

POMIARY GEODEZYJNE NA SPITSBERGENIE 2005

Kinga Węzka, Zbigniew Malinowski, Marcin Rajner, Artur Adamek
Opiekun naukowy: dr inż. Janusz Walo

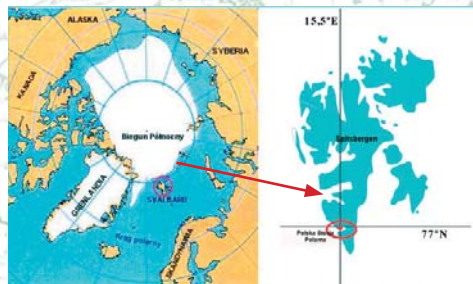
Politechnika Warszawska
 Wydział Geodezji i Kartografii
 Stowarzyszenie Studentów Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej
 „Geoida”
 Plac Politechniki 1, 00-661 Warszawa

STRESZCZENIE

Głównym celem wyprawy naukowo badawczej na Spitsbergen w 2005 roku było badanie powierzchniowego ruchu lodowca Hansa oraz porównanie satelitarnych metod statycznych i kinematycznych w pomiarach na lodowcu. Oprócz podstawowego celu wykonane zostały również inne pomiary geodezyjne będące kontynuacją pomiarów wykonanych w ramach wcześniejszych wypraw. Pomierzono poligon geodynamiczny, założony podczas wyprawy w 1988 roku, którego punkty usytuowane są wokół fiordu Hornsund. Ponadto na potrzeby kontroli bezpieczeństwa okolic stacji w czasie wyprawy wyznaczono przemieszczenia pionowe stóp fundamentowych zbiorników na paliwo na terenie Polskiej Stacji Polarnej PAN w Hornsundzie na Spitsbergenie

1. WPROWADZENIE

Archipelag Spitsbergen jest częścią norweskiej prowincji Svalbard, położonej pomiędzy równoleżnikami $80^{\circ}48'N$ a $76^{\circ}28'N$, oraz pomiędzy południkami $10^{\circ}28'E$ a $28^{\circ}50'E$. Hornsund jest dużym, najdalej na południe położonym fiordem Spitsbergenu, rozdzielającym Sorkapland od Wedel Jarlsberglandu. Na północnym brzegu fiordu nad Zatoką Białego Niedźwiedzia znajduje się Stacja Polarna Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk. Stacja założona została w 1957 roku, a od roku 1978 jest jedynym polskim całorocznym ośrodkiem badawczym położonym na obszarze Arktyki.



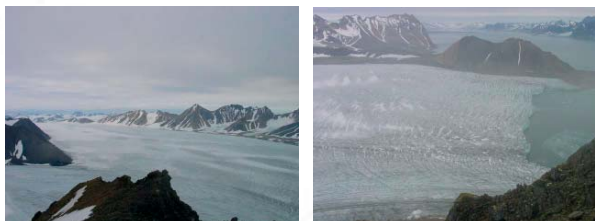
Rysunek 1: Położenie Spitsbergenu

Historia polskich pomiarów geodezyjnych na Spitsbergenie sięga 1932 roku. Kolejne ekspedycje poszerzały nie tylko zakres badań, ale również objęły swoim pomiarem coraz to nowe obszary Spitsbergenu realizując prace w trudnych, arktycznych warunkach. Prowadzone od 1978 roku prace badawcze skupiły się w rejonie fiordu Hornsund w okolicy Polskiej Stacji Polarnej PAN. W roku 1988 odbyła się pierwsza wyprawa Studentów i pracowników Wydziału Geodezji i Kartografii na Spitsbergen. Na kolejną ekspedycję trzeba było czekać aż do roku 2003 kiedy to Studenci z Ogólnopolskiego Klubu Studentów Geodezji postanowili kontynuować zapoczątkowane pomiary. Od tamtego czasu badania prowadzone były regularnie (2004, 2005, w realizacji 2006) przez Studentów Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. W referacie przedstawione zostały wyniki prac wykonanych w sierpniu 2005 roku.

2. BADANIE POWIERZCHNIOWEGO RUCHU LODOWCA HANSA WZDŁUŻ PROFILU PODŁUŻNEGO I POPRZECZNEGO

Określenie powierzchniowej prędkości lodowca to ważna informacja dla badań glaciologicznych. Prędkość ruchu lodu jest różna dla każdego z lodowców. Ruch jest także zróżnicowany w obrębie pojedynczego lodowca i ulega zmianom w czasie (dobowym, sezonowym, wieloletnim). A przestrzenne i czasowe zróżnicowanie prędkości ruchu wynika z różnych czynników. Najważniejsze z nich to: ilość i właściwości lodu (temperatura, obecność płynnej wody), topografia oraz inne cechy podłoża.

Światowa Służba Monitoringu Lodowców (WGMS - World Glacier Monitoring Service) włączyła lodowiec Hansa do bazy danych. Lodowiec ten jest jednym z lepiej zbadanych i monitorowanych lodowców Arktyki.



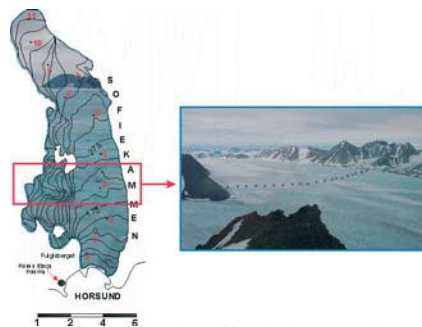
Rysunek 2: Widok na lodowiec Hansa (fot. Z.Malinowski)

Lodowiec Hansa znajduje się w rejonie fiordu Hornsund (Rys. 2) i jest pierwszym lodowcem od strony zachodniej północnego brzegu fiordu. Ma około 16 kilometrów długości i zajmuje powierzchnię 57 km². „Jęzor” lodowca ma 2,5 kilometra szerokości i kończy się cielącym się czołem szerokości półtora kilometra. Boczne partie lodowca oparte są o brzegi doliny, a jego główny nurt spoczywa na dnie fiordu.

Tradycyjną metodą badania ruchu lodowca jest wyznaczanie zmian położenia charakterystycznych punktów lodowca. Na profilu podłużnym są to specjalne tyczki ablacyjne, które rozmieszczone są równomiernie wzdłuż całego lodowca.

10°06'2006"

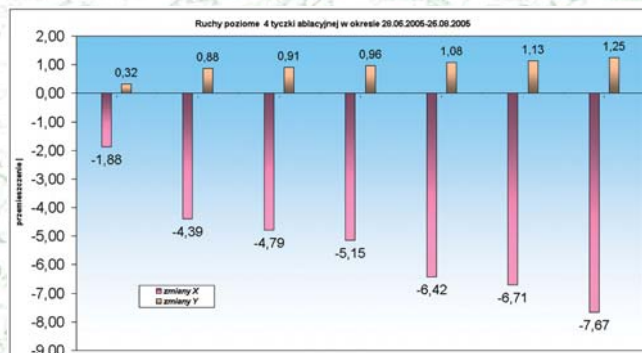
Osadzone są głęboko w lodzie, tak by mogły przetrwać co najmniej kilka sezonów. Punkty profilu poprzecznego zostały zamarkowane za pomocą tyczek z tarczami. Zdecydowano, że profil przebiegać będzie w pobliżu czwartej tyczki ablacyjnej profilu podłużnego (blisko 4 km od czoła lodowca), a znaki zostaną rozmieszczone co około 125 m (rys.3).



Rysunek 3: Rozmieszczenie tyczek ablacyjnych na profilu podłużnym i znaków pomiarowych na profilu poprzecznym

2.1. POMIAR PROFILU PODŁUŻNEGO

Na powierzchni lodowca Hansa usytuowanych jest 11 tyczek (rys. 3). Od 2004 roku do pomiaru wykorzystuje się geodezyjne odbiorniki GPS. W ramach prac wykonanych w 2005 roku zostało w sumie siedem pomiarów w technologii szybkiej statycznej (po około 10 min obserwacji na każdym punkcie). W zależności od warunków atmosferycznych i możliwości technicznych za każdym razem pomierzono różną liczbę tyczek ablacyjnych. We wszystkich epokach udało się zmierzyć jedynie pozycję 4-tej tyczki oddalonej około 4 km od czoła lodowca.

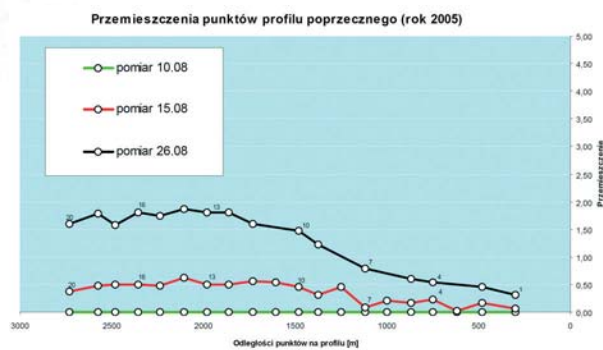


Rysunek 4. Zmiany współrzędnych 4 tyczki ablacyjnej w kolejnych epokach obserwacyjnych

Wyniki z wyznaczeń przemieszczeń zawiera tabela 1. W tabeli w kolejnych kolumnach zapisane są: ablacja wyznaczona z pomiaru bezpośredniego przy tyczce, zmiany współrzędnych x i y oraz zmiany wysokości w kolejnych epokach obserwacyjnych. Na wykresie (rys. 4) przedstawiono graficznie przemieszczenia czwartej tyczki ablacyjnej w okresie od 28 czerwca do 26 sierpnia 2005 roku. Wybrana do prezentacji tyczka nr 4 została usytuowana mniej więcej w środkowej części lodowca w jego profilu podłużnym, czyli w głównym i jednym z najaktywniejszych „nurtów” lodowca Hansa. Pozycja tyczki do zeszłego roku mierzona była tachimetrem elektronicznym, a od tego roku za pomocą GPS. Łatwo zauważyć, że prędkość ruchu lodowca jest związana z porą roku, a jej średnia wartość to około 14 cm na dobę, przy czym w niektórych okresach dochodzi nawet do 30 cm na dobę.

2.2. POMIAR PROFILU POPRZECZNEGO

Profil poprzeczny został pomierzony w trzech epokach obserwacyjnych. Pierwszy pomiar został wykonany 10 sierpnia 2005 bezpośrednio po stabilizacji znaków pomiarowych metodą szybką statyczną. Drugi pomiar wykonano 15 sierpnia przy wykorzystaniu technologii RTK oraz technologii szybkiej statycznej dla wybranych 5 znaków profilu. Zastosowanie dwóch technologii pomiarowych miało na celu porównanie uzyskanych wyników w kontekście dokładności wyznaczenia punktów w pomiarach na lodowcu. Ostatni pomiar wykonany został 26 sierpnia technologią szybką statyczną. W pomiarze tym część znaków pomiarowych została zniszczona (topnienie lodowca i silny wiatr), w związku z tym identyfikacja miejsca stabilizacji w kilku przypadkach była utrudniona lub wręcz niemożliwa. Wyniki przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 5. Wykres przemieszczeń znaków profilu poprzecznego wzdłuż lodowca wyznaczonych w sierpniu 2005

Łatwo zauważyć, że średni dobowy ruch lodowca waha się na profilu poprzecznym od pojedynczych centymetrów na dobę w zachodniej krawędzi lodowca do około 10 cm na dobę w pobliżu wschodniej jego krawędzi. Uzyskane rezultaty zbliżone są do tych jakie uzyskali Dąbrowski i Kurczyński w oparciu

10°06'2006"

o pomiary fotogrametryczne w latach 1987/1988 (Cisak i Dąbrowski, 1990). Należy jednak dodać, że tamte pomiary prowadzone były na profilu bliżej czoła lodowca (około 0.5 km), a zatem nie dokładnie odpowiadają tym z ostatniego roku. Jednak można powiedzieć, że uzyskane wyniki prowadzą do wstępnego wniosku, że średni dobowy ruch lodowca nie zmienił się w ciągu ostatnich 17 lat.

W trakcie pomiarów profilu poprzecznego pięć punktów profilu zostało zmierzonych dwoma technologiami: szybką statyczną i czasu rzeczywistego RTK. Wyniki zestawione w tabeli 2 świadczą o praktycznej równorzędności uzyskanych wyników. Różnice współrzędnych dla obu technologii kształtują się na poziomie pojedynczych centymetrów i tylko w przypadku punktu P06 sięgają decymetra. Z zestawienia wynika, że dla celu śledzenia ruchu lodowca wystarczy stosować technologię czasu rzeczywistego RTK. Daje ona wystarczającą dokładność wyznaczenia pozycji znaków pomiarowych, a wymaga znacznie krótszego czasu obserwacji na punkcie (kilka sekund). W przypadku technologii szybkiej statycznej czas obserwacji nie powinien być krótszy od 10 minut, co dość wyraźnie wydłuża pomiary. Stosowanie technologii czasu rzeczywistego wymaga jednak modyfikacji stacji referencyjnej. Potrzebny jest przekaźnik radiowy, który ustawiony na najbliższym wzniesieniu pozwalałby na dystrybucję poprawki różnicowej na cały obszar lodowca.

Tabela 2: Różnice współrzędnych znaków profilu wyznaczonych technologią szybką statyczną i RTK

| Punkt | dX [mm] | dY [mm] |
|-------|---------|---------|
| P01 | -2,6 | 2,5 |
| P06 | 17,9 | -109,9 |
| P10 | 3,4 | -14 |
| P15 | -5,1 | 16,8 |
| P20 | -23,3 | 8,4 |

3. POMIAR POLIGONU GEODYNAMICZNEGO

Fiord Hornsund kończy się ogromnym lodowcem Horn, który oddziela go od Morza Barentsa (rys. 6). Przyпуска się, że gdyby lodowiec wytopił się - Hornsund okazałby się być cieśniną, a południowa jego część (Sørkapp) - odrębną wyspą. Dodatkowo geolodzy sugerują, iż Sørkapp przemieszcza się ze względu na bliskość uskoku tektonicznego. Przebiega on około 60 km od zachodniego wybrzeża. Potwierdzeniem tych przypuszczeń mogą być pomiary dynamiki struktur geologicznych wokół fiordu. Zaistniała potrzeba założenia poligonu geodynamicznego, którą zrealizowano w 1988 roku podczas Pierwszej Wyprawy Pracowników i Studentów Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Podstawą do założenia poligonu wokół fiordu Hornsund była mapa uskoku tektonicznych z tego obszaru sporządzona przez dr Ryszarda Szczęsnego. Projekt powstał przy współudziale pracowników

Wydziału Geologii Uniwersytetu Warszawskiego (Pachuta, 1989). Poligon składa się z 8 punktów, są to: 1. WILCZEK, 2. BAZA, 3. REVDALEN, 4. FANNYPYNTEN, 5. GNALODEN, 6. TRESKELEN, 7. RASSTUPET i 8. HOFERPYNTEN.



Rysunek 6. Rozmieszczenie punktów poligonu geodynamicznego w fiordzie Hornsund (PACHUTA, 1989).

Do pomiaru wyjściowego sieci geodezyjnej wokół fiordu Hornsund wybrano najlepsze dostępne wówczas w kraju instrumenty geodezyjne oraz zastosowano optymalne metody pomiarów mając na uwadze trudne warunki polarne. Pomiar liniowy w sieci wykonano dalmierzem szwajcarskim Wild Di20, kąty zaś mierzono teodolitem Wild T2. W założonej sieci pomierzono ogółem 20 boków, z czego 12 w kierunku „tam” i „powrót”. Przeciętnie każdy z boków był mierzony w 4 niezależnych seriach, przy czym minimalna liczba serii wyniosła 2, a bok 7-8 pomierzono aż w 9 seriach.

Na możliwość powtórnego wykonania pomiarów geodezyjnych w założonej sieci geodynamicznej wokół fiordu Hornsund przyszło poczekać ponad 15 lat. Pomiar podczas wyprawy w 2003 roku wykonano zestawem sprzętu satelitarne GPS firmy Trimble. Pomiar wykonano metodą statyczną podczas sześciu 48-godzinnych sesji pomiarowych.

W obawie przed wpływem wielodrożności sygnału zdecydowano się ustawić anteny na statywach. Okazało się to niezbyt trafnym pomysłem (wspomina o tym sam autor, por. ADAMEK, 2005). W sieciach geodynamicznych zależy nam na względnych milimetrowych dokładnościach. Rezygnując z wymuszonego centrowania popełnia się dodatkowo błąd, który może osiągnąć nawet $\pm 1-2$ mm. Nie bez znaczenia są także często wiejące silne wiatry w fiordzie, które mogą wpływać na stabilność anteny satelitarnej (pomimo mocowania statywów, zdarza się, że statyw porusza się lub wręcz może się wyrwać).

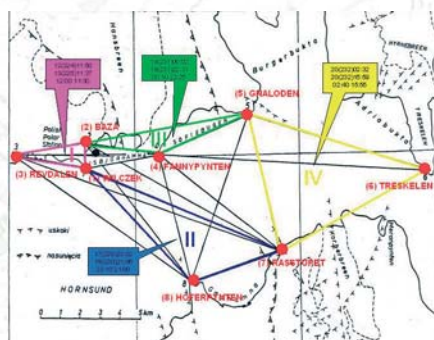
10°06'2006"

3.1. POMIAR W ROKU 2005

W roku 2005 powtórzono pomiary punktów poligonu wykorzystując dwa odbiorniki Leica System 1200 i odbiornik Trimble 4700. Obserwacje wykonano w sesjach dobowych. Wprawdzie okres od poprzedniego pomiaru był stosunkowo krótki (dwa lata), to jednak ze względu na wysoką dokładność względnych pomiarów satelitarnych przeprowadzenie pomiaru jest w pełni uzasadnione. Poza tym dwie epoki pomiarowe wzajemnie „kontrolują się” stanowiąc dobrą bazę wyjściową do przyszłych badań geodynamicznych w tym rejonie.

Pomiar wykonano w 4 sesjach, które zostały opisane poniżej oraz przedstawione na rysunku 7 wraz z datami oraz godzinami wspólnych momentów rejestracji obserwacji satelitarnych.

| Sesja | Punkty obserwowane | Wysokości anten [m ARP] | DOY |
|-------|-------------------------|-------------------------|---------|
| 1 | WILC(1)-BAZA(2)-REVD(3) | (0.000;0.000;0.197) | 224 225 |
| 2 | WILC(1)-RASS(7)-HOFE(8) | (0.000;0.197;0.133) | 229 230 |
| 3 | BAZA(2)-FANN(4)-GNAL(5) | (0.000;0.195;0.135) | 230 231 |
| 4 | GNAL(5)-TRES(6)-RASS(7) | (0.135;0.004;0.197) | 232 |



Rysunek 7. Sesje pomiarowe w roku 2005. W dymkach podano czasy wspólnych obserwacji (kolejny dzień sierpnia, DOY, czas UT). Wykorzystano podkład z publikacji (PACHUTA, 1989) za zgodą autora.

Anteny stawiano bezpośrednio na punkcie lub na spodarce, korzystając z wymuszonego centrowania (rys. 8). Okazało się jednak, że antena na punkcie (7) RASS (pomiar w dniu 229-230) została przewrócona w trakcie pomiaru. Przeprowadzono szereg analiz (w Trimble Total Control, Bernese) starając się określić moment, w którym nastąpiło zdarzenie. Zdecydowano się na skrócenia czasu obserwacji do godziny 8:45. Zdecydowany ruch anteny nastąpił o godzinie 8:55 UT (TTC), jednak skoro antena była niezbyt dobrze ustawiona możliwe jest, że już wcześniej występował niewielki ruch oscylacyjny, na co wskazuje rozwiązanie kinematyczne (Bernese). Stąd też wdarła się niepewność co do stabilności punktu od samego początku pomiaru (nie wykryte w TTC ze

względu na znaczną różnicę wielkości ruchu przed i po 8:55). Dodatkowymi testami było porównanie wyznaczonych długości na podstawie współrzędnych (wyniki w dalszej części) oraz porównanie ich między sobą oraz z wartościami z roku 2005. Sugerowanie się wynikami z poprzedniego roku jest nie do końca uzasadnione (zwłaszcza, że poszukujemy ruchu!), natomiast odrzucenie 9 godzin obserwacji znacznie osłabia konstrukcję geometryczną (zwłaszcza punkt 8). Autorzy zdecydowali się na wersje pomijającą całkowicie obserwacje z feralnego dnia wychodząc z założenia, że nieuprawnione jest korzystanie z obserwacji, co do której nie mamy pewności. Jednak dla formalności, a także dla pełnego obrazu uzyskanych wyników, podane są dwie wersje wyników (oznaczone jako C - całość oraz BR - czyli bez obserwacji na punkcie RASS w dniu 229-230).

W kolejnym etapie opracowania pliki z „surowymi” obserwacjami DAT i EPH (Trimble) oraz MDB (Leica) przekonwertowano na pliki tekstowe w formacie RINEX (ang. Receiver INdependent EXchange). Całość obliczeń wykonano w programie Trimble Geomatics Office.



Rysunek 8. Anteny satelitarne ustawione na punktach sieci geodynamicznej HOFERPYNTEN, RASSTUPET (fot. autorów)

Tabela 5. Wysokości punktów (wg. Pachuta, 1989).

| Nr | Nazwa | Wysokość [m] |
|----|-------------|--------------|
| 1 | Wilczek | 10,0 |
| 2 | Baza | 16,0 |
| 3 | Revdalen | 24,0 |
| 4 | Fannypynten | 25,7 |
| 5 | Gnaloden | 5,0 |
| 6 | Treskelen | 32,8 |
| 7 | Rasstupet | 20,0 |
| 8 | Hoferpynten | 16,5 |

Wyniki porównano do danych z poprzednich pomiarów (ADAMEK, 2005) i zestawiono w tabeli 6. Tabela zwiera odległości zredukowane na poziom morza. Przedstawione zostały tylko „bezpośrednio” pomierzone długości (tzn.

10°06'2006"

pomierzone dalmierzem i obliczone ciężki – trudno mówić o całkowicie bezpośrednich pomiarach). Aby nie obarczać odległości z roku 2005 błędami redukcji do obliczenia odległości na poziomie morza przyjęto „oryginalne” wysokości punktów wyznaczonych metodą niwelacji trygonometrycznej w roku 1988 (tabela 6).

Tabela 6. Uzyskane długości pomiędzy punktami poligonu w poszczególnych latach. Wszystkie wartości podane są w metrach.

| L.P. | Bok | NAZWA | 1988 | 2003 | 2005C | 2005BR | 2003-1988 | 2005BR-1988 | 2005BR-2003 |
|------|-----|-------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|
| 1 | 2-4 | BAFA | 3811,890 | 3811,898 | - | - | 0,0080 | - | - |
| 2 | 2-7 | BARA | 11012,561 | 11012,574 | - | - | 0,0130 | - | - |
| 3 | 4-7 | FARA | 7676,994 | 7676,990 | - | - | -0,0040 | - | - |
| 4 | 4-5 | FAGN | 4907,848 | 4907,854 | 4907,8370 | 4907,8370 | 0,0060 | -0,0110 | -0,0170 |
| 5 | 3-1 | REWI | 3625,533 | 3625,543 | 3625,5281 | 3625,5281 | 0,0100 | -0,0049 | -0,0149 |
| 6 | 2-1 | BAWI | 756,003 | 756,004 | 755,9922 | 755,9922 | 0,0010 | -0,0108 | -0,0118 |
| 7 | 5-7 | GNRA | 6408,213 | 6408,215 | 6408,2091 | 6408,2091 | 0,0020 | -0,0039 | -0,0059 |
| 8 | 3-7 | RERA | 14190,108 | 14190,171 | - | - | 0,0630 | - | - |
| 9 | 1-7 | WIRA | 10604,172 | 10604,177 | 10604,1553 | 10604,1553 | 0,0050 | -0,0167 | -0,0217 |
| 10 | 3-8 | REHO | 10897,073 | 10897,093 | - | - | 0,0200 | - | - |
| 11 | 3-2 | REBA | 3425,714 | 3425,715 | 3425,7117 | 3425,7117 | 0,0010 | -0,0023 | -0,0033 |
| 12 | 4-1 | FAWI | 3746,132 | - | - | - | - | - | - |
| 13 | 3-4 | REFA | 7237,076 | 7237,107 | - | - | 0,0310 | - | - |
| 14 | 6-5 | TRGN | 9418,267 | - | 9418,2614 | 9418,2614 | - | -0,0056 | - |
| 15 | 6-4 | TRFA | 13761,723 | - | - | - | - | - | - |
| 16 | 4-8 | FAHO | 6260,519 | - | - | - | - | - | - |
| 17 | 5-8 | GNHO | 8146,628 | - | - | - | - | - | - |
| 18 | 1-8 | WIHO | 7659,865 | - | 7659,8417 | 7659,8417 | - | -0,0233 | - |
| 19 | 2-8 | BAHO | 8279,928 | - | - | - | - | - | - |
| 20 | 7-8 | RAHO | 4589,116 | - | 4589,1096 | 4589,1096 | - | -0,0064 | - |

Do obliczenia długości zredukowanych skorzystano ze wzoru:

$$S_0 = \left(\sqrt{s^2 - \Delta H^2 \left(1 - \frac{s^2}{4(R+H)^2} \right)} - \Delta H \frac{s}{2(R+H)} \right) \cdot \frac{R}{R+H} \quad (1)$$

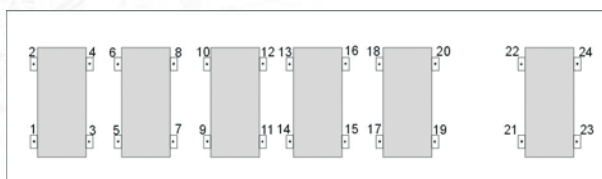
gdzie: S_0 – odległość na poziomie morza, s – odległość skośna pomiędzy centrami punktów, R – średni promień krzywizny (dla Hornsundu przyjęto 6397412 m), ΔH – różnica wysokości (HK-HP), $H = HP$.

Analizując wyniki tabeli 6. widać, że różnice 2003-1988 są znacznie mniejsze od tych dla otrzymanych z ostatniego pomiaru. Jednak, gdy „odskalujemy” wartości odległości z roku 2003 przez opisany w pracy (ADAMEK, 2005) współczynnik skali +2,4 ppm, okazują się one znacznie bliższe naszemu pomiarowi, co potwierdza wcześniejsze domniemania co do różnic pomiędzy rokiem 1988 i pomiarami z lat 2003 i 2005 spowodowanych błędem systematycznym. Potwierdza to także konieczność głębszej analizy przyczyn tych różnic chcąc porównywać wyniki z rokiem 1988 (jest to cenny materiał ze względu na długi okres, jaki upłynął od tamtego pomiaru).

Dla niewielkich sieci geodynamicznych rzędu 15 kilometrów wystarczające jest standardowe opracowanie np. w TGO (pomiar względny na małym obszarze niwelują tutaj wpływ takich efektów jak niedokładności satelitów, wpływ refrakcji troposferycznej, wpływ pływów skorupy Ziemi, efektów obciążeniowych pływów oceanicznych itd.). Natomiast duże odległości do stacji odniesienia (200, 1000, 1800 km) oraz słaba geometria nawiązania zniekształcają wzajemne relacje położenia punktów samego poligonu. Ponadto problematyczne jest uwzględnianie wszystkich efektów w sesjach, które obejmują po kilka godzin dwóch kolejnych dni względu na standardy IGS i jej centrów analiz, które podają dobowe rozwiązania. Takie współrzędne nie mogą służyć do celów geodynamicznych (stąd dla uniknięcia pomyłek ich nie podano).

4. WYZNACZENIE OSIADAŃ ZBIORNIKÓW PALIWOWYCH POLSKIEJ STACJI POLARNEJ

Kolejnym zadaniem realizowanym w czasie wyprawy było wyznaczenie przemieszczeń pionowych stóp fundamentowych zbiorników na paliwo na terenie Polskiej Stacji Polarnej PAN w Hornsundzie na Spitsbergenie. W tym celu wykonano pomiary niwelacyjne reperów kontrolnych od 1 do 24 zastabilizowanych w postaci znaków mosiężnych w 2004 roku podczas wyprawy dra M. Woźniaka oraz A. Adamka. Rozmieszczenie reperów na fundamentach zbiorników pokazane jest na rysunku 10.



Rysunek 10. Rozmieszczenie reperów na stopach fundamentowych zbiorników paliwowych



Rysunek 11. Pomiar wysokości reperów na stopach fundamentowych zbiorników paliwowych (fot. Z. Malinowski)

10°06'2006"

Znaki te zostały założone w celu długookresowego monitorowania stabilności zbiorników paliwowych za pomocą niwelacji precyzyjnej. Wszystkie pomiary zostały nawiązane do reperu Horr o wysokości 8.594 m n.p.m. osadzonego trwale w skale w bliskim sąsiedztwie Stacji Polarnej.

Wszystkie obserwacje zostały wykonane za pomocą niwelatora precyzyjnego Ni004 i kompletu łąt inwarowych (rys. 11). Analiza materiału pomiarowego wskazuje, że uzyskany błąd średni wyznaczenia wysokości reperów nie przekracza $\pm 0.2-0.5$ mm. Na dokładność uzyskanych wyników niekorzystnie wpływa podłoże, którego ledwie wierzchnia część w czasie pomiarów nie była zamrożona. Takie podłoże nie gwarantuje stabilności instrumentu i łąt podczas pomiarów. Uzyskane wysokości z pomiarów z 2005 roku zestawione z wynikami z pomiaru wyjściowego z 2004 roku pozwoliły wyznaczyć różnice wysokości reperów kontrolnych (tabela 7). Różnice te wahają się w granicach od $-2,52$ mm do $-0,43$ mm i wskazują na niewielkie osiadanie zbiorników paliwowych. Wartości przemieszczeń nie są jednak duże, a ponadto wszystkie zbiorniki osiadają dość równomiernie, a co za tym idzie osiadanie nie ma wpływu na bezpieczną eksploatację zbiorników.

Tabela 7. Zmiany wysokości reperów w fundamentach zbiorników paliwowych pomiędzy pomiarami w latach 2004 i 2005.

| | Rp 1 | Rp 2 | Rp 3 | Rp 4 | Rp 5 | Rp 6 | Rp 7 | Rp 8 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| dH [mm] | -1,50 | -2,25 | -1,73 | -2,52 | -2,33 | -1,98 | -1,94 | -1,80 |

| | Rp 9 | Rp 10 | Rp 11 | Rp 12 | Rp 13 | Rp 14 | Rp 15 | Rp 16 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| dH [mm] | -0,88 | -0,96 | -1,17 | -0,97 | -2,52 | -1,34 | -2,22 | -0,98 |

| | Rp 17 | Rp 18 | Rp 19 | Rp 20 | Rp 21 | Rp 22 | Rp 23 | Rp 24 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| dH [mm] | -2,13 | -0,67 | -2,21 | -1,46 | -0,43 | -0,98 | -0,93 | -1,23 |

V5. LITERATURA

- ADAMEK A. (2005), Badanie dynamiki lodowców i struktur geologicznych na Spitsbergenie geodezyjnymi metodami klasycznymi i satelitarnymi. Praca dyplomowa-magisterska, Warszawa, 2005
- CISAK, J., S.DĄBROWSKI, (1990), Polish geodetic and cartographic studies in the Arctic and Antarctic regions, Polish Polar Research, 11, 3-4, 1990;
- JANIA, J. (1997), Glaciologia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997;
- PACHUTA A. (1989), Pierwsza wyprawa Wydziału GiK PW na Spitsbergen, Przegląd Geodezyjny 1989, No 4-5 (18-21), Warszawa 1989;
- PACHUTA, A., K.PACHUTA, A.ADAMEK, J.WALO, M.WOŹNIAK, Z.KURCZYŃSKI, (2005): Zastosowanie metody GPS w badaniach polarnych na Spitsbergenie. Materiały z konferencji „Geodeticke siete a priestorove informacie”, Podbanske, 24-26 października 2005;
- PAŁUBSKIA A. (2003), Wyrównanie i analiza sieci punktów dla otoczenia fiordu Hornsund, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2003;
- WALO, J., A.ADAMEK, A.PACHUTA, K.WĘZKA, Z.MALINOWSKI, M.RAJNER, (2005): Badanie ruchu lodowca Hansa na Spitsbergenie. Materiały z konferencji „Geodeticke siete a priestorove informacie”, Podbanske, 24-26 października 2005;

10°06'2006"

Opracowanie internetowej witryny informacyjnej Czerska

Agnieszka Petlińska

Opiekun pracy: dr inż. Paweł Kowalski

Wydział Geodezji i Karografii
Politechniki Warszawskiej
Specjalność: Kartografia
Rok 2005/2006

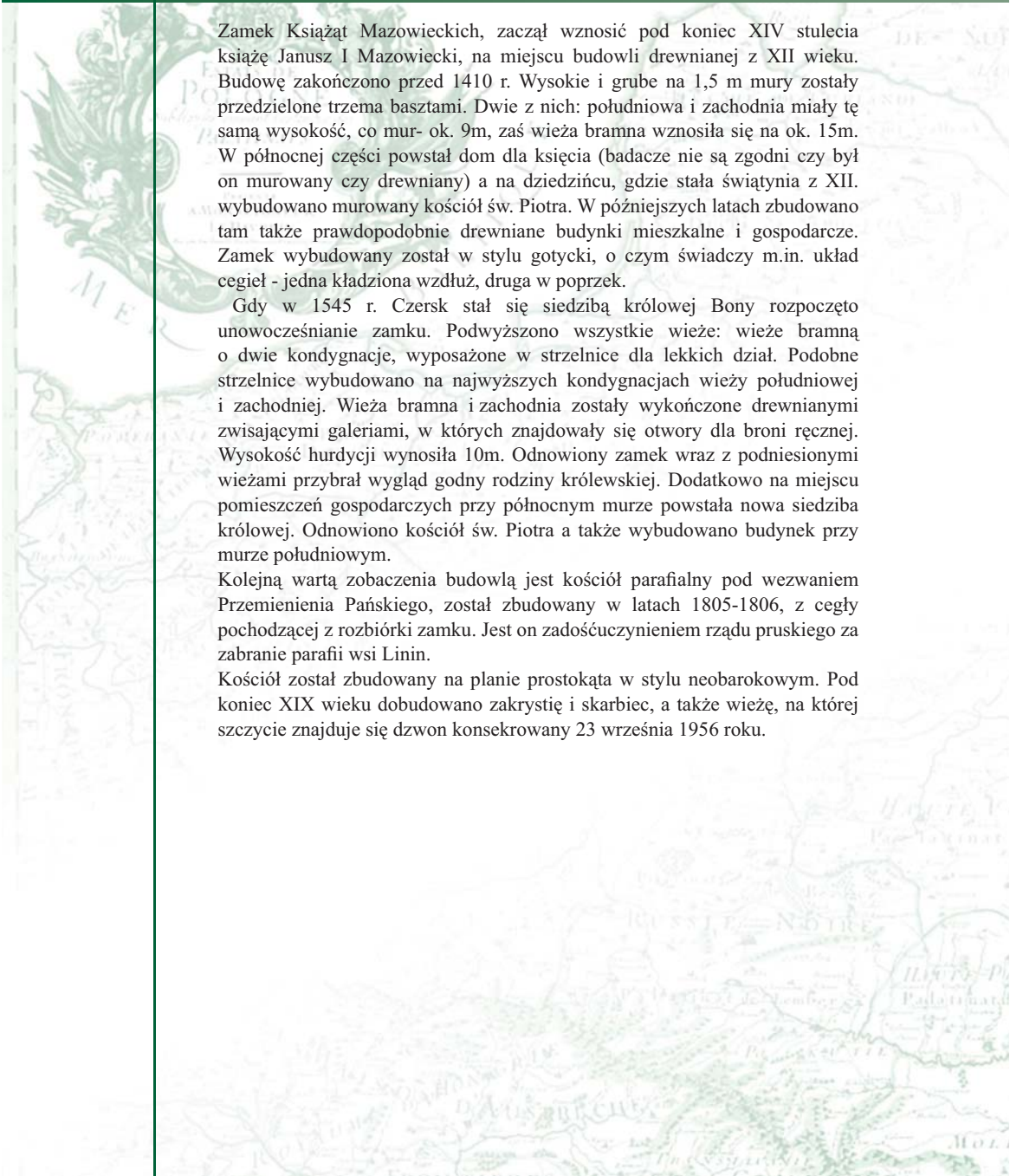
Celem niniejszej pracy dyplomowej jest wykonanie projektu i realizacja witryny internetowej miasta Czerska. Strona ta ma pełnić przede wszystkim funkcję informacyjną i promocyjną, zarówno dla mieszkańców i stałych bywalców tego uroczego zakątka Mazowsza jak również dla osób nie znających Czerska, zachęcając ich do pogłębienia swojej wiedzy i do przyjazdu

Czersk leży w południowej części województwa stołecznego, niedaleko ujścia rzeki Czarnej, trzy kilometry od Góry Kalwarii. Gród, a także towarzyszące mu osady usytuowane zostały na skarpie wiślanej, która kończy się trzema odrębnymi wzgórzami. Góra Zamkowa to wzgórze południowe, które opada stromo w stronę Wisły. W późniejszych latach na jego szczycie wybudowano zamek. Było to idealne miejsce dla tego obiektu. Od strony północnej i wschodniej było otoczone przez jezioro, zaś od południa bagniste brzegi rzeki Czarnej czyniły to miejsce trudno dostępnym. Między wzgórzem południowym a północnym znajduje się wzgórze „środkowe”, na którym obecnie znajduje się kościół parafialny.

Czersk jest jednym z najstarszych miast Mazowsza, które przez długi czas pełniło funkcję stolicy tego regionu. Położony jest w cieniu murów średniowiecznego zamku, z których roztacza się cudowny widok na dolinę Wisły. To właśnie ruiny budowli obronnej są największą atrakcją turystyczną i jednym z najcenniejszych zabytków ziemi mazowieckiej. Zabytkowe miasteczko jest jednym z niewielu w Polsce, gdzie do dziś dzień można obejrzeć prawdziwy turniej rycerski, oraz uczestniczyć w festiwalach bezpośrednio związanych z jego historią.

Wracając pamięcią do czasów królowej Bony, co rocznie, gdy zakwitnie roślinność na zboczach wzgórza zamkowego, niegdyś porośniętego winoroślą, odbywa się impreza „Ogrody Królowej Bony”. Całe przedsięwzięcie gromadzi tłumy odwiedzających. Organizatorzy zawsze dbają o niezliczone atrakcje, zarówno dla turystów jak i mieszkańców miasteczka, dla młodszych i starszych.

Kilka miesięcy później tj. we wrześniu, na dziedzińcu zamku, obchodzone są Europejskie Dni Dziedzictwa. Są one szczególnie ważne, gdyż ich głównym celem jest poszerzenie wiedzy społeczeństwa o dziedzictwie polskim i europejskim, a także zwrócenie uwagi, wszystkim uczestnikom imprezy, na problem ochrony zabytków.



Zamek Książąt Mazowieckich, zaczął wznosić pod koniec XIV stulecia książę Janusz I Mazowiecki, na miejscu budowli drewnianej z XII wieku. Budowę zakończono przed 1410 r. Wysokie i grube na 1,5 m mury zostały przedzielone trzema basztami. Dwie z nich: południowa i zachodnia miały tę samą wysokość, co mur- ok. 9m, zaś wieża bramna wznosiła się na ok. 15m. W północnej części powstał dom dla księcia (badacze nie są zgodni czy był on murowany czy drewniany) a na dziedzińcu, gdzie stała świątynia z XII. wybudowano murowany kościół św. Piotra. W późniejszych latach zbudowano tam także prawdopodobnie drewniane budynki mieszkalne i gospodarcze. Zamek wybudowany został w stylu gotycki, o czym świadczy m.in. układ cegieł - jedna kładziona wzdłuż, druga w poprzek.

Gdy w 1545 r. Czersk stał się siedzibą królowej Bony rozpoczęto unowocześnianie zamku. Podwyższono wszystkie wieże: wieżę bramną o dwie kondygnacje, wyposażone w strzelnice dla lekkich dział. Podobne strzelnice wybudowano na najwyższych kondygnacjach wieży południowej i zachodniej. Wieża bramna i zachodnia zostały wykończone drewnianymi zwisającymi galeriami, w których znajdowały się otwory dla broni ręcznej. Wysokość hurdycji wynosiła 10m. Odnowiony zamek wraz z podniesionymi wieżami przybrał wygląd godny rodziny królewskiej. Dodatkowo na miejscu pomieszczeń gospodarczych przy północnym murze powstała nowa siedziba królowej. Odnowiono kościół św. Piotra a także wybudowano budynek przy murze południowym.

Kolejną wartą zobaczenia budowlą jest kościół parafialny pod wezwaniem Przemienienia Pańskiego, został zbudowany w latach 1805-1806, z cegły pochodzącej z rozbiórki zamku. Jest on zadośćuczynieniem rządu pruskiego za zabranie parafii wsi Linin.

Kościół został zbudowany na planie prostokąta w stylu neobarokowym. Pod koniec XIX wieku dobudowano zakrystię i skarbiec, a także wieżę, na której szczycie znajduje się dzwon konsekrowany 23 września 1956 roku.

10°06'2006"

