

Szeroka rozpiętość tonalna i duża głębia ostrości zdjęć – sposoby rozwiązywania problemu z ich uzyskaniem

Wykonywanie dokumentacji fotograficznej z miejsca zdarzenia lub fotografii przedmiotów przesłanych do badań wydaje się czynnością prostą, a nawet prozaiczną. Wielokrotnie fotografujący napotyka jednak przeszkody, rzekomo nie do pokonania. Są to przede wszystkim problemy z uzyskaniem dużej rozpiętości tonalnej i dużej głębi ostrości. Autor niniejszego tekstu podjął próbę wyjaśnienia powyższych kwestii.

Na początek trochę teorii. To, co widzimy, to zbiór wielu różnych obrazów o różnej tonalności – mózg „składa” je i dlatego ulegamy złudzeniu, że widzimy obraz jednorodny, o bardzo szerokim spektrum tonalności. Zakres tonalny (stosunek jasności partii najjaśniejszych obrazu do partii najciemniejszych) jest ograniczany z jednej strony przez możliwości urządzenia rejestrującego (np. matryca aparatu cyfrowego), a z drugiej przez możliwości urządzenia wyświetlającego obraz (monitor, drukarka). Stosunek ten dla przeciętnej matrycy i monitora wynosi 500:1 (~8 EV), a dla drukarki 250:1 (~7 EV). Wartości spotykane w rzeczywistych warunkach sięgają 100 000:1 (~17 EV), ludzkie oko dostrzega zaś 10 000:1 (~14 EV). Materiały fotograficzne stosowane do rejestracji obrazu nie mają takiej możliwości, np. typowy film negatywowy 35 mm ma zakres tonalny odpowiadający 10 EV. Slajd wyświetlony rzutnikiem może przenieść zakres jasności 1000:1. Jeśli jakiś materiał rejestruje natężenie światła w zakresie $D_{min} = 0,5$ do $D_{max} = 3,5$, to jego dynamika tonalna wynosi $D = 3,0$ (jasne obszary są $10^3 = 1000$ razy jaśniejsze od najciemniejszych cieni). Taką dynamikę mają dobrej klasy błony fotograficzne.

Nie wszystkie urządzenia techniczne mogą rejestrować pełen zakres dynamiki ludzkiego wzroku. Część z nich jest bowiem w stanie generować (inaczej wyświetlać) fale świetlne o pełnym zakresie jasności i barw. Przykładem urządzenia rejestrującego obraz jest aparat cyfrowy, a generującego – monitor komputerowy. Oba rejestrują/generują obrazy o ograniczonym lub niskim zakresie dynamiki, nazywane w skrócie obrazami LDR (*Low Dynamic Range*). Ludzki wzrok rejestruje zaś obrazy o pełnym lub inaczej wysokim zakresie dynamiki – obrazy HDR (*High Dynamic Range*). Ten zakres nazywany jest dynamiką ludzkiego wzroku lub maksymalnym zakresem dynamiki jasności obrazu.

Standardowy obraz komputerowy to dwuwymiarowa macierz punktów zwanych pikselami. Parametry piksela określają jasność i kolor punktu obrazu. Przykładowym i powszechnie stosowanym sposobem definiowania parametrów piksela jest 24-bitowa reprezentacja RGB. Jasność i kolor określane są w niej przez trzy liczby całkowite 8-bitowe, każdą składową koloru można więc przedstawić w 256 poziomach nasycenia. Parametry RGB, oprócz definiowania koloru, określają również jasność piksela. 24-bitowe obrazy RGB mogą zarejestrować zakres jasności od 1 cd/m^2 do około 80 cd/m^2 . Przekroczenie tych wartości powoduje uwidocznienie się błędu kwantyzacji (widocznej granicy między odcieniami koloru).

Dokładniejsze wyjaśnienie pojęcia obrazu HDR wymaga odwołania się do sposobu widzenia obrazów przez człowieka. Obrazem nazywamy to, co widzimy za pomocą naszego wzroku. Mechanizm widzenia aktywowany jest przez bodziec, którym jest promieniowanie elektromagnetyczne. Wzrok człowieka reaguje na określony zakres długości fal elektromagnetycznych, a fale w tym zakresie nazywane są światłem. Dwoma podstawowymi parametrami światła są częstotliwość i intensywność. Od nich zależeć więc będzie wygląd obrazu. Częstotliwość określa zakres barw, które na nim widzimy, intensywność opisuje zaś energię, jaka dociera do oka. To, że jedne przedmioty na obrazie są ciemniejsze, a inne jaśniejsze, wynika z faktu, że emitują one wiązki fal o różnych intensywnościach. Komórki światłoczułe w ludzkim oku pobudzane są przez bardzo szeroki zakres jasności – od $10^{-5} cd/m^2$ emitowanych przez bezksiężycowe niebo w nocy do $10^9 cd/m^2$ w jasny słoneczny dzień.

HDR jest techniką pozwalającą na tworzenie pliku cyfrowego o rozpiętości tonalnej wyższej niż rozpiętość matrycy, na której ów plik został pierwotnie zarejestrowany. Metodę HDR stosuje się w celu poprawnego oddania szerokiego zakresu intensywności oświetlenia. Dzięki tej technice na jednej fotografii możemy przedstawić przedmioty ciemne jak czarny aksamit i jasne jak włókno stuwatowej żarówki jednocześnie. Reasumując – HDR to metoda uzyskania obrazu o zakresie tonalnym znacznie szerszym od zarejestrowanego przez aparat na pojedynczej klatce, polegająca na tworzeniu pliku powstałego na skutek połączenia kilku obrazów tej samej sceny i naświetlanych w różny sposób tak,

aby na poszczególnych klatkach zarejestrować poprawnie wszystkie zakresy, od światła do cieni. Stworzenie takiego pliku wymaga kilku plików wejściowych; ich ilość zależy od zakresu tonalnego rejestrowanej sceny.

Podstawowym warunkiem uzyskania obrazu w technologii HDR jest posiadanie kilku wersji tej samej fotografii wykonanych z różnymi parametrami. Najlepszym rozwiązaniem jest naświetlenie tej samej sceny kilkakrotnie aparatem zamocowanym na statywie, aby poszczególne obrazy nie różniły się od siebie kadrem nawet w minimalnym stopniu.

Liczba potrzebnych naświetlań zależy od fotografowanej sceny, w bardzo wielu przypadkach wystarczają jednak trzy naświetlenia ze skokiem 1 lub 2 EV. Teoretycznie należałoby wykonać pomiar punktowy w najjaśniejszych i najciemniejszych partiach fotografowanej sceny, obliczyć liczbę potrzebnych naświetlań itd. W rzeczywistości, posługując się lustrzanką cyfrową, należy wykonać jedno naświetlenie, mniej więcej zgodne z pomiarem matrycowym, po czym sprawdzić histogram – jeśli wskazuje on na wyraźne przesunięcie w stronę przeświecienia lub niedoświecienia, należy zmienić parametry i wykonać kolejną próbę. Gdy histogram jest w miarę poprawny, należy uruchomić bracke-

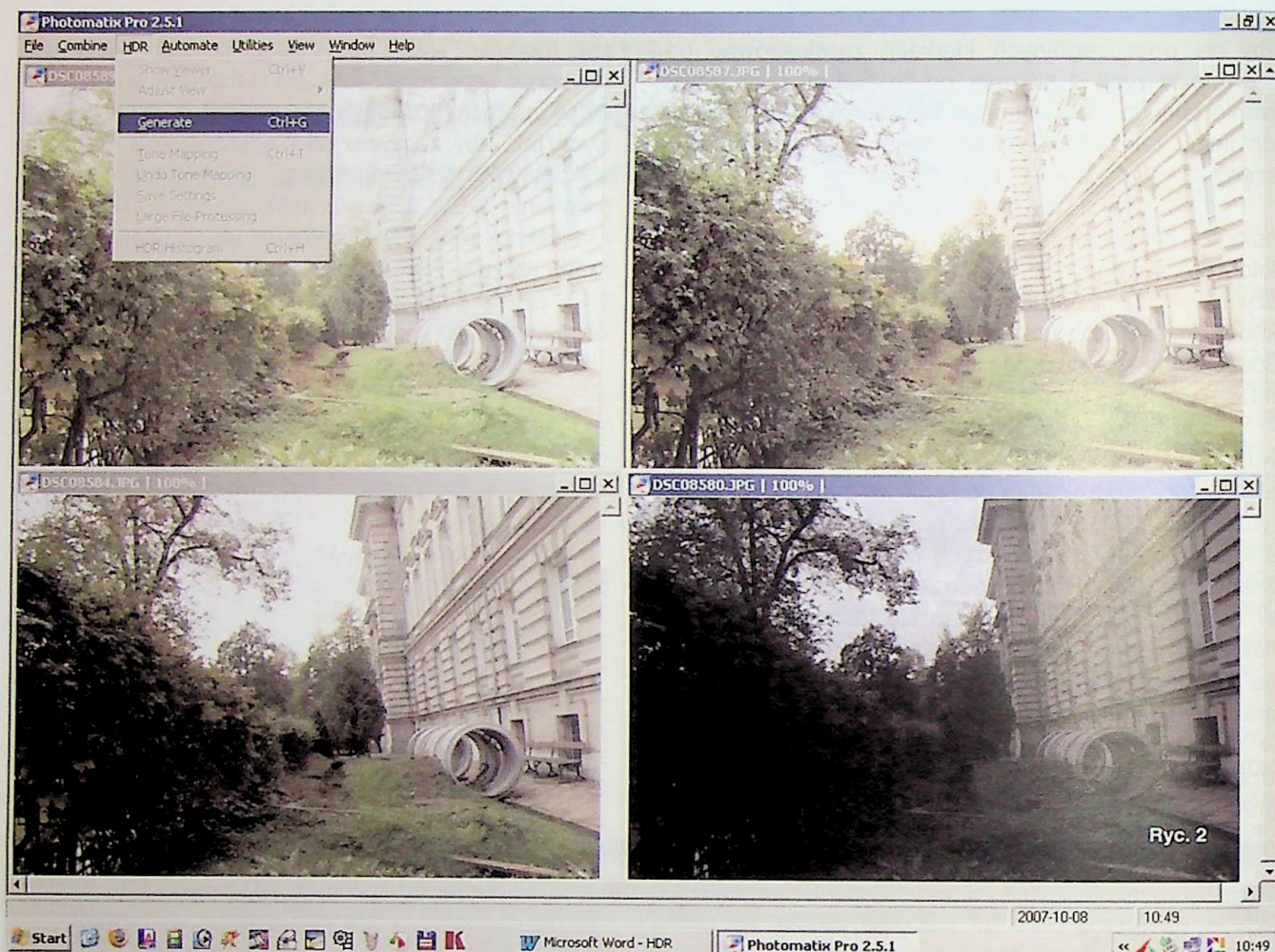
ting, podpiąć wężyk lub uruchomić samowyzwalacz i wykonać serię zdjęć. Jeśli jest to możliwe, warto zmienić w aparacie sposób wykonywania serii bracketingowej tak, aby zaczynał od niedoświecienia, po czym wykonywał środkowe ekspozycje i kończył na przeświecieniu (-EV, 0, +EV). Jeśli aparat nie ma funkcji bracketing, serię zdjęć wykonuje się, zmieniając parametry ręcznie. Należy używać najniższego możliwego ISO, aby uniknąć nadmiernego szumu, gdyż zostanie on wzmocniony w procesie obróbki HDR¹.

Aktualnie dostępnych jest kilka narzędzi do HDR. Spośród nich najlepsze to Photoshop CS2 i Photomatix. Ze względu na wysoką cenę programu Photoshop godny polecenia jest Photomatix, który nieznacznie ustępuje jakością zdjęć, a znacznie przewyższa prostotą obsługi.

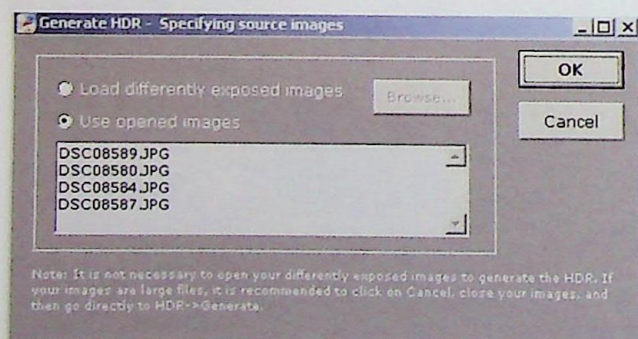
Poniżej ukazano proces tworzenia zdjęcia HDR za pomocą Photomatiksa².

- 1) otwieramy składowe pliki (ryc. 1). Na zdjęciu w lewym górnym narożniku widoczne są szczegóły w cieniach, lecz brak szczegółów w światłach. W prawym dolnym narożniku widoczne są zaś obłoki na niebie, lecz brak szczegółów w cieniach,

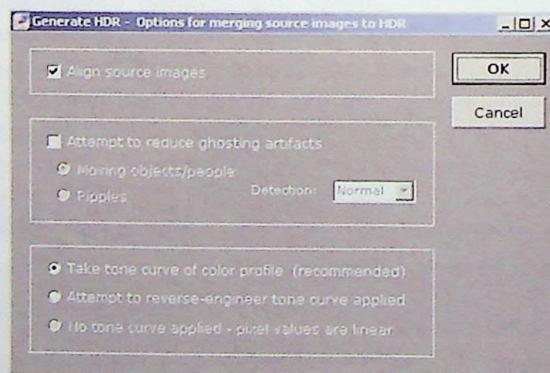




Ryc. 2



Ryc. 3



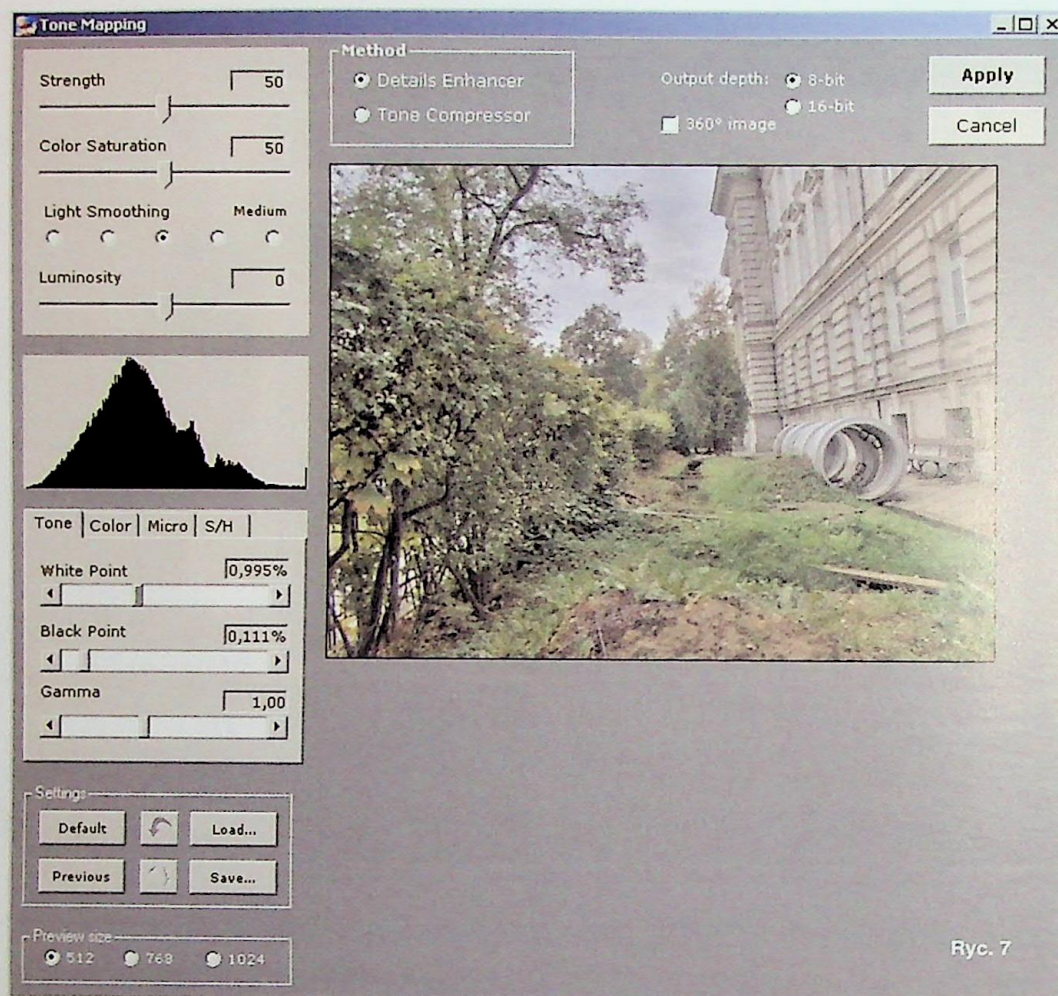
Ryc. 4

- 2) wybieramy funkcję „Generate HDR” (ryc. 2),
- 3) zgadzamy się na użycie otwartych obrazków (OK) (ryc. 3),
- 4) zaznaczamy ustawienie „Align Source Images” oraz „Take Tone”, aby program zgrał otwarte zdjęcia ze sobą, unikając nieostrości wywołanych najdrobniejszymi przemieszczeniami pomiędzy poszczególnymi klatkami (ryc. 4),
- 5) otrzymujemy plik zawierający składowe z wszystkich użytych plików (ryc. 5),

- 6) z menu HDRI wybieramy opcję „Tone Mapping” (ryc. 6).

Rozpoczynamy mapowanie tonów z szerokiej skali (szczegóły od najjaśniejszego miejsca do najciemniejszego) na wersję, która możliwa jest do wyświetlenia na monitorze i wydrukowania na drukarce bądź naświetlenia na papierze fotograficznym w labie (*Low Dynamic Range*) (ryc. 7).





Za pomocą kilku suwaków ustawiamy m.in. nasycenie kolorów, wygładzanie i mikrokontrast. Efekt będzie zależał zatem od indywidualnej decyzji.

Wynik pracy programu: szczegóły są ładnie zachowane w całości kadru (choć zdjęcie stało się trochę płaskie). Na jednej z fotografii jest cały zakres tonalny sceny – w głębokich czerniach i jasnych światłach (ryc. 8).

Tak samo powstało kolejne zdjęcie – rozpiętość tonalna wynosiła 15 EV (ryc. 9–10). Niestety w druku nie można uzyskać rozpiętości około 50:1, dlatego powyższe fotografie w pełni nie odzwierciedlają uzyskanych efektów.

Podobnie jak w przypadku szerokiej tonalności, tak i w ostrym postrzeganiu przedmiotów ulegamy złudzeniu spowodowanemu składaniem wielu obrazów. Obiektyw aparatu dla wybranego otworu przysłony i ustawionej odległości ma konkretny zakres głębi ostrości – obraz przed i za tym zakresem jest nieostry.

Do rozwiązania drugiego problemu, czyli dużej głębi ostrości, tradycyjnie używa się dwóch sposobów – małego otworu przysłony i obiektywów szerokokątnych.

Oba rozwiązania obarczone są pewnymi wadami – długimi czasami naświetlania, które mogą spowodować rozmycie obrazu (poruszenie aparatu lub fotografowanego obiektu) oraz dystorsjami charakterystycznymi dla obiektywów szerokokątnych. Lecz co zrobić, gdy trzeba wykonać zdjęcie makro, posługując się obiektywem standardowym z mieszkciem, gdzie głębia ostrości jest rzędu kilku milimetrów? I w tym przypadku autor zastosował program komputerowy – Helicon Focus firmy Helicon³. Program prosty w obsłudze, który daje efekt niemożliwy do uzyskania tradycyjnymi sposobami. Jego najnowszą wersję opracowano ponadto w języku polskim, co jest dodatkowym ułatwieniem.

Poniższe zdjęcia zostały wykonane za pomocą zestawu do makrofotografii składającego się z obiektywu standardowego i mieszka reprodukcyjnego – na poszczególnych fotografiach widoczna jest bardzo mała głębia ostrości (ryc. 11–16).

Po uruchomieniu programu wczytuje się pliki ze zdjęciami (ryc. 17) i uruchamia proces przetwarzania wczytanych fotografii (ryc. 18). Wynik pracy programu ukazuje rycina 19.





Ryc. 11



Ryc. 12



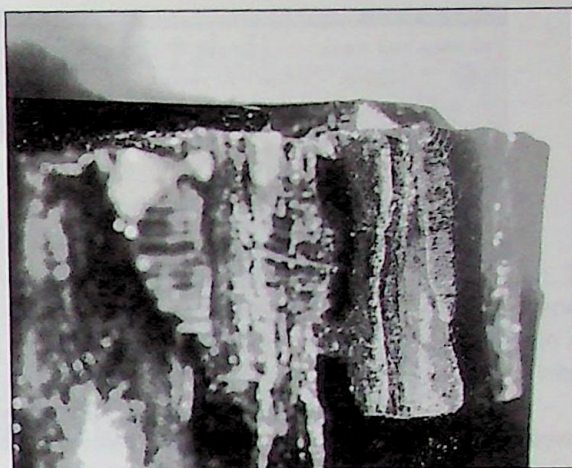
Ryc. 13



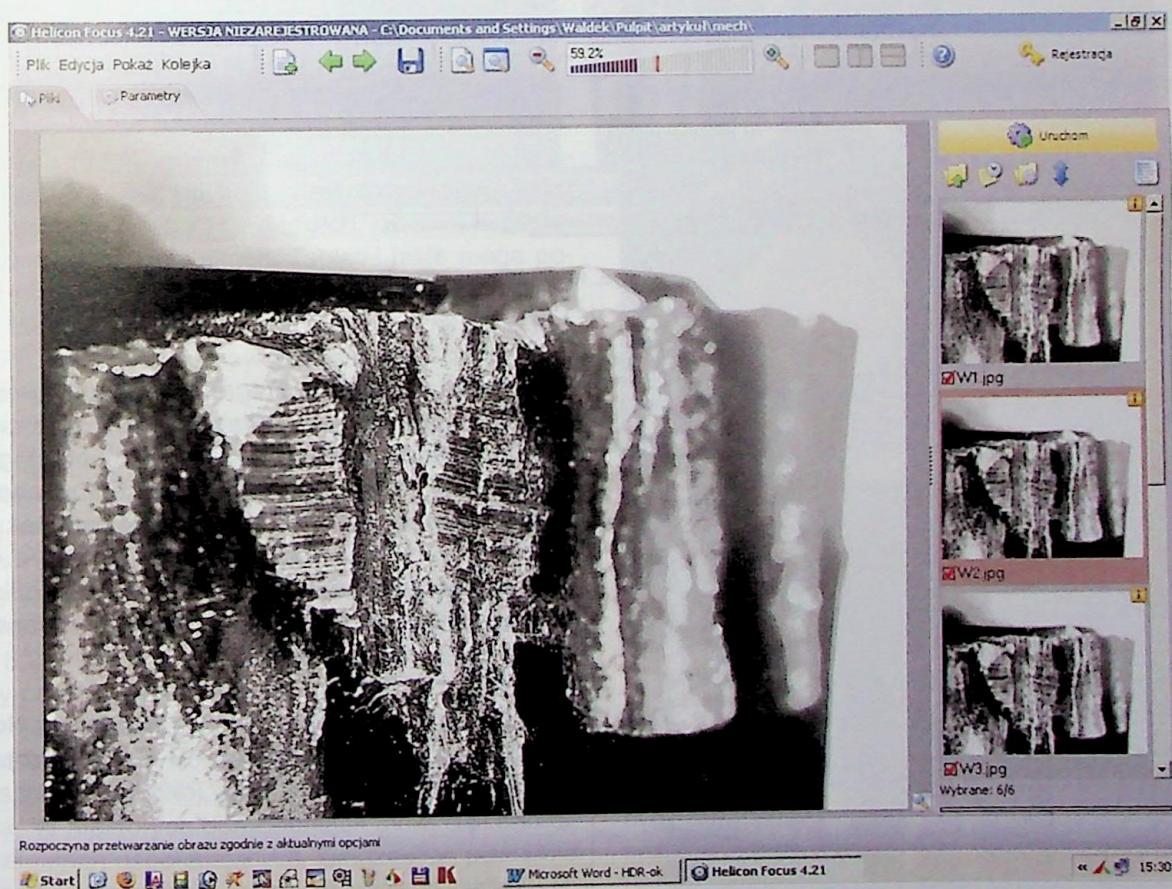
Ryc. 14



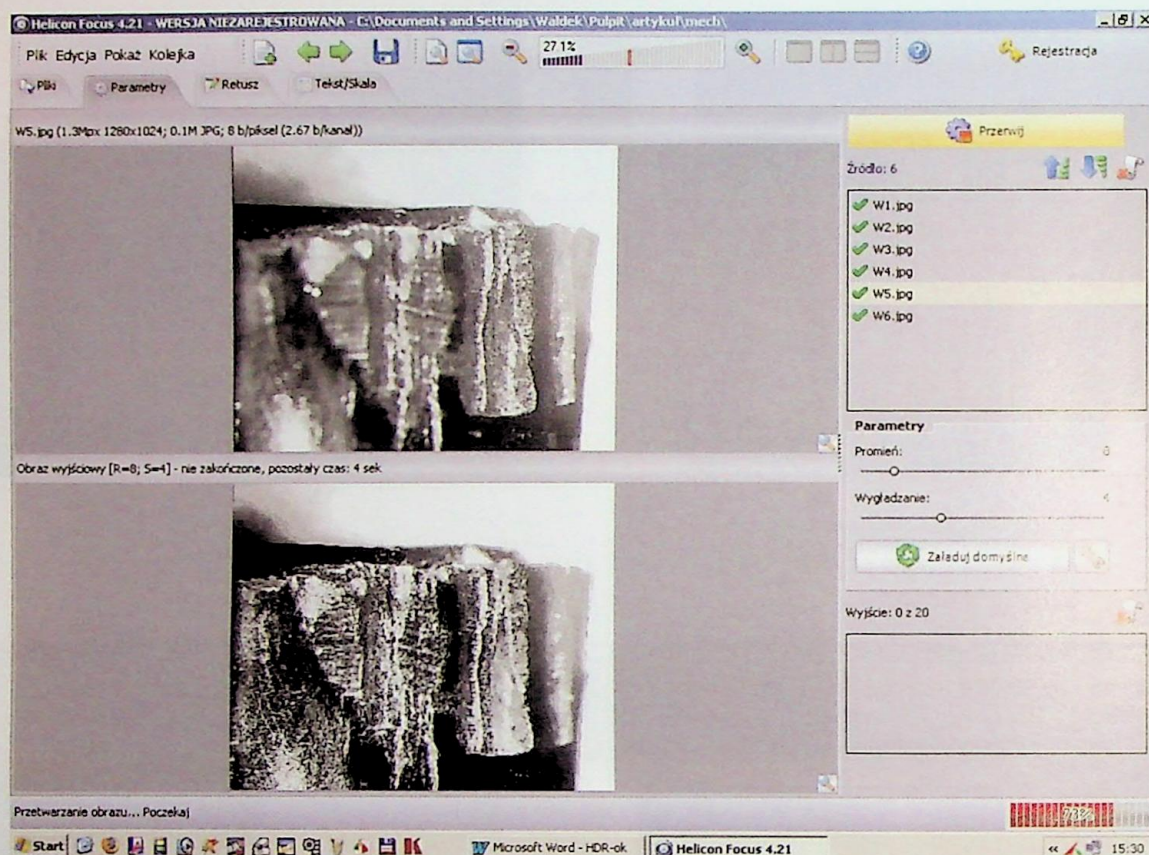
Ryc. 15



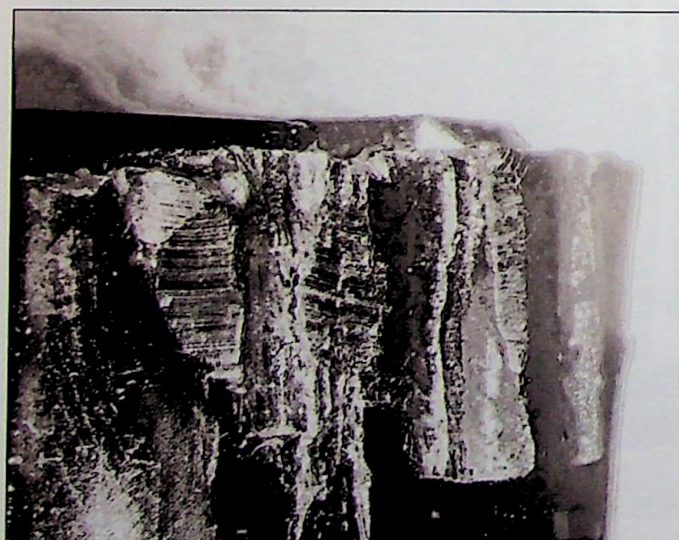
Ryc. 16



Ryc. 17



Ryc. 18



Ryc. 19

Omówione powyżej programy komputerowe mogą być bardzo pomocne w opracowywaniu dokumentacji miejsca zdarzenia lub w wykonywaniu badań, gdy napotka się problemy w odwzorowaniu tonalności i ostrości przedmiotów. Photomatix to wydatek ok. 90 euro, Helicon Focus kosztuje zaś ok. 100 euro. Nie są to kwoty wygórowane, należy więc mieć nadzieję, że w niedalekiej przyszłości eksperci i technicy będą mogli korzystać z obu programów.

Waldemar Nowicki
zdj.: autor

PRZYPISY

- ¹ http://http://pl.wikipedia.org/wiki/Obraz_HDR;
- ² <http://www.hdrsoft.com;>
- ³ [http://www.heliconsoft.com/heliconfocus.html.](http://www.heliconsoft.com/heliconfocus.html)