

STEFAN ZYKUBEK

528.546

Niwelator hydrostatyczny

W Instytucie Geodezji i Kartografii zaprojektowano i zbudowano prototyp niwelatora hydrostatycznego, z przeznaczeniem dla zapór wodnych i innych obiektów wymagających stałej i częstej kontroli osiadań.

Prototyp należy do licznej grupy przyrządów pomiarowych, konstruowanych i badanych w IGiK w ramach prac planowych, bądź na zamówienie zainteresowanych instytucji.

Projektowanie i prowadzenie badań prototypów urządzeń pomiarowych, ma na celu uzyskanie najwłaściwszych rozwiązań w zakresie konstrukcji oraz warunków obsługi instalowanych przyrządów, dla zapewnienia najwyższej precyzji pomiarowej, wymaganej przy badaniu określonych obiektów.

Tematem niniejszego opracowania jest urządzenie służące do precyzyjnego wyznaczania zmian różnic wysokości, czyli tzw. przemieszczeń pionowych.

Przy projektowaniu niwelatora uwzględniono możliwości technologiczne pracowni mechanicznej IGiK oraz możliwości zakupu materiałów na rynku krajowym.

Fakt ten obok korzyści związanych z prostotą konstrukcji, posiada również znaczenie ekonomiczne, z uwagi na niski koszt produkcji niwelatora w stosunku do niwelatora niemieckiego podobnej klasy, a także pozwala zaoszczędzić dewizy, które trzeba by wydać na zakup podobnego urządzenia za granicą.

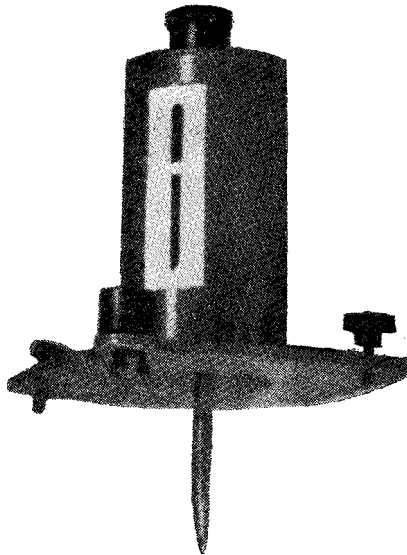
Omawiane urządzenie pomiarowe składa się z dwóch zasadniczych części:

- 1) 2 egz. przenośnych urządzeń pomiarowych, mocowanych na stanowiskach pomiarowych na czas wykonania obserwacji.

- 2) Stałej instalacji naczyń połączonych, zastabilizowanych trwale na obiekcie badanym, w sposób tworzący jednolitą sieć pomiarową.

1. Urządzenie pomiarowe

Przenośne urządzenie pomiarowe posiada mało skomplikowaną budowę, opartą w działaniu na zasadzie śruby mikrometrycznej. Nominalna dokładność odczytowa wynosi 0,02 mm. Rys. 1, 2 i 3 ilustrują kształt i konstrukcję urządzenia pomiarowego. Mechanizm pomiarowy umieszczony jest w obudowie cylindrycznej. Dolna podstawa korpusu odbudowy posiada poszerzenie w kształcie eliptycznym, w którym znajdują się śruby sprzęgowe, służące do zamocowania urządzenia na stanowisku pomiarowym.



Rys. 1. Przenośne urządzenie pomiarowe niwelatora hydrostatycznego.

Podstawowym elementem mechanizmu pomiarowego, jest precyzyjnie wykonana śruba z gwintem metrycznym o skoku $h = 1$ mm. Śruba ta o długości ok. 70 mm, ustawiona pionowo w łożyskach zamocowanych w korpusie obudowy, powoduje przesuwanie części ruchomej.

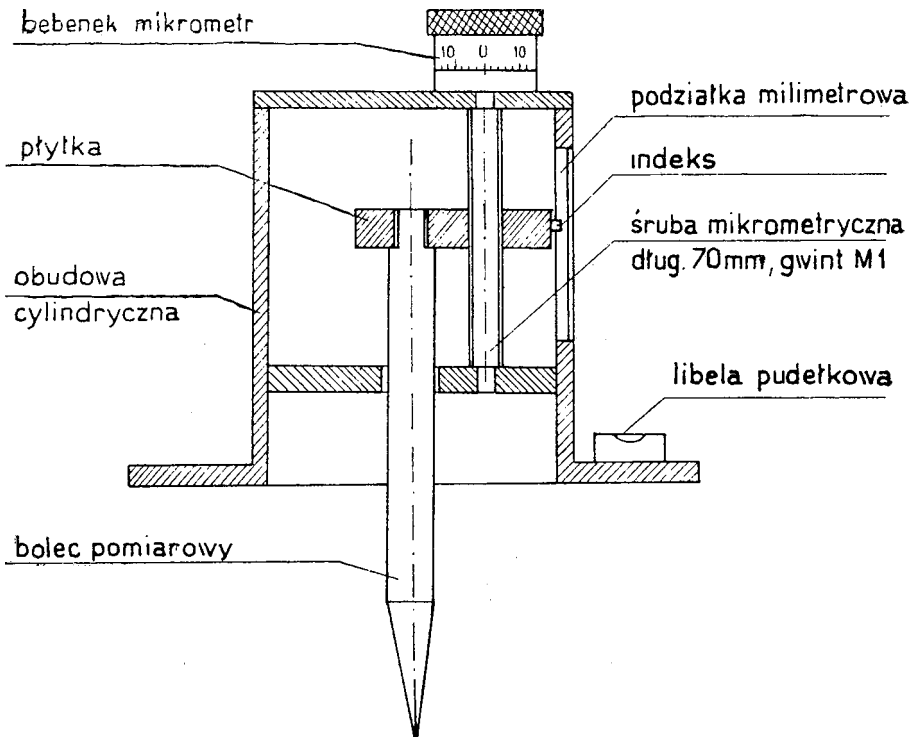
Na górnym końcu śruby wychodzącej ponad obudowę, znajduje się bębenek mikrometryczny, z podziałem na 50 części, który służy jednocześnie jako pokrętko śruby.

Część ruchoma — przesuwna składa się z bolca pomiarowego, połączonego z nagwintowaną płytką metalową. Urządzenie to przesuwa się wzdłuż śruby, w czasie pokręcania bębniem mikrometrycznym.

Dolny koniec bolca pomiarowego posiada ostrze stożkowe, służące do uzyskania styku z lustrem wody w czasie pomiaru.

Jeden pełny obrót bębena powoduje przesunięcie bolca pomiarowego o 1 mm. Przesunięcia bolca o pełny obrót śruby, są określone przy pomocy ruchomego indeksu przesuwanego się wzdłuż podziałki milimetrowej usytuowanej na pionowej bocznej krawędzi korpusu.

Indeks zainstalowany na bocznej krawędzi ruchomej płytki metalowej, jest widoczny obok podziałki w pionowej szczelinie znajdującej się w korpusie urządzenia.



Rys. 2. Schematyczny przekrój przenośnego urządzenia pomiarowego.

Wykonanie pomiaru odbywa się w następujący sposób: Urządzenie pomiarowe mocujemy na stanowisku przy pomocy śrub sprzęgowych, następnie pokręcamy bębniem tak długo, aż bolc zostanie doprowadzony do styku z lustrem wody znajdującej się w dolnej części naczynia niwelatora.

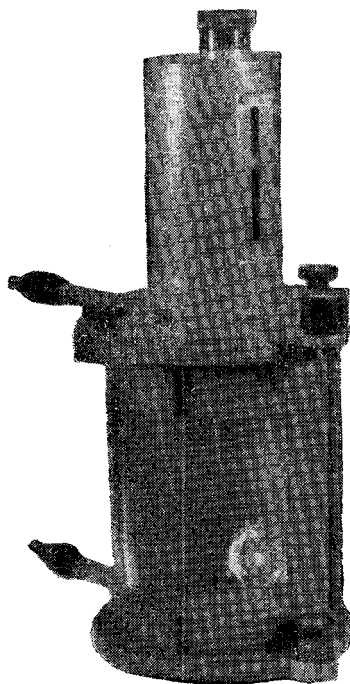
Na pełny odczyt w danym momencie składa się: — odczyt na podziałce milimetrowej oraz odczyt z bębna. Należy bowiem pamiętać, że jedna działka bębna równa się 0,02 mm.

Omawiane czynności pomiarowe powtarzamy minimum trzy razy notując wszystkie wyniki w dzienniku pomiarowym. Wzór zapisu podano w tablicy 1.

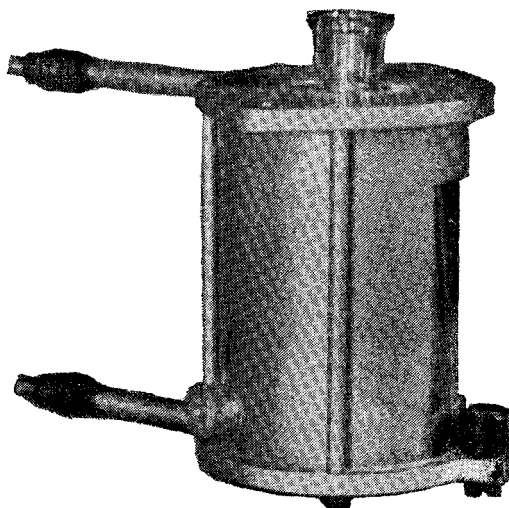
Wzór dziennika pomiarowego

Tablica 1

Data i godzina pomiaru	Nazwiska obserwatorów	Stanowisko	Urządzenie pomiarowe	Odczyt a mm	Stanowisko	Urządzenie pomiarowe	Odczyt b mm	Różnice odczytów $a_{\text{śr}} - b_{\text{śr}}$	$2h$	
									h	
3. X. 64 g. 10 ⁰⁰	J. Oleksy T. Jamry	1	A	24,11	2	B	30,97	+ 6,93	+ 14,34	
				02			98			
				<u>12</u>			<u>31,08</u>			
				24,08			31,01			
		1	B	23,82	2	A	31,22	+ 7,41	7,17	
				80			20			
				76			<u>31,20</u>			
				23,79			31,20			

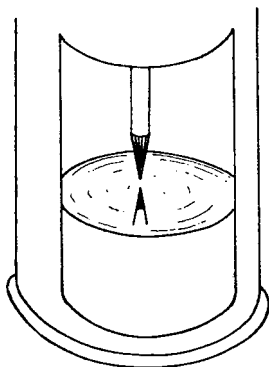


Rys. 3. Urządzenie pomiarowe łączone z dolną częścią niwelatora.



Rys. 4. Dolna część niwelatora hydrostatycznego.

Obserwacje styku bolca pomiarowego z lustrem wody, rys. 5 należy wykonać w taki sposób, aby obserwator widział odbicie bolca w lustrze wody. Wówczas najłatwiej i najbardziej jednoznacznie można uchwycić moment styku bolca rzeczywistego z jego lustrzanym obrazem — to znaczy z powierzchnią wody.



Rys. 5. Lustrzane odbicie bolca pomiarowego od powierzchni wody.

W przypadku wysokiego stanu wody w naczyniu, obserwację taką można również wykonać patrząc w poziomą powierzchnię wody. Trzeba jednak mieć znaczną wprawę, aby jednoznacznie uchwycić położenie styku ostrza z lustrem wody.

Zgodnie z założeniami projektowymi, do każdej instalacji niwelatora hydrostatycznego, niezależnie od ilości stanowisk pomiarowych, należą dwa egzemplarze urządzenia pomiarowego, które są odpowiednio oznakowane — np. na korpusie pierwszego wygrawerowana jest litera *A*, natomiast na drugim — litera *B*.

Obserwacje wykonujemy przy pomocy obydwu urządzeń pomiarowych ustawionych na końcach pojedynczego przęsła, przy czym kolejność przeprowadzania odczytów powinna być z góry ustalona.

Wskazane jest również aby pomiar przeprowadzało dwóch obserwatorów, wykonujących obserwacje na podany sygnał.

Zazwyczaj zaczynamy pomiar od skrajnych stanowisk ciągu, a po wykonaniu odczytów przenosimy urządzenie z pierwszego stanowiska na trzecie, odczytujemy na drugim i trzecim, po czym z drugiego stanowiska przenosimy na czwarte, prowadząc w ten sposób obserwację do końca instalacji. Następnie zamieniamy urządzenia pomiarowe na stanowiskach i powracamy wykonując pomiar wstecz.

Cała operacja trwa dosyć krótko, ponieważ odczyty na jednym przęsle, łącznie z ustawieniem urządzeń pomiarowych, można wykonać w czasie około jednej minuty.

Stanowiska pomiarowe podczas prowadzenia obserwacji powinny być dobrze oświetlone. W przypadku niedostatecznego oświetlenia w pomieszczeniu, można skorzystać ze światła latarki ręcznej.

Różnice wysokości z pomiarów tam i z powrotem, należy obliczyć oraz skontrolować na miejscu, aby zorientować się czy uzyskane wyniki nie są obciążone grubymi błędami.

Ze względu na bardzo prostą obsługę niwelatora, obserwacje okresowe mogą z powodzeniem wykonywać przeszkoleni robotnicy z miejscowej obsługi badanego obiektu.

2. Stała instalacja naczyń połączonych

Prototyp niwelatora hydrostatycznego posiada stałą instalację naczyń połączonych.

Główną przyczyną zastosowania takiego rozwiązania była potrzeba utrzymania niwelatora w stałej sprawności pomiarowej oraz wygoda prowadzenia obserwacji w galeriach zapór wodnych.

Stałą częścią instalacji jest więc system naczyń połączonych nie podlegających uszkodzeniom spowodowanym wpływami środowiska. Przenośne urządzenia pomiarowe są przechowywane w biurze lub innych suchych pomieszczeniach. Ilość stanowisk pomiarowych oraz długość całej instalacji zależna jest głównie od wielkości zapory. Wprawdzie niepoziomość lub uskoki galerii, mogą być przyczyną przerwania ciągłości instalacji, nie oznacza to jednak zerwania ciągłości wyznaczenia osiadań w jednym układzie rzędnych.

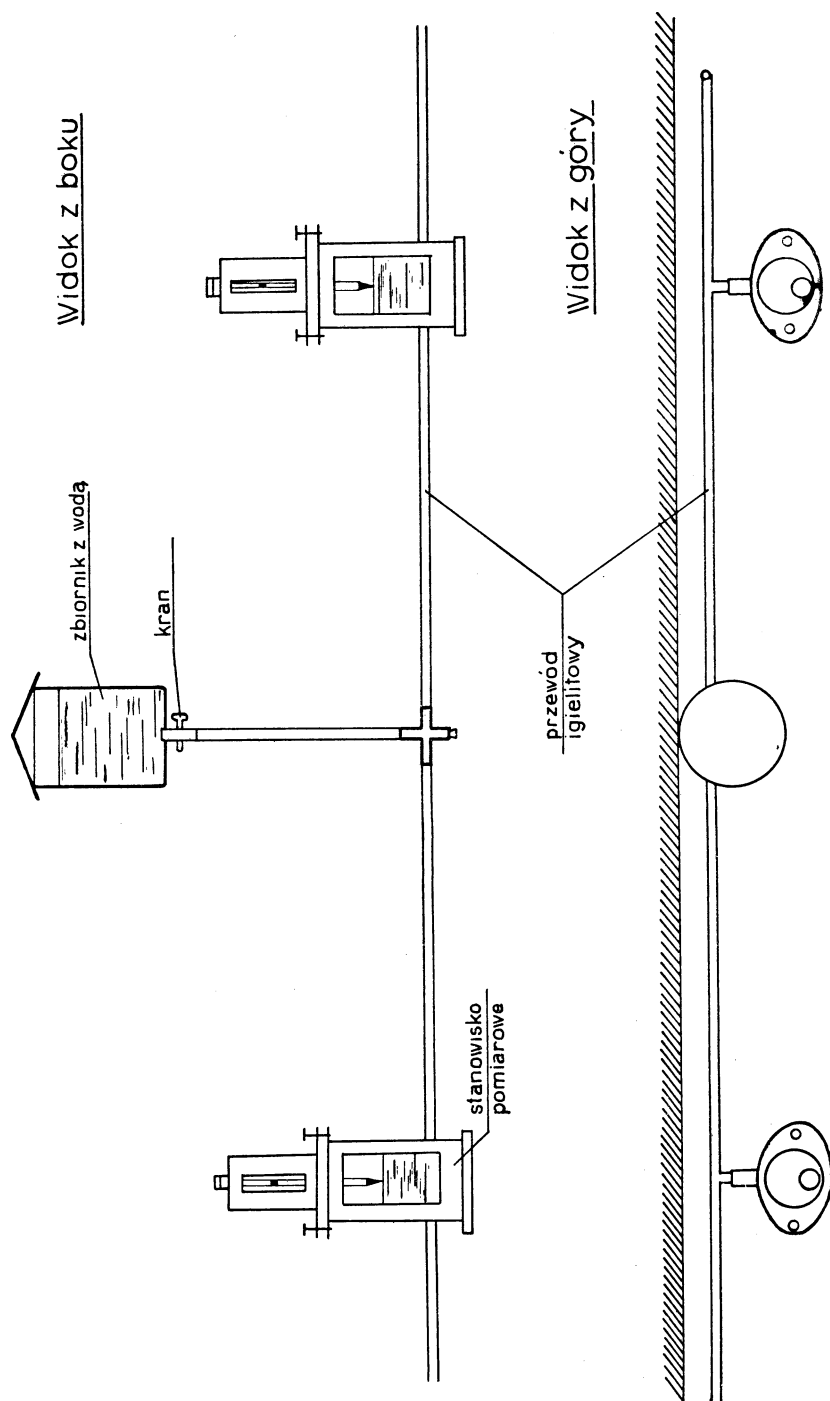
Przerwy w ciągłości zespołu naczyń połączonych, powinny być dokonane w taki sposób, aby koniec jednego zespołu i początek następnego na innym poziomie, znajdowały się nad sobą, na tym samym bloku budowli. Wówczas można zachować ciągłość wyznaczenia osiadań w jednolitym układzie (przy założeniu jednakowego osiadania wspomnianych punktów jednego bloku).

Instalację naczyń połączonych stabilizujemy na jednej, najbardziej dostępnej ścianie galerii. Wskazane jest również aby galeria miała przekrój poprzeczny prostokątny oraz możliwie niewielką ilość instalacji.

Przy projektowaniu nowych zapór należałoby przewidzieć odpowiednie miejsce dla umocowania naczyń połączonych niwelatora.

Badania związane z budową niwelatora hydrostatycznego

W okresie poprzedzającym wykonanie dokumentacji projektowej niwelatora, przeprowadzono wstępne badania, pozwalające zorientować się w możliwościach dobrania najbardziej właściwych elementów i części nie



Rys. 6. Schemat instalacji niwelatora hydrostatycznego.

metalowych, które powinny być użyte do budowy prototypu, a są dostępne w sprzedaży rynkowej. Chodziło tu głównie o materiały do wykonania naczyń połączonych, tzn. szklanych kalibrowanych naczyń cylindrycznych, przewodów gumowych lub igielitowych oraz trójników do wykonania rozgałęzień i podłączeń.

Pierwsze badania laboratoryjne, uwieńczone pozytywnymi wynikami, przeprowadzono na naczyniach połączonych wykonanych z dwóch butli laboratoryjnych z upustem dennym, o pojemności 1 litra oraz przewodu igielitowego o średnicy 20 mm i długości 30 m.

Podczas napełniania wodą zwykłą naczyń połączonych okazało się, że mimo 20-milimetrowej średnicy przewodu, woda z trudem usuwała powietrze znajdujące się w wężu. Pozostała część powietrza znajdująca się w wężu w postaci pęcherzyków zakłócała prawidłowe działanie urządzenia.

W następnej wersji doświadczeń, zastosowano rozwiązanie, usprawniające czynność napełniania niwelatora wodą. Po środku przeszła pomiędzy stanowiskami pomiarowymi, zawieszono zbiornik z wodą i podłączono go do przewodu głównego przy pomocy trójnika winidurowego i krótkiego odcinka węża. Przy upuście dennym zbiornika znajdował się kran — służący do regulowania ilości wody przepływającej do naczyń połączonych.

Urządzenie to dało w efekcie pozytywne rezultaty, tzn. napełnianie wodą niwelatora hydrostatycznego odbywało się bez zakłóceń.

Dalsze badania przeprowadzono na wykonanym prototypie niwelatora hydrostatycznego wg następującego programu:

1. Sprawdzenie płynności przesuwu indeksu wzdłuż całej skali pomiarowej i określenie ruchu martwego śruby mikrometrycznej.
2. Określenie jednoznaczności wielokrotnego mocowania urządzenia pomiarowego na stanowisku obserwacyjnym oraz badanie miejsca zera dla poszczególnych urządzeń pomiarowych.
3. Zbadanie sprawności działania urządzenia służącego do napełniania wodą naczyń połączonych.
4. Określenie niwelatorem hydrostatycznym dokładności pomiaru przesunięć pionowych, spowodowanych sztucznie i wyznaczonych w sposób niezależny.

Badania niwelatora przeprowadzono dwukrotnie, w różnych warunkach lokalnych:

- a) W podziemiach budynku GUGiK (próbną instalacją na ścianie korytarza, w warunkach zbliżonych do laboratoryjnych),
- b) Na zaporze w Rożnowie (instalacja wykonana w najniższej galerii, a warunki lokalne odpowiadały w całości wymaganiom dla jakich sporządzano projekt i prototyp niwelatora).

Wyniki badań przeprowadzonych przy obydwu lokalizacjach niwela-

tora okazały się niemal identyczne, dając pozytywne rezultaty oraz następujące wnioski dla budowy dalszych egzemplarzy niwelatorów hydrostatycznych w przypadku konkretnych zamówień:

1. Należy zastąpić jedno-litrowe butle laboratoryjne, mniejszymi zbiorniczkami cylindrycznymi i przebudować przy tym dolną część niwelatora w ten sposób, aby podłączenie węża wykonywane było od spodu, a nie z boku. Wówczas będzie możliwe zmniejszenie gabarytów niwelatora oraz ułatwi się podłączanie węża, jak też pozwoli zbliżyć do ściany stanowisko pomiarowe.
2. Przy budowie następnych egzemplarzy niwelatora należałoby zaprojektować styki urządzeń pomiarowych z dolną częścią niwelatora. Obecne styki płaszczynowe nasuwają pewne zastrzeżenia, ze względu na możliwość zanieczyszczeń lub uszkodzeń mechanicznych, co może ujemnie wpływać na jednoznaczność mocowania urządzeń na stanowiskach. Właściwszym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie styków punktowych, podobnie jak w przypadku szczelinomierzy przenośnych lub klinometra.

Styki punktowe wpłynęłyby korzystnie na swobodny przepływ powietrza przy uzupełnianiu wody w naczyniach połączonych.

3. Należałoby również wprowadzić usztywnienia wsporników mocujących niwelator na ścianie galerii oraz zapewnić odpowiedni poziom usytuowania dla węża zwisającego wzdłuż ściany.

Stosowane dotychczas podwieszanie przy pomocy wieszaków wstrzeliwanych na odpowiednim poziomie w ścianę wzdłuż całej instalacji nie jest zbyt dobre, ponieważ powstaje pofalowanie węża. Właściwsze przeto byłoby układanie przewodu na poziomych wąskich półkach, zabezpieczających również instalację przed uszkodzeniem.

L I T E R A T U R A

- [1] *Deumlich F. Seyfert M.*: Instrumentenkunde der Ver Vermessungstechnik. Berlin 1964 r.
- [2] *Huggenberger A. U.*: Talsperren-Messtechnik. Berlin 1951.
- [3] *Janusz W.*: Zagadnienie automatycznego wyznaczania odkształceń budowli przy pomocy modelu konstrukcji geodezyjnej w postaci stałej instalacji zespołu urządzeń pomiarowych.
- [4] *Kłopotniński W.*: Geodezja w projektowaniu elektrowni wodnych. W-wa PPWK 1962
- [5] *Lazzarini T.*: Geodezyjne pomiary odkształceń i ich zastosowanie w budownictwie. W-wa PPWK 1961.
- [6] *Warchałowski E.*: Niwelacja geometryczna. W-wa PPWK 1954.
- [7] *Rola F.*: Zastosowanie reperów przenośnych w niwelacji hydrostatycznej. Geodezja i Kartografia. 1962 r. Nr 3 i Nr 4.

Recenzował: Prof. dr Jerzy Gomoliszewski

Rękopis złożono w Redakcji w styczniu 1965 r.

СТЕФАН ЗЫКУБЭК

ГИДРОСТАТИЧЕСКИЙ НИВЕЛИР

Резюме

Прототип гидростатического нивелира, который был запроектирован и сделан в Институте геодезии и артографии, предназначается для измерений осадок водных преград.

Технический проект предусматривает:

1) Постоянное устройство сообщающихся сосудов, установленных крепко в горизонтальных галереях или коридорах исследуемого объекта, составляющее однородную измерительную сеть.

2) Для экземпляра переносных измерительных приспособлений, укрепленных на измерительных станциях во время выполнения наблюдений. Действие измерительного приспособления базируется на основе микрометрического винта (микрометра). При этом использовано контакт измерительного болта с зеркалом воды в сообщающихся сосудах.

Номинальная точность отсчета составляет 0,02 мм. Вертикальные перемещения определяется на основе изменений образующихся между исходными и актуальными наблюдениями.

В устройстве сообщающихся сосудов введено удобный способ наполнения и дополнения воды в нивелире, с помощью специального бака, подключенного к устройству разветвлением игелитовых проводов.

STEFAN ZYKUBEK

THE WATER — LEVEL

S u m m a r y

The prototype of the water — level is designed and constructed in the Institute of Geodesy and Cartography for the measurements of sinking of dams.

The following set of installations are the most appropriate for these purposes.

1. A constant installation of communicating vessels build in firmly in the horizontal galleries or corridors of an object to be researched in such a manner, that a homogenous net of levelling measurements is thus formed.
2. Two sets of transportable measuring devices, fastened on the observation ports for the time of observation. The measuring device is based on the principle of a micrometer screw. The use was made of the contact of the measuring bolt with the level of the water in the communicating vessels.

The nimal accuracy of reading is 0,02 mm. The vertical displacements are determined from the differences, which arise between the initial and actual observations. In the installation of communicating vessels a convenient method of filling and completion of the vessels with water is provided: a special tank, connected with the installation by means of plastic conduits serves for this purpose.

SPIS TREŚCI

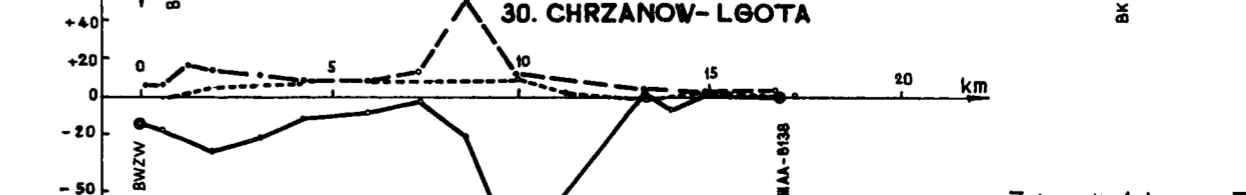
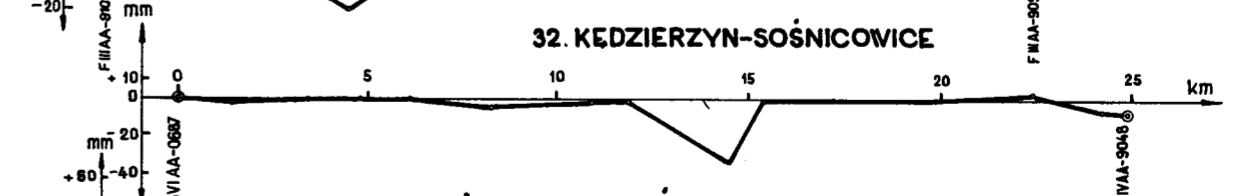
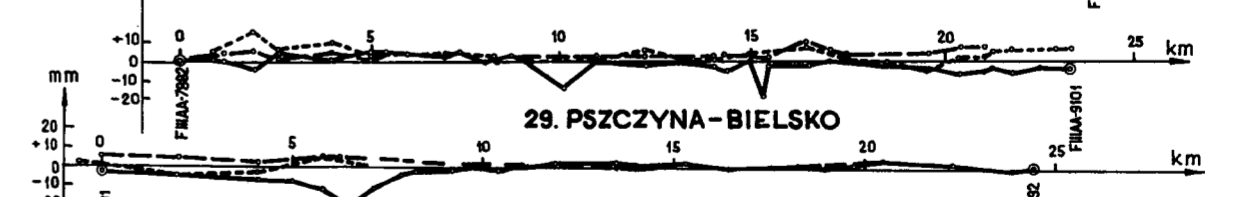
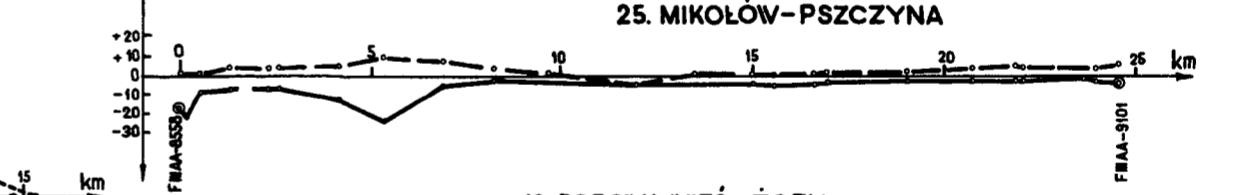
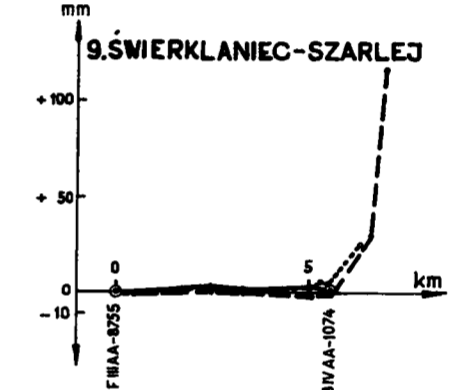
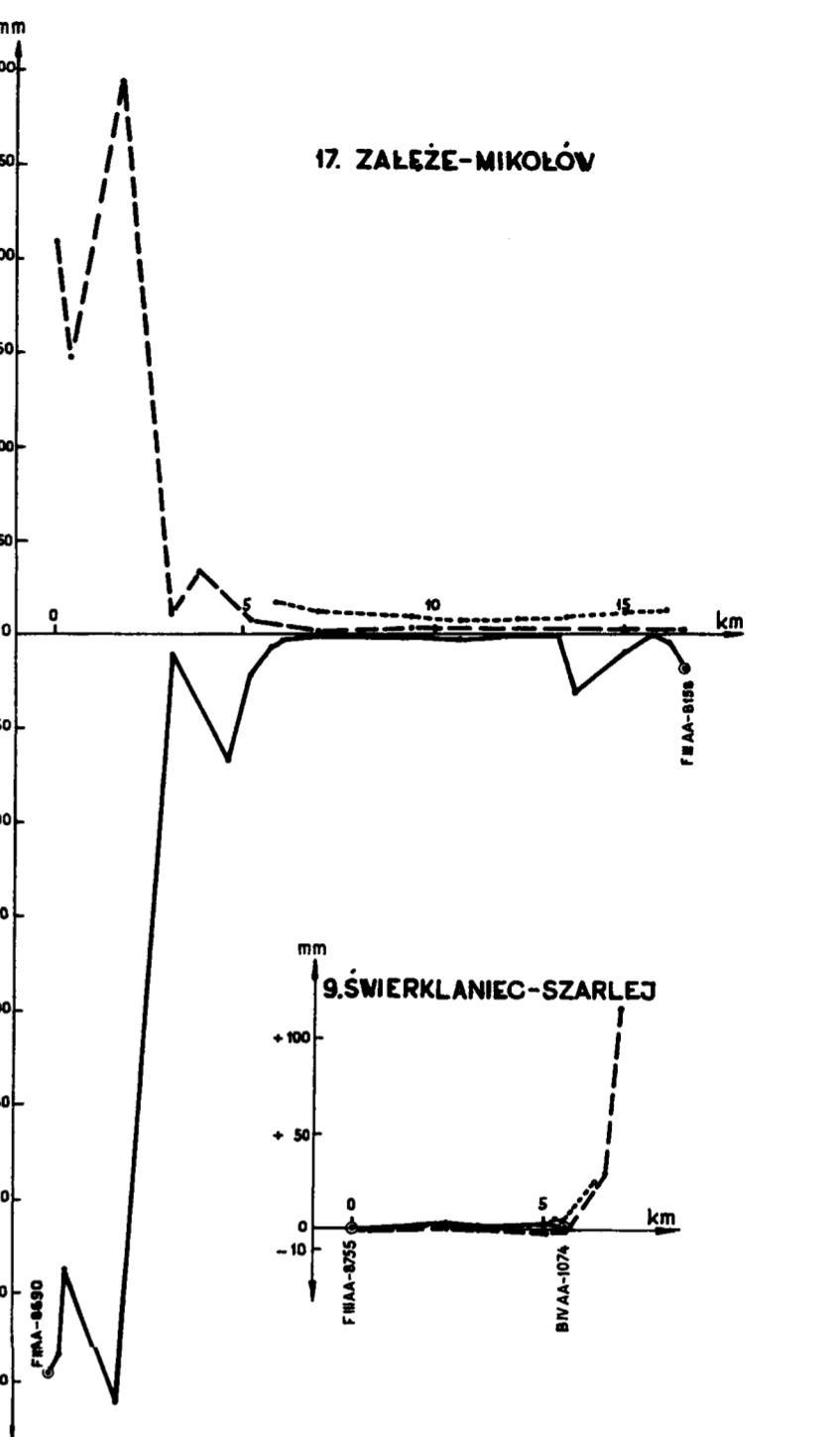
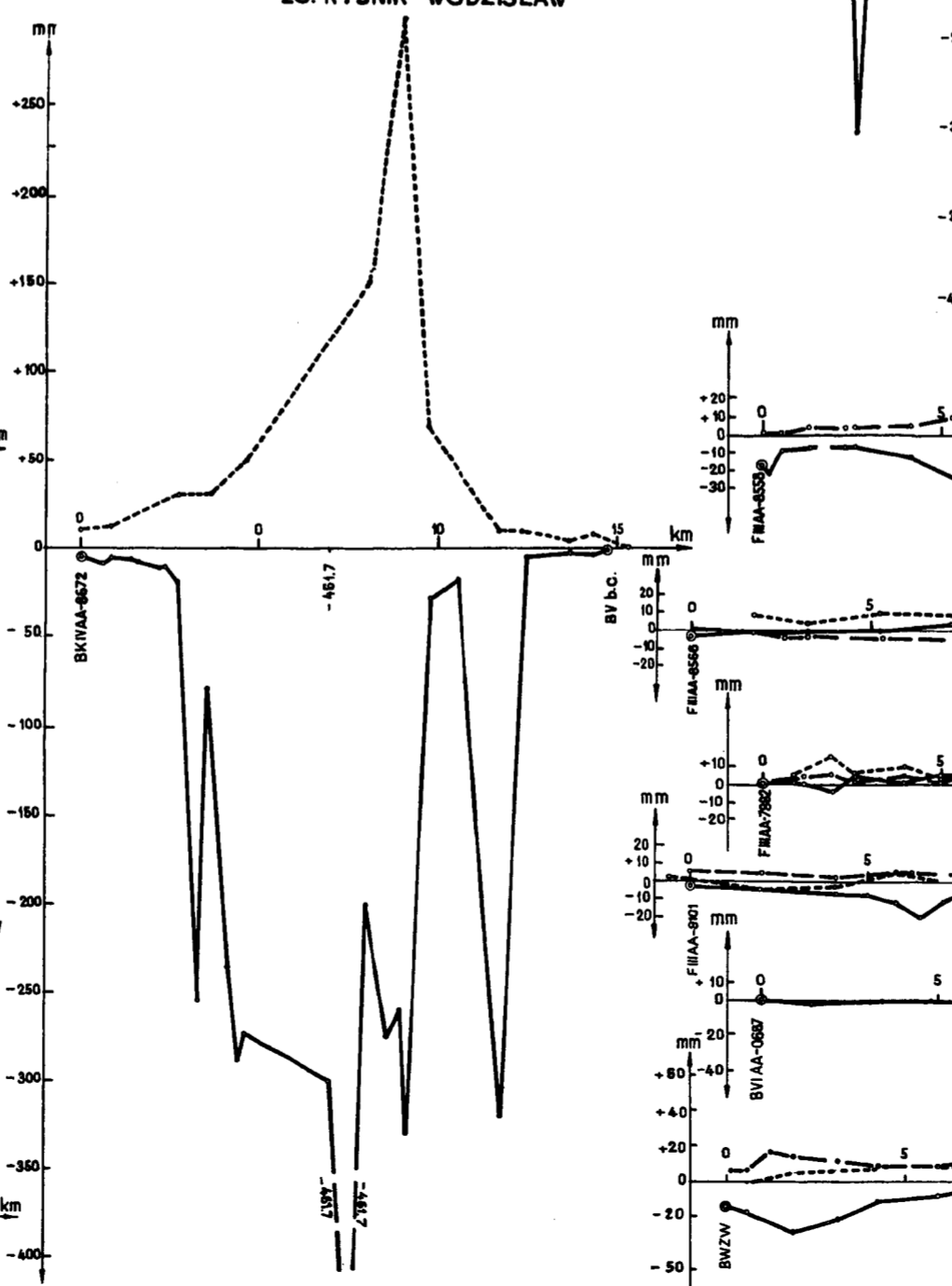
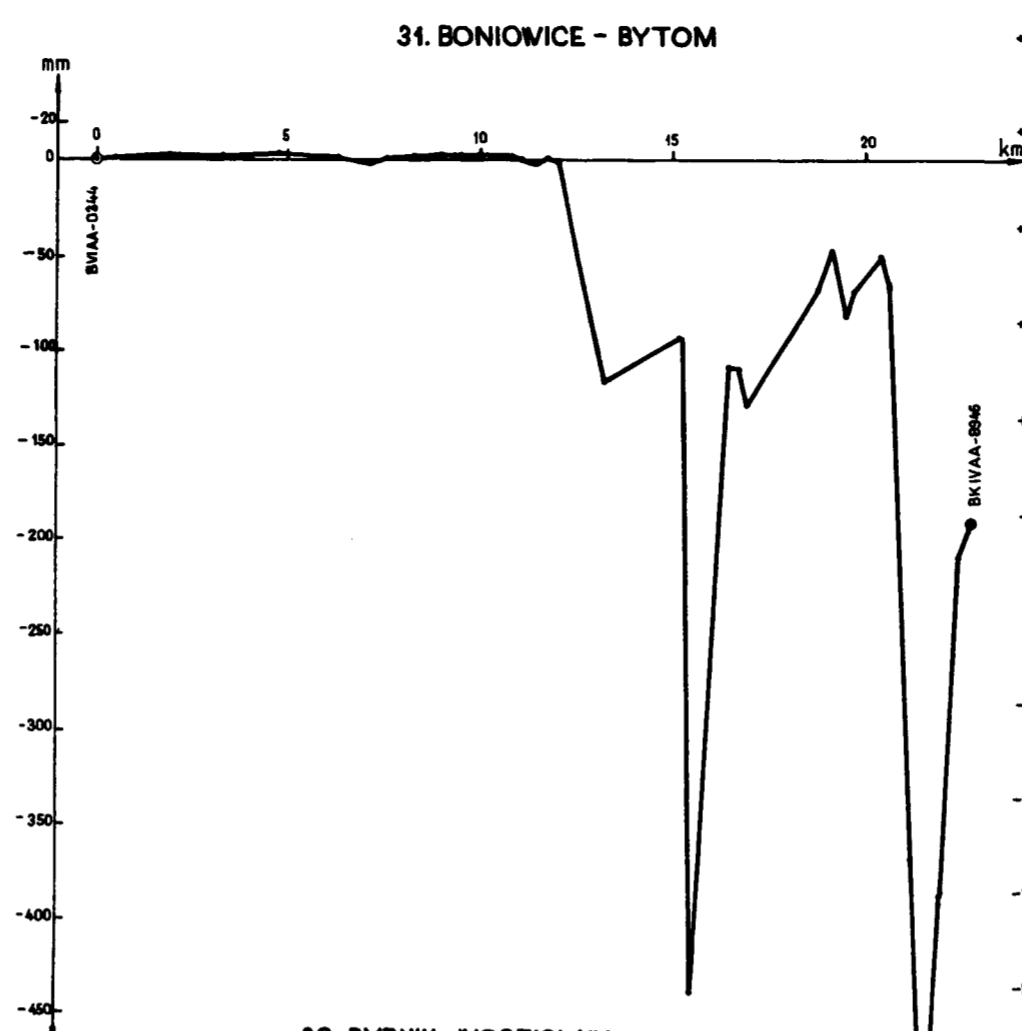
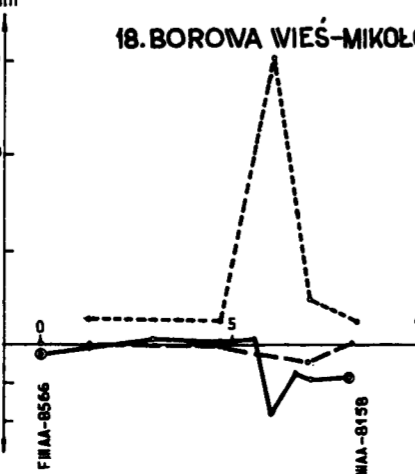
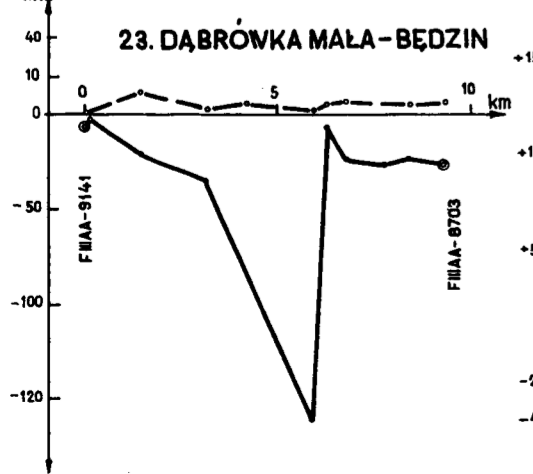
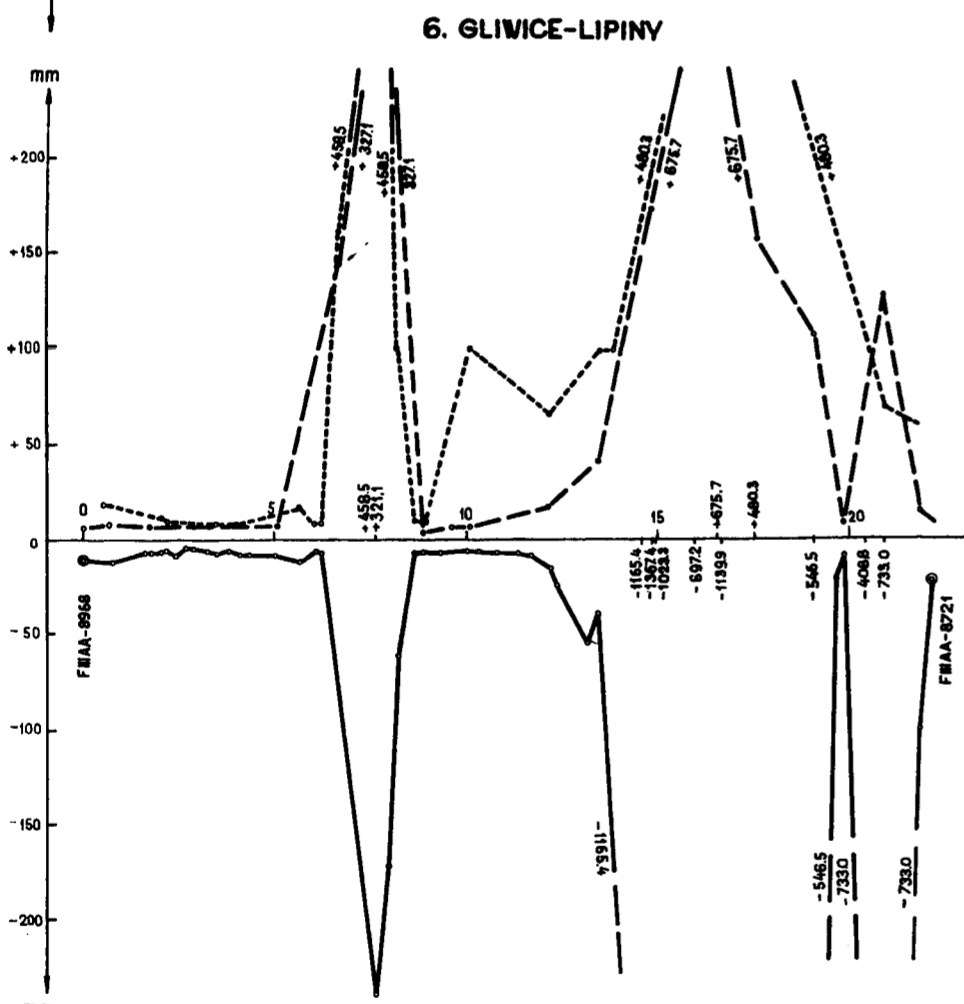
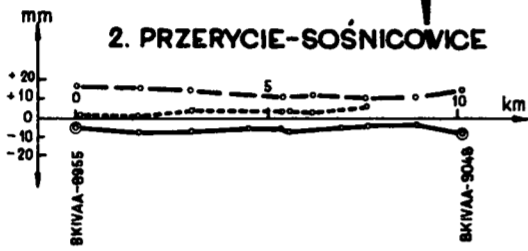
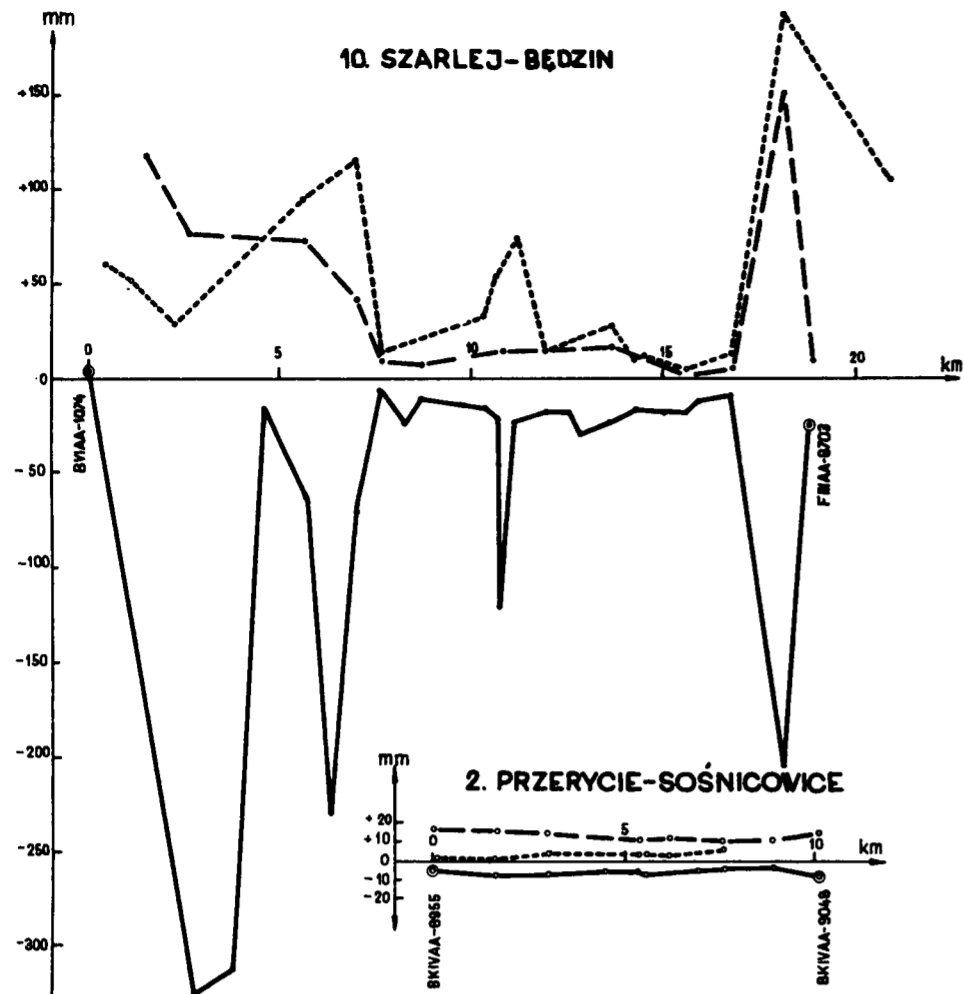
JOZEF CHWAŁEK	
Ppłk inż. Bronisław Słupczyński 1896—1964	3
TADEUSZ KLUSS	
Wielkotrójkątowa sieć zastępcza zbudowana z sieci małotrójkątowej	6
STANISŁAW DMOCHOWSKI	
Analiza dokładności punktów osnowy fotogrametrycznej pola doświadczalnego Nowy Sącz—Grybów	23
WOJCIECH JANUSZ	
Wpływ nawiązania sieci geodezyjnej na wyniki wyrównania i oceny dokładności	66
TADEUSZ WYRZYKOWSKI	
Geodezyjne opracowanie mapy prędkości pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego	99
ZOFIA TRAUTSOLT	
Pionowe przesunięcia reperów niwelacji precyzyjnej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w okresie 1958—1962 i ich porównanie z wynikami badań poprzednich	114
STEFAN ZYKUBEK	
Niwelator hydrostatyczny	129

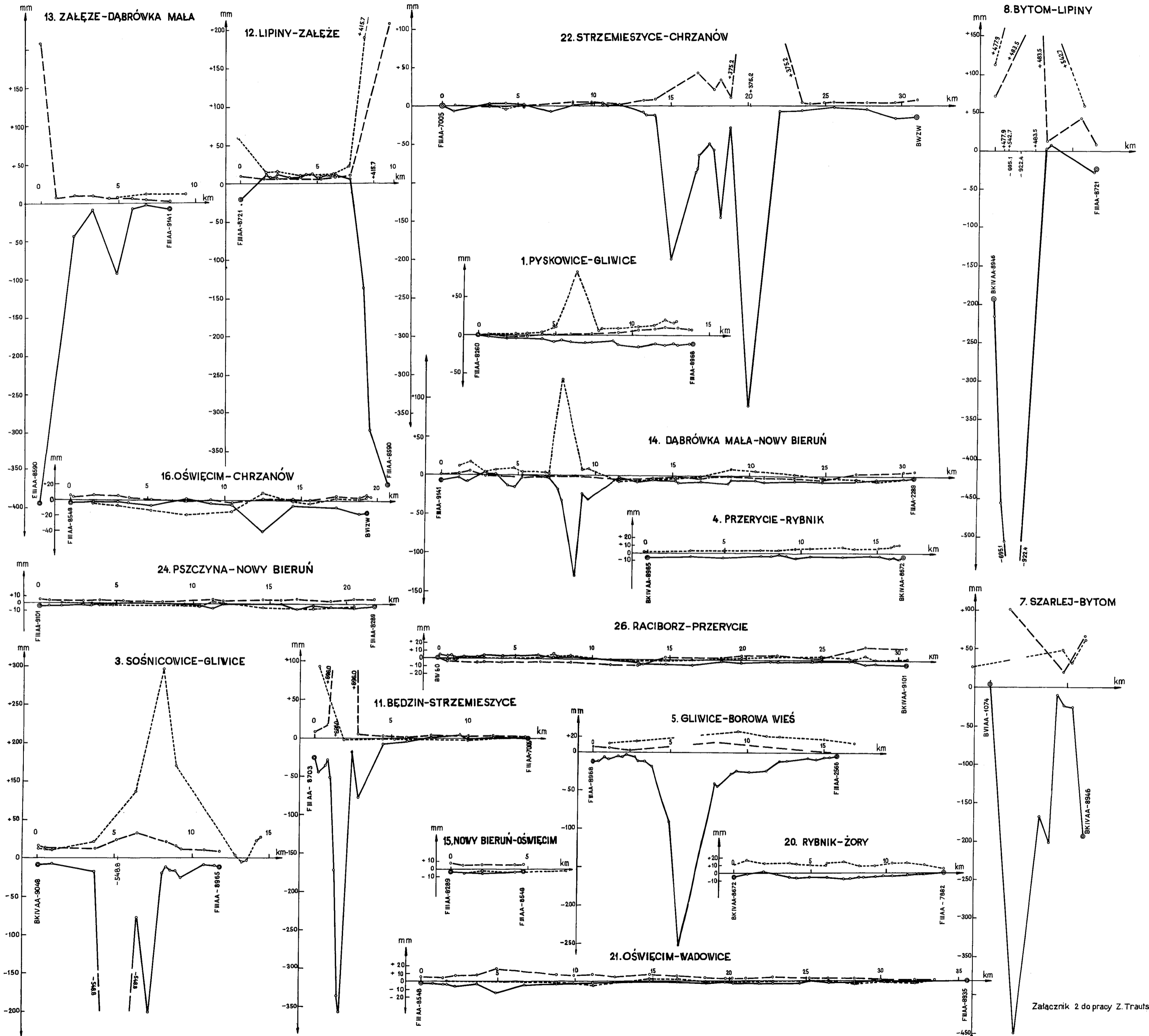
СОДЕРЖАНИЕ

ЮЗЕФ ХВАЛЕК	
Пплк. инж. Бронислав Слупечаньски 1896-1964	3
ТАДЭУШ КЛЮСС	
Заменяющая сеть больших треугольников построена из сети малых треугольников	6
СТАНИСЛАВ ДМОХОВСКИ	
Анализ точности пунктов фотограмметрической основы испытательного поля Новы Сонч-Грыбув	23
ВОЙЦЕХ ЯНУШ	
Влияние увязки геодезической сети на результаты уравнивания и оцен- ку точности	66
ТАДЭУШ ВЫЖИКОВСКИ	
Геодезическое составление карты скорости вертикальных движений зем- ной коры на территории Верхнесилезского угольного бассейна	99
ЗОФИЯ ТРАУТСОЛЬТ	
Вертикальные смещения реперов точной нивелировки на территории Верхнесилезского угольного бассейна в течение 1958-1962 годов и их сравнение с результатами прежних исследований	114
СТЕФАН ЗЫКУВЭК	
Гидростатический нивелир	129

CONTENS

JOZEF CHWAŁEK	
Ppłk. inż. Bronisław Słupczyński 1896—1964	3
TADEUSZ KLUSS	
The substitutional net of large triangles constructed from the small triangles net	6
STANISŁAW DMOCHOWSKI	
The analysis of the accuracy of control points of the photogrammetric test field Nowy Sącz — Grybów	23
WOJCIECH JANUSZ	
The influence of connection of a geodetic net on the results of adjustment and on the estimation of accuracy	66
TADEUSZ WYRZYKOWSKI	
The geodetic restitution of the map of velocities of the vertical movements of the surface of Earth's crusts on the area of Upper Silesian Coal-Bassin	99
ZOFIA TRAUTSOLT	
The vertical displacements of benchmarks of the precise levelling on the area of the Upper Silesian Coal-Bassin in the period 1958-1962 and their comparison with the results of former research	114
STEFAN ZYKUBEK	
The water — level	129





PRĘDKOŚCI WSPÓŁCZESNYCH PIONOWYCH RUCHÓW
POWIERZCHNI SKORUPY ZIEMSKIEJ NA OBSZARZE
GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Wyznaczenie metodą geodezyjną w oparciu o sieci
niwelacji precyzyjnej z lat 1937, 1947, 1949/52 i 1957/58.

Izolinie przedstawiają prędkości wyrażone w mm/rok.

Punktami oznaczono obszary objęte eksploatacją.

Skala 1:400 000

Opracował dr inż. T. Wyrzykowski,
przy udziale mgr inż. Z. Trautsoff.

INSTYTUT GEODEZJI I KARTOGRAFII

Warszawa 1964

