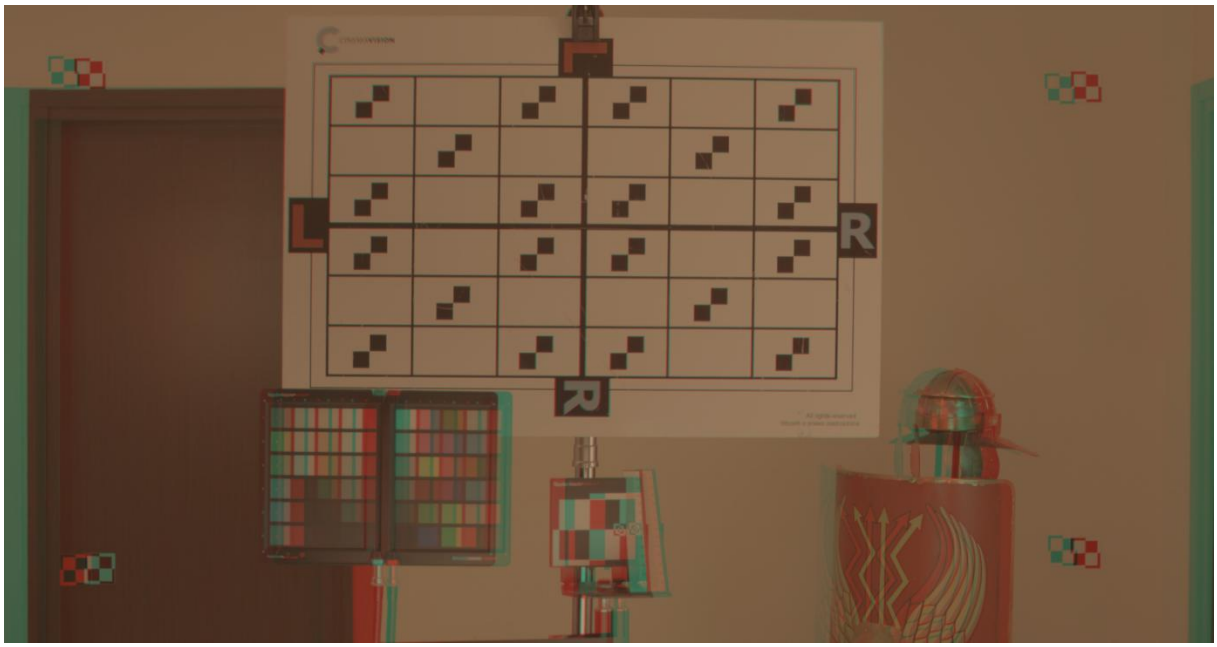
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D15B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



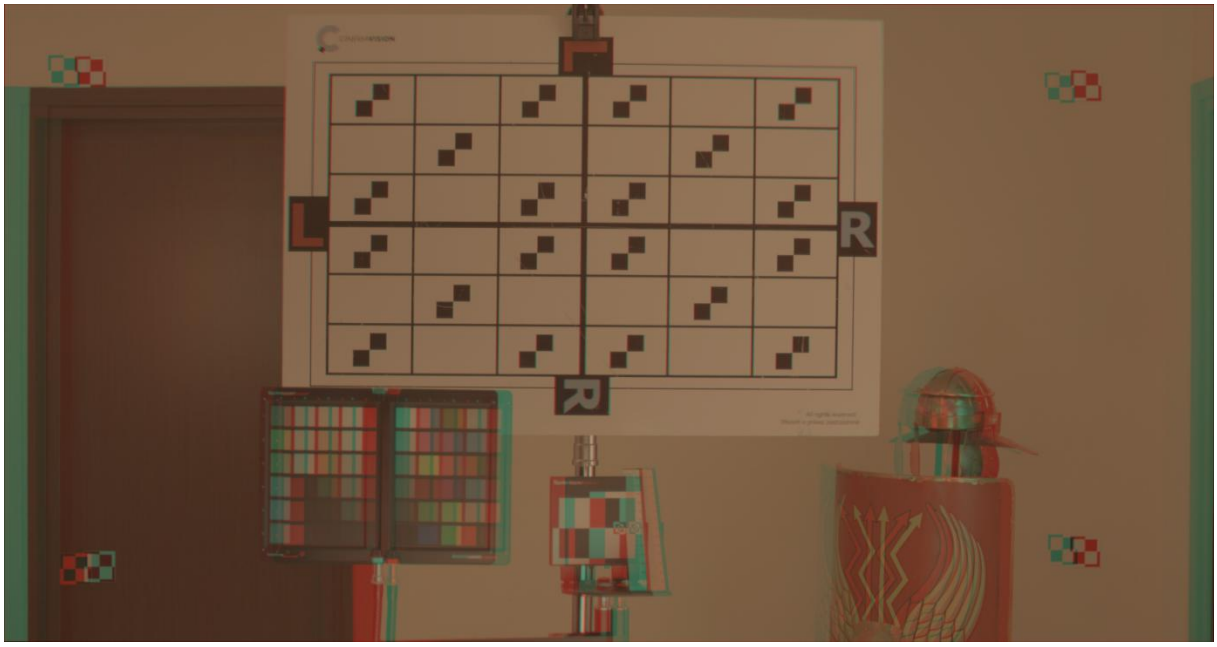
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D15B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D15B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D15B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



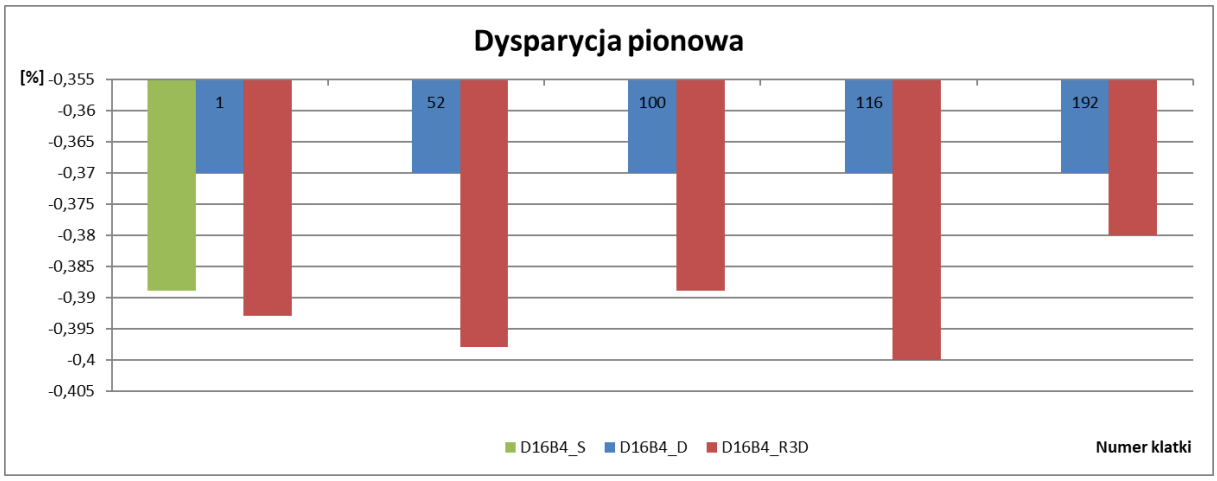
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D15B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

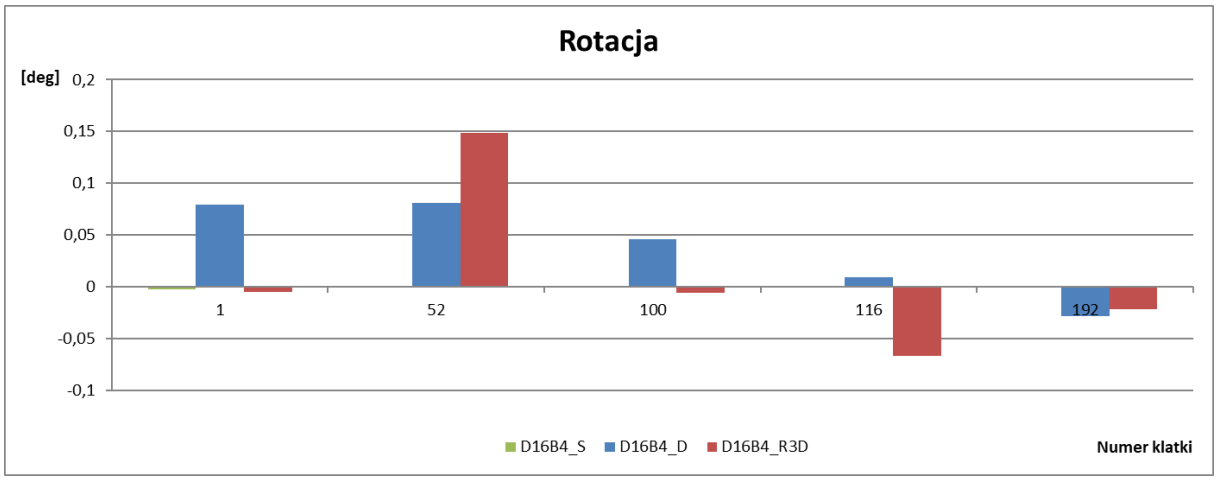
4.7. Zestawienie wyników dla przypadku D16B4

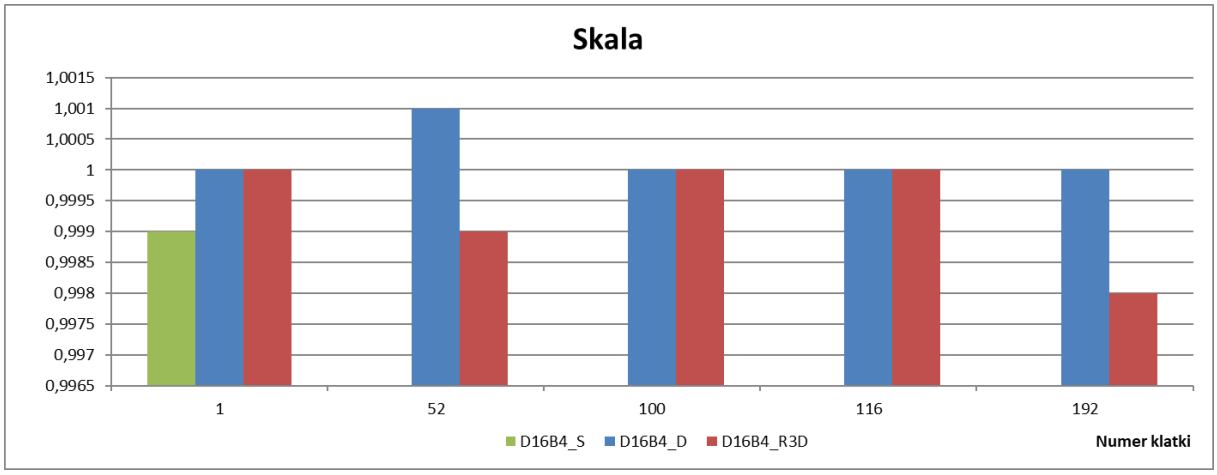
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy mocno w dół lub jest mocno przesunięta w dół (przesunięcie ok. 12-15px).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D16B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**-8**	**-0.370**			**0,05**		**1,000**	
D16B4S	4096:2160	1	-8.442	-0.391	-8.400	-0.389	-0.028	-0.002	0.999	0.999
D16B4D	1920:1080	1	-3.981	-0.369	-4.000	-0.370	0.023	0.079	1.000	1.000
D16B4D	1920:1080	52	-3.935	-0.364	-4.000	-0.370	0.056	0.081	1.001	1.001
D16B4D	1920:1080	100	-3.889	-0.360	-4.000	-0.370	0.048	0.046	1.001	1.000
D16B4D	1920:1080	116	-4.087	-0.378	-4.000	-0.370	0.045	0.009	1.000	1.000
D16B4D	1920:1080	192	-3.951	-0.366	-4.000	-0.370	0.010	-0.028	1.000	1.000
D16B4R3D	4096:2160	1	-8.244	-0.382	-8.480	-0.393	-0.070	-0.005	1.002	1.000
D16B4 R3D	4096:2160	52	-8.391	-0.388	-8.600	-0.398	0.130	0.149	0.998	0.999
D16B4 R3D	4096:2160	100	-8.216	-0.380	-8.400	-0.389	-0.001	-0.006	1.001	1.000
D16B4 R3D	4096:2160	116	-8.476	-0.392	-8.640	-0.400	-0.113	-0.067	1.000	1.000
D16B4 R3D	4096:2160	192	-8.079	-0.374	-8.200	-0.380	-0.059	-0.022	0.997	0.998

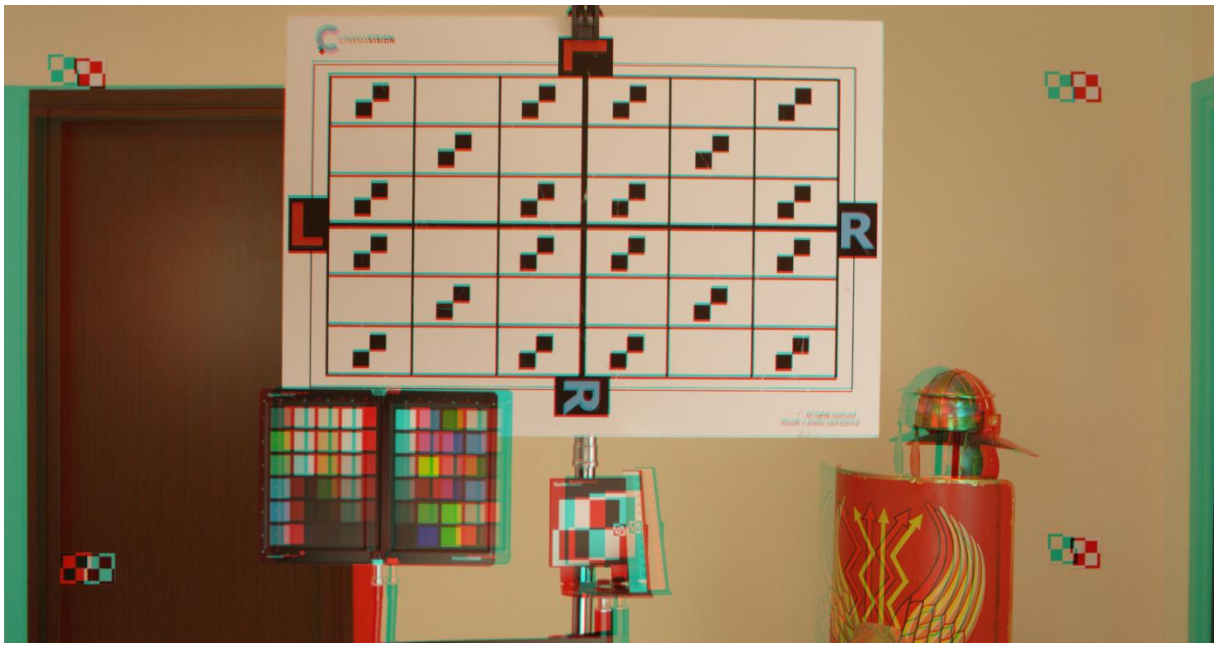




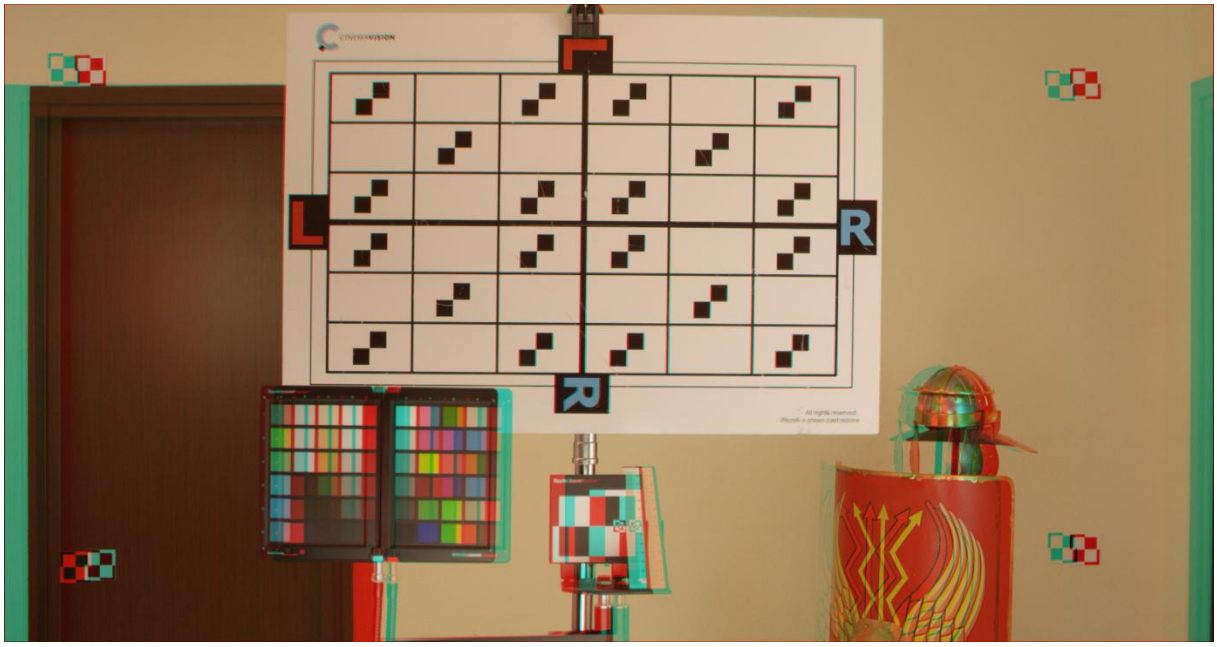


Omówienie wyników dla przypadku D16B4:

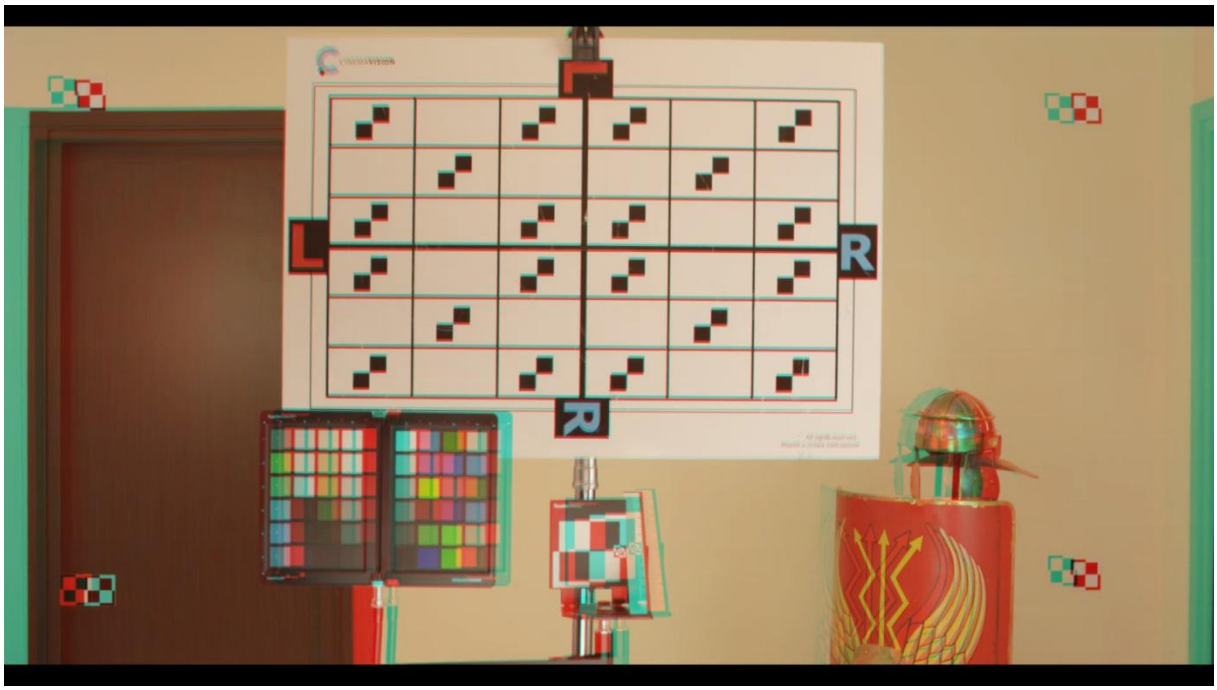
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie rotacji rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD jest znikomy w skali bezwzględnej wartości przesunięcia korygującego i mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



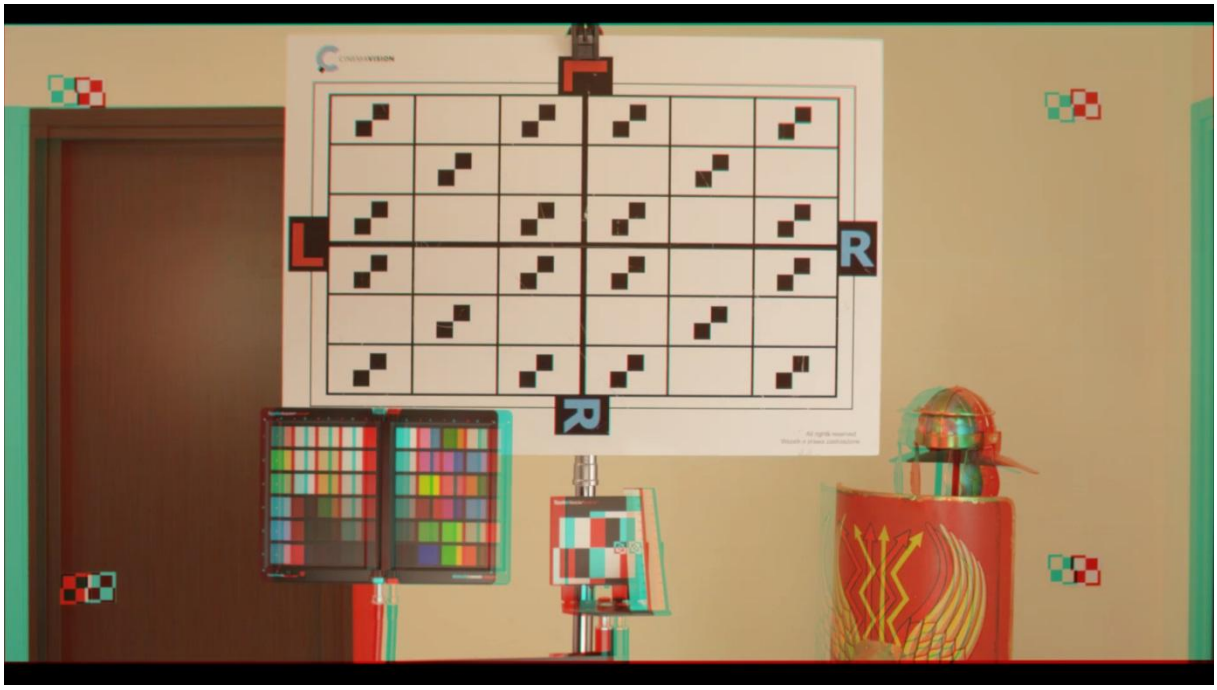
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D16B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D16B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

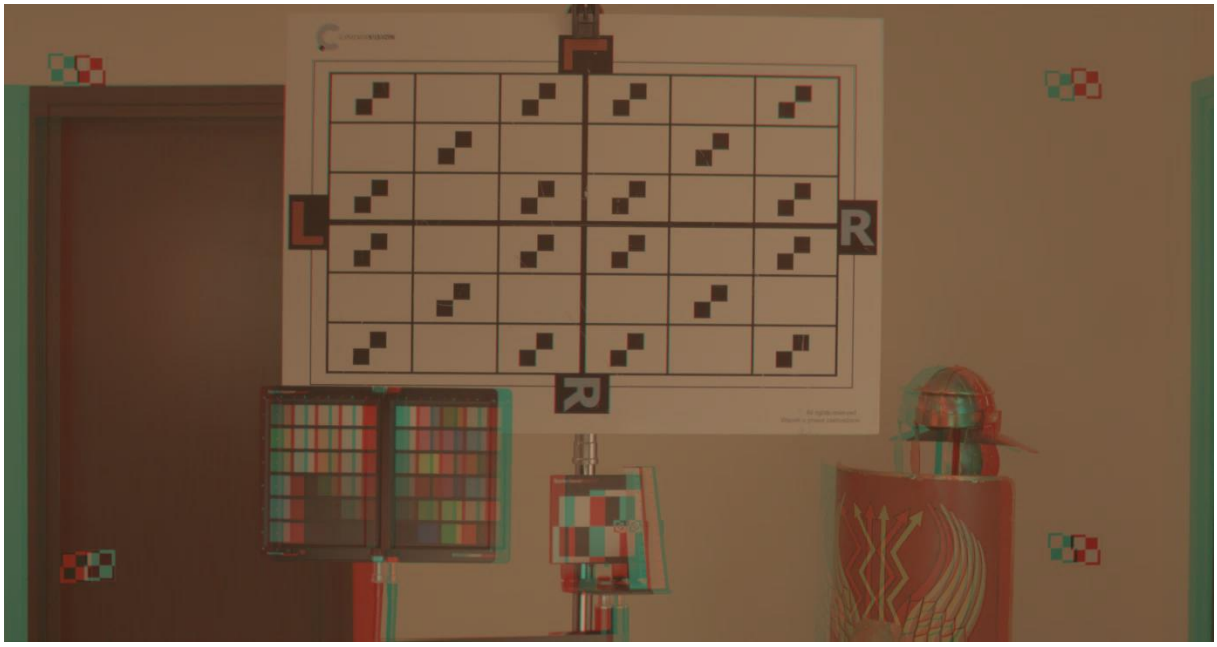


Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D16B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D16B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D16B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



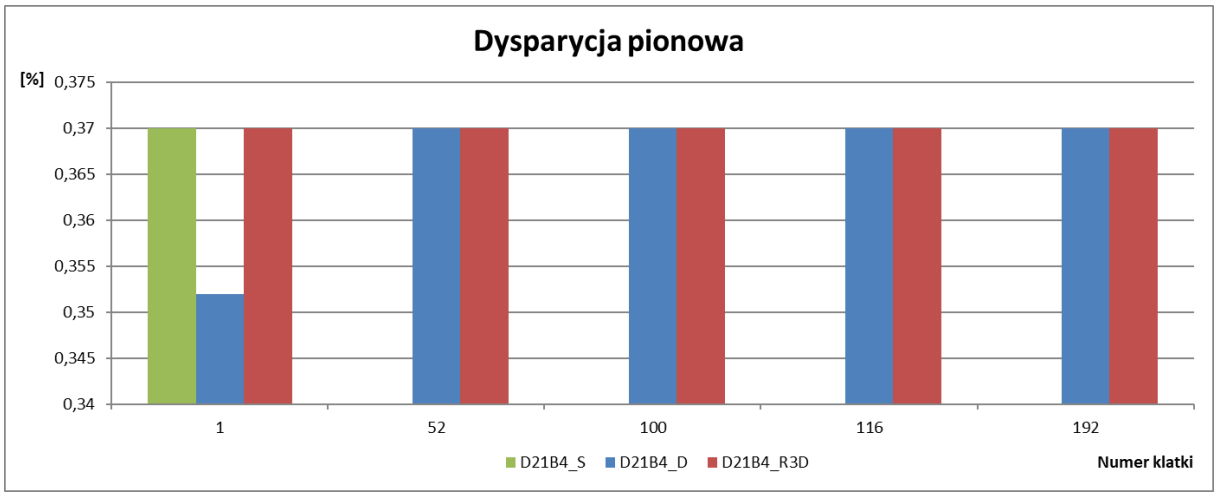
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D16B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

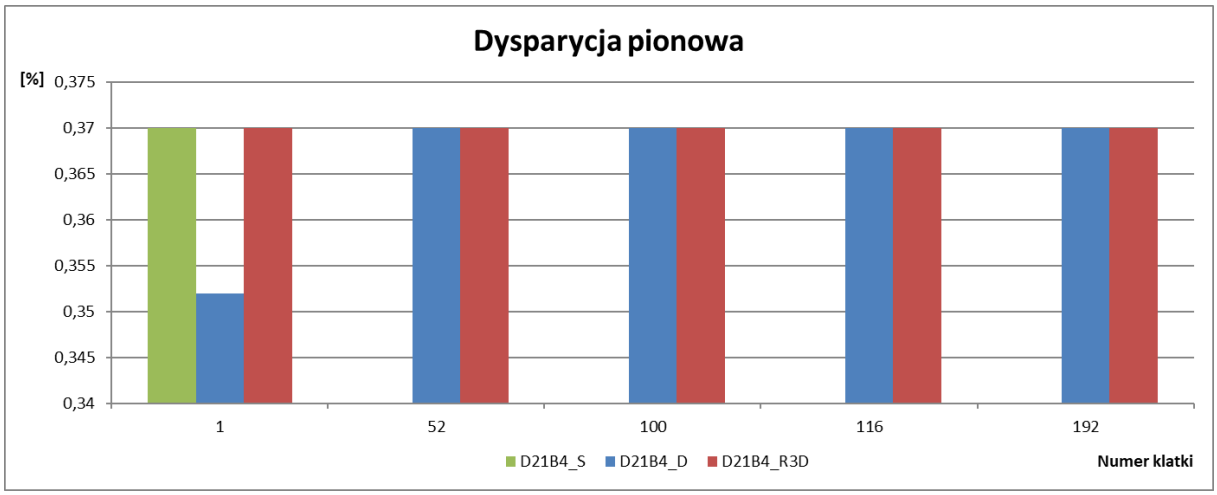
4.8. Zestawienie wyników dla przypadku D21B4

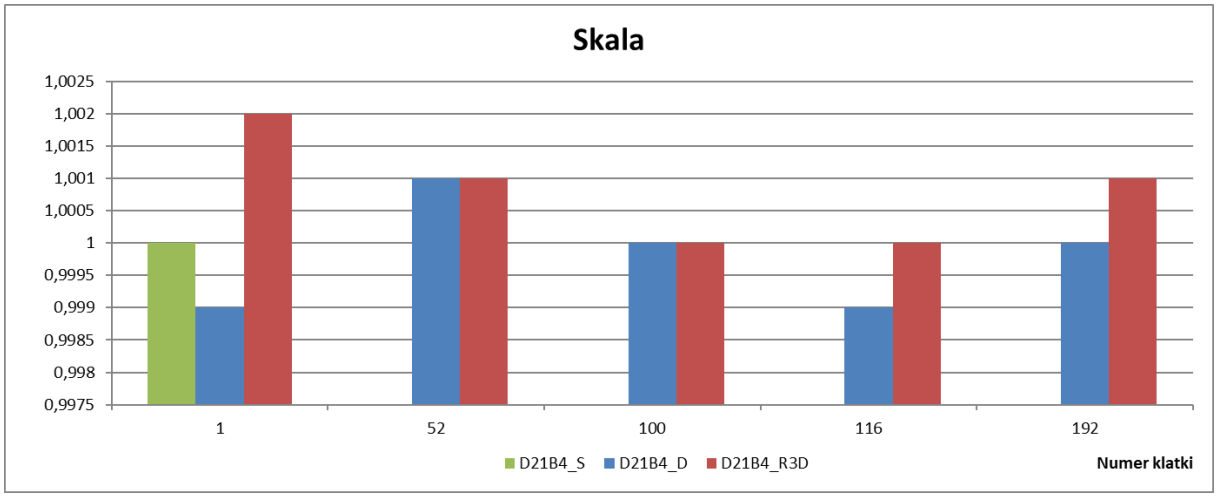
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona lekko przeciwnie do wskazówek zegara (przesunięcie ok. 2-4 px na obrzeżach tablicy).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D21B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**8**	**0,370**			**0,02**		**1,000**	
D21B4S	4096:2160	1	7.944	0.368	8.000	0.370	0.127	0.108	1.000	1.000
D21B4D	1920:1080	1	3.516	0.326	3.800	0.352	-0.026	0.024	0.998	0.999
D21B4D	1920:1080	52	3.687	0.341	4.000	0.370	0.150	0.140	1.002	1.001
D21B4D	1920:1080	100	3.683	0.341	4.000	0.370	0.164	0.177	1.000	1.000
D21B4D	1920:1080	116	3.871	0.358	4.000	0.370	0.031	0.035	1.000	0.999
D21B4D	1920:1080	192	3.706	0.343	4.000	0.370	0.054	0.045	1.000	1.000
D21B4R3D	4096:2160	1	8.099	0.375	8.000	0.370	0.153	0.143	1.004	1.002
D21B4 R3D	4096:2160	52	8.001	0.370	8.000	0.370	0.123	0.122	1.003	1.001
D21B4 R3D	4096:2160	100	7.996	0.370	8.000	0.370	0.169	0.186	1.000	1.000
D21B4 R3D	4096:2160	116	7.913	0.366	8.000	0.370	0.127	0.112	0.999	1.000
D21B4 R3D	4096:2160	192	8.258	0.382	8.000	0.370	0.212	0.229	1.002	1.001

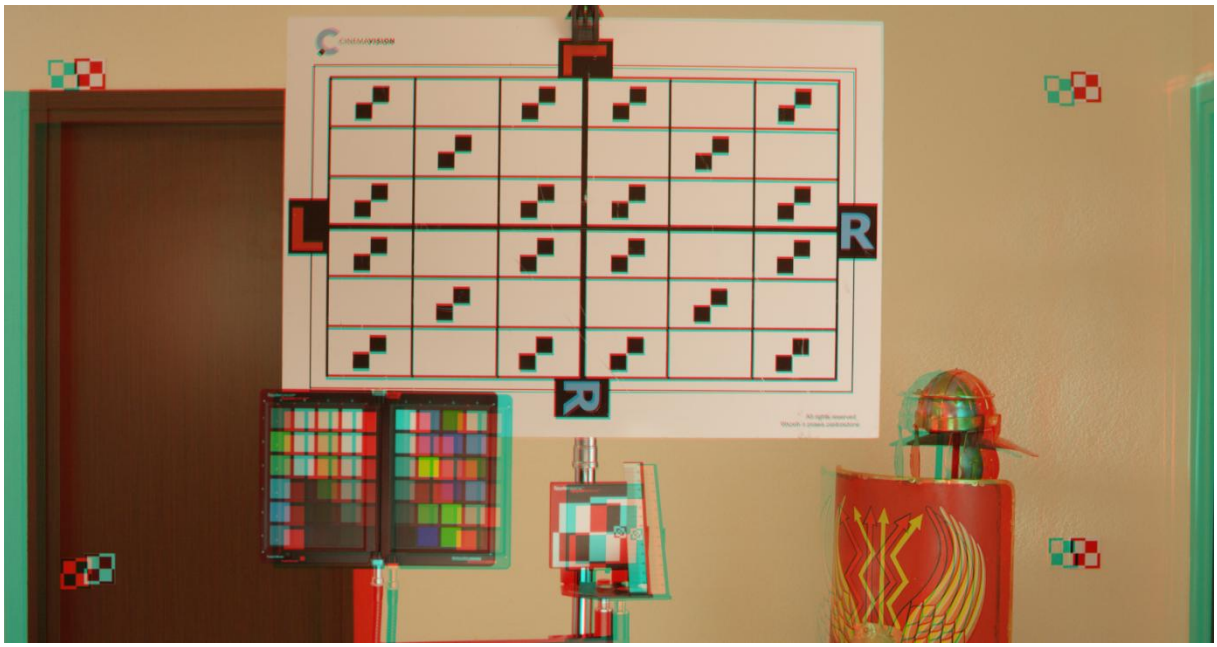




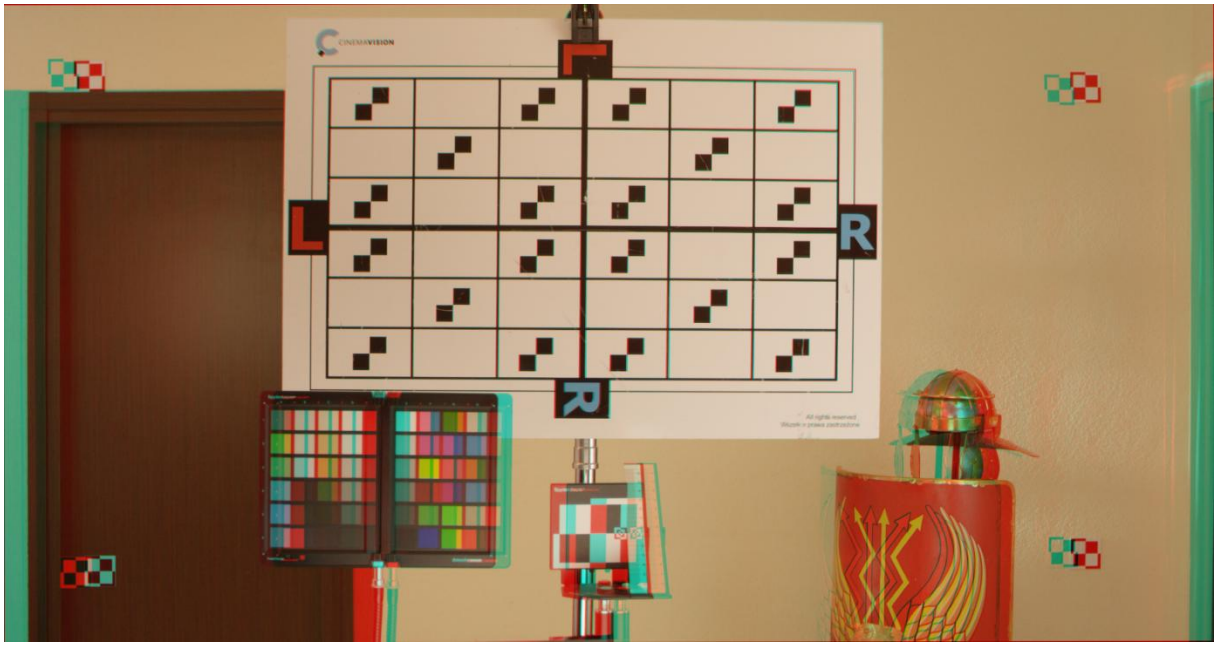


Omówienie wyników dla przypadku D21B4:

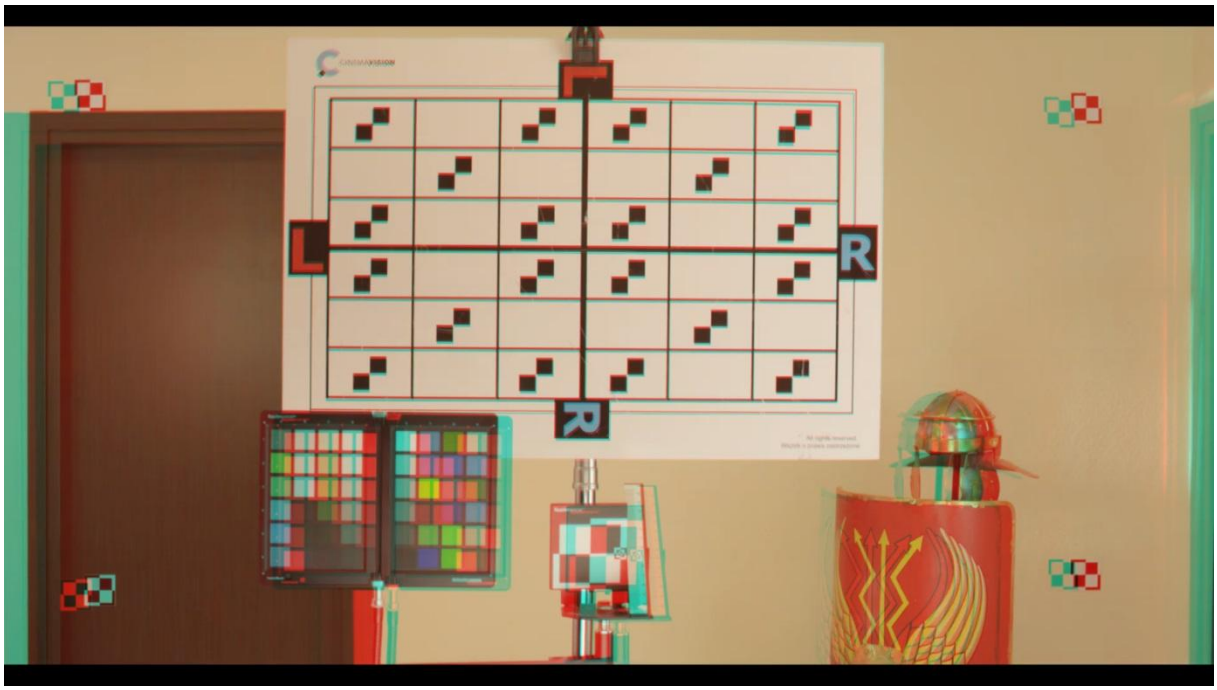
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów.



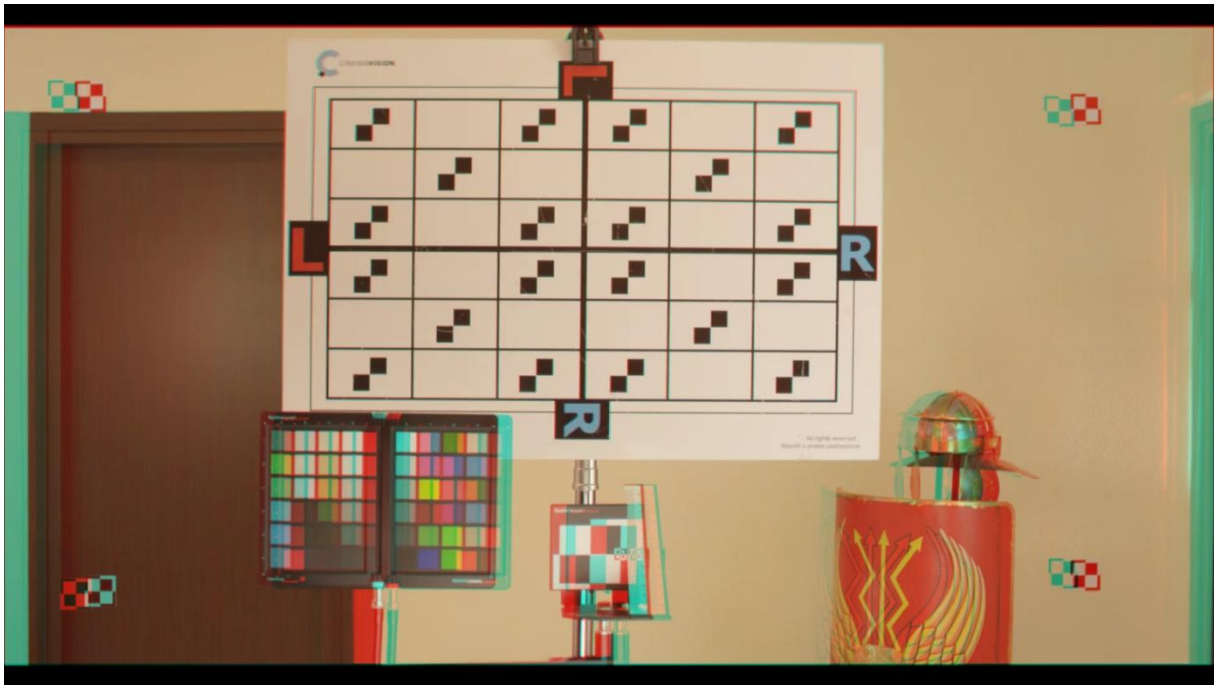
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D21B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D21B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

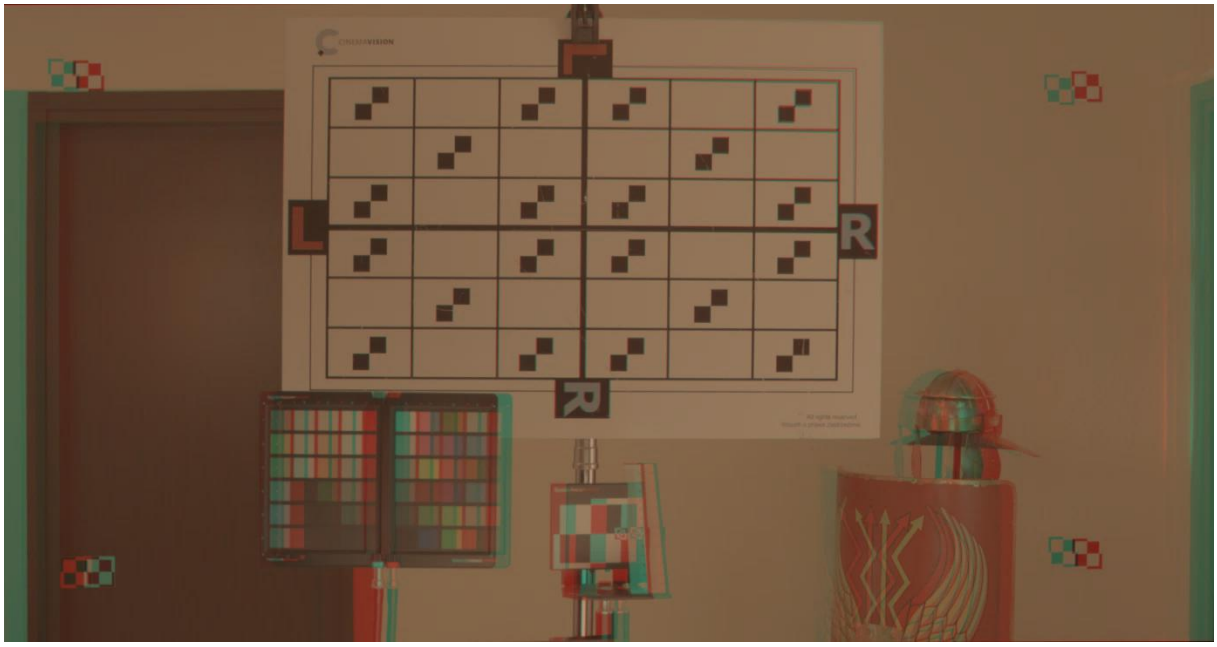


Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D21B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D21B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D21B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



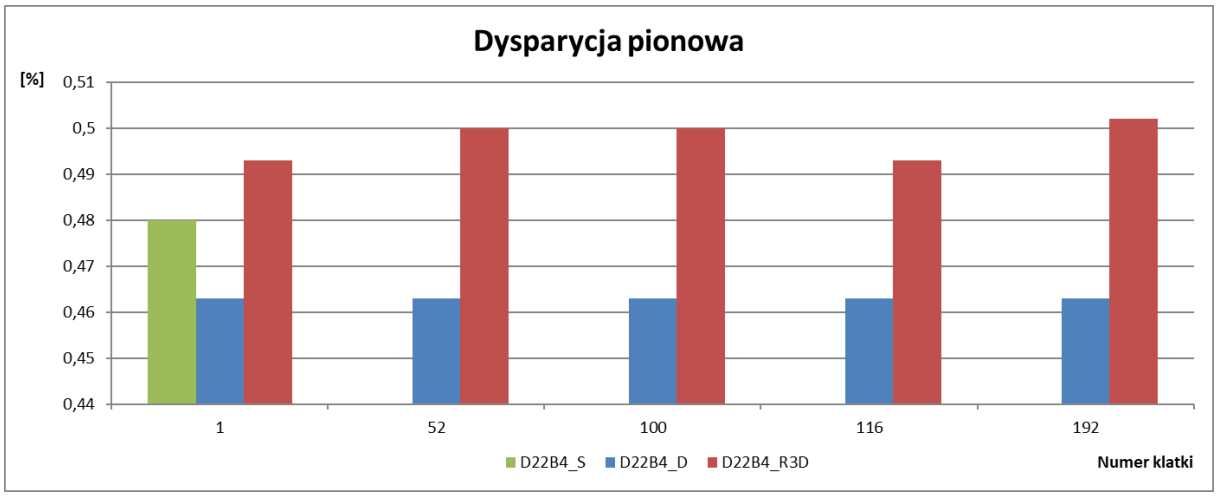
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D21B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

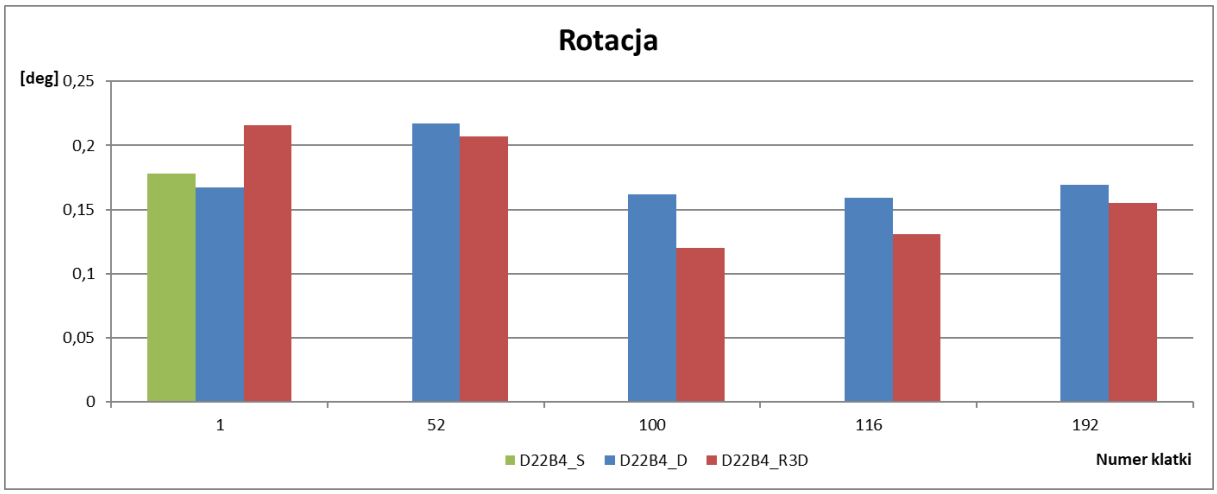
4.9. Zestawienie wyników dla przypadku D22B4

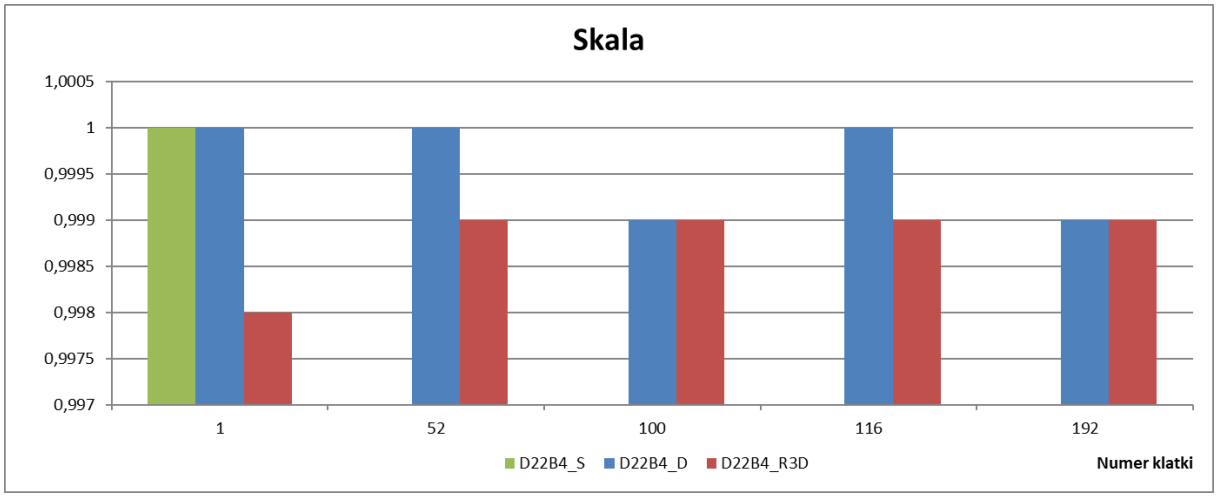
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona bardziej przeciwnie do wskazówek zegara (przesunięcie ok. 5-8 px na obrzeżach tablicy).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D22B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**11**	**0,509**			**0,09**		**1,000**	
D22B4S	4096:2160	1	10.473	0.485	10.368	0.480	0.165	0.178	1.000	1.000
D22B4D	1920:1080	1	5.095	0.472	5.000	0.463	0.132	0.167	1.000	1.000
D22B4D	1920:1080	52	5.064	0.469	5.000	0.463	0.213	0.217	1.001	1.000
D22B4D	1920:1080	100	5.044	0.467	5.000	0.463	0.171	0.162	0.999	0.999
D22B4D	1920:1080	116	5.253	0.486	5.000	0.463	0.162	0.159	1.000	1.000
D22B4D	1920:1080	192	5.141	0.476	5.000	0.463	0.166	0.169	0.998	0.999
D22B4R3D	4096:2160	1	10.816	0.501	10.656	0.493	0.166	0.216	0.997	0.998
D22B4 R3D	4096:2160	52	10.854	0.503	10.800	0.500	0.191	0.207	0.999	0.999
D22B4 R3D	4096:2160	100	10.784	0.499	10.800	0.500	0.130	0.120	0.998	0.999
D22B4 R3D	4096:2160	116	10.774	0.499	10.656	0.493	0.105	0.131	0.998	0.999
D22B4 R3D	4096:2160	192	10.882	0.504	10.848	0.502	0.146	0.155	0.999	0.999

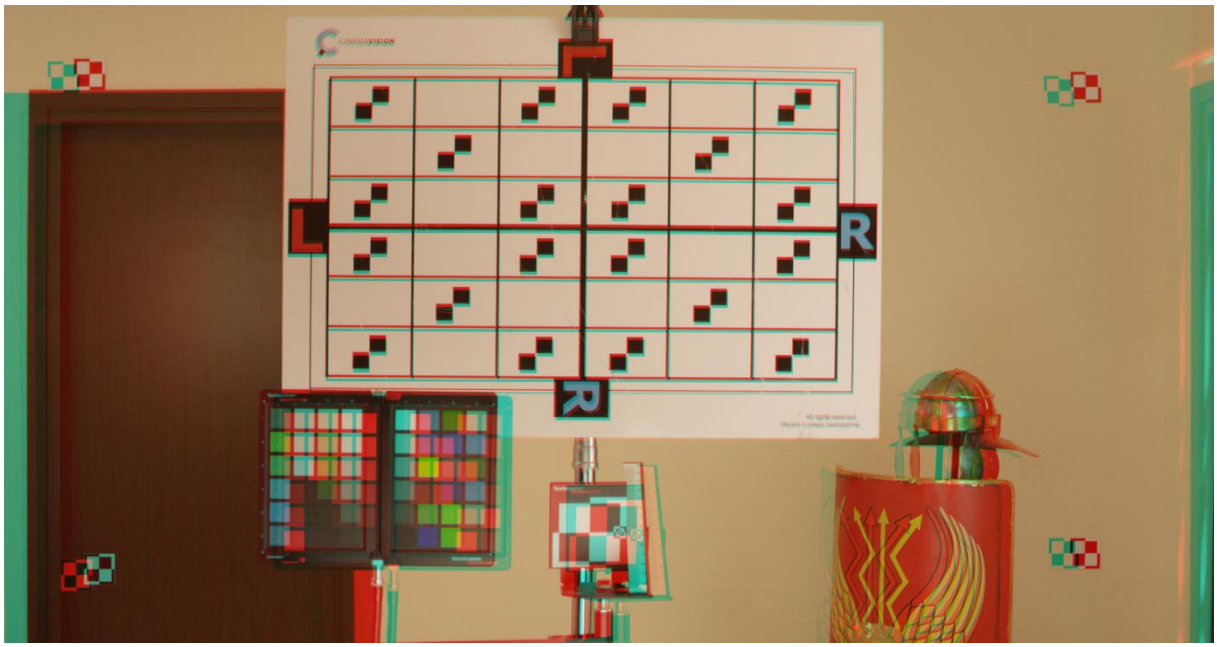




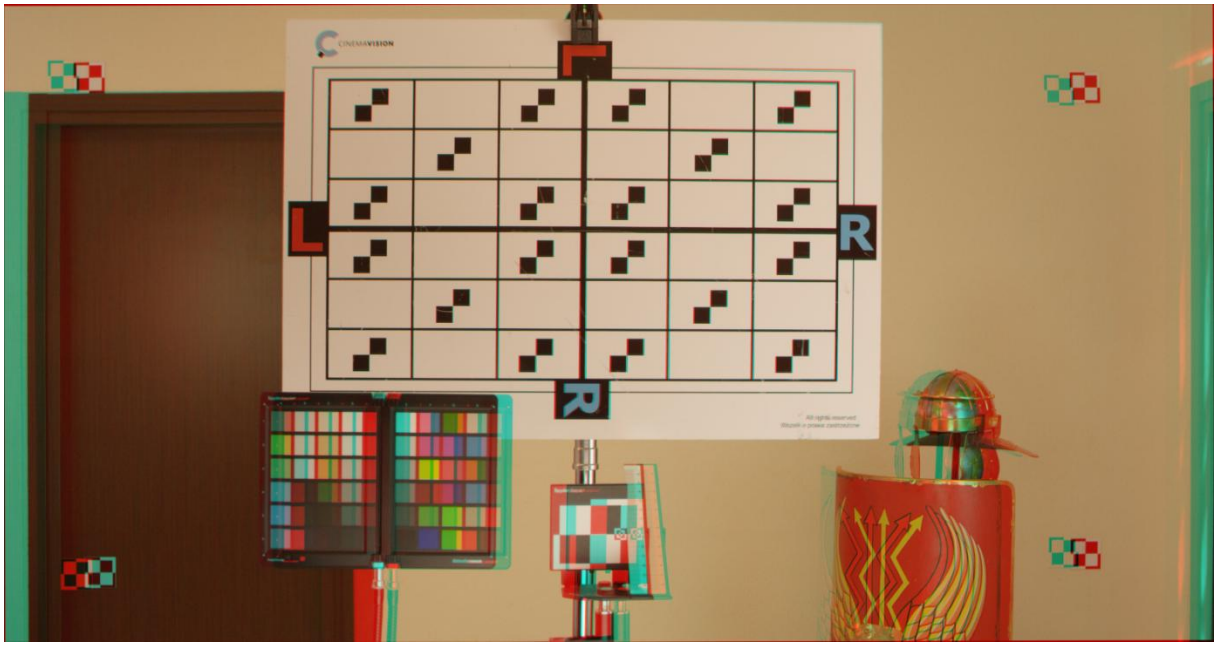


Omówienie wyników dla przypadku D22B4:

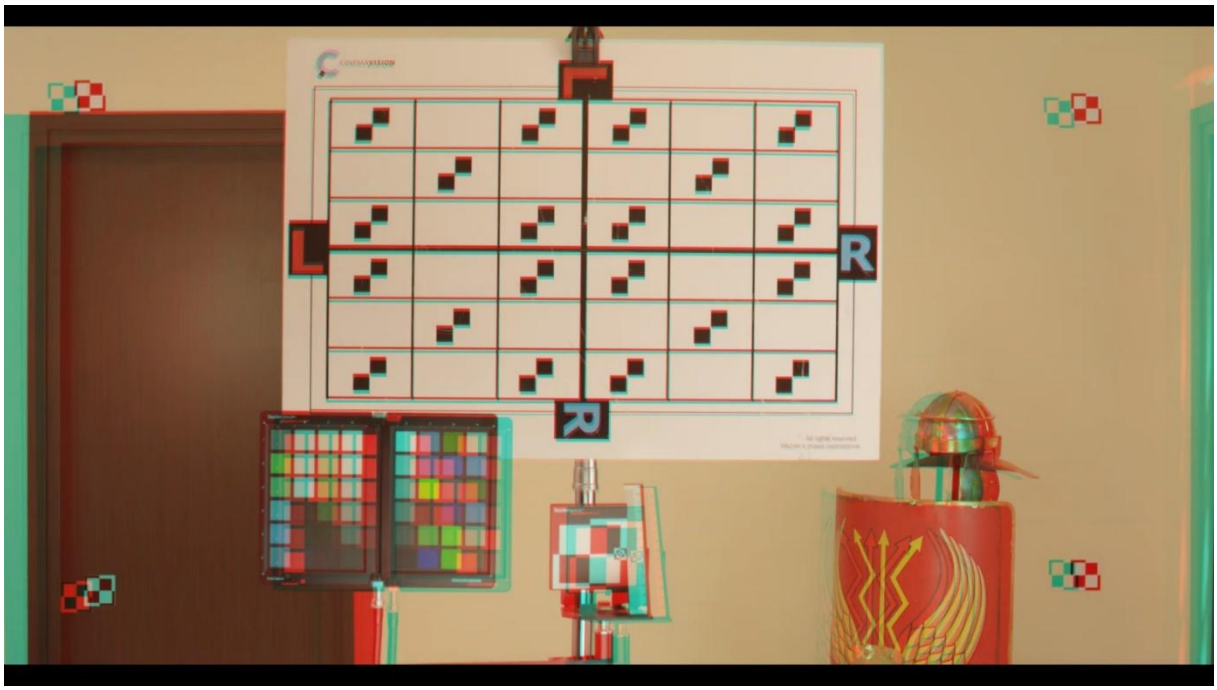
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie rotacji rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD jest znikomy w skali bezwzględnej wartości przesunięcia korygującego i mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



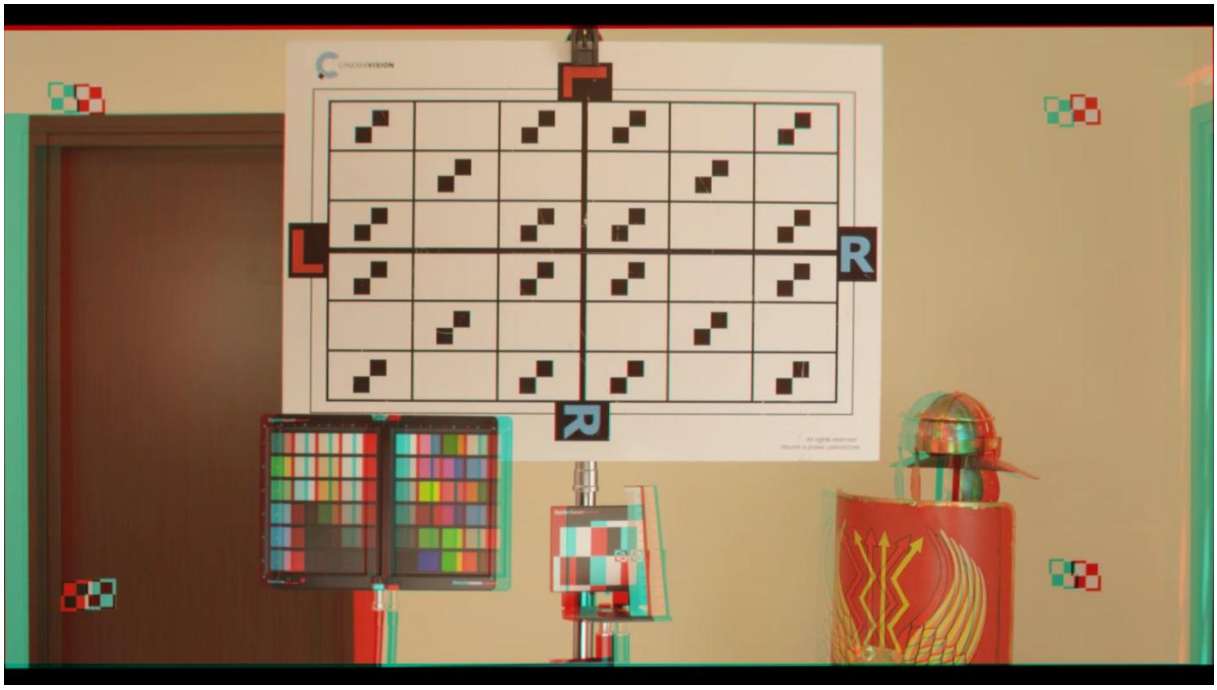
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D22B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D22B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

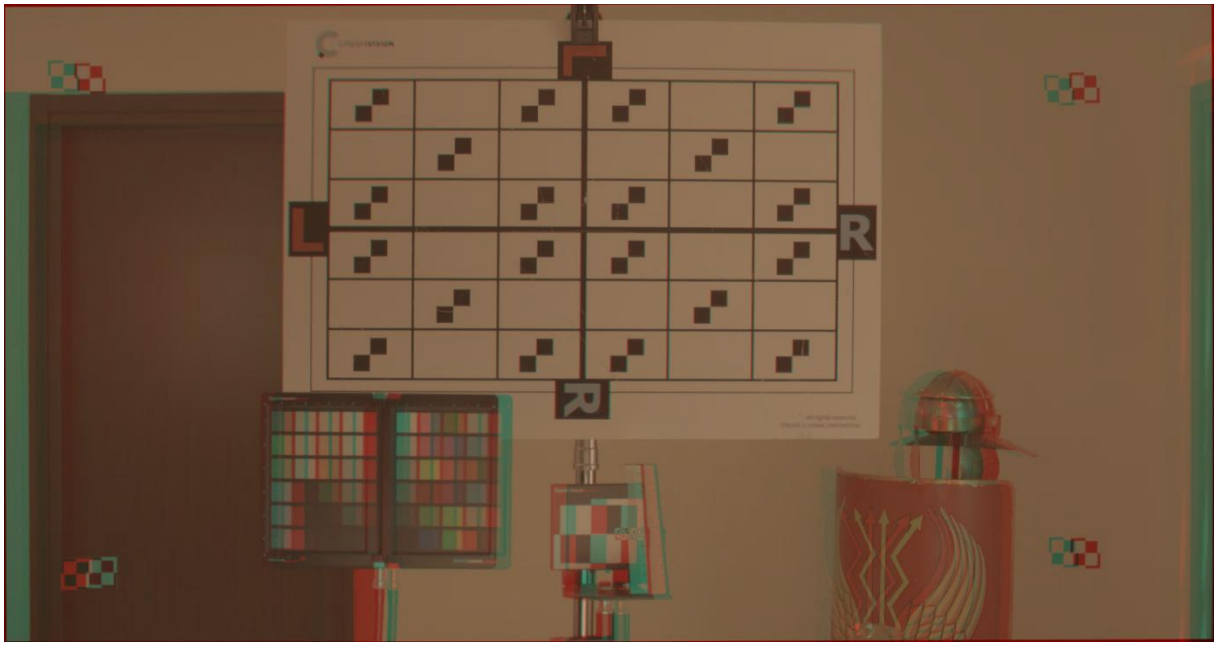


Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D22B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D22B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D22B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



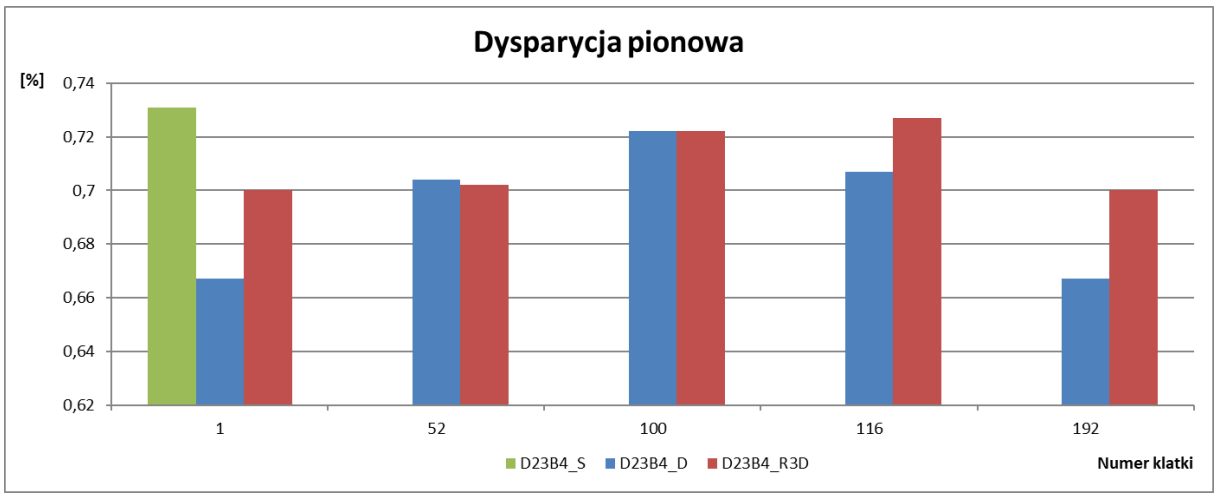
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D22B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

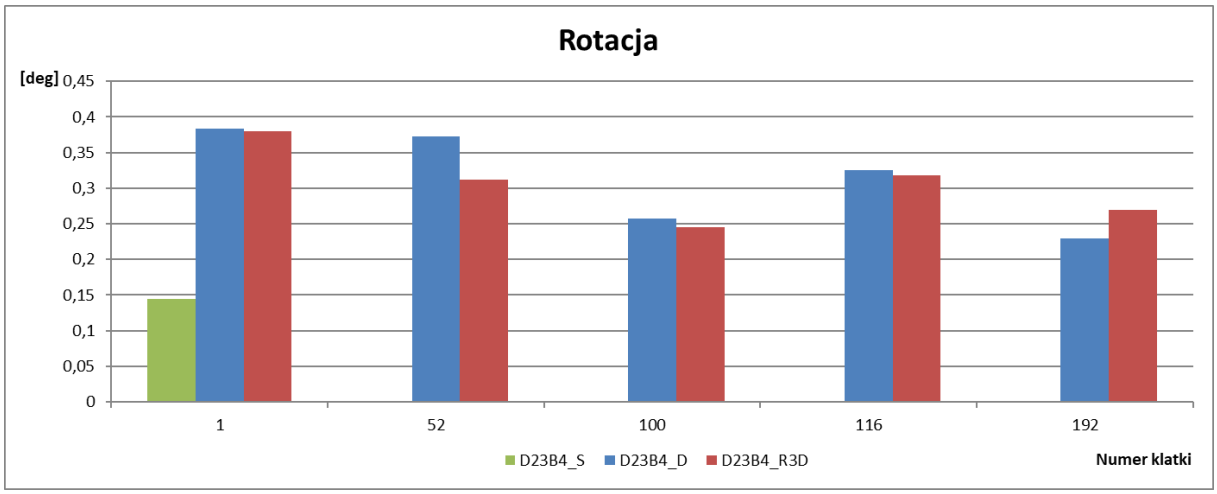
4.10. Zestawienie wyników dla przypadku D23B4

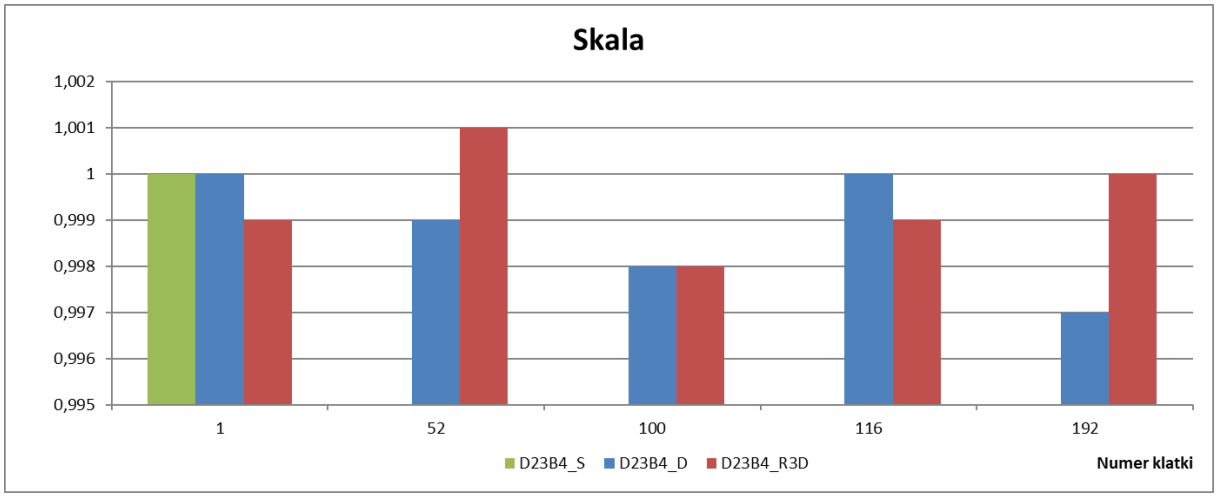
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona mocno przeciwnie do wskazówek zegara (przesunięcie ok. 12-15 px na obrzeżach tablicy).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D23B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**14**	**0,648**			**0,22**		**1,000**	
D23B4S	4096:2160	1	15.624	0.723	15.800	0.731	0.112	0.144	0.999	1.000
D23B4D	1920:1080	1	7.189	0.666	7.200	0.667	0.322	0.383	0.999	1.000
D23B4D	1920:1080	52	7.304	0.676	7.600	0.704	0.377	0.372	0.998	0.999
D23B4D	1920:1080	100	7.416	0.687	7.800	0.722	0.244	0.257	0.996	0.998
D23B4D	1920:1080	116	7.333	0.679	7.640	0.707	0.298	0.325	1.000	1.000
D23B4D	1920:1080	192	7.252	0.671	7.200	0.667	0.215	0.230	0.996	0.997
D23B4R3D	4096:2160	1	15.264	0.707	15.120	0.700	0.371	0.380	0.999	0.999
D23B4 R3D	4096:2160	52	15.192	0.703	15.160	0.702	0.316	0.312	1.001	1.001
D23B4 R3D	4096:2160	100	15.324	0.709	15.600	0.722	0.276	0.245	0.998	0.998
D23B4 R3D	4096:2160	116	15.533	0.719	15.696	0.727	0.255	0.318	0.999	0.999
D23B4 R3D	4096:2160	192	14.954	0.692	15.120	0.700	0.252	0.270	1.000	1.000

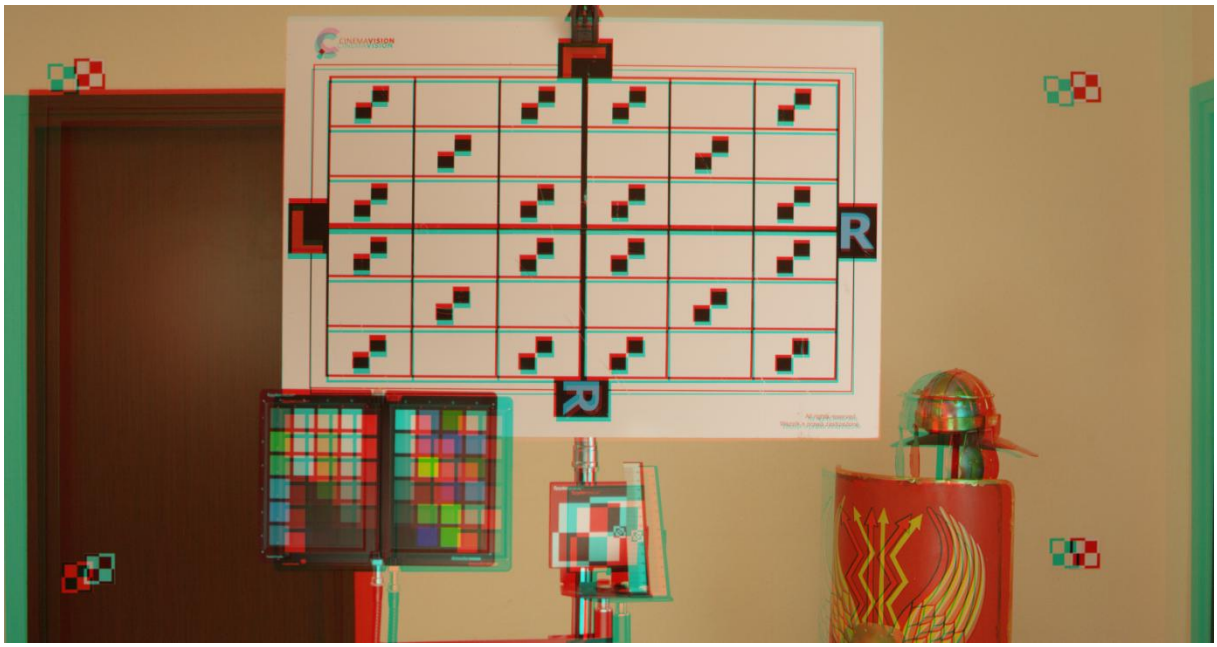




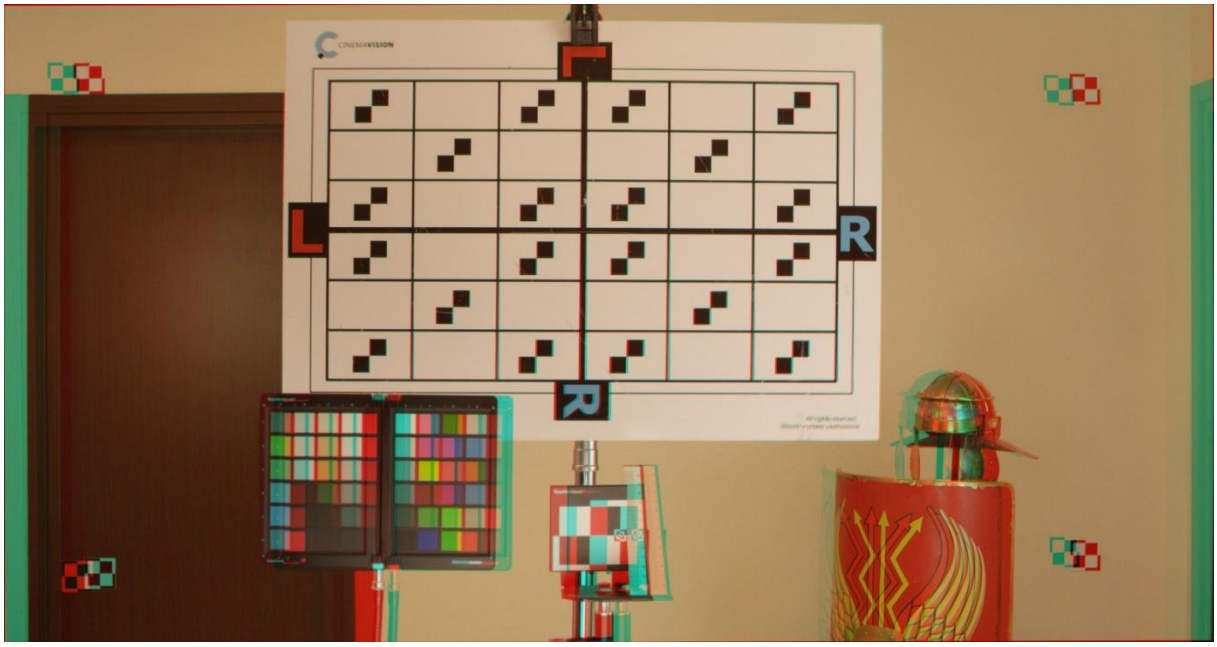


Omówienie wyników dla przypadku D23B4:

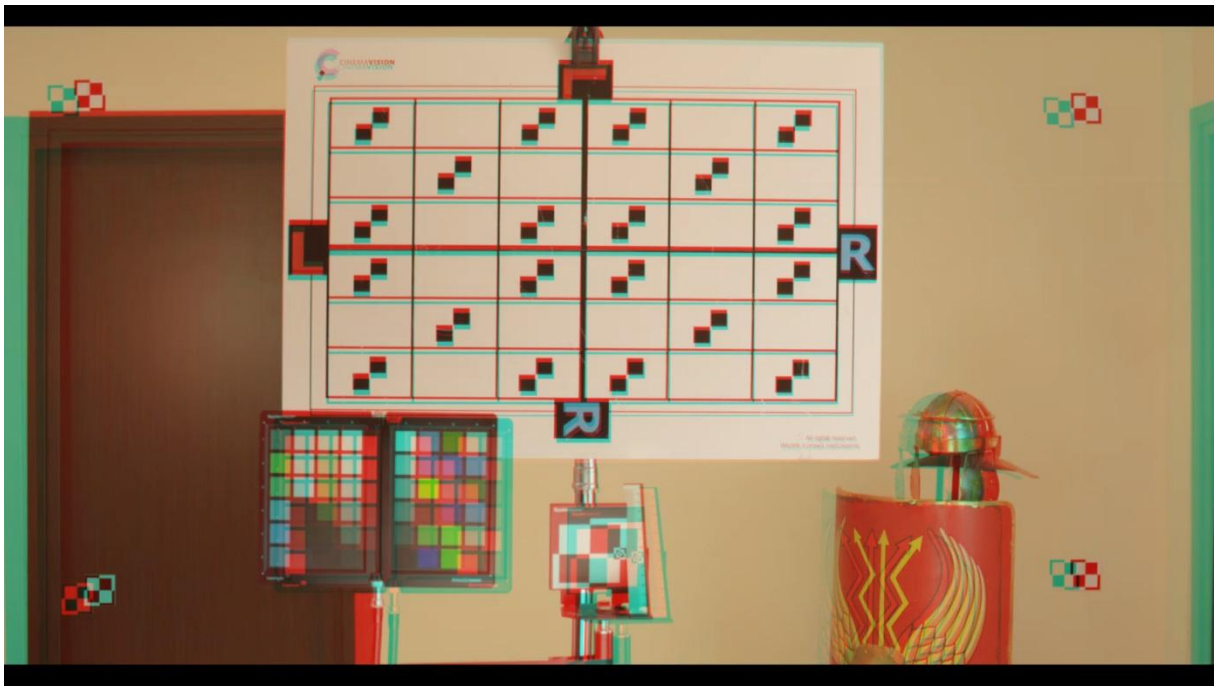
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów.



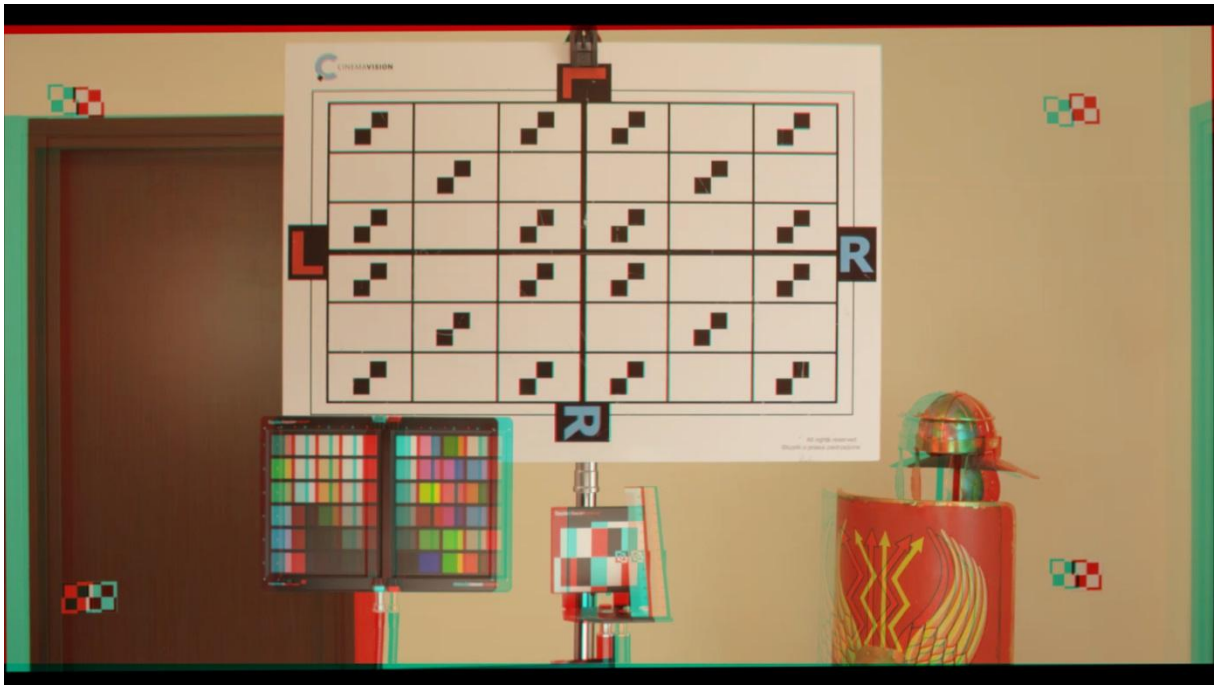
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D23B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D23B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

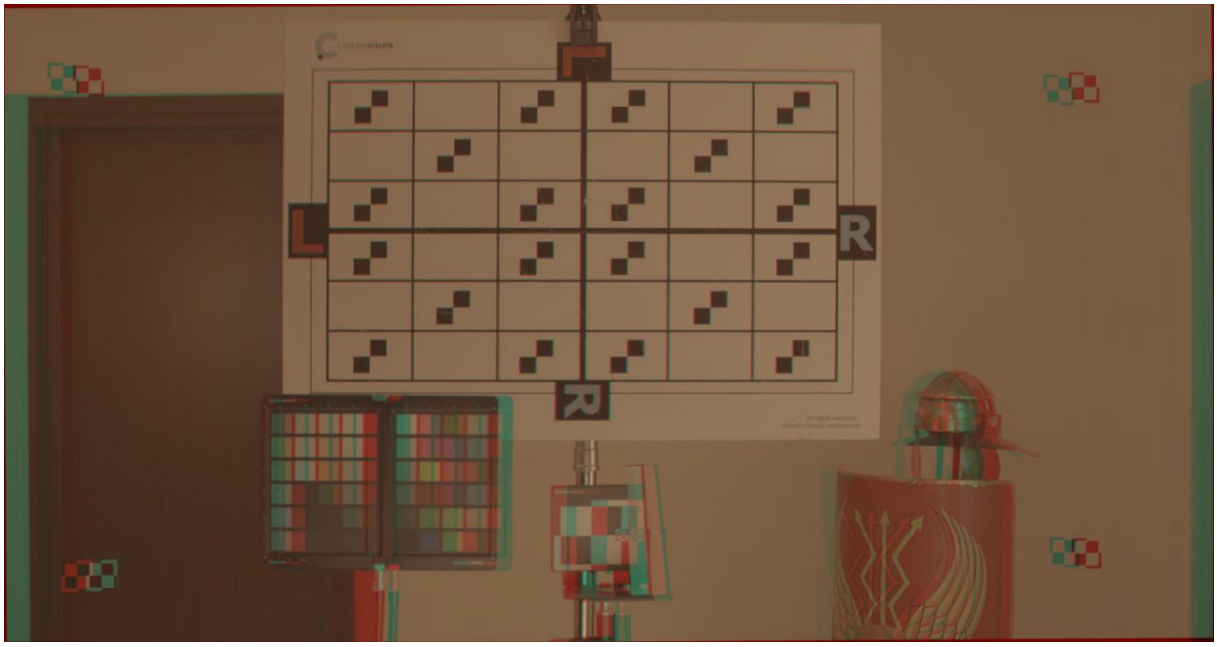


Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D23B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D23B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D23B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



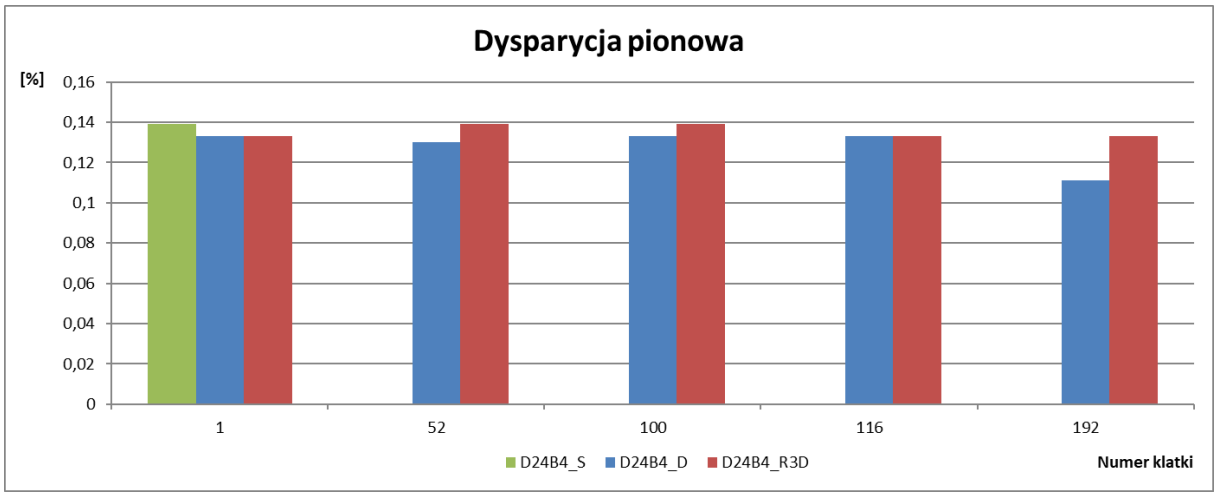
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D23B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

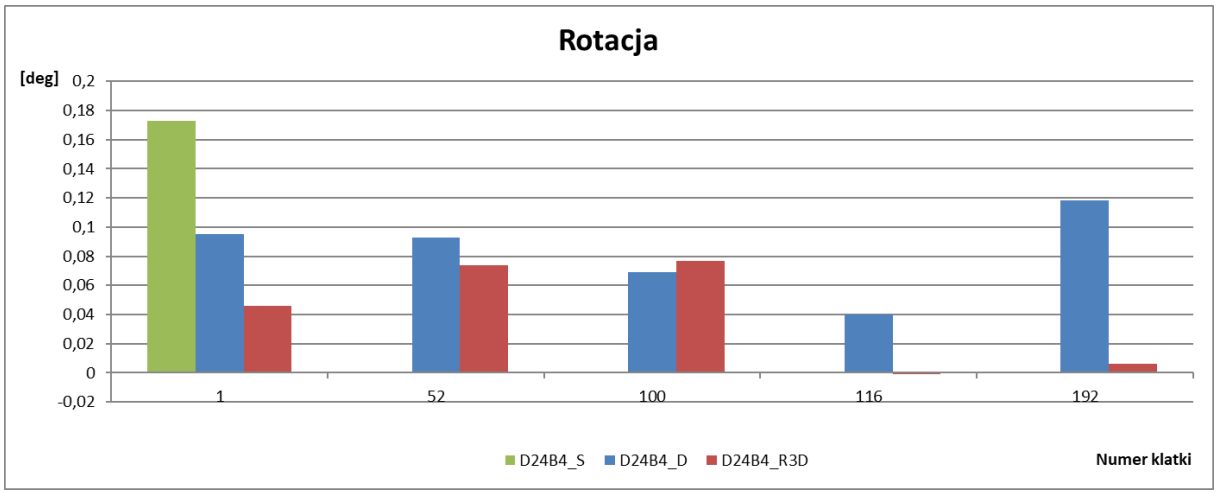
4.11. Zestawienie wyników dla przypadku D24B4

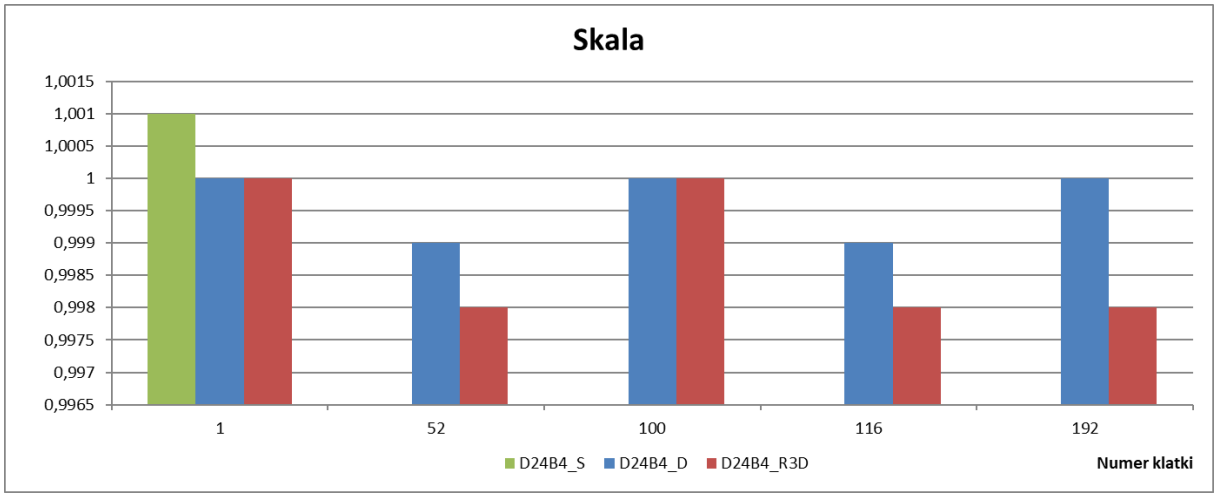
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona lekko zgodnie ze wskazówkami zegara (przesunięcie ok. 2-4 px na obrzeżach tablicy).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D24B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**3**	**0,138**			**0,04**		**1,000**	
D24B4S	4096:2160	1	3.281	0.152	3.000	0.139	0.201	0.173	1.000	1.001
D24B4D	1920:1080	1	1.501	0.139	1.440	0.133	0.123	0.095	1.000	1.000
D24B4D	1920:1080	52	1.375	0.127	1.400	0.130	0.077	0.093	0.999	0.999
D24B4D	1920:1080	100	1.465	0.136	1.440	0.133	0.054	0.069	0.999	1.000
D24B4D	1920:1080	116	1.480	0.137	1.440	0.133	0.012	0.040	0.998	0.999
D24B4D	1920:1080	192	1.388	0.129	1.200	0.111	0.070	0.118	0.999	1.000
D24B4R3D	4096:2160	1	2.897	0.134	2.880	0.133	0.019	0.046	1.000	1.000
D24B4 R3D	4096:2160	52	3.060	0.142	3.000	0.139	0.023	0.074	0.997	0.998
D24B4 R3D	4096:2160	100	3.043	0.141	3.000	0.139	0.082	0.077	1.001	1.000
D24B4 R3D	4096:2160	116	2.816	0.130	2.880	0.133	-0.032	-0.001	0.996	0.998
D24B4 R3D	4096:2160	192	2.856	0.132	2.880	0.133	-0.034	0.006	0.997	0.998

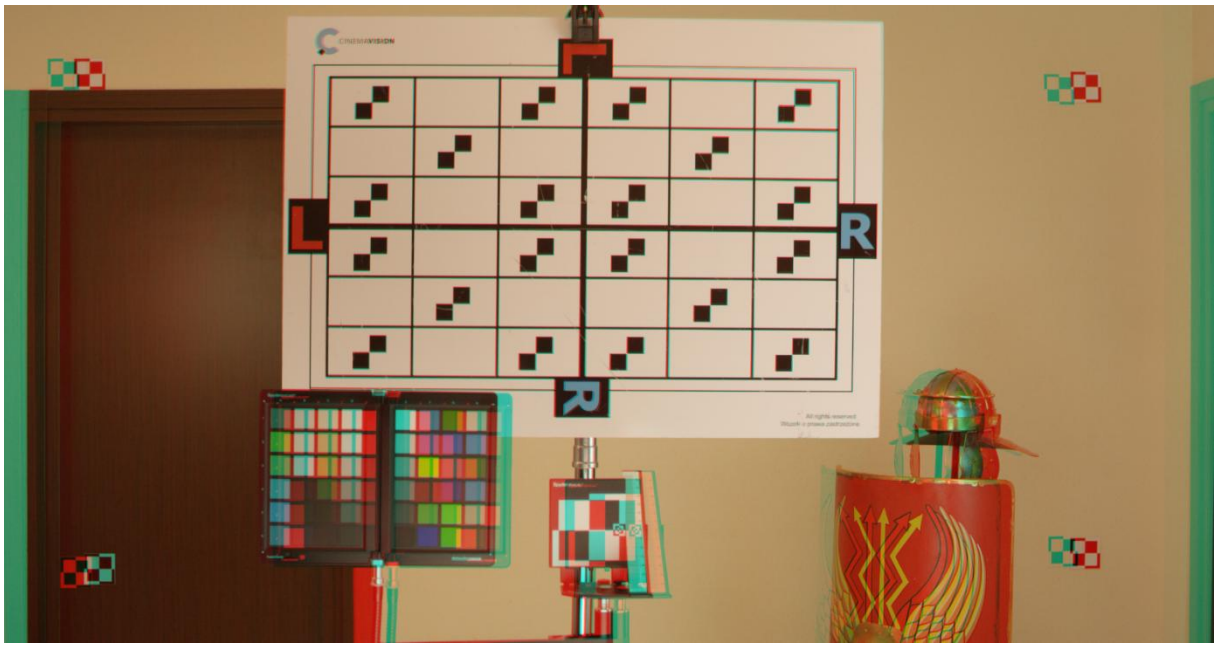




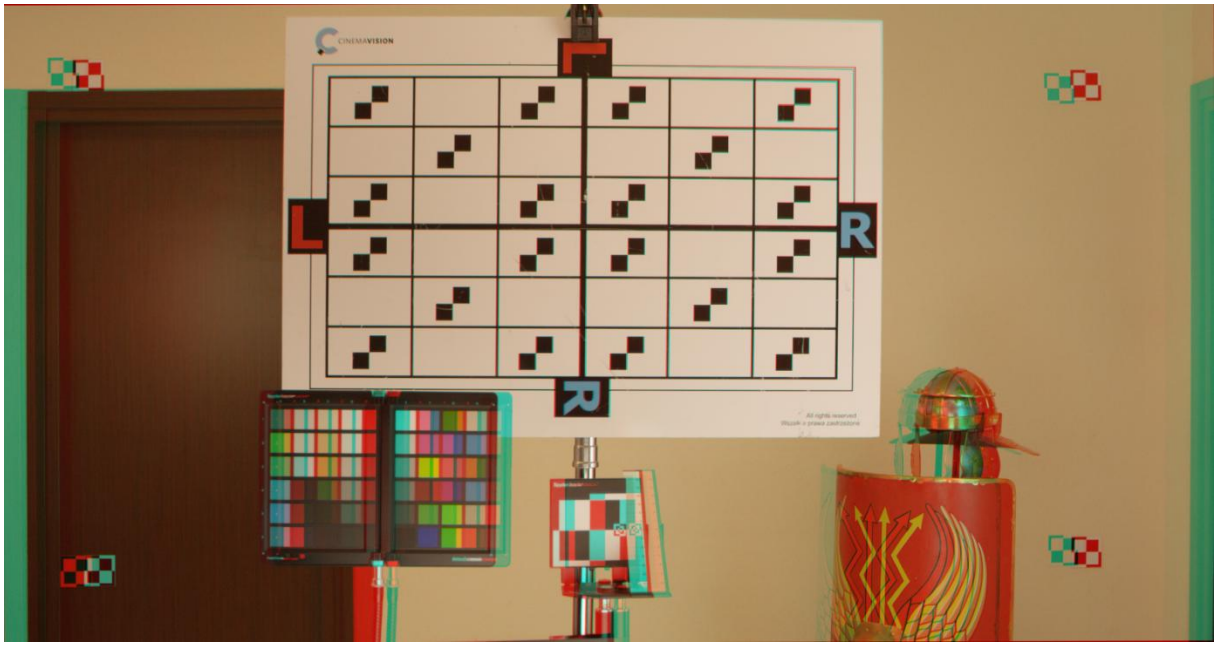


Omówienie wyników dla przypadku D24B4:

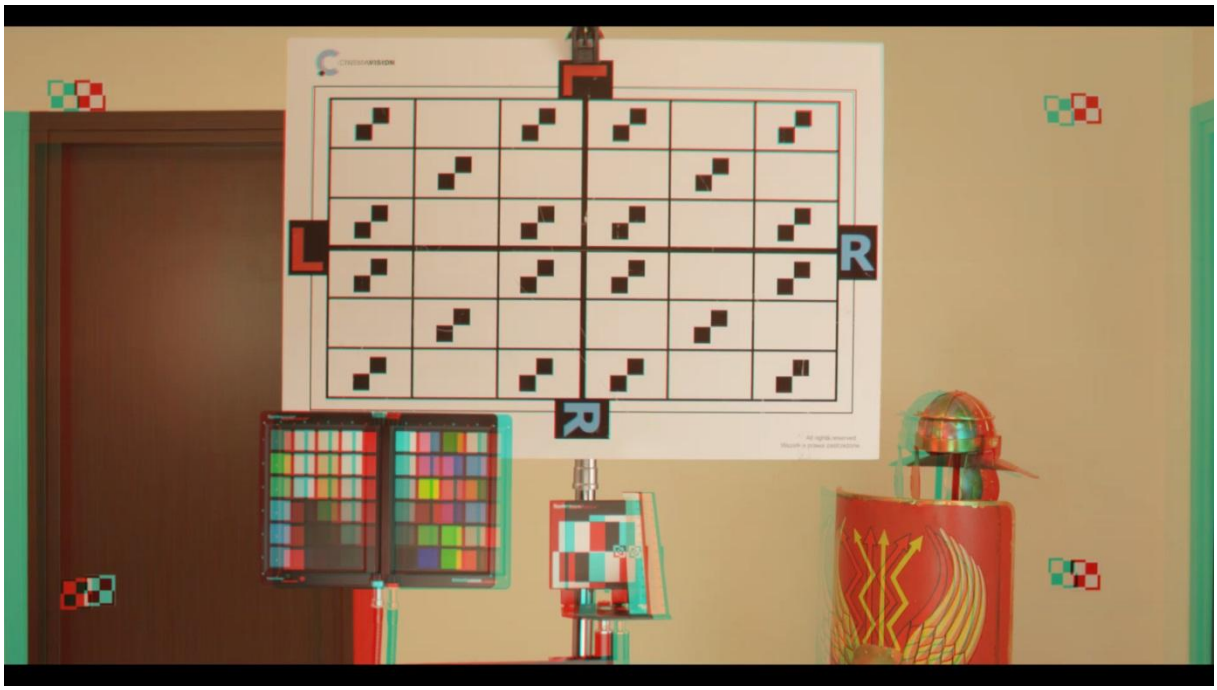
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie rotacji rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD jest znikomy w skali bezwzględnej wartości przesunięcia korygującego i mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



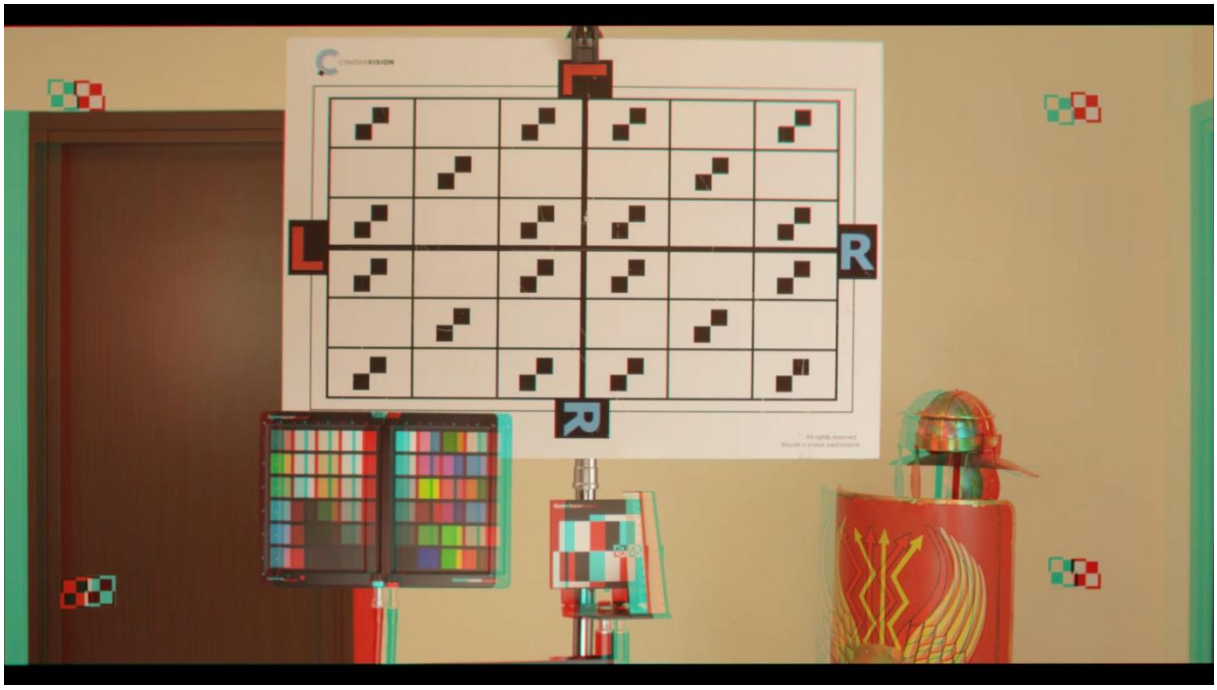
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D24B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



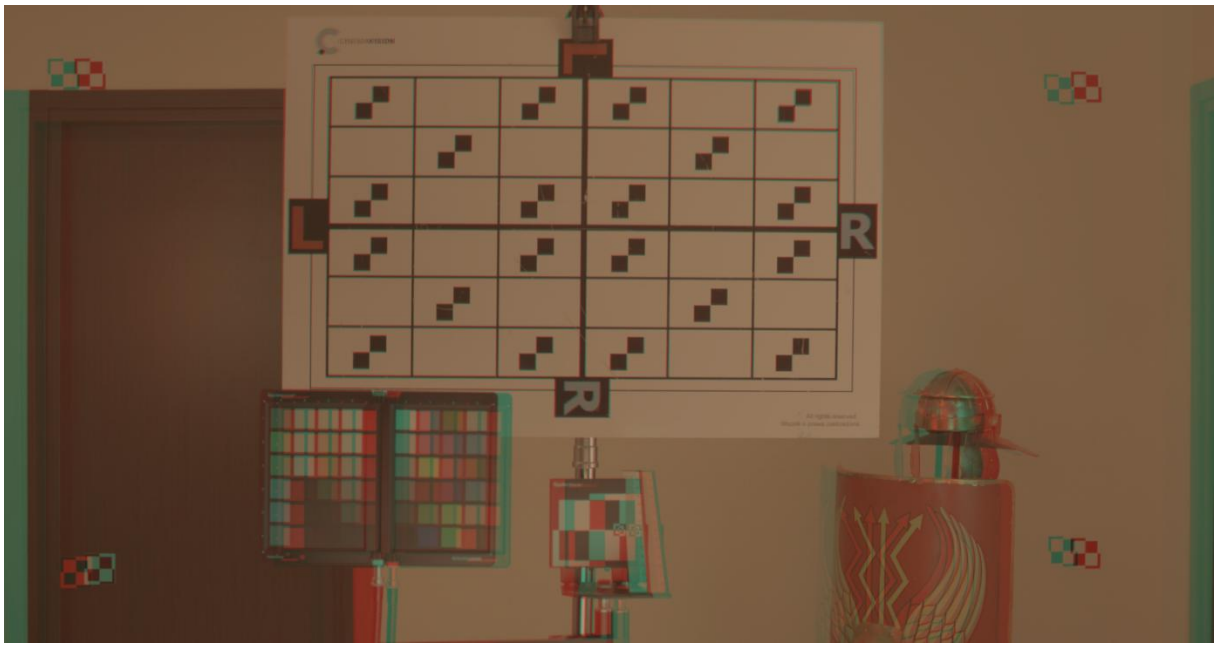
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D24B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D24B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D24B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D24B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.

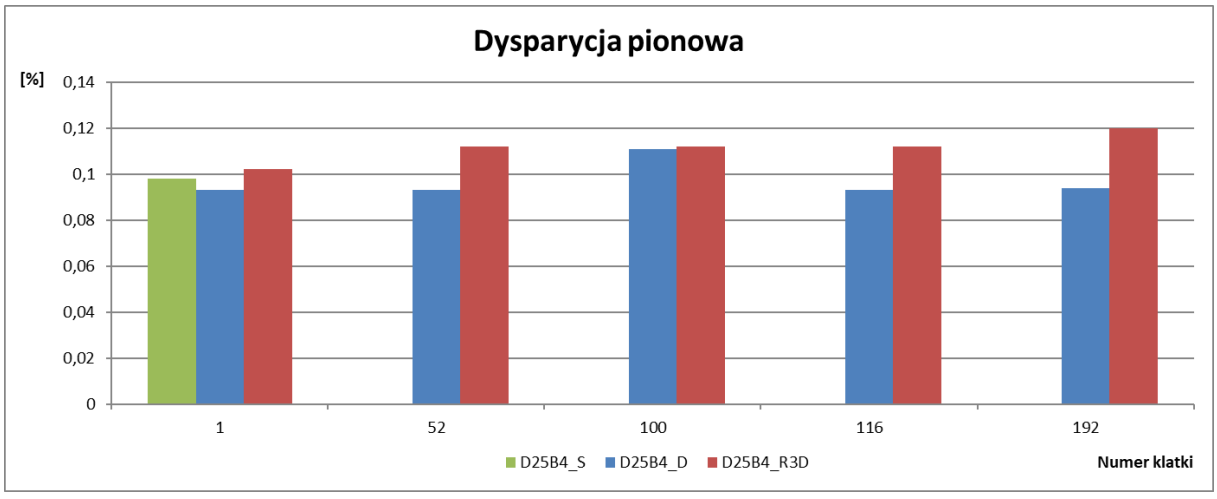
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D24B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

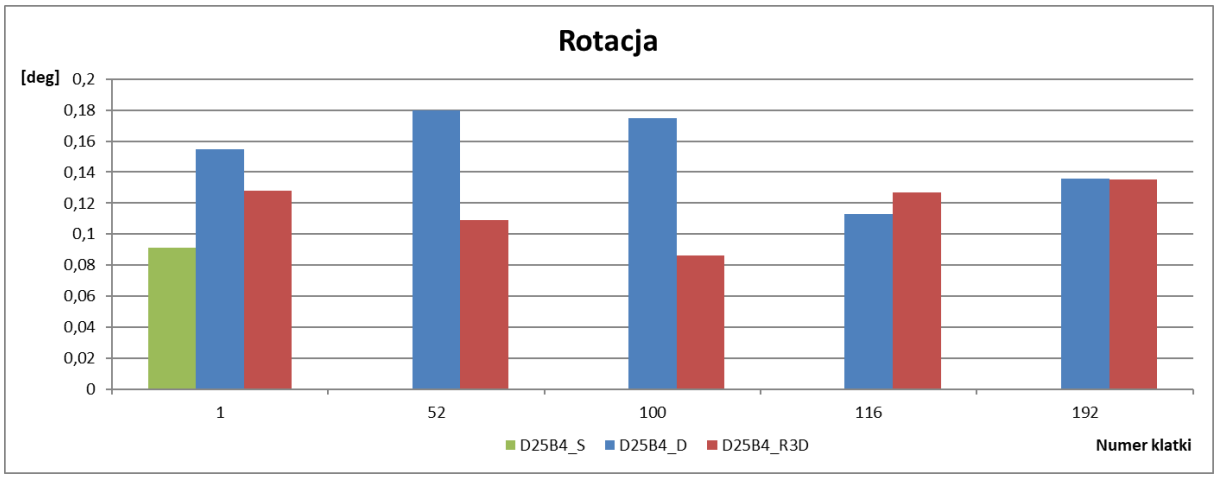
4.12. Zestawienie wyników dla przypadku D25B4

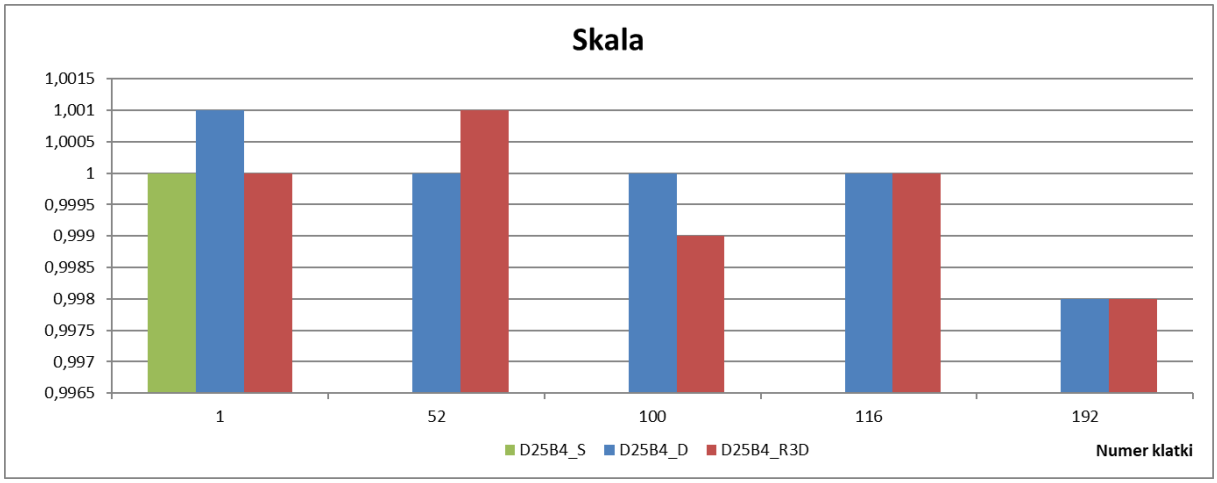
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona bardziej zgodnie ze wskazówkami zegara (przesunięcie ok. 5-8 px na obrzeżach tablicy).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D25B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**2**	**0,093**			**0,08**		**1,000**	
D25B4S	4096:2160	1	2.283	0.106	2.120	0.098	0.060	0.091	0.999	1.000
D25B4D	1920:1080	1	1.039	0.096	1.000	0.093	0.181	0.155	1.002	1.001
D25B4D	1920:1080	52	1.119	0.104	1.000	0.093	0.160	0.180	1.000	1.000
D25B4D	1920:1080	100	1.176	0.109	1.200	0.111	0.162	0.175	1.001	1.000
D25B4D	1920:1080	116	1.231	0.114	1.000	0.093	0.082	0.113	0.999	1.000
D25B4D	1920:1080	192	1.307	0.121	1.020	0.094	0.141	0.136	0.998	0.998
D25B4R3D	4096:2160	1	2.346	0.109	2.200	0.102	0.088	0.128	1.000	1.000
D25B4 R3D	4096:2160	52	2.595	0.120	2.419	0.112	0.091	0.109	1.002	1.001
D25B4 R3D	4096:2160	100	2.458	0.114	2.419	0.112	0.122	0.086	0.998	0.999
D25B4 R3D	4096:2160	116	2.389	0.111	2.424	0.112	0.086	0.127	0.999	1.000
D25B4 R3D	4096:2160	192	2.680	0.124	2.600	0.120	0.121	0.135	0.997	0.998

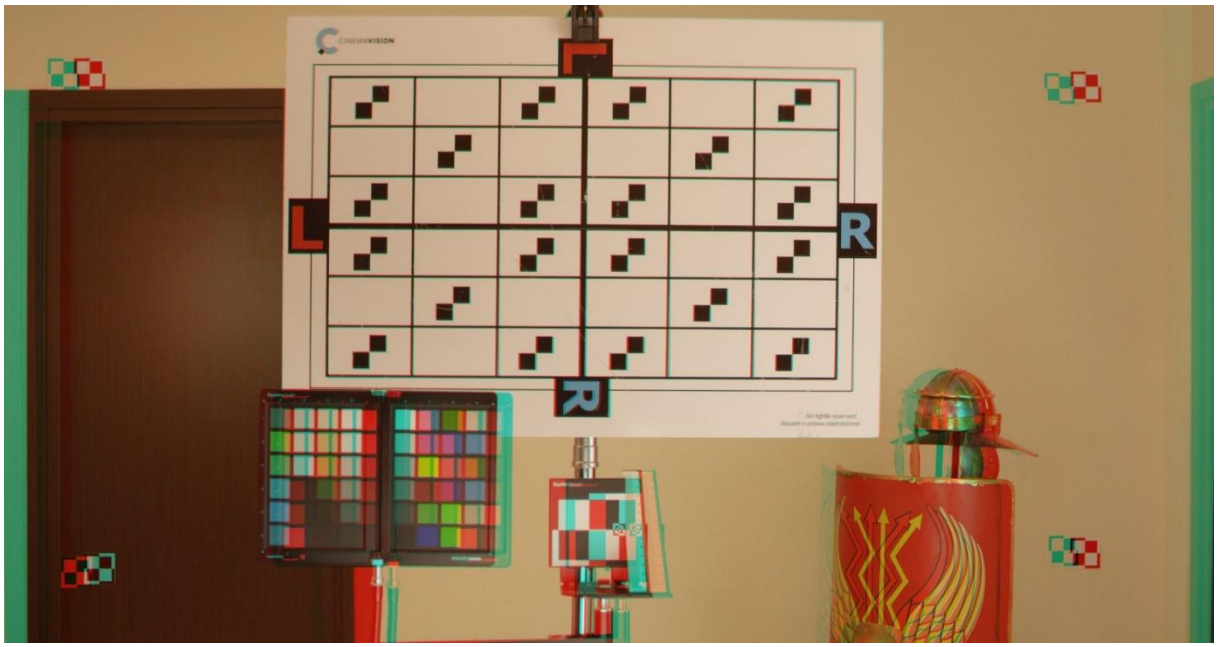




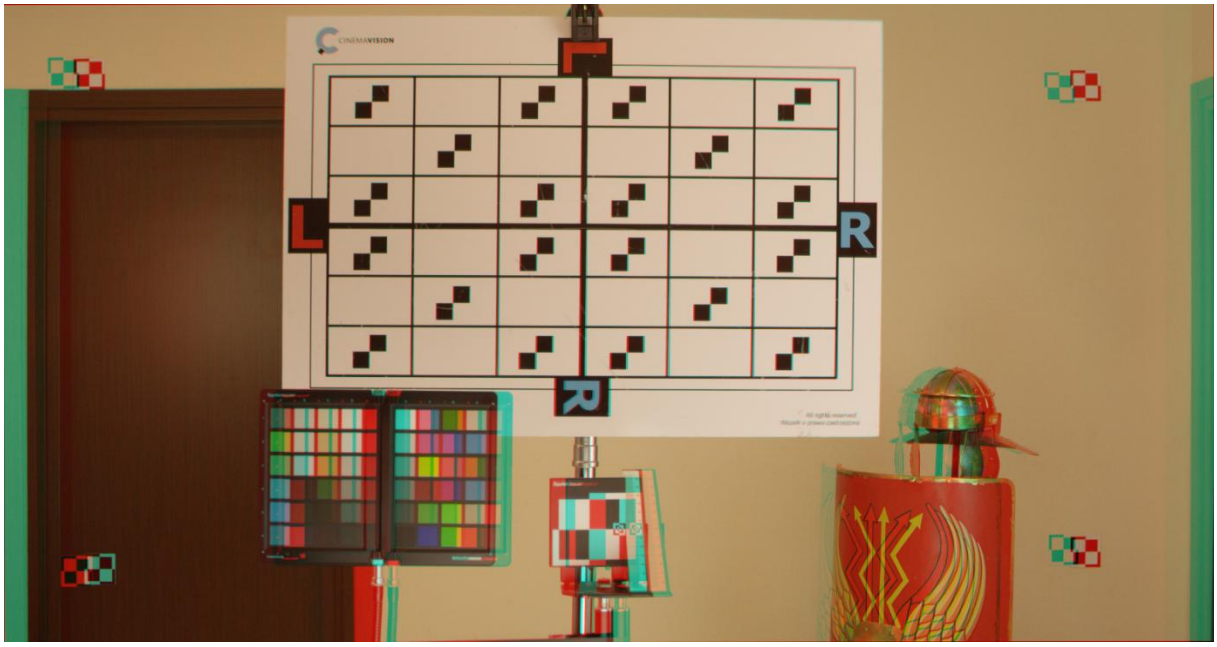


Omówienie wyników dla przypadku D25B4:

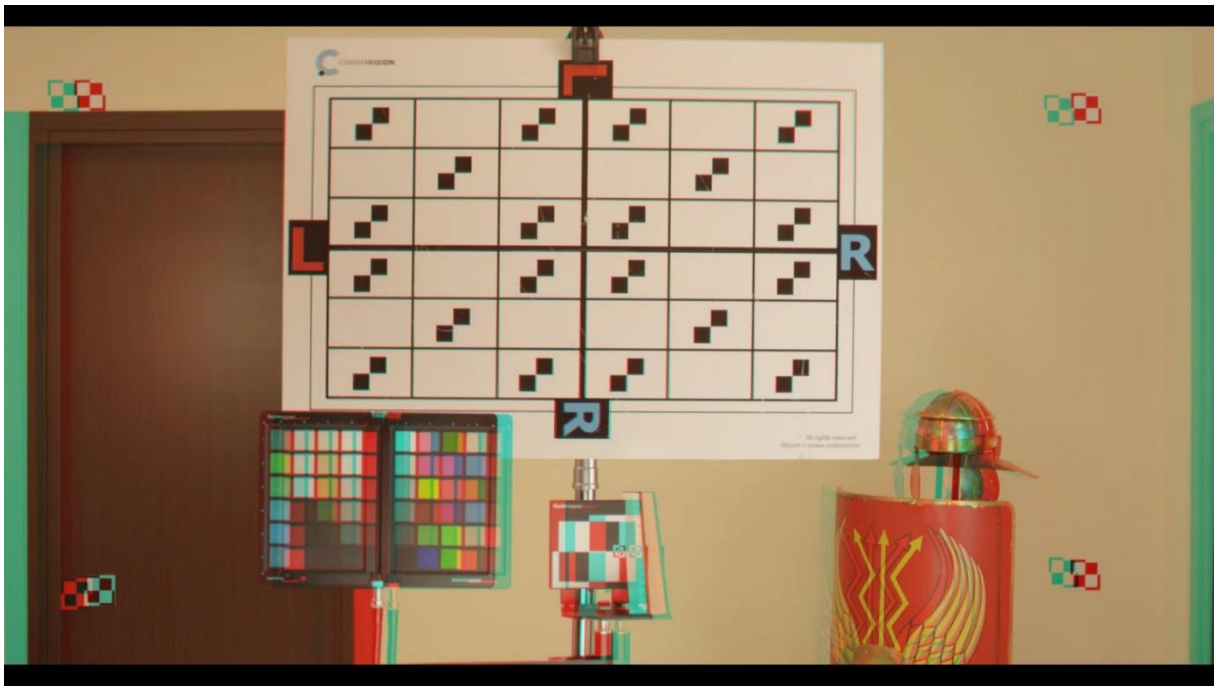
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów.



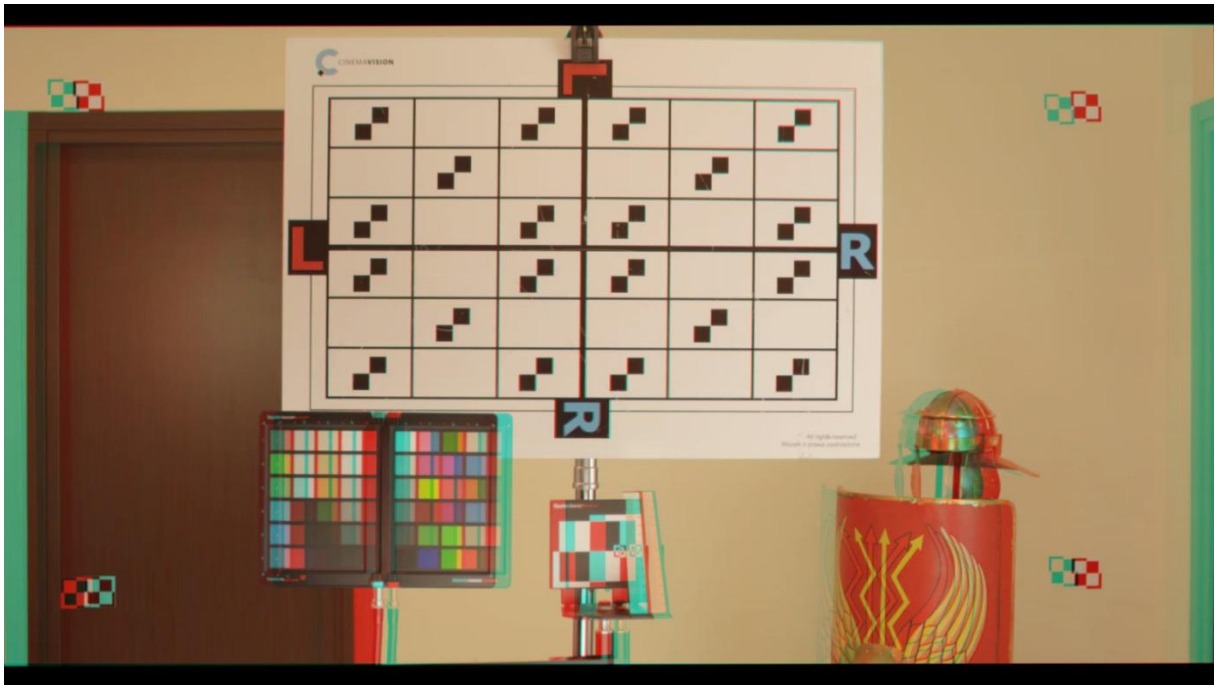
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D25B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



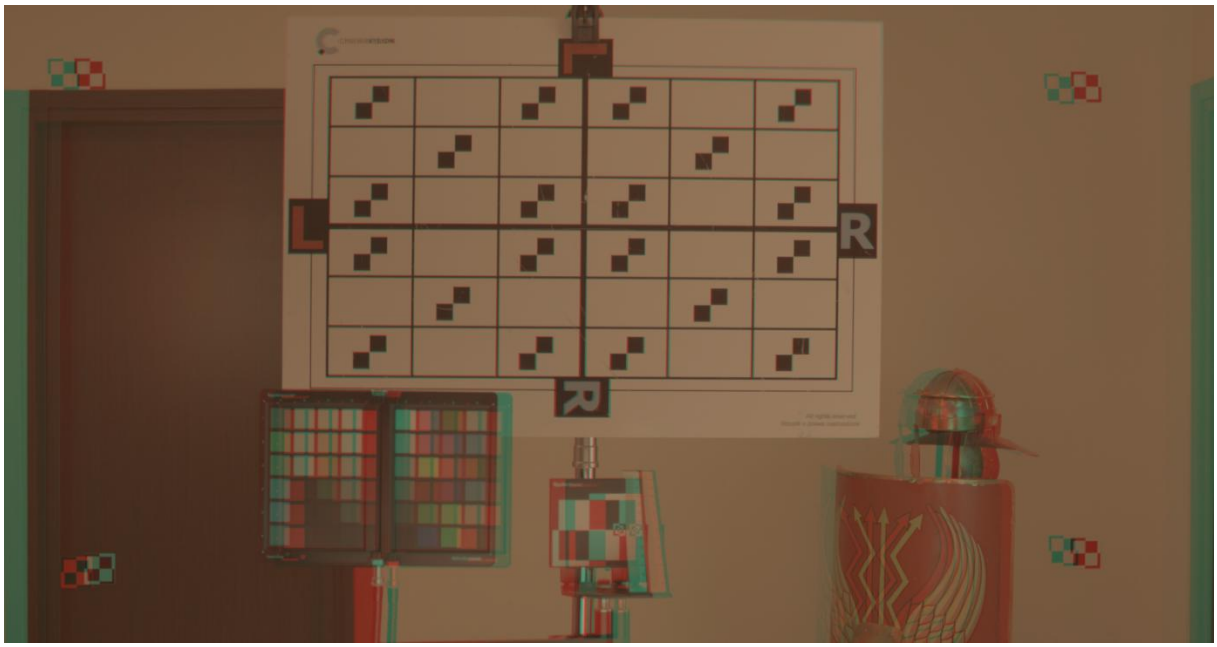
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D25B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D25B4 bez korekty stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D25B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D25B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.

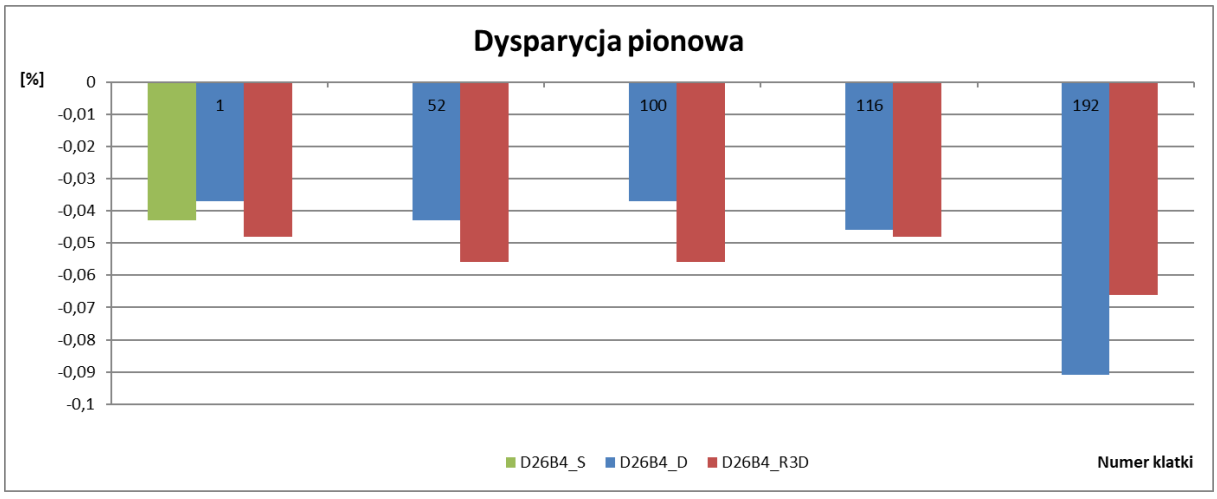
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D25B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

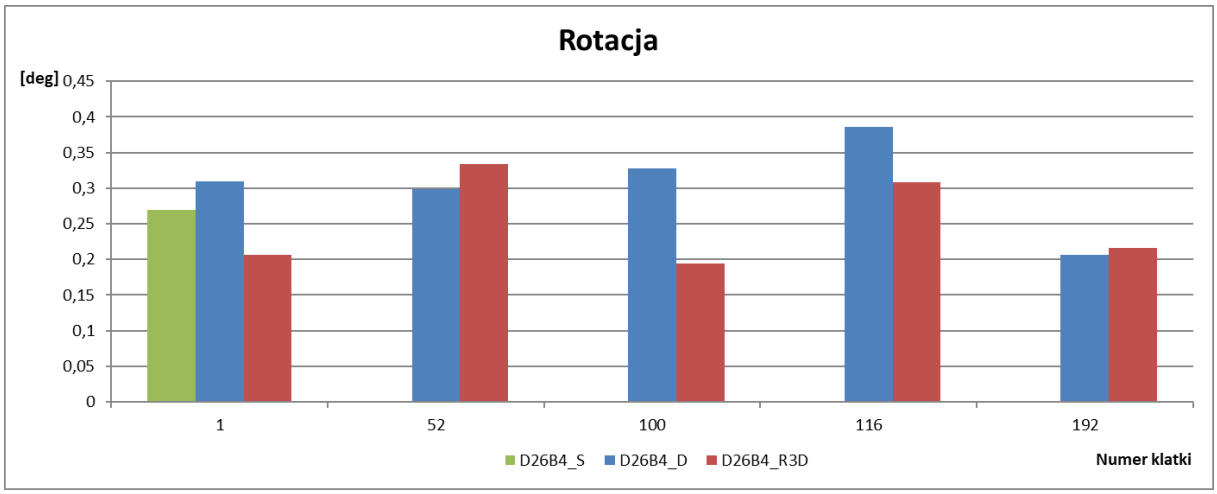
4.13. Zestawienie wyników dla przypadku D26B4

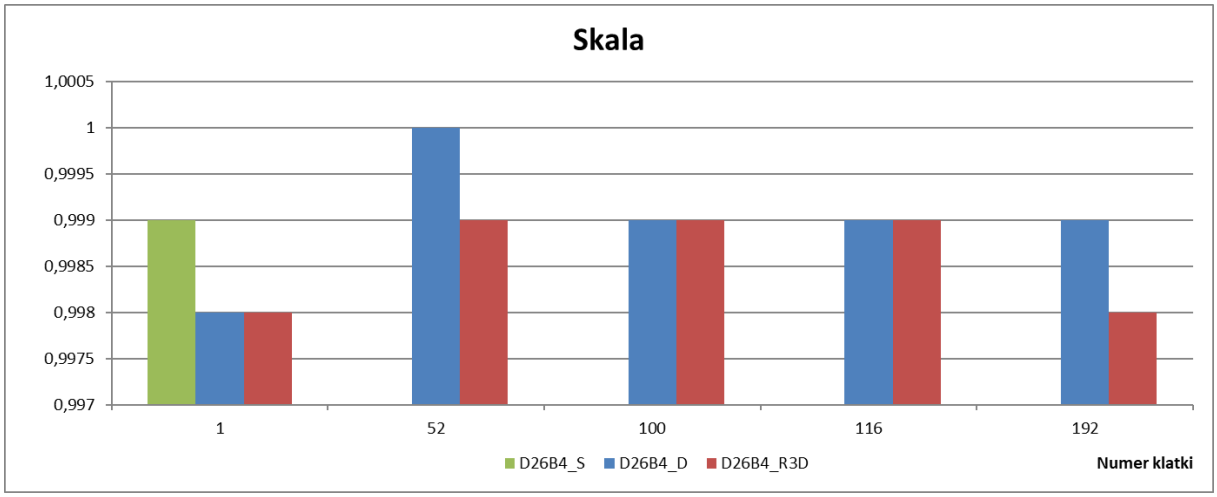
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera jest przechylona mocno zgodnie ze wskazówkami zegara (przesunięcie ok. 12-15px na obrzeżach tablicy).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D26B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**-2**	**-0,093**			**0,18**		**1,000**	
D26B4S	4096:2160	1	-0.800	-0.037	-0.932	-0.043	0.266	0.270	0.998	0.999
D26B4D	1920:1080	1	-0.602	-0.056	-0.400	-0.037	0.312	0.309	0.998	0.998
D26B4D	1920:1080	52	-0.585	-0.054	-0.460	-0.043	0.276	0.298	0.999	1.000
D26B4D	1920:1080	100	-0.586	-0.054	-0.400	-0.037	0.343	0.328	1.000	0.999
D26B4D	1920:1080	116	-0.645	-0.060	-0.500	-0.046	0.384	0.386	0.999	0.999
D26B4D	1920:1080	192	-0.859	-0.080	-0.980	-0.091	0.197	0.207	0.999	0.999
D26B4R3D	4096:2160	1	-1.182	-0.055	-1.037	-0.048	0.214	0.206	0.996	0.998
D26B4 R3D	4096:2160	52	-1.315	-0.061	-1.200	-0.056	0.323	0.334	0.999	0.999
D26B4 R3D	4096:2160	100	-1.395	-0.065	-1.200	-0.056	0.208	0.194	0.999	0.999
D26B4 R3D	4096:2160	116	-1.015	-0.047	-1.037	-0.048	0.300	0.308	0.999	0.999
D26B4 R3D	4096:2160	192	-1.386	-0.064	-1.420	-0.066	0.177	0.216	0.998	0.998

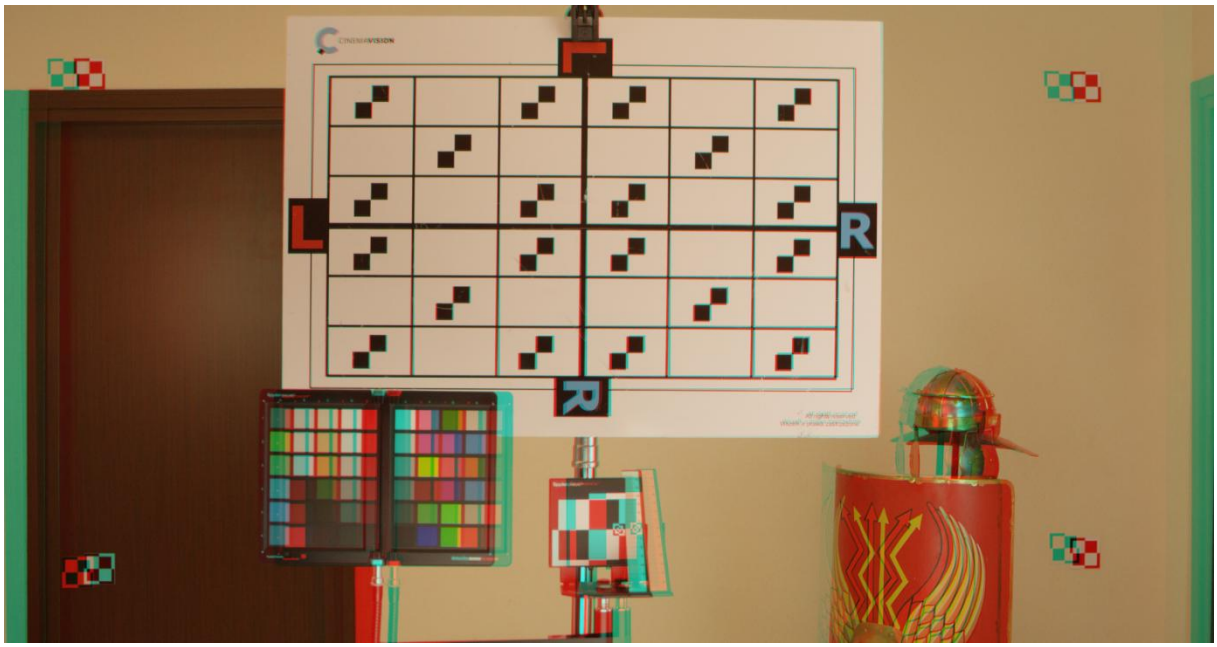




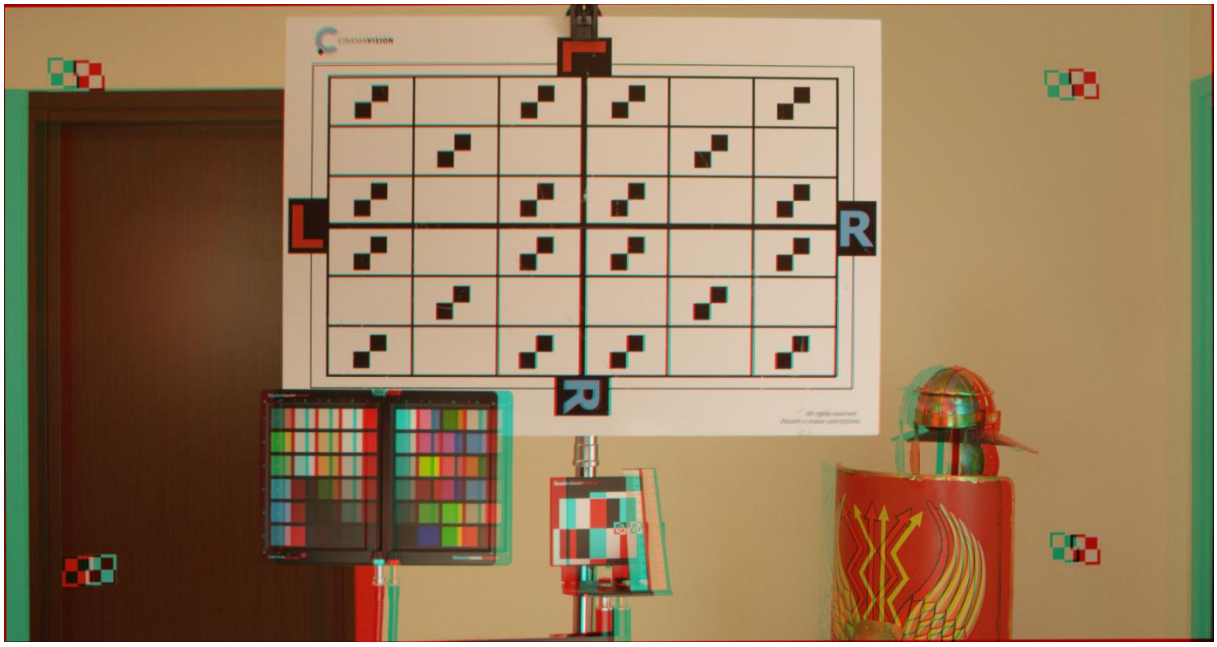


Omówienie wyników dla przypadku D26B4:

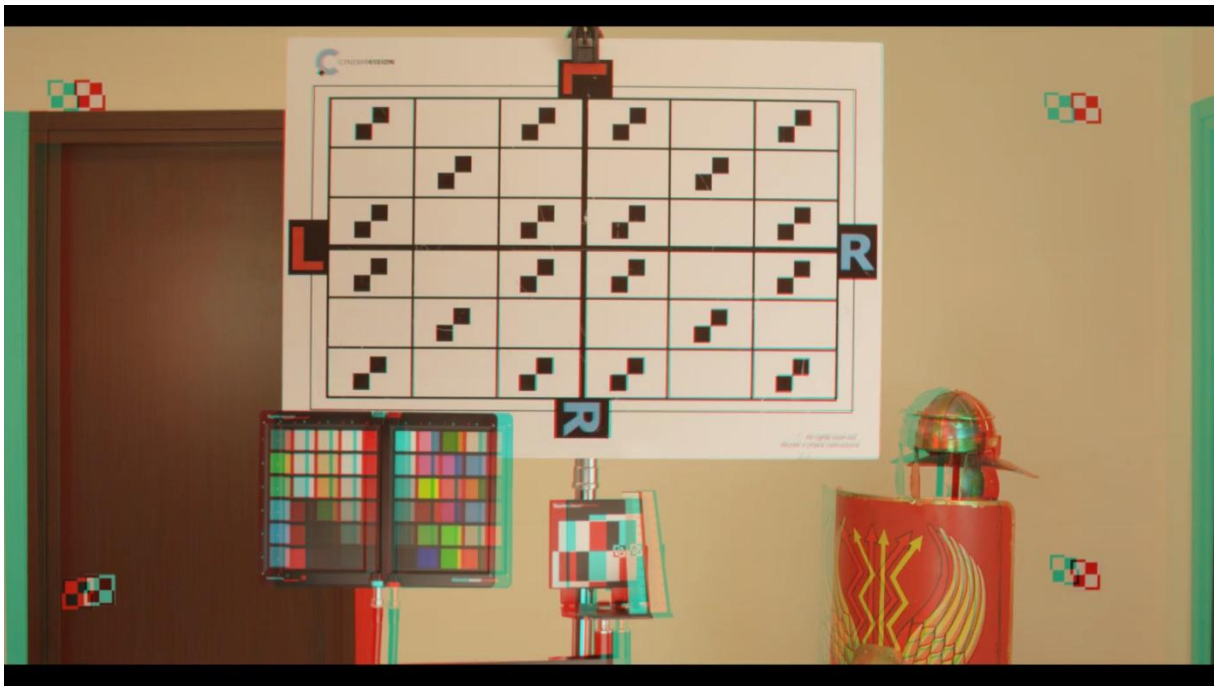
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów.



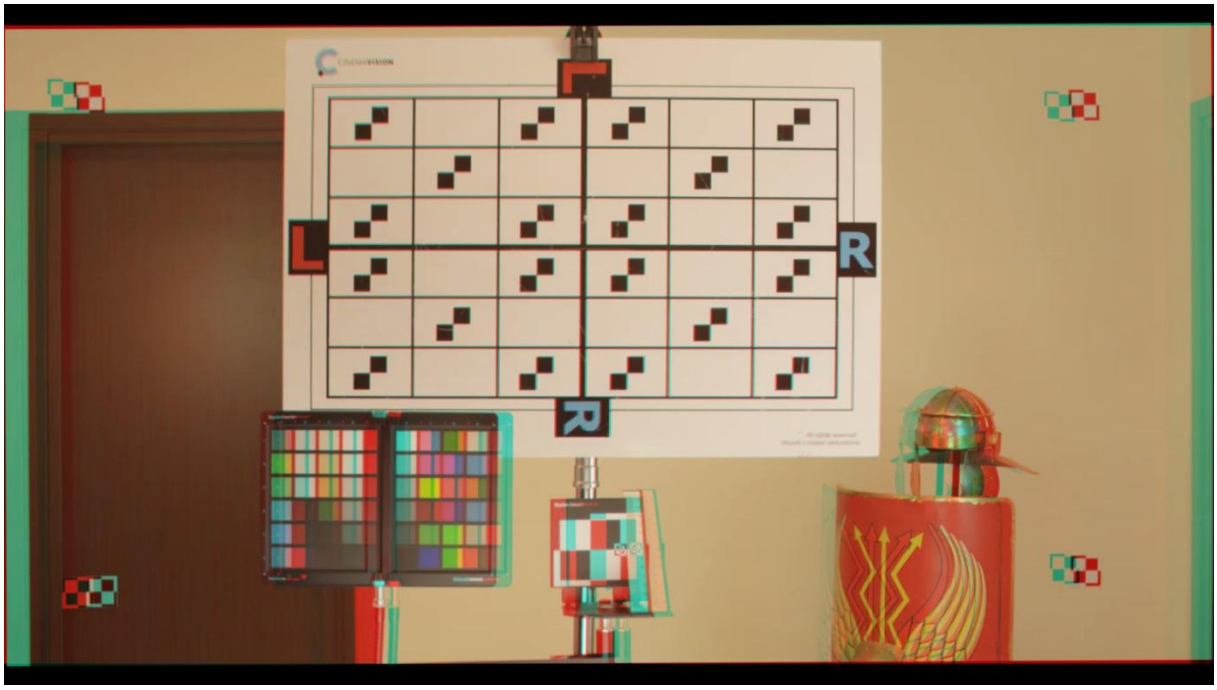
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D26B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D26B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D26B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D26B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D26B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.

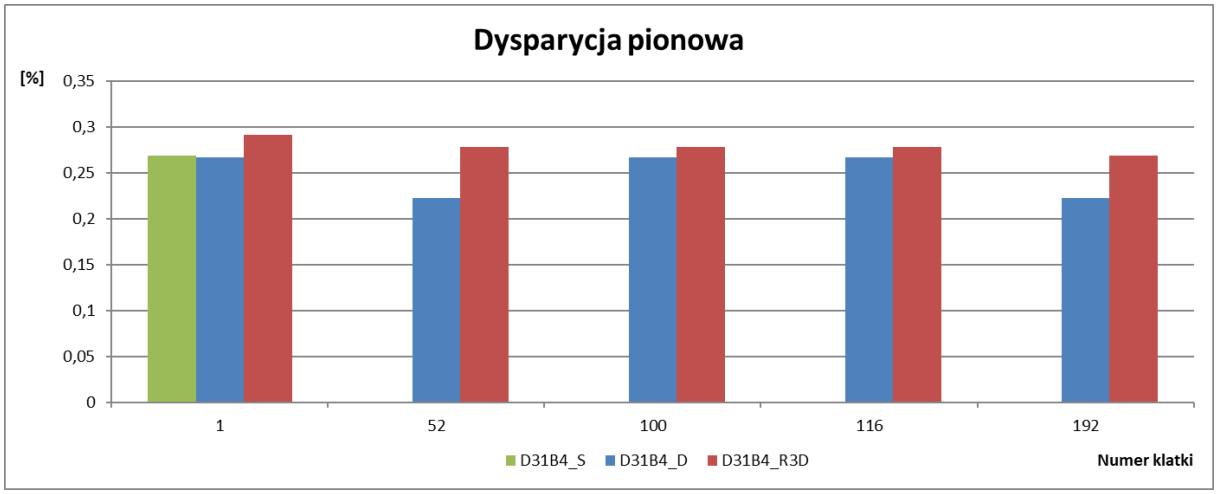
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D26B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

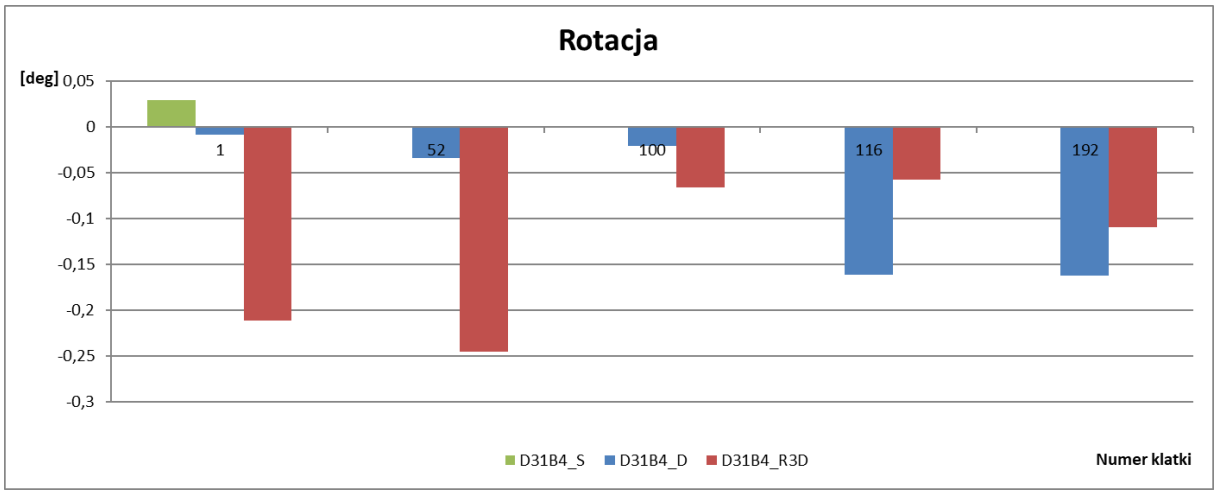
4.14. Zestawienie wyników dla przypadku D31B4

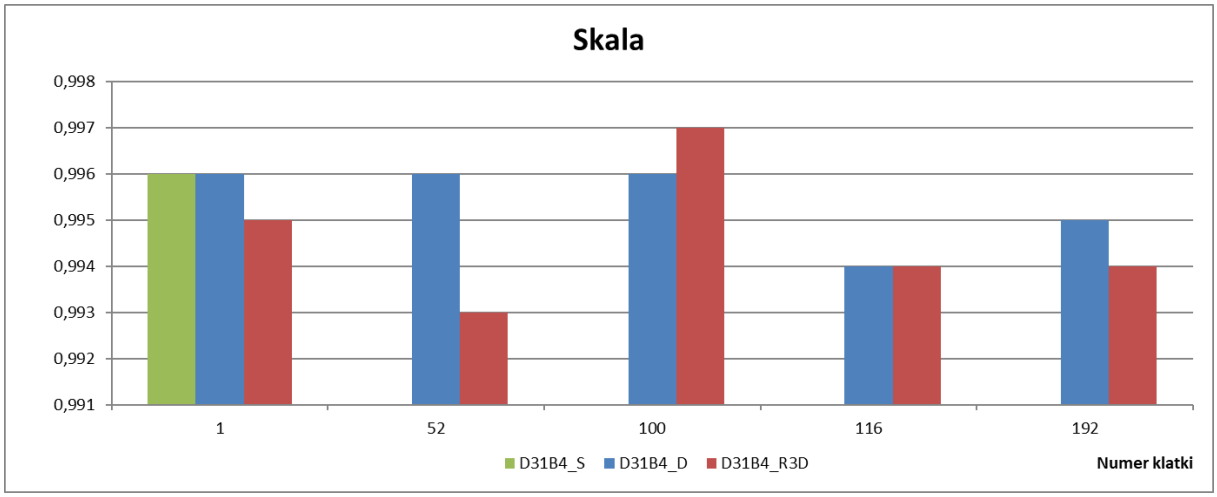
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera odsunięta lekko od lustra (obraz na lewej kamerze mniejszy o ok. 2-4 px).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D31B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**6**	**0,278**			**-0,04**		**0,995**	
D31B4S	4096:2160	1	5.485	0.254	5.800	0.269	-0.044	0.029	0.996	0.996
D31B4D	1920:1080	1	2.646	0.245	2.880	0.267	-0.023	-0.008	0.997	0.996
D0031B4D	1920:1080	52	2.479	0.230	2.400	0.222	-0.028	-0.034	0.996	0.996
D31B4D	1920:1080	100	2.652	0.246	2.880	0.267	-0.022	-0.021	0.996	0.996
D31B4D	1920:1080	116	2.631	0.244	2.880	0.267	-0.258	-0.161	0.994	0.994
D31B4D	1920:1080	192	2.529	0.234	2.400	0.222	-0.207	-0.162	0.994	0.995
D31B4R3D	4096:2160	1	6.531	0.302	6.280	0.291	-0.262	-0.211	0.995	0.995
D31B4 R3D	4096:2160	52	5.990	0.277	6.000	0.278	-0.249	-0.245	0.993	0.993
D31B4 R3D	4096:2160	100	5.781	0.268	6.000	0.278	-0.050	-0.066	0.997	0.997
D31B4 R3D	4096:2160	116	5.947	0.275	6.000	0.278	-0.027	-0.057	0.995	0.994
D31B4 R3D	4096:2160	192	5.647	0.261	5.800	0.269	-0.138	-0.109	0.995	0.994

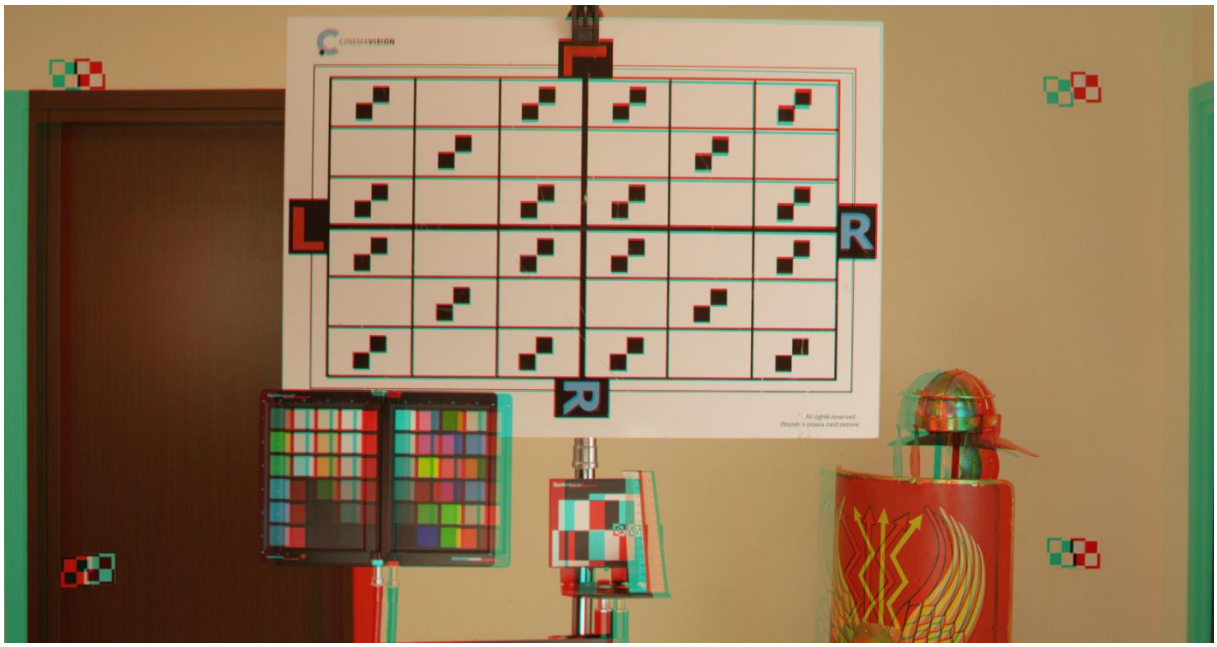




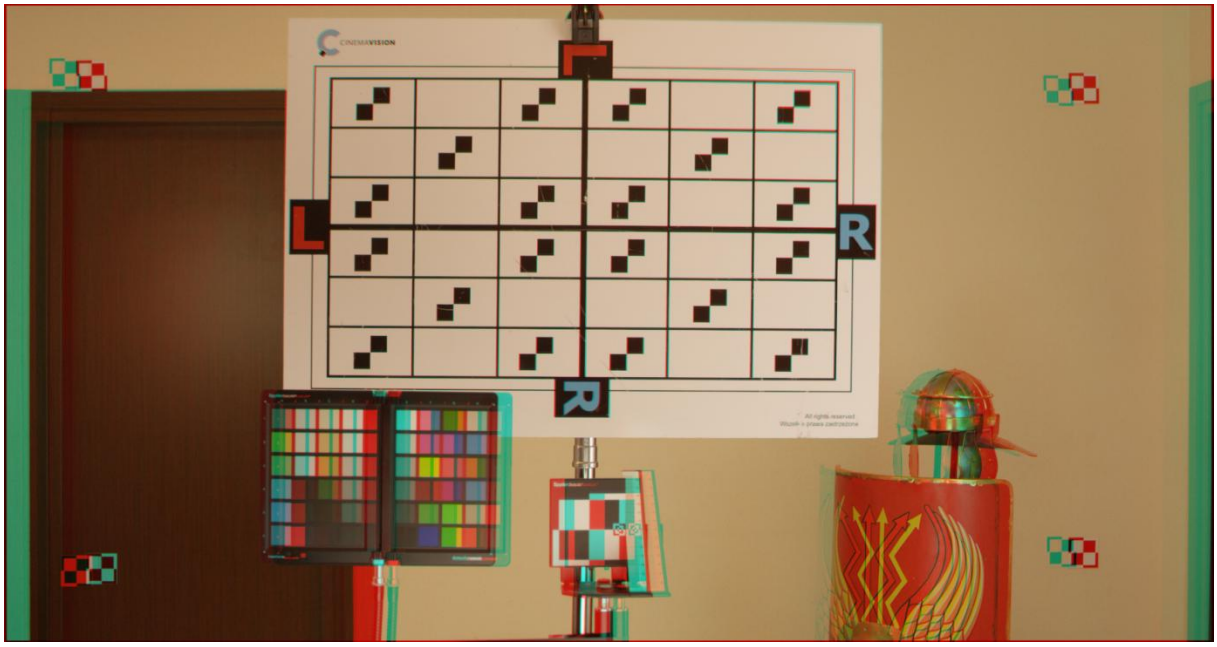


Omówienie wyników dla przypadku D31B4:

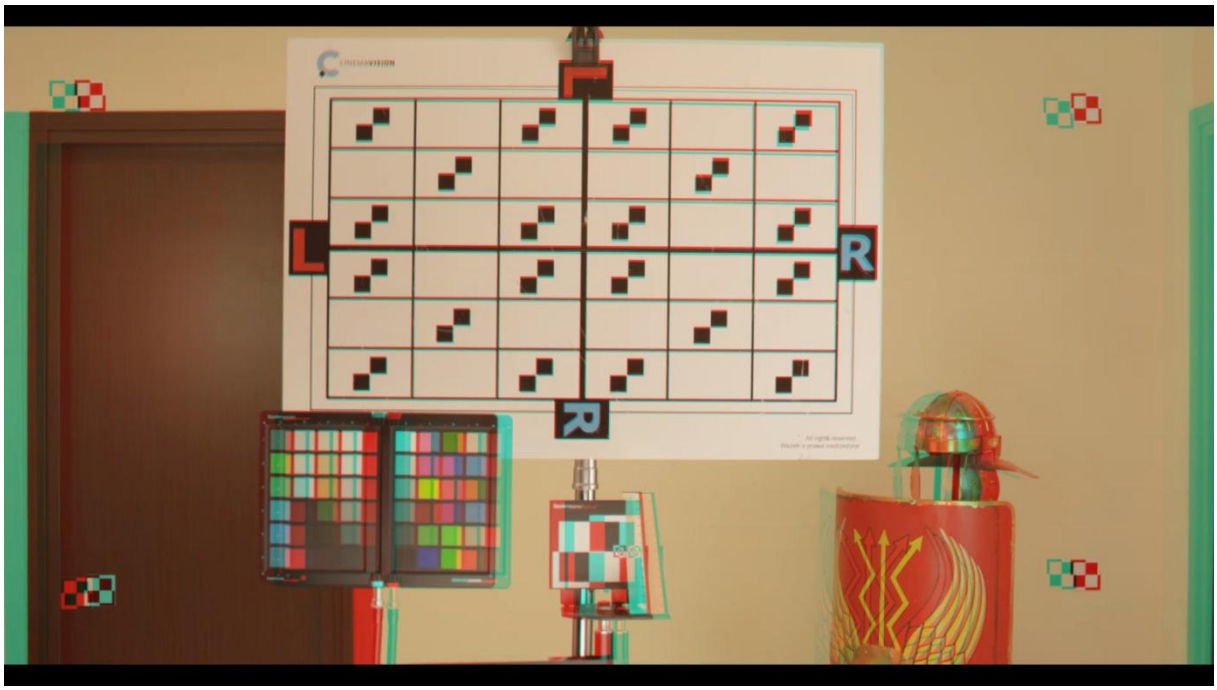
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie rotacji rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD jest znikomy w skali bezwzględnej wartości przesunięcia korygującego i mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



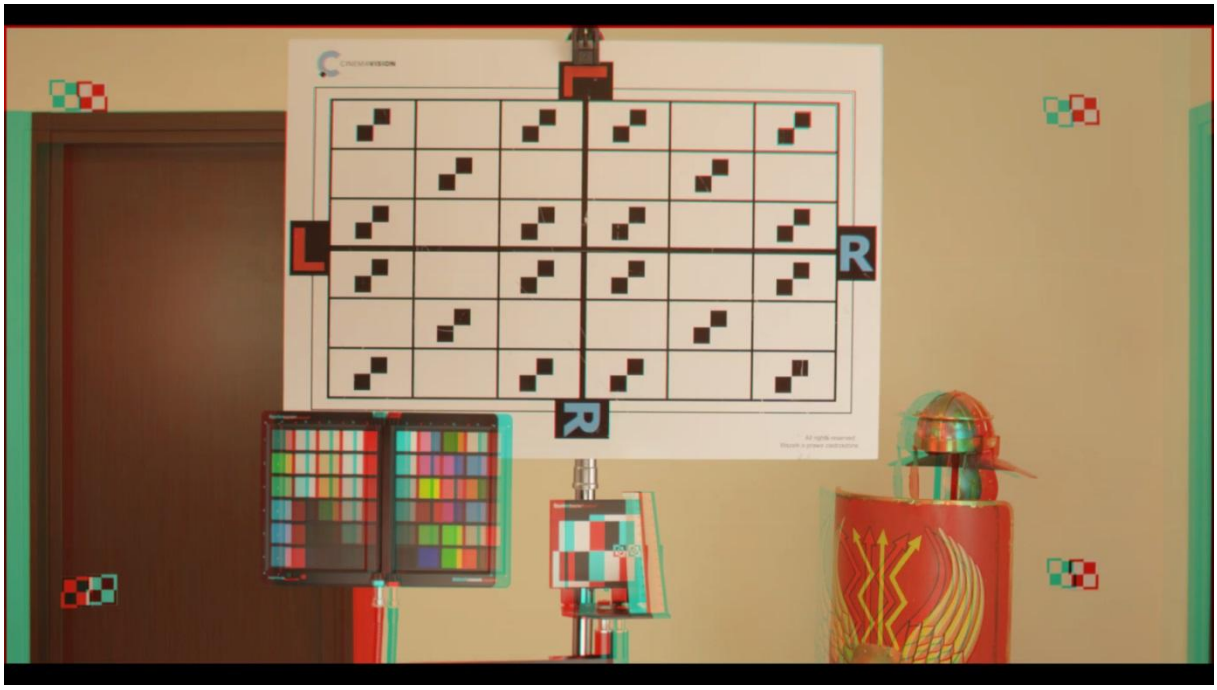
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D31B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



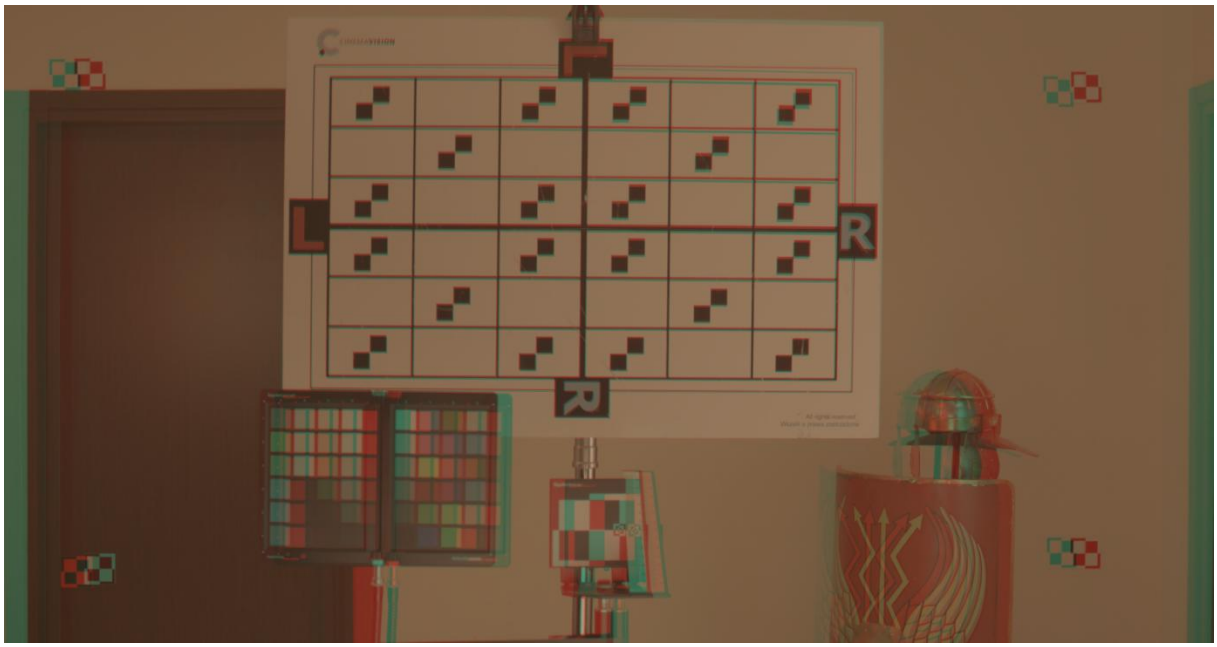
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D31B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



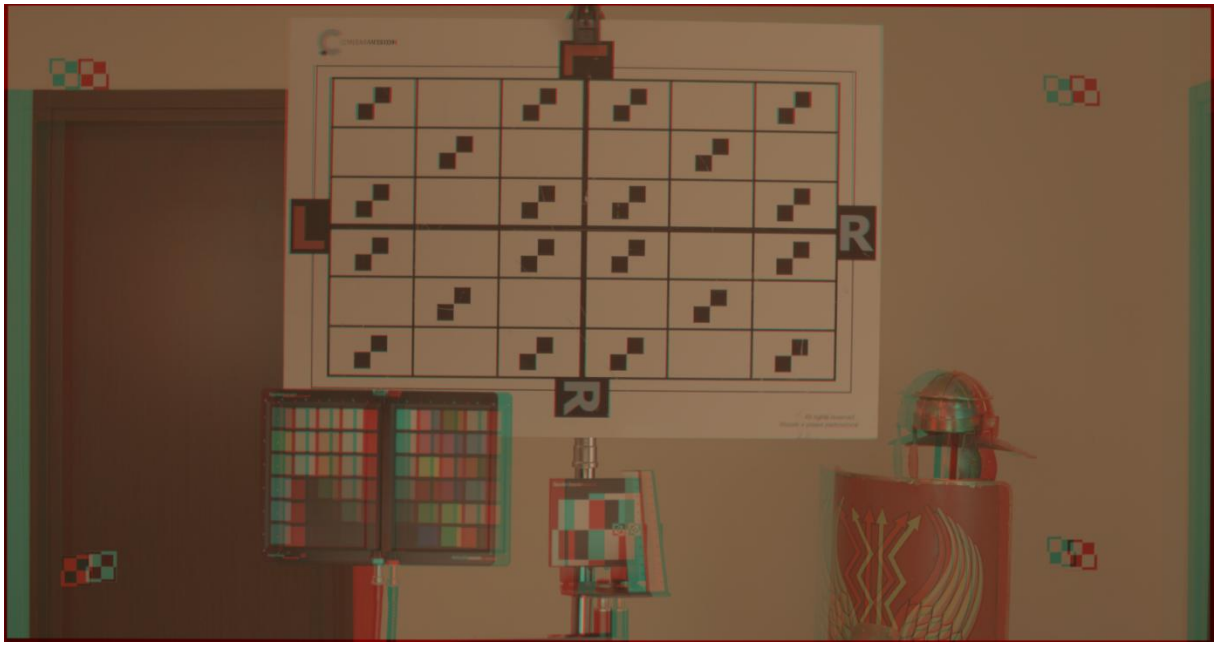
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D31B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D31B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D31B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



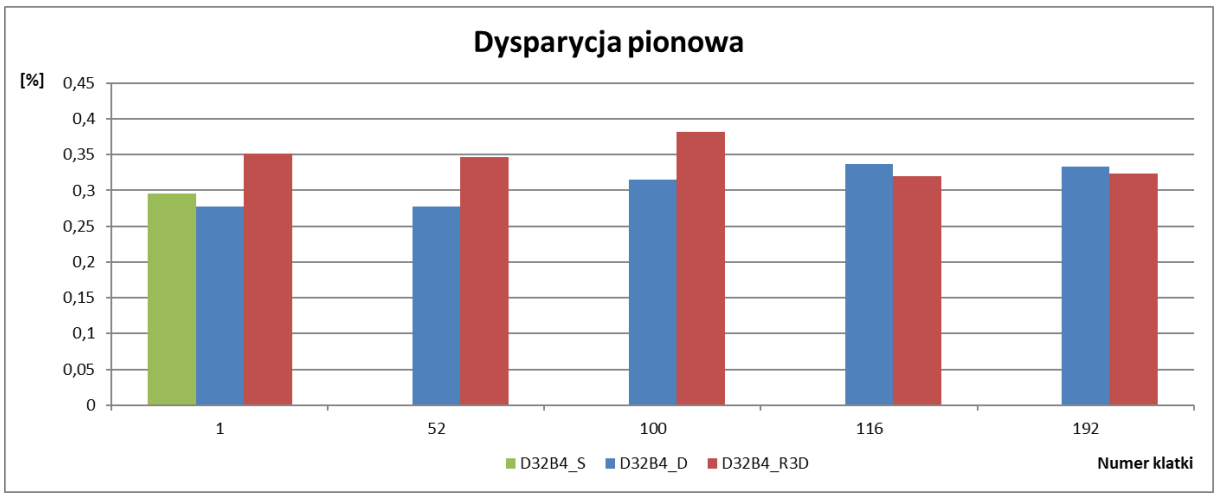
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D31B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

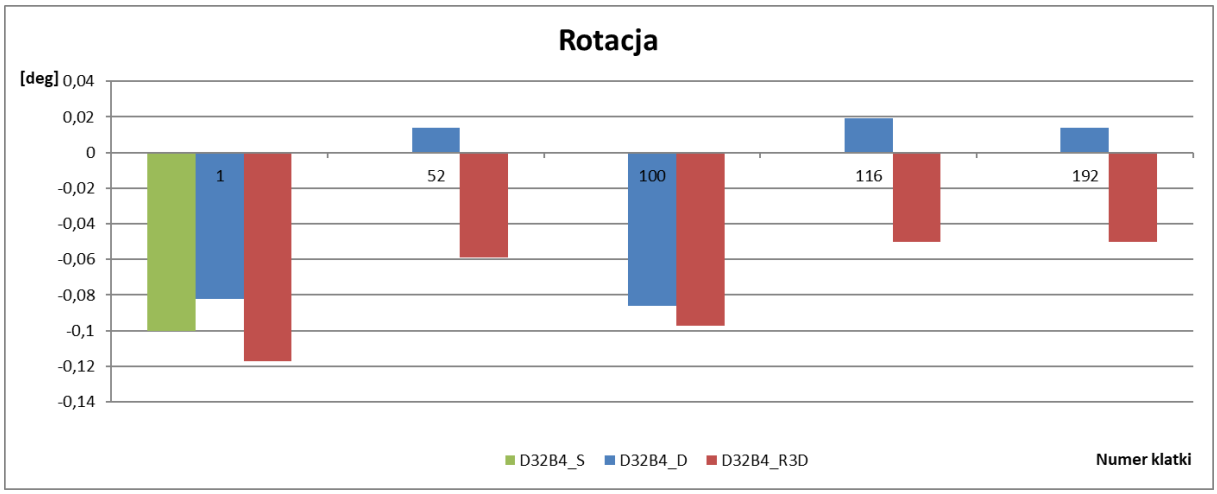
4.15. Zestawienie wyników dla przypadku D32B4

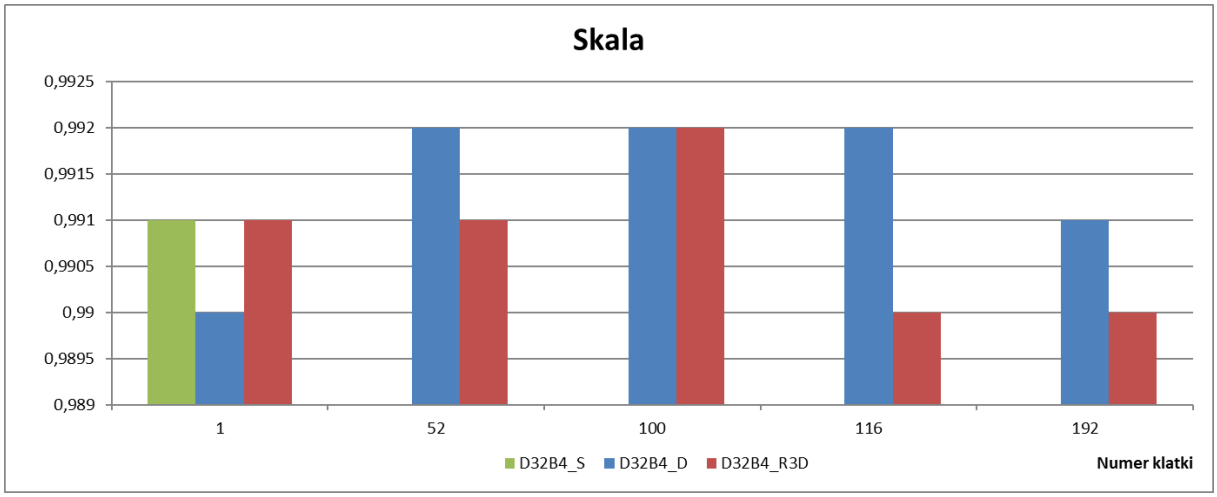
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera odsunięta bardziej od lustra (obraz na lewej kamerze mniejszy o ok. 5-8 px).

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D32B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**6**	**0,278**			**-0,04**		**0,995**	
D32B4S	4096:2160	1	6.731	0.312	6.400	0.296	-0.134	-0.100	0.992	0.991
D32B4D	1920:1080	1	3.276	0.303	3.000	0.278	-0.075	-0.082	0.990	0.990
D32B4D	1920:1080	52	3.229	0.299	3.000	0.278	-0.083	0.014	0.992	0.992
D32B4D	1920:1080	100	3.609	0.334	3.400	0.315	-0.056	-0.086	0.992	0.992
D32B4D	1920:1080	116	3.541	0.328	3.640	0.337	-0.005	0.019	0.993	0.992
D32B4D	1920:1080	192	3.504	0.324	3.600	0.333	-0.019	0.014	0.991	0.991
D32B4R3D	4096:2160	1	7.979	0.369	7.600	0.352	-0.154	-0.117	0.991	0.991
D32B4 R3D	4096:2160	52	7.691	0.356	7.488	0.347	-0.048	-0.059	0.991	0.991
D32B4 R3D	4096:2160	100	8.223	0.381	8.247	0.382	-0.123	-0.097	0.991	0.992
D32B4 R3D	4096:2160	116	7.398	0.342	6.912	0.320	-0.180	-0.050	0.991	0.990
D32B4 R3D	4096:2160	192	6.792	0.314	7.000	0.324	-0.210	-0.050	0.990	0.990

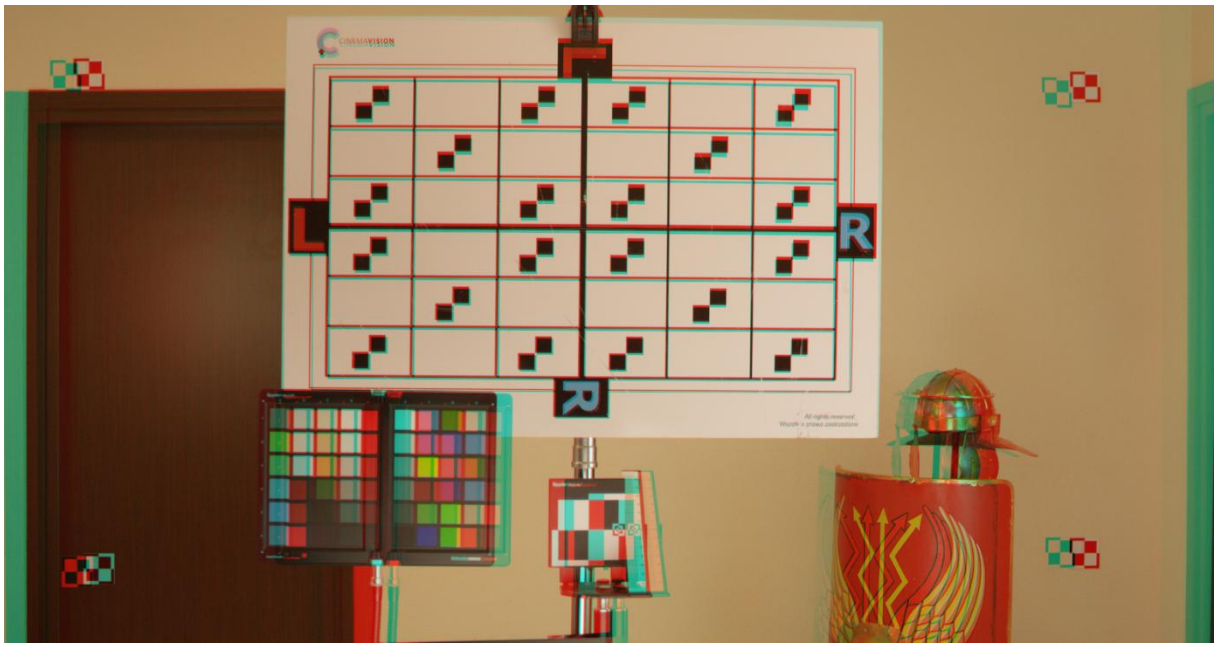




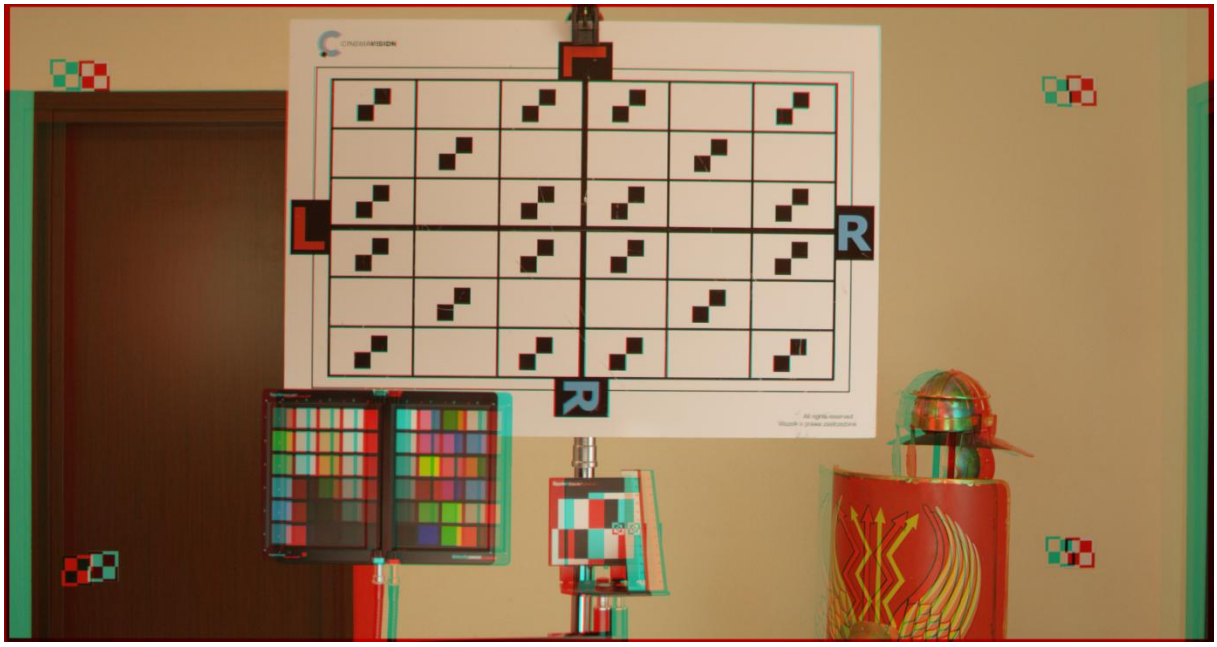


Omówienie wyników dla przypadku D32B4:

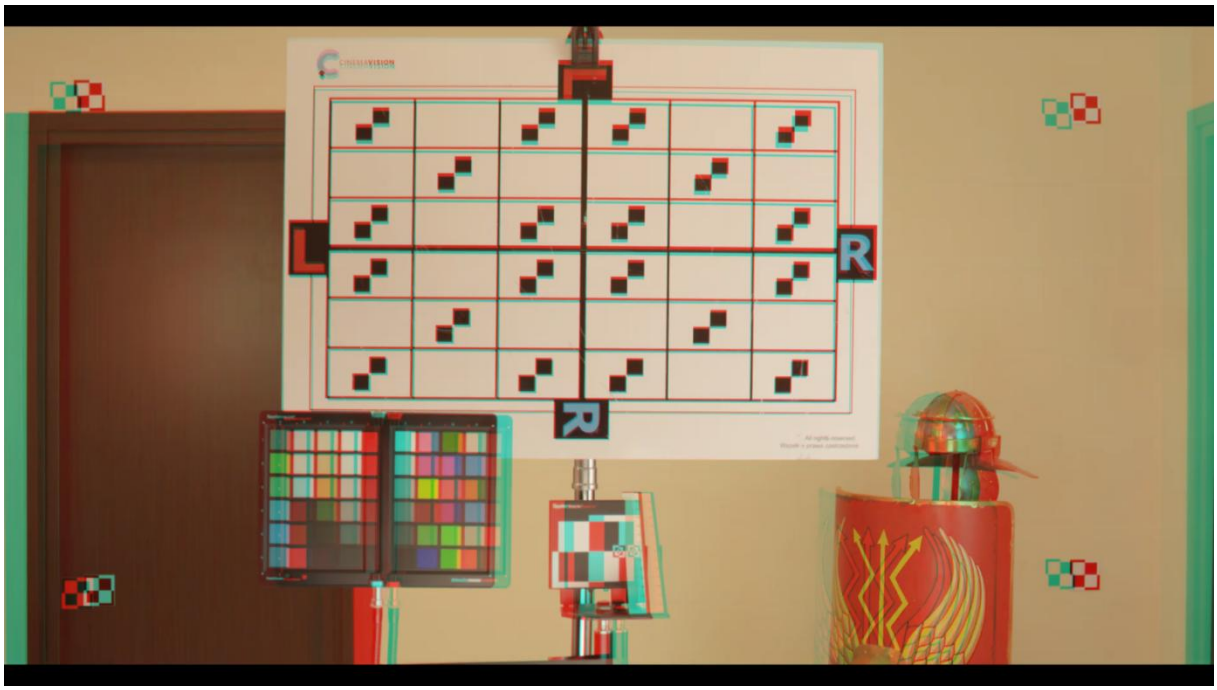
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów.



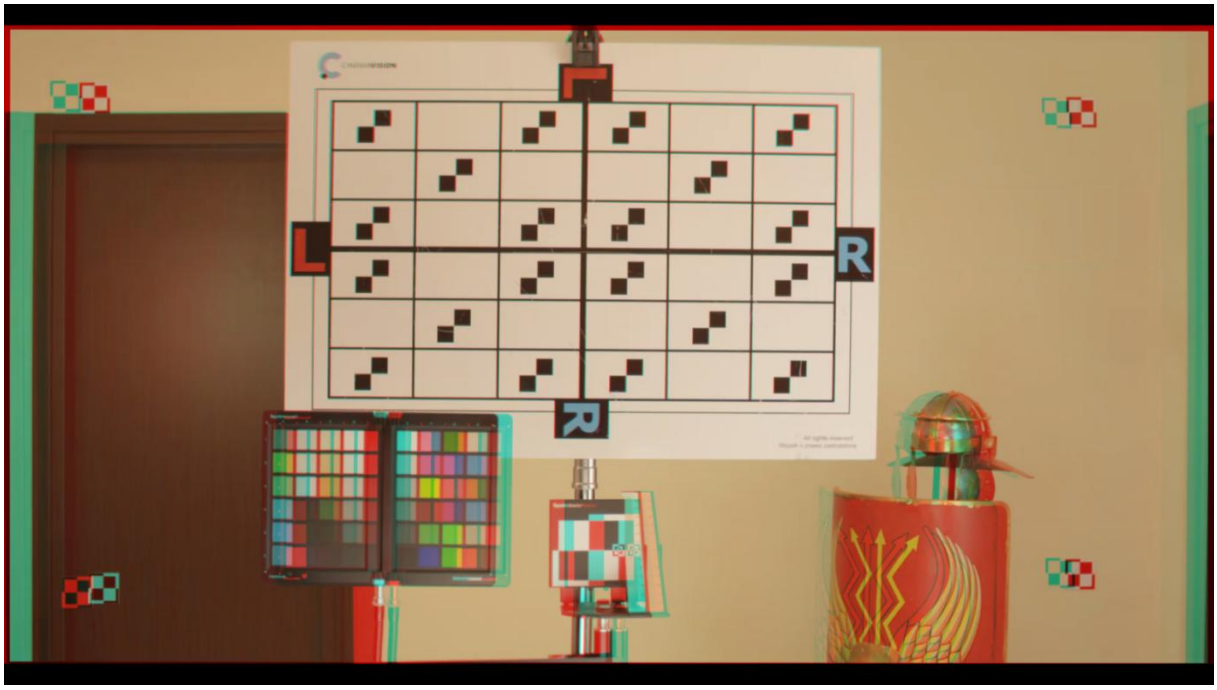
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D32B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



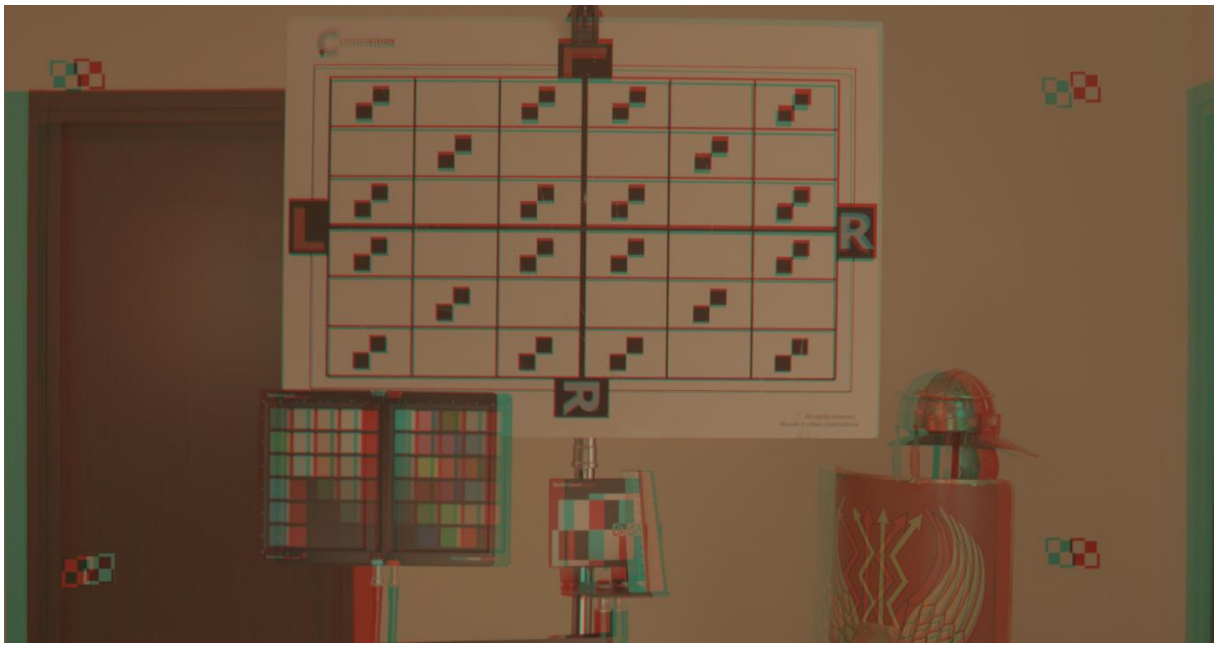
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D32B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



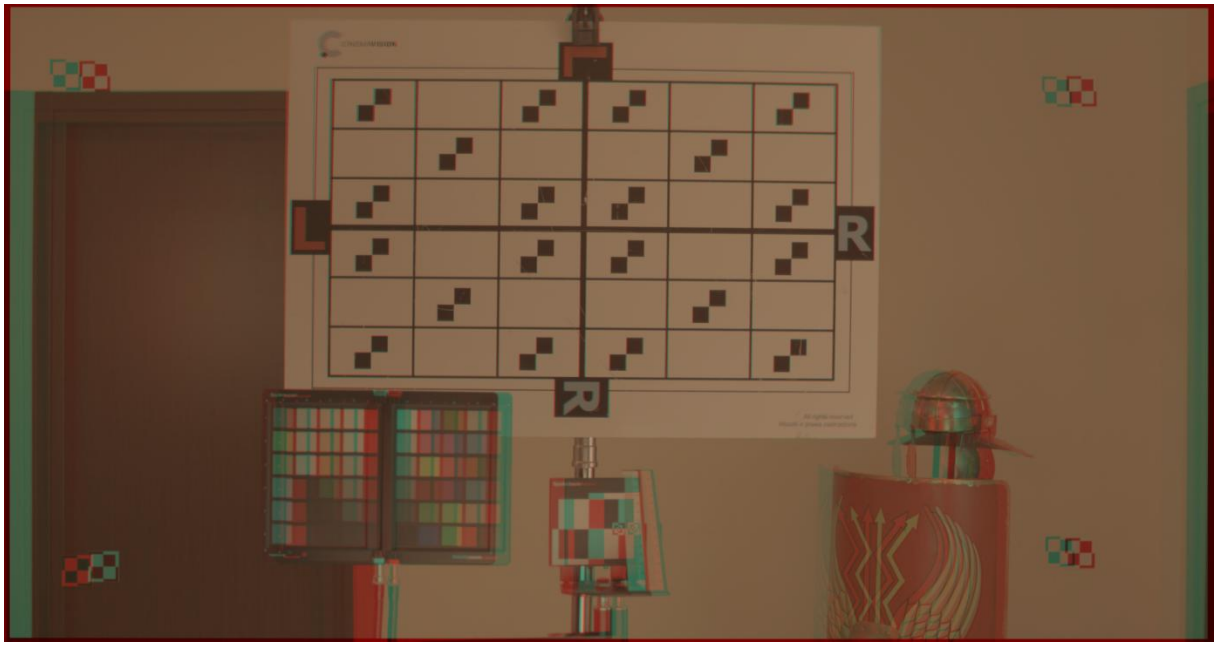
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D32B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D32B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku DxxB4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



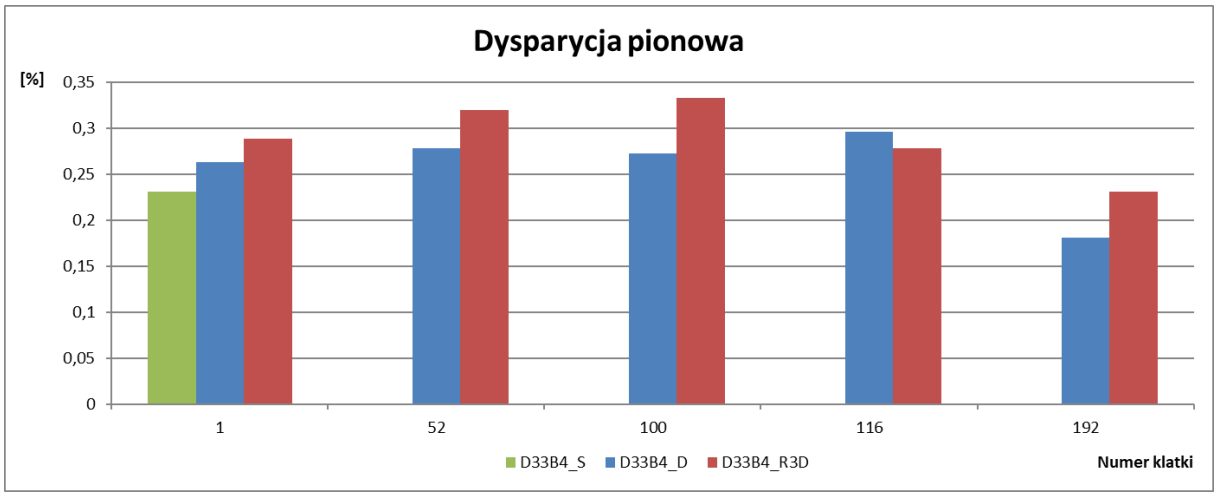
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku DxxB4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

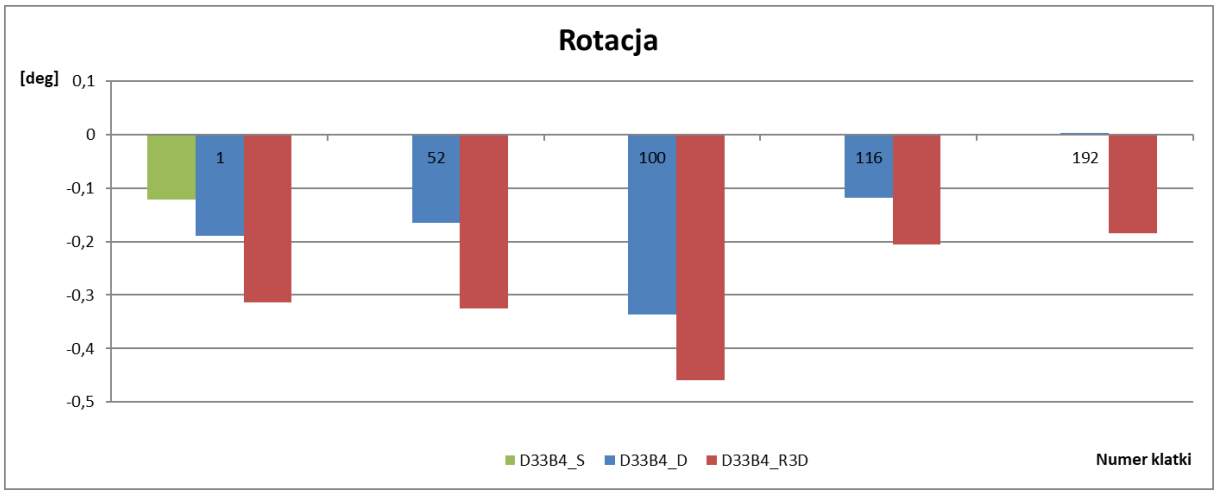
4.16. Zestawienie wyników dla przypadku D33B4

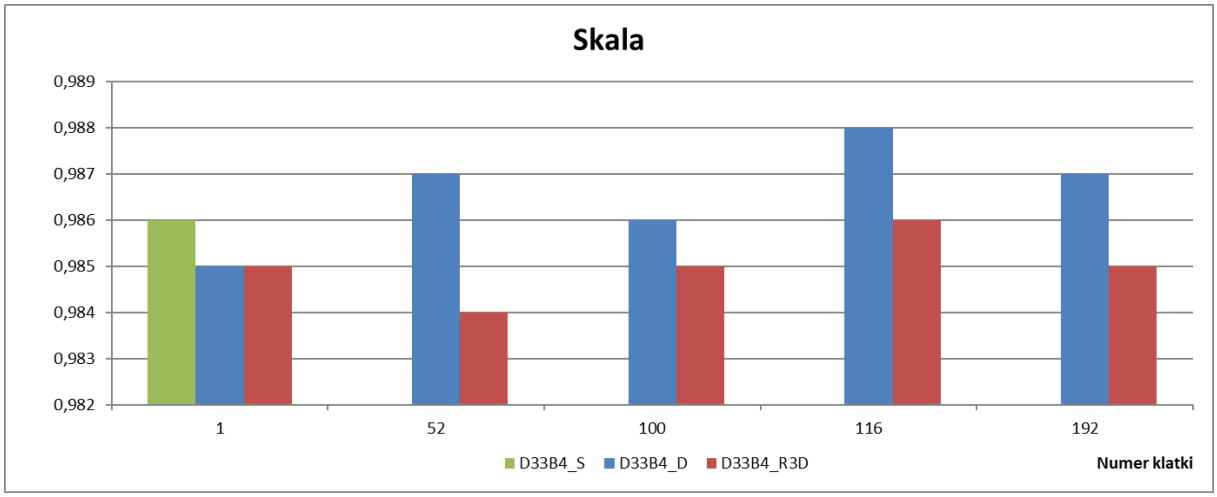
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera odsunięta daleko od lustra (obraz na lewej kamerze mniejszy o ok. 12-15 px).

Tabela. Zestawienie wyników dla przypadku D33B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**5**	**0,231**			**-0,10**		**0,986**	
D33B4S	4096:2160	1	4.320	0.200	5.000	0.231	-0.287	-0.121	0.986	0.986
D33B4D	1920:1080	1	2.662	0.246	2.840	0.263	-0.216	-0.190	0.986	0.985
D33B4D	1920:1080	52	2.725	0.252	3.000	0.278	-0.143	-0.165	0.986	0.987
D33B4D	1920:1080	100	3.007	0.278	2.940	0.272	-0.312	-0.336	0.985	0.986
D33B4D	1920:1080	116	3.485	0.323	3.200	0.296	-0.155	-0.118	0.988	0.988
D33B4D	1920:1080	192	2.227	0.206	1.960	0.181	-0.063	0.004	0.987	0.987
D33B4R3D	4096:2160	1	6.736	0.312	6.221	0.288	-0.301	-0.313	0.983	0.985
D33B4 R3D	4096:2160	52	6.797	0.315	6.912	0.320	-0.414	-0.325	0.985	0.984
D33B4 R3D	4096:2160	100	7.389	0.342	7.200	0.333	-0.522	-0.459	0.986	0.985
D33B4 R3D	4096:2160	116	6.716	0.311	6.000	0.278	-0.236	-0.205	0.986	0.986
D33B4 R3D	4096:2160	192	5.933	0.275	5.000	0.231	-0.244	-0.184	0.984	0.985

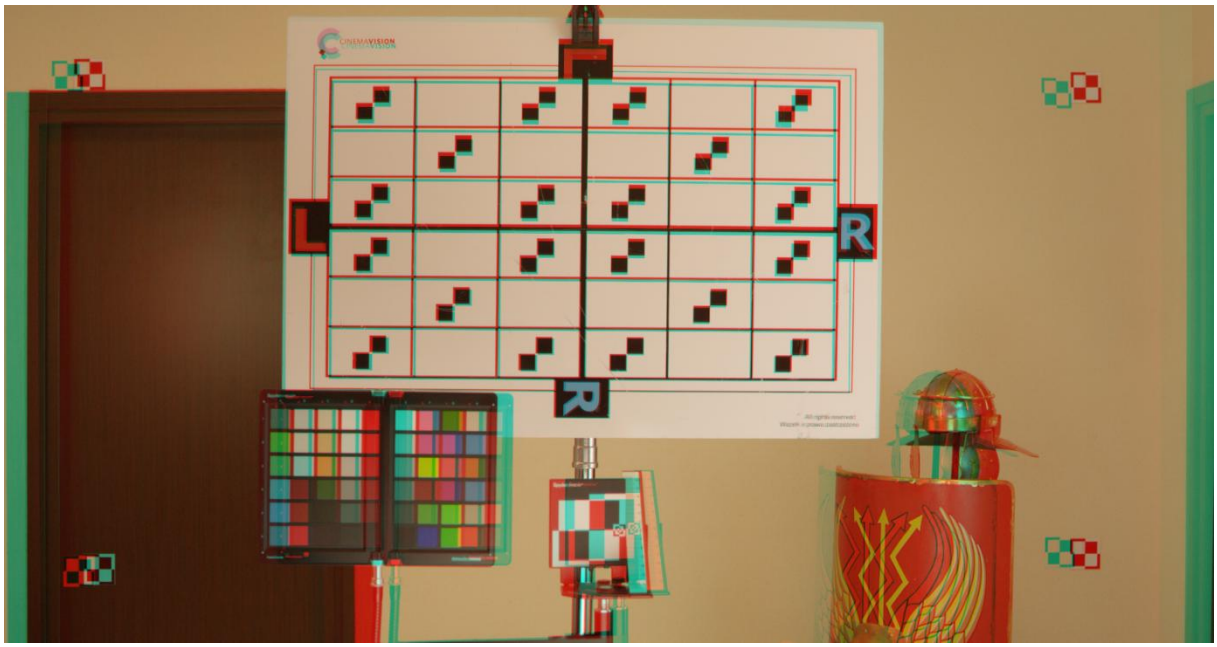




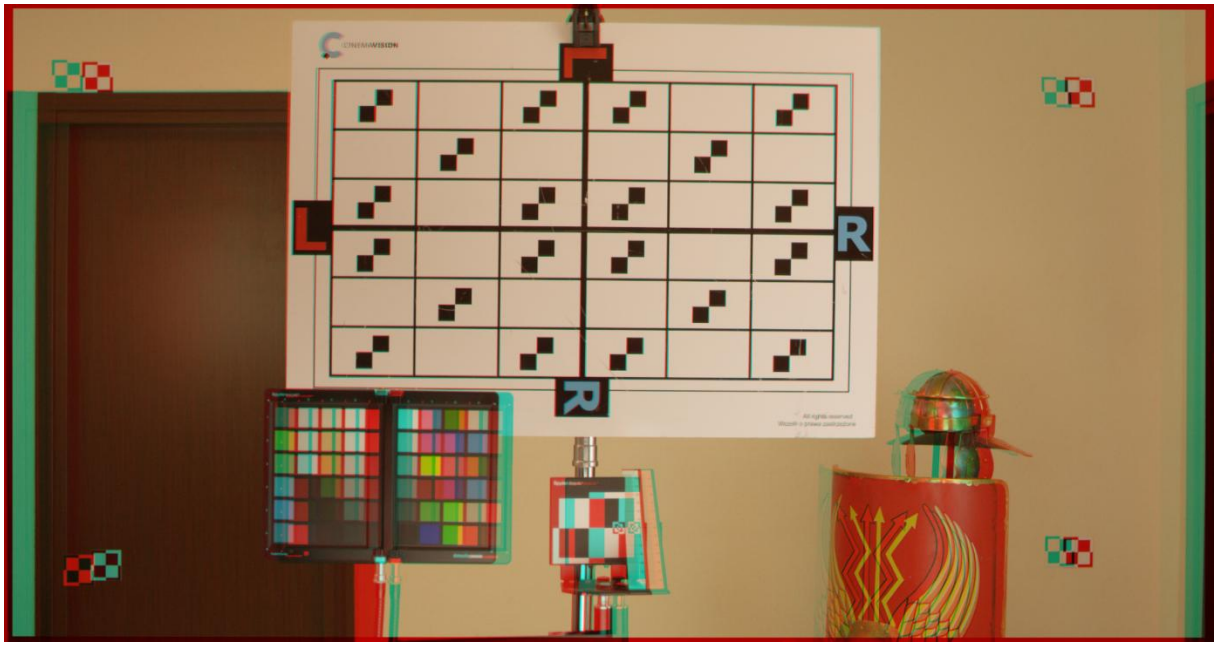


Omówienie wyników dla przypadku D33B4:

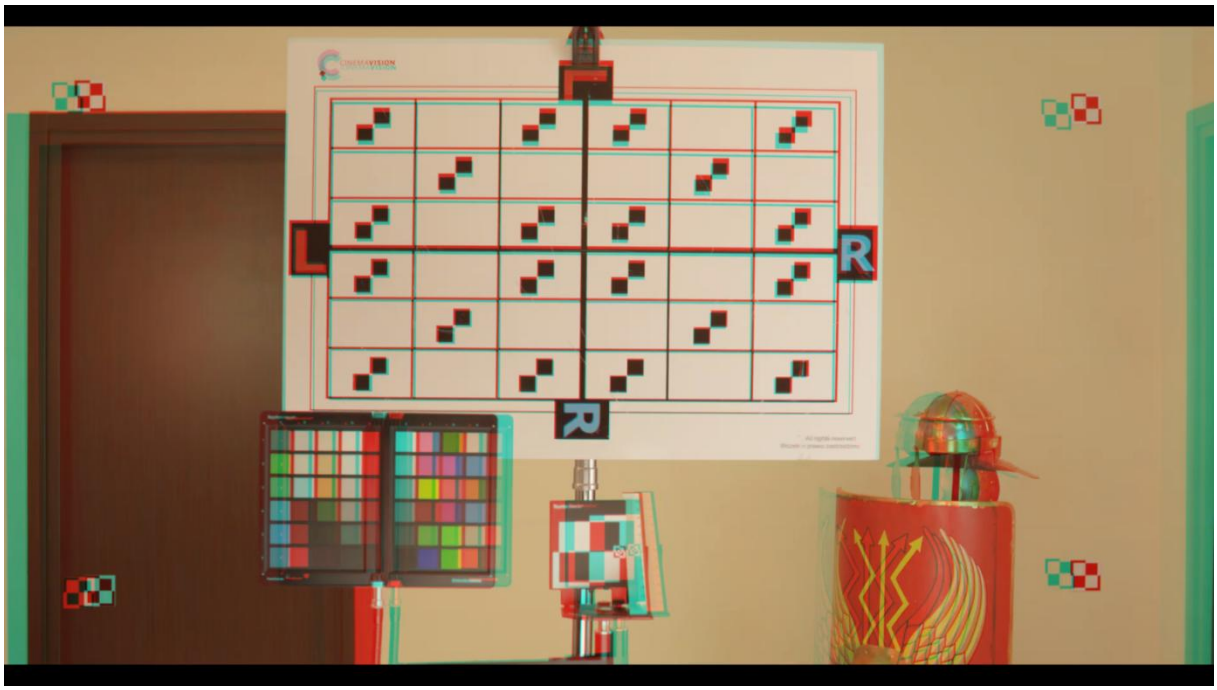
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów.



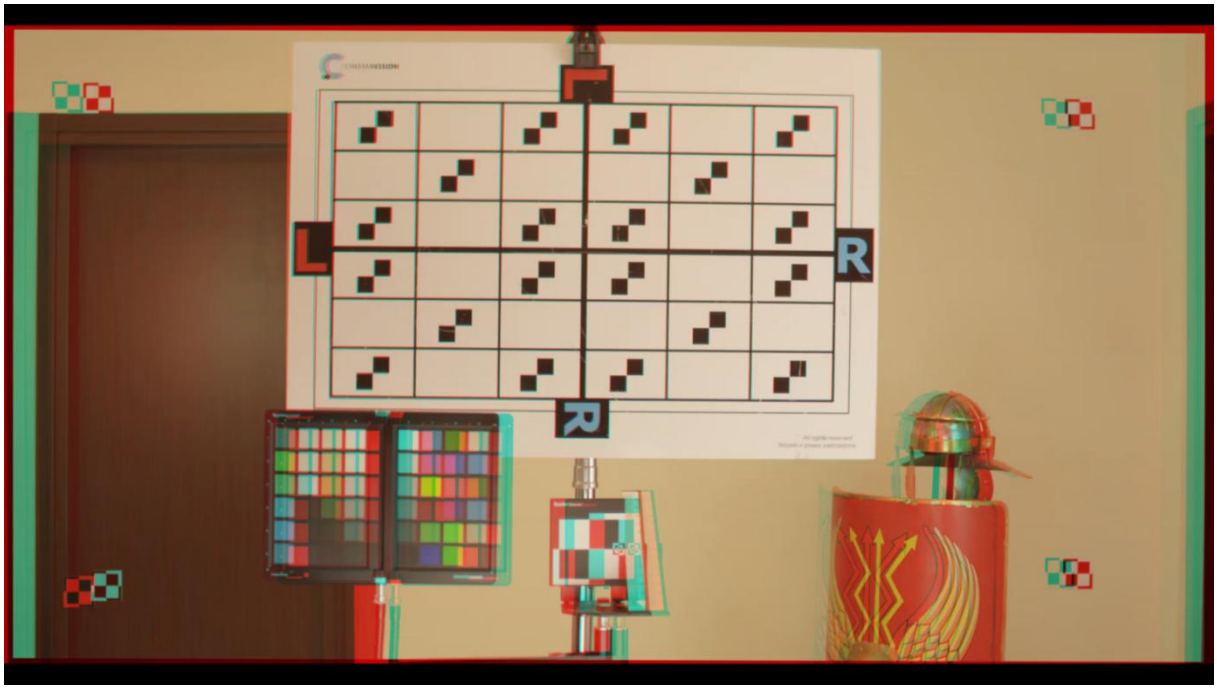
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D33B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



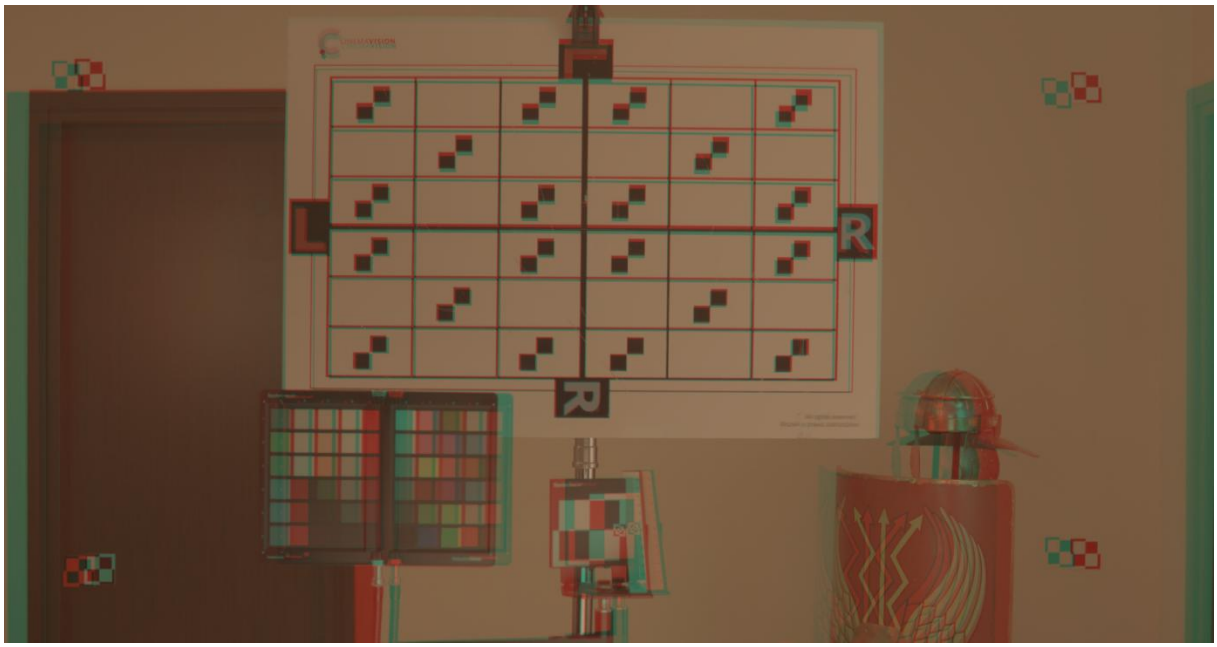
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D33B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



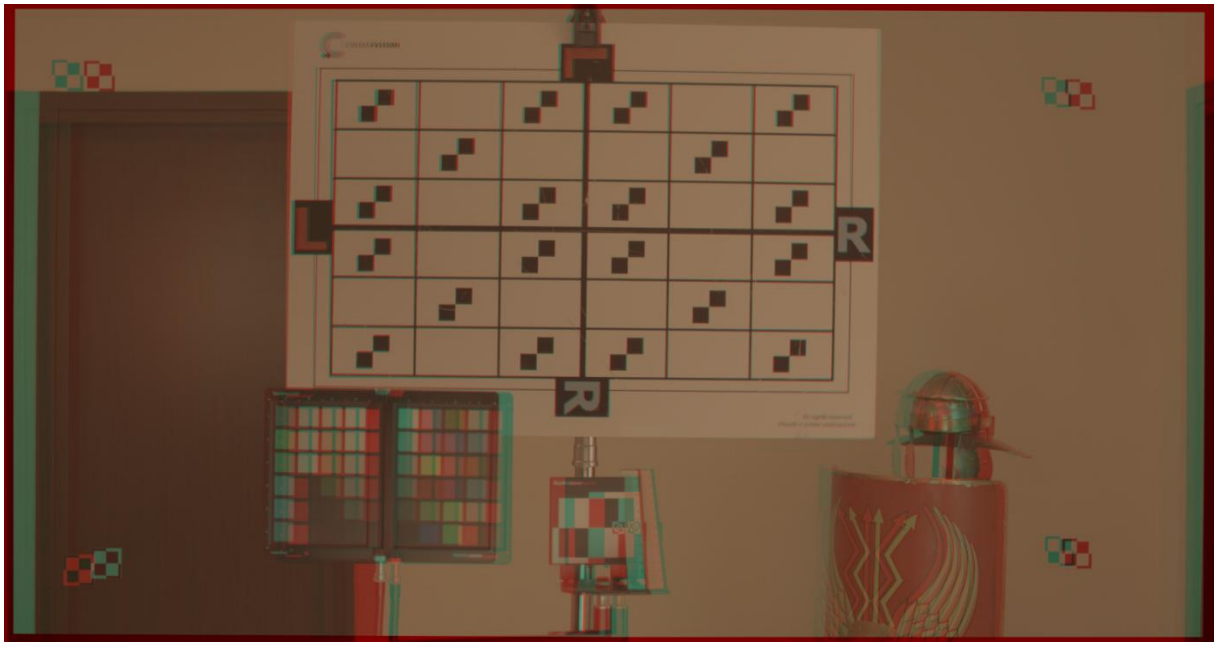
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D33B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D33B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D33B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



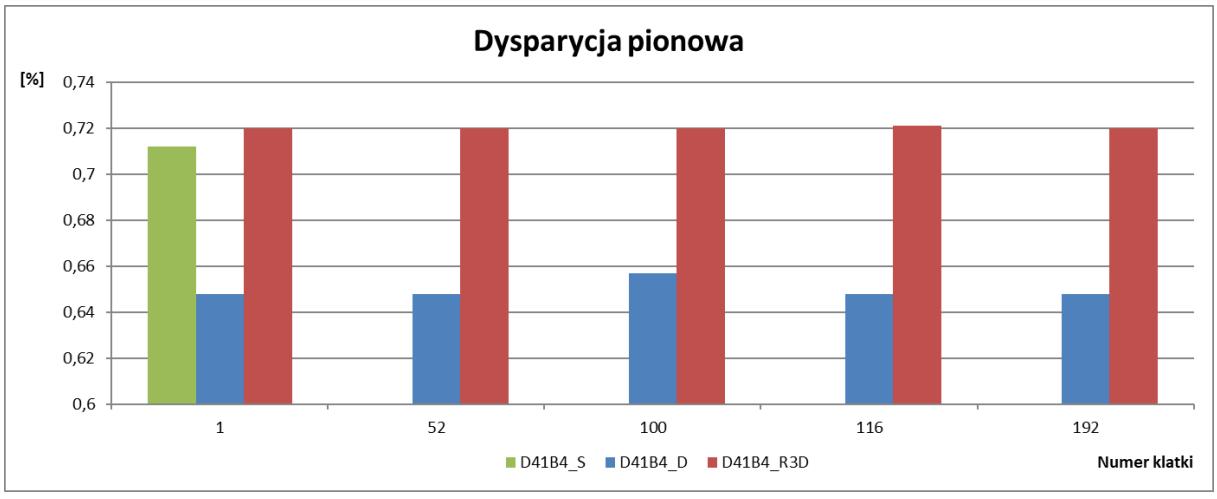
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D33B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

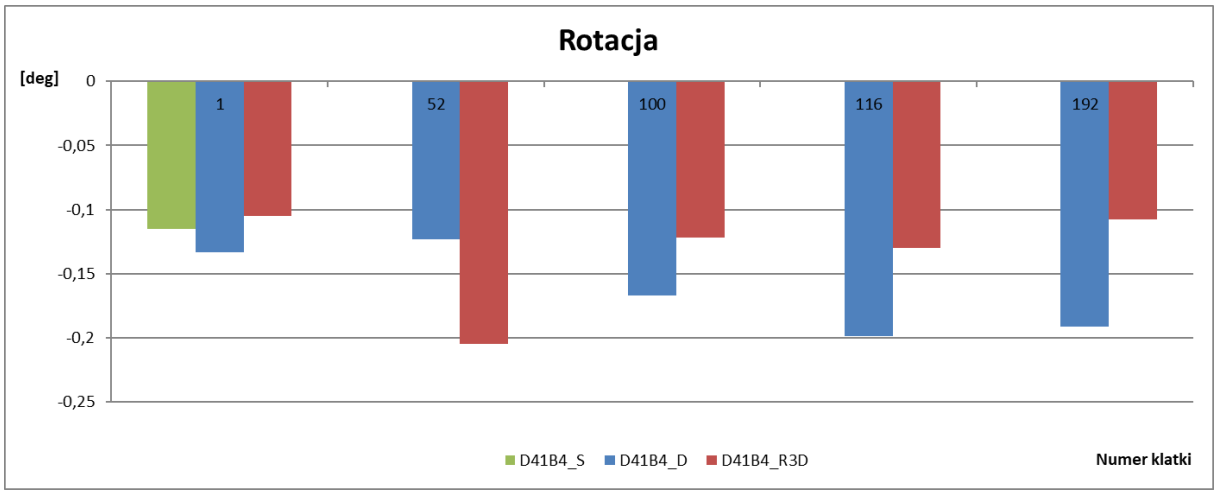
4.17.Zestawienie wyników dla przypadku D41B4

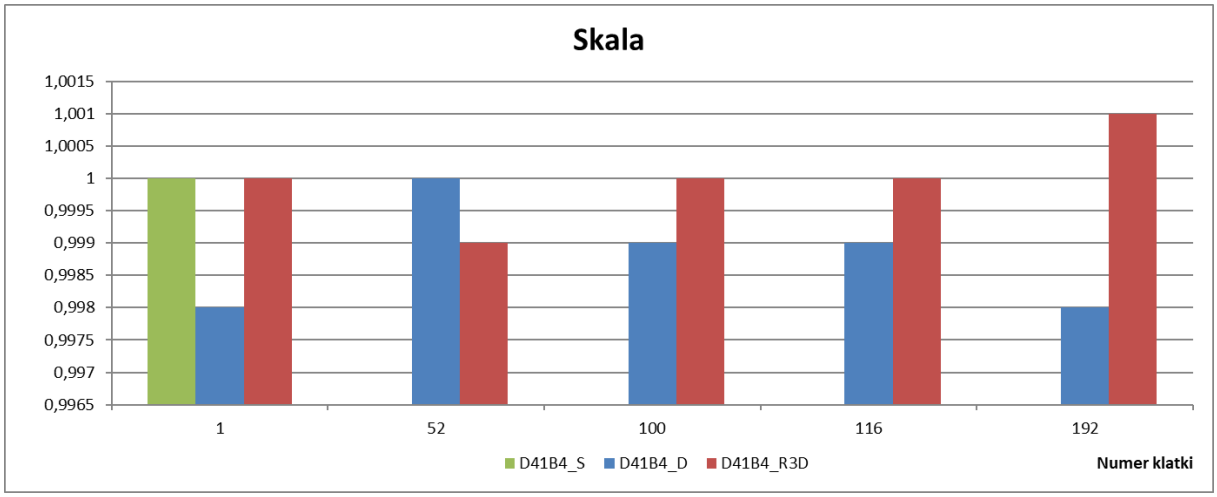
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy lewa kamera patrzy lekko w górę lub jest wyżej 2-4 px i jest przechylona lekko przeciwnie do wskazówek zegara.

Tabela .Zestawienie wyników dla przypadku D41B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**16**	**0,740**			**-0,21**		**0,999**	
D41B4S	4096:2160	1	15.366	0.711	15.380	0.712	-0.168	-0.115	1.000	1.000
D41B4D	1920:1080	1	7.119	0.659	7.000	0.648	-0.144	-0.133	0.999	0.998
D00B414D	1920:1080	52	7.188	0.666	7.000	0.648	-0.110	-0.123	1.000	1.000
D41B4D	1920:1080	100	7.257	0.672	7.100	0.657	-0.201	-0.167	0.999	0.999
D41B4D	1920:1080	116	7.055	0.653	7.000	0.648	-0.187	-0.199	0.999	0.999
D41B4D	1920:1080	192	7.074	0.655	7.000	0.648	-0.155	-0.191	0.999	0.998
D41B4R3D	4096:2160	1	15.274	0.707	15.552	0.720	-0.127	-0.105	0.999	1.000
D41B4 R3D	4096:2160	52	15.537	0.719	15.552	0.720	-0.172	-0.205	0.998	0.999
D41B4 R3D	4096:2160	100	15.445	0.715	15.552	0.720	-0.122	-0.122	1.000	1.000
D41B4 R3D	4096:2160	116	15.574	0.721	15.576	0.721	-0.107	-0.130	1.000	1.000
D41B4 R3D	4096:2160	192	15.499	0.718	15.552	0.720	-0.125	-0.108	1.001	1.001

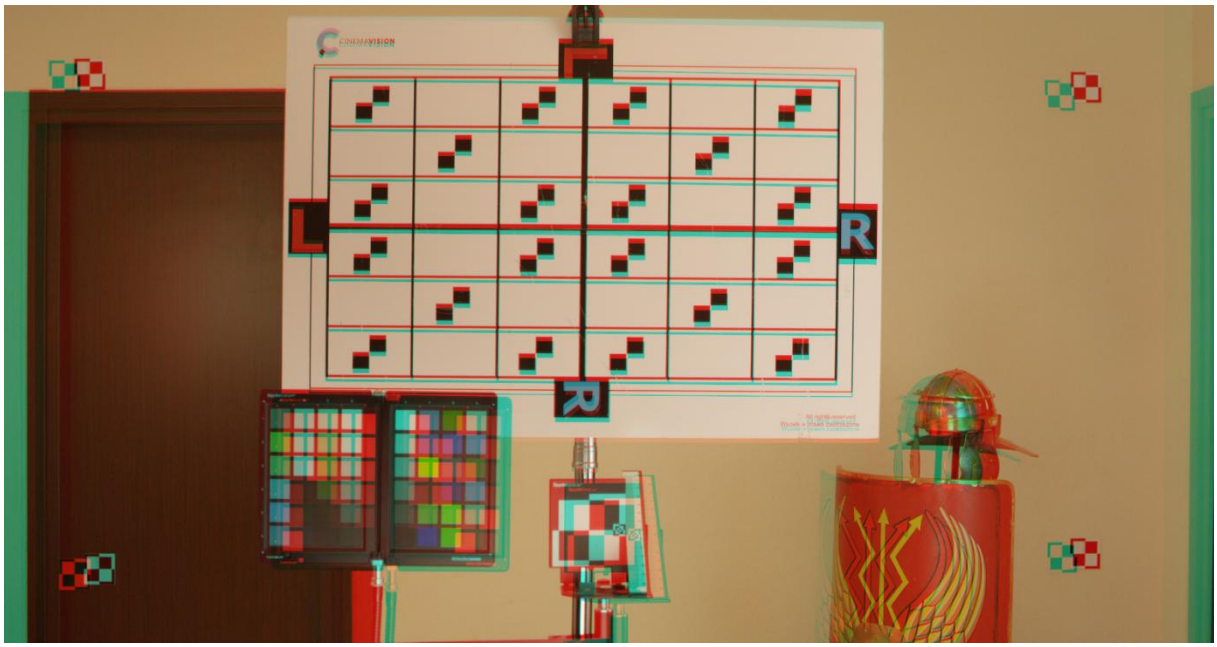




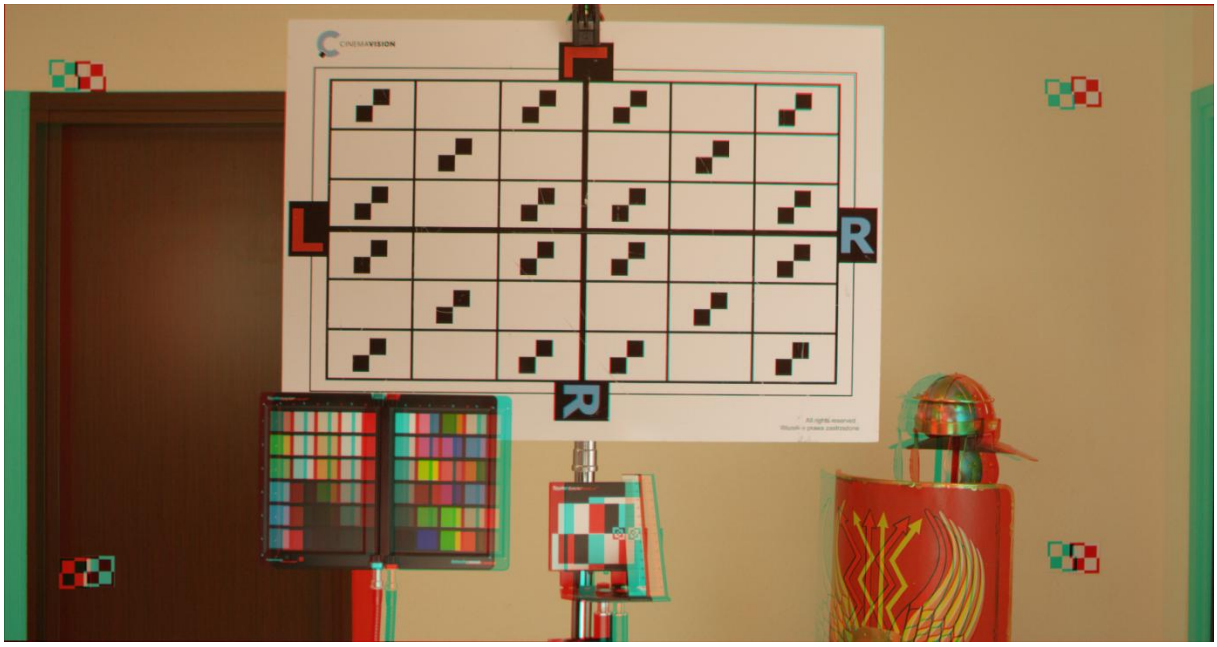


Omówienie wyników dla przypadku D41B4:

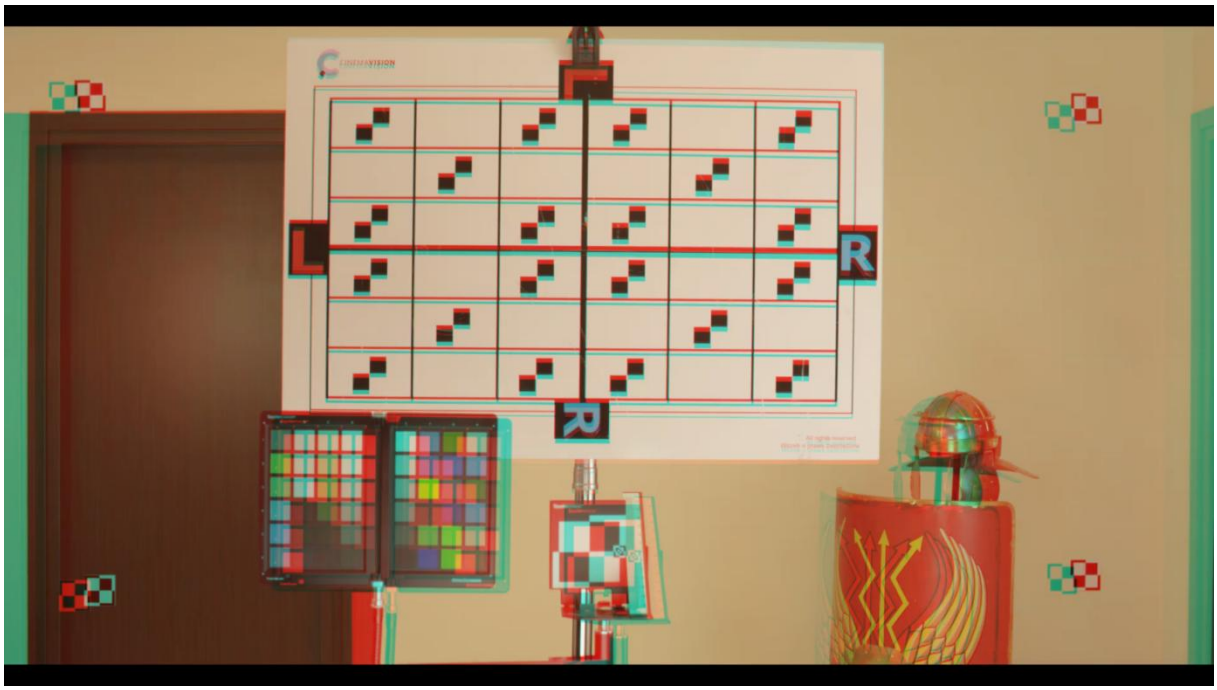
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie dysparycji pionowej rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD jest znikomy w skali bezwzględnej wartości przesunięcia korygującego i mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody. Zauważalna relatywna duża rozbieżność wartości rotacji korygującej w stosunku do metadanych dla przypadku statycznego obrazu.



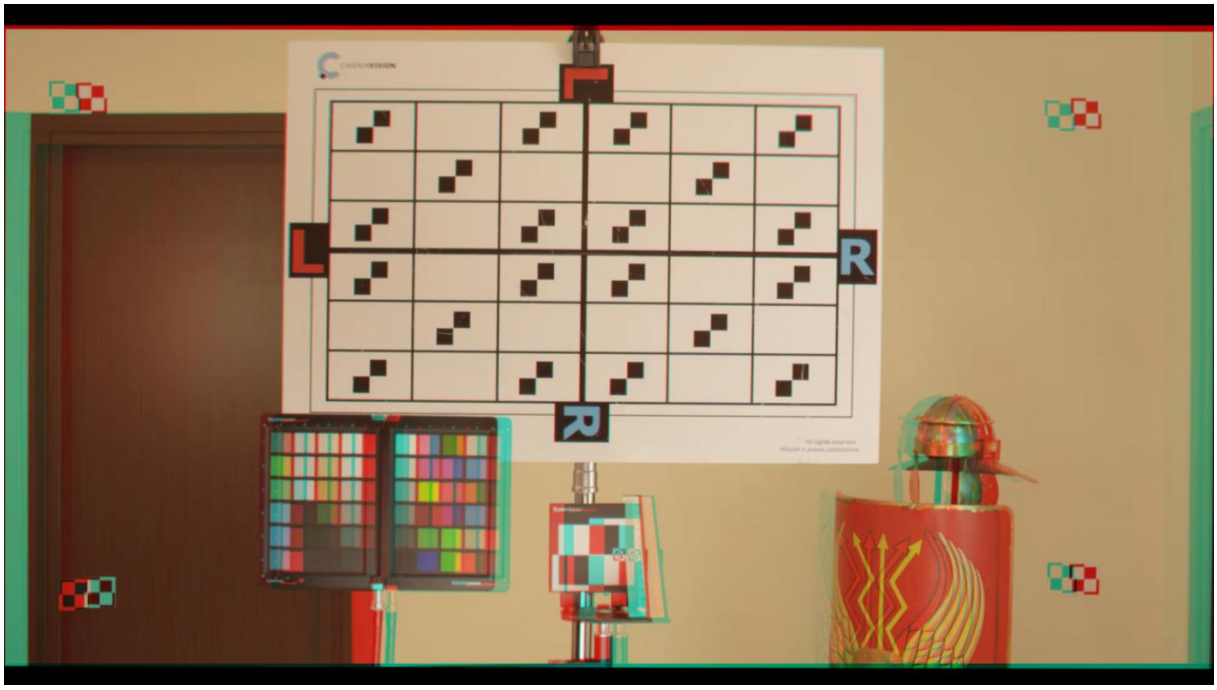
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D41B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



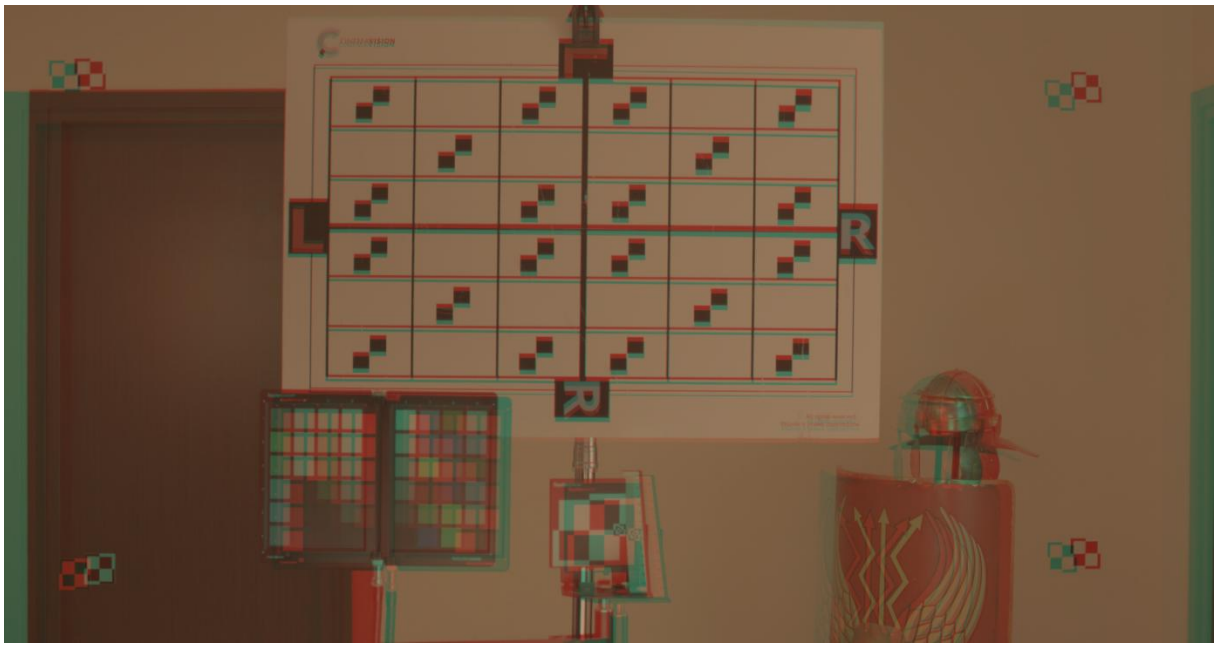
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D41B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



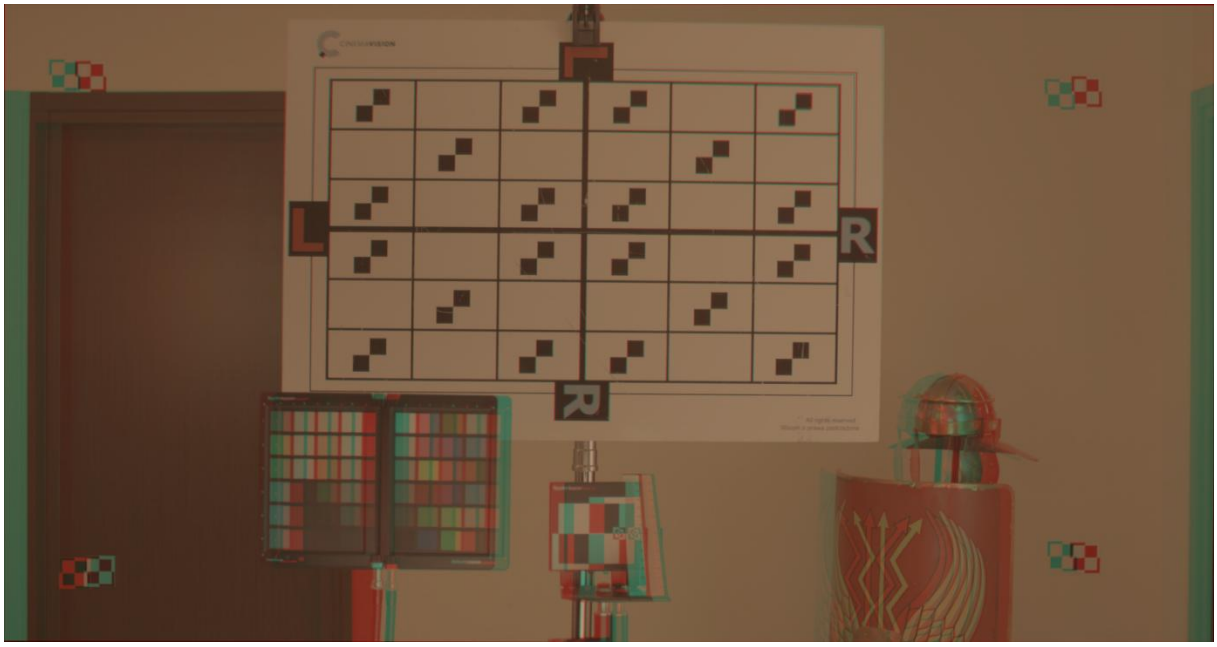
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D41B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D41B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D41B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



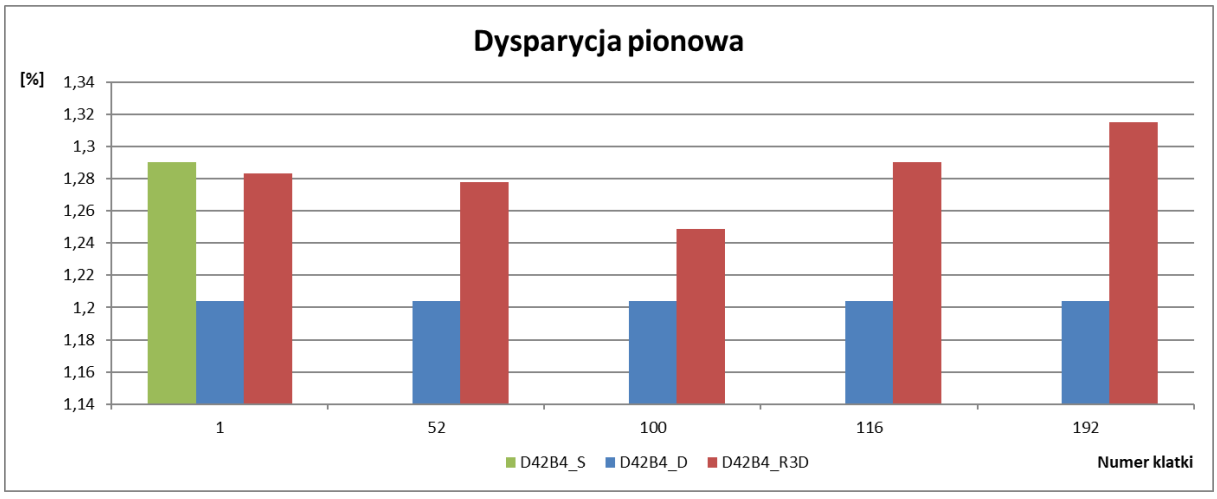
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D41B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

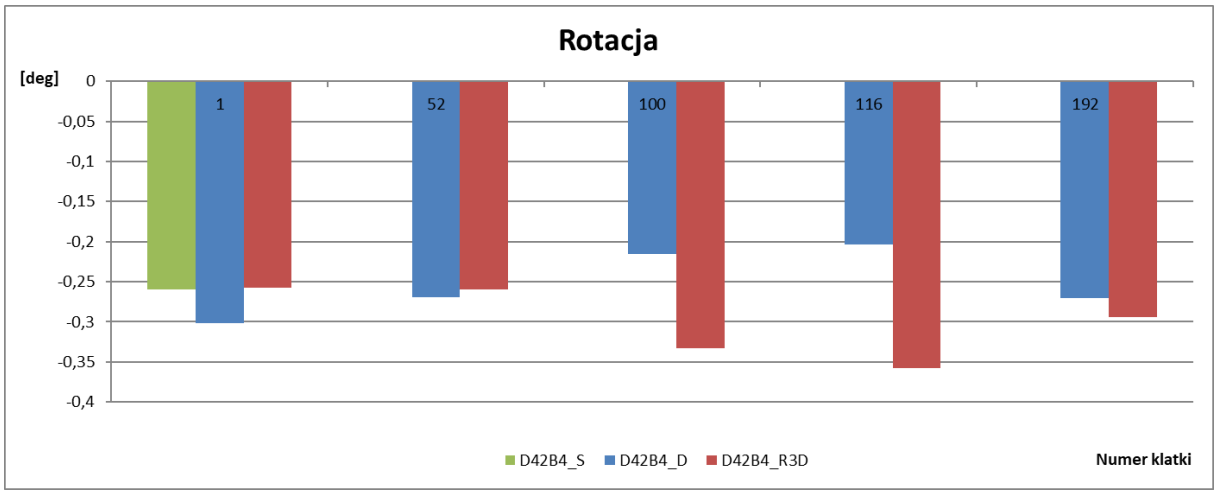
4.18. Zestawienie wyników dla przypadku D42B4

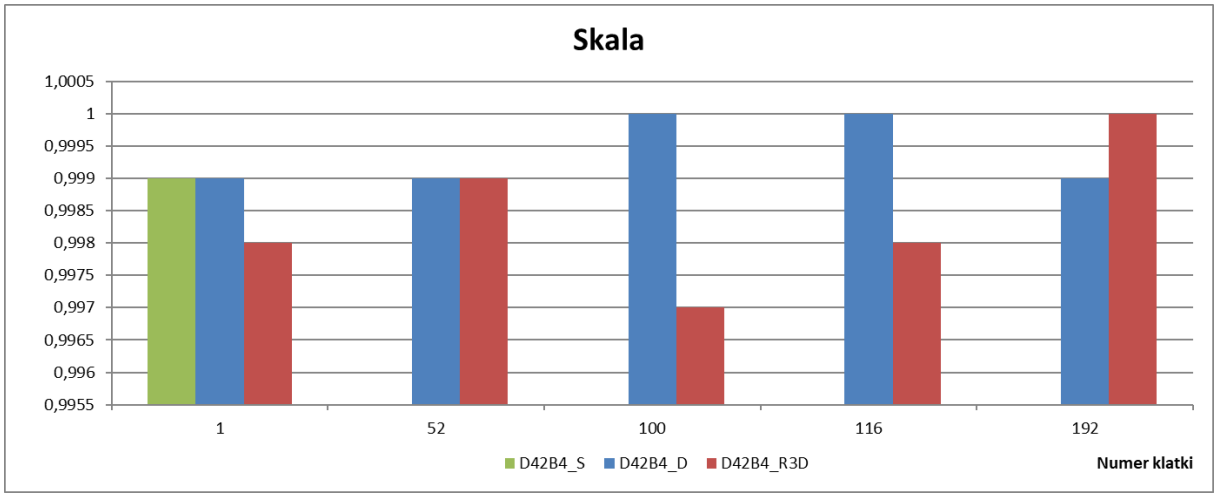
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy bardziej w górę lub jest wyżej 5-8 px i jest przechylona bardziej przeciwnie do wskazówek zegara.

Tabela. Zestawienie wyników dla przypadku D42B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**28**	**1,130**			**-0,39**		**0,997**	
D42B4S	4096:2160	1	27.506	1.273	27.868	1.290	-0.264	-0.260	0.999	0.999
D42B4D	1920:1080	1	13.108	1.214	13.000	1.204	-0.298	-0.302	0.998	0.999
D42B4D	1920:1080	52	12.918	1.196	13.000	1.204	-0.234	-0.269	0.998	0.999
D42B4D	1920:1080	100	12.905	1.195	13.000	1.204	-0.196	-0.215	1.000	1.000
D42B4D	1920:1080	116	12.987	1.203	13.000	1.204	-0.204	-0.204	1.000	1.000
D42B4D	1920:1080	192	13.141	1.217	13.000	1.204	-0.241	-0.270	0.999	0.999
D42B4R3D	4096:2160	1	27.237	1.261	27.720	1.283	-0.275	-0.258	0.997	0.998
D42B4 R3D	4096:2160	52	27.078	1.254	27.600	1.278	-0.329	-0.260	0.997	0.999
D42B4 R3D	4096:2160	100	26.824	1.242	26.988	1.249	-0.369	-0.333	0.996	0.997
D42B4 R3D	4096:2160	116	27.517	1.274	27.868	1.290	-0.376	-0.358	0.997	0.998
D42B4 R3D	4096:2160	192	27.893	1.291	28.400	1.315	-0.274	-0.294	1.000	1.000

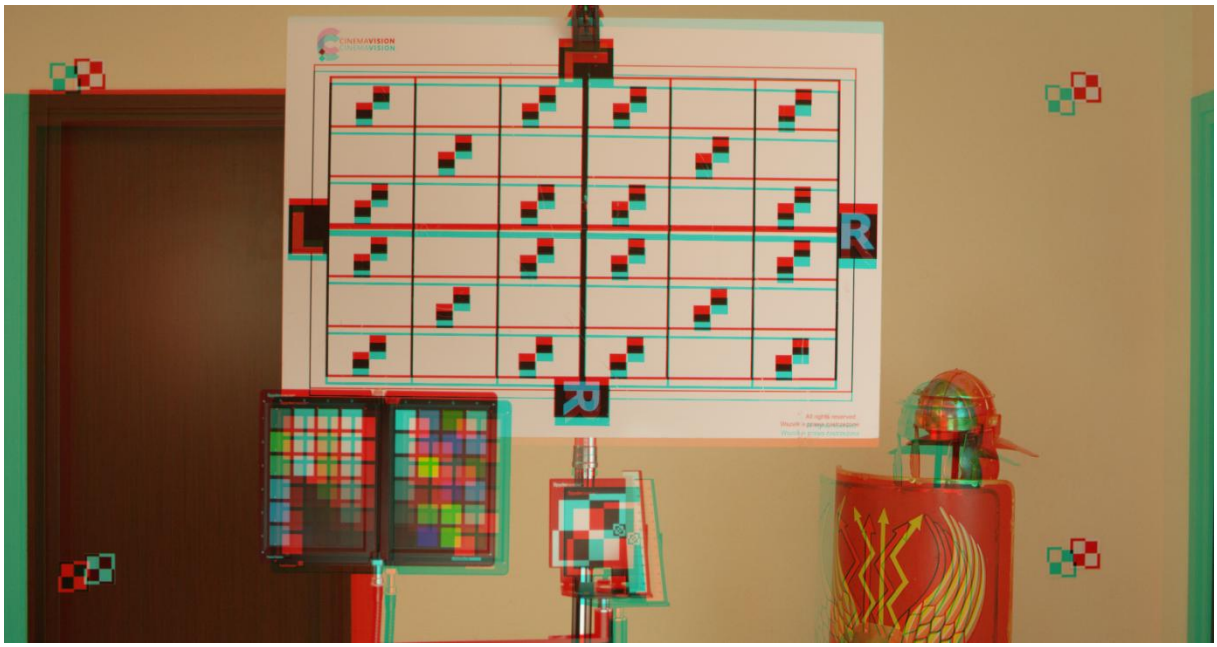




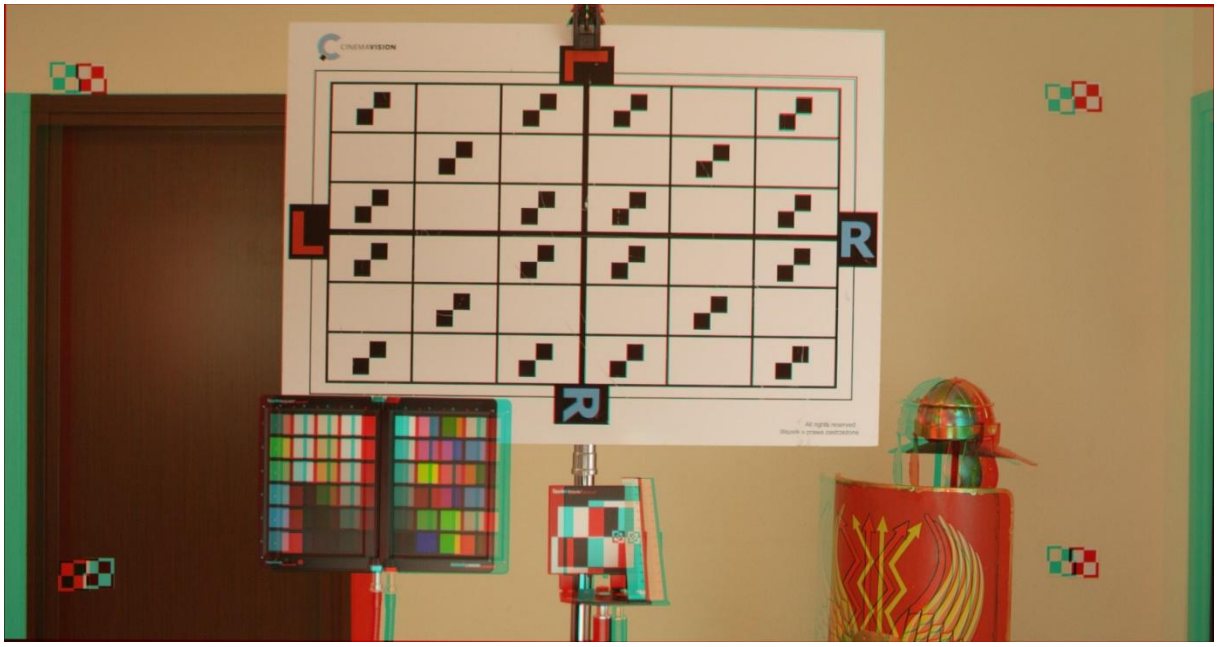


Omówienie wyników dla przypadku D42B4:

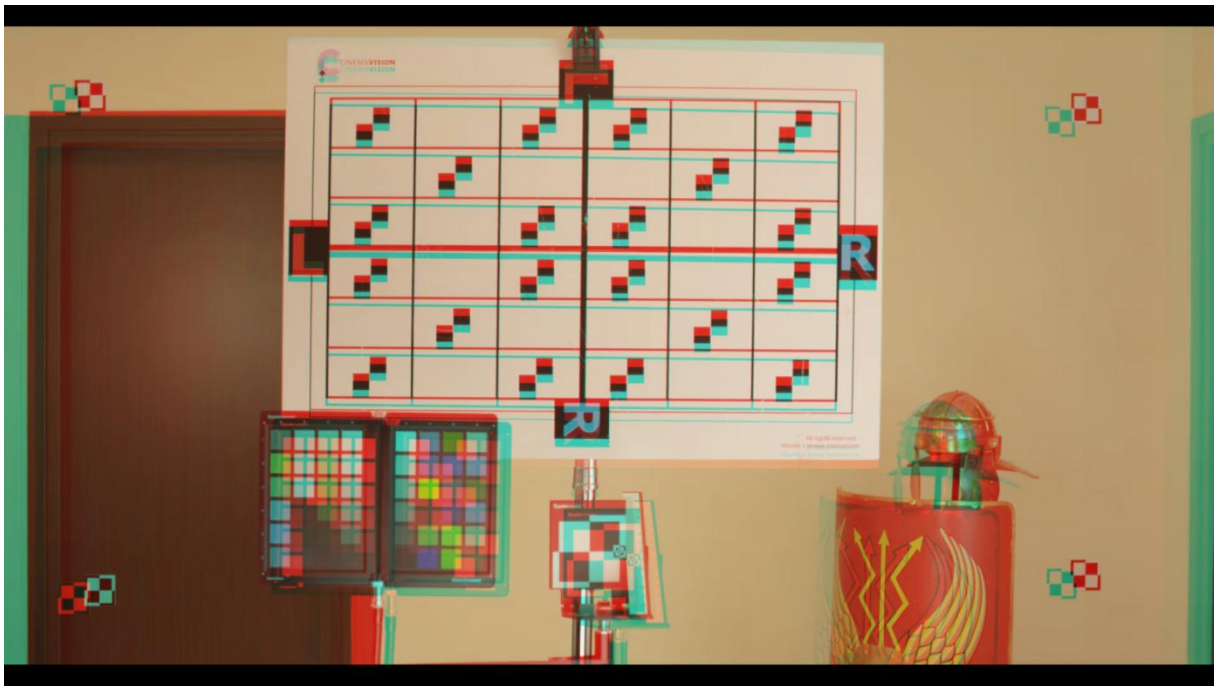
Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie dysparycji pionowej rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD jest znikomy w skali bezwzględnej wartości przesunięcia korygującego i mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.



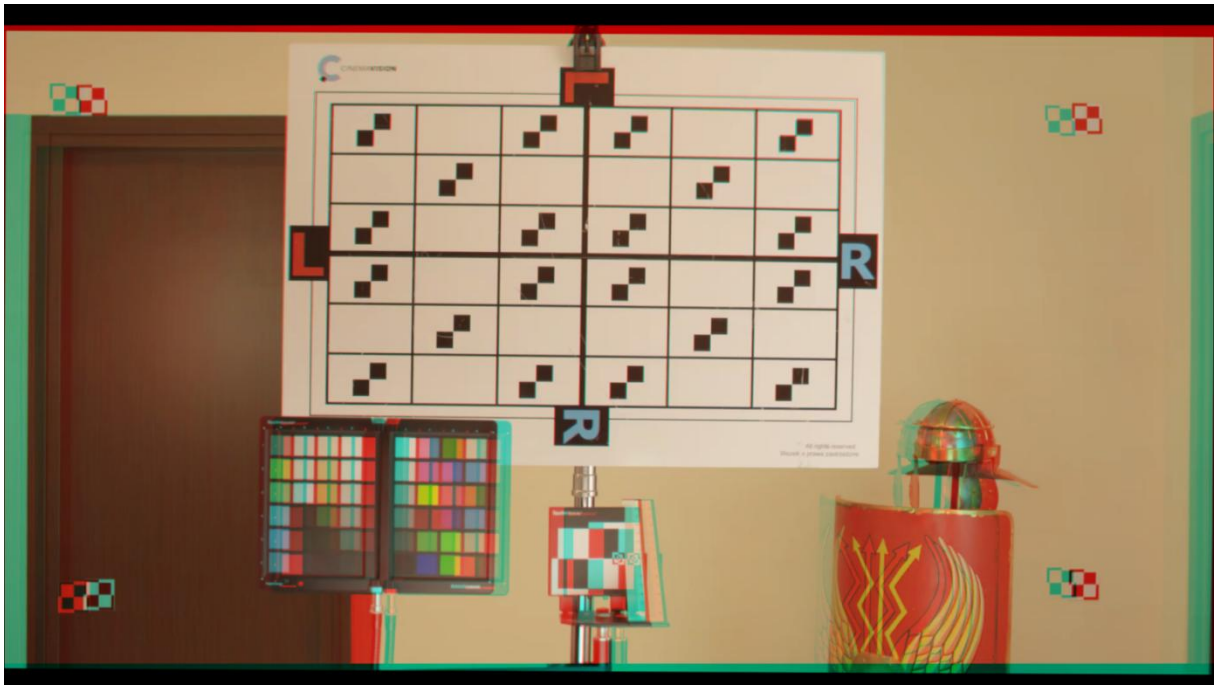
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D42B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D42B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D42B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D42B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D42B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.

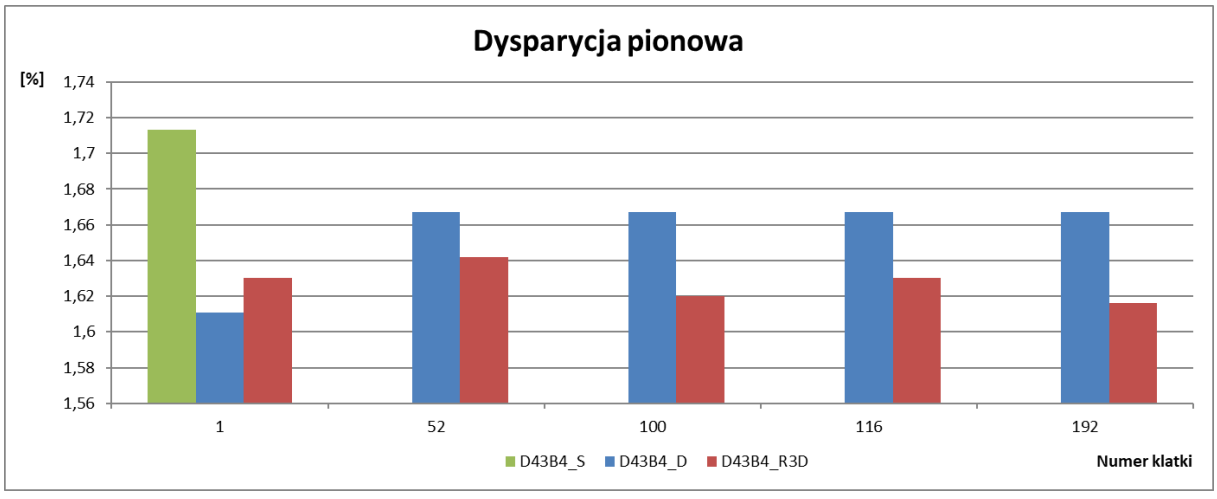
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D42B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

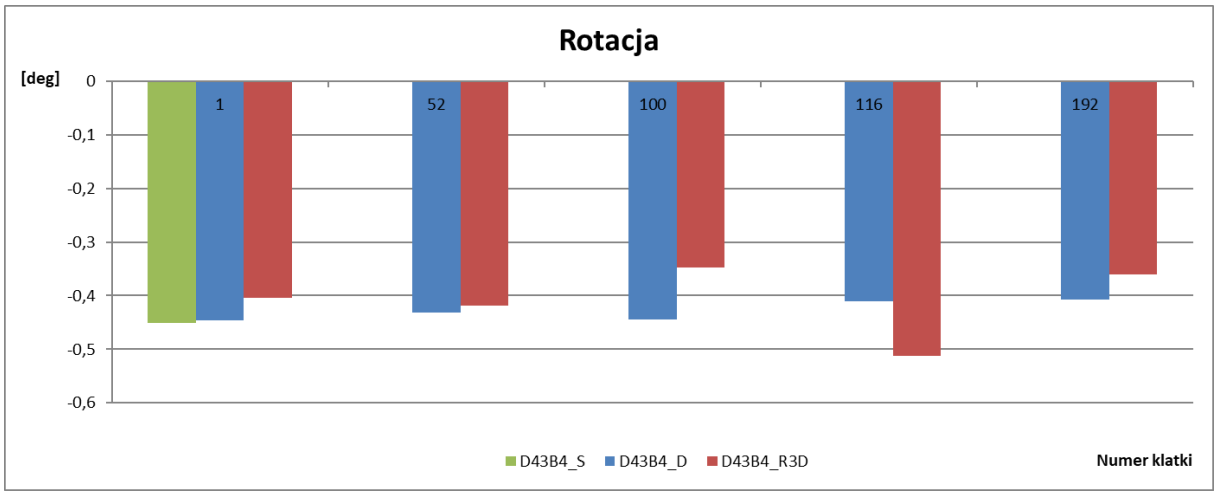
4.19. Zestawienie wyników dla przypadku D43B4

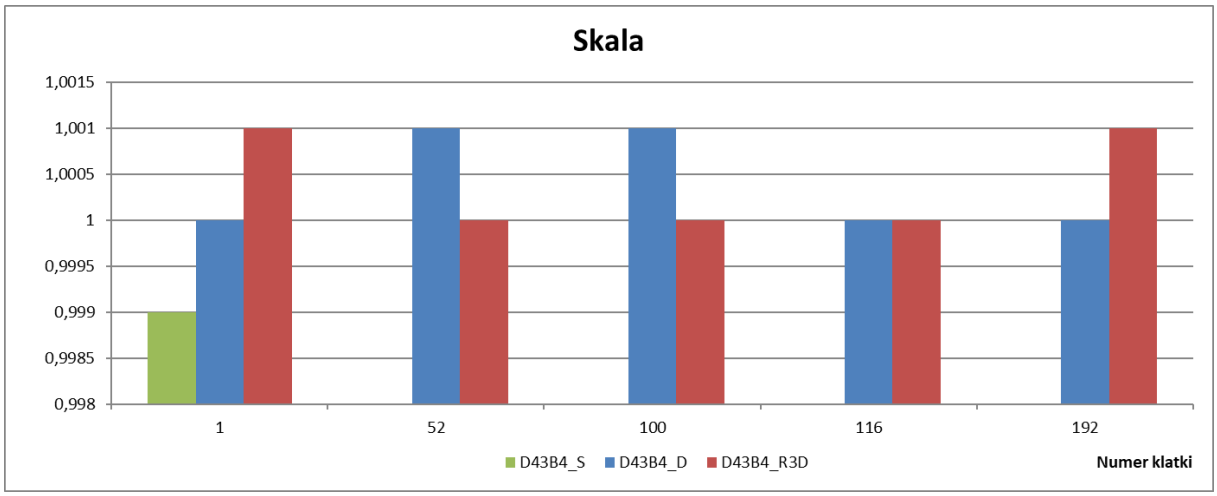
Baza riga 4 cm, konwergencja na dużej tablicy, lewa kamera patrzy mocno w górę lub jest wyżej 12-15 px i jest przechylona mocno przeciwnie do wskazówek zegara.

Tabela. Zestawienie wyników dla przypadku D43B4.

Nazwa	Rozdziel-czość	Klatka	Dysparycja pionowa średnia [px]	Dysparycja pionowa średnia [%]	Dysparycja pionowa mediana [px]	Dysparycja pionowa mediana [%]	Błąd rotacji średnia [deg]	Błąd rotacji mediana [deg]	Błąd skali średnia	Błąd skali mediana
metadane	4096:2160	1	**50**	**2,314**			**-0,49**		**0,997**	
D43B4S	4096:2160	1	37.158	1.720	37.000	1.713	-0.457	-0.451	0.999	0.999
D43B4D	1920:1080	1	17.573	1.627	17.400	1.611	-0.492	-0.446	1.001	1.000
D43B4D	1920:1080	52	17.686	1.638	18.000	1.667	-0.432	-0.432	1.001	1.001
D43B4D	1920:1080	100	17.701	1.639	18.000	1.667	-0.444	-0.445	1.000	1.001
D43B4D	1920:1080	116	17.842	1.652	18.000	1.667	-0.438	-0.410	1.000	1.000
D43B4D	1920:1080	192	17.960	1.663	18.000	1.667	-0.465	-0.408	0.999	1.000
D43B4R3D	4096:2160	1	34.682	1.606	35.200	1.630	-0.393	-0.404	1.001	1.001
D43B4 R3D	4096:2160	52	35.356	1.637	35.472	1.642	-0.476	-0.418	0.999	1.000
D43B4 R3D	4096:2160	100	35.336	1.636	35.000	1.620	-0.347	-0.347	1.000	1.000
D43B4 R3D	4096:2160	116	36.041	1.669	35.200	1.630	-0.533	-0.513	1.000	1.000
D43B4 R3D	4096:2160	192	32.522	1.506	34.900	1.616	-0.345	-0.361	1.001	1.001



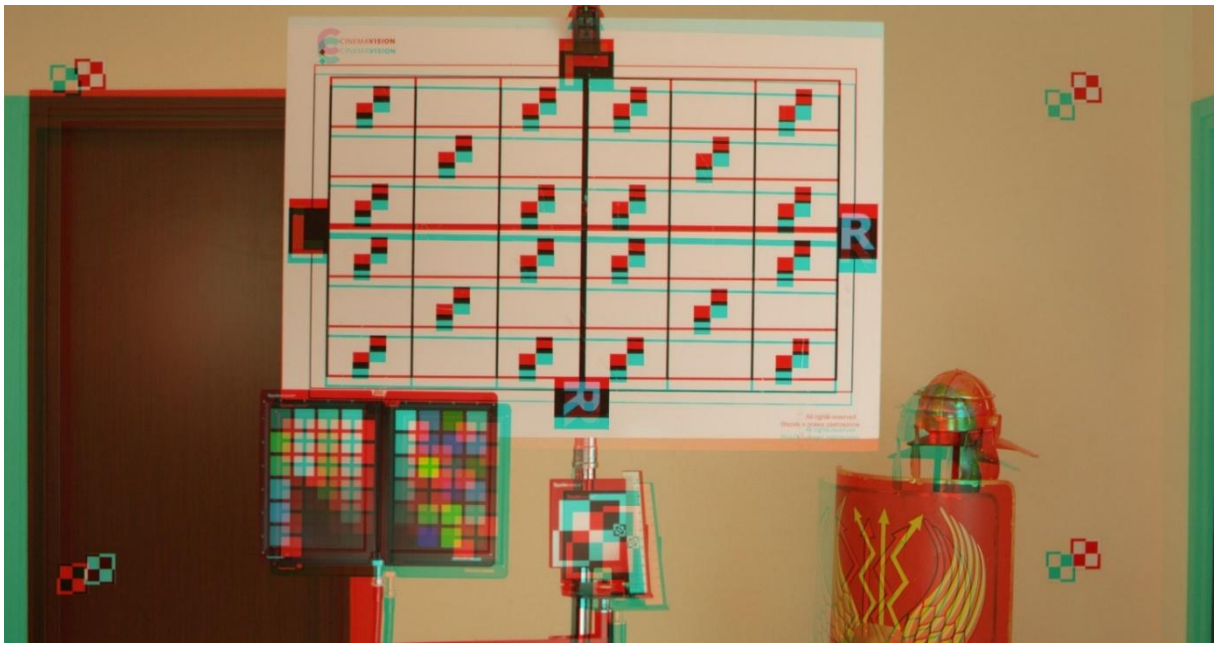




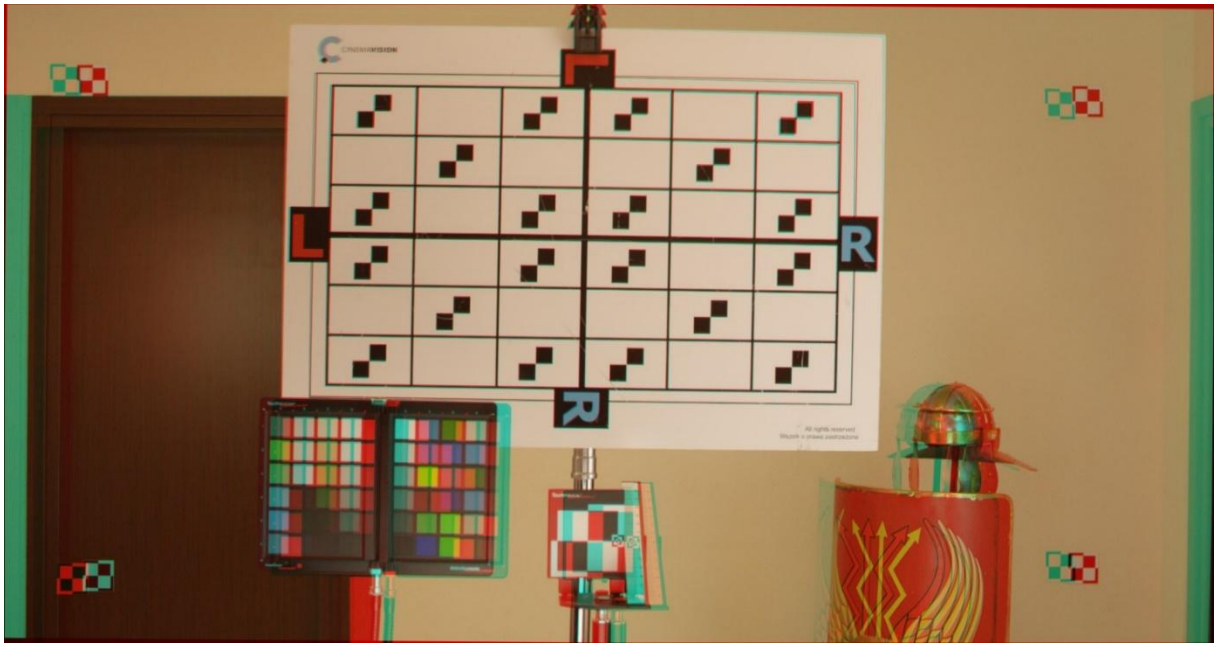
Omówienie D43B4:

Wyniki wyliczonych wartości błędów stereoskopii poprawne i zgodne niezależnie od rozdzielczości badanego materiału i zgodne z metadanymi bazy błędów. Widoczny na wykresie rotacji rozrzut wyników dla rozdzielczości 4K i FullHD jest znikomy w skali bezwzględnej wartości przesunięcia korygującego i mieści się w dopuszczalnym przedziale dokładności metody.

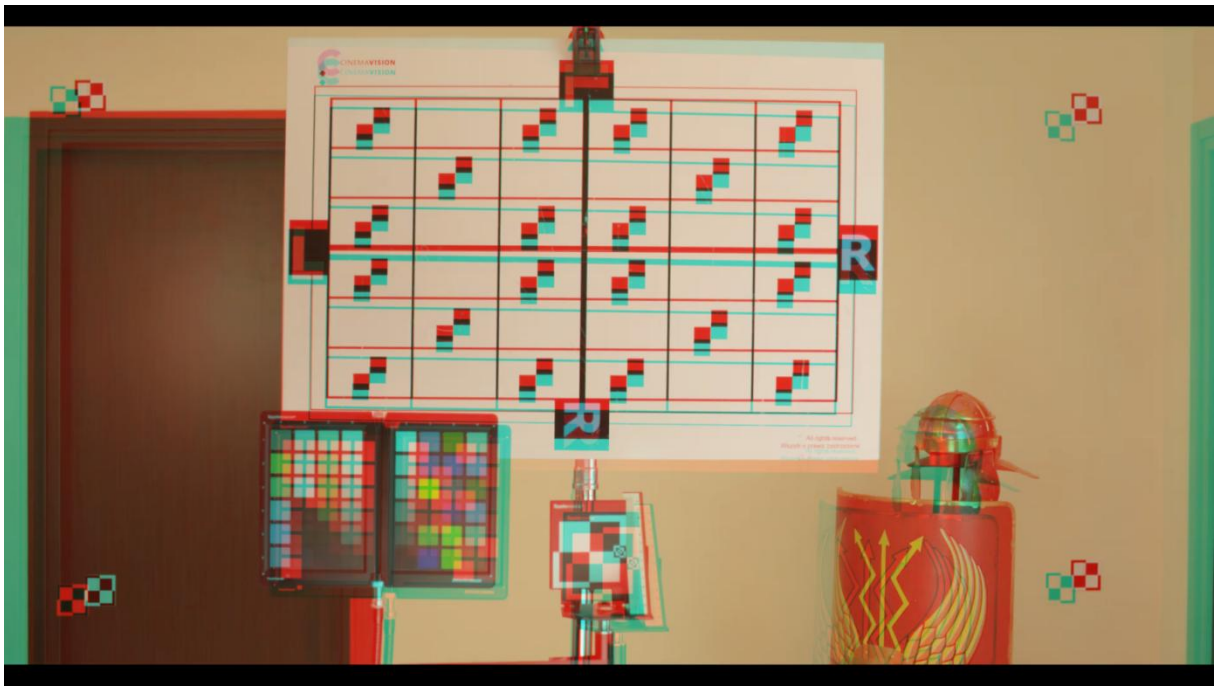
Jest duża rozbieżność wyliczonej dysparycji pionowej w stosunku do metadanych z bazy. Wynika to najprawdopodobniej z bardzo dużej kumulacji wszystkich możliwych błędów filmowania stereoskopowego – praktycznie taki stan nie nadaje się do korekty postprodukcyjnej i powinien zostać sfilmowany ponownie po kalibracji riga.



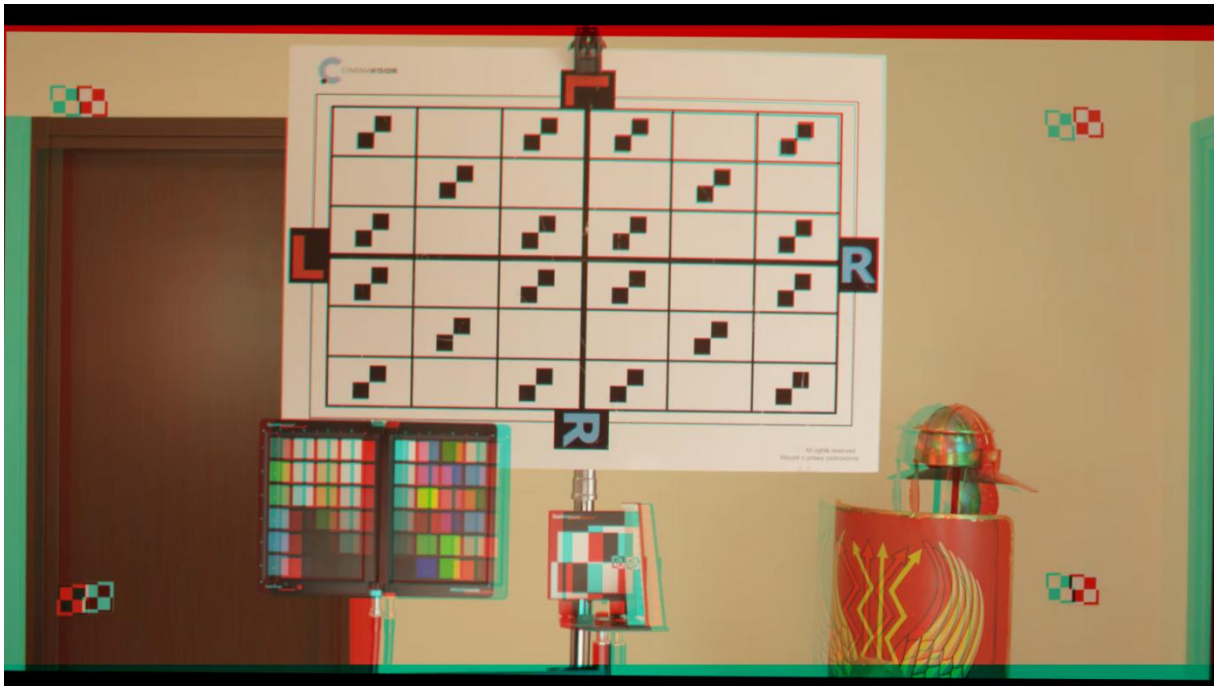
Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D43B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



Rys. Widok anaglifowy steropary klatki 1 z ujęcia statycznego przypadku D43B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

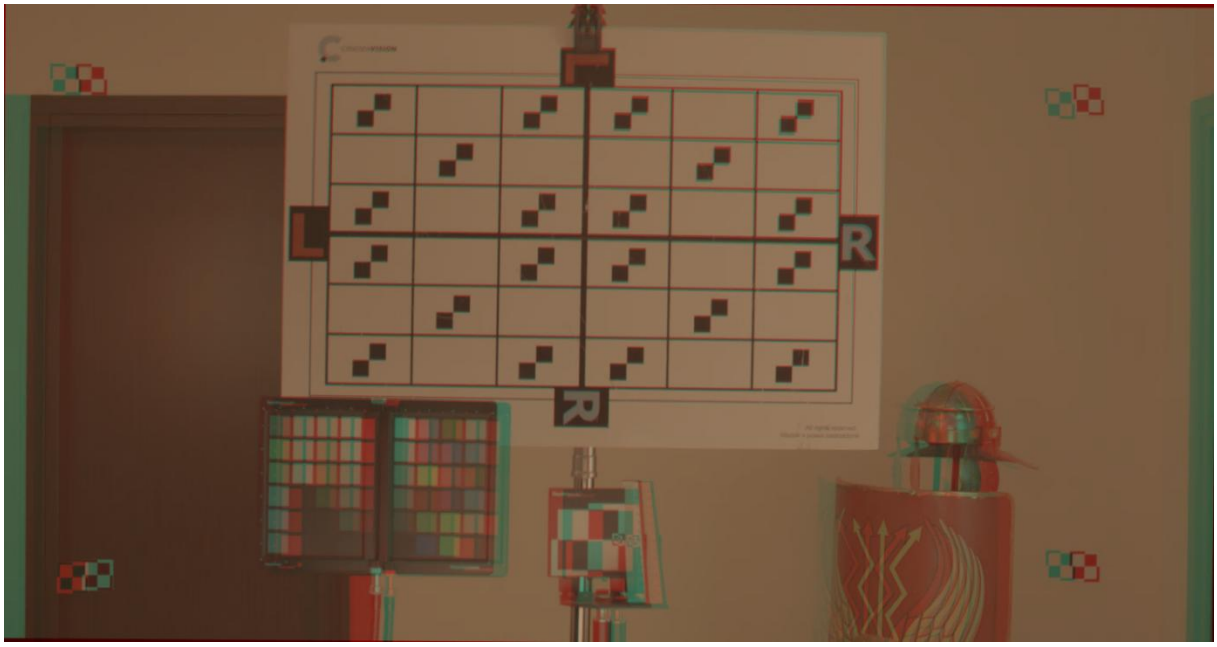


Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D43B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.



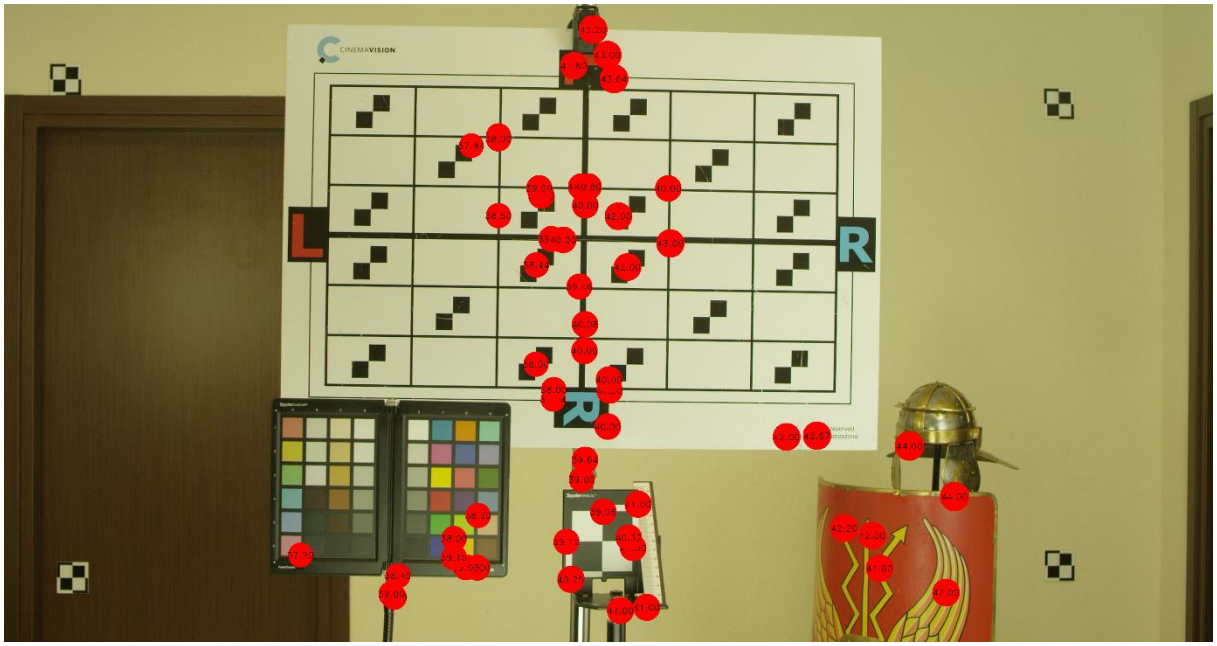
Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału wyjściowego FHD dla ujęcia dynamicznego przypadku D43B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D43B4 bez korekty artefaktów stereoskopowych.

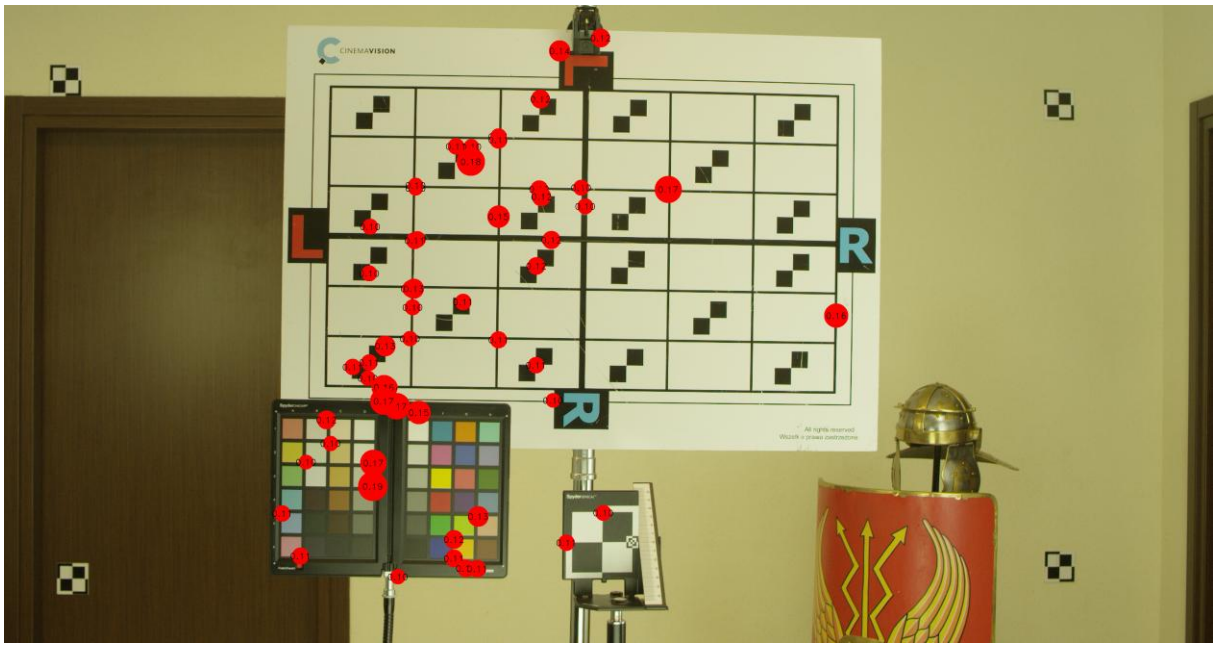


Rys. Widok anaglifowy klatki 1 materiału footage R3D dla ujęcia dynamicznego przypadku D43B4 po korekcie artefaktów stereoskopowych obliczonych za pomocą narzędzia Disparity Checker (możliwości naprawcze).

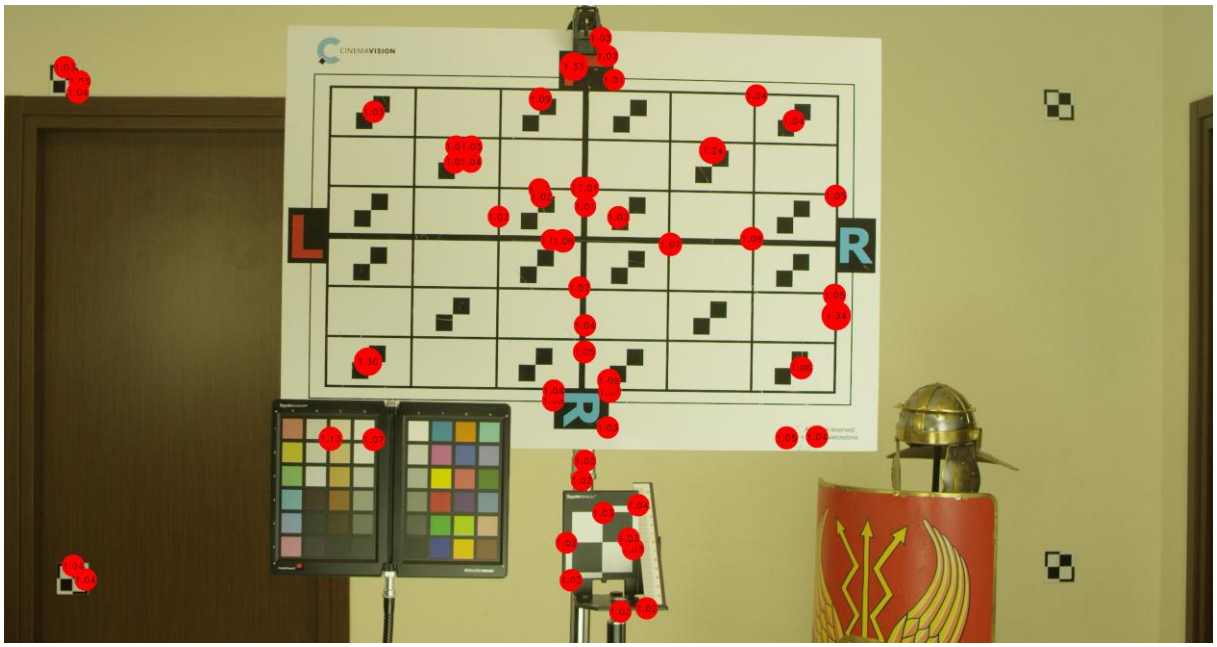
Z uwagi na wielkość błędów i ich kumulację w tym przypadku przydatna jest wizualizacja rozkładu maksymalnych wartości dla typu błędu.



Rys. Wizualizacja rozkładu maksymalnych wartości dysparycji pionowej dla przypadku D43B4.



Rys. Wizualizacja rozkładu maksymalnych wartości dysparycji rotacji dla przypadku D43B4.



Rys. Wizualizacja rozkładu maksymalnych wartości dysparycji skali dla przypadku D43B4.

Wizualizacje wskazują, że duże błędy stereoskopowe w znacznej części dotyczą obiektów wychodzących z ekranu (małe tablice kalibracyjne) oraz obiekt w płaszczyźnie konwergencji (duża tablica kalubracyjna).

Ujęcie powinno być zdyskwalifikowane i niedopuszczone do dalszej postprodukcji z uwagi na kiepskie możliwości naprawcze.

5. Podsumowanie i konkluzje

Badanie dostarczyło istotnych danych pozwalających na ocenę narzędzia Disparity Checker na bieżącym etapie zaawansowania.

5.1. Ocena poprawności i skuteczności algorytmów do oceny jakości materiału stereoskopowego

Badanie pozwala na sformułowanie następujących wniosków i spostrzeżeń:

- Porównanie wyliczonych algorytmami wartości korygujących i metadanych zbioru testowego wykazuje dużą zgodność.

  Generalnie wyniki uzyskane za pomocą aplikacji pokrywają się z oszacowanymi wartościami błędów stereoskopowych zawartymi w bazie przypadków referencyjnych. Rozrzuty odstępstw są na tyle małe, że można je zignorować w przypadkach błędów dysparycji pionowej nieprzekraczających 1% (w zależności od rozdzielczości badanego materiału będą to różne wartości w pikselach).

  W przypadku dużych i złożonych błędów rejestracji stereoskopowej (np. powyżej 1,5% dla dysparycji pionowej) rozrzuty są większe, ale prawdopodobnie wynikają z kumulacji wszystkich typów błędów w takich przypadkach. Metadane w bazie błędów oszacowane w takich przypadkach są wypadkową wielokrotnych korekt wszystkich trzech typów błędów i niemożliwości osiągnięcia zadowalającego rezultatu po korekcie. Takie materiały i tak nie powinny być dopuszczane do dalszej postprodukcji, więc liczy się bardziej fakt wystąpienia dużych błędów niż ich wartość liczbowa.

- Rozmiar okna przesuwnego w znacznym stopniu parametryzuje metodę – im mniejsze okno przesuwne tym dokładniejsze oszacowanie błędów, ale wielkość okna nie może być mniejsza niż zakładana minimalna dysparycja bezwzględna.

  Wprowadzenie mechanizmu okna przesuwnego umożliwia zredukowanie negatywnego zjawiska niepoprawnych dopasowań punktów kluczowych wykorzystywanych w szacowaniu wartości dysparycji. W referencyjnym przypadku gdy porównywane były pełne stereopary (lewy oraz prawy widok) rozmiar okna przesuwnego był równy wielkości analizowanego obrazu. Szczególnie w przypadku obrazów zawierających powtarzające się obiekty oraz wzory, zjawisko niepoprawnych dopasowań znacząco zakłóca uzyskiwane rezultaty. W związku z powyższym postanowiono w procesie badawczym wprowadzić obszarową analizę obrazu wprowadzając mechanizm okna przesuwnego. Zmniejszając rozmiar obszaru badawczego uzyskano systematyczne zbliżanie rozmiaru okna przesuwnego do klasy analizowanego błędu obrazu. Im rozmiar okna przesuwnego jest bliższy granicznym wartościom badanego błędu tym większa dokładność uzyskiwanych rezultatów. Należy jednak pamiętać, iż finalny rozmiar okna przesuwnego nie może być mniejszy niż rozważane wartości błędów w obrazie. W takim wypadku odpowiadające sobie punkty kluczowe będą leżeć poza obszarem analizy uniemożliwiając przeprowadzenie procesu analitycznego.

- Po ustaleniu procentowej wartości okna przesuwnego metoda pozwala stabilnie szacować wartość błędu w obrazie niezależnie o rozmiaru (rozdzielczości) analizowanego materiału.

  Uniezależnienie procesu badawczego od rozmiaru przetwarzanego obrazu wymaga wprowadzenia względnej metody wyznaczania przestrzeni okna przesuwnego. Obliczając rozmiar okna przesuwnego procentowo względem wielkości obrazu wejściowego możliwe jest stabilne szacowanie błędów stereoskopowych niezależnie od badanego obrazu. Umożliwia to ustandaryzowanie metody analitycznej i uniezależnienie jej od parametrów badanego materiału.

- Optymalne wartości rozmiaru okna przesuwnego wynoszą odpowiednio 2% wysokości stereopary oraz 20% szerokości analizowanego obrazu.

  Proces badawczy umożliwił uzyskanie uniwersalnych parametrów badawczych w kontekście wykorzystywanego okna przesuwnego. Jak wspomniano wcześniej im rozmiar okna przesuwnego jest lepiej dopasowany do klasy badanych błędów, tym bardziej precyzyjne wyniki generuje metoda. Proces szacowania

rozmiarów okna przesuwnego polega na systematycznym zmniejszaniu wymiarów okna osiągając wartość graniczną, poniżej której wyniki są opatrzone dużą wartością błędu (rosnące odchylenie standardowe).

Wykonany proces badawczy wskazał, iż wartości graniczne dla okna przesuwnego wynoszą odpowiednio 2% wysokości stereopary oraz 20% szerokość analizowanego obrazu. Dla większych rozmiarów okna rejestrowany jest wzrost błędnych dopasowań. Ponadto błędy w obrazie widoczne są także w procesie oceny wizualnej. Zastosowanie okna o mniejszych rozmiarach niesie niebezpieczeństwo nadmiernego ograniczenia obszaru analitycznego uniemożliwiając znalezienie poprawnych dopasowań obrazu oraz w rezultacie niską wiarygodność wyniku.

- Kolejność wykonania algorytmów obliczeniowych wpływa na wartości (i poprawność) uzyskiwanych wyników.

  Proces analizy błędów obrazu ma charakter sekwencyjny. Wartości artefaktów stereoskopowych charakteryzują się wzajemną korelacją wpływając na wartości generowanych rezultatów. W związku z powyższym przyjęto pewien ustandaryzowany model analizy i korekty błędów. W ramach procesu badawczego określono hierarchę błędów stereoskopowych ze względu na własności opracowanych algorytmów.

- Preferowana kolejność umożliwiająca na uzyskanie poprawnych wyników to VERTICAL-> ROTATINON->SCALE.

  Głównym błędem identyfikowanym w ramach materiałów trójwymiarowych jest dysparycja pionowa – błąd ten może negatywnie wpłynąć na proces szacowania rotacji oraz skali szczególnie ze względu na fakt, iż korekta rotacji jest wykonywana względem środka obrazu, który może zostać przesunięty w wyniku zaistnienia dysparycji pionowej. Błąd rotacji wpływa natomiast na wartości różnic pionowych współrzędnych pomiędzy punktami. Powinien on zostać skorygowany przed realizacją obliczeń artefaktu skali stereopary.

  W związku z powyższym analiza oraz korekta błędów stereoskopowych powinna zostać zrealizowana z uwzględnieniem następującej hierarchii wykonywania algorytmów:

  1. dysparycja pionowa,
  2. rotacja stereopary,
  3. skalowania stereopary.

Aplikacja działa stabilnie i powtarzalnie na wszystkich kluczowych formatach rejestracji i zapisu filmowego materiału stereoskopowego, zarówno footage (pliki natywne z kamer RED) jak i przygotowanego do formatów emisyjnych (side by side, over under, lewy prawy obraz osobno).

5.2. Konkluzje po wykonaniu badań

Te aspekty stosowania aplikacji Disparity Checker wymagają dodatkowych uwag:

- Analiza oceny wielkości dysparycji pionowej w kontekście rozdzielczości badanego materiału, np. błąd 3px w różnych rozdzielczościach ma różną wartość jakościową i wpływ na decyzje co zrobić.

  Analiza wartości błędów stereoskopowych takich jak rotacja czy skala stereopary generują analogiczne wartości niezależne od rozmiaru analizowanego obrazu. Dysparycja pionowa wyrażana poprzez ilość jednostek w pikselach może powodować pewne problemy interpretacyjne. Analogiczne co do wartości błędy w obrazie FullHD bądź 4K mogą oznaczać różne przesunięcie, rozumiane jako przemieszczenie pionowe obiektów w obrazie. W związku z powyższym wprowadzono dodatkową miarę jaką jest dysparycja pionowa obrazu określana jako wartość procentowa. Umożliwia ona oszacowanie błędu obrazu informując o skali wykrytego artefaktu. Procentowa wartość dysparycji pionowej jest szczególnie istotna w przypadku analizy porównawczej materiałów o różnych rozdzielczościach. Jeśli obrazy charakteryzują się różnym rozmiarem lecz skala badanych błędów jest analogiczna, uzyskana procentowa wartość dysparycji pionowej powinna być podobna, nawet jeśli błędy, jako wartości wyrażone w pikselach, mają różne wartości. Informacja ta niesie dodatkową wartość decyzyjną w procesie korekcyjnym, tzn. im większa procentowa wartość

dysparycji pionowej, tym większa konieczność poprawy materiału, co nie jest równie oczywiste w przypadku dysparycji pionowej wyrażonej za pomocą pikseli.

- Dominacja dysparycji pionowej jako kluczowego parametru naprawczego.

  Korekta dysparycji pionowej stereopary jest najczęściej stosowaną (i często jedyną potrzebną) czynnością naprawczą dla materiału z błędami. Wszelkie algorytmy naprawcze wbudowane w aplikacje do edycji materiału filmowego 3D bazują na naprawie głównie tego błędu.

  Wynika to z faktu, że jest to najczęściej występujący typ błędu w materiale 3D wynikający z rozkalibrowania położenia kamer na rigu stereoskopowym podczas filmowania. Wystarczy niewielki wstrząs zestawu filmującego, aby kamery zmieniły kąty względem punktu konwergencji. Pozostałe typy błędów (rotacja, rozskalowanie) są znacznie trudniejsze do przypadkowego wygenerowania z uwagi na silne mechanizmy stabilizujące mocowanie kamer na rigu i skuteczne systemy zaciskowe pozycjonujące kamery w gniazdach.

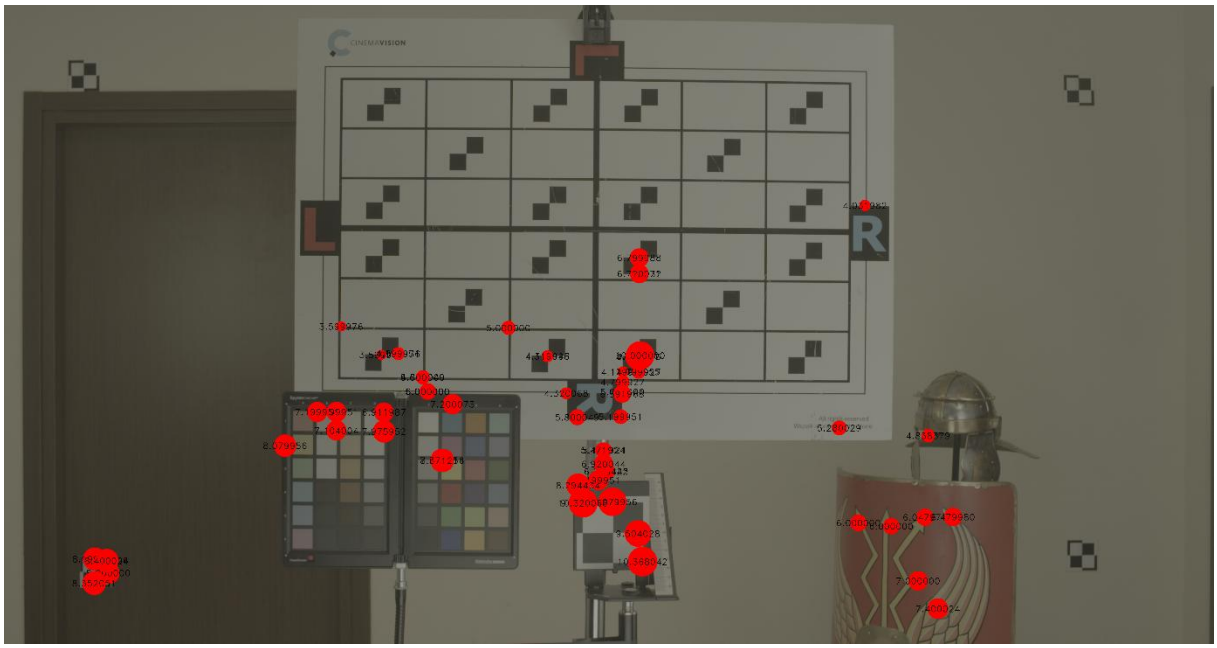
  Drugi aspekt koncentracji działań naprawczych na korekcie, przede wszystkim dysparycji pionowej w obrazie, wynika z konieczności zapewnienia maksymalnej higieny układu wzrokowego widza podczas emisji materiału 3D. To właśnie błędy dysparycji pionowej (zwłaszcza na obiektach bliskiego planu) są odpowiedzialne za dyskomfort percepcji, szybkie znużenie i możliwe reakcje obronne organizmu widza.

- Analiza rozkładu maksymalnych wartości błędów - kiedy ją przeprowadzać i po co?

  Aplikacja Disparity Checker umożliwia zwizualizowanie rozkładu maksymalnych wartości błędów wykrytych w obrazie stereoskopowym. Uruchomienie programu generującego obrazy z rozkładem artefaktów stereoskopowych wymaga dodania dodatkowego parametru - DISTRIBUTION: [TRUE | FALSE] do komendy uruchomieniowej.

  Przykład komendy uruchomieniowej generującej rozkład błędów stereoskopowych:

  DisparityChecker.exe -m CONSOLE -i [ścieżka lewego kanału] [ścieżka prawego kanału] -t [ilość wątków] -r [ścieżka wyjściowa] -p WIDTH:20,HEIGHT:2,HIERARCHY:VERTICAL;ROTATION;SCALE,
  DISTRIBUTION:TRUE –s [zakres klatek]



Rys. Widok rozkładu maksymalnych wartości dysparycji pionowych dla przypadku gdy mediana dysparycji pionowej jest rzędu 0.3% (6px w rozdzielczości 4K).

- Kiedy korzystać z wizualizacji rozkładu wartości maksymalnych?

  Możliwość zwizualizowania rozkładu błędów stereoskopowych jest szczególnie istotna w sytuacjach:

- gdy możliwości naprawcze dla materiału są słabe, a plan filmowy dla konkretnego ujęcia jeszcze nie został zdemontowany. Analizując rozkład wartości maksymalnych błędów na poszczególnych obiektach planu można na podstawie realnych danych racjonalnie podjąć decyzję o powtórzeniu ujęcia lub wskazać ujęcia do korekty stereoskopowej w postprodukcji,
- w postprodukcji przy scenach charakteryzujących się dużą głębią. W takim przypadku może wstąpić duże zróżnicowanie błędów w zależności od położenia obiektów względem płaszczyzny konwergencji obiektywów kamer rejestrujących. Wartościowa jest wtedy możliwość zidentyfikowania obszarów charakteryzujących się dużymi anomaliami. Analiza taka pozwala na dobranie optymalnych parametrów sceny stereoskopowej (zwłaszcza dla obiektów wychodzących z ekranu) oraz zastosowanie dedykowanych metod korekcji stereoskopowej obrazu, tak aby zapewnić jak najwyższą jakość materiału końcowego oraz satysfakcjonujący efekt 3D.

5.3. Ocena potencjału komercyjnego narzędzia w procesie kontroli jakości obrazu 3D

Cinema Vision Footage Manager Disparity Checker to aplikacja zapewniające szerokie spektrum funkcjonalne. Program umożliwia analizę obrazu stereoskopowego w zakresie trzech głównych artefaktów (dysparycji pionowej, rotacji oraz skali) prezentując obliczone wartości zarówno w formie numerycznej jak również wizualnej. Rozwiązanie takie posiada duży potencjał komercyjny w kontekście zastosowań dla produkcji i kontroli jakości filmowych materiałów stereoskopowych.

Aplikacja Disparity Checker zapewnia stabilne środowisko analityczne umożliwiające zapewnienie (a często podniesienie) jakości finalnego materiału stereoskopowego oraz przyspieszenie czasu jego realizacji.

Aplikacja w obecnej formie może być wykorzystywana w celu weryfikacji materiału realizowanego na planie zdjęciowym jak również w roli pomocniczej na etapie postprodukcyjnej oceny i korekty obrazu 3D. Dzięki zapewnieniu funkcjonalności analizy wybranego zakresu materiału aplikacja może być wykorzystywana do badania przesiewowego umożliwiającego weryfikację jakości materiału stereoskopowego na dowolnym etapie realizacji materiału.

Główne kierunki ewaluacji i rozwoju Disparity Checker w kierunku komercjalizacji to:

- stworzenie opcji uproszonej do badań przesiewowych (szybka ocena poprawności) oraz wersji rozbudowanej do celów analitycznych,
- odejście od rozwiązania wywoływania komendy uruchomieniowej z parametrami w PowerShellu Windows na rzecz graficznego interfejsu użytkownika,
- zbudowanie interfejsowego mechanizmu parametryzacji działania aplikacji, pozwalającego na wybieranie opcji z rozwijanych list,
- intuicyjne i okienkowe zarządzanie ścieżkami dostępu do materiałów wsadowych i generowania wyników,
- stworzenie systemu pomocy kontekstowej w postaci np. chmurek z podpowiedziami,
- powiązanie z aplikacjami narzędziowymi do przetwarzania materiałów stereoskopowych w formatach natywnych (footage) lub transkodowanych w formie np. pluginów do tych aplikacji.

Wdrożenie aplikacji Disparity Checker w proces realizacji filmu 3D może obniżyć koszt realizacji projektu ze względu na:

- szybką i tanią, przesiewowa kontrolę jakości materiału zdjęciowego z kamer,
- możliwość wczesnego (już w takcie planu zdjęciowego) reagowania na błędy stereoskopowe obrazu,
- racjonalizację procesów decyzyjnych odnośnie czynności naprawczych w zakresie stereoskopii na podstawie konkretnych danych liczbowych,
- odciążenie procesu postprodukcyjnego pracą nad materiałem słabo rokującym w kwestii możliwości naprawczych artefaktów stereoskopowych.