



WYDZIAŁ GEODEZJI I KARTOGRAFII
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
ZAKŁAD FOTOGRAMETRII, TELEDETEKCJI I
SYSTEMÓW INFORMACJI PRZESTRZENNEJ



PRZY WSPÓŁPRACY Z:
PRACOWNIĄ BADAŃ ARCHEOLOGICZNYCH W LIBII – PTOLEMAIS
INSTYTUTU ARCHEOLOGII UNIwersYTETU WARSZAWSKIEGO

Ptolemais

PRACA PRZEJŚCIOWA

TEMAT: WYZNACZENIE ELEMENTÓW ORIENTACJI WEWNĘTRZNEJ ORAZ
ZEWNĘTRZNEJ ZDJĘĆ NIEMETRYCZNYCH WYKONANYCH KAMERĄ
CYFROWĄ Z LATAWCA
WYKONANIE NUMERYCZNEGO MODELU TERENU WYBRANEGO
OBSZARU WYKOPALISK ORAZ JEGO WIZUALIZACJA

OPIEKUN PRACY
DR INŻ. DOROTA ZAWIESKA

WYKONAŁA
AGATA KLIMCZYK

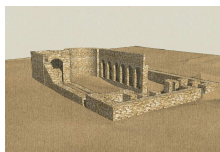
WARSZAWA 2009

*W tym miejscu pragnę serdecznie podziękować Panom:
Wiesławowi Małkowskiemu oraz Mironowi Bogackiemu
z Instytutu Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego
za bardzo życzliwe przyjęcie, pomoc oraz cały zbiór materiałów,
bez których ta praca nie mogłaby powstać.*

SPIS TREŚCI

WSTĘP	3
<hr/>	
MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE	5
<hr/>	
KALIBRACJA KAMERY CYFROWEJ	8
<hr/>	
MODEL STEROSKOPOWY	13
<hr/>	
NUMERYCZNY MODEL TERENU	23
<hr/>	
WIZUALIZACJA NMT ORAZ RUIN BUDYNKU BAZYLIKI ZACHODNIEJ (FILM)	26
<hr/>	
PODSUMOWANIE	36
<hr/>	
LITERATURA	37
<hr/>	
ZAŁĄCZNIKI	37
<hr/>	

WSTĘP



CEL OPRACOWANIA

Celem niniejszej pracy była ocena możliwości wykorzystania technik fotogrametrycznych we współczesnej archeologii.

W ramach tego projektu zostało przeprowadzone wyznaczenie elementów orientacji wewnętrznej oraz zewnętrznej stereogramu zdjęć niemetrycznych wykonanych kamerą cyfrową z latawca, a następnie stworzenie numerycznego modelu wybranego terenu oraz jego wizualizacja.



TEREN OPRACOWANIA

Zdjęcia wykorzystywane w projekcie pochodziły z terenu Libii, gdzie od 2001 roku prowadzone są badania archeologiczne Instytutu Archeologii Uniwersytetu Warszawskiego w Ptoelmais (dzisiejsza miejscowość Tolmeita, na półwyspie Cyrenaika – rys.1).



Rys.1 Półwysp Cyrenaika



Rys.2 Ptolemais

Są one prowadzone dwukierunkowo. Z jednej strony są to tradycyjne wykopaliska archeologiczne zlokalizowane w jednej z insul, gdzie natrafiono na pozostałości rzymskiej rezydencji mieszkalnej nazwanej w związku z pięknym położeniem "Willą z widokiem".

Drugi kierunek badań stanowią pomiary topograficzne i inwentaryzacja obiektów archeologicznych w granicach antycznej aglomeracji – Ptolemais (rys.2)

Aglomeracja rozciąga się na obszarze ok. 250 hektarów wraz z towarzyszącymi nekropolami położonymi na wschód i na zachód od murów miejskich.



ZDJĘCIA LATAWCOWE

W roku 2006 po raz pierwszy na terenie Ptolemais zastosowano latawiec do wykonywania zdjęć stanowisk archeologicznych. Od tamtej pory kampanie prowadzone były okresowo, co zaowocowało okazałą kolekcją obrazów o bardzo dużym potencjale pomiarowym.

Zdjęcia te w wielu przypadkach posiadały przypadkowe pokrycie i nie były ściśle pionowe. Wykonywane były z różnych wysokości – od 40 do nawet 200 metrów.

Ciekawą innowacją wprowadzoną przez Pana Mirona Bogackiego – autora zdjęć w Ptolemais – był system sterujący położeniem kamery w trakcie ‘nalotu’. Nie tylko możliwe było dowolne zorientowanie kamery, ale również zdalna zmiana parametrów ekspozycji.



KAMERA CYFROWA – OLYMPUS E-510

Zdjęcia obszaru wykopalisk w Ptolemais wykonywane były niemetryczną kamerą cyfrową Olympus E-510 z obiektywem Olympus Zuiko Digital 14-54mm 1:2.8-3.5. Jest to lustrzanka cyfrowa wyposażona w matrycę o rozdzielczości 10 Mp z funkcją podglądu na żywo. W konstrukcji aparatu mamy do czynienia z sensorami typu Live MOS. Sensor ten ma pole obrazowe o typowym dla systemu 4/3 wymiarze 17,3 x 13 mm, co daje łatwy do zastosowania przelicznik ogniskowej wynoszący 2. Obrazy mogą być zapisywane w formatach: RAW, JPEG, RAW+JPEG.

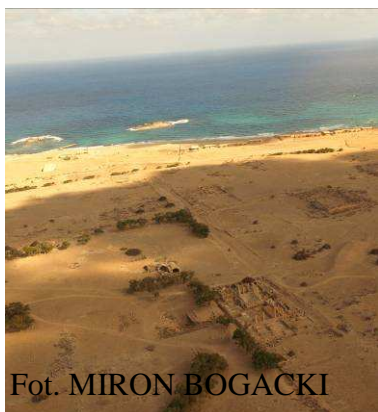
Zestaw danych dotyczących parametrów kamer, znajduje się w Załączniku nr1 (Płyta/Załączniki).

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

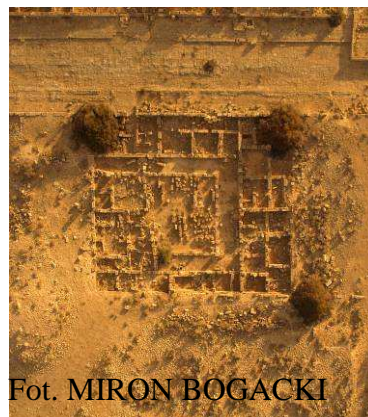


ZDJĘCIA

Zdjęcia udostępnione do wykonania danego projektu były różnorodne - ukośne (Rys.3a), pionowe (Rys.3b), z małym wzajemnym pokryciem, albo wręcz bardzo dużym.

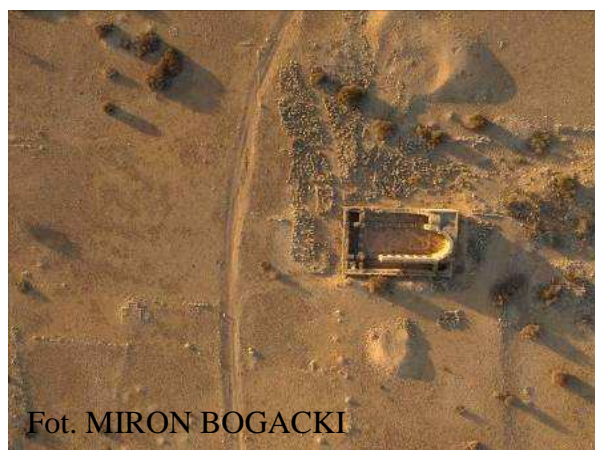


***Rys.3a** Zdjęcie ukośne*



***Rys.3b** Zdjęcie pionowe*

Ogromna ilość przekazanych zdjęć (około 600) dała możliwość wyboru najbardziej korzystnej pary do stworzenia modelu stereoskopowego. Najbardziej korzystnej pod względem pionowości zdjęć, ich pokrycia, a także rzeźby terenu. Ze względu na fakt, że wynikiem prac miała być wizualizacja NMT, poszukiwane były zdjęcia o ciekawych, urozmaiconych formach terenowych. Wszystkie postawione wyżej warunki spełniły między innymi dwa zdjęcia (Rys. 4a, 4b) przedstawiające ruiny Bazyliki Zachodniej oraz teren do niej przylegający.



***Rys.4a** Zdjęcie nr _9215546*



***Rys.4b** Zdjęcie nr _9215537*

Zostały odczytane parametry wybranej pary zdjęć – najważniejsze z nich przedstawione są poniżej (Tabela nr 1). Parametry te były potrzebne na etapie kalibracji kamery.

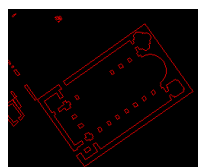
Tabela nr 1 Parametry zdjęć wybranych do projektu

Parametry	Zdjęcie nr _9215537	Zdjęcie nr _9215546
Czas ekspozycji	0.002s	0.002s
Prześlona	4.5	4.5
Czułość ISO	400	400
Odległość obrazowa	19mm	19mm



Rys. 5 Położenie Bazyliki Zachodniej w aglomeracji Ptolemais

Zdjęcia wybrane do projektu zostały załączone na płycie w folderze Zdjęcia (nazwy: _9215546 oraz _9215537).



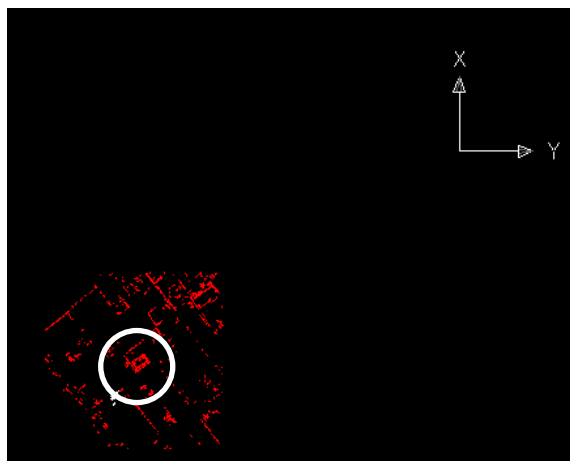
PLAN SYTUACYJNO- WYSOKOŚCIOWY

Danych na temat współrzędnych punktów terenowych dostarczył plan sytuacyjno-wysokościowy (plik AutoCada). Pomiary, na podstawie których powstał były wykonane:

- w przypadku pomiarów sytuacyjnych – tachimetrem Leica Total Station TC 1105,
- w przypadku pomiarów wysokościowych – metodą GPS RTK.

Dokładność odczytu współrzędnych punktów z programu AutoCad wynosiła: 0,0001m dla pomiarów sytuacyjnych i 0,001m dla wysokościowych. Błąd położenia sytuacyjnego punktów wielokrotnie przewyższał tą dokładność – wynosił około 7-10cm. Także odczyt z taką dokładnością nie był konieczny.

W Ptolemais został założony lokalny układ współrzędnych. Jego początek znajduje się w okolicy stanowiska archeologicznego „Willa z Widokiem” . Oś X jest zgodna z kierunkiem północy magnetycznej, zaś oś Y zgodna ze skrętnością układu geodezyjnego (Rys.6a, 6b).



Rys. 6a Położenie Bazyliki względem układu lokalnego



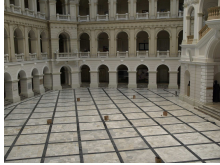
Rys. 6b Orientacyjna lokalizacja lokalnego układu współrzędnych

Dodatkowo na terenie całych wykopalisk zostało zastabilizowanych 6 punktów osnowy.

Jeżeli chodzi o odniesienie pomiarów wysokościowych, to jeden z reperów został przyjęty za reper odniesienia (wysokość 0m) i względem niego zostały wyznaczone wysokości innych punktów terenu.

Dane przekazane do projektu znajdowały się w pliku AutoCad, który został załączony do pracy (Płyta/ Plan sytuacyjno-wysokościowy)

KALIBRACJA KAMERY CYFROWEJ



WYKONANIE ZDJĘĆ POLA TESOTOWEGO

Kamera Olympus E-510 to kamera niemetryczna, dla której parametry takie jak: kalibrowana odległość obrazowa, położenie punktu głównego zdjęcia, czy też dystorsje obiektu nie są znane. Koniecznym zatem było wyznaczenie tych elementów.

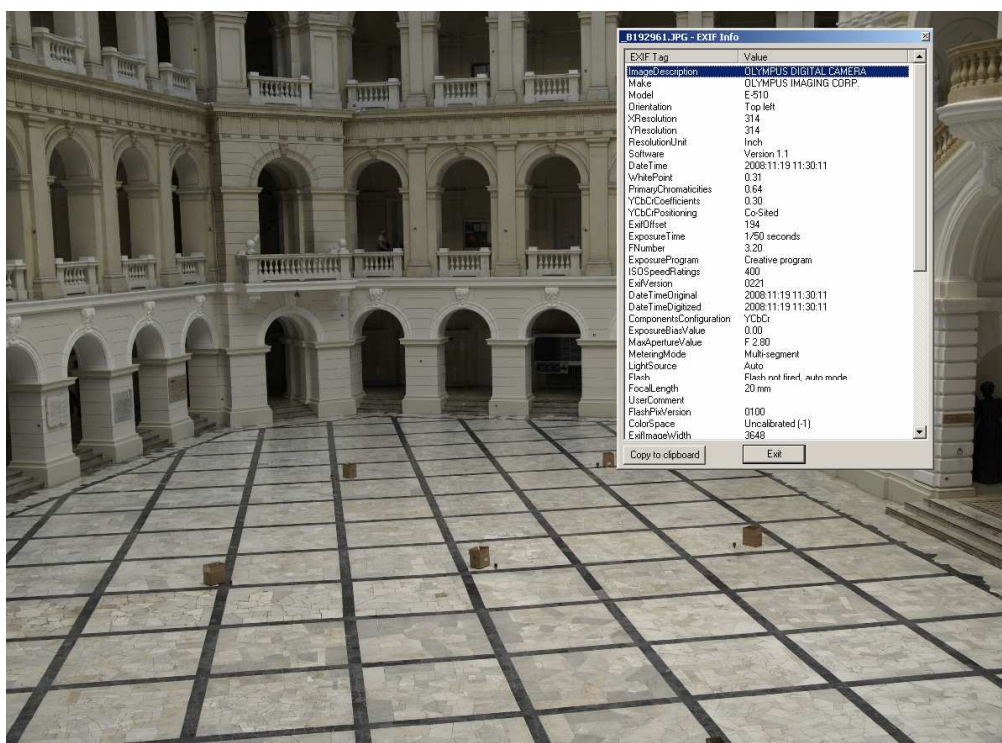
Proces kalibracji kamery niemetrycznej Olympus E-510 zakładał wykonanie zdjęć z parametrami, jak najbardziej podobnymi do oryginalnych – ustawienie: ostrości na nieskończoność, parametrów ekspozycji na zbliżone do oryginalnych. Dobrym polem testowym do odfotografowania z takimi ograniczeniami okazało się Pole Testowe Dużej Auli Gmachu Głównego (duża różnica w naświetleniu obiektów uniemożliwiła jednak dokładne odtworzenie parametrów ekspozycji – Aula jest znacznie ciemniejsza niż nasłoneczniony obszar wykopaliisk w Ptolemias).

Pole testowe Auli składa się z punktów równomiernie rozmieszczonych na ścianach oraz tarcz wkręcanych w podłogę (Rys.7)



Rys.7 Szkic rozmieszczenia punktów pola testowego Dużej Auli PW

Został wykonany szereg zdjęć Dużej Auli, z którego zostało wybrane jedno (Rys.8) do dalszego opracowania.



Rys.8 Zdjęcie nr _2961 oraz jego podstawowe parametry

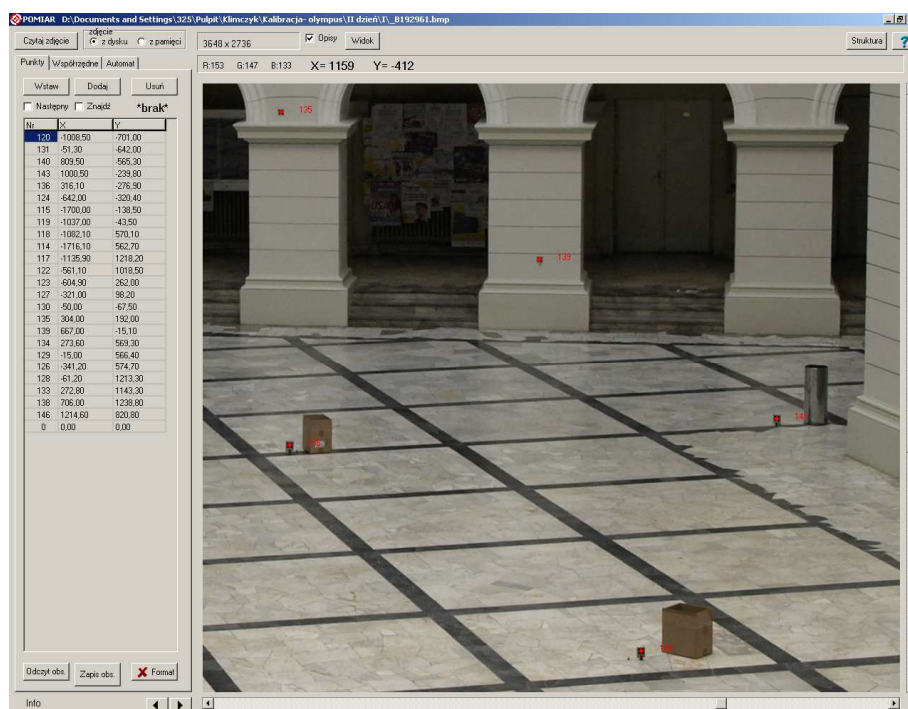
Zdjęcie to zostało wykonane w formacie zapisu *.jpeg, gdyż formatu *.raw komputer, na którym była wykonywana dalsza część prac nie czytał.



POMIAR WSPÓŁRZĘDNYCH PUNKTÓW POLA TESTOWEGO

W celu pomierzenia współrzędnych punktów pola testowego w układzie tłowym zdjęcia wykorzystany został program P.exe. Danymi wejściowymi do programu były obrazy zapisane w formacie Bitmapy. Zdjęcie nr _2961 zostało zamienione na wymagany format i wczytane do programu. Pomiar punktów wymagał wskazania danego punktu na zdjęciu oraz wpisaniu jego numeru zgodnego ze szkicem. Po zakończeniu tego etapu wszystkie punkty były zapisywane do pliku tekstowego. Współrzędne punktów wyrażone były w pikselach, zaś początek układu znajdował się w geometrycznym środku zdjęcia.

W efekcie zostały pomierzone 24 punkty przestrzennego pola testowego (Rys.9).



Rys.9 Zrzut z ekranu programu– P.exe



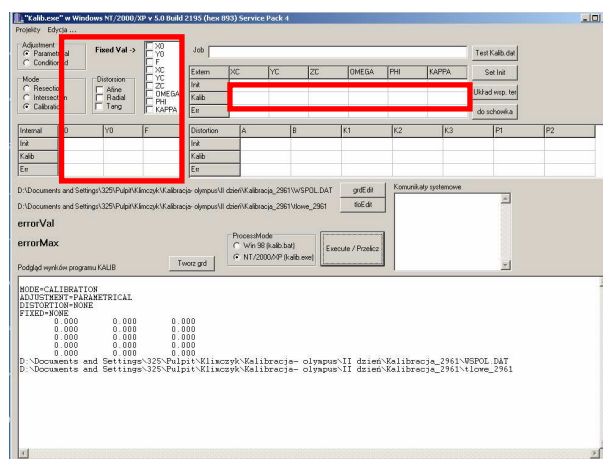
WYZNACZENIE ELEMENTÓW ORIENTACJI WEWNĘTRZNEJ

Na podstawie współrzędnych punktów pola testowego (Załącznik nr 2 – Płyta/Załączniki) oraz współrzędnych terenowych tych punktów (Załącznik nr 3 – Płyta/Załączniki) zostało przeprowadzone wyznaczenie szukanych parametrów. Został użyty w tym celu program Kalib.exe. To właśnie do niego zostały wczytane wyżej wymienione pliki tekstowe. Program Kalib.exe wymagał doprowadzenia tych plików do odpowiedniej formy – oba pliki miały zawierać w pierwszym wierszu numer zdjęcia, zaś plik współrzędnych tłowych dodatkowo w ostatnim wierszu miał zawierać same zera (nr pkt 0, x=0, y=0). Dopiero tak przygotowane dane były brane przez program pod uwagę.

Dodatkowo do programu należało wpisać przybliżone wartości początkowe (Rys.10):

- położenia punktu głównego : $X_0=0$; $Y_0=0$ (układ pikselowy),
- wielkość odległości obrazowej : $F= 5000$ (układ pikselowy),
- współrzędnych X,Y,Z położenia kamery (100m,100m,100m) (układ terenowy),
- kątów dla kamery: $\omega=100^\circ$, $\phi=\kappa=0^\circ$.

Program umożliwiał wybór: uwzględnianej dystorsji (tangencjalna, radialna), afinizmu, wartości, które miały pozostać niezmiennie (Fixed).



Rys.10 Zrzut z ekranu programu– Kalib.exe

W przypadku danego projektu skorzystano z opcji wyboru rodzajów uwzględnianej dystorsji. Proces obliczeniowy przeprowadzono w 3 wersjach: bez uwzględniania tych wpływów (załącznik nr 4), z uwzględnieniem jedynie dystorsji radialnej (załącznik nr 5) oraz z uwzględnieniem wszystkich (załącznik nr 6). Wyniki przedstawione zostały w poniższej tabeli (Tabela nr 2a,2b,2c).

Tabela nr 2a			
(2) FINAL SOLUTION (NONE)			
NUMBER OF CONTROL POINTS = 23			
NUMBER OF ITERATIONS = 5			
STANDARD ERROR OF UNIT WEIGHT = 0.3940			
X0	5.302	ń	1.735
Y0	-11.932	ń	3.128
F	4183.877	ń	2.640
XC	99.927	ń	0.005
YC	99.757	ń	0.018
ZC	100.213	ń	0.004
OMEGA	91.25993 g	ń	0.04885 g
PHI	-15.86875 g	ń	0.02554 g
KAPPA	-3.15892 g	ń	0.01289 g

Tabela nr 2c			
(2) FINAL SOLUTION (RADIAL ONLY)			
NUMBER OF CONTROL POINTS = 23			
NUMBER OF ITERATIONS = 6			
STANDARD ERROR OF UNIT WEIGHT = 0.2765			
X0	-1.690	ń	1.982
Y0	-8.910	ń	3.493
F	4189.205	ń	2.289
XC	99.923	ń	0.004
YC	99.735	ń	0.017
ZC	100.219	ń	0.004
OMEGA	91.30646 g	ń	0.05334 g
PHI	-15.76400 g	ń	0.02875 g
KAPPA	-3.14593 g	ń	0.01359 g
K1	0.658571E-09	ń	0.778264E-09
K2	0.788483E-16	ń	0.492548E-15
K3	-0.106334E-21	ń	0.941534E-22

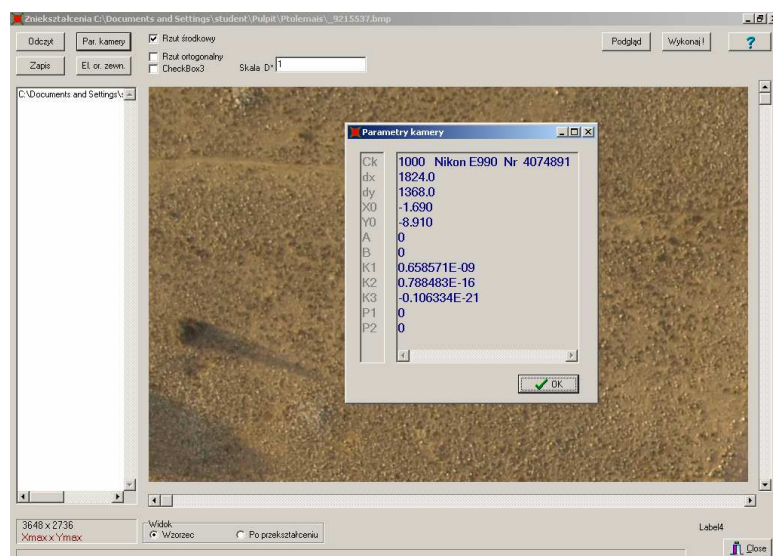
Tabela nr 2b			
(2) FINAL SOLUTION (AFFINE RADIAL TANGENTIAL)			
NUMBER OF CONTROL POINTS = 23			
NUMBER OF ITERATIONS = 5			
STANDARD ERROR OF UNIT WEIGHT = 0.2735			
X0	-15.108	ń	7.872
Y0	-15.254	ń	5.804
F	4188.171	ń	2.345
XC	99.920	ń	0.005
YC	99.744	ń	0.018
ZC	100.217	ń	0.006
OMEGA	91.21860 g	ń	0.08758 g
PHI	-15.56289 g	ń	0.11492 g
KAPPA	-3.16026 g	ń	0.01921 g
A	-0.229267E-03	ń	0.248540E-03
B	-0.881892E-04	ń	0.235950E-03
K1	0.661355E-09	ń	0.811552E-09
K2	0.109347E-15	ń	0.530468E-15
K3	-0.113960E-21	ń	0.103471E-21
P1	0.304417E-06	ń	0.170053E-06
P2	0.129411E-06	ń	0.116432E-06

Do dalszej części opracowania wykorzystane były dane uwzględniające jedynie dystorsję radialną.

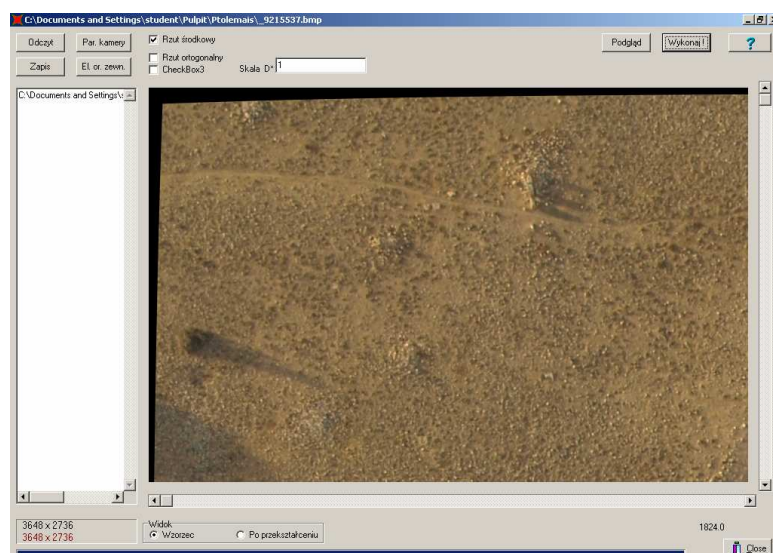


'PROSTOWANIE' ZDJĘĆ

Na podstawie parametrów obliczonych w programie Kalib.exe został przeprowadzony proces tzw. 'prostowania' zdjęć, czyli ich geometrycznej korekcji z uwzględnieniem elementów orientacji wewnętrznej. W programie Zniekszt.exe wyprostowane zostały 2 wcześniej wybrane zdjęcia (musiały być wczytane w formie Bitmapy). Efekt tego procesu widoczny jest poniżej (Rys 11a, 11b).



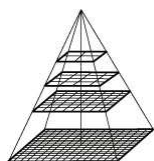
Rys. 11a Zdjęcie przed prostowaniem wraz z tabelą uwzględnianych parametrów



Rys. 11b Zrzut z ekranu programu Zniekszt.exe – zdjęcie po wyprostowaniu

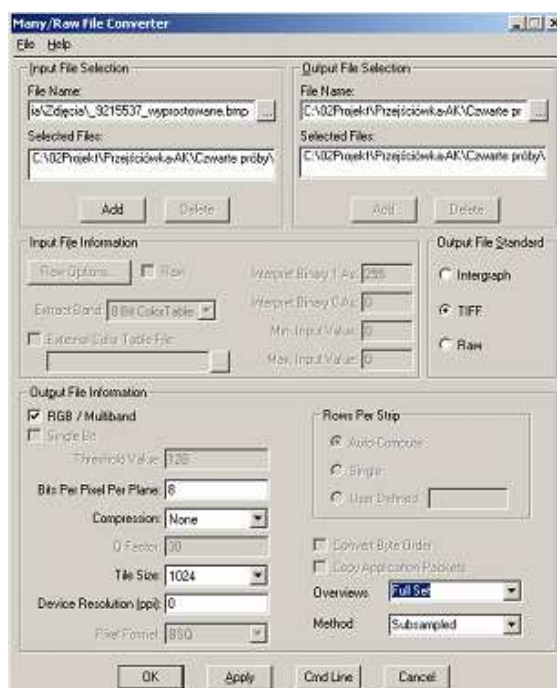
Oba wyprostowane zdjęcia zostały zapisane na płycie (Płyta/Zdjęcia) pod nazwami: *_9215537_wyprostowane* oraz *_9215546_wyprostowane*.

MODEL STEREOSKOPOWY



PIRAMIDA OBRAZÓW

Stworzenie modelu stereoskopowego zostało przeprowadzone w aplikacji Image Station Digital Mesuration. Danymi wejściowymi do tego programu były piramidy obrazów. Dla obu zdjęć należało je wytworzyć. Wykorzystany został w tym celu program Many/Raw File Converter z pakietu Image Station, do którego zostały wczytane wybrane zdjęcia (w formacie *.bmp) oraz wybrane parametry generowania piramidy (Rys. 12).



Rys. 12 Okno programu Many/Raw File Converter wraz z wybranymi parametrami

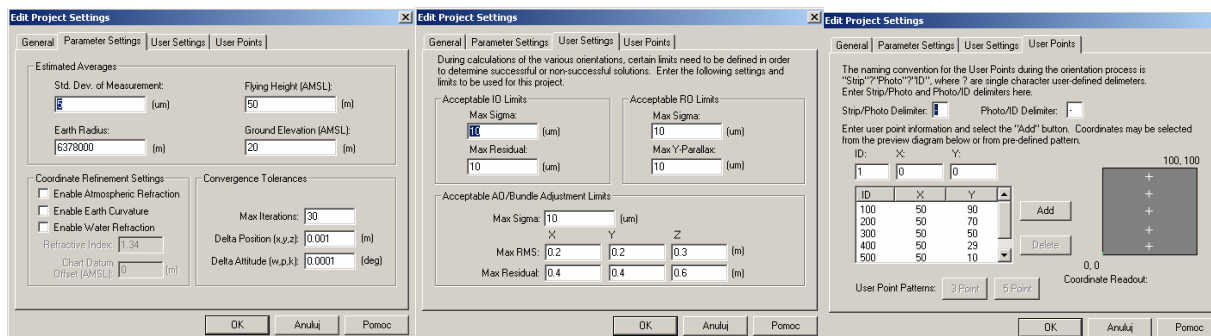
Zdjęcia na podstawie, których zostały wytworzone piramidy to:

- oryginalne zdjęcia – powstały pliki: _9215537_piramida ; _9215546_piramida,
- zdjęcia ‘wyprostowane’ - powstały pliki: _9215537_wyprostowane_piramida ; _9215546_wyprostowane_piramida,
- lustrzane odbicia zdjęć - powstały pliki: _9215537_wyprostowane_1st_piramida ; _9215546_wyprostowane_1st_piramida.

Wyjaśnienie, czemu akurat takie pliki wytworzono zostało zawarte w dalszej części pracy.

Wszystkie piramidy znajdują się na płycie (Płyta/Zdjęcia/Piramidy obrazów).

Praca z programem ISDM została rozpoczęta od założenia projektu, w którym określono wartości wymaganych parametrów wejściowych, w tym dokładności wykonywanych orientacji (Rys.13).



Rys. 13 Parametry założenia projektu

Brak jakichkolwiek danych na temat wysokości lotu spowodował, że wpisana została wartość przypadkowa – 50m. Ponieważ projekt ten był poniekąd eksperymentem, dokładności orientacji zostały wybrane tak, aby nie ograniczały procesu obliczeniowego

- orientacja wewnętrzna: max sigma= 10 μ m, max residual= 10 μ m,
- orientacja wzajemna: max sigma= 10 μ m, max Y-parallax= 10 μ m,
- orientacja zewnętrzna: max sigma= 10 μ m,

	X [m]	Y [m]	Z[m]
Max RMS	0,2	0,2	0,2
Max Residual	0,3	0,3	0,6

Podobnie została zwiększona liczba iteracji- aż do 30.

Dany etap opracowania przeprowadzony został dwukierunkowo- z wykorzystaniem obu opcji rodzaju kamery. Kamera Olympus E-510 w jednym podejściu został potraktowana jako cyfrowa, a w drugim jako analogowa. W konsekwencji obliczono wymagane parametry i wpisano do odpowiednich okien (Rys. 14, 15)

Type

☒ Frame
☐ Non - Frame

Lens Information

Focal Length: (mm)

Principal Pt. of Best Symmetry: X Y (mm)

Principal Pt. of Auto Collimation: X Y (mm)

Film Format

Film Width: (mm)

Film Length: (mm)

Pixel Width: (μm)

Pixel Height: (μm)

Digital Image Orientation

Scanline Orient.:

Photo CS Orient.:

Photo CS Origin:

< Wstecz

Dalej >

Anuluj

Pomoc

Fiducial Coordinates

Enter fiducial coordinates in the fields below and click the "Add" button to enter them into the table. Fiducials may be deleted from the table by selecting the desired fiducial and clicking the "Delete" button.

Note: Reseau points may be added later in the "Edit Camera" command.

ID: X (mm): Y (mm):

ID	X	Y
1	-9.1200	6.8400
2	9.1200	6.8400
3	9.1200	-6.8400
4	-9.1200	-6.8400

Add / Modify

Delete

< Wstecz

Dalej >

Anuluj

Pomoc

Rys. 14 Parametry wczytywane do programu przy wyborze kamery analogowej

Camera Data

Type

☒ Frame
☐ Non - Frame

Lens Information

Focal Length: (mm)

Principal Pt. of Best Symmetry: X Y (mm)

Principal Pt. of Auto Collimation: X Y (mm)

Digital Image Size

Pixels per Line:

Number of Lines:

Pixel Width: (μm)

Pixel Height: (μm)

Digital Image Orientation

Scanline Orient.:

Photo CS Orient.:

Photo CS Origin:

< Wstecz

Dalej >

Anuluj

Pomoc

Rys. 15 Parametry wczytywane do programu przy wyborze kamery cyfrowej

Wartości wpisywane do okien pochodziły z plików kalibracji kamery. Musiały one jednak ulec pewnej modyfikacji – w plikach tych wszystkie wielkości wyrażone były w pikselach, zaś program ISDM wymagał milimetrów. Przekształcenie to nie było kłopotliwe (1 pikselowi matrycy odpowiadała wielkość 5 μm).

Układ ‘tłowy’ został umieszczony w środku zdjęcia, zaś osie skierowane i oznaczone zgodnie z układem matematycznym. Dodatkowo dla kamery analogowej zostało określone położenie ‘znaczków tłowych’, których rolę w przypadku zdjęć niemetrycznych pełniły narożniki. Ponieważ w programie zostały użyte zdjęcia ‘wyprostowane’ nie było konieczne ponowne uwzględnienie parametrów: dystorsji, położenia punktu głównego itd.

15



ORIENTACJA WEWNĘTRZNA ZDJĘĆ W PROGRAMIE ISDM

Przeprowadzenie orientacji wewnętrznej wymagane było jedynie w przypadku projektu zakładającego wykorzystanie kamery analogowej. Aby móc dokładnie pomierzyć położenie narożników zdjęcia (Rys.16) nie można było użyć zdjęć już ‘wyprostowanych’, których narożniki były zaokrąglone. Dlatego na tym etapie wczytano piramidy oryginalnych zdjęć (_9215537_piramida; _9215546_piramida).



Rys. 16 Dokładność wskazania narożników zdjęć

W wyniku pomiaru obu zdjęć otrzymano odchyłki na każdym z narożników (Rys. 17a, 17b).

Additional Interior Orientation Parameters							
P...	St...	X-Resi...	Y-Resi...	X-Calib (mm)	Y-Calib (mm)	X-Obs (pixel)	Y-Obs (pixel)
1	M...	0.313	0.156	-9.120	6.840	0.125	2734.750
2	M...	-0.313	-0.156	9.120	6.840	3647.000	2734.875
3	M...	0.313	0.156	9.120	-6.840	3646.625	0.375
4	M...	-0.313	-0.156	-9.120	-6.840	0.000	0.375

Affine

Parameter	Value
X-Scale	0.005
Y-Scale	0.005
Rotation [...]	0.000
Affinity (DD)	3.141
Shift in X	-1823.438
Shift in Y	-1367.594

Withhold

Reinstate

Delete

Close

Help

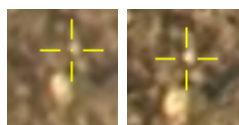
Good Solution (Sigma 0.5, Max Res 0.313 um)

Additional Interior Orientation Parameters								Affine	
P...	St...	X-Resi...	Y-Resi...	X-Calib (mm)	Y-Calib (mm)	X-Obs (pixel)	Y-Obs (pixel)	Parameter	Value
1	M...	-0.156	0.000	-9.120	6.840	0.250	2735.000	X-Scale	0.005
2	M...	0.156	0.000	9.120	6.840	3647.125	2735.000	Y-Scale	0.005
3	M...	-0.156	0.000	9.120	-6.840	3647.125	0.125	Rotation (...)	0.000
4	M...	0.156	0.000	-9.120	-6.840	0.125	0.125	Affinity (DD)	3.142
								Shift in X	-1823.656
								Shift in Y	-1367.563

Good Solution (Sigma 0.2, Max Res 0.156 um)

Rys. 17b Wyniki pomiaru narożników zdjęcia nr _9215546

Po zakończeniu etapu orientacji wewnętrznej w zakładce *Photos* zdjęcia źródłowe zostały zastąpione zdjęciami ‘wyprostowanymi’.



ORIENTACJA WZAJEMNA ZDJĘĆ W PROGRAMIE ISDM

Orientacja wzajemna zdjęć zakładał pomiar pięciu szczegółów homologicznych na każdym ze zdjęć (punkty Grubera). Libijska pustynia okazał się być bardzo łaskawą, jeżeli chodzi o łatwo rozpoznawalne punkty – cała pokryta była drobnymi białymi kamyczkami. Na ciemno – żółtym tle ziemi były idealnymi punktami do orientacji wzajemnej (Rys. 18)



Rys. 18 Przykładowy rozkład punktów w orientacji wzajemnej

Proces orientacji dla zdjęć wykonanych ‘hipotetycznie’ kamerą analogową i cyfrową przebiegał w dokładnie taki sam sposób. Bardzo ważnym w przypadku zdjęć niepionowych i znacznie względem siebie skręconych było:

- rozmieszczenie punktów na całym obszarze opracowania – nie tylko na środku zdjęć – w przeciwnym wypadku po pomiarze punktów nie pokazywały się paralaksy,
- zwiększenie liczby iteracji procesu obliczeniowego.

W przypadku wariantu z kamerą analogową otrzymano następujące wyniki (Rys.19).

Point...	St...	Stri...	Ph...	Paral...	X-Residu...	Y-Residu...	Redundan...	X-Obs (mm)	Y-Obs (mm)	Parameter	Left Photo	Right Ph...
-01-100	M...		01	0.1	-0.055	-0.022	0.0	-3.899	6.086	XC	0.000	3.967
-01-100	M...		02	0.1	0.061	0.014	0.0	-8.181	3.886	YC	0.000	-10.687
-01-200	M...		01	3.3	1.562	0.536	0.2	0.183	3.872	ZC	20.946	16.768
-01-200	M...		02	3.3	-1.644	-0.199	0.2	-4.193	2.619	Omega	0.000	27.670
-01-300	M...		01	2.0	-0.941	-0.371	0.4	-1.483	0.587	Phi	0.000	-1.903
-01-300	M...		02	2.0	0.927	0.205	0.4	-5.704	-0.659	Kappa	0.000	351.837
-01-400	M...		01	0.9	-0.423	-0.163	0.4	-0.210	-1.419			
-01-400	M...		02	0.9	0.397	0.081	0.3	-4.192	-2.568			
-01-500	M...		01	0.9	0.450	0.196	0.1	-1.872	-3.728			
-01-500	M...		02	0.9	-0.400	-0.121	0.1	-5.952	-5.552			
-02-100	M...		01	0.4	-0.168	-0.039	0.1	6.289	5.700			
-02-100	M...		02	0.4	0.181	-0.020	0.1	1.375	4.897			
-02-200	M...		01	2.2	1.093	0.295	0.4	4.628	2.978			
-02-200	M...		02	2.2	-1.117	0.028	0.4	0.289	2.446			
-02-300	M...		01	2.9	-1.436	-0.390	0.4	5.085	0.882			
-02-300	M...		02	2.9	1.401	-0.029	0.4	1.120	0.637			
-02-400	M...		01	3.2	-1.618	-0.502	0.4	3.873	-2.002			
-02-400	M...		02	3.2	1.481	0.084	0.3	0.394	-2.494			
-02-500	M...		01	2.9	1.544	0.463	0.2	5.443	-5.385			
-02-500	M...		02	2.9	-1.295	-0.046	0.1	3.043	-6.298			

DOF: 5, Iterations: 9
Good Solution (Sigma 2.2, Py: 3.3um)

Rys. 19 Wyniki dla wariantu z kamerą analogową

Największa paralaksa wynosiła 3,3 μ m.

W przypadku wariantu z kamerą cyfrową wyniki były następujące (Rys.20). Były one zbliżone do wyników orientacji kamery analogowej (Rys.21).

Point...	St...	Stri...	Ph...	Paral...	X-Residu...	Y-Residu...	Redundan...	X-Obs (mm)	Y-Obs (mm)	Parameter	Left Photo	Right Ph...
-01-100	M...		01	0.0	0.000	0.000	0.1	-3.903	6.085	XC	0.000	3.964
-01-100	M...		02	0.0	0.000	0.000	0.1	-8.183	3.887	YC	0.000	-10.454
-01-200	M...		01	0.9	0.440	0.169	0.3	-1.255	2.468	ZC	20.946	16.846
-01-200	M...		02	0.9	-0.452	-0.088	0.3	-5.543	1.169	Omega	0.000	27.750
-01-300	M...		01	1.2	-0.570	-0.236	0.4	-1.745	-0.290	Phi	0.000	-1.673
-01-300	M...		02	1.2	0.552	0.138	0.4	-5.948	-1.596	Kappa	0.000	351.738
-01-400	M...		01	0.3	-0.144	-0.053	0.3	1.328	-1.835			
-01-400	M...		02	0.3	0.133	0.021	0.2	-2.455	-2.740			
-01-500	M...		01	0.4	0.213	0.095	0.1	-1.873	-3.720			
-01-500	M...		02	0.4	-0.190	-0.059	0.1	-5.949	-5.544			
-02-100	M...		01	0.7	-0.337	-0.080	0.1	6.278	5.694			
-02-100	M...		02	0.7	0.364	-0.037	0.1	1.368	4.893			
-02-200	M...		01	3.4	1.669	0.463	0.4	4.626	2.981			
-02-200	M...		02	3.4	-1.710	0.033	0.4	0.290	2.450			
-02-300	M...		01	2.6	-1.278	-0.357	0.4	5.085	0.883			
-02-300	M...		02	2.6	1.250	-0.018	0.4	1.123	0.640			
-02-400	M...		01	1.5	-0.749	-0.234	0.4	4.182	-2.029			
-02-400	M...		02	1.5	0.686	0.036	0.3	0.750	-2.478			
-02-500	M...		01	1.4	0.767	0.237	0.1	5.435	-5.373			
-02-500	M...		02	1.4	-0.644	-0.028	0.1	3.035	-6.285			

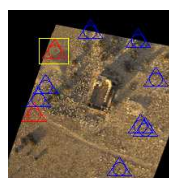
DOF: 5, Iterations: 10
Good Solution (Sigma 1.6, Py: 3.4um)

Rys. 20 Wyniki orientacji wzajemnej zdjęć dla opcji projektu z kamerą cyfrową

Parameter	Left Photo	Right Ph...	Parameter	Left Photo	Right Ph...
XC	0.000	3.967	XC	0.000	3.964
YC	0.000	-10.687	YC	0.000	-10.454
ZC	20.946	16.768	ZC	20.946	16.846
Omega	0.000	27.670	Omega	0.000	27.750
Phi	0.000	-1.903	Phi	0.000	-1.673
Kappa	0.000	351.837	Kappa	0.000	351.738

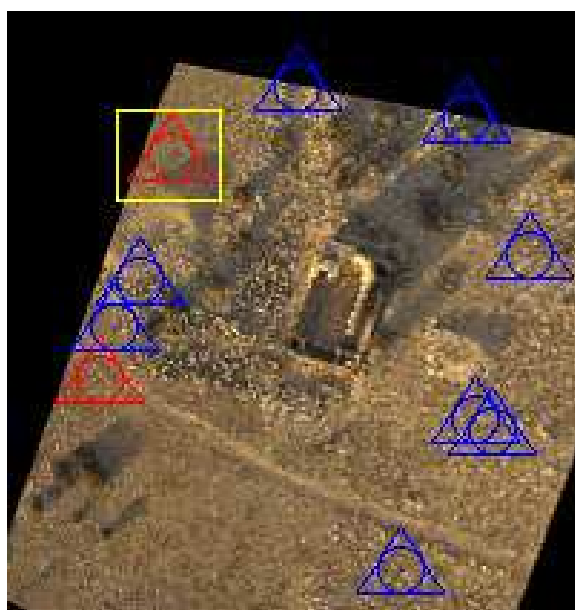
Rys. 21 Ostateczne wyniki orientacji wzajemnej (z lewej – kamera analogowa, z prawej – kamera cyfrowa)

Po uzyskaniu ostatecznych wyników – modelu stereoskopowego w układzie zdjęć można było przystąpić do orientacji bezwzględnej – wytworzenia modelu w układzie terenowym.

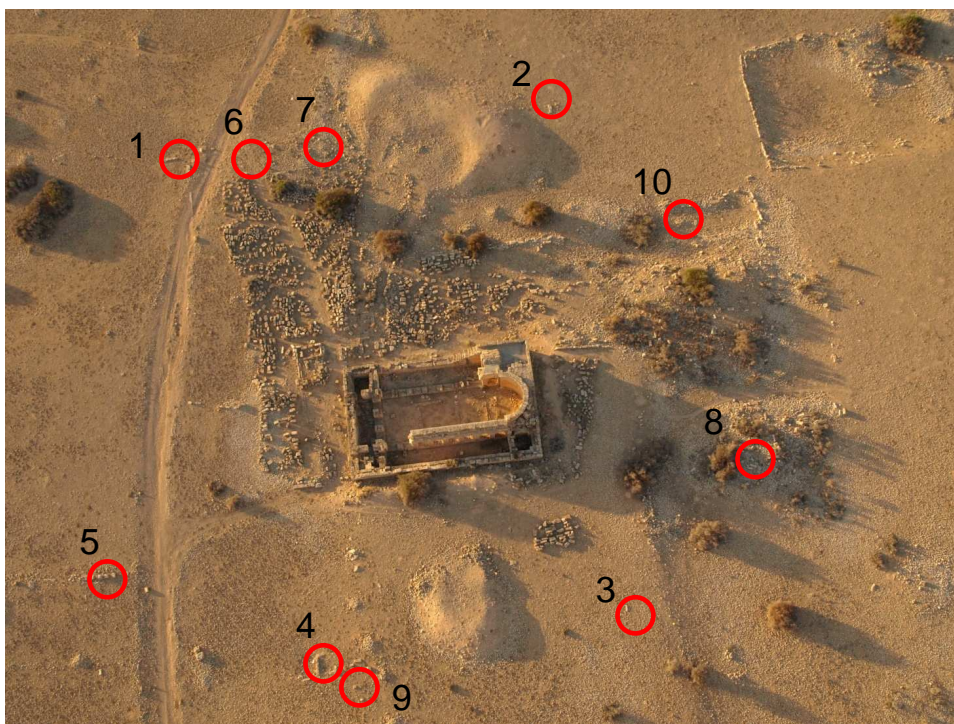


ORIENTACJA BEZWZGLĘDNA ZDJĘĆ W PROGRAMIE ISDM

Do przeprowadzenia tego etapu prac koniecznym było posiadanie współrzędnych terenowych punktów, które miały pełnić rolę osnowy fotogrametrycznej. Na podstawie dostępnej mapy sytuacyjno- wysokościowej wybrano 10 punktów (Rys.22, 23, 24) – współrzędne określono w układzie matematycznym. Następnie przystąpiono do ich pomiaru stereoskopowego na modelach – pomiar dla opcji z kamerą analogową przebiegał tak samo jak dla opcji z kamerą cyfrową.



Rys. 22 Rozkład punktów osnowy na terenie opracowania



Rys. 23 Rozkład punktów osnowy na terenie opracowania

Edit Control Points

ID: Type: Class: X: Y: Z: Linear Units: (m)

Description: SX: SY: SZ:

ID	Type	Class	X	Y	Z
1	Control	Full	-728.496	-413.252	25.381
2	Control	Full	-668.401	-364.996	24.744
3	Control	Full	-608.031	-451.853	28.008
4	Control	Full	-645.248	-481.706	28.724
5	Control	Full	-684.365	-505.376	29.322
6	Control	Full	-715.685	-401.493	25.432
7	Control	Full	-699.279	-393.561	25.477
8	Control	Full	-597.402	-411.175	27.235
9	Control	Full	-643.977	-485.672	28.921
10	Control	Full	-624.826	-372.015	24.323

Buttons: Add / Modify, Remove, Global Edit...

Defaults: Type: Class: SX: SY: SZ:

Buttons: Apply, OK, Cancel, Help

Rys. 24 Współrzędne punktów osnowy

Lokalizacje punktów zostały zamieszczone w formie *.bmp na płycie (Płyta/Zdjęcia/ Punkty osnowy), zaś współrzędne w załączniku nr 7 (Płyta/Załączniki).

W wyniku pomiaru współrzędnych otrzymano odchyłki na poszczególnych punktach (Rys. 25, 26).

Control Point Statistics (Full Report)

	Pt ID	Adjusted Coordinates			Residuals		
		X	Y	Z	VX	VY	VZ
W	1	-728.428	-412.980	25.776	0.067	0.272	0.395
W	2	-668.711	-365.077	23.895	-0.310	-0.080	-0.849
	3	-608.020	-451.875	27.983	0.011	-0.022	-0.025
*	4	-645.264	-481.809	28.777	-0.016	-0.103	0.053
W	5	-684.556	-505.355	29.373	-0.191	0.021	0.051
	6	-715.630	-401.460	25.427	0.055	0.033	-0.005
C	7	-699.380	-393.505	25.406	-0.101	0.056	-0.071
	9	-643.962	-485.646	28.886	0.016	0.027	-0.035
W	10	-625.316	-372.410	23.675	-0.490	-0.395	-0.648
	8	-597.468	-411.109	27.247	-0.066	0.066	0.011

No. Iterations : 4 DOF : 8
Sigma : 3.0685 Sum of red.: 8.000

RMS X Y Z XY

Control: 0.040 0.059 0.031 0.050

Check : 0.101 0.056 0.071 0.082

* = Maximum Residual Vector

W = Withheld Point, C = Check Point

Rys. 25 Część raportu końcowego – kamera cyfrowa

Control Point Statistics (Full Report)

	Pt ID	Adjusted Coordinates			Residuals		
		X	Y	Z	VX	VY	VZ
*	1	-728.510	-413.178	25.485	-0.014	0.074	0.104
W	2	-668.920	-365.253	24.353	-0.519	-0.257	-0.391
	3	-608.111	-451.859	27.988	-0.080	-0.006	-0.020
	4	-645.191	-481.763	28.750	0.057	-0.057	0.026
	5	-684.392	-505.377	29.258	-0.026	-0.001	-0.064
	6	-715.683	-401.542	25.334	0.002	-0.049	-0.098
W	7	-699.535	-393.569	25.281	-0.256	-0.008	-0.196
W	8	-597.744	-411.137	27.236	-0.342	0.038	0.000
	9	-643.916	-485.633	28.973	0.061	0.039	0.053

No. Iterations : 4 DOF : 11
Sigma : 3.5452 Sum of red.: 11.000

RMS X Y Z XY

Control: 0.049 0.046 0.069 0.047

* = Maximum Residual Vector

W = Withheld Point, C = Check Point

Rys. 26 Część raportu końcowego – kamera analogowa

Jak widać na podstawie powyższych raportów, niektóre punkty obarczone były dużymi błędami- dochodzącymi nawet do 50cm. Punkty takie zostały wyłączone z obliczeń. Przyczyny tak dużych rozbieżności mogły być różne – zarówno błędy w budowie modelu jak i błędy w samych współrzędnych punktów – mogły dochodzić one nawet do 10cm. Na punkcie kontrolnym odchyłki sięgały dla X 10cm, dla Y 5cm, dla Z 8cm.

Porównanie ostatecznych parametrów orientacji dla dwóch różnych podejść – z kamerą analogową i cyfrową przedstawiało się następująco (Rys.27a, 27b) :

Absolute Orientation Report			
Left Photo		Right Photo	
-----		-----	
X0:	-700.816	-613.525	meters
Y0:	-421.415	-479.379	meters
Z0:	249.355	226.949	meters
Omega:	-7.829	15.632	degrees
Phi:	-4.528	10.537	degrees
Kappa:	36.517	26.584	degrees
Ground to Model 3D Transformation Coefficients			
X-shift:	-685.938	Omega (DD):	0.157
Y-shift:	-447.009	Phi (DD):	-0.018
Z-shift:	63.217	Kappa (DD):	-0.641
Scale:	8.998		

Rys. 27a Część raportu końcowego – kamera cyfrowa

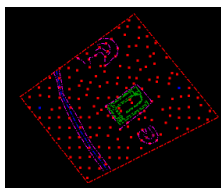
Absolute Orientation Report			
Left Photo		Right Photo	
-----		-----	
X0:	-700.654	-614.206	meters
Y0:	-422.173	-480.175	meters
Z0:	249.157	226.702	meters
Omega:	-7.651	15.858	degrees
Phi:	-4.486	10.378	degrees
Kappa:	36.610	26.743	degrees
Ground to Model 3D Transformation Coefficients			
X-shift:	-686.284	Omega (DD):	0.154
Y-shift:	-446.560	Phi (DD):	-0.017
Z-shift:	67.611	Kappa (DD):	-0.643
Scale:	8.772		

Rys. 27b Część raportu końcowego – kamera analogowa

Miedzy wielkościami występują różnice – wynikają one z dokładności kolejnych etapów orientacji, a w szczególności wyboru i pomiaru punktów do wykonania orientacji bezwzględnej.

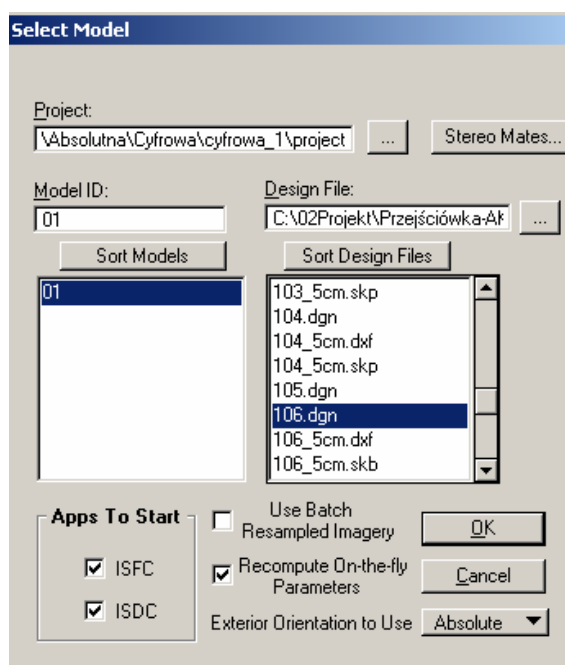
Końcowe raporty ze wszystkich orientacji zostały zamieszczone na płycie (Płyta/Raporty) wraz z projektami (Płyta/Projekty ISDM).

NUMERYCZNY MODEL TERENU



STWORZENIE NMT W PROGRAMIE IS DTM COLLECTION

Pierwszym krokiem do stworzenia Numerycznego Modelu Terenu było przygotowanie czystego *.dgnu (ostateczny o nazwie 106.dgn). Zostało to wykonane w programie MicroStation – tam też ustalono jednostki pracy – metry oraz centymetry. Tak przygotowany *.dgn wczytano wraz z plikiem projektu do programu Image Station DTM Collection (Rys. 28). Do opracowywania NMT wybrano projekt oparty o kamerę cyfrową.



Rys. 28 Wczytanie plików wejściowych do programu ISDTMCollection

W kolejnym etapie ustalono parametry siatki punktów. Wysokość fotografowania wynosiła około 230m, odległość obrazowa około 20mm- stąd skala zdjęć była równa w przybliżeniu : 1:11500. Błąd średni wysokości wyinterpolowanej z NMT stworzonego na podstawie takich zdjęć: $mz = 0,1\% \cdot H$ co daje 23cm. Dla takiego błędu oczko siatki przy założeniu terenu płaskiego : $d = 10 \cdot 23\text{cm} = 2,3\text{m}$. Ponieważ teren opracowania był bardzo monotony i taka gęstość punktów nie była konieczna wielkość oczka siatki została ustalona na 10 m. W miejscach, gdzie punktów jednak brakowało zostały pomierzone dodatkowe punkty masowe (Rys. 29). Niestety wykonanie automatycznego pomiaru punktów nie było możliwe – wszystkie pomiary zostały wykonane manualnie.

Pathway Parameters

Active Pathway Number: 1 Delete Pathway

Profiling Parameters

Point Distance Along Profile: 10.00000000 m
 Profile Spacing: 10.00000000 m
 Tolerance Off Profile: 10.00000000 m
 Profile Azimuth: 0.00 degrees
 Profile Pattern: Combing
 Add Point Mode: Off
 Drive Elevation: From Last Elevation
Define Azimuth Graphically

Pathway Point Statistics

In Boundary	In Obscured Area	Mass Points	All Manual Points
Skipped: 2	Skipped: 0	Withheld: 0	Skipped: 2
Withheld: 0	Withheld: 0	Collected: 149	Withheld: 0
Collected: 170	Collected: 0	Total: 149	Collected: 319
Uncollected: 0	Uncollected: 0		Uncollected: 0
Total: 172	Total: 0		Total: 321

Auto Generated Points

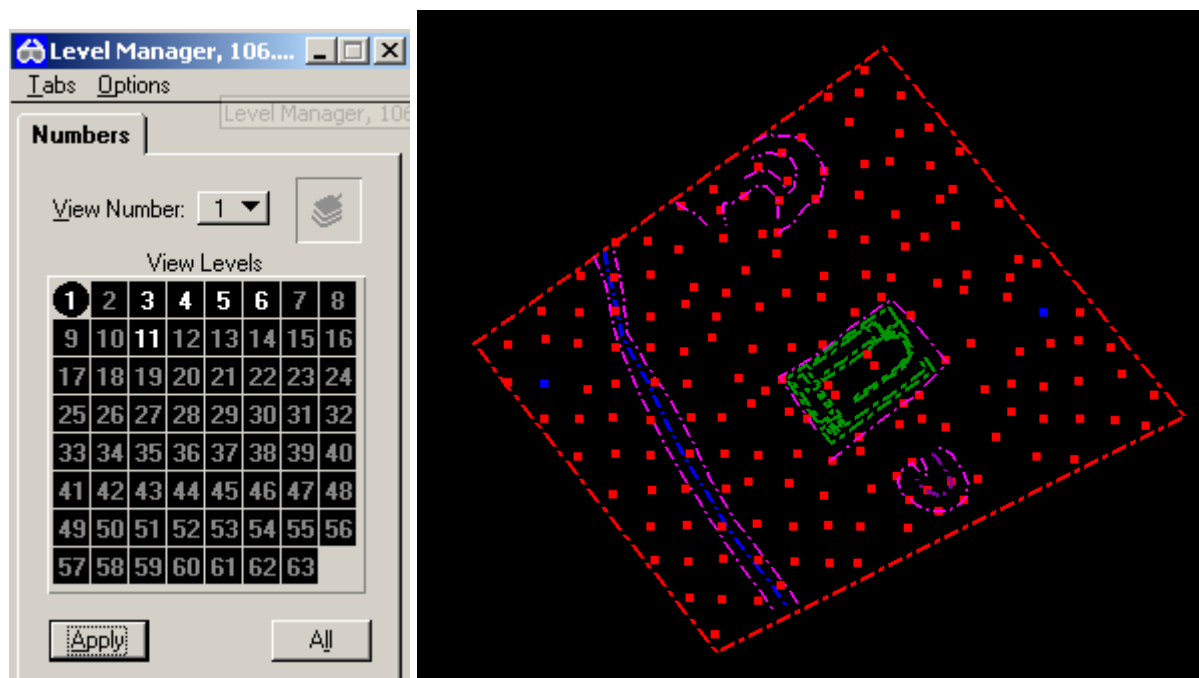
Grid Points: 0
 Low Redundancy: 0
 Beyond Ht. Acc. Thresh.: 0
 In Obscured Area: 0
 Out Of Collection Bdy.: 0
 Total: 0

Number of Profiles: 19
 Total Number of Points of All Types: 321

OK Apply Cancel

Rys. 29 Parametry siatki punktów do budowy NMT

Po zaznaczeniu obszaru opracowania zostały zwektoryzowane formy terenowe takie jak: linie grzbietowe, nieciągłości, ciekowe (Rys.30). Następnie wytworzono siatkę punktów. Zostało pomierzonych – 170 punktów siatki regularnej oraz 149 dodatkowych punktów w miejscach o bardziej urozmaiconej rzeźbie.



Rys 30 Warstwy oraz pomierzone obiekty i punkty

Na poszczególnych warstwach znajdowały się:

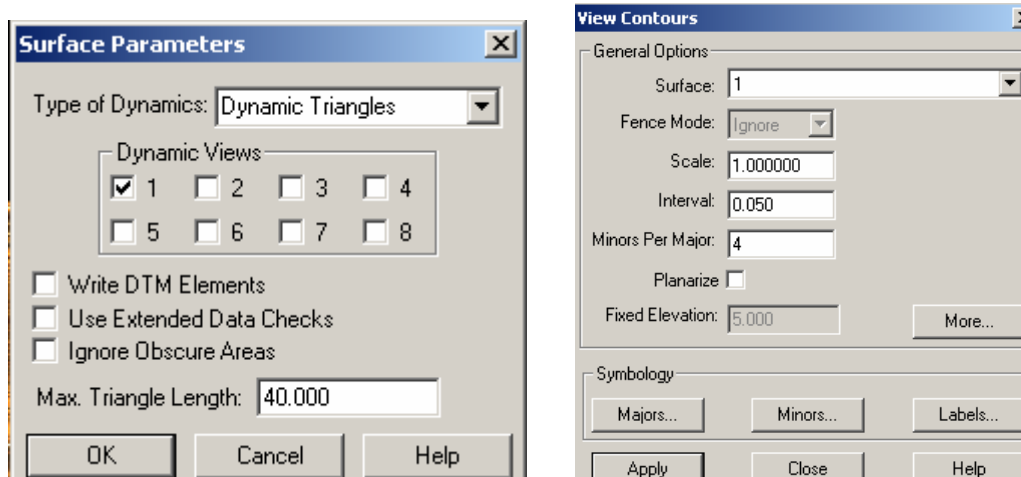
- warstwa nr 1 – obszar opracowania,

- warstwa nr 3- pomierzone punkty,
- warstwa nr 4- linie nieciągłości,
- warstwa nr 5- linie grzbietowe,
- warstwa nr 6 – linie cieku,
- warstwa nr 11 – zwektoryzowane kontury ruin budynku.

Na Rys.30 nie były widoczne punkty masowe.

Jeżeli chodzi o pomiar stereoskopowy punktów budynku, to możliwy był pomiar jedynie górnych partii ruin. W procesie tym została przeprowadzona duża generalizacja kształtów obiektu np. ściany zostały poprowadzone na jednej wysokości – bez wyróżniania brakujących cegieł. W niektórych, zacienionych miejscach pomiar stereoskopowy był utrudniony.

Oprócz wymienionych wyżej elementów w programie zostały wygenerowane również warstwy (Rys.31). Ponieważ wizualizacja modelu miała odbyć się w oprogramowaniu Google SketchUp to należało wyeksportować *.dgn do pliku *.dxf – szczególnie warstwy i obrys budynku.



Rys. 31 Wygenerowanie warstw w module ISEE

W ostatecznej wersji *.dgn warstwy zostały wygenerowane z cięciem co 5cm.

*Plik *.dgn został zapisany na płycie (Płyta/NMT)*

WIZUALIZACJA NMT ORAZ RUIN BUDYNKU

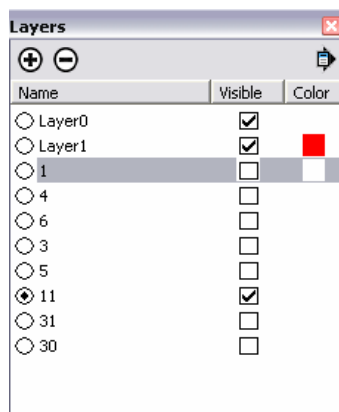


SKETCHUP

Wizualizacja wyników pracy została wykonana w programie Google SketchUp. Jest to jeden z darmowych i ogólnodostępnych produktów oferowanych przez serwis Google.

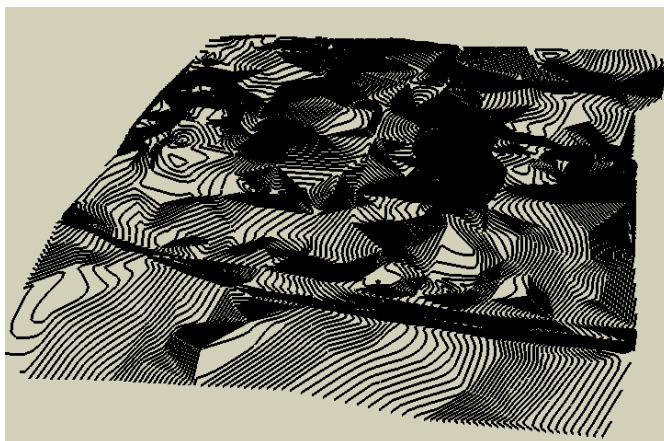
Dane konieczne do przeprowadzenia wizualizacji zostały wczytane do programu jako plik *.dxf – stworzony we wcześniejszym etapie. Zawierał on szereg warstw (Rys. 32):

- obszar opracowania – warstwa nr 1,
- punkty siatki Grid, oraz punkty masowe – warstwa nr 3,
- warstwice: główne (warstwa nr 30) i podrzędne (warstwa nr 31) – z cieciami warstwicowym co 5cm,
- linie nieciągłości (warstwa nr 4), grzbietowe (warstwa nr 6), cieków (warstwa nr 5),
- obrys widocznych części budynku Bazyliki Zachodniej (warstwa nr 11).



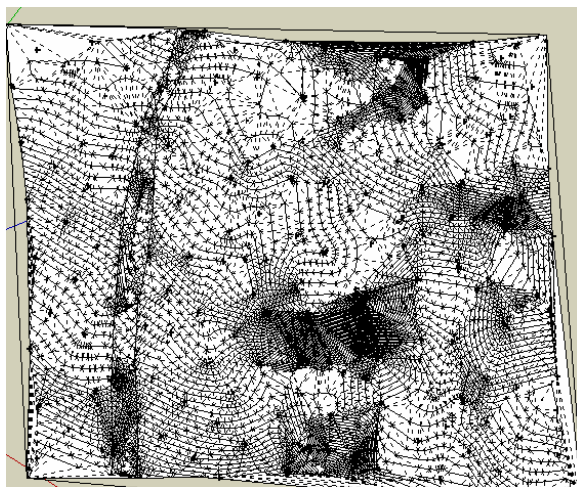
Rys. 32 Warstwy zaimportowane do programu SketchUp

Warstwice (Rys. 33) zaimportowane do programu posłużyły do wymodelowania powierzchni terenu (funkcja *From Contours*).



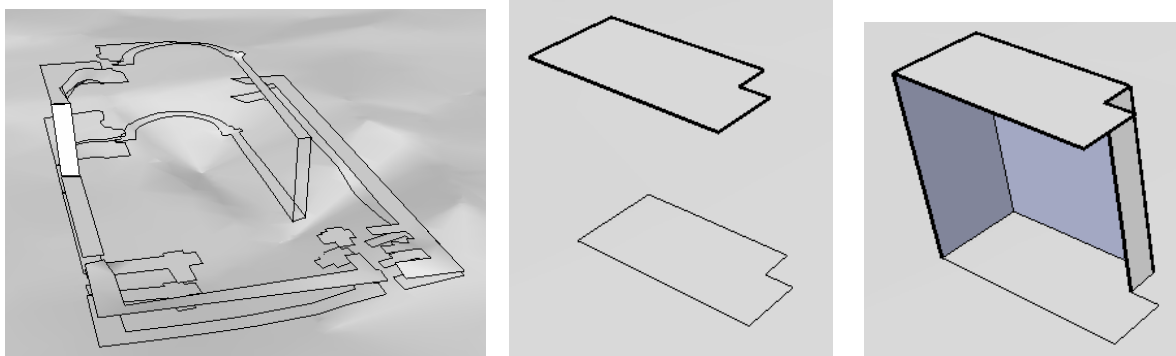
Rys. 33 Warstwice główne i podrzędne – zrzut z programu SketchUp

Problemy napotkane na tym etapie dotyczyły ilości wprowadzonych danych. Im mniejsze cięcie warstwowe – tym dokładniejsza wizualizacja terenu, ale także większa ilość danych do przetworzenia. W fazie przygotowań została zaimportowana powierzchnia zawierająca 319 punktów, z warstwicami co 10cm. Program poradził sobie ze stworzeniem powierzchni a następnie jej podziałem na poszczególne trójkąty (funkcja Explode – rys. 34).



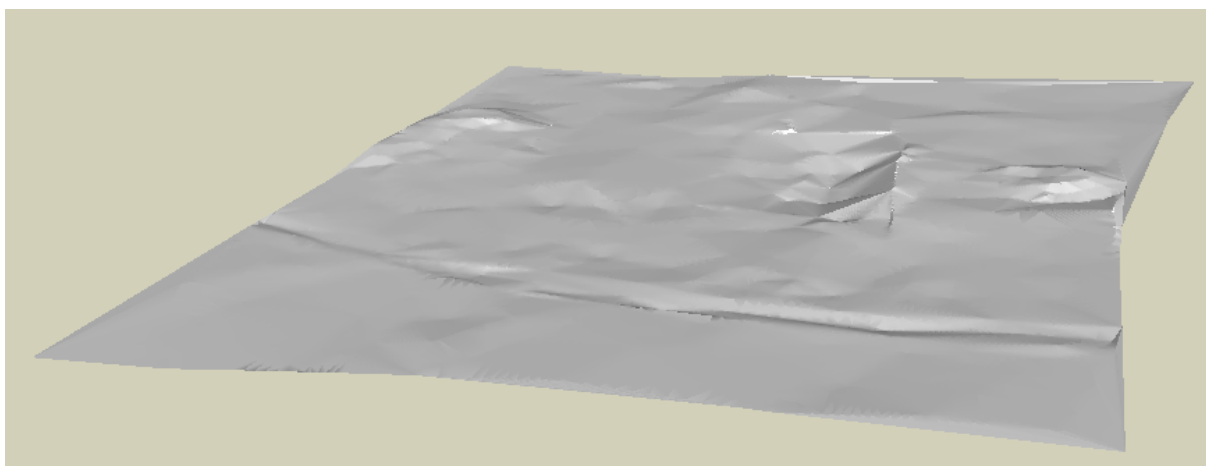
Rys. 34 Podział obszaru na trójkąty w programie SketchUp

Na tak przygotowany model można było rzutować zwektoryzowane fragmenty budynku (funkcja Drop – rys. 35), a następnie łączyć odpowiadające sobie punkty budynku i terenu w celu uzyskania pełnej bryły.



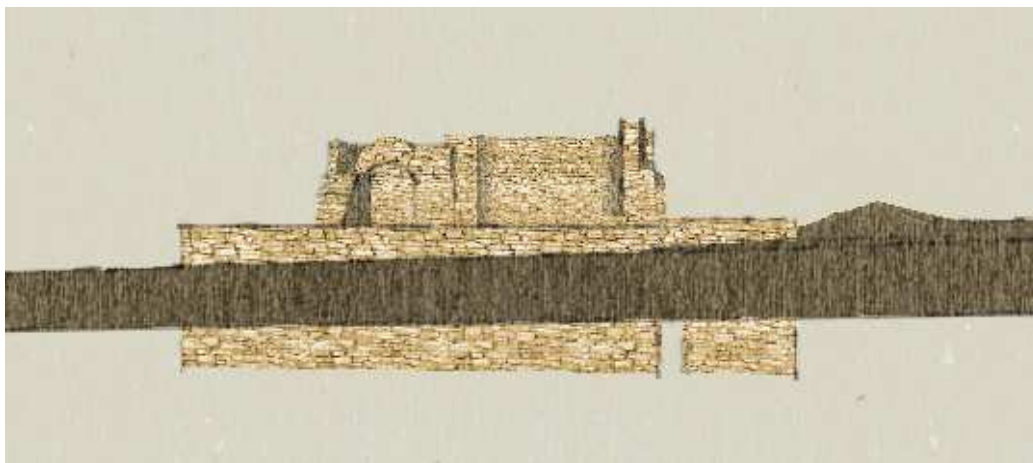
Rys.35 Efekt użycia funkcji 'Drop'

Problem pojawił się jednak w momencie, kiedy do programu została wczytana ostateczna wersja NMT. Zawierała on 319 punktów oraz warstwie co 5cm. Program był w stanie wygenerować ciągłą powierzchnię (rys.36), ale już jej podział na trójkąty był bardzo czasochłonnym procesem (trwał on około 4 godzin i na tak wygenerowanej powierzchni nie dało się sprawnie pracować- każda czynność zajmowała dużo czasu).



Rys.36 Wizualizacja powierzchni terenu

Aby móc kontynuować tworzenie modelu na ostatecznej wersji NMT zostało wprowadzone pewne uproszczenie. Zwektoryzowane fragmenty ruin nie były rzutowane bezpośrednio na powierzchnię terenu, ale na powierzchnię pomocniczą – prostopadłą do osi pionowej Z, umieszczoną pod powierzchnią terenu (rys. 37a, 37b). Umożliwiło to stworzenie pełnego modelu budynku. Dodatkowo został on wzbogacony w tekstury oferowane przez program. Nakładanie tekstur oryginalnych wymagałoby więcej czasu oraz posiadania zdjęć naziemnych w pełni obrazujących bryłę budynku.

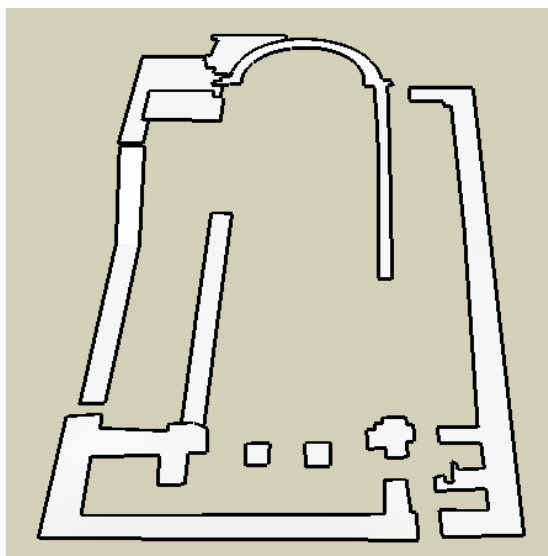


Rys.37a 'Podziemna część budynku'



Rys.37b 'Podziemna część budynku'

Nie wszystkie elementy budynku były dobrze rozpoznawalne na stereogramie. W programie ISDC zostały zwektoryzowane podstawowe linie szkieletowe widocznych części ruin (rys.38)



Fot. MIRON BOGACKI

Rys. 38 Linie szkieletowe zwektoryzowane w programie ISDC

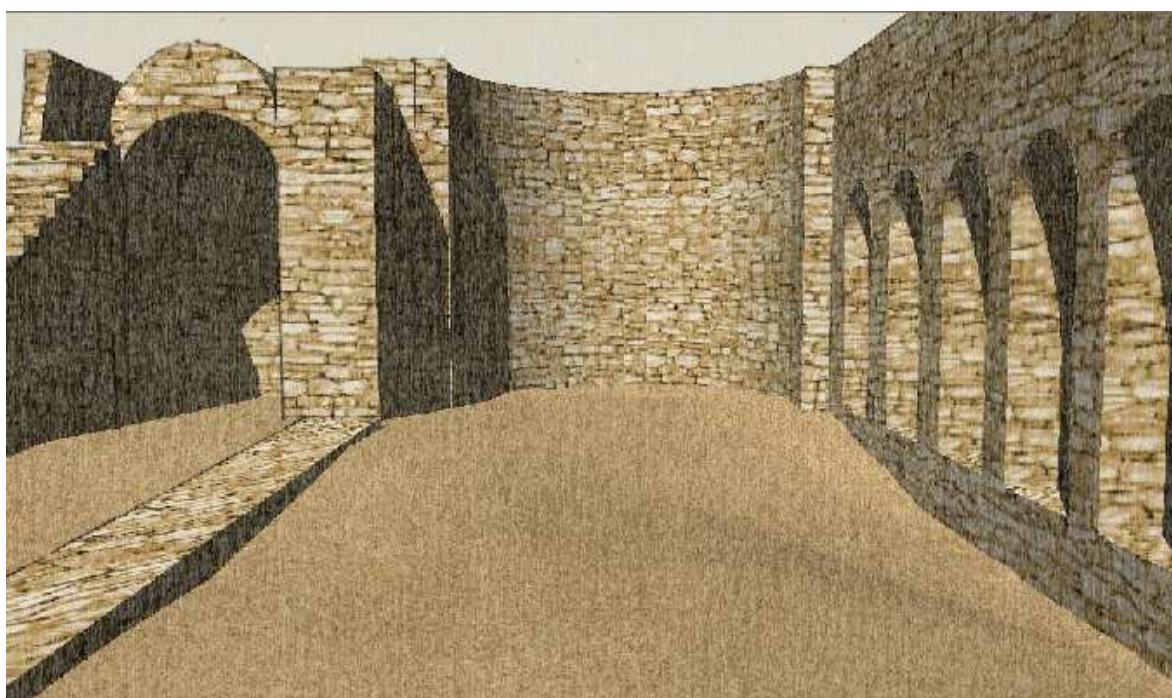
Na podstawie dostępnych zdjęć naziemnych obiektu (rys.39) można było stworzyć dodatkowe elementy bryły budynku.

Fot. MIRON BOGACKI



Rys.39 Zdjęcie naziemne ruin Bazyliki Zachodniej

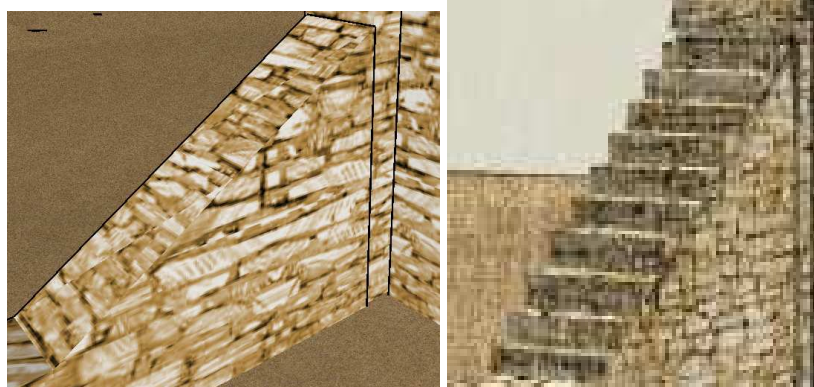
Jednak należy podkreślić, że kartometryczne są jedynie części pochodzące z programu ISDC. Wszystkie pozostałe elementy stanowią jedynie niemetryczną wizualizację (rys. 40).



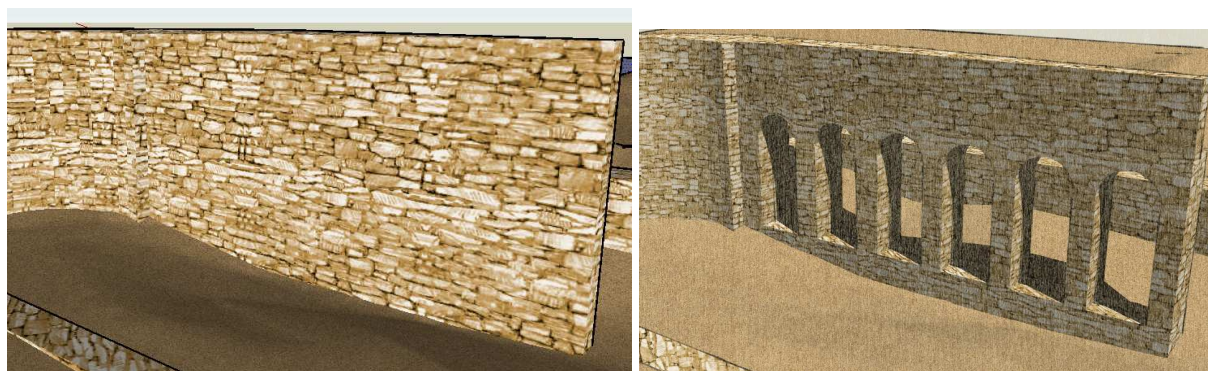
Rys. 40 Wizualizacja ruin Bazyliki Zachodniej

W ramach prac zostały dodane:

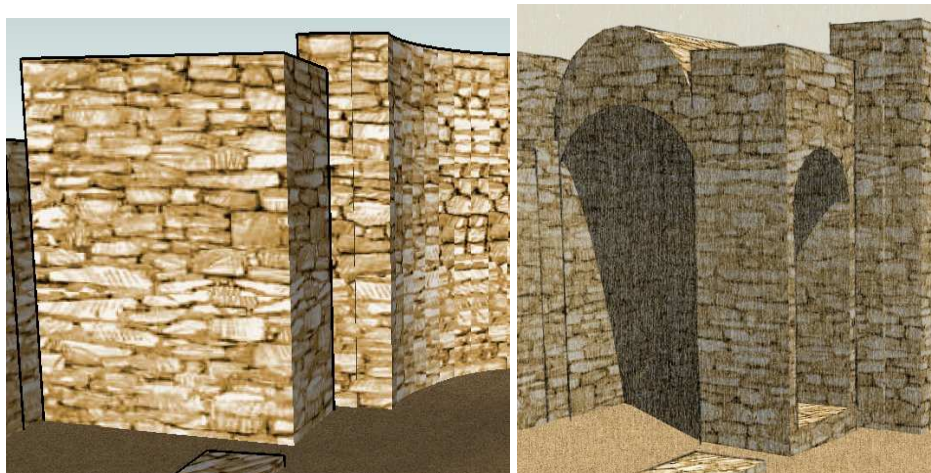
- 'schody' (rys.41),
- wnęki w ścianie (rys.42),
- łuk (rys.43),
- trudna do stereodigitalizacji część we wschodniej część budynku (rys.44).



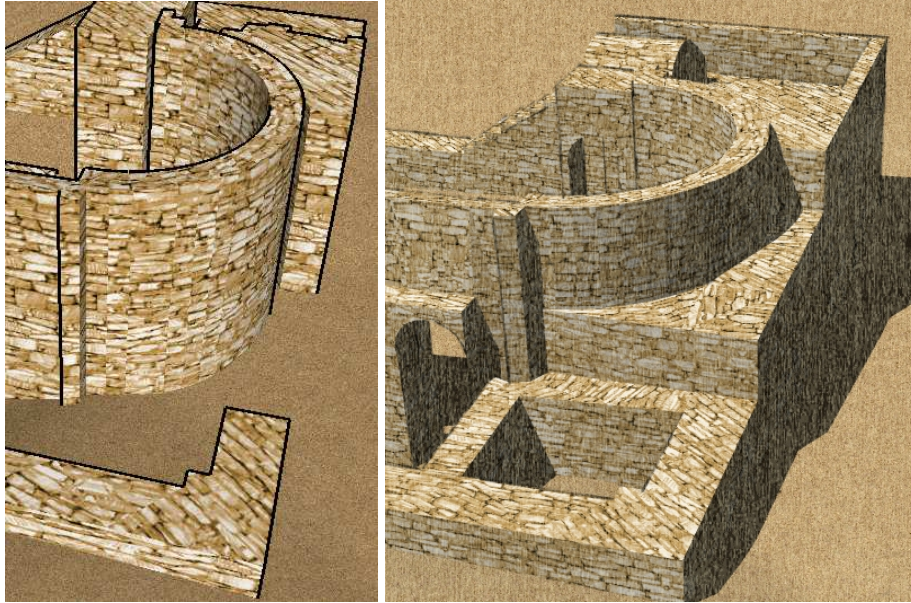
Rys. 41 Przed i po



Rys. 42 Przed i po



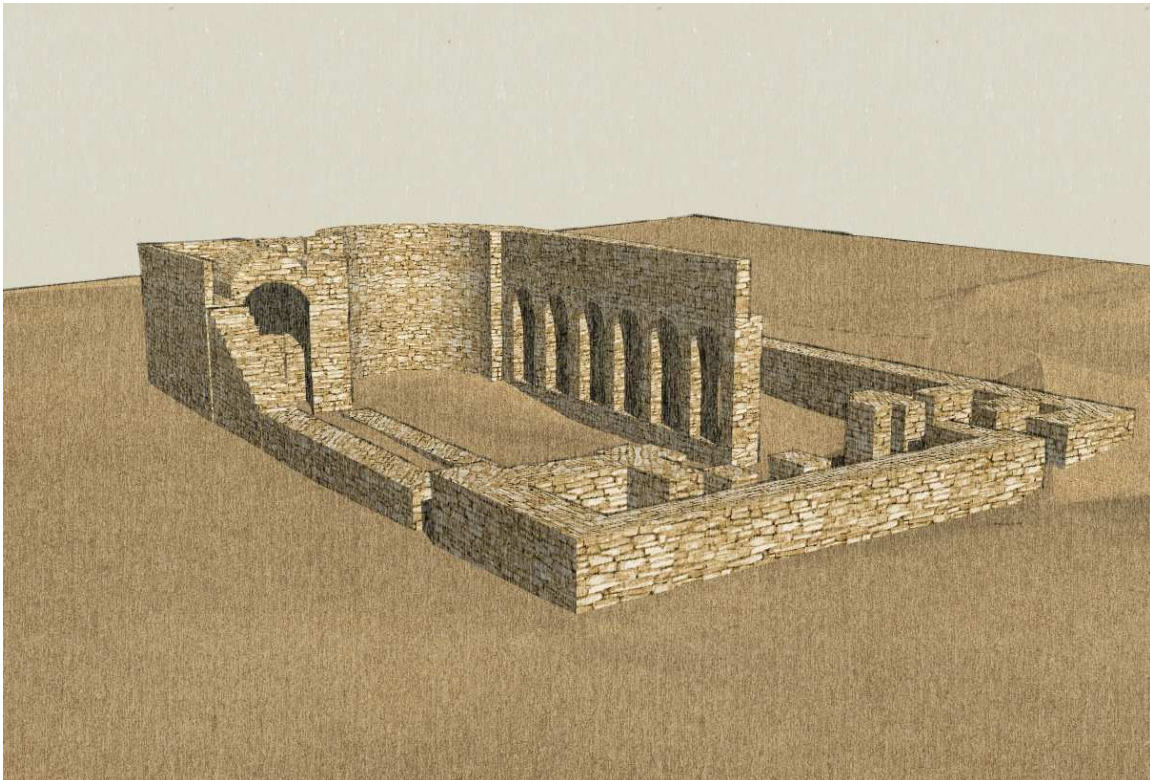
Rys. 43 Przed i po

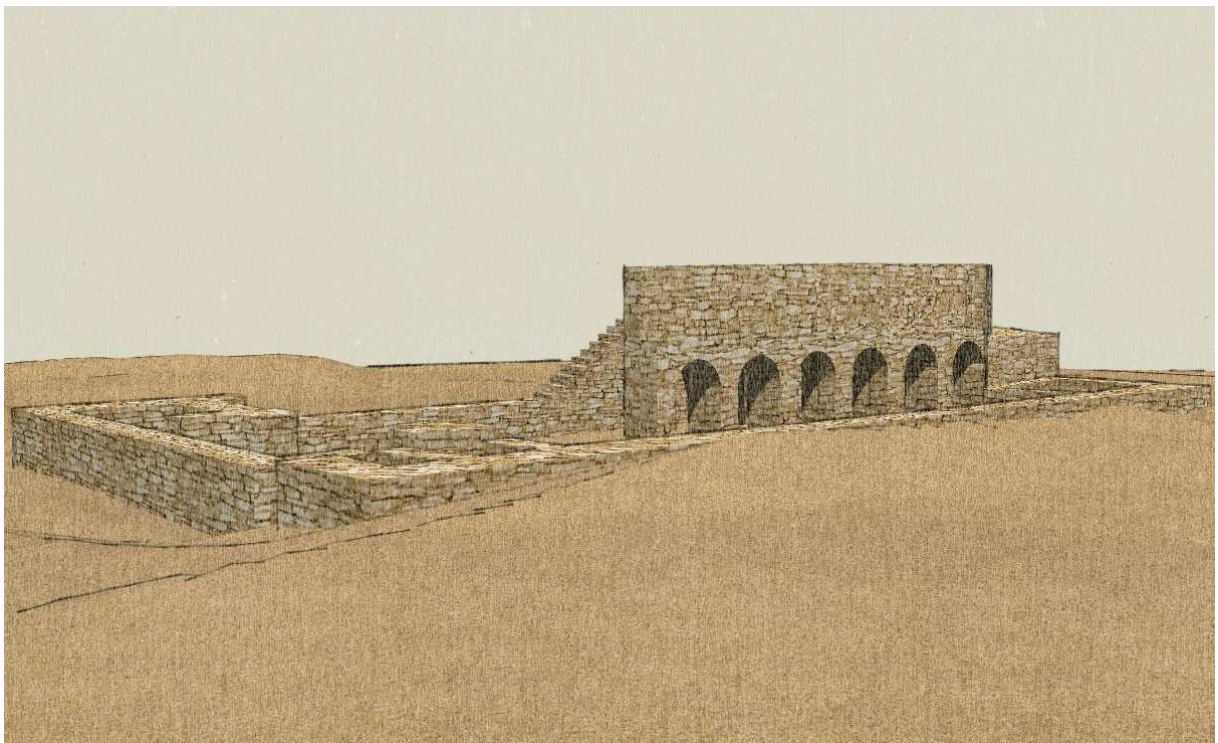
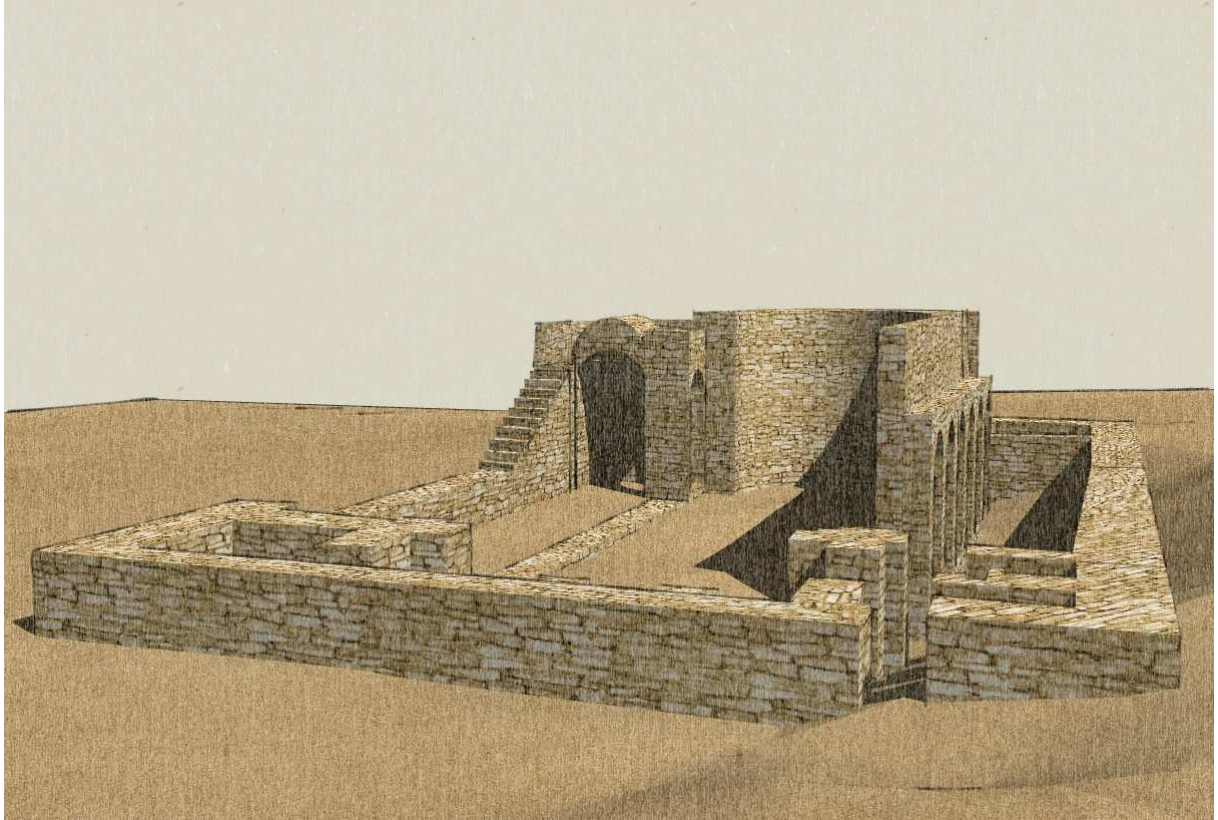


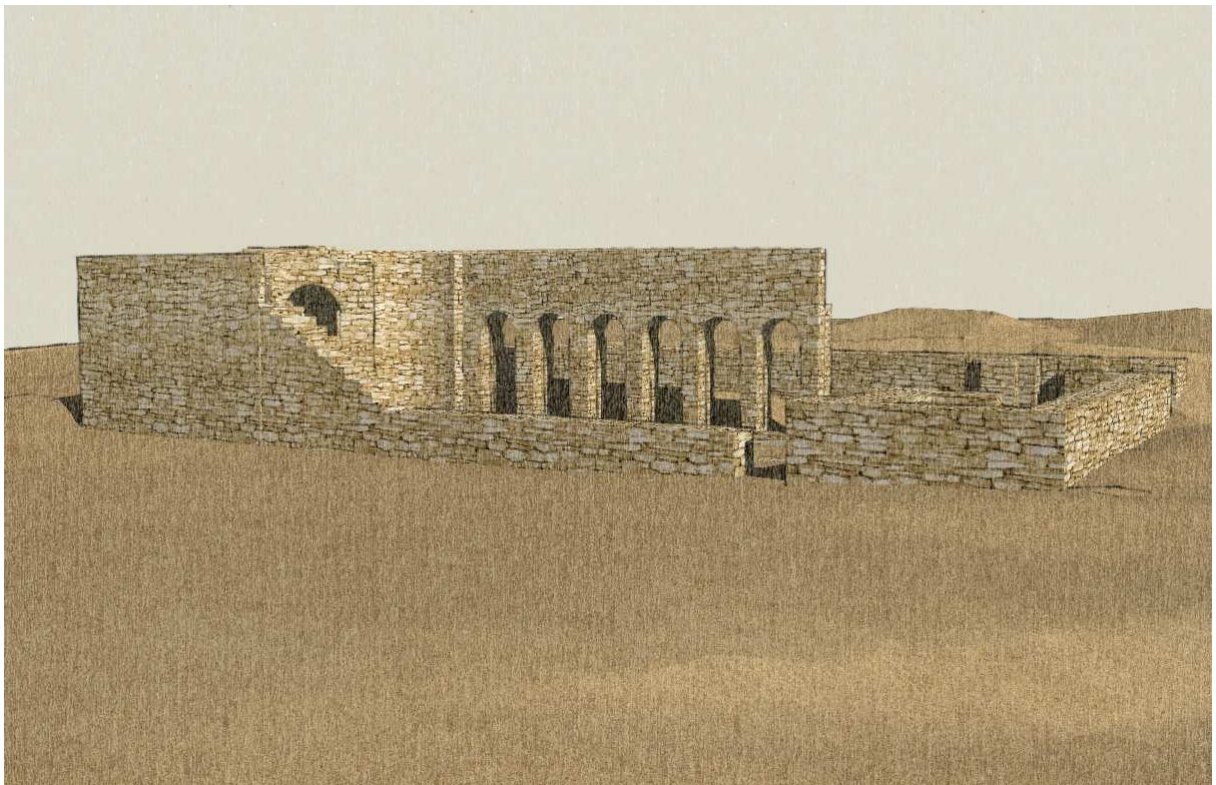
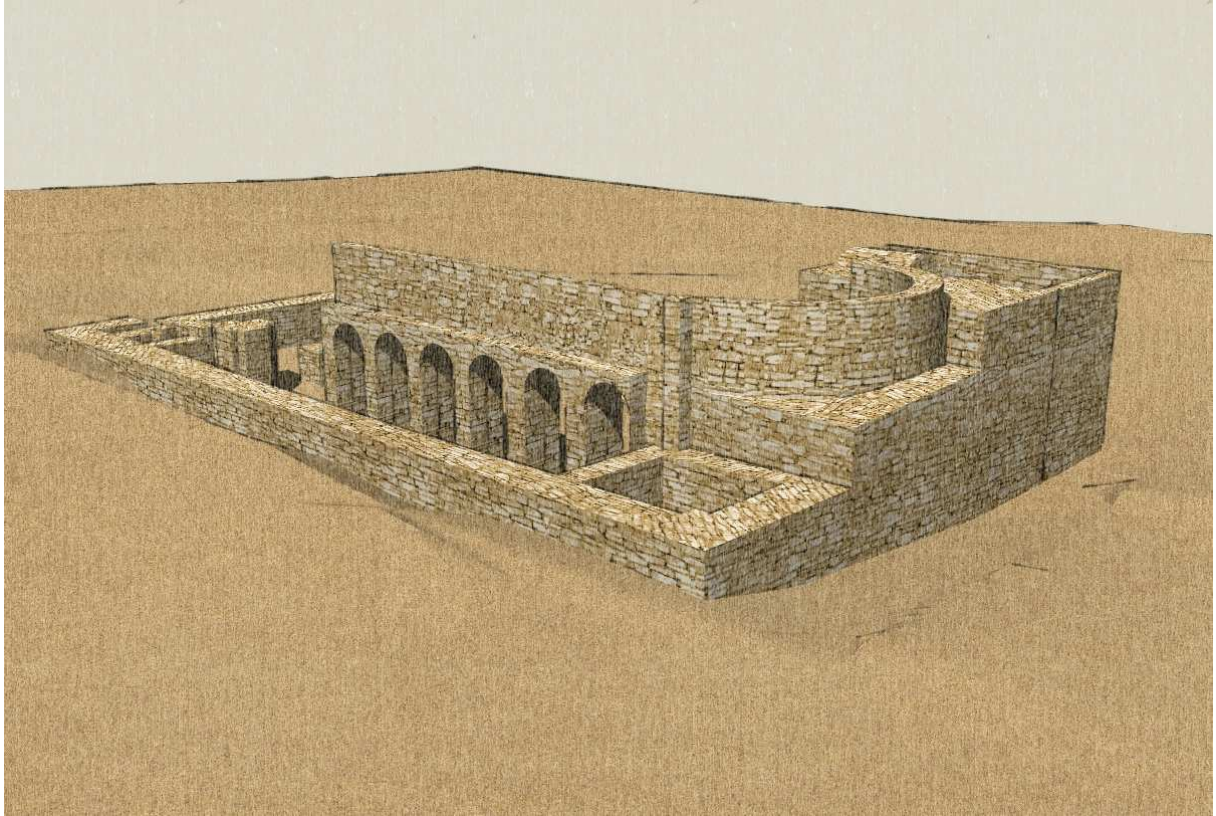
Rys. 44 *Przed i po*

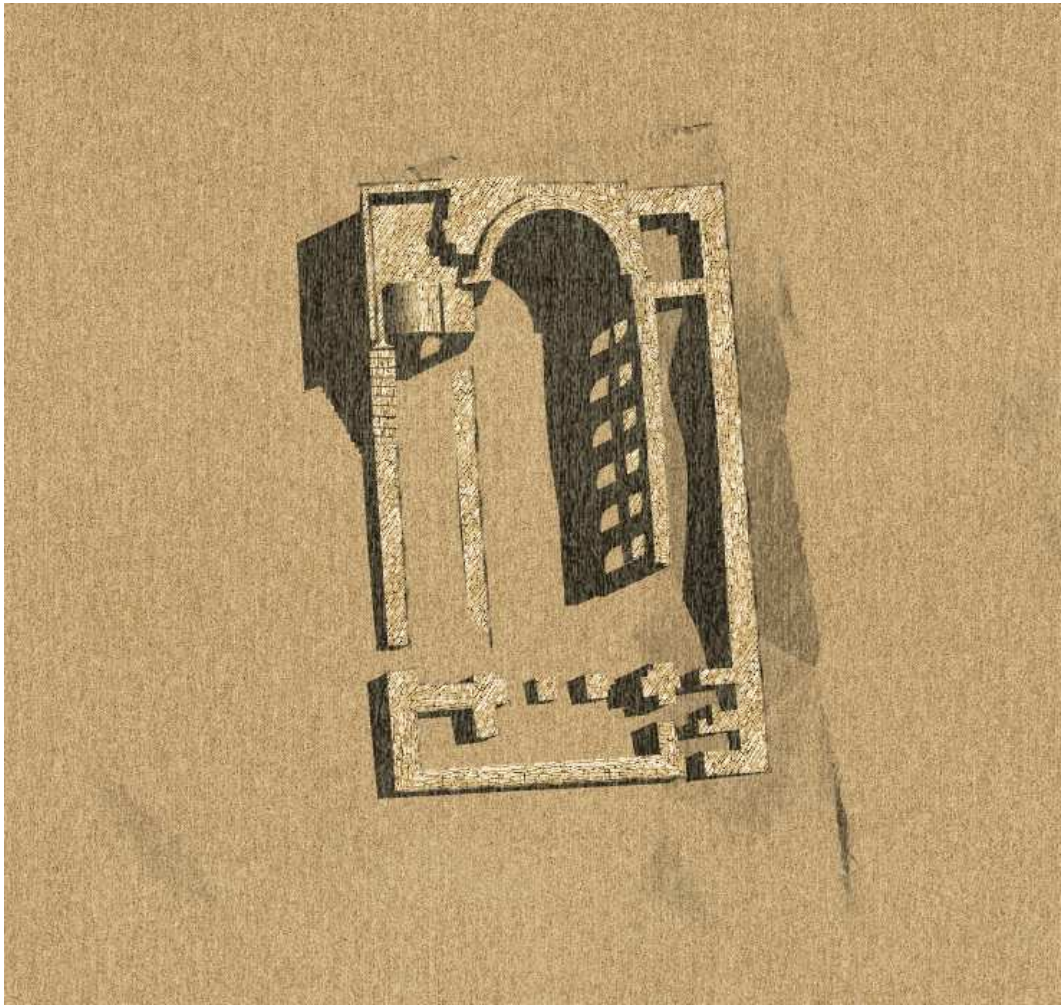
Jako produkt finalny wizualizacji prac został stworzony film – również w programie Google SketchUp, oraz poniższe wizualizacje.

Wszystkie te elementy, łącznie z plikiem ostatecznym programu zostały załączone na płycie (Płyta/Wizualizacje). Dodatkowo załączony został program do odtwarzania filmów, chociaż nie było problemu z jego wywołaniem choćby w aplikacji: Windows Media Player.









PODSUMOWANIE

Pan Rafał Dąbrowski – student naszego wydziału i naszej specjalności sprzed kilku lat, który pod opieką Pana Dr inż. Ryszarda Preussa stworzył pracę magisterską na temat:

„Próba wygenerowania ortofotografii ze zdjęć niemetrycznych wykonanych z latawca”, zakończył ją następującym zdaniem: „mam nadzieję,..., że praca nad podobnym zagadnieniem w przyszłości będzie o wiele bardziej wdzięczna,..., że ‘następnym razem pójdzie, jak z nut’”.

Następny raz- wydaje mi się, że to właśnie ten. A czy poszło jak z nut? Z opisu może się wydawać, że praca nad tym tematem była rzeczą łatwą, lekką i przyjemną. Ogólnie była nią, ale nie ze względu na stopień trudności tematu, lecz z racji tego, że była niesamowicie ciekawa, samodzielna, a przez to i bardzo kształcąca.

Sam temat nie był tak łatwy do realizacji. W trakcie prac pojawiło się kilka problemów:

- wybór odpowiednich zdjęć,
- problem orientacji wzajemnej – rozkład punktów, ilość iteracji, układ kamery cyfrowej,
- problem dokładności punktów osnowy itd.

Ze wszystkimi można było sobie poradzić.

Pracę tą od początku rozpatrywałam bardziej w kategoriach eksperymentu niż projektu, który miał wyjść co do milimetra. Stąd też taka duża tolerancja, jeżeli chodzi o dokładności orientacji. Bardziej zależało mi na przejściu wszystkich etapów do uzyskania efektu końcowego, niż prób ciągłej poprawy dokładności. Dokładności otrzymane (wyznaczenie współrzędnych punktów modelu z około 10cm dokładnością) uważam, że są dobrym wynikiem. Są one wynikiem na pewno wystarczającym do stworzenia wizualizacji zarówno powierzchni terenu, jak i obiektów architektonicznych. Chciałabym podziękować w tym miejscu koledze Arkowi Szadkowskiemu za zapisanie scen filmu (można to zrobić tylko w wersji SketchUp Pro, której ja nie posiadałam).

W trakcie realizacji pracy bardzo pomocnym okazał się fakt, że większość czynności wykonywałam na wcześniej poznanych programach (ISDM, ISDTMCollection, itd.). Poznanie tych, na których nie miała okazji do tej pory pracować nie okazało się problemem.

We wstępie do pracy wspomniałam, że jej celem było również określenie możliwości fotogrametrii we współczesnej archeologii. Mogę się wypowiedzieć tylko w związku z tą pracą i na jej podstawie stwierdzić, że fotogrametria ma do zaoferowania archeologii bardzo dużo i uważam, że z biegiem czasu i rozwojem technologii możliwości te będą coraz większe.

LITERATURA

- praca magisterska - „Próba wygenerowania ortofotografii ze zdjęć niometrycznych wykonanych z latawca” Pana Rafała Dąbrowskiego,
- instrukcje obsługi do wykorzystywanych modułów stacji Image Station,
- <http://ptolemais.pl/index.php/PL/non-destructive-archaeology>
- <http://www.fotopolis.pl/index.php?n=6030&p=0>
- http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~tokarcz/public/Kalibracja_aero.pdf

ZAŁĄCZNIKI

Wszelkie załączniki znajdują się na dołączonej do pracy płycie:

- niniejsze opracowanie w formacie *.pdf,
- plan sytuacyjno-wysokościowy *.dwg,
- folder Zdjęć,
- folder Załączników tekstowych,
- folder Projektów ISDM,
- folder Raportów z programu ISDM,
- folder NMT,
- folder Wizualizacji.