

WYKORZYSTANIE NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII GEODEZYJNYCH W INWENTARYZACJI KOPCA JÓZEFA PIŁSUDSKIEGO

Rafał Gawalkiewicz
(Akademia Górniczo-Hutnicza)

1. WPROWADZENIE

Nieodłącznym i szczególnym elementem krajobrazu Krakowa są kopce. W chwili obecnej w granicach miasta Krakowa zachowały się tylko cztery tego typu obiekty o charakterze zabytkowym. Mając status zabytków, budowle te spełniają następujące istotne funkcje w kształtowaniu krakowskiej kultury: edukacyjną, historyczną, estetyczną, a przede wszystkim – turystyczną. Kopce krakowskie są zabytkami – symbolami ściśle związanymi albo z obecnością Celtów na ziemiach polskich (kopce: Krakusa i Wandy), albo z ważnymi osobistościami i wydarzeniami z okresu walk Polaków o niepodległość (kopce: Tadeusza Kościuszki i Józefa Piłsudskiego).

W niniejszym artykule przedstawiono historię najmłodszego, ale jednocześnie największego w kraju – kopca Józefa Piłsudskiego w Krakowie na Sowińcu, jednego z 330 tego typu obiektów zarejestrowanych w Polsce¹ i szczegółowo opisanego w literaturze przedmiotu². Pomimo „młodego” wieku, wydarzenia w kraju w okresie przedwojennym, w czasach zawieruchy wojennej oraz w okresie komunizmu zadecydowały o ukształtowaniu jego bogatej historii.

Konstrukcja kopca przypominająca ścięty stożek zaliczona została do typu obiektów geotechnicznych, których charakterystyczną cechą jest to, że ich struktura nie przenosi obciążeń użytkowych, lecz wyłącznie ciężar własny. Duża powierzchnia i ogromna kubatura budowli, niejednorodna budowa jej trzonu, pozbawiona należytego odwodnienia, sprawiają, że obiekt tego typu szczególnie narażony jest na destrukcyjne oddziaływanie czynników atmosferycznych. Pomimo monumentalnego charakteru, budowle te są niezwykle delikatnymi konstrukcjami ziemnymi, wyjątkowo podatnymi na niekorzystne wpływy środowiska. Wynika to z faktu, że kopiec jest obiektem, który na etapie budowy (usypywania) z materiałów o wątpliwej jakości (mieszaniny różnorodnych

¹ *Propozycja zwieńczenia kopca*, „Dziennik Polski” 2007, nr 83.

² G. Gil, *Kopce w krajobrazie kulturowym Polski*, Kraków 2002.

gruntów o niekorzystnych właściwościach mechanicznych, podatnych na odkształcenia) nie podlegał procesowi sztucznego zagęszczania poszczególnych warstw przez ówczesnych budowniczych. Dlatego proces komprymacji gruntu oraz zjawisko przestrzennych deformacji usypanego stożka są konsekwencjami naturalnymi, ale zarazem niezwykle niebezpiecznymi dla budowli. Powstawanie odkształceń geometrycznych wiąże się z działaniem siły ciężkości na grunt, którego przemieszczanie następuje pod wpływem i za pośrednictwem wody lub lodu, powodując erozję gruntu, jego osłabienie i w rezultacie odkształcenie.

Niestety, brak należytego odwodnienia powierzchni stwarza dodatkowo zagrożenia w postaci osuwisk, które już w latach 70. XIX w. stały się przedmiotem rozważań naukowych jako zjawiska niezwykle niebezpieczne dla powierzchni ziemi i wszelkiego typu obiektów ziemnych. Antoni Kleczkowski³ podał szczegółową definicję osuwiska jako zjawiska związanego z poruszaniem się skał lub gruntu w dół po pochyłości zbocza, wywołanego siłą ciężkości. To zjawisko jest wynikiem zakłócenia równowagi między siłami spójności i tarcia wewnętrznego w skałach lub gruncie a siłą ciężkości. Zaburzenia równowagi pomiędzy tymi siłami mogą w szczególnym stopniu zostać wywołane przez opady atmosferyczne, zaleganie topniejącego śniegu na zboczach i alejkach (dodatkowe obciążenie), które uruchamiają procesy erozyjne zboczy i powodują nasiąkanie gruntu, narażając skarpy na utratę stateczności i lokalne odkształcenia powierzchni. Stąd należyte utrzymanie roślinności trawistej na skarpach nie tylko podnosi walory estetyczne obiektu, ale przede wszystkim zabezpiecza wierzchnią warstwę przed wyflukiwaniem drobin gruntu ze zboczy, pełniąc funkcję ekranu ochronnego.

Wieloletnie oddziaływanie przyrody na konstrukcję budowli (erozja gruntu), niszczycielska działalność człowieka (mechaniczne uszkodzenie stoków kopca oraz zalesienie jego powierzchni w 1953 r.), okresy kryzysów finansowych (związany z tym brak funduszy na bieżące utrzymanie obiektu) oraz zaniedbania konserwatorskie – wywołały znaczące i widoczne zmiany kształtu kopca. Wszystko to spowodowało, że jego bryła uległa w ciągu blisko 75-letniego okresu istnienia ogromnym przeobrażeniom. Stopień tych przemian został uchwycony w historycznych opracowaniach kartograficznych, sporządzanych w różnych okresach powojennych dziejów pomnika, co zostało szczegółowo przedstawione w dalszej części niniejszego artykułu. Wykorzystanie nowoczesnych zdobyczy techniki w dziedzinie pomiarów geodezyjnych umożliwiło ukazanie wiarygodnego modelu wewnętrznej struktury kopca oraz modelu metamorfozy jego kształtu w 2011 r. wskutek prowadzonych prac remontowych na podstawie zaproponowanych koncepcji konserwatorskich. Szczegółowa, dwukrotna inwentaryzacja powierzchni (w strefie zniszczeń powstałych w 2010 r.) – przy wykorzystaniu skanującej stacji roboczej VX Spatial Station firmy Trimble – pozwoliła sparametryzować powstałe osuwisko oraz prawidłowo ocenić zakres wykonanych prac budowlanych, zmierzających do odtworzenia stoków i traktów pieszych.

Rozwój narzędzi pomiarowo-informatycznych w ostatniej dekadzie sprawił, że już dziś normą stają się czytelne dla odbiorcy opracowania trójwymiarowe, w praktyce łatwe do modyfikacji i aktualizacji w czasie. Połączenie informacji pozyskiwanych różnymi technikami pomiarowymi i fotografii cyfrowej umożliwia budowanie szczegółowych

³ A. K l e c z k o w s k i, *Osuwiska i zjawiska pokrewne. Terminologia, charakterystyka zjawisk, przyczyny powstawania, metody badań, klasyfikacja, literatura*, Warszawa 1955.

modeli wraz z ekspozycją nawet najmniejszych elementów małej architektury. Ponadto opracowania przestrzenne przybierają formę dokumentacji interdyscyplinarnej, która jest wykorzystywana przez specjalistów odpowiedzialnych za właściwe utrzymanie budowli oraz działania rewitalizacyjne.

Mając model punktowy i wykorzystując dostępną paletę specjalistycznych programów obróbki danych punktowych (w tym skaningowych), można dokonywać analiz wyników (etapy filtracji danych) i przekształcać zbiory punktów na prostsze w interpretacji modele przestrzenne: powłokowe lub bryłowe w zależności od wykorzystywanego programu i potrzeb.

Uwzględniając współczesną technologię komputerową, w niniejszym artykule przedstawiono wyniki modelowania przestrzennego bryły kopca na podstawie danych uzyskanych dwukrotnie w trakcie prowadzonej inwentaryzacji w latach 2011 i 2012, przy wykorzystaniu programu AutoCAD Civil 3D w wersji 2010.

2. PRZEPISY PRAWNE A OCHRONA ZABYTKOWEGO KOPCA

Każdy obiekt budowlany pełniący określone funkcje użytkowe podlega kategoryzacji zgodnie z literą prawa zawartą w *Ustawie z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane*⁴. Kopce jako obiekty geotechniczne o charakterze zabytkowym podlegają ochronie prawnej. Zabytkowe kopce i kurhany przypisane zostały w art. 73 do VIII kategorii i przynależą do grupy budowli, a zatem obiektów budowlanych niebędących budynkiem lub obiektem małej architektury. Według przywołanej *Ustawy*⁵ budowlą jest każdy obiekt budowlany, stanowiący całość techniczno-użytkową wraz z instalacjami i urządzeniami. Jeżeli uzyskał status zabytku, to wówczas podlega ochronie konserwatorskiej.

Zgodnie z art. 61 właściciel lub zarządca jest zobowiązany do należytego utrzymania obiektu z zachowaniem wszelkich zasad bezpieczeństwa, a w razie katastrof budowlanych (tj. w przypadku gwałtownego zniszczenia obiektu lub jego części), wywołanych działalnością człowieka lub sił natury (takich jak np. długotrwałe i intensywne opady atmosferyczne, osuwiska ziemi), powodujących uszkodzenie lub bezpośrednie zagrożenie takim uszkodzeniem – do podjęcia działań zmierzających do usunięcia szkód i potencjalnych zagrożeń. Dlatego każda budowla powinna być poddana szczegółowej kontroli technicznej co najmniej raz w roku (art. 62 *Ustawy*). W przypadku bryły kopca sprawdzenie powinno obejmować elementy szczególnie narażone na działanie warunków atmosferycznych i niszczące działanie czynników występujących podczas użytkowania obiektu mogących spowodować utratę stateczności kopca i doprowadzić do powstania osuwisk. Ważna jest zatem obserwacja zboczy i rejestracja dostrzegalnych, lokalnych odkształceń skarp (często widoczna okiem nieuzbrojonym). Innym wyznacznikiem występowania przemieszczeń i odkształceń w strukturze kopca są uszkodzenia brukowanych duktów komunikacyjnych, które na skutek ruchów masowych stożka i podatności na deformacje podłoża również ulegają dewastacji. Zazwyczaj są to uszkodzenia w formie widocznych nieciągłości, rozwarstwienia powierzchni brukowanych (rozstępy) i szczelin pojawiających się w strukturze obrzeży chodników.

⁴ *Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane*, Dz. U. z 1994 r., nr 89, poz. 414, z późniejszymi zmianami.

⁵ *Ibidem*.

W myśl *Ustawy z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami*⁶ kopiec Józefa Piłsudskiego w Krakowie jako obiekt będący dziełem człowieka, uzyskując status zabytku-pomnika, stanowi (wraz z otoczeniem i elementami małej architektury wokół kopca) nieruchomość, która powinna podlegać szczególnej ochronie konserwatorskiej, ponieważ posiada kartę ewidencyjną zabytku. Według zapisu art. 3 wymienionej *Ustawy* każdy obiekt uzyskujący status zabytku – na podstawie wpisu do rejestru zabytków dokonanego zgodnie z decyzją wydaną przez Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków lub uznany za pomnik historii – stanowi świadectwo minionej epoki bądź zdarzenia, których upamiętnienie leży w interesie społecznym ze względu na posiadaną wartość historyczną, artystyczną lub naukową. Dlatego obiekt taki podlega opiece konserwatorskiej, której zadaniem jest wyeksponowanie wartości artystycznych i estetycznych, w tym – jeżeli istnieje taka potrzeba – uzupełnienie lub odtworzenie jego części oraz dokumentowanie tych działań.

Szczególne zadanie w zakresie utrzymania należytego stanu technicznego przypisano w art. 102 *Ustawy*⁷ społecznemu opiekunowi zabytku, w tym przypadku – Komitetowi Opieki nad Kopcem Józefa Piłsudskiego. Zakres jego obowiązków obejmuje szereg działań związanych z zachowaniem wartości zabytku i utrzymaniem go w jak najlepszej kondycji technicznej, są to: pomoc w pozyskiwaniu środków na jego utrzymanie, propagowanie, popularyzację i upowszechnienie wiedzy o nim oraz o historii z nim związanej, a także prowadzenie badań oraz dokumentowanie jego historii na wielu płaszczyznach naukowych. Ponadto, zgodnie z zapisem art. 28 owej *Ustawy*, opiekun kopca zobowiązany jest także powiadamiać Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków o uszkodzeniach, zniszczeniach obiektu lub kradzieżach jego części składowych, np. elementów małej architektury, jak również o zagrożeniach dla obiektu wynikających z oddziaływania wielu czynników zewnętrznych.

Do nich zaliczamy długotrwałe oddziaływanie opadów atmosferycznych, powodujących widoczne zmiany w geometrii obiektu lub ich części składowych (spelzwanie mas gruntu), wzajemne przemieszczanie fragmentów brukowanych traktów pieszych, świadczących o pojawieniu się lokalnych ruchów masowych gruntu (osuwisk). Istotne zadanie w kreowaniu właściwego wizerunku obiektu wypełnia – w zależności od terytorialnego zasięgu przedsięwzięcia – wojewódzki, powiatowy lub gminny program „opieki nad zabytkami”. Jego głównym celem jest tworzenie podwalin pod szereg działań zmierzających do zahamowania procesów degradacji objętego programem określonego obiektu, doprowadzanie do poprawy stanu jego zachowania, wyeksponowanie zabytku w aspekcie zwiększenia atrakcyjności turystycznej, społecznej i edukacyjnej oraz wspieranie wszelkiego rodzaju inicjatyw sprzyjających wzrostowi środków finansowych na jego opiekę.

Stąd Komitet Opieki nad Kopcem rozpoczął starania i próby pozyskania w najbliższym czasie niezbędnych środków, które pozwolą na sfinansowanie nowej instalacji elektrycznej wokół obiektu, zasilającej już istniejącą wokół budowli aparaturę nawadniającą zbocza kopca (zespół pomp i przenośnych zraszaczy zainstalowanych w latach 2001-2002 z myślą o bieżącym i należyтым utrzymaniu traw porastających zbocza). Stąd wzięły się także starania o środki finansowe na ponowne zelektryfikowanie budynku

⁶ *Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami*, Dz. U. z dnia 17 września 2003 r., nr 162, poz. 1568, z późniejszymi zmianami.

⁷ *Ibidem*.

technicznego (gospodarczego) zlokalizowanego w pobliżu budowli. Ponadto w planach Komitetu ujęto także budowę sieci oświetleniowej (iluminacji), zwiększającej w przeszłości atrakcyjność obiektu przez tworzenie nastroju, ekspozycję jego bryły po zmroku oraz określonych detali małej architektury.

W świetle innego aktu prawnego, tj. *Ustawy z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska*⁸, w art. 3 pkt. 7 zabytkowe kopce i kurhany przypisane zostały do grupy obiektów o walorach krajobrazowych środowiska (w tym także – ukształtowanych w wyniku działalności człowieka), a zatem – do grupy, którą charakteryzuje wartość ekologiczna, estetyczna, widokowa, kulturowa terenu. Kopiec Józefa Piłsudskiego, z uwagi na swoją specyficzną lokalizację w obszarze objętym szczególną ochroną (Las Wolski), stanowi również integralną część tego terenu. Specyficzne cechy, wartości, walory obiektu i miejsca jego posadowienia sprawiają, że w myśl tej *Ustawy* wymaga on specjalnych zabiegów technicznych, organizacyjnych lub innych – w celu zapewnienia wszystkim użytkownikom możliwości korzystania z tych zasobów zgodnie z ich przeznaczeniem. W związku z powyższym tego typu obiekt musi być utrzymywany przez określone jednostki w dobrym stanie technicznym. Także art. 13 pkt. 1-2 precyzuje, że część powierzchni ziemi, której ochrona leży w interesie społecznym ze względów naukowych, estetycznych, historyczno-naukowych lub innych, podlega ochronie przewidzianej w przepisach o ochronie przyrody, polegającej m.in. na zapobieganiu i przeciwdziałaniu jej niekorzystnym zmianom, a w razie uszkodzenia lub zniszczenia – na przywróceniu właściwego stanu technicznego i użytkowego.

Pomimo że zabytkowy kopiec Józefa Piłsudskiego objęty jest „ochroną” kilku aktów prawnych, to w rzeczywistości pozyskiwanie środków na jego bieżące utrzymanie, modernizację zwiększającą jego atrakcyjność turystyczną, na dostosowanie go do bieżących potrzeb czy oczekiwań społecznych oraz na likwidację szkód (osuwisk, aktów wandalizmu) jest niezmiernie trudnym zadaniem dla opiekunów i zarządców kopca.

3. GENEZA POWSTANIA KOPCA I JEGO LOKALIZACJA

Kopiec Niepodległości Józefa Piłsudskiego, zwany także Kopcem Wolności, Sowińcem lub Mogiłą Mogił (ta ostanía nazwa od 1981 r.), to najmłodszy, ale także najwyższy spośród czterech kopców zlokalizowanych w granicach Krakowa oraz największy tego typu obiekt w Polsce. Geneza usypania obiektu obejmuje okres międzywojnia i wiąże się ściśle z wydarzeniami historycznymi – 20 rocznicą wymarszu z Krakowa Pierwszej Kompanii Kadrowej Legionów Polskich (pierwszej polskiej formacji wojskowej w XX w.). Kopiec miał upamiętniać walkę legionistów o niepodległość i męczeństwo Polaków podczas I wojny światowej. Z inicjatywą usypania kopca-pomnika

⁸ *Ustawa z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska*, Dz. U. z 1980 r., nr 3, poz. 6 (tekst jednolity z dnia 15 kwietnia 1994 r.). *Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o zmianie ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska oraz o zmianie niektórych ustaw*, Dz. U. z dnia 29 października 1997 r., nr 133, poz. 885, z późniejszymi zmianami; *Ustawa z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska* została uchylona z dniem 1 października 2001 r. Uwaga: po uchyleniu *Ustawy* obowiązuje z niej tylko przepis w zakresie zmiany Dz. U. z 1971 r., nr 12, poz. 115. Obecnie obowiązuje nowe *Prawo ochrony środowiska*, zob. *Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 23 stycznia 2008 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo ochrony środowiska*, Dz. U. z 15 lutego 2008 r., nr 25, poz. 150, z późniejszymi zmianami.

wystąpił w 1932 r. Franciszek Supergan⁹, autor broszury pt. *Bojownikom o wolność – Naród*, w której przybliżył polskiej społeczności sposoby upamiętniania ważnych wydarzeń historycznych w dziejach państwa polskiego, m.in. w formie usypywania kopców w ramach czynu społecznego i za fundusze społeczne. Inicjatorem inwestycji był Związek Legionistów Polskich w Krakowie. Decyzję o rozpoczęciu budowy kopca-pomnika podjęto podczas posiedzenia Rady Miejskiej Krakowa na wniosek Związku Legionistów Polskich dla upamiętnienia walki narodu polskiego i odzyskania niepodległości po 123 latach niewoli.

W tym celu w 1934 r. powołano w Warszawie Komitet Budowy Kopca, na czele którego stanął polityk i premier II Rzeczypospolitej – Walery Sławek, jeden z najbliższych współpracowników marszałka Józefa Piłsudskiego. Celem Komitetu było spopularyzowanie pomysłu budowy pomnika oraz zgromadzenie funduszy na realizację monumentalnej budowli. Ponadto powołano do życia Komitet Wykonawczy Budowy Kopca, z wojewodą krakowskim Mikołajem Kwaśniewskim na czele. Wyboru miejsca posadowienia monumentu dokonał ówczesny architekt i konserwator zabytków prof. Adolf Szyszko-Bohusz, główny konserwator Zamku Królewskiego na Wawelu¹⁰.

Kopiec Józefa Piłsudskiego usypano na szczycie Sowińca, najwyższego wzniesienia Pasma Sowińca położonego w Lesie Wolskim, w zachodniej części Krakowa, w granicach dzielnicy Zwierzyniec, na miejscu ówczesnej baterii artylerii Sowiniec¹¹. Dnia 6 sierpnia 1934 r. dokonano inauguracji budowy, kładąc u podstawy przyszłej budowli kamień węgielny przywieziony z Wołynia. Lokalizację kamienia zilustrowano na rysunku 4 (oznaczono liczbą 2). Dzień wmurowania kamienia węgielnego nie był przypadkowy. Wiązał się z 20 rocznicą wymarszu pierwszej polskiej dwudziestowiecznej formacji wojskowej, utworzonej przez Józefa Piłsudskiego. Budowę ukończono dnia 9 lipca 1937 r.¹² Projekt budowlany, sporządzony przez inż. arch. Franciszka Mączyńskiego¹³, zakładał usypanie stożka o wysokości 46 m, tak aby stał się on najwyższym tego typu obiektem w Europie. Od projektu w jego pierwotnym kształcie w trakcie budowy odstąpiono, docelowo kształtując bryłę o wysokości około 36 m względem poziomu terenu¹⁴.

Ponadto przygotowanie właściwego, stabilnego podłoża budowli wymagało zdjęcia ośmiometrowej warstwy gruntu do poziomu 350 m n.p.m. Dla kontroli poprawności kolejnych etapów budowy i właściwej realizacji inwestycji na środku podstawy ustawiono maszt kierunkowy, wykonany z drzewa ściętego na Babiej Górze, a przywiezionego przez górali z Lipnicy Wielkiej. Pierwotnie na szczyt kopca prowadziły dwie przeciwskrętne ślimacznice, wykonane po kilkumiesięcznym okresie osiadania budowli, które w czasie PRL-u zostały zniszczone. Przed II wojną światową nawierzchnie ścieżek prowadzących na szczyt budowli wykonano z tzw. albańskiego asfaltu, czyli kopaliny pochodzenia skalnego o brudnoczarnej barwie i stosunkowo wysokim współczynniku twardości. Nawierzchnie alejek nie przetrwały próby czasu. W latach późniejszych zastąpiono je brukiem granitowym.

⁹ F. Supergan, *Bojownikom o wolność – Naród*, nakł. autora, Przemysł 1932.

¹⁰ I. Fischer, *Historia kopca Józefa Piłsudskiego na Sowińcu*, cz. 1: *Od pomysłu do śmierci patrona*, „Sowiniec” (Kraków) 2002, nr 21, s. 34.

¹¹ www.krakow.travel/przewodnik/zwiedzamy-krakow/kopce (15 VI 2013).

¹² J. Adamczewski, *Kraków od A do Z*, Warszawa 1986.

¹³ G. Gill, *op. cit.*, s. 224; I. Fischer, *op. cit.*, s. 28.

¹⁴ *Ibidem*, s. 31.

Jednak nie tylko elementy wyposażenia kopca ulegały metamorfozie. Także i nazwa obiektu przybierała różnorodne formy. Początkowo kopiec nosił nazwę kopca Niepodległości, jednak po śmierci marszałka Józefa Piłsudskiego, co nastąpiło dnia 12 maja 1935 r., podjęto decyzję o nazwaniu kopca-pomnika jego imieniem.

Pierwotnie koronę kopca zdobiła płyta z wyrytym symbolem Legionów – krzyżem legionowym, która została w 1953 r. usunięta na polecenie ówczesnych władz komunistycznych. Od chwili wykonania w 1991 r. (według projektu inż. Włodzimierza Śliwczyńskiego) nowego zwieńczenia z elementami małej architektury i powrotu zrekonstruowanej według rysunków inż. Jerzego Wesołowskiego płyty – korona kopca została dwukrotnie uszkodzona przez nieznaną sprawcę w 2006 r. Pierwszy raz zniszczenie miało miejsce dnia 19 kwietnia 2006 r., drugi raz – w 80 rocznicę zamachu majowego, a zarazem w 71 rocznicę śmierci Marszałka – dnia 12 maja 2006 r.

Kopiec stanowi miejsce szczególne, symboliczne, ponieważ został usypany z gruntów pochodzących ze wszystkich miejsc bitewnych I wojny światowej, w których uczestniczyli żołnierze polscy, także ze szczytu Krzemieniuchy, moreny czołowej we wsi Żywa Woda na Suwalszczyźnie, gdzie miała miejsce jedna z najkrwawszych bitew I wojny światowej¹⁵. Do dziś wewnątrz konstrukcji ziemnej kopca oraz u jego podstawy złożono próbki ziemi z ponad 4000 pól bitewnych i miejsc kaźni Polaków w latach 1794-1989, w tym – ziemię z wileńskiego grobu matki Józefa Piłsudskiego. Tylko do 1939 r. w kopcu złożono ponad 3600 urn. Także najnowsze wydarzenia z dziejów Polski wpisały się w historię kopca. W 2011 r., w pierwszą rocznicę tragicznego lotu samolotu rządowego Tu-154 M (o numerze bocznym 101) z dnia 10 kwietnia 2010 r., w bryłę kopca włożono (wkopano) urnę z ziemią pochodzącą z miejsca katastrofy – tragedii narodowej mającej miejsce w pobliżu lotniska Siewiernyj koło Smoleńska¹⁶.

W długiej historii obiektu nie brakowało wydarzeń, które mogły przesądzić o nieistnieniu kopca. Już w czasie II wojny światowej pomnikowi groziła zagłada. Niemiecki generalny gubernator Hans Frank – w ramach akcji zwalczania symboli polskości na terenach okupowanych przez III Rzeszę Niemiecką – wydał rozkaz zniszczenia tej budowli. Docelowo na miejscu kopca miał być ustawiony pomnik chwały germańskiego oręża. Polecenie to jednak nie zostało zrealizowane i kopiec-pomnik przetrwał okres okupacji niemieckiej (1939-1945).

Nie było to jednak jedyne zagrożenie realnej egzystencji w dziejach kopca Józefa Piłsudskiego. W okresie okupacji sowieckiej komunistyczny reżim z moskiewskiego nadania naraził kopiec na kolejne niebezpieczeństwo. W opinii komunistycznych władz pomnik-symbol, tak głęboko wpisany w świadomość historyczną Polaków, mający istotne znaczenie dla kultury polskiej, szczególnie dla mieszkańców Krakowa, po raz kolejny zyskał rangę celu przeznaczonego do zniszczenia. W tym przypadku prosowiecki reżim komunistyczny nie poprzestał na niezrealizowanych planach (jak okupant niemiecki), lecz przeszedł do konkretnego czynu, tj. w 1953 r. z pomocą wojska i czołgu usunięto z korony kopca granitową płytę z wyrytym krzyżem legionowym, niszcząc przy okazji powierzchnię stoku, system wewnętrznego odwodnienia oraz zalesiając jego zbocza i okalającą go polanę.

Szata roślinna pokrywająca powierzchnię kopca po pierwsze pełniła funkcję osłonową, tj. była ekranem, którego zadaniem miało być zasłonięcie widocznego z daleka

¹⁵ <http://www.zywa-woda.ovh.org/gora%20krzemieniucha.html> (15 VI 2013).

¹⁶ www.wiadomosci.wp.pl/Ziemia-ze-Smolenska-juz-zlozona-w-Kopcu-Pilsudskiego (17 IV 2012).

pomnika-symbolu kultury i suwerennej władzy polskiej. Zalesienie Kopca – po drugie – wywołało działanie destrukcyjne systemów korzennych na strukturę budowli i stabilność stoków. Skutkiem celowych poczynań prosowieckiego reżimu komunistycznego była szybka dewastacja obiektu oraz erozja zboczy i szereg osuwisk powstających kolejno wraz z upływem czasu. Ówczesny kształt kopca ilustruje mapa sytuacyjno-wysokościowa, wykonana pod kierunkiem mgr. inż. Jerzego Wesołowskiego w 1981 r. (rys. 1).

Innym sposobem masowego oddziaływania reżimu totalitarnego na zmianę świadomości Polaków i dążenia do skazania kopca-pomnika na całkowite zapomnienie było urzędowe usunięcie jego nazwy z prasy, radia, telewizji (mass mediów), książek itd. przez działania cenzury. Komunistyczny reżim uczynił to celowo, by zatrzeć patriotyczną świadomość Polaków.

W latach 1953-1981 kilkakrotnie podejmowano czynności zmierzające do rewitalizacji obiektu. Pojawiły się oddolne, konkretne działania zrzeszonych grup społecznych i gospodarczych. Starania krakowskich rzemieślników doprowadziły w 1963 r. do wycięcia ponad 600 drzew porastających koronę¹⁷, których system korzenny niszczył zbocza kopca, a których korony przysłaniały pomnik.

Przełomowym momentem w dziejach kopca był 1980 r., w którym powołano do życia Komitet Opieki nad Kopcem Józefa Piłsudskiego. Już w 1981 r. podjął on działania zmierzające do rewitalizacji obiektu. W tym samym roku obiekt wpisano do rejestru zabytków pod numerem rejestracyjnym A-607 z dnia 22 czerwca 1981 r. W latach 1981-1985, czyli po zakończeniu odbudowy obiektu, na kopcu złożono ziemię z 95 miejsc udokumentowanej martyrologii polskiej z okresu II wojny światowej, zlokalizowanych zarówno w kraju, jak i za granicą.

Zachowana dokumentacja geodezyjna w postaci mapy zasadniczej (rys. 2)¹⁸, uchwyciła stan faktyczny, tj. pokazała szereg prac ziemnych, jakie przeprowadzono w okresie pięciu lat w celu odtworzenia pierwotnego kształtu kopca. Bryłę uzbrojono w bardzo uproszczony model podziemnej instalacji deszczowej, służącej do odprowadzenia wód opadowych z powierzchni budowli. Najwyższy fragment korony, w tym – powierzchni tarasu górnego oraz alejek spacerowych o nawierzchni utwardzanej, wyposażono w kratki ściekowe, połączone przewodami z kanalizacją deszczową, opasającą podstawę budowli. Wody opadowe odprowadzane były do dwóch podziemnych zbiorników retencyjnych, zlokalizowanych w sąsiedztwie obiektu.

Niestety, pomimo dużych nachyleń alejek o nawierzchni ziemnej (nie dotyczy to najwyższego fragmentu kopca) oraz stoków, w okresach intensywnych i długotrwałych opadów deszczu i śniegu, a zwłaszcza w czasie zalegania topniejącego śniegu na całej powierzchni obiektu, nadwyżka wody nie mogła być należycie i sprawnie odprowadzana poza jego obrys, co powodowało nadmierne nasiąkanie trzonu budowli i stwarzało niebezpieczeństwo utraty jego stateczności, nadto było przyczyną widocznych osunięć zboczy oraz lokalnych odkształceń powierzchni. Analiza archiwalnych materiałów kartograficznych wskazuje, że w zależności od faktu posiadania lub nieposiadania przez budowlę wewnętrznego systemu odwodnienia – powierzchnia ścieżek spacerowych

¹⁷ G. Gill, *op. cit.*, s. 226.

¹⁸ B. Wołski, *Monitoring metrologiczny obiektów geotechnicznych*, Kraków 2006; C. Toś, B. Wołski, L. Zielina, *Zastosowanie tachimetru skanującego w praktyce geodezyjnej*, „Czasopismo Techniczne” R. 107, 2010, z. 16, s. 89.

w przekroju poprzecznym była kształtowana w odmienny sposób, co zilustrowano na rysunkach 6 i 7.

W 1987 r. sporządzono geodezyjną dokumentację kartograficzną na podstawie powykonawczych pomiarów sytuacyjno-wysokościowych pod kierunkiem mgr. inż. J. Studnickiego. Ówczesny kształt obiektu po zakończeniu przebudowy ilustruje mapa sytuacyjno-wysokościowa wykonana w marcu 1987 r. (rys. 3).

Przy okazji odbudowy kopca (dla upamiętnienia tragicznych dla narodu polskiego wydarzeń II wojny światowej, męczeństwa i walki żołnierzy polskich na wielu frontach) u jego podnóża złożono ziemię pochodzącą z wielu pól bitewnych II wojny światowej. Od tego czasu zaczęto nazywać kopiec-pomnik Mogiłą Mogił. Obelisk z płaskorzeźbą Krzyża Legionowego stanowiący zwieńczenie korony budowli (galerii widokowej) powrócił w 1991 r. w formie wiernej repliki na miejsce oryginalnego obelisku i pierwotnej płaskorzeźby zniszczonych w 1953 r. przez ówczesny reżim komunistyczny. Ksiądz biskup Albin Małysiak poświęcił nową płytę w Święto Niepodległości 11 listopada 1991 r., zaś honorowy patronat nad obiektem w 1992 r. objął Sejm Rzeczypospolitej.

To, czego człowiek nie zdołał zniszczyć, zniszczyła natura. W okresie 1996-1997, wskutek intensywnych i długotrwałych opadów, kopiec nie wytrzymał niszczącej siły przyrody. Intensywne deszcze spowodowały erozję zboczy i osunięcia ogromnych mas ziemnych, obejmujących 65% powierzchni stoków¹⁹. Na wniosek Komitetu Opieki nad Kopcem prowadzono prace rewitalizacyjne, których koszty przez kolejnych pięć lat wyniosły w sumie 6 800 000 złotych²⁰.

W latach 2001-2002 dokonano znaczących zmian w sposobie zabezpieczenia stoków kopca. Remont, który kosztował 1,5 mln zł, sfinansowany został z funduszy następujących instytucji: Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska, Gminnego Funduszu Ochrony Środowiska, Społecznego Komitetu Odnowy Zabytków Krakowa, Zarządu Rewaloryzacji Zespołów Zabytkowych Krakowa, Rady Ochrony Pamięci Walk i Męczeństwa²¹. Ówczesny proces rewaloryzacji budowli obejmował etap zbrojenia gruntu w specjalne siatki z tworzywa sztucznego „geoweb” (patent Armii USA wykorzystany podczas wojny w Zatoce Perskiej), wypełniane humusem i wysiewane trawą, tworzące razem warstwę tzw. gruntu zbrojonego, którego celem było stworzenie trwałego „płaszcza” zabezpieczającego stoki przed wypłukiwaniem ziemi na skutek oddziaływania intensywnych opadów atmosferycznych. Zastosowana technologia miała zapobiegać śpiżeniu zboczy kopca. Ponadto odtworzono nawierzchnie ścieżek z kostki granitowej według zaleceń konserwatora, z zachowaniem zlicowanych z nią obustronnych, zbrojonych obrzeży betonowych, tworzących swego rodzaju opaski wzmacniające chodniki. Aby zlikwidować wszelkie bariery mogące zahamować proces odprowadzania wód opadowych z powierzchni obiektu, dotyczy to także granitowych alejek, budowli nadano spadek poprzeczny na poziomie 2%.

Następny kataklizm odcisnął swoje piętno w 2010 r. Dotychczasowe prace zabezpieczające, prowadzone w celu ustabilizowania zboczy, polegające na zastosowaniu specjalnych sześciometrowych kotew wiążących grunt (projekt specjalistów AGH), montażu siatek „geoweb” na zboczach kopca, wypełnianych humusem i obsiewanych

¹⁹ www.polskalokalna.pl/raport/poludnie-polski-walczy-z-woda (10 VIII 1997).

²⁰ *Kopiec Piłsudskiego odzyskał stoki*, „Dziennik Polski” 2011, nr 271.

²¹ www.krakow.friko.pl/remont_kopca_pilsudskiego.html (15 X 2012).

mieszankami specjalnych gatunków traw, tworzących warstwę tzw. gruntu zbrojonego, nie przyniosły oczekiwanych rezultatów. Ten sposób zabezpieczenia obiektu okazał się niewystarczający i również pod wpływem działania wód opadowych (w okresie powodzi) po raz kolejny jego zbocza na skutek osłabienia gruntu zostały poważnie uszkodzone. Według szacunków opiekuna budowli zniszczeniu w 2010 r. uległo około 50-70 m² stoku, także fragment brukowanej ścieżki prowadzącej na szczyt²². Inwentaryzacja obiektu, przeprowadzona przez autorów niniejszego artykułu w czerwcu 2011 r., pozwoliła określić powierzchnię widocznych osunięć gruntu w rzucie na płaszczyznę poziomą, która wynosi 674 m² (6,7% powierzchni kopca).

W granicach powstałego osuwiska zbocza południowo-wschodniego znalazło się 116,5 m² brukowanych alejek. Wartość ta określa powierzchnię tylko całkowicie zniszczoną, choć według wstępnych szacunków firmy Wodeko (projektanta zabezpieczeń) zniszczeniu lub poważnemu uszkodzeniu uległo 1500 m² skarp, w tym 175 m² nawierzchni ścieżek²³. Na podstawie szczegółowych badań ustalono powierzchniowy zasięg deformacji kopca. Według szacunków specjalistów zasięg ruchów masowych obejmował 2500 m², tj. około 25% całkowitej powierzchni budowli, w tym aż 600 m² wynosiła strefa uszkodzeń brukowanych nawierzchni²⁴. Ponadto dla uzyskania lepszych efektów prac remontowych ustalono również, na podstawie badań geologicznych (wierceń geologicznych), że konieczna będzie wymiana części gruntu nawet do głębokości 2,5 m. Odwierty geologiczne wykonane w strukturze stożka wykazały, że do destrukcji gruntu i utraty stabilności doszło poza bezpośrednim zasięgiem osuwiska. Stan obiektu przed rozpoczęciem prac budowlanych przez firmę MEGABUD udokumentowano w czerwcu 2011 r., wykorzystując zestaw pomiarowy złożony ze stacji roboczej VX Spatial Station Trimble'a oraz reflektora aktywnego MT 1000. Na podstawie uzyskanych wyników opracowano mapę sytuacyjno-wysokościową kopca, którą przedstawiono na rysunku 4. W chwili obecnej to opracowanie przybrało charakter historyczny. Rewitalizacja obiektu, zakończona w grudniu 2011 r., ukształtowała nową jakość i kształt budowli.

Odtworzono zniszczone zbocza w części południowo-wschodniej, fragmenty brukowanych alejek, poprawiono nawierzchnię górnej galerii widokowej wieńczącej bryłę. Odbudowę zniszczonego od strony południowo-wschodniej stoku w maju 2010 r. za kwotę ponad 1 800 000 zł²⁵ sfinansowało miasto Kraków oraz Społeczny Komitet Odnowy Zabytków Krakowa.

W styczniu 2012 r. wykonano ponowną inwentaryzację odrestaurowanego fragmentu kopca celem wytworzenia dokumentacji, która zostanie wykorzystana jako baza porównawcza dla prowadzenia dalszych działań w procesie monitoringu geodezyjnego budowli. Dla uzyskania wiarygodnych wyników inwentaryzację powykonawczą sporządzono w oparciu o wspomniany już zestaw pomiarowy Trimble'a. Wynik prac „kamealnych” w postaci dokumentacji kartograficznej, tj. mapy sytuacyjno-wysokościowej, przedstawiono na rysunku 5.

²² www.mmkrakow.pl/378767/2011/7/13/kopiec-pilsudskiego-zamkniety (16 VIII 2011).

²³ *Kopiec Piłsudskiego odzyskał stoki*, „Dziennik Polski” 2011, nr 242.

²⁴ *Kopiec Piłsudskiego odzyskał stoki...*

²⁵ *Odnowiony kopiec Piłsudskiego*, „Dziennik Polski” 2011, nr 272.

Dukty pieszce – inwentaryzacja

Pierwotne ukształtowanie ścieżek w przekroju poprzecznym stanowiło dodatkową barierę w swobodnym odprowadzaniu wód opadowych oraz topniejącej warstwy śniegu i lodu (schemat przykładowego przekroju poprzecznego alejki zawiera rys. 6). W 1981 r., na podstawie sporządzonego projektu rewitalizacji kopca, podjęto decyzję o dokonaniu gruntownej przebudowy jego bryły. Prace budowlane zrealizowano dopiero po 1985 r., formując na nowo i wzmacniając stoki budowli z uwzględnieniem lokalizacji alejek prowadzących na szczyt wyłożonych kostką granitową, o spadku poprzecznym umożliwiającym migrację wód nie tylko w kierunku maksymalnych spadków duktów pieszych, ale także w kierunku ziemnych skarp (dwuprocentowe spadki poprzeczne). Schemat geometrii brukowanych alejek w przekroju poprzecznym przedstawiono na rysunku 7.

Dwukrotnie przeprowadzona w 2011 r. inwentaryzacja geodezyjna pozwoliła na określenie i wskazanie stref z anomaliami w ukształtowaniu powierzchni, mowa tu o nagłej zmianie nachylenia zboczy oraz brukowanych alejek w przekroju poprzecznym, które w ciągu kilku ostatnich lat uległy odkształceniu.

Szczególnie obserwacja trwałych i sztucznie ukształtowanych powierzchni kopca, w formie brukowanych duktów pieszych, stanowi jeden z istotnych wyznaczników stopnia deformacji bryły budowli, jakie nastąpiły pomiędzy poprzednim gruntownym remontem a stanem z 2011 r. Pomiar tachimetryczny, wykonany przy użyciu nowoczesnej i precyzyjnej technologii geodezyjnej, umożliwił pozyskanie przestrzennych danych o rzeczywistym kształcie przeciwbieżnych alejek. Pomiar wykonano w profilach prostopadłych do krawędzi obrzeży duktów pieszych. Każdy profil chodnika reprezentowały trzy punkty, zaś całkowita ich liczba wynosiła 571, obejmując swym zasięgiem wszystkie powierzchnie granitowej kostki. Na ich podstawie opracowano mapę hipsometryczną, definiującą rozkład zmiany wielkości spadków poprzecznych. Obraz graficzny (przedstawiony na rys. 8) uszczegółowił strefy istotnych różnic w wartości spadków poprzecznych. Z mapy hipsometrycznej wynika, że zmiany (anomalia co do wartości i znaku) nastąpiły w południowo-zachodnim i zachodnim sektorze kopca, a zwłaszcza w dolnej jego strefie, ponadto we fragmentach alejek zlokalizowanych bezpośrednio nad strefą osuwiskową, pochodzącą z 2010 r.

Istotnym szczegółem w procesie analizy jest układ warstwic. Ich równoległość względem krawędzi chodników dowodzi równomiernego osiadania najbardziej wysuniętych krawędzi budowli i regularności tego procesu. Natomiast powstanie „wysp” (w postaci nagłych zmian co do wartości i kształtu planu warstwicowego) może z kolei świadczyć o niebezpiecznej – z punktu widzenia stateczności zboczy – zmienności zjawiska deformacji i lokalnym charakterze tych zmian.

Galeryjka widokowa – inwentaryzacja

O wielkości i zasięgu odkształceń bryły kopca na przełomie kilkudziesięciu lat świadczy również stopień odkształceń powierzchni górnej platformy (tarasu widokowego), które pojawiły się na skutek ruchów masowych, spowodowanych zwiększonym nasączeniem struktury ziemnej kopca. Obraz powierzchni galeryjki przedstawiono w formie mapy warstwicowej na rysunku 9. Wybrukowana powierzchnia galeryjki oraz jej lokalizacja (wierzchołek kopca) sprawiają, że wielkość jej odkształceń geometrycznych

oraz główne kierunki tych zmian są ściśle powiązane ilościowo i jakościowo z wielkościami deformacji poszczególnych fragmentów ziemnej bryły kopca. Wybrukowana powierzchnia wraz z betonowym obrzeżem o powierzchni $P_{\text{galeryjka}} = 34,73 \text{ m}^2$ stanowi doskonałe źródło informacji o zachodzących we wnętrzu i na powierzchni kopca zmianach, bez konieczności stabilizacji dodatkowych, fizycznych punktów pomiarowych. Pokrycie powierzchni galeryjki punktami (pikietami) daje zatem powierzchniowy obraz kształtu zwieńczenia kopca.

Traktując koronę jako powierzchnię topograficzną, poprzez cyklicznie prowadzone obserwacje tymi samymi metodami (przy założeniu wysokiej precyzji pomiaru) można uzyskać ważne informacje o strefach istotnych zmian powierzchni galeryjki. Zmiany te odzwierciedlają kierunki głównych deformacji będących następstwem ruchów masowych podłoża, wynikających z obniżania się i przemieszczania określonych fragmentów budowli. Wykorzystując tachimetryczną metodę pomiarową (z użyciem stacji roboczej VX Spatial Station Trimble'a współpracującej ze zintegrowanym reflektorem aktywnym MT 1000), wykonano w czerwcu 2011 r. pomiar powierzchni brukowej, której formę przedstawiono w postaci mapy hipsometrycznej (rys. 9).

Dziś obiekt ten doczekał kolejnych działań rewitalizacyjnych, zmierzających do przywrócenia mu dawnej świetności. Celem prac remontowych, prowadzonych do połowy grudnia 2011 r., było:

- odtworzenie zniszczonego w 2010 r. zbocza w części południowo-wschodniej;
- przywrócenie drożności komunikacyjnej (odbudowa nawierzchni brukowych chodników osuniętego zbocza);
- zmiany ukształtowania powierzchni brukowej galeryjki wieńczącej bryłę kopca.

Na podstawie pomiarów sytuacyjno-wysokościowych, zrealizowanych w styczniu 2012 r., sporządzono ponownie mapę hipsometryczną galeryjki, która będzie służyła jako topograficzna powierzchnia odniesienia w procesie monitoringu zmian geometrii w tej części budowli (rys. 10). Analizując efekty pomiarów wykonanych w styczniu 2012 r., można stwierdzić, że remont galeryjki widokowej opierał się wyłącznie na wyrównaniu podbudowy nawierzchni brukowej (niwelacji garbów), bez ingerencji w geometrię betonowego obrzeża, do którego przytwierdzone są stalowe balustrady. Oznacza to, że w chwili obecnej wypadkowa powierzchni brukowej, wieńczącej koronę kopca, nachylona jest w kierunku południowym i południowo-wschodnim. Dodatkowo, dla wyznaczenia w przyszłości zmian wysokościowych w obrębie tarasu metodą niwelacji precyzyjnej, na krawędziach kostki stabilizowano trzy punkty pomiarowe typu boleć geodezyjny 10ZS-75PP (schemat na rys. 10).

Krzyż Niepodległości – inwentaryzacja

Upadek komunizmu w Polsce w 1989 r. odcisnął także ślad na obecnym wyglądzie otoczenia kopca-pomnika. U podstawy budowli w obrysie brukowanego placu (rys. 4) postawiono drewniany Krzyż Niepodległości – symbol powrotu Polski do grona państw niepodległych. Odślonięcie i poświęcenie tego elementu małej architektury budowli nastąpiło dnia 17 września 1989 r., w 50 rocznicę agresji Związku Sowieckiego na Polskę. Charakterystyczną cechą krzyża są umiejscowione na jego trzonie daty związane głównie ze współczesną historią Polski, począwszy od 1914 r., czyli od rozpoczęcia I wojny światowej, która przyniosła Polakom niepodległość.

Dzięki złożeniu danych skaningowych, pomiarów manualnych (wykorzystanie klasycznej miarki) oraz fotograficznych, sporządzonych zintegrowaną z tachimetrem VX kamerą w technologii VISION, nadto zdjęć pozyskanych aparatem Fujifilm FinePix S9500 – możliwe było opracowanie (w programie AutoCAD Civil 3D v. 2010) przestrzennego modelu krzyża. Trójwymiarowy model Krzyża Niepodległości oraz symbolikę dat zilustrowano na rysunku 11.

4. KOPIEC W LICZBACH, CZYLI OD HISTORII PO WSPÓŁCZESNOŚĆ

Zniszczenia dokonane przez władze w 1953 r., przebudowa kopca przeprowadzona w 1981 r., działania zmierzające do rewitalizacji obiektu po okresie „mokrym” (1996-1997) oraz wpływ niekorzystnych warunków pogodowych w czasie funkcjonowania budowli w latach 1981-2010 (osiadanie i spelzwanie gruntu) spowodowały zmianę kształtu i podstawowych parametrów fizycznych bryły kopca Józefa Piłsudskiego. Na podstawie analizy materiałów archiwalnych oraz pomiarów wykonanych w czerwcu 2011 r. i styczniu 2012 r. można było dokonać porównania parametrów geometrycznych inwentaryzowanej budowli. Zestawienie podstawowych parametrów fizycznych, wyznaczonych w oparciu o materiały kartograficzne z lat: 1981, 1981-1985, 1987, 2011 i 2012, przybliży charakterystykę dynamicznych zmian geometrii kopca w czasie prawie 30 lat (1981-2012). Szczegółowe dane zamieszczono w tabeli 1.

Dokonana analiza danych pozyskanych w latach 2011-2012 także umożliwiła szczegółową parametryzację obiektu pod względem podstawowych wielkości fizycznych, jakie charakteryzują przestrzenny model. Odpowiednio modelowane, trójwymiarowe dane przynoszą istotne informacje o zakresie przeprowadzonych prac budowlanych, zrealizowanych w okresie od czerwca do grudnia 2011 r. Inwentaryzacja geodezyjna, przeprowadzona w styczniu 2012 r., pozwoliła na szczegółową analizę wykonanych prac ziemnych. Z dwóch modeli przestrzennych, sporządzonych na podstawie pomiarów czerwcowych (2011 r.) i styczniowych (2012 r.), wynika, że odtworzenie stoku wymagało:

- usunięcia mieszaniny materiałów (tj. gruntu, zniszczonych lub uszkodzonych elementów zbrojenia zbrocza i konstrukcji alejek) ze strefy osuwiskowej;
- przesunięcia zsuniętych i nagromadzonych u podstawy mas ziemnych w stronę zniszczonych alejek.

O wielkości i charakterystyce tych zmian świadczą kierunek i wielkość wektora przesunięcia środka ciężkości fragmentu bryły kopca w formie klina, co zilustrowano w tabeli 3. Wynika z tego, że odbudowa zniszczonego fragmentu zbrocza spowodowała przesunięcie środka ciężkości o wektor 25,3 cm. W trakcie procesu rewitalizacji nastąpił także ubytek naturalny masy rozpatrywanego fragmentu kopca o wielkość 105,5 m³ (tab. 2). Część gruntu została rozplantowana u podstawy budowli, pomiędzy jej południową i południowo-wschodnią krawędzią a kamiennym murem oporowym.

Operowanie modelami bryłowymi pozwala parametryzować kształt obiektu i jego zmiany w czasie w oparciu o wartości fizyczne (tj. pola powierzchni, objętości, środki ciężkości brył) i dokonywać stosownych porównań. Zmiana tych parametrów świadczy o zasięgu robót budowlanych, a w przypadku pomiarów cyklicznych, wykonywanych tą samą technologią pomiarowo-obliczeniowo-graficzną (w oparciu o te same punkty osnowy geodezyjnej), ukazuje także charakterystykę i wielkości odkształceń. Według

Cezarego Tosia i współpracowników²⁶ podział kopca na plastry poziome o wyznaczonych środkach ciężkości umożliwia ilościową analizę zmian geometrii obiektu w czasie. Zmiana objętości określonych plasterów oraz grawitacyjne lub boczne przesunięcie środka ciężkości każdego z nich – świadczą o obecności procesu deformacji. Przyjmując taki model badawczy, należy założyć również określony model pomiarowy, izolujący wyniki obserwacji od pewnych czynników środowiskowych, mogących zniekształcić pozyskiwane dane i końcowy wynik. Do czynników zewnętrznych, które decydować będą o dokładności budowanego modelu, zaliczyć należy:

- zmianę wysokości i gęstości szaty roślinnej pokrywającej powierzchnię budowli;
- gęstość pozyskiwanej chmury punktów budującej kształt modelu kopca;
- sposób przetworzenia zbiorów danych na postać modelu przestrzennego.

Niekonsekwencja i niezachowanie stałości warunków pomiarowych i postprocesingowych mogą doprowadzić do skażenia tworzonych modeli i uniemożliwić odzwierciedlenie w jego formie rzeczywistego przebiegu procesu deformacji.

5. TRZY W JEDNYM, CZYLI VX W INWENTARYZACJI KOPCA

Wykorzystany w inwentaryzacji zestaw pomiarowy jest w istocie narzędziem gromadzenia różnorodnych danych geodezyjnych i fotograficznych. Dzięki wbudowanej w obiektyw kamerze CCD, stworzonej w technologii VISION i zintegrowanej z układem kątomierzczym instrumentu, możliwa jest wizualizacja pola pomiaru na kolorowym ekranie kontrolera Trimble CU tachimetru lub kontrolera zewnętrznego TSC3 oraz tworzenie dodatkowo dokumentacji fotograficznej mierzonych obszarów (przykład rys. 12).

Integracja obu modułów pozwala na podgląd szczegółów sytuacyjnych oraz wybór obszaru skaningu bezpośrednio na ekranie kontrolera (zawężenie pola pomiaru do wybranych i istotnych dla końcowego opracowania obszarów skutkuje oszczędnością czasu). Integracja zdjęć z wewnętrznym układem współrzędnych instrumentu pozwala na wizualizację pikiet pomiaru na ekranie kontrolera, ułatwiając kontrolę pomiaru, a tym samym – eliminując braki w danych przy znaczącym skróceniu czasu związanego z koniecznością prowadzenia szkiców polowych²⁷. Opcja automatycznego skanowania i pokrycia powierzchni siatką punktów umożliwia zatem zdefiniowanie rzeczywistej wielkości deformacji strukturalnych (powierzchniowych) inwentaryzowanego obiektu.

Manualny pomiar kątów i długości w osnowach pomiarowych (w zakładanych do realizacji pracach inwentaryzacyjnych) umożliwia doprecyzowanie wyników. Połączenie precyzji pomiaru wielkości kątowno-liniowych z trybem pomiaru biegunowego (w opcji skanowania przy założeniu dużej rozdzielczości) pozwala uzyskać *quasi*-ciągły model obiektu w postaci chmury punktów o współrzędnych obliczanych bezpośrednio w trakcie pomiaru (w czasie rzeczywistym) w przyjętym układzie współrzędnych. W praktyce model punktowy tworzony jest w rzeczywistej skali, tj. 1:1. Ma to ogromne znaczenie, zwłaszcza w zakresie monitoringu kształtu obiektu oraz zmiany jego geometrii w czasie, dzięki powtarzalności pomiaru. W prezentowanym przykładzie zastosowania istotną zaletą tachimetru jest jego zasięg pomiaru bezzwierzciadlanego, tj. do 150 m, co sprawia, że instrument ten doskonale nadaje się do inwentaryzacji i monitoringu kształtu obiektów

²⁶ C. Toś, B. Wolski, L. Zielina, *op. cit.*, s. 94.

²⁷ R. Gawalkiewicz, *Od ogółu do szczegółu – tachimetr skanujący Trimble VX DR plus w inwentaryzacji zabytkowych obiektów geotechnicznych*, „Geodeta” 2011, nr 11.

nieregularnych (i ich zmian w czasie) o znaczących gabarytach (budowli geotechnicznych: grobli, wałów, nasypów, wykopów, kopców, składowisk i zwałowisk), zwłaszcza obiektów trudno dostępnych, stwarzających bezpośrednie zagrożenie dla zespołów pomiarowych. Połączenie, tj. „sklejenie” zdjęć ze zbiorem punktów i siatką triangulacyjną w jednolitym układzie przestrzennym, pozwala na mapowanie tekstury, czyli urzeczywistnienie efektów modelowania. Niekorzystny kąt padania wiązki może „rozmyć” model w przypadku krawędzi, po których „ślizgają się” kolejne czoła impulsów, co widać na rysunku 13, ukazującym etap mapowania.

Efekty obróbki i przykłady wykorzystania danych przestrzennych (o różnej charakterystyce i sposobie pomiaru), wygenerowanych w procesie inwentaryzacji kopca Niepodległości – Józefa Piłsudskiego, zilustrowano poniżej (rys. 13).

W przypadku detali o uproszczonej geometrii, dostępnych do bezpośredniego pomiaru długości klasycznymi instrumentami (calówki, miarki budowlane), korzystne jest wykonanie szkicu i pomiar tych elementów, które pozwalają na odtworzenie elementu w formie numerycznej na etapie prac „kameralnych” w środowisku CAD. Poprawnie zdefiniowany w przestrzeni zarys wybranych elementów inwentaryzowanego obiektu w połączeniu ze zdjęciami wykonanymi klasycznym aparatem cyfrowym (wykorzystano aparat Fujifilm FinePix S9500) stwarza możliwość uzupełnienia opracowania o szczegóły trudniejsze i bardziej złożone geometrycznie (po kalibracji zdjęcia w oparciu o skartowane uprzednio szczegóły sytuacyjne) i przejście już na model trójwymiarowy. Wynik przyjęcia opisanego powyżej algorytmu graficznego, na przykładzie Krzyża Legionowego stanowiącego integralną część obelisku zlokalizowanego na górnym tarasie widokowym, zilustrowano poniżej na rysunku 14.

Opracowanie modelu przestrzennego kopca

Dzięki wykorzystaniu skanującej stacji roboczej VX Spatial Station Trimble’a możliwe jest uzyskanie bezpośrednio w terenie gotowych danych w postaci współrzędnych przestrzennych XYH w układach „państwowych” (znormalizowanych) lub definiowanych przez użytkownika. Ich trójwymiarowy charakter umożliwia generowanie dowolnej dokumentacji kartograficznej zgodnej z obowiązującymi standardami (urzędowymi normami) i potrzebami określonych służb w środowisku 2D (geodezyjnych, konserwatorskich, budowlanych itp.). Ponadto dane te mogą być poddane obróbce – procesowi modelowania – w programie Trimble 3D RealWorks lub też wczytane do programów środowiska CAD (AutoCAD Civil 3D lub Microstation) i zamienione na bardzo plastyczne i łatwe do interpretacji modele przestrzenne. W procesie modelowania elementy małej architektury kopca Niepodległości, mapowanie i teksturuwanie oraz wizualizacja zostały przeprowadzone w programie 3D RealWorks, zaś budowanie modelu bryłowego – w programie AutoCAD Civil 3D.

Zaletą modeli bryłowych, poza wizualizacją przestrzenną oraz łatwą modyfikacją w czasie na podstawie danych np. z monitoringu geodezyjnego, jest także możliwość generowania parametrów fizycznych obiektu: pola powierzchni, kubatury, oraz mechanicznych, np. wyznaczanie środka ciężkości. Cykliczność pomiarów oraz modelowanie według określonego algorytmu pozwalają na definiowanie zmian tych wartości świadczących o wielkości deformacji obiektu i kierunkach rozwoju tego zjawiska w czasie. Poza tym modelowanie trójwymiarowe daje użytkownikowi możliwość generowania ry-

sunków przekrojowych w dowolnych płaszczyznach, co także stanowi skuteczne narzędzie analityczne w rękach specjalistów na etapie planowania prac z zakresu profilaktyki budowlanej i rewitalizacji budowli (porównanie z dokumentacją archiwalną). Szczególne znaczenie w dokumentacji ruchów masowych odgrywa nowoczesna, geodezyjna baza instrumentalna. Dzięki połączeniu robocznego trybu pomiarowego oraz opcji skanowania laserowego możliwe było precyzyjne udokumentowanie powstałego w 2010 r. na południowo-wschodnim zboczu osuwiska.

Efekt modelowania skutków ruchów masowych (osuwiska) oraz elementów małej architektury kopca Józefa Piłsudskiego zilustrowano na rysunku 15.

Gęsta siatka punktów pomiarowych uzyskanych metodą biegunową przy wykorzystaniu sygnału aktywnego MT 1000 oraz jej przetworzenie na modele warstwiczne i trójwymiarowe dają możliwość pełnej i precyzyjnej interpretacji zaistniałych na powierzchni kopca zmian geometrii. Pomiar wykonany w czerwcu 2011 r. (przed rozpoczęciem prac budowlanych) dostarczył szczegółowych informacji o kształcie powierzchni stoków oraz ich lokalnych deformacjach, ale także o przebiegu linii nieciągłości modelu definiowanych przez krawędzie brukowanych chodników. Przestrzenny model kopca Józefa Piłsudskiego został zbudowany na podstawie:

- 2400 punktów uzyskanych metodą biegunową, przy wykorzystaniu sygnału MT 1000 – powierzchnie zielone na rysunku 16;
- 32 300 punktów pozyskanych metodą skaningu laserowego w strefie osuwiska – powierzchnie brązowe na rysunku 16.

Bryłowy charakter opracowania pozwala generować dowolne przekroje, które na etapie analizy zachodzących procesów i prac projektowych przy przebudowie i zabezpieczeniach są niezwykle przydatne. Połączenie generowanych przekrojów pochodzących z różnych (co najmniej dwóch) „epok pomiarowych” ukazuje charakter i prędkość zachodzenia zmian w dowolnym miejscu na powierzchni budowli. Przykład zmian w wybranym przekroju pionowym zaprezentowano na rysunku 16.

Pomiar zrealizowany w styczniu 2012 r., czyli tuż po zakończeniu remontu, obejmował fragment odrestaurowanego wycinka kopca (rysunek w tab. 3). Inwentaryzacja południowo-wschodniej części budowli dostarczyła 1067 punktów, rozmieszczonych zarówno na krawędziach skarp i brukowanych chodników, jak również na ich powierzchniach. Metoda biegunowa, w odróżnieniu od technologii skaningu, jest co prawda czasochłonna i dostarcza ograniczoną ilość danych przestrzennych, ale o gęstości i rozkładzie punktów na powierzchni decyduje operator, dostosowując stopień zagęszczenia obserwacji do charakterystyki mierzonego elementu i sposobu modelowania detali. Ponadto obserwacje uzyskane z pomiaru nie wymagają filtracji na etapie budowania modelu. W praktyce definiowane w przestrzeni punkty stanowią bezpośrednio miejsce przyłożenia aktywnego sygnału do mierzonej powierzchni, z pominięciem szaty roślinnej oraz innych przeszkód terenowych mogących zdeformować rzeczywisty kształt obiektu. W przypadku bezdotykowych metod pomiarowych, np. skaningu laserowego, filtracja szumów powstałych z odbić impulsów świetlnych od obiektów zlokalizowanych nad mierzoną powierzchnią wymaga wyznaczenia poprawek topograficznych²⁸ lub zastosowania instrumentów, które, wysyłając szereg impulsów o różnych częstotliwościach, potrafią „przebić się” przez niepożądane przeszkody terenowe. W styczniowej

²⁸ I d e m, *Metodyka pomiaru i obróbki danych skaningowych w procesie modelowania na przykładzie inwentaryzacji zabytkowego Kopca Krakusa*, „Przegląd Budowlany” 2007, nr 7-8, s. 65.

inwentaryzacji (w 2012 r.) wykorzystano skaning laserowy tylko do opisu kształtu nowo uformowanych skarp w obszarze zlikwidowanego osuwiska.

6. PROGNOZA ODKSZTAŁCEŃ POWIERZCHNI KOPCA

Z uwagi na wielkość, kształt i zmienność geometrii oraz niejednorodność materiału, z którego usypano kopiec, monitoring deformacji przestrzennych (przemieszczeń poziomych i pionowych) jego bryły stanowi niezwykle złożony proces. Przygotowanie bazy pomiarowej podzielono na dwa etapy:

- **Etap I** – obejmuje wstępne rozpoznanie zjawiska deformacji korony budowli, z naciskiem na określenie stopnia pionowego przemieszczania poszczególnych fragmentów obiektu na podstawie obserwacji zachowania stabilizowanych punktów geodezyjnych. Sposób i miejsce stabilizacji (w przekroju) przedstawiono na schematach w tabeli 4. Interpretacja zmian w obrębie sieci punktów (stabilizacja – w grudniu 2011 r.), pozwoli w przyszłości na sporządzenie projektu ostatecznego rozmieszczenia punktów sieci w postaci linii obserwacyjnych (**etap II**), z uwzględnieniem właściwego doboru stopnia ich zagęszczenia wzdłuż kierunków o największych zmianach (wektorach przemieszczeń) zdefiniowanych w trakcie realizacji wstępnego **etapu I**.
- **Etap II** – obejmował będzie stabilizację punktów tworzących powiązane ze sobą linie obserwacyjne (kątowo-liniowe), zlokalizowane wzdłuż zboczy budowli z uwzględnieniem właściwego zagęszczenia tych linii, dostosowanego do wielkości deformacji zarejestrowanych podczas **etapu I**.

Charakterystyka znaków geodezyjnych wykorzystanych w procesie monitoringu kopca – zrealizowane (etap I)

W sieci obserwacyjnej zrealizowanej na potrzeby monitoringu zmian geometrii kopca wykorzystano punkty geodezyjne o konstrukcji spełniającej obowiązujące obecnie wymogi instrukcji G-1.9 zawierającej *Katalog znaków geodezyjnych oraz zasady stabilizacji punktów*²⁹. Do sygnalizacji punktów sieci wykorzystano znaki o charakterze dwufunkcyjnym, spełniające kryterium stabilizacji jak dla osnowy szczegółowej III klasy, tj.:

- **Gwóźdź geodezyjny 10ZS-75PP** – znak o długości 75 mm, wykonany z wysokiej jakości stali, przeznaczony do stabilizacji w podłożu trwałym, tj. obrzeżach, krawężnikach, nawierzchniach brukowych i asfaltowych. Sferyczny kształt główki oraz wyraźny punkt centralny gwarantują możliwość precyzyjnego wyznaczenia przemieszczeń poziomych i pionowych w procesie prowadzonego monitoringu.
- **Plastmark 50** – znak o budowie modułowej, złożonej z:
 - karbowanego rdzenia ze stali o średnicy F18 mm, zakończonego ostrzem wykonanym z wysokiej jakości stali, umożliwiającej wbicie znaku w każdy rodzaj gruntu; rdzeń otoczony jest płaszczem z wytrzymałego tworzywa

²⁹ Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Instrukcja G-1.9: *Katalog znaków geodezyjnych oraz zasady stabilizacji punktów*, Warszawa 1984.

szlucznego o średnicy F21.4 mm, z poprzecznymi perforacjami oraz dodatkowo specjalnymi „wypustkami oporowymi, przeciwbieżnymi”, uniemożliwiającymi wyrwanie punktu z podłoża przez osoby niepowołane;

- głowicy wykonanej z jaskrawego, pomarańczowego tworzywa dla ułatwienia identyfikacji punktu w terenie; ponadto dzięki specjalnie ozebrowanej głowicy uzyskano niewielką masę, przy zachowaniu dużej wytrzymałości na uszkodzenia mechaniczne (wymiary głowicy 100×100×95 mm);
- kapsła – spełniającego rolę osłony znaku właściwego (rdzeń), a tym samym centrum właściwego znaku geodezyjnego o średnicy F47 mm.

Zaletą znaku jest sposób zabezpieczenia go przed zniszczeniem. Próba wyrwania punktu powoduje zerwanie płaszcza i trzpienia do pierwszej perforacji, co umożliwia odtworzenie pozycji znaku na podstawie pozostałej w gruncie części stalowego rdzenia.

7. PODSUMOWANIE

Pomimo ogromnej kubatury i monumentalnego charakteru kopiec Józefa Piłsudskiego na Sowińcu jest konstrukcją niezwykle delikatną i podatną na oddziaływanie czynników przyrodniczych i działalności człowieka, które mogą wywołać nagle zmiany w strukturze i geometrii budowli. Dlatego w celu prognozowania osuwisk, choć w rzeczywistości jest to niezwykle trudne z uwagi na specyficzny charakter i przebieg zjawiska, ważne jest przygotowanie odpowiedniej bazy pomiarowej (obserwacyjnej).

Dziś integracja nowoczesnych technologii pomiarowych, tj. tachymetrycznych, skaningu laserowego, niwelacji precyzyjnej, satelitarnych GPS, w procesie monitoringu kopca oraz jego szczegółowej inwentaryzacji pozwala pozyskiwać precyzyjne informacje o geometrii obiektu oraz tworzyć bardzo szczegółowe opracowania kartograficzne na płaszczyźnie 2D, jak również łatwe do interpretacji modele przestrzenne 3D. Wykorzystanie określonych technologii pomiarowych w pomiarach cyklicznych (okresowych) w ramach prowadzonego monitoringu geodezyjnego umożliwia także opis jakościowy oraz ilościowy zjawisk deformacji bryły kopca w określonym przedziale czasu.

Destrukcyjne oddziaływanie środowiska na elementy budowli sprawia, że uniknięcie poważnych awarii – w postaci lokalnych odkształceń powierzchni i w konsekwencji osunięć zboczy – wymagać będzie współpracy służb geodezyjnych oraz konserwatorskich w ramach prowadzonej profilaktyki budowlanej. Przeprowadzone w latach 90. XX w. prace konserwatorskie, zmierzające do zabezpieczenia konstrukcji kopca przed osunięciami zboczy (z wykorzystaniem do tego celu sprawdzonych na świecie innowacyjnych technologii, opartych o zasady gruntów zbrojonych siatką „geoweb”), nie przyniosły zamierzonego rezultatu.

Obecny stan budowli, sposób jej zabezpieczenia przed destrukcyjnym oddziaływaniem czynników atmosferycznych, wrażliwa jakość gruntu, z którego usypano obiekt, jak również skutki błędów popełnionych w trakcie poprawy jego stanu podczas kilku ostatnich działań rewitalizacyjnych dla zachowania funkcji użytkowej obiektu oraz bezpieczeństwa jej użytkowników – powodują, że kopiec Józefa Piłsudskiego wymaga stałej opieki geodezyjnej. Ważne jest, aby w porę diagnozować przyczyny nawet niewielkich deformacji i na bieżąco je likwidować. Łatwiej jest zapobiegać, niż usuwać skutki rzeczywistych zniszczeń, jakie miały miejsce już wielokrotnie w przeszłości, ostatnio np. w latach 1996, 1997 i 2010.

Przeprowadzone dwukrotnie w 2011 r. obserwacje geodezyjne w ramach inwentaryzacji osuwiska (pomiar w czerwcu 2011 r.) oraz odtworzonych skarp i chodników (pomiar w grudniu 2011 r., tuż po zakończeniu etapu rewitalizacji) pozwoliły na zbudowanie, przy wykorzystaniu programu AutoCAD Civil 3D, rzeczywistego modelu budowli w skali 1:1 z uwzględnieniem elementów małej architektury. Model ten będzie stanowił odniesienie dla dalszych, planowanych w przyszłości prac geodezyjnych (w ramach monitoringu geodezyjnego) zarówno w celu rejestracji i kontroli stabilności geometrii konstrukcji, jak również dla identyfikacji lokalnych zniekształceń sygnalizujących procesy degradacji kopca, w tym także osuwisk. Każdy obszar terenu lub obiekt ziemny, który jest narażony na powstanie osuwisk, należy traktować indywidualnie, biorąc pod uwagę różnorodny zespół warunków charakterystycznych dla jego przebiegu³⁰. Właściwe rozwiązanie konkretnego problemu osuwiskowego możliwe jest zatem tylko w oparciu o znajomość warunków, w jakich zachodzi to zjawisko, i przy uwzględnieniu wszystkich czynników mających wpływ na jego genezę i rozwój.

Przedstawione w niniejszym opracowaniu wyniki pomiarów, analiz oraz parametryzacja zabytku stanowią początek procesu planowanego monitoringu obiektu. Realizując założenia zawarte w cytowanych ustawach, autorzy zrealizowali już pierwszy etap przygotowania pola pomiarowego, stabilizując punkty ziemne typu Plastmark 50, które posłużą do wyznaczania wielkości przemieszczeń pionowych struktur ziemnych budowli. Ponadto zaplanowano stabilizację punktów sytuacyjno-wysokościowej sieci obserwacyjnej w obrzeżach chodników, które pozwolą w przyszłości określić wielkości przemieszczeń poziomych oraz pionowych brukowanych traktów pieszych, ściśle związanych z gruntem nasypowym stożka. Dotychczas stworzony model sieci obserwacyjnej w połączeniu z planowaną jej rozbudową w przyszłości ma w niedługim czasie dostarczyć informacje o stopniu podatności budowli na wpływy czynników atmosferycznych oraz o kierunkach rzeczywistych odkształceń mogących stworzyć realne zagrożenie dla bryły odrestaurowanego dziś kopca.

BIBLIOGRAFIA

Akty prawne, instrukcje i wytyczne

Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Instrukcja G-1.9: *Katalog znaków geodezyjnych oraz zasady stabilizacji punktów*, Warszawa 1984.

Polska Norma – Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości, PN-81/B03020: *Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli*.

Prawo ochrony środowiska, Dz. U. z 15 dnia lutego 2008 r., nr 25, poz. 150, z późniejszymi zmianami. *Propozycja zwieńczenia kopca*, „Dziennik Polski” 2007, nr 83.

Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami, Dz. U. z dnia 17 września 2003 r., nr 162, poz. 1568, z późniejszymi zmianami.

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, Dz. U. z 1994 r., nr 89, poz. 414, z późniejszymi zmianami.

Opracowania

Adamczewski J., *Kraków od A do Z*, Warszawa 1986.

Fischer I., *Historia kopca Józefa Piłsudskiego na Sowińcu*, cz. 1: *Od pomysłu do śmierci patrona*, „Sowiniec” (Kraków) 2002, nr 21.

³⁰ A. Kleczkowski, *op. cit.*

- Gill G., *Kopce w krajobrazie kulturowym Polski*, Kraków 2002.
- Gawalkiewicz R., *Metodyka pomiaru i obróbki danych skaningowych w procesie modelowania na przykładzie inwentaryzacji zabytkowego Kopca Krakusa*, „Przegląd Budowlany” 2007, nr 7-8.
- Gawalkiewicz R., *Od ogółu do szczegółu – tachimetr skanujący Trimble VX DR plus w inwentaryzacji zabytkowych obiektów geotechnicznych*, „Geodeta” 2011, nr 11.
- Kleczkowski A., *Osuwiska i zjawiska pokrewne. Terminologia, charakterystyka zjawisk, przyczyny powstawania, metody badań, klasyfikacja, literatura*, Warszawa 1955.
- Supergan F., *Bojownikiem o wolność – Naród*, nakł. autora, Przemyśl 1932.
- Toś C., Wolski B., Zielina L., *Zastosowanie tachimetru skanującego w praktyce geodezyjnej*, „Czasopismo Techniczne” R. 107, 2010, z. 16.
- Wolski B., *Monitoring metrologiczny obiektów geotechnicznych*, Kraków 2006.

Netografia

- www.geodezyjni.soteshop.pl/punkt-pomiarowy-graniczny-plastmark-40cm-50cm.html
- www.krakow.friko.pl/remont_kopca_pilsudskiego.html
- www.krakow.travel/przewodnik/zwiedzamy-krakow/kopce
- www.krakow4u.pl/kopiec_pilsudskiego.html
- www.mmkrakow.pl/378767/2011/7/13/kopiec-pilsudskiego-zamkniety
- www.polskalokalna.pl/raport/poludnie-polski-walczy-z-woda
- www.sowiniec.com.pl/php/8_o_sowincu
- www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Kopiec_Pi%C5%82sudskiego_1938.jpg
- www.wiadomosci.wp.pl/Ziemia-ze-Smolenska-juz-zlozona-w-Kopcu-Pilsudskiego
- www.wyborcza.pl
- www.zywa-woda.ovh.org/stary%20cmentarz

SUMMARY

The employment of modern geodesic technology in the analysis of the Józef Piłsudski Mound

The mounds in Kraków belong to the category of special works of engineering in Poland due to their structure, shape and purpose. They were constructed throughout the centuries of the existence of the Polish state thanks to a series of social initiatives as objects of religious cult, places where special events or people who contributed to the formation of Polish statehood were commemorated. Today, thanks to their remarkable position, towering over the city, they constitute a perfect overlook which offers a great panorama of Kraków and the adjacent regions. Despite the fact that these structures are subject to conservatory maintenance, they are susceptible to permanent deformations of geometry. To ensure the safety of these structures they should be periodically monitored by the geodesic service and scientific institutions. Due to their very delicate and peculiar structure, the mounds are particularly susceptible to the influence of changing atmospheric conditions. The latter repeatedly caused damage of the earth structure i.e. landslides. The influence of natural forces and human activity frequently caused considerable changes in the appearance of these structures. The form of the Józef Piłsudski Mound in Sowiniec deserves special attention as the greatest structure of this kind in Poland. The study familiarises the reader with the contemporary history of the mound seen through the eyes of a geodesist thanks to the presentation of contemporary cartographic research made during the last 30 years which are preserved in the archives of the Committee for the Maintenance of the Józef Piłsudski Mound and of the Municipal Centre of Geodesic and Cartographic Documentation in Kraków. Furthermore, the author presents in his article the results of a detailed analysis of its structure with reference to decorative structures. The analysis was conducted with the aid of the most recent geodesic technology furnished by Trimble and computer technology which facilitated the parametrisation of the geometry of the structure and a representation of its current state.

KEY WORDS:

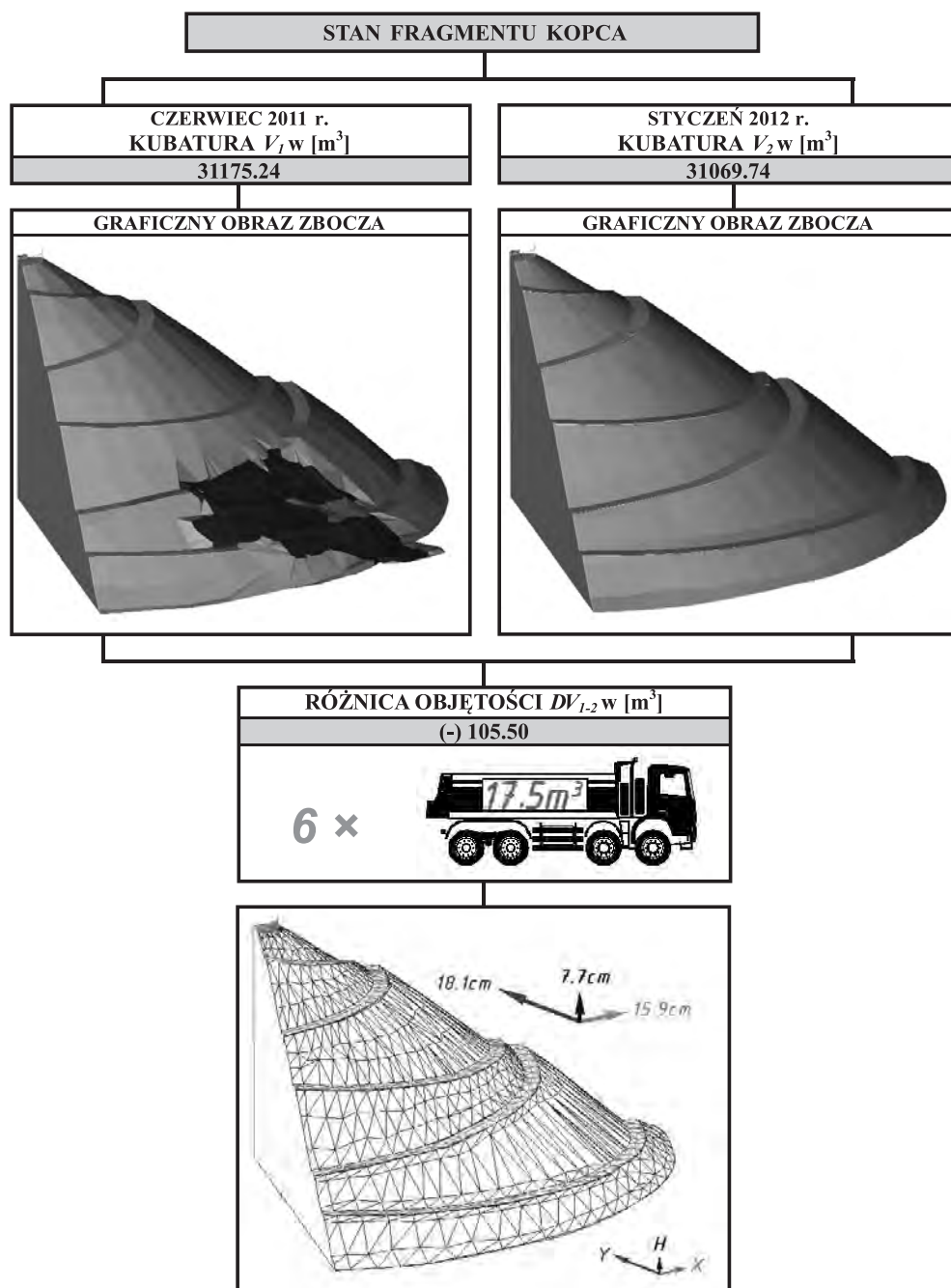
Józef Piłsudski Mound, Sowiniec, geodesic technology, geodesic research of the Józef Piłsudski Mound

Data opracowania	1981	1981- -1985	1987	VI 2011	XII 2011
Wysokość maksymalna [m n.p.m.]	383,54	383,51	382,70	382,52	382,53
Wysokość minimalna [m n.p.m.]	349,82	349,73	349,67	349,62	349,62
Wysokość kopca [m]	33,72	33,78	33,03	32,90	33,91
Pole powierzchni [m ²]	9536	9854	9848	9888	9818
Obwód podstawy [m]	364,5	355,0	352,6	359,9	352,6
Wykres zmian maksymalnych wysokości kopca w latach 1981-2011					

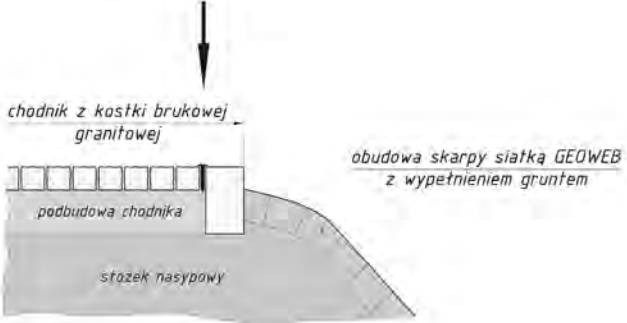

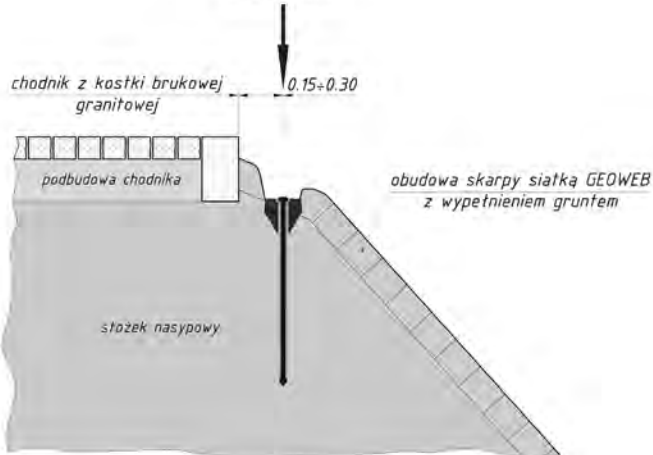

Tab. 1. Zestawienie podstawowych parametrów geometrycznych kopca Józefa Piłsudskiego

Zdjęcie obiektu (z 1938 r.)		Zdjęcie obiektu (z 2011 r.)		
<small> fot. wikipedia.org/wiki/Kopiec_Pi%C5%82sudskiego_1938.jpg</small>		<small> fot. R. Gawalkiewicz (06.2011 r.)</small>		
Parametr	Wartość parametru	Parametr	Wartość parametru	
			IV 2011 r.	I 2012 r.
Średnica podstawy	113 m, 111 m, 110m	Średnica podstawy	112.75 m	112.75 m
Objętość	130 000 m ³	Objętość	117 342 m ³	117 236.5 m ³
Wysokość całkowita	34 m, 35 m, 36 m	Wysokość całkowita	min. 31.70 m max. 32.90 m	min. 31.71 m max. 32.91 m
Rzędna terenu	383.6 m. n.p.m.	Rzędna terenu	max. 382.52 m n.p.m.	max. 382.53 m n.p.m.
Pole powierzchni	7 600 m ²	Pole powierzchni	9 888 m ²	9 818 m ²

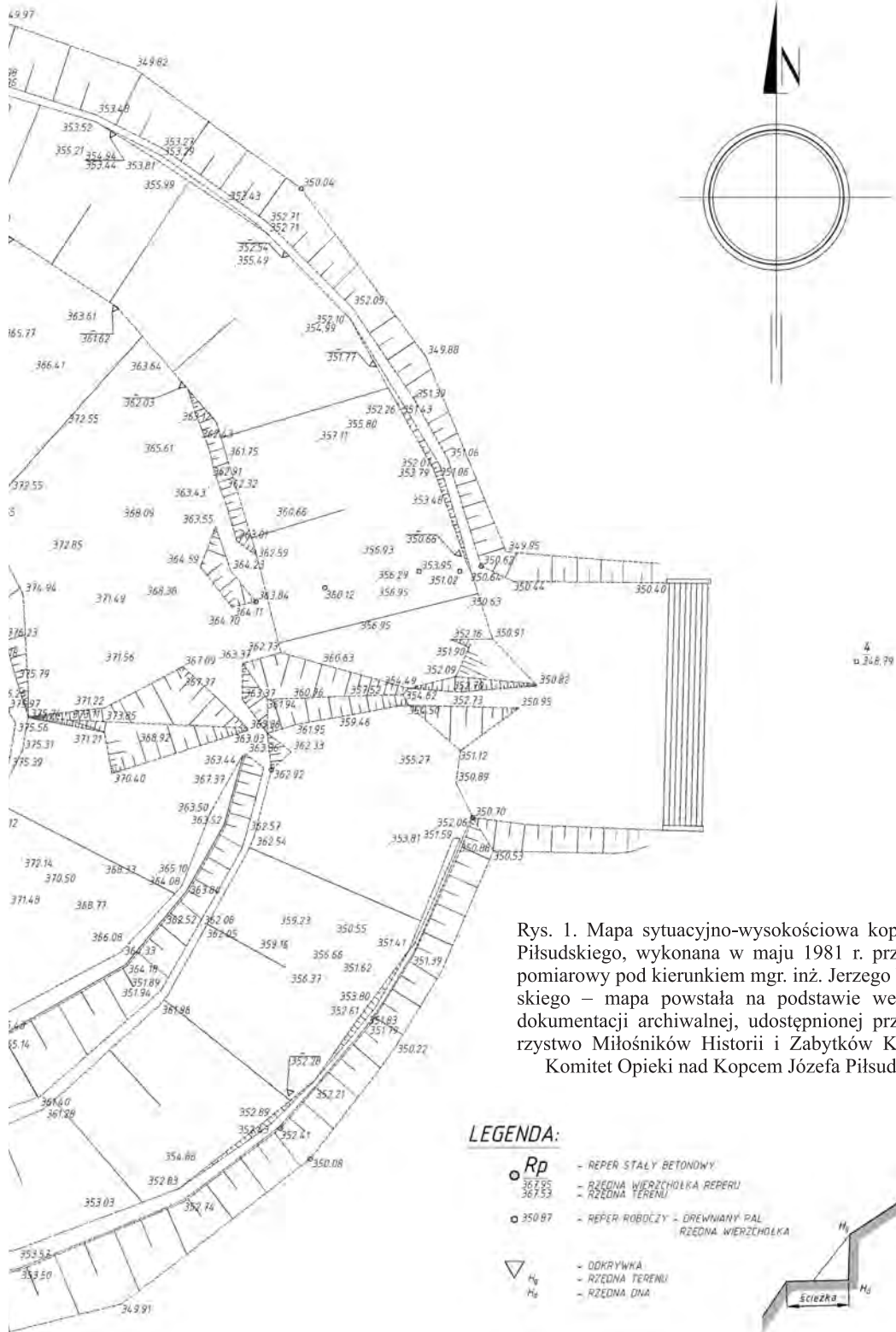
Tab. 2. Charakterystyka historyczna i współczesna kopca



Tab. 3. Parametryzacja kopca w obrębie zrewitalizowanego fragmentu w 2011 r.

Schemat lokalizacji punktów	Typ stabilizacji
<p data-bbox="345 329 490 396">punkt pomiarowy typu 10ZS-75PP długość 7,5cm</p> 	<p data-bbox="950 320 1083 347">10ZS-75PP</p> 
<p data-bbox="422 797 568 864">punkt pomiarowy typu PLASTMARK długość 50cm</p> 	<p data-bbox="911 778 1117 806">PLASTMARK 50</p> 

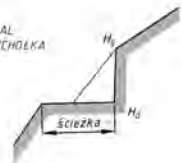
Tab. 4. Sposób stabilizacji punktów sieci obserwacyjnej na kopcu Józefa Piłsudskiego

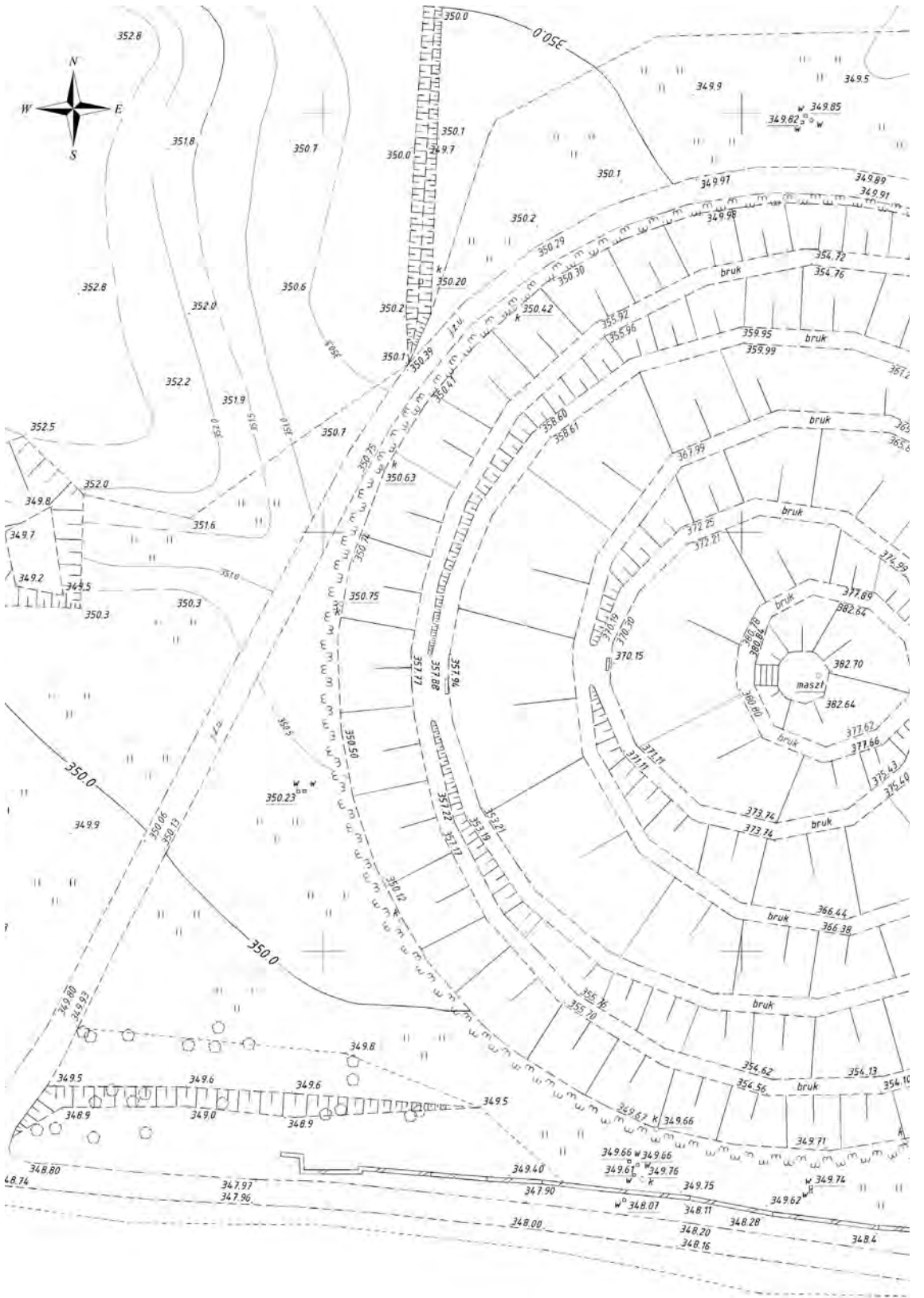


Rys. 1. Mapa sytuacyjno-wysokościowa kopca Józefa Piłsudskiego, wykonana w maju 1981 r. przez zespół pomiarowy pod kierunkiem mgr. inż. Jerzego Wesołowskiego – mapa powstała na podstawie wektoryzacji dokumentacji archiwalnej, udostępnionej przez Towarzystwo Miłośników Historii i Zabytków Krakowa – Komitet Opieki nad Kopcem Józefa Piłsudskiego

LEGENDA:

- Rp - REPER STAŁY BETONOWY
- 367.55 - RZĘDNA WIERZCHOŁKA REPERU
- 367.53 - RZĘDNA TERENU
- 350.97 - REPER ROBÓCZY - DREWNIANY PAL
- - RZĘDNA WIERZCHOŁKA
- ▽ H_g - ODKRYWKA
- ▽ H_d - RZĘDNA TERENU
- ▽ - RZĘDNA DNA





1:20000
1:20000

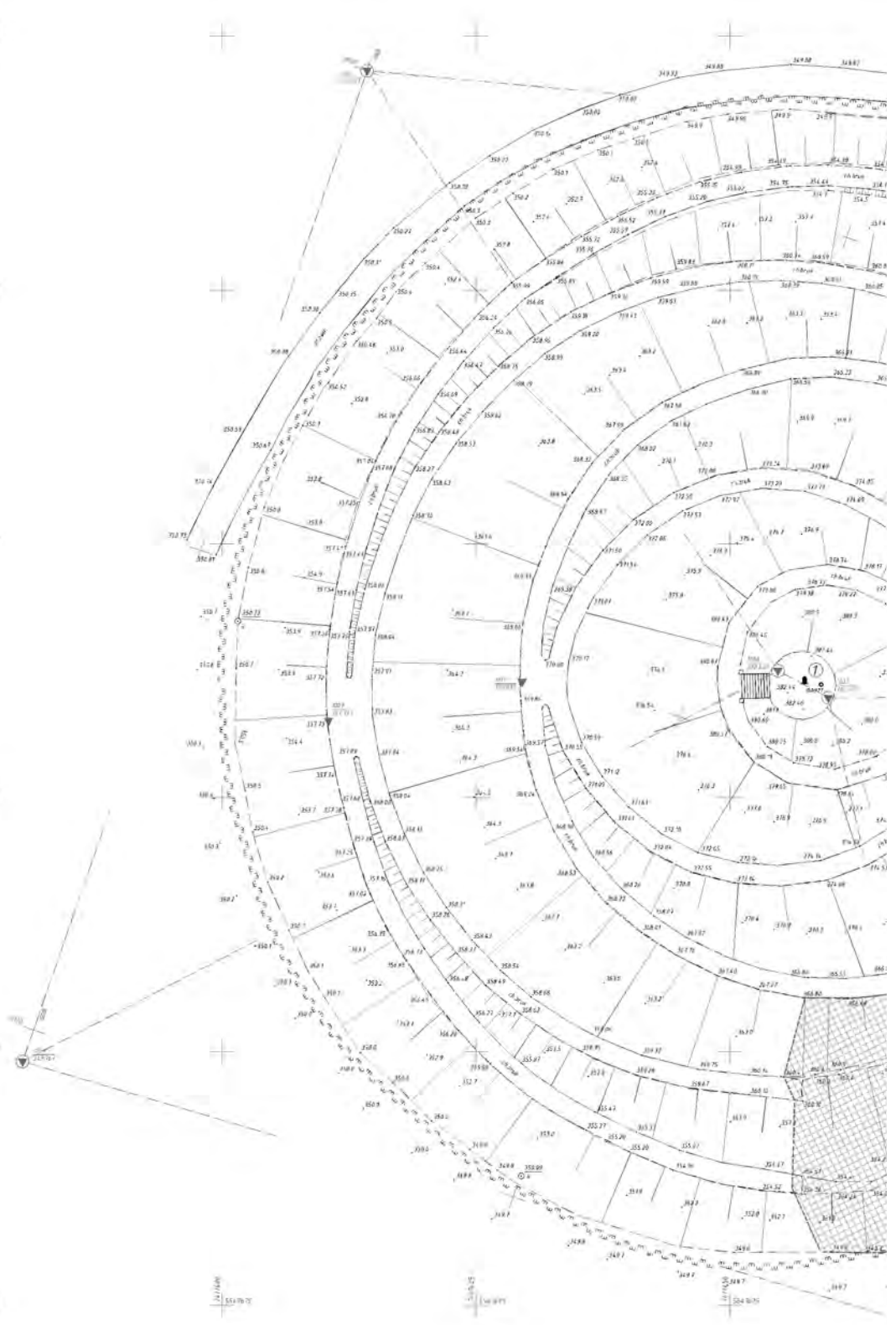
1:20000
1:20000

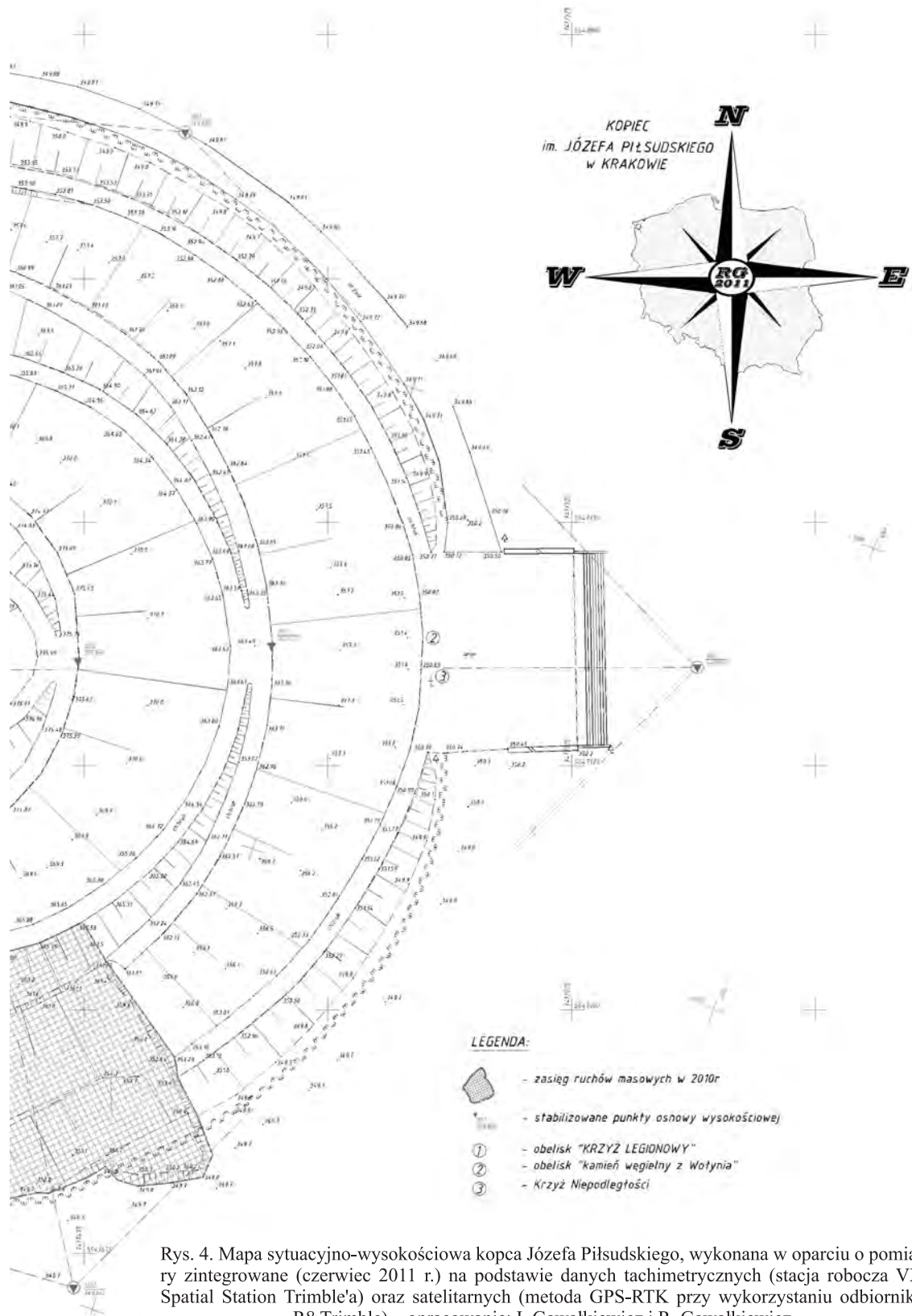
1:20000
1:20000

1:20000
1:20000

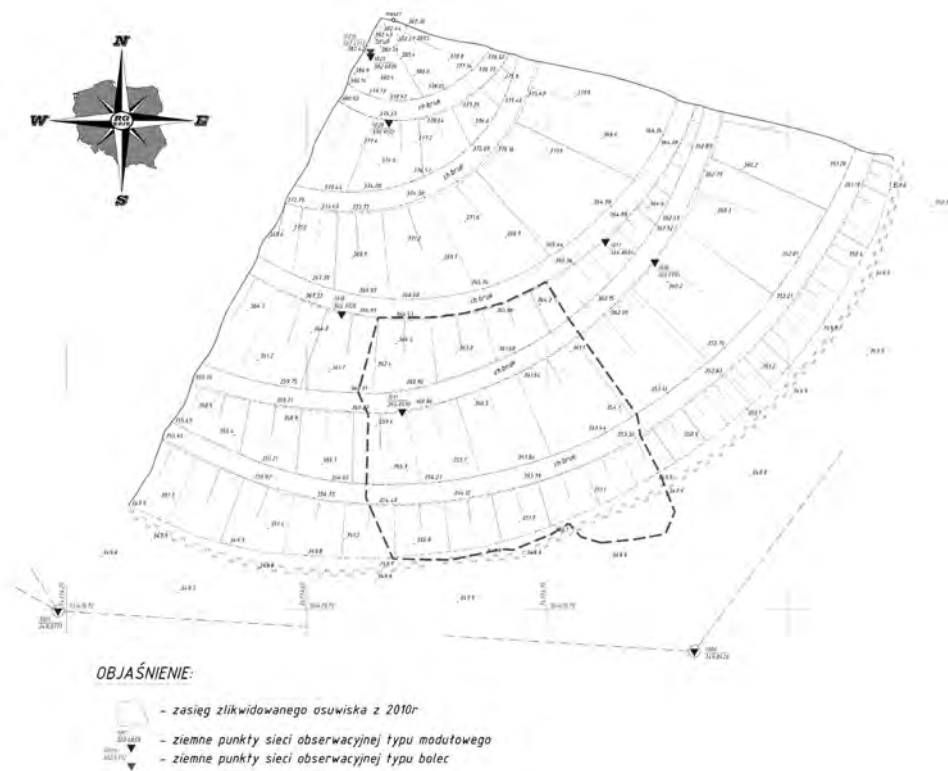
1:20000
1:20000

1:20000
1:20000



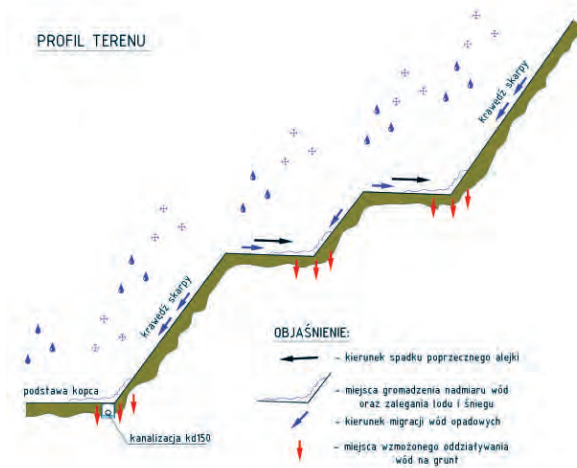


Rys. 4. Mapa sytuacyjno-wysokościowa kopca Józefa Piłsudskiego, wykonana w oparciu o pomiary zintegrowane (czerwiec 2011 r.) na podstawie danych tachimetrycznych (stacja robocza VX Spatial Station Trimble'a) oraz satelitarnych (metoda GPS-RTK przy wykorzystaniu odbiornika R8 Trimble) – opracowanie: I. Gawalkiewicz i R. Gawalkiewicz



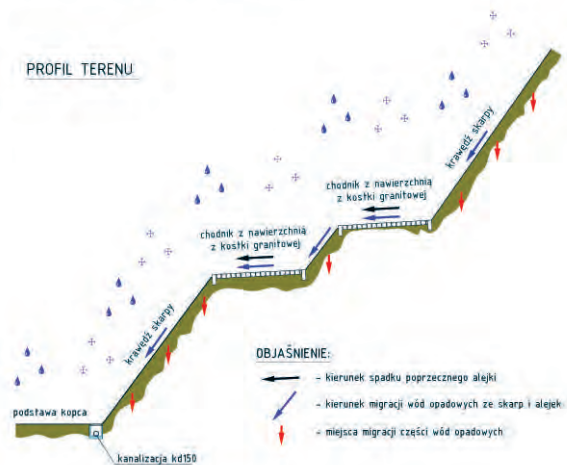
Rys. 5. Mapa sytuacyjno-wysokościowa odtworzonego fragmentu kopca Józefa Piłsudskiego sporządzona na podstawie pomiaru tachymetrycznego stacją roboczą VX Trimble z wykorzystaniem sygnału aktywnego MT 1000 (pomiar styczeń 2012 r.)
 – pomiar i opracowanie: I. Gawalkiewicz i R. Gawalkiewicz

PIERWOTNY PROFIL CHODNIKÓW W PRZEKROJACH POPRZECZNYCH

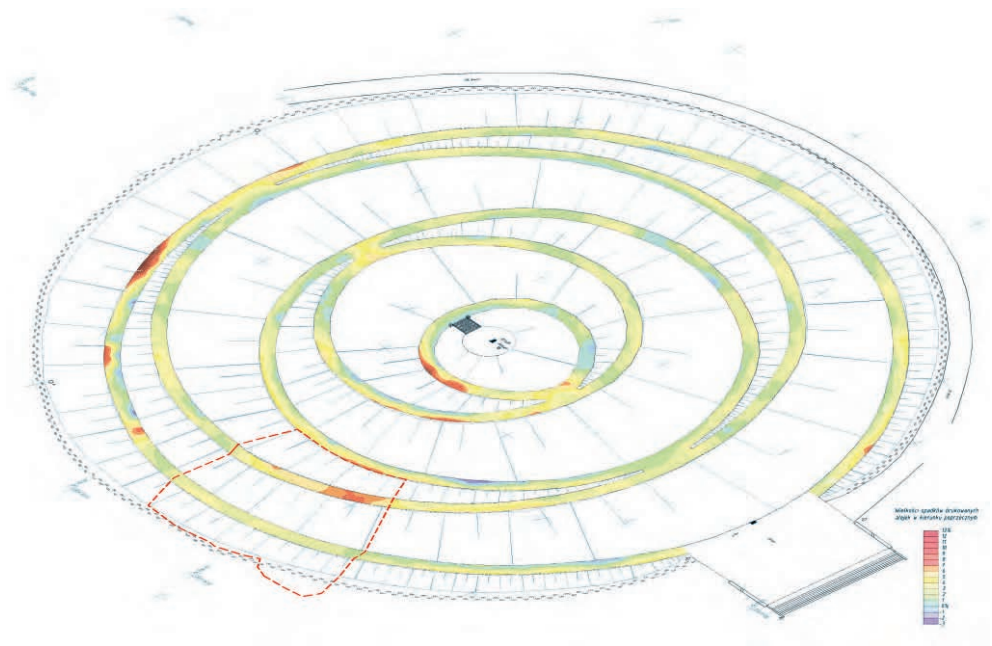


Rys. 6. Sposób kształtowania zboczy i ziemnych alejek spacerowych do 1985 r.

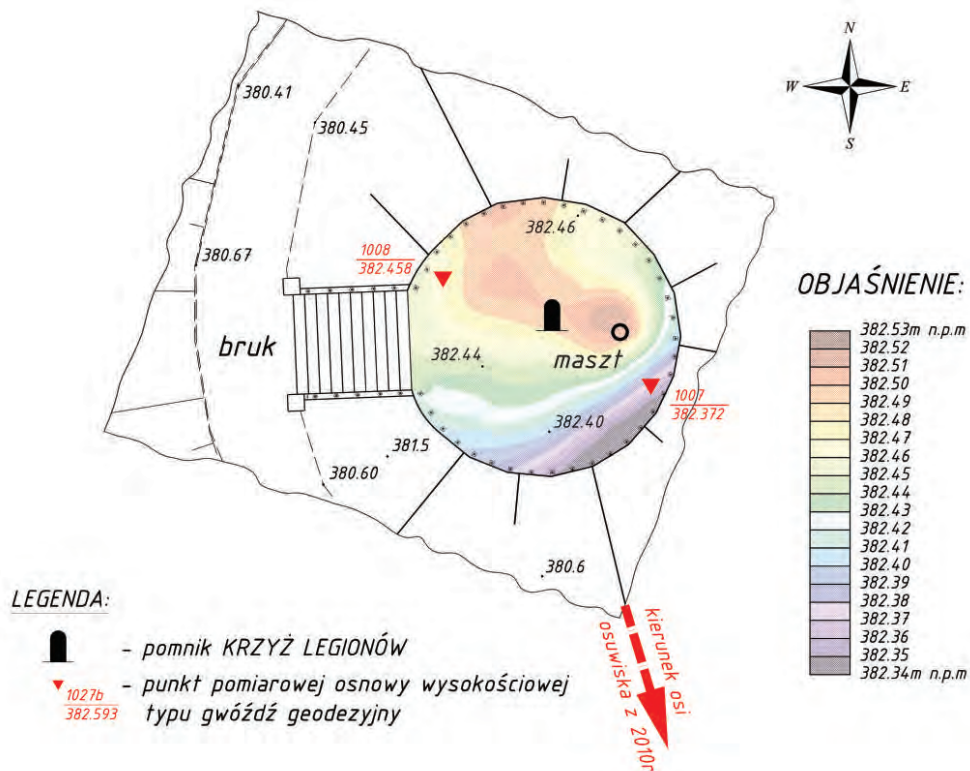
OBECNY PROFIL CHODNIKÓW W PRZEKROJACH POPRZECZNYCH



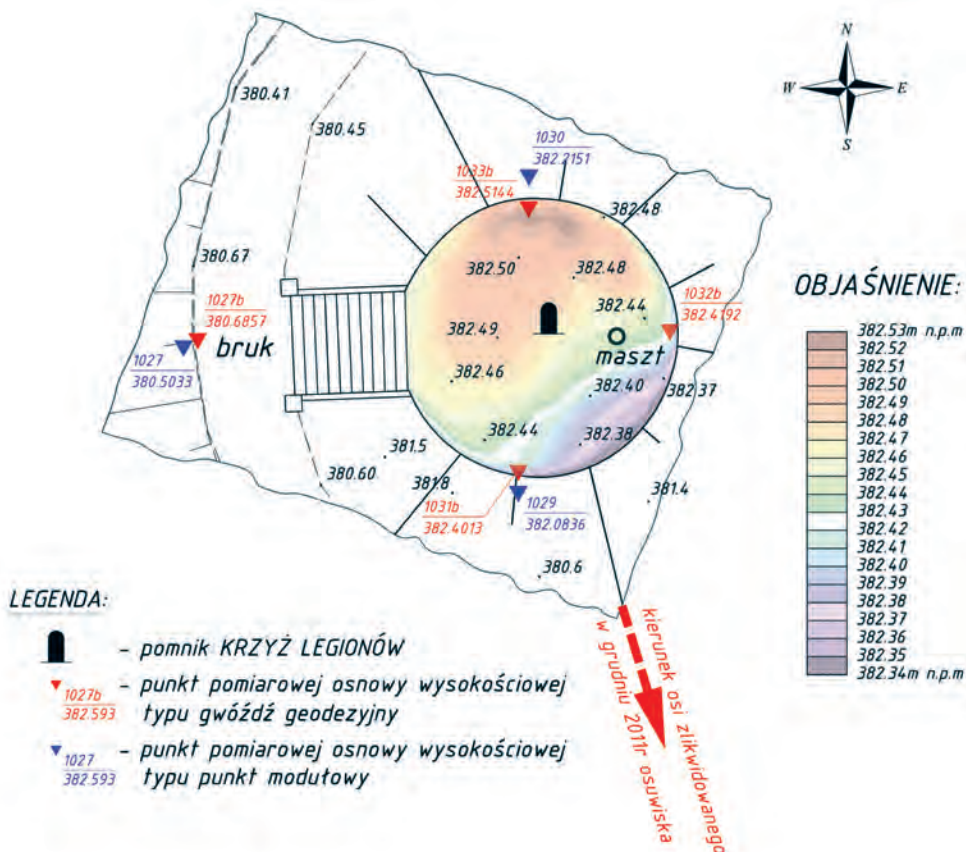
Rys. 7. Sposób kształtowania zboczy i brukowanych alejek spacerowych po 1985 r.



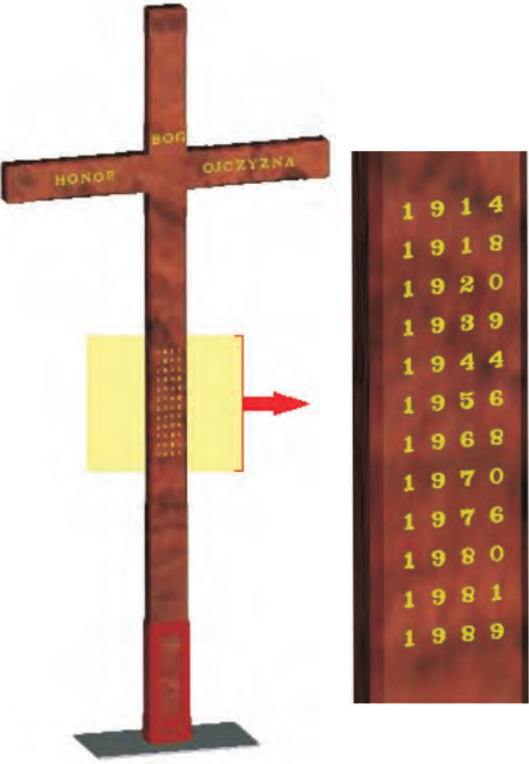
Rys. 8. Mapa sytuacyjno-wysokościowa kopca Józefa Piłsudskiego, wykonana w marcu 1987 r. pod kierunkiem mgra inż. J. Studnickiego (mapa powstała na podstawie wektoryzacji rastrów pozyskanych z bazy danych Wydziału Geodezji PODGiK w Krakowie).



Rys. 9. Mapa warstwiczna powierzchni brukowanej (regularna kostka) platformy górnej kopca Józefa Piłsudskiego
Pomiar – czerwiec 2011 r. (przed odbudową)

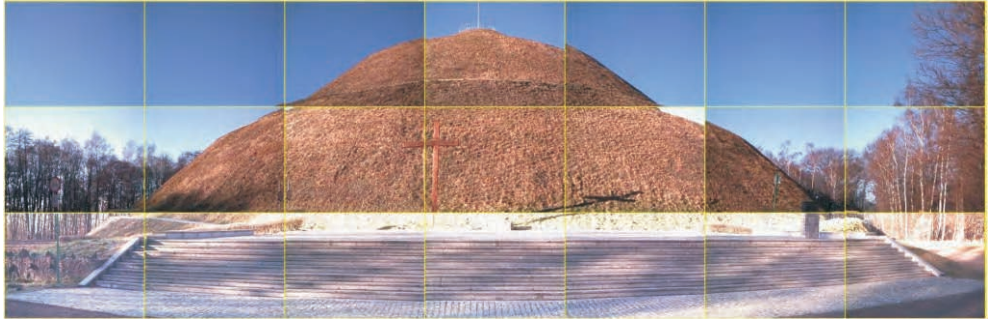


Rys. 10. Mapa warstwicowa powierzchni brukowanej (regularna kostka) platformy górnej kopca Józefa Piłsudskiego
Pomiar – styczeń 2012 r. (po rewitalizacji)

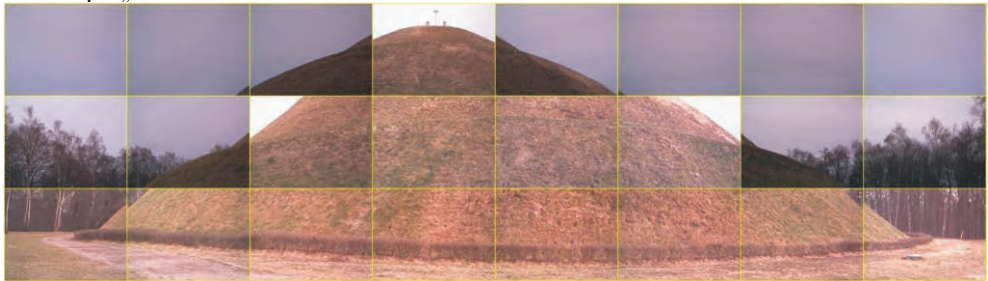
MODEL PRZESTRZENNY KRZYŻA I DETAL	DATA	WYDARZENIE
	<p>- 1914</p> <p>- 1918</p> <p>- 1920</p> <p>- 1939</p> <p>- 1944</p> <p>- 1956</p> <p>- 1968</p> <p>- 1970</p> <p>- 1976</p> <p>- 1980</p> <p>- 1981</p> <p>- 1989</p>	<p>WYMARSZ I KOMPANII KADROWEJ</p> <p>ODZYSKANIE NIEPODLEGŁOŚCI PRZEZ POLSKĘ</p> <p>BITWA WARSZAWSKA</p> <p>AGRESJA NIEMIECKA I SOWIECKA NA POLSKĘ</p> <p>POWSTANIE WARSZAWSKIE I AKCJA „BURZA”</p> <p>POWSTANIE POZNAŃSKIE</p> <p>STUDENCKIE PROTESTY W NIEKTÓRYCH MIASTACH POLSKI</p> <p>PROTESTY ROBOTNIKÓW WYBRZEŻA</p> <p>STRAJKI ROBOTNICZE M.IN. W RADOMIU, WARSZAWIE (URSUSIE) I PŁOCKU</p> <p>STRAJKI I POWSTANIE NSZZ „SOLIDARNOŚĆ”</p> <p>STAN WOJENNY W PRL, STRAJK W KOPALNI „WUJEK” W KATOWICACH</p> <p>PIERWSZE CZĘŚCIOWO WOLNE WYBORY PARLAMENTARNE W PRL</p>

Rys. 11. Przestrzenny model Krzyża Niepodległości oraz objaśnienie symboliki dat

Widok kopca „okiem” tachimetru ze stanowiska 1001



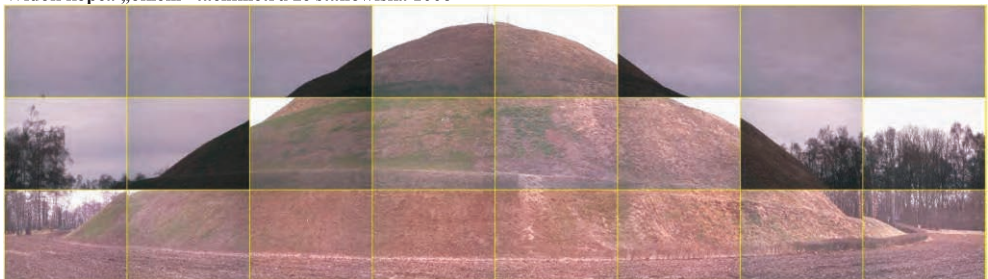
Widok kopca „okiem” tachimetru ze stanowiska 1004



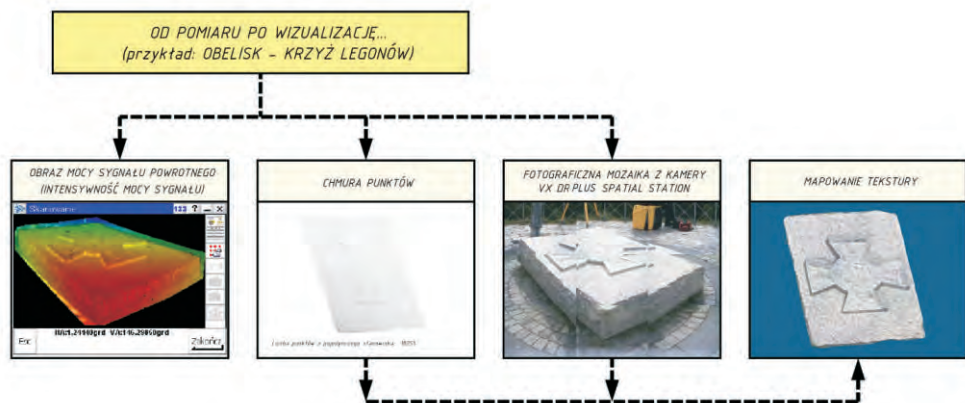
Widok kopca „okiem” tachimetru ze stanowiska 1005



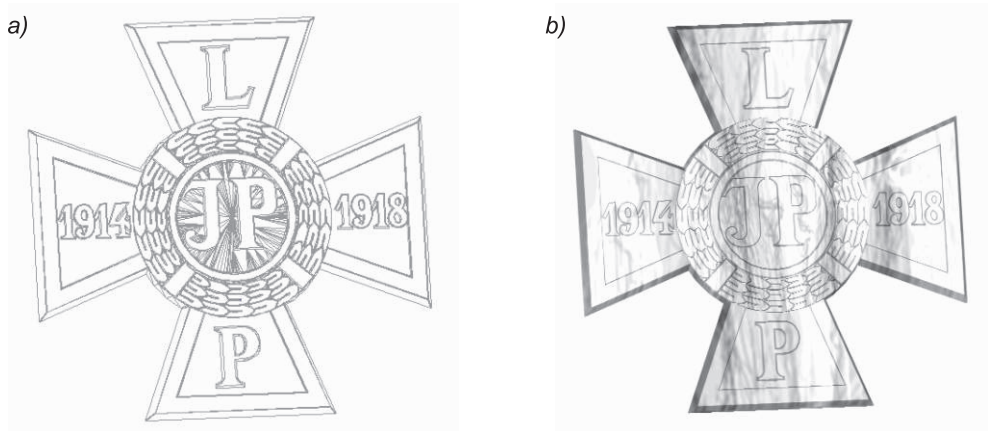
Widok kopca „okiem” tachimetru ze stanowiska 1006



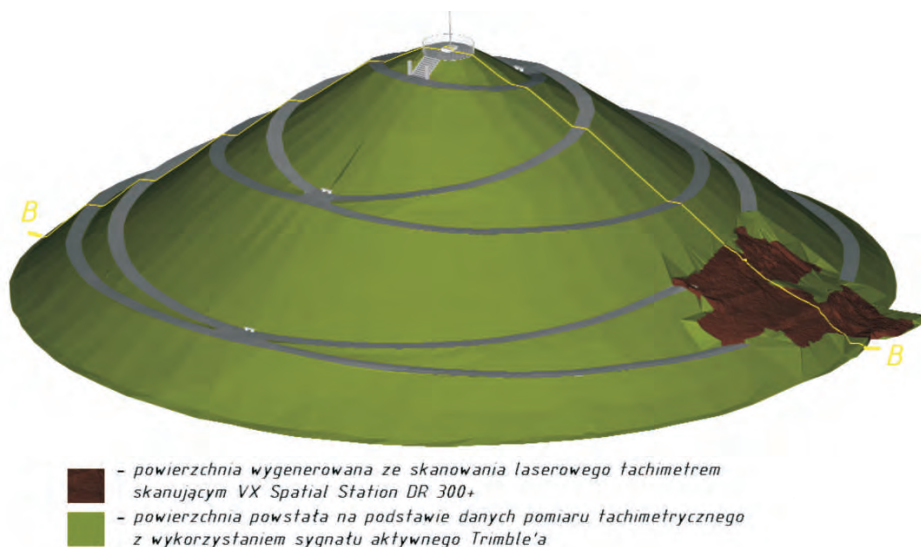
Rys. 12. Fotograficzna mozaika ze zdjęć wykonanych podczas procesu skanowania tachimetrem VX Spatial



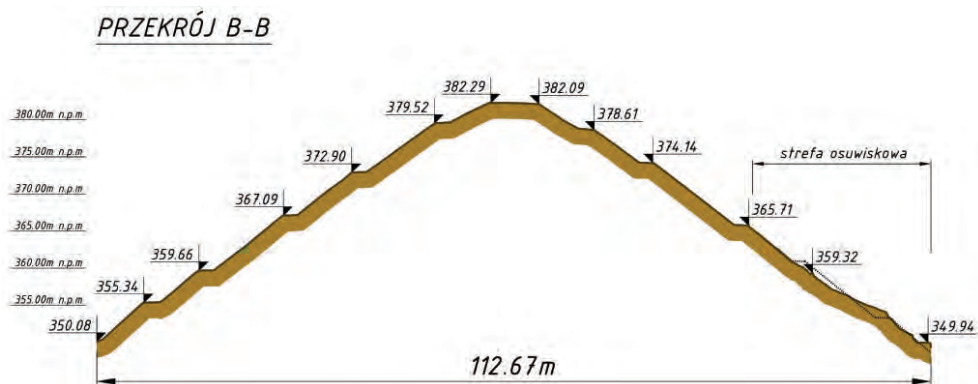
Rys. 13. Przykład wykorzystania opcji skanowania laserowego tachimetru VX Spatial Station w inwentaryzacji i wizualizacji elementów małej architektury kopca Józefa Piłsudskiego



Rys. 14. Wynik opracowania przestrzennego Krzyża Legionów na podstawie klasycznej inwentaryzacji z wykorzystaniem podstawowych narzędzi pomiaru długości i zdjęć cyfrowych a – wizualizacja modelu szkieletowego, b – nałożenie tekstury granitowej „GRAY MARBLE” z biblioteki AutoCAD-a



Rys. 15. Model kopca Józefa Piłsudskiego wykonany na podstawie danych pomiarowych z czerwca 2011 r. (przed rozpoczęciem prac budowlanych)



OBJAŚNIENIA:

- rzeczywisty profil kopca (06.2011r)
- pierwotny profil kopca (sprzed 2010r)

Rys. 16. Przekrój pionowy B-B wygenerowany w osi osuwiska zbocza południowo-wschodniego wykonany na podstawie zintegrowanych danych pomiarowych z czerwca 2011 r. (przed rozpoczęciem prac budowlanych) oraz dokumentacji archiwalnej (z 1987 r.)