



You have downloaded a document from  
**RE-BUS**  
repository of the University of Silesia in Katowice

**Title:** Stulecie pomiarów zmian położenia klifu Lodowca Hansa (S-Spitsbergen)

**Author:** Leszek Kolondra

**Citation style:** Kolondra Leszek. (2007). Stulecie pomiarów zmian położenia klifu Lodowca Hansa (S-Spitsbergen). W: Z. Kurczyński (red. nacz.) "Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji. Vol. 17a" (S. 375-384). Kraków : Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji



Uznanie autorstwa - Na tych samych warunkach - Licencja ta pozwala na kopiowanie, zmienianie, rozprowadzanie, przedstawianie i wykonywanie utworu tak długo, jak tylko na utwory zależne będzie udzielana taka sama licencja.



UNIwersYTET ŚLĄSKI  
W KATOWICACH



Biblioteka  
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

**STULECIE POMIARÓW ZMIAN POŁOŻENIA KLIFU LODOWCA HANSA  
(S-SPITSBERGEN)**

**THE CENTENARY OF HANS GLACIER FRONT POSITION CHANGE  
MEASUREMENTS (S-SPITSBERGEN)**

**Leszek Kolondra**

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geomorfologii,  
Zakład Teledetekcji Środowiska

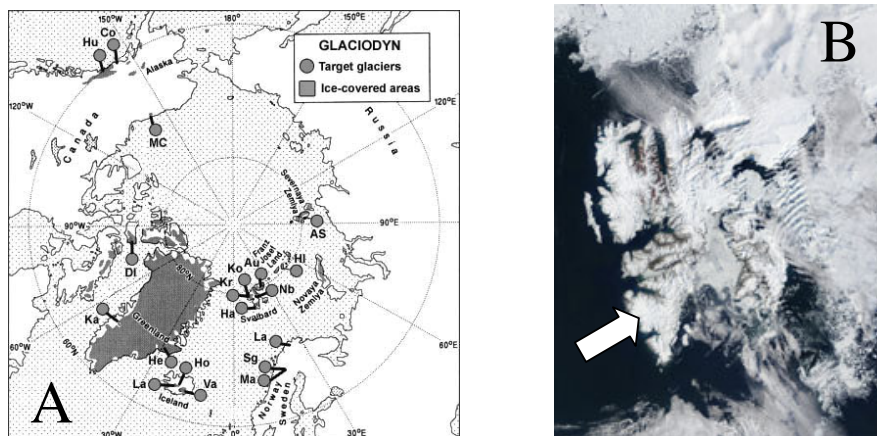
**SŁOWA KLUCZOWE:** Spitsbergen, Hansbreen, fotogrametria, glaciologia, terrofotogrametryczny stereo-monitoring.

**STRESZCZENIE:** W pracy przedstawiono rys historyczny pomiarów rejestrujących zmiany położenia klifu Lodowca Hansa od początku XX wieku, (tj. od lat, kiedy jak powszechnie się uważa, sporządzano dla tych obszarów już kartometryczne mapy) do roku 2007 włącznie. Przedstawiono stosowane na przestrzeni tego okresu metody pozyskiwania danych (mapy morskie, fotogrametria lotnicza i naziemna, teledetekcja), stosowane metody ich opracowania (analogowe i analityczne, punktowe i ciągłe) oraz wyniki ilustrujące zmiany geometrii klifu lodowca (graficzne i analityczne). Przedstawione w różnej postaci wyniki wskazują bezsprzecznie na niemal stałą, na przestrzeni XX wieku, regresję klifu. W okresie ostatniego stulecia (do 2007 roku) jej wielkość jest rzędu 2 600 m, co daje średni roczny regres rzędu 24 m. Jak wskazują niektóre obserwacje coroczne, w pewnych okresach czasu miały miejsce krótkotrwałe transgresje (np. w roku 1973 oraz w 1993). Znaczną uwagę poświęcono pracom wykonanym latem 2007 roku opisujących zastosowanie automatycznego monitoringu strefy czołowej badanego lodowca. Zebrany w okresie dwóch miesięcy polarnego lata materiał dostarczył ponad tysiąc stereogramów dokumentujących zjawiska zachodzące w strefie marginalnej lodowca (cielenie, wypływy wód subglacjalnych oraz dynamikę szczelin). Podsumowanie zawiera kilka wniosków dotyczących aspektu dokładnościowego, logistycznego i ekonomicznego. Rozpoczęte przed ćwierćwieczem przez wyprawy glaciologiczne Uniwersytetu Śląskiego regularne rejestracje terrofotogrametryczne, przyczyniły się znacznie do tego, że Lodowiec Hansa został wytypowany w planach badawczych IV Międzynarodowego Roku Polarnego jako lodowiec wzorcowy.

## **1. WPROWADZENIE**

Dnia 1 marca 2007 roku rozpoczął się IV Międzynarodowy Rok Polarny. Ogólnym celem programu jest opracowanie dokładniejszych prognoz zmian zlodowacenia Arktyki oraz wzrostu poziomu oceanu światowego w najbliższych dekadach w efekcie ocieplania klimatu. Dla osiągnięcia tego proponowany jest międzynarodowo skoordynowany wysiłek w zakresie studiów nad dynamiką lodowców Arktyki i rozwój nowych technik oraz narzędzi dla zbadania dynamicznej odpowiedzi mas lodowych na ocieplenie klimatu.

Została wybrana grupa lodowców wzorcowych dla prowadzenia intensywnych systematycznych obserwacji (terenowych i teledetekcyjnych) w okresie 2007-2009. Jednym z nich jest leżący w pobliżu Polskiej Stacji Polarnej Lodowiec Hans (*Hansbreen*), na którym prowadzone były i są nadal, badania od poprzedniego Międzynarodowego Roku Polarnego (1957-59) – Rys. 1. W części programu *GLACIODYN* przyjętej do realizacji przez zespół polski zaplanowano kontynuację obserwacji zmian lodowców Svalbardu, prowadzenie badań procesów glacialnych i czynników je determinujących nowatorskimi metodami terenowymi i teledetekcyjnymi, oraz opracowanie ilościowych modeli fizycznych analizowanych procesów, a także modeli numerycznych reakcji lodowców na ocieplenie klimatu (Jania, 2006).



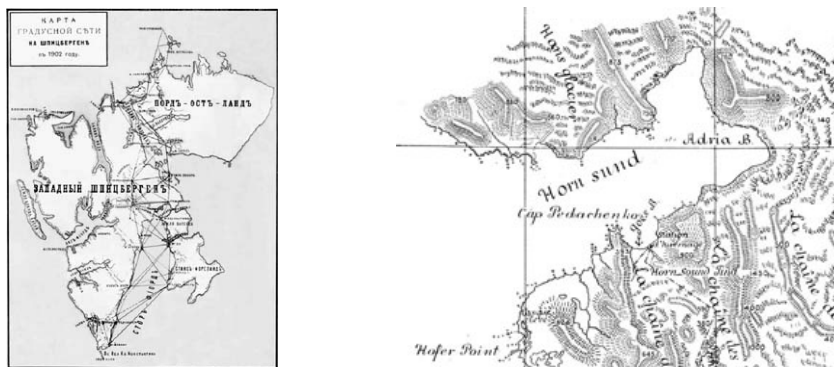
Rys 1. A - Obszar Arktyki z zaznaczonymi obszarami zlodowaconymi oraz lodowcami wzorcowymi projektu IPY *GLACIODYN* (*target glaciers*). Oznaczenie „Ha” – Lodowiec Hansa, B – Usytuowanie Lodowca Hansa na podkładzie sceny satelitarnej (sensor MODIS A2002163\_1805\_250m pozyskanej 12 czerwca 2002 r.

## 2. POZYSKIWANIE DANYCH GLACJOLOGICZNYCH - RYS HISTORYCZNY

Metody pozyskiwania danych w zakresie dokumentowania zmian położenia klifów lodowców zmieniły się w czasie i były głównie uzależnione od istniejących wówczas możliwości technologicznych. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na wybór metody pomiaru w warunkach polarnych jest aspekt logistyczny i ekonomiczny. Aktualne położenie klifu badanego lodowca wyznaczane było, wymieniając chronologicznie, niżej wymienionymi metodami:

- mapy morskie i historyczne;
- fotogrametria lotnicza;
- fotogrametria naziemna;
- teledetekcja z pułapu lotniczego i satelitarnego, oraz
- automatyczny monitoring fotogrametryczny.

Na dawnych, historycznych mapach archipelagu, uwzględniających w pierwszym rzędzie linie brzegową widnieją także klify licznych lodowców. Wartość kartometryczna tych map jest jednak zbyt mała by uwzględniać zawarte tam dane i porównywać z wynikami uzyskanymi później bardziej wiarygodnymi metodami. Pierwsze kartometryczne mapy rejonu fiordu Hornsund powstały dopiero na początku XX wieku po pomiarzeniu osnowy triangulacyjnej zakładanej przy okazji pomiaru długości łuku południka wzdłuż wschodniego wybrzeża archipelagu przez ekspedycję szwedzko-rosyjską w latach 1899-1902. Mapy sporządzano wówczas w tzw. niebieskim układzie odniesień (szerokość i długość geograficzna). Na mapach w skalach 1:200 000 dwóch autorów (de Geer oraz A.S. Wasiliew) sporządzonych na początku poprzedniego wieku widnieje linia brzegowa północnej części fiordu wraz z klifem lodowca Hansa. Zaznaczona na obu mapach i przebiegająca w pobliżu klifu linia oznaczająca 77 ° szerokości geograficznej północnej wraz z innymi fragmentami stałej linii brzegowej ułatwiła "wpasowanie" analizowanego detalu w mapy sporządzone później, dając także informacje o dokładności ówczesnych pomiarów. Pierwsze dane dotyczące klifu Lodowca Hansa zaczerpnięte z tych map, mimo tego, że były oparte na osnowie triangulacyjnej, należy traktować jako orientacyjne – Rys. 2.



Rys 2. Szkic sieci triangulacyjnej dla wyznaczenia długości łuku południka wzdłuż wschodniego wybrzeża archipelagu pomierzonej w latach 1899 – 1902 przez ekspedycję szwedzko-rosyjską oraz fragment mapy 1:200 000 z klifem Lodowca Hansa sporządzonej przez A. S. Wasiliewa.

Pierwszy profesjonalny pomiar tego rejonu został wykonany w 1936 roku. Wykonano wówczas nalot fotogrametryczny: zdjęcia pochylone ( $\omega = -30^{\circ}$ ) z wysokości ok. 2 700 m nad terenem wykonano kamerą Zeissa, o stałej  $c_k = 210$  mm i formacie zdjęć 18 x 18 cm. (Luncke, 1936). Skala takich zdjęć jest bardzo zmienna: od 1: 20 000 na przednim horyzoncie, poprzez 1 : 50 000 na horyzoncie głównym, aż do 1 : 133 000 na horyzoncie tylnym, jeszcze interpretowalnym fotogrametrycznie modelu. Mapa w skali 1: 100 000 opracowana na podstawie tych zdjęć ukazała się dopiero w 1954 roku. Podkład roboczy tej mapy w skali 1:50 000 zawiera siatkę kilometrową w układzie Gaussa - Krügera oraz siatkę współrzędnych układu geograficznego (*datum: ED - 50*).

Pierwsze zdjęcia terrofotogrametryczne klifu lodowca wykonał W. Pillewizer w roku 1938 w ramach prac ekspedycji niemieckiej pracującej wówczas głównie w południowej części fiordu w rejonie lodowca Gås. Zdjęcia fototeodolitowe, zwrócone w prawo, wykonane zostały z grzbietu pasma Čebysevfjellet z odległości ok. 8 km (Pillewizer, 1939). Metoda fotogrametrii naziemnej była najczęściej stosowaną w latach późniejszych i współczesnych. Kolejne serie pomiarowe rozpoczęli polscy geodeci w 1958 roku w ramach prac wynikających z programu III Międzynarodowego Roku Geofizycznego (Lipert, 1982a, 1982b). Bliskie usytuowanie Lodowca Hansa tuż przy powstałej Polskiej Stacji Polarnej sprzyjało wykonywaniu kolejnych cykli (w 1959 i 1960 roku) zdjęć rejestrujących zmiany położenia jego klifu. Do czasu reaktywowania prac w Polskiej Stacji Polarnej w 1978 roku wykonany był tylko jeden pomiar przez uczestników wyprawy Uniwersytetu Wrocławskiego w 1973 roku (Żyszkowski, 1982), (Dąbrowski, Lipert, 1984). Cykl ten jest o tyle ciekawy, że wykazuje znaczny awans lodowca w odniesieniu do poprzednich pomiarów terrofotogrametrycznych oraz danych opracowanych z czarno-białych zdjęć lotniczych (pionowych) wykonanych przez NPI w 1960 oraz 1961 roku w skali 1:50000. Czynione z mej strony zabiegi by zweryfikować te wyniki poprzez kontrolne opracowanie oryginalnych materiałów jak dotąd nie powiodły się.

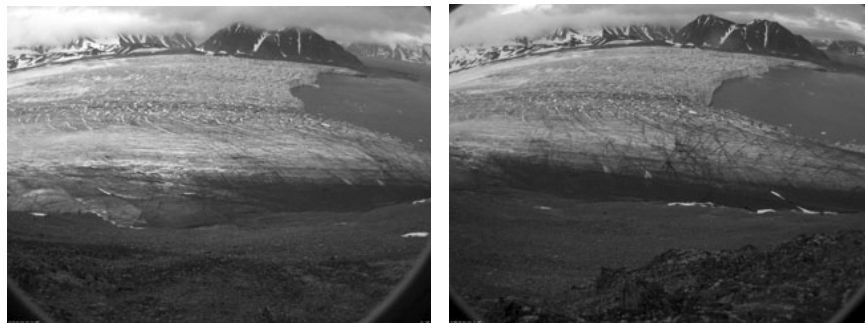
Kolejny, jak dotąd ostatni, nalot fotogrametryczny tej części Spitsbergenu był wykonany latem 1990 roku (NPI, 1990). Zdjęcia wykonano na barwnym materiale pozytywowym firmy Kodak Aerochrome IR Film 2443 kamerą RC-10 ze stożkiem o stałej kamery 152 mm. Zdjęcia te posłużyły wielokrotnie do różnych opracowań analogowych i numerycznych, w tym także Lodowca Hansa (U. Śl., 1994, Kolondra 2002, 2003).

W roku 1982 uczestnicy wypraw Uniwersytetu Śląskiego zainicjowali długoletni cykl obserwacji lodowca Hansa obejmujący także poza monitoringiem czoła także obserwacje ruchu powierzchniowego strefy marginalnej. Na wschodnim stoku Fugleberget wybrano dwa stałe stanowiska fotogrametryczne (106 i 107) i zastabilizowano je nierdzewnymi płytami autocentrującymi. Stanowiska wytrzymały próbę czasu w trudnych warunkach klimatycznych i służą nadal, aczkolwiek ich rola się zmieniła: mogą być wykorzystywane obecnie do pomiaru zmian położenia .... klifu. Podobnej ewolucji ulegały inne stanowiska fotogrametryczne założone wcześniej na półwyspach Baranowskiego (601-602) i Wilczka (baza 44-8). Na skutek znacznej recesji klifu lodowca bazy te straciły na znaczeniu. Obecnie mogą być wykorzystane dwie bazy fotogrametryczne: 201-202 (Oseanograftangen) oraz 2001-2002 na świeżo odsłoniętym przez lodowiec terenie, na północnym fragmencie Baranowskiodden – Rys. 6. Ilość cykli pomiarowych obejmujących lata 1982-2007 przekracza 60 – (na jeden cykl składa się przeważnie 4 - 6 stereogramów). W ostatnim ćwierćwieczu były wykonywane pomiary klifu Hansa także przez naukowców Instytutu Geodezji i Kartografii, Zarządu Topograficznego W.P. oraz Politechniki Warszawskiej, w tym także uczestników studenckich wypraw naukowych (informacja ustna Z. Kurczyński).

W ostatnim dziesięcioleciu do badań glaciologicznych coraz częściej wykorzystywane są zobrazenia satelitarne pozyskiwane sensorami zarówno pasywnymi jak i aktywnymi. Sceny pozyskane przy udziale sensorów pracujących nie tylko w paśmie widzialnym widma elektromagnetycznego ale także w bliskim i średnim zakresie podczerwieni dają dużo większe możliwości interpretacyjne obiektów typu śnieg i lód. Najprostszym przykładem wykorzystania zobrażeń satelitarnych w badaniach glaciologicznych jest właśnie monitorowanie zmian położenia klifów i czoł lodowców. W autorskich pracach

wykorzystywane były do tego sceny pozyskane sensorem ASTER (kanały 1, 2 i 3 z pikselem 15 m). Mniejsze znaczenie w detekcji zmian położenia klifów lodowców mają sporadycznie wykonywane pomiary wzdłuż linii centralnej lodowca metodą altimetrii laserowej (ALA – *Airborne Laser Altimetry*). Dane pozyskane tą metodą w 2002 roku, dają informacje o profilu podłużnym lodowca w pasie o szerokości 300 m, ale także stwarzają możliwość monitoringu klifu lodowca wzdłuż osi nalotu (Kolondra 2002).

Latem 2007 roku, dla badań Lodowca Hansa zastosowano automatyczny monitoring fotogrametryczny. Dwie kamery cyfrowe (*laps camera*) IQeye 705 firmy IQinvision z matrycą CCD o rozmiarach 2560 x 1920 pikseli zainstalowano na istniejącej konstrukcji stanowisk fotogrametrycznych 106 i 107 na stoku Fugleberget. Obie kamery wykonywały zsynchronizowane w czasie zdjęcia strefy czołowej lodowca co 1 godzinę od 12 lipca do 25 września 2007 roku. Pozyskano ponad tysiąc stereogramów dokumentujących zjawiska zachodzące w tej części lodowca (cienienie lodowca, dynamika szczelin strefy marginalnej oraz okresowo pojawiające się wypływy wód subglacjalnych przed czołem lodowca !) – Rys. 3.

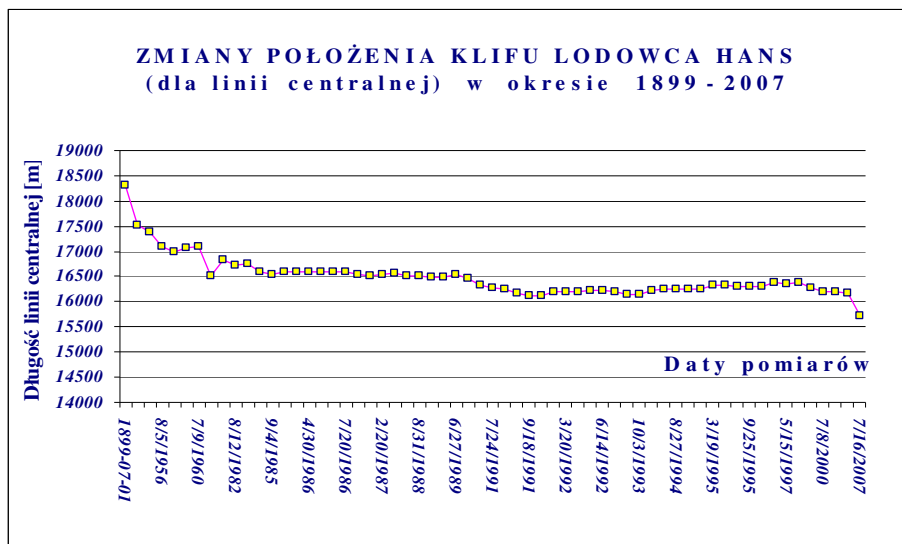


Rys. 3. Przykładowy stereogram strefy marginalnej Lodowca Hansa zarejestrowany przez automatyczny zestaw kamer monitorujących IQeye 705 dnia 15 lipca 2007 r. o godz. 15.

Możliwości kamer w zakresie wykrywania detekcji ruchu w określonym fragmencie kadru zdjęcia (np. cienienie się lodowca) i wykonania dodatkowych zdjęć nie zostały wykorzystane z powodu sporej ilości bezproduktywnych zdjęć rejestrujących ruch .... dużej ilości ptactwa (alczyki lodowe) latającego w przestrzeni objętej polem detekcji ruchu. Praca kamer została częściowo ograniczona (głównie nocą) w ostatnim okresie rejestracji (wrzesień) kiedy zestaw zasilania (akumulator 12 V oraz panel słoneczny 65 W) nie dostarczał dostatecznej ilości energii elektrycznej w warunkach odmiennych od lata polarnego (niższe temperatury i zapadające ciemności). Na początku i końcu rejestracji wykonano zdjęcia metryczne fototeodolitem Photheo 19/1318 oraz pomierzono przy użyciu technologii GPS punkty zasygnalizowane (lub naturalne szczegóły) spełniające rolę fotopunktów, zwłaszcza na przednim planie stereogramu. Osnowa fotogrametryczna i metryczne zdjęcia fototeodolitowe posłużą do określenia danych kalibracyjnych zastosowanych kamer. Wyniki uzyskane ze kamer zostaną zweryfikowane poprzez porównanie ich z wynikami otrzymanymi ze zdjęć metrycznych (stereogramy naziemne wykonane ze stanowisk fotogrametrycznych 201 - 202 oraz 2001 - 2002) - Rys. 6.

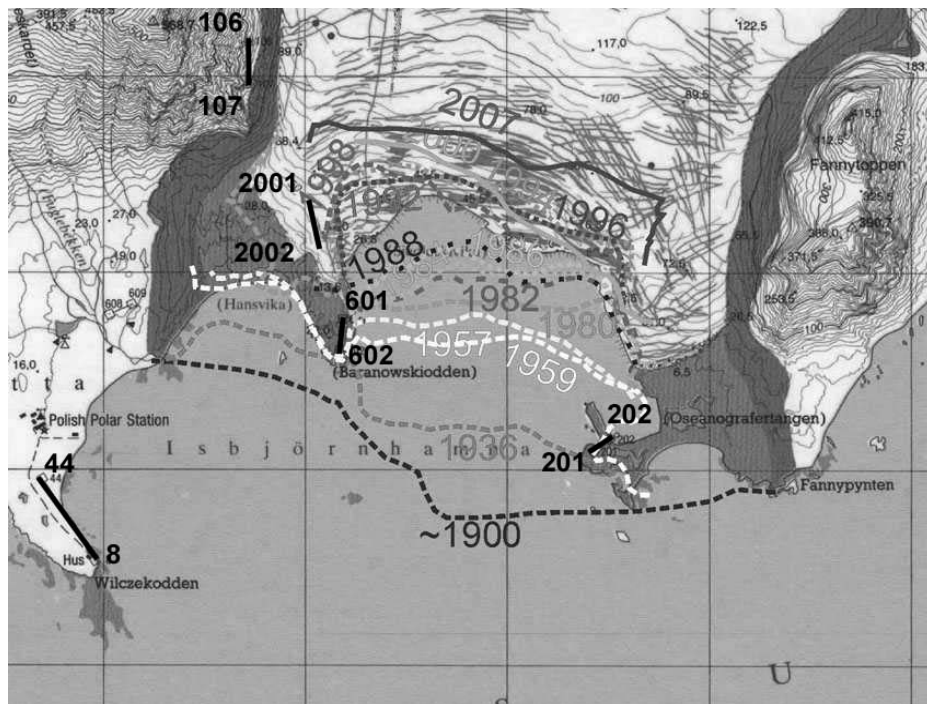
### 3. WYNIKI POMIARÓW ZMIAN POŁOŻENIA KLIFU LODOWCA

Postać wyników pomiarów zmieniała się na przestrzeni wieku w miarę zmieniających się możliwości pomiarowych i prezentacyjnych. W przypadku Lodowca Hansa dopiero w ostatnim ćwierćwieczu ubiegłego wieku zaczęto stosować w opracowaniach wyników danych pozyskanych metodą fotogrametrii naziemnej metody numeryczne – wcześniejsze wyniki miały postać graficzną. Wyniki gromadzone były w różnych układach odniesienia (astronomiczny, ED-50, WGS-84) oraz w różnych odwzorowaniach (Gauss-Krüger, UTM).



Rys. 4. Zmiany położenia klifu Lodowca Hansa wyrażone zmianą długości linii centralnej.  
Uwaga: skala czasu zniekształcona anamorficznie.

Glacjologzy często przedstawiają zmiany geometrii lodowca w postaci długości linii centralnej (Rys. 4). Wielkość ta zmieniła się od początku ubiegłego wieku do roku 2007 o ok. 2600 m co daje średnią recesję rzędu 24.4 m/rok. Bardziej miarodajnym wskaźnikiem średnich zmian rocznych zwłaszcza dla okresów wieloletnich jest współczynnik sparymetryzowany uwzględniający ubytek powierzchni lodowca w badanym okresie czasu i szerokość klifu. Jego wielkość dla w/w okresu jest tego samego rzędu (21 m/rok). Graficzną postać wyników analitycznych zmian położenia klifu lodowca dla kilku wybranych cykli zawiera Rys. 5. Do pozyskania informacji o zmianach położenia klifu lodowca w latach 2004 i 2006 wykorzystano także dwa zobrazowania satelitarne pozyskane sensorem ASTER w dniach: 23. 08. 2004 r. oraz 23.07. 2006 r.



Rys. 5. Położenie klifu Lodowca Hansa dla kilku wybranych cykli okresu 1990-2007 na tle fragmentu mapy 1:25 000 (U. Śl, 1994) opracowanej ze zdjęć z 1990 r. Zaznaczono także usytuowanie baz, z których wykonywane były zdjęcia terrofotogrametryczne.

Wyniki ilustrujące zmiany położenia klifu Lodowca Hans (*Hansbreen*) na przestrzeni ubiegłego wieku były gromadzone w różnych czterech układach współrzędnych na trzech elipsoidach. Wszystkie te dane zostały przetransformowane (Kolondra, 2002) do jednego układu współrzędnych płaskich UTM na elipsoidzie ED-50 (w tym odwzorowaniu sporządzona była, w uzgodnieniu z NPI Oslo mapa topograficzna lodowca Hans). Kolejne przeliczenie danych analitycznych do układu UTM – WGS-84, w którym to opracowywane są wszystkie kolejne opracowania kartograficzne nie jest już żadnym problemem. Wyniki dla kilku wybranych cykli przedstawiono na Rys. 5.

Recesja klifu jaka zaszła w okresie 25 lat (od 1982 do 2007 roku) doskonale widoczna jest na załączonej serii zdjęć fotogrametrycznych wykonanych ze stanowiska 107 przy tej samej orientacji zewnętrznej – Rys. 6.

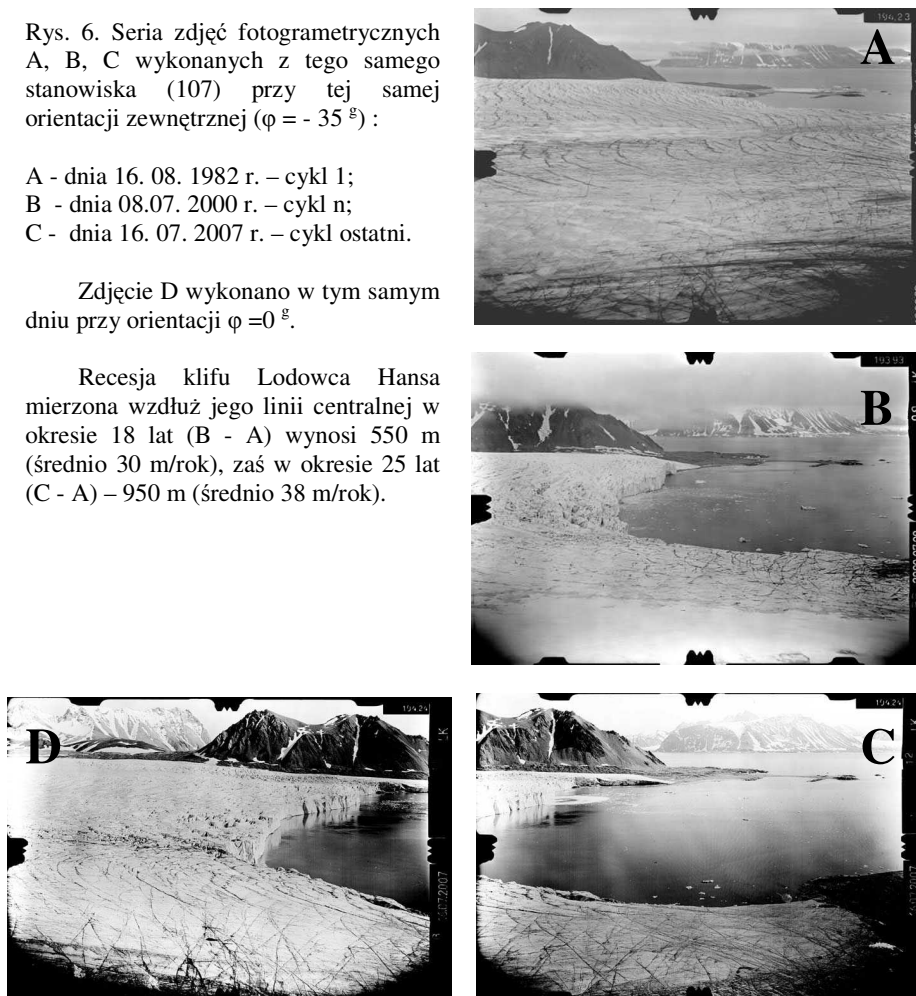


Rys. 6. Seria zdjęć fotogrametrycznych A, B, C wykonanych z tego samego stanowiska (107) przy tej samej orientacji zewnętrznej ( $\varphi = -35^\circ$ ):

A - dnia 16. 08. 1982 r. – cykl 1;  
B - dnia 08.07. 2000 r. – cykl n;  
C - dnia 16. 07. 2007 r. – cykl ostatni.

Zdjęcie D wykonano w tym samym dniu przy orientacji  $\varphi = 0^\circ$ .

Recesja klifu Lodowca Hansa mierzona wzdłuż jego linii centralnej w okresie 18 lat (B - A) wynosi 550 m (średnio 30 m/rok), zaś w okresie 25 lat (C - A) – 950 m (średnio 38 m/rok).



#### 4. WNIOSKI

Zasadniczym wnioskiem natury glaciologicznej jest stwierdzenie, że w badanym okresie Lodowiec Hansa jest w stanie recesji. Kilka krótkotrwałych okresów, w których był zauważalny niewielki awans jest zjawiskiem normalnym. Dla wiarygodnego monitorowania trendu zmian niezbędnym jest prowadzenie regularnych, cyklicznych obserwacji, a takie istnieją tylko dla ostatniego ćwierćwiecza.

Metody fotogrametryczne (tradycyjna fotogrametria naziemna, fotogrametria lotnicza oraz automatyczny monitoring) przy uwzględnieniu ekstremalnych niejednokrotnie warunków atmosferycznych, logistycznych oraz ekonomicznych nadal mogą być komplementarnie stosowane. Rola materiałów pozyskanych teledetekcyjnie z pułapu satelitarnego sensorami pasywnymi jak i aktywnymi już jest znaczna i będzie rosła w przyszłych badaniach glaciologicznych. A może w niedalekiej przyszłości naziemny skaning laserowy okaże się metodą przydatną w uzyskaniu precyzyjnych danych o zmianach w położeniu i stanie klifu lodowego – obiektu dostępnego do pomiaru tylko metodami zdalnymi.

## 5. LITERATURA

- Dąbrowski S., Lipert C., 1984. Dynamika lodowca Hansa (Spitsbergen Zachodni) w latach 1936 – 1984. *Prace Instytutu Geodezji i Kartografii*, Vol. 31, No 1, s. 71-80.
- Jania J., 2006. Wniosek do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego o finansowaniu projektu badawczego specjalnego „Glaciodyn – Dynamiczna odpowiedź lodowców Svalbardu na zmiany klimatu i jej skutki środowiskowe”, s. 45.
- Kolondra L., 2002. Problemy fotogrametrycznego pozyskiwania danych w badaniach glaciologicznych (studium metodyczne na przykładzie Spitsbergenu). *Rozprawa doktorska, Biblioteka Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego*, ss. 166 + 3 mapy.
- Kolondra L., 2003. Ortofotomapa 1:10 000 „Surrounding areas of the Polish Polar Station (from Hyttevika to Fannytoppen)”. Niepublikowane prace własne (wydruk ploterowy o wymiarach 165 x 75 cm).
- Lipert C., 1982 a. Prace geodezyjne w 50-leciu Polskich Wypraw Polarnych w Arktyce. *I Sympozjum „Prace geodezyjne w polskich wyprawach polarnych 1932 - 1982”*, Stowarzyszenie Geodetów Polskich, Główna Komisja ds. badań polarnych, Warszawa, Wyd. Sigma, s. 1-31.
- Lipert C., 1982 b. Prace geodezyjne w 50-leciu Polskich Wypraw Polarnych. Muzeum Techniki – Stowarzyszenie Geodetów Polskich, Wyd. Sigma, Warszawa, ss. 57.
- Lipert C., 1983. (rzeczoznawca Stowarzyszenia Geodetów Polskich + zespół). Operat techniczny wykonany dla Uniwersytetu Śląskiego zawierający graficzne wyniki pomiarów klifu lodowca Hansa z lat 1900 – 1980 (w układzie Gausa-Krügera).
- Luncke B., 1936. Luftkartlegningrn på Savalbard 1936. *Norsk Geogr. Tidsskr.*, Bd. 6, h. 3, Oslo, s. 145 – 154.
- NPI (Norsk Polarintittut, Oslo i Tromsø), 1936, 1960, 1961, 1990 – zdjęcia lotnicze oraz 1954 – mapa topograficzna 1:100 000.
- NPI (Norwegian Polar Institute), 2003. The Place Names of Svalbard. Rapportserie nr. 122. s. 537.
- Pillewizer W., 1939. Die kartographischen und gletscherkundlichen Ergebnisse der deutschen Spitzbergen-expedition 1938. *Ergänzungsheft Nr. 238 zu Petermanns Geographische Mitteilungen*, Justus Perthes, Gotha, ss. 46 + 2 mapy.
- Uniwersytet Śląski – Katowice, Norsk Polarintittut - Oslo, Université du Quebec-Montreal (red. Jania J., Kolondra L., Schroeder J.)1994. Hans Glacier 1:25 000, topographic map. *Department of Geomorphology, University of Silesia, Sosnowiec*.

Wasiliew A. S., 1915. Na Spitsbergen i po Spitsbergenu (vo vremia gradusnava izmierenia). Otdelnij ottisk iz „Zapiskov Novorossijskavo Obschtshestva Estestvoispitelej, Vol. XXXIX, Odessa, ss. 141.

Żyszkowski J. 1982. Photogrammetric Surveys In the Hornsund Fiord Area Spitsbergen, carried out In 1973. *Results of Investigations of the Polish Scientific Spitsbergen Expeditions*. Vol. 4, (Acta Universitatis Wratislaviensis, nr 525), Uniwersytet Wrocławski, Wrocław, s.289 – 298.

NASA: <http://www.visibleearth.nasa.gov>

### THE CENTENARY OF HANS GLACIER FRONT POSITION CHANGE MEASUREMENTS (S-SPITSBERGEN)

KEY WORDS: Spitsbergen, Hans Glacier (Hansbreen), photogrammetry, glaciology, terrestrial photogrammetric stereo-monitoring

SUMMARY: The study presents a historical outline of the measurements recording the change of position of Hans Glacier cliff from the beginning of 20<sup>th</sup> century (i.e. from the period when, as it was commonly believed, metric maps of those areas have been already known) until 2007. Therefore, the methods applied in the course of maintaining the databases (marine charts, aerial and terrestrial photogrammetry, remote-sensing), as well as the methods used for their elaboration (analogue and digital, point by point and continuous) and, eventually, the results illustrating the changes of geometry of the cliff glacier (graphic and analytic) are described in the present paper. The results introduced in different ways show, beyond reasonable doubt, that along the 20<sup>th</sup> century, almost permanent regress of cliff was observed. Until now, its size has been calculated as about 2 600 m, which means that the average annual regress of line amounts to 24 m. That was confirmed by some annual observations, momentary transgressions took place from time to time (e.g. like those in 1973 or 1993). Considerable attention was drawn to the works carried out in the summer 2007, describing the use of automatic monitoring (lapse cameras) of the front zone of the glacier in consideration. Gathered during the period of two months of the polar summer, the material resulted in over a thousand of stereopairs documenting the phenomena observed in the marginal zone of the glacier (calving, outflows of subglacial waters, the dynamics of crevasses). The recapitulation presents the conclusions relating to the aspects of accuracy, logistics and economy. The terrestrial photogrammetric works, initiated a quarter of the 20<sup>th</sup> century ago by glaciological expeditions of the scientists of the University of Silesia, played a significant role in the course of selecting the Hans Glacier as a standard one in research plans defined by the IV International Polar Year.

dr inż. Leszek Kolondra  
e-mail: [leszek.kolondra@us.edu.pl](mailto:leszek.kolondra@us.edu.pl)  
telefon: 48-32-3689514 (U. Śl.)  
tel./fax: 48-32-2524625 (dom)