

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW  
MERA-PIAP  
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

OŚRODEK POMIARÓW RUCHU I CZASU

Pracownia Pomiarów Drogi

BE 10

442 Główny wykonawca dr inż E. Golonka

Wykonawcy inż. Z.Bojar, mgr inż. M.Muter  
mgr inż. L.Nowakowski, tech.J.Zduniak  
tech. J.Biegański

Konsultant

Nr zlecenia 1715

Opracowanie i wdrożenie urządzeń pomiarowych dla kompleksowej kontroli i obserwacji stanu technicznego budowli wodnych z uwzględnieniem automatyzacji pomiarów.  
Podtemat VII  
"Opracowanie i wykonanie prototypowych sond do zdalnych badań parametrów gruntu w dwóch rodzajach, w ilości 8 szt.

Zleceniodawca Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

Pracę rozpoczęto dnia 80.01.01

zakończono dnia 85.03.31

Kierownik Pracowni

Kierownik Ośrodka

dr inż. E. Golonka

DYREKTOR

prof. dr inż. St. Dwojak

dr inż. Jan Winiecki

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz: 6

stron 7

Egz. 1 PIAP BOINTE

rysunków 2

Egz. 2 IMGW

fotografii 1

Egz. 3 PIAP ORC

tabel 9

Egz. 4 IMGW

tablic wykresów 8

Egz. 5 IMGW

załączników 19

Egz. 6 PIAP ORC

Nr rejestr. 5396

1

Analiza deskryptorowa APARATURA POMIAROWA: APARATURA KONTROLNO-POMIAROWA  
BUDOWLI WODNYCH - POMIAR CIŚNIENIA GÓROTWORU, POMIAR CIŚNIENIA WODY W  
PORACH GRUNTU I POMIAR OPORU NA STOŻKU.

Analiza dokumentacyjna APARATURA KONTROLNO POMIAROWA OPARTA NA METODZIE STRUN  
NOWEJ /TENSOMETRIA STRUNOWA/ PRZEZNACZONA DO ZDALNYCH I DŁUGOTRWAŁYCH  
/LUB KRÓTKOTRWAŁYCH/ POMIARÓW CIŚNIENIA GÓROTWORU, POMIAR CIŚNIENIA WODY  
W PORACH GRUNTU I POMIAR OPORU NA STOŻKU.

#### Tytuły poprzednich sprawozdań

Podtemat Nr I "Założenia konstrukcyjne i badanie stanu techniki"  
Nr rejestr. 4604/c. I,II,III.

Podtemat Nr II "Opracowanie i wyk. zestw. 4 + 6 rodzajów prototypów czuj.  
strun. do pomiar. odkształceń /...../ oraz oprac. czujników  
do pomiaru przemieszczeń liniowych /...../ Nr rej. 4132.

Podtemat Nr III "Opracowanie i wyk. zestawu prototypowych czuj. indukcyjnych  
/...../ wraz z apar. odbierczą /...../" Nr rej. 4975.

Podtemat Nr IV "Opracowanie i wyk. zestawu prototypów /sond/ pomiarowych  
do zdalnego pomiaru odchyłań katowych mierzonych w specjal.  
rurach /inklinometrów rurowych/ /...../. Nr rej. 5007

Podtemat Nr V "Opracowanie i wykonanie prototypowych szcelinomiery stru-  
nowych w ilości po 10 szt. dla trzech zakresów pomiarowych  
Nr rej. 5101.

Podtemat Nr VI "Opracowanie i wykonanie prototypowych czujników /sond/  
do pomiaru nacisku /ciśnienia w odwiertach dynamometrów  
strunowych/ w ilości 6 szt. Nr rej. 5274.

SPIS TREŚCI

	str
1. SPRAWY FORMALNE .....	3
1.1 Przedmiot pracy .....	3
1.2 Zamawiający .....	3
1.3 Podstawa wykonania pracy .....	3
1.4 Zakres pracy .....	3
2. BADANIA LABORATORYJNE I WZORCOWANIE SERII PROTOTYPOÓ WEJ SOND PENETRUJĄCYCH. ....	4
2.1 Cel badań .....	4
2.2 Przedmiot pracy .....	4
2.3 Sprawdzenie sygnałów pomiarowych i prawidłowości wy- konania mechanicznego sond .....	4
2.4 Wzorcowanie sond .....	5
2.5 Badania wpływu temperatury otoczenia na wskazania sond	6
3. OMÓWIENIE WYNIKÓW I WNIOSKI .....	6

531.418 Sondy

62-731 Urządzenia pomiarowe

1. SPRAWY FORMALNE

1.1. Przedmiot pracy.

Przedmiotem pracy przedstawionej w niniejszym sprawozdaniu było opracowanie, wykonanie, badania laboratoryjne i wzorcowanie partii prototypowej strunowych sond penetrujących, przeznaczonych do badań właściwości gruntu poprzez sondowanie.

1.2. Zamawiający.

Praca została zamówiona przez Instytut Meteorologii i Gospodarkę Wodnej w Warszawie i stanowi podtemat VII tematu pt. "Opracowanie i wdrożenie urządzeń pomiarowych dla kompleksowej kontroli i obserwacji stanu technicznego budowli wodnych z uwzględnieniem automatyzacji pomiarów" wchodzącego do Programu Rządowego PR-7 "Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych".

1.3. Podstawa wykonania pracy.

Umowa 1325/80 /zlecenie PIAP-1715/ zawarta pomiędzy IMGW a MERA-PIAP.

1.4. Zakres pracy.

Praca obejmowała: opracowanie konstrukcji modeli, wykonanie modeli i ich badania, a następnie wykonanie dokumentacji konstrukcyjnej dla serii prototypowej.

Wykonanie 8 prototypów strunowych sond penetrujących;

- 4 szt. sond dla pomiarów ciśnienia wody porowej w gruncie,
- 4 szt. sond do pomiarów ciśnienia wody porowej i oparu na stożku, ich montaż i wzorcowanie oraz przeprowadzenie innych badań, dających podstawy i pewność ich dobrej pracy np. badania filtrów.

2. BADANIA LABORATORYJNE I WZORCOWANIE SERII PROTOTYPOWEJ  
SOND PENETRUJĄCYCH.

2.1. Cel badań.

Przeprowadzenie badań miało na celu:

- a/ Na etapie modeli - sprawdzenie koncepcji strunowych sond penetrujących, sprawdzenie poprawności obliczeń konstrukcyjnych oraz zdobycie doświadczeń w technologii wykonania części i montażu sond.
- b/ Na etapie prototypów - sprawdzenie serii prototypowej pod względem działania, jakości i wartości sygnałów pomiarowych, sprawdzenie powtarzalności parametrów metrologicznych, zbadanie wpływu temperatury i wpływu filtru na wskazania oraz wzorcowanie i obliczenie stałych pomiarowych.

2.2. Przedmiot pracy.

Badaniom poddano 8 szt. strunowych sond penetrujących:

- a/ Strunowa sonda penetrująca typu SCPP -/strunowa sonda do pomiaru ciśnienia wody w porach gruntu/- egzemplarze Nr Nr 01, 02, 03, i 04
- b/ Strunowa sonda penetrująca typu SCPS -/strunowa sonda do pomiaru ciśnienia wody porowej oporu na stożku/- egzemplarze Nr Nr 01, 02, 03 i 04.

2.3. Sprawdzenie sygnałów pomiarowych i prawidłowości wykonania mechanicznego sond.

Sprawdzenie jakości sygnałów pomiarowych dokonano wykonując pomiary częstotliwości na miernikach SAM-10, oraz SMC-10. Stwierdzono, że jakość sygnałów sond pomiarowych odpowiada

wymaganiom sformuowanych w założeniach konstrukcyjnych oraz wymaganiom Normy Zakładowej ZAN-UJ - producenta czujników strunowych.

#### 2.4. Wzorcowanie sond.

Wzorcowanie sond polegało na określeniu:

- a/ Dla sondy SCCP - charakterystyki /zależności/ ciśnienia wody porowej wchodzącej na membranę sondy przez specjalny filtr Rys.1 cz.2 wykonany z proszków /chromu i niklu/ spiekanych pod ciśnieniem, w funkcji częstotliwości drgań struny pomiarowej /5/ zamocowanej w sondzie.
- b/ Dla sondy SCPS dwuparametrowej /ciśnienie i opór na stożku/ - charakterystyk /zależności/ ciśnienia wody porowej wchodzącej na membranę sondy przez specjalny filtr Rys.2 cz.2 o podobnej strukturze wewnętrznej jw. w funkcji częstotliwości drgań struny pomiarowej cz.4 oraz charakterystyki oporu na stożku cz.1 Rys.2 w funkcji częstotliwości drgań struny pomiarowej cz.8.

Dla określenia charakterystyki w sondzie SCCP /ciśnienie/ oraz I charakterystyki w sondzie SCPS /również ciśnienie/ użyto specjalnych urządzeń i manometrów o wyższej dokładności. Dla określenia II charakterystyki w sondzie SCPS /opór na stożku sondy/ użyto maszyny wytrzymałościowej o bardzo wysokiej dokładności typu Instron.

Odczytów częstotliwości drgań strun dokonano za pomocą miernika SMC-10.

Wzorcowania odbywały się w temperaturze  $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Wzorcowanie ciśnienia przeprowadzono zarówno z filtrem normalnym /bez specjalnego odpowietrzenia/ jak również z filtrem, po specjalnym

odpowietrzeniu w gotującej wodzie.

Wszystkie wzorcowania przeprowadzono kilkakrotnie, uzyskując dobrą powtarzalność wskazań.

Wyniki pomiarów zestawiono w tablicach Nr Nr 1,2,3,4,5,6,7,8, a niektóre z nich przedstawiono także w sposób graficzny na wykresach Nr Nr 1,2,3,4,5,6,7,8.

Na podstawie otrzymanych wyników obliczono staże pomiarowe sond które są zamieszczone w tablicy Nr 9. Sondy serii prototypowej uzyskały parametry metrologiczne zgodne z założeniami i wymaganiami normy zakładowej.

### 2.5. Badania wpływu temperatury otoczenia na wskazania sond.

Do badań użyto suszarki typu CW z termometrem przemysłowym o zakresie pomiarowym  $0 + 200^{\circ}\text{C}$ , o I klasie dokładności oraz miernika SMC-10.

Wyniki badań przedstawiono w tablicy Nr 10.

Współczynniki błędu temperaturowego zbadanych sond wynoszą około 0,2% zakresu pomiarowego na  $1^{\circ}\text{C}$  /maksymalnie 0,3% / zakresu pomiarowego na  $1^{\circ}\text{C}$ .

Błąd temperaturowy jest w znacznym stopniu eliminowany przez dokonanie pomiarów częstotliwości odniesienia /zerowej/ w temperaturze, w której będą wykonywane pomiary.

Przy dużych wahaniami temperatury /kilkadziesiąt stopni/ można wprowadzić odpowiednie poprawki błędów temperaturowych.

### 3. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ I WNIOSKI.

Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość pomiaru ciśnienia w porach gruntu i oporu na stożku przez wciskanie sond SSCP i SCPS do gruntu, przy pomocy specjalnych żerdzi i urządzeń

mechanicznych lub hydraulicznych będących na wyposażeniu przedsiębiorstw geologicznych.

Sondy serii prototypowej uzyskały parametry metrologiczne zgodne z założeniami i wymaganiami normy zakładowej tj. założone zakresy pomiarowe; ciśnienie 0,2 MPa /2 atm/ oraz opór na stożku zakres od 0 do 20 MPa, niedokładność wskazań - 1% każdego zakresu pomiarowego, zdolność ~~maxi~~ rozdzielcza - 0,036% zakr. pom. z miernikiem SMC-10.

Doświadczenia zdobyte w trakcie produkcji i badań serii prototypowej pozwolą na udoskonalenie konstrukcji sond w kierunku ułatwienia wykonawstwa przy jednoczesnym ujednoczeniu czułości sond w ramach danego zakresu pomiarowego.

Szczególnie warty podkreślenia jest fakt, że w ramach tego tematu opracowano i wykonano nowe typy filtrów nierdzewnych dla obydwu sond. Filtry te wykonano z proszków chromu i niklu spiekanych pod ciśnieniem.

Filtry te zdały bardzo dobrze egzamin.



Sonda SCPP Nr 1

Tablica Nr 1

Lp.	Wzrostowe ciężnienie zadane w kN/m <sup>2</sup>	I cykl	II cykl	III cykl	Uwagi
	0	10510	10507	10508	
2	0,01	10592	10594	10593	
3	0,02	10681	10683	10683	
4	0,03	10774	10775	10774	
5	0,04	10870	10864	10867	
6	0,05	10968	10964	10966	
7	0,06	11070	11064	11068	
8	0,07	11174	11169	11173	
9	0,08	11280	11281	11281	
10	0,09	11386	11381	11383	
11	0,10	11497	11490	11494	
12	0,11	11610	11606	11608	
13	0,12	11728	11728	11726	
14	0,13	11848	11845	11847	
15	0,14	11971	11968	11970	
16	0,15	12096	12098	12097	
17	0,16	12225	12234	12230	
18	0,17	12357	12361	12359	
19	0,18	12493	12505	12500	
20	0,19	12628	12635	12630	
21	0,20	12770	12777	12775	
22	0,21	12932	12942	12937	

Sonda SCPP Nr 2

Tablica Nr 2

Lp	Wzorcowe ciśnienie zaciskowe MPa	I cykl	II cykl	III cykl	Uwagi
1	0	10557	10549	10553	
2	0,01	10654	10651	10657	
3	0,02	10758	10762	10759	
4	0,03	10862	10865	10863	
5	0,04	10964	10969	10965	
6	0,05	11070	11072	11067	
7	0,06	11181	11189	11180	
8	0,07	11308	11303	11307	
9	0,08	11433	11437	11431	
10	0,09	11550	11547	11548	
11	0,10	11681	11678	11679	
12	0,11	11810	11809	11811	
13	0,12	11941	11938	11940	
14	0,13	12075	12077	12073	
15	0,14	12232	12230	12229	
16	0,15	12390	12393	12388	
17	0,16	12551	12547	12550	
18	0,17	12710	12708	12713	
19	0,18	12885	12883	12883	
20	0,19	13047	13052	13049	
21	0,20	13107	13109	13105	

Sonda SCPP Nr 3

Tablica Nr. 3

Lp.	Wzorcowe ciśnienie, zagłębienie w mm	I cykl	II cykl	III cykl	Uwagi
1	0	10475	10478	10473	
2	0,01	10620	10617	10622	
3	0,02	10761	10765	10757	
4	0,03	10898	10901	10900	
5	0,04	11030	11033	11028	
6	0,05	11117	11119	11113	
7	0,06	11305	11301	11307	
8	0,07	11442	11440	11445	
9	0,08	11577	11580	11572	
10	0,09	11719	11722	11717	
11	0,10	11953	11951	11950	
12	0,11	12121	12118	12125	
13	0,12	12267	12263	12261	
14	0,13	12425	12421	12420	
15	0,14	12584	12589	12582	
16	0,15	12740	12738	12736	
17	0,16	12895	12893	12897	
18	0,17	13008	13011	13007	
19	0,18	13162	13159	13164	
20	0,19	13214	13219	13216	
21	0,20	13365	13361	13363	

M

Wzorcowanie

Sonda SCPP Nr 4

Tablica Nr 4

Lp.	Wzrostowe cykliczne zob. w 7 MPOL	I cykl	II cykl	III cykl	Uwagi
1	0	10540	10542	10538	
2	0,01	10658	10660	10657	
3	0,02	10780	10783	10781	
4	0,03	10912	10910	10913	
5	0,04	11043	11040	11042	
6	0,05	11170	11171	11173	
7	0,06	11308	11310	11311	
8	0,07	11435	11437	11433	
9	0,08	11563	11561	11564	
10	0,09	11710	11713	11709	
11	0,10	11844	11841	11842	
12	0,11	11990	11992	11991	
13	0,12	12125	12127	12124	
14	0,13	12226	12227	12223	
15	0,14	12407	12407	12409	
16	0,15	12545	12545	12545	
17	0,16	12683	12683	12685	
18	0,17	12822	12820	12825	
19	0,18	12970	12970	12969	
20	0,19	13112	13112	13110	
21	0,20	13250	13252	13249	
22	0,21	13387	13387	13387	

12

Wzorcowanie

Nr 5396

Sonda SCPS Nr 1

Tablica Nr5

Lp.	Wzorcowe ciśnienie / nacisk / zadane w MPa	Wzorcowe ciśnienie / nacisk / zadane w MPa	I cykl	II cykl	III cykl	Uwagi
1.	0		10515	10511	10513	
		0	10529	10531	10527	
2.	0,01		10630	10627	10631	
		10				
3.	0,02		10749	10752	10747	
		20	10730	10732	10729	
4.	0,03		10813	10815	10811	
		30				
5.	0,04		10994	10991	10995	
		40	10915	10913	10914	
6.	0,05		11131	11128	11133	
		50				
7.	0,06		11275	11273	11271	
		60	11218	11217	11215	
8.	0,07		11411	11410	11412	
		70				
9.	0,08		11548	11551	11546	
		80	11410	11412	11409	
10.	0,09		11687	11684	11689	
		90				
11.	0,10		11825	11827	11823	
		100	11708	11709	11706	
12.	0,11		11963	11960	11962	
		110				
13.	0,12		12102	12100	12105	
		120	11909	11907	11911	
14.	0,13		12256	12257	12259	
		130				
15.	0,14		12409	12411	12407	
		140	12214	12216	12212	
16.	0,15		12517	12519	12516	
		150				
17.	0,16		12711	12710	12713	
		160	12458	12457	12460	
18.	0,17		12860	12862	12857	
		170				
19.	0,18		12913	12910	12914	
		180	12711	12710	12712	
20.	0,19		13015	13013	13015	
		190				
21.	0,20		13118	13120	13115	
		200	12922	12924	12920	
22.	0,21					
		210				
23.	0,22					
		220	13212	13210	13213	
24.	0,23					
		23				
25.	0,24					
		24				

Sonda SCPS Nr 2

Tablica Nr 6

Lp.	Wzorcowe ciśnienie / nacisk / zadane w [MPa]	Wzorcowe ciśnienie / nacisk / zadane w [MPa]	I cykl	II cykl	III cykl	Uwagi
1.	0		10530	10528	10532	
		0	10512	10510	10513	
2.	0,01		10658	10655	10659	
		10				
3.	0,02		10792	10793	10791	
		20	10711	10712	10710	
4.	0,03		10940	10938	10942	
		30				
5.	0,04		11085	11087	11083	
		40	10938	10938	10936	
6.	0,05		11226	11222	11229	
		50				
7.	0,06		11378	11380	11376	
		60	11123	11125	11121	
8.	0,07		11519	11517	11521	
		70				
9.	0,08		11668	11666	11670	
		80	11425	11424	11427	
10.	0,09		11810	11813	11807	
		90				
11.	0,10		11944	11941	11943	
		100	11674	11672	11673	
12.	0,11		12081	12078	12080	
		110				
13.	0,12		12218	12215	12219	
		120	11923	11925	11924	
14.	0,13		12355	12357	12356	
		130				
15.	0,14		12492	12490	12493	
		140	12165	12163	12166	
16.	0,15		12633	12630	12632	
		150				
17.	0,16		12770	12771	12768	
		160	12414	12414	12412	
18.	0,17		12908	12909	12906	
		170				
19.	0,18		13040	13038	13040	
		180	12612	12610	12613	
20.	0,19		13171	13168	13170	
		190				
21.	0,20		13301	13300	13303	
		200	12901	12900	12902	
22.	0,21					
		210				
23.	0,22					
		220	13139	13140	13138	

MH

Sonda SCPS Nr 3

Tablica Nr 7

Lp.	Wzorcowe ciśnienie / nacisk / zadane, w (M Pa)	Wzorcowe ciśnienie / nacisk / zadane, w (M Pa)	I cykl	II cykl	III cykl	Uwagi
1.	0		10518	10516	10520	
		0	10505	10504	10506	
2.	0,01		10625	10627	10626	
		10				
3.	0,02		10736	10734	10735	
		20	10738	10737	10735	
4.	0,03		10868	10870	10869	
		30				
5.	0,04		10995	10993	10994	
		40	11010	11012	11008	
6.	0,05		11122	11125	11123	
		50				
7.	0,06		11245	11243	11244	
		60	11265	11263	11264	
8.	0,07		11320	11328	11323	
		70				
9.	0,08		11498	11499	11500	
		80	11430	11431	11429	
10.	0,09		11653	11655	11652	
		90				
11.	0,10		11784	11785	11786	
		100	11669	11670	11667	
12.	0,11		11929	11932	11930	
		110				
13.	0,12		12076	12073	12078	
		120	11900	11902	11987	
14.	0,13		12220	12217	12222	
		130				
15.	0,14		12361	12358	12360	
		140	12147	12140	12139	
16.	0,15		12510	12507	12511	
		150				
17.	0,16		12655	12653	12652	
		160	12385	12387	12383	
18.	0,17		12793	12795	12794	
		170				
19.	0,18		12939	12937	12940	
		180	12620	12618	12622	
20.	0,19		13075	13077	13076	
		190				
21.	0,20		13201	13200	13203	
		200	12856	12854	12856	
22.	0,21					
		210				
23.	0,22					
		220	13072	13070	13071	

Sonda SCPS Nr 4

Tablica Nr 8

Lp.	Wzorcowe ciśnienie / nacisk / zadany w [MPa]	Wzorcowe ciśnienie / nacisk / zadany w [MPa]	I cykl	II cykl	III cykl	Uwagi
1.	0		10526	10529	10525	
		0	10513	10515	10512	
2.	0,01		10645	10648	10646	
		10				
3.	0,02		10778	10780	10779	
		20	10687	10689	10685	
4.	0,03		10906	10909	10904	
		30				
5.	0,04		11040	11037	11039	
		40	10873	10871	10872	
6.	0,05		11180	11177	11181	
		50				
7.	0,06		11327	11325	11326	
		60	11090	11088	11089	
8.	0,07		11483	11480	11481	
		70				
9.	0,08		11635	11632	11634	
		80	11318	11316	11320	
10.	0,09		11789	11791	11790	
		90				
11.	0,10		11935	11933	11935	
		100	11548	11550	11546	
12.	0,11		12080	12080	12082	
		110				
13.	0,12		12225	12228	12222	
		120	11785	11782	11784	
14.	0,13		12374	12371	12372	
		130				
15.	0,14		12520	12518	12521	
		140	12019	12017	12020	
16.	0,15		12671	12673	12672	
		150				
17.	0,16		12820	12818	12821	
		160	12261	12263	12265	
18.	0,17		12969	12972	12970	
		170				
19.	0,18		13110	13113	13112	
		180	12493	12495	12491	
20.	0,19		13248	13245	13247	
		190				
21.	0,20		13383	13385	13387	
		200	12726	12730	12728	
22.	0,21					
		210				
23.	0,22					
		226	12912	12910	12913	
24.	0,23					
		230				
25.	0,24					
		240	13198	13196	13197	



Wykaz stałych pomiarowych

Tablica Nr 9

lp.	Typ sondy	Stala pomiar. w $\frac{MPa}{Hz^2}$	Stala pomiar. w $\frac{atn}{Hz^2}$
1.	SCPP - 01	$3,41 \cdot 10^{-7}$	$3,41 \cdot 10^{-6}$
2.	SCPP - 02	$3,43 \cdot 10^{-7}$	$3,43 \cdot 10^{-6}$
3.	SCPP - 03	$3,35 \cdot 10^{-7}$	$3,35 \cdot 10^{-6}$
4.	SCPP - 04	$3,40 \cdot 10^{-7}$	$3,40 \cdot 10^{-6}$
1.	SCPS - 01	ciśnien.	$3,39 \cdot 10^{-7}$
		opór	$3,43 \cdot 10^{-7}$
2.	SCPS - 02	ciśnien.	$3,42 \cdot 10^{-7}$
		opór	$3,52 \cdot 10^{-7}$
3.	SCPS - 03	ciśnien.	$3,45 \cdot 10^{-7}$
		opór	$3,38 \cdot 10^{-7}$
4.	SCPS - 04	ciśnien.	$3,49 \cdot 10^{-7}$
		opór	$3,47 \cdot 10^{-7}$

Tablica Nr 10

Lp.	Typ i numer sondy	Temperatura	
		+20°C	+50°C
1.	SCPP Nr. 1	1,0510	1,0548
2.	SCPP Nr. 2	1,0557	1,0592
3.	SCPP Nr. 3	1,0475	1,0506
4.	SCPP Nr. 4	1,0514	1,0572
5.	SCPS Nr. 1	1,0515	1,0545
6.	SCPS Nr. 2	1,0530	1,0562
7.	SCPS Nr. 3	1,0518	1,0550
8.	SCPS Nr. 4	1,0526	1,0557

R. 6 (units)

13000

Sonda SCPP Nr. 1

12500

12000

11500

11000

10500

0,01

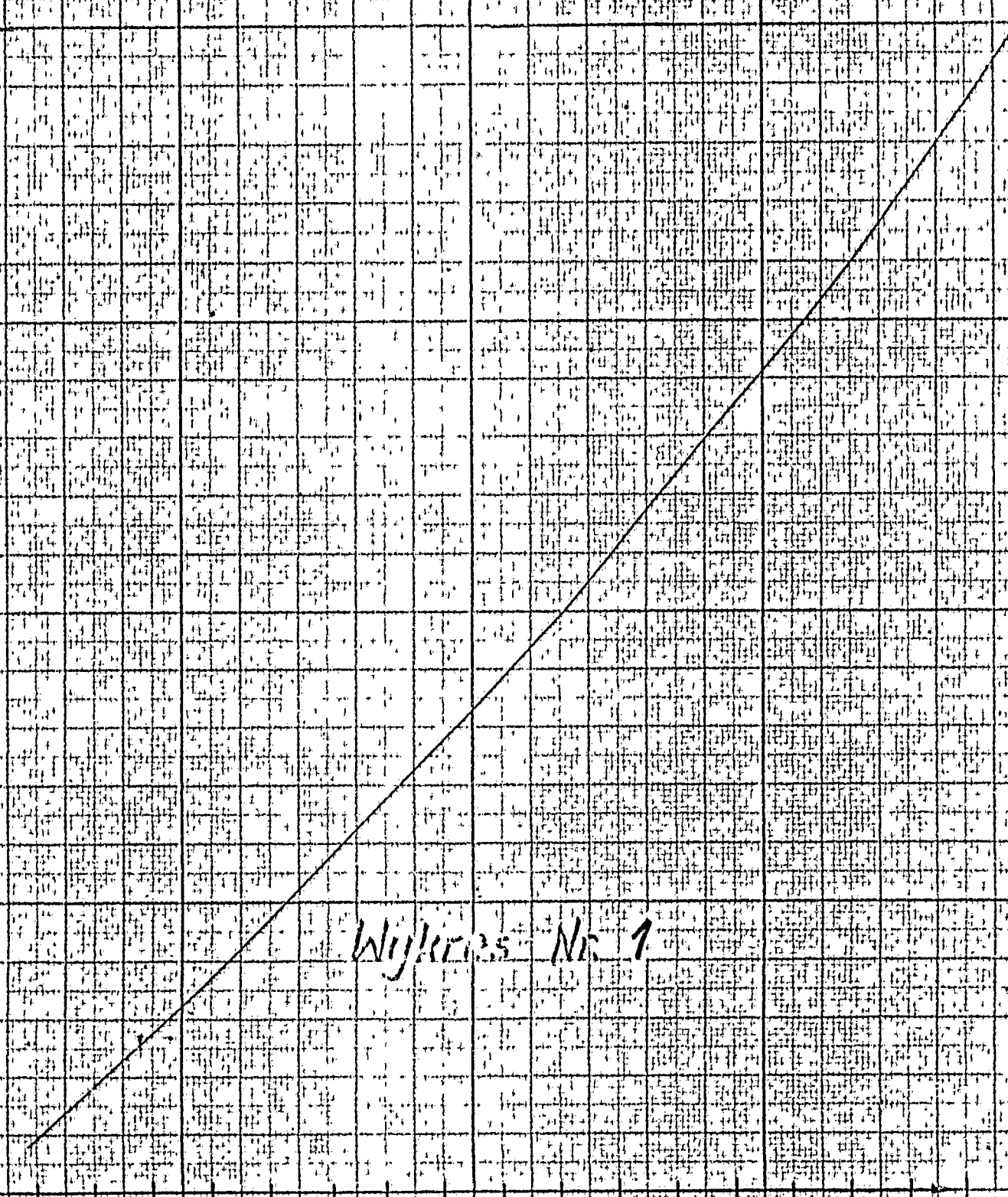
0,05

0,1

0,15

Wykres Nr. 1

18



$T$  [ms]

Sonda SUPP Nr. 2

13000

12600

12000

11500

11000

10500

Wykres Nr. 2

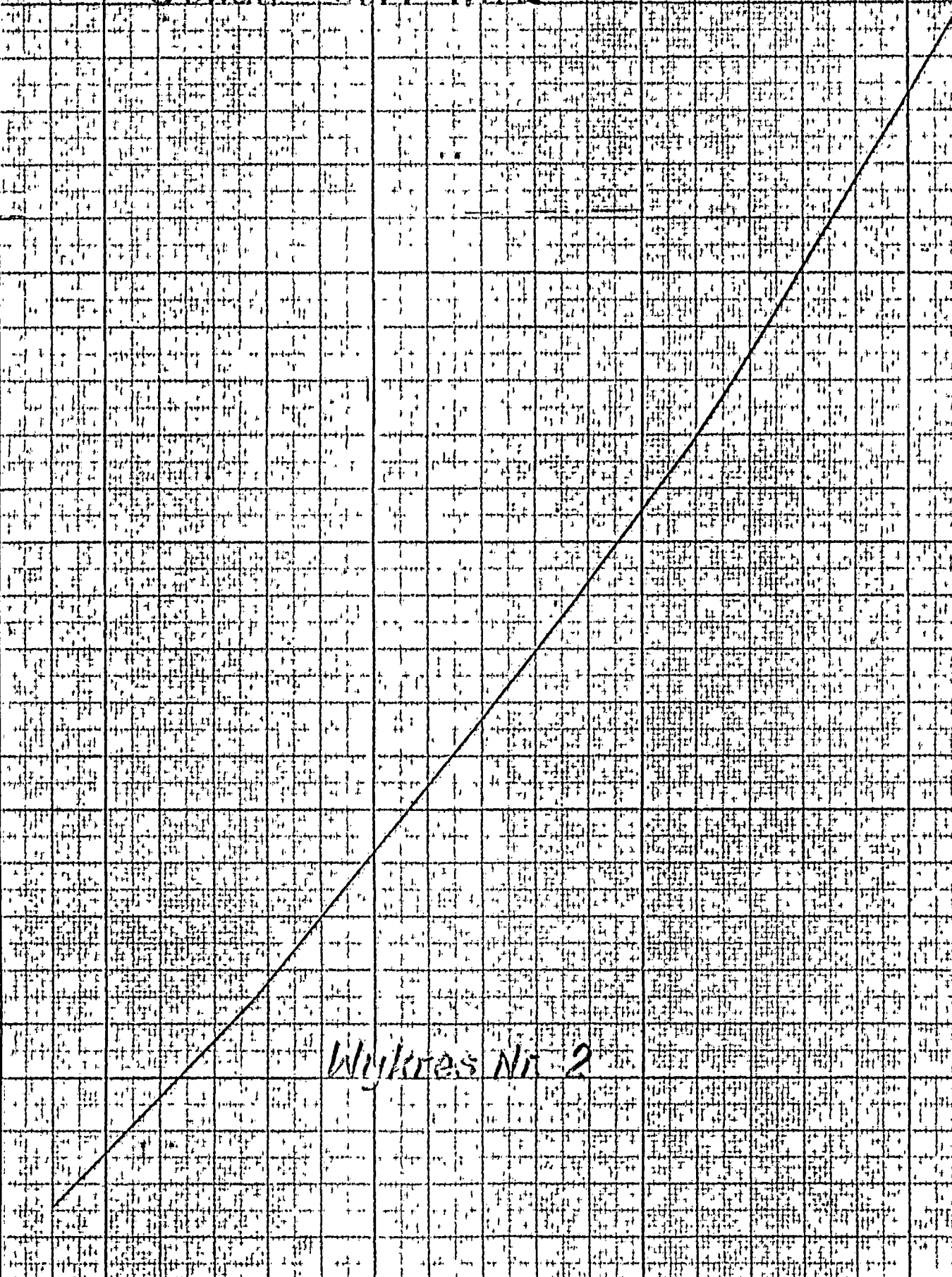
0,01

0,05

0,1

0,15

19



ms

13000

12000

11000

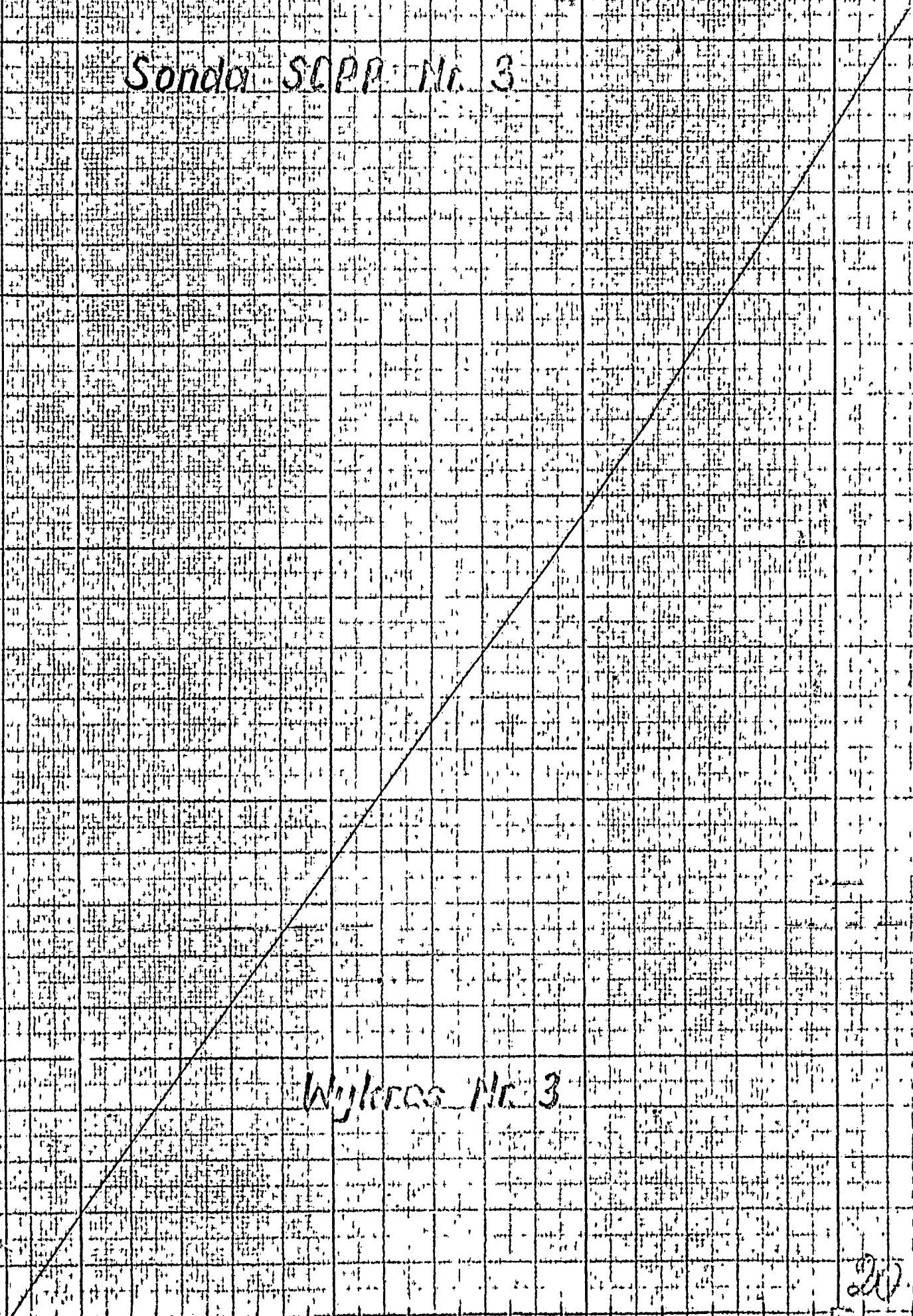
10000

9000

Sonda SCPP No. 3

Wylcos No. 3

20



1)  $f_{max}$

Sonda SCPP Nr 4

1,3000

1,2500

1,2000

1,1700

1,1400

1,1000

Wykres Nr 4

0

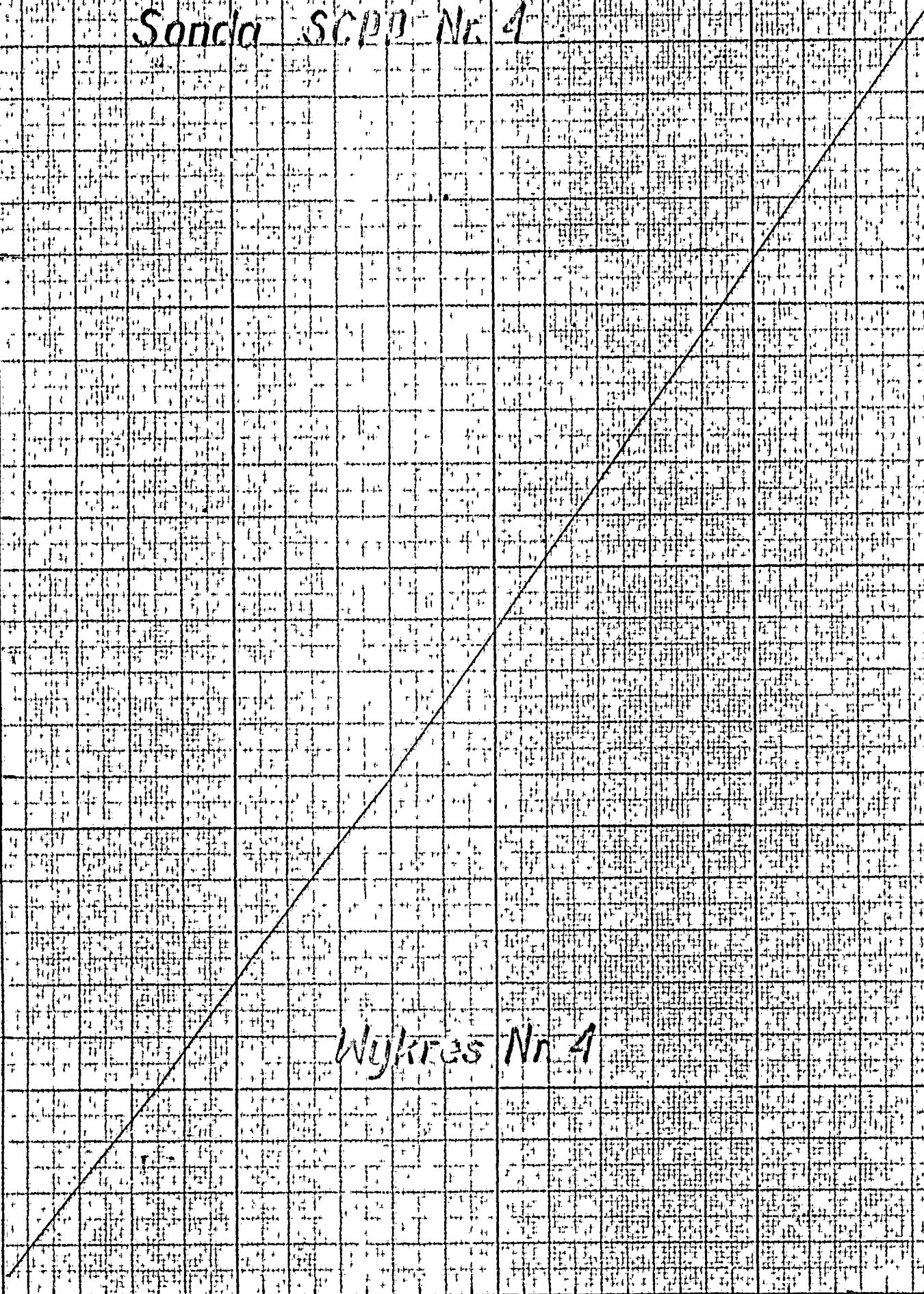
0,05

0,1

0,15

21

M



$\eta$  A (m/s)

1,3000

1,2500

1,2000

1,1500

1,1000

1,0500

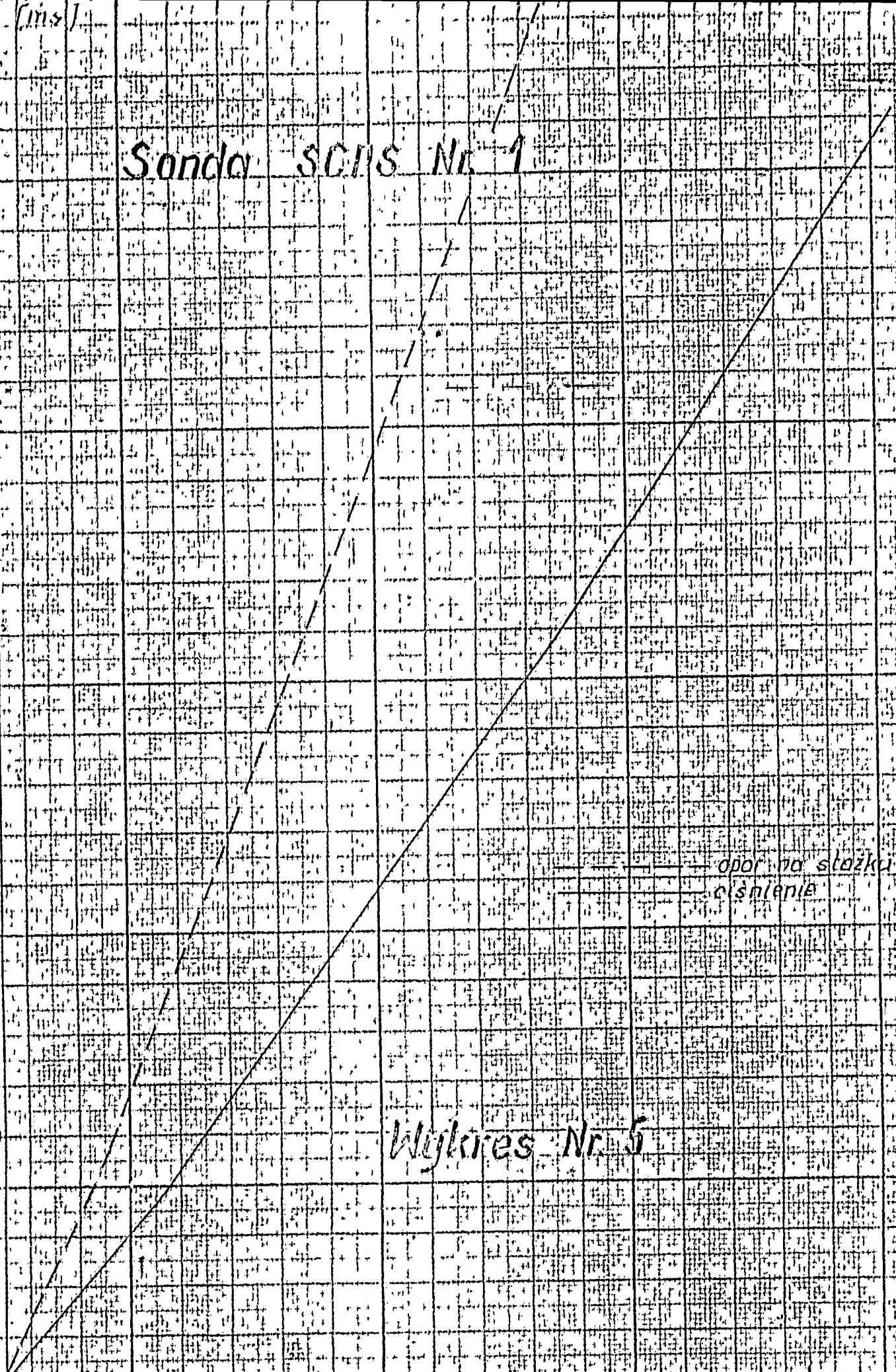
Sonda SCPS Nr. 1

opor na szlaku  
cislania

Wykres Nr. 5

0,01 4 6 8 0,05 10 12 14 16 18 0,1 20 22 24 0,15

22



T. Fms 7

Sonda SCPS Nr. 2

1,3000

1,2500

1,2000

1,1500

1,1000

1,0500

0,01

0,05

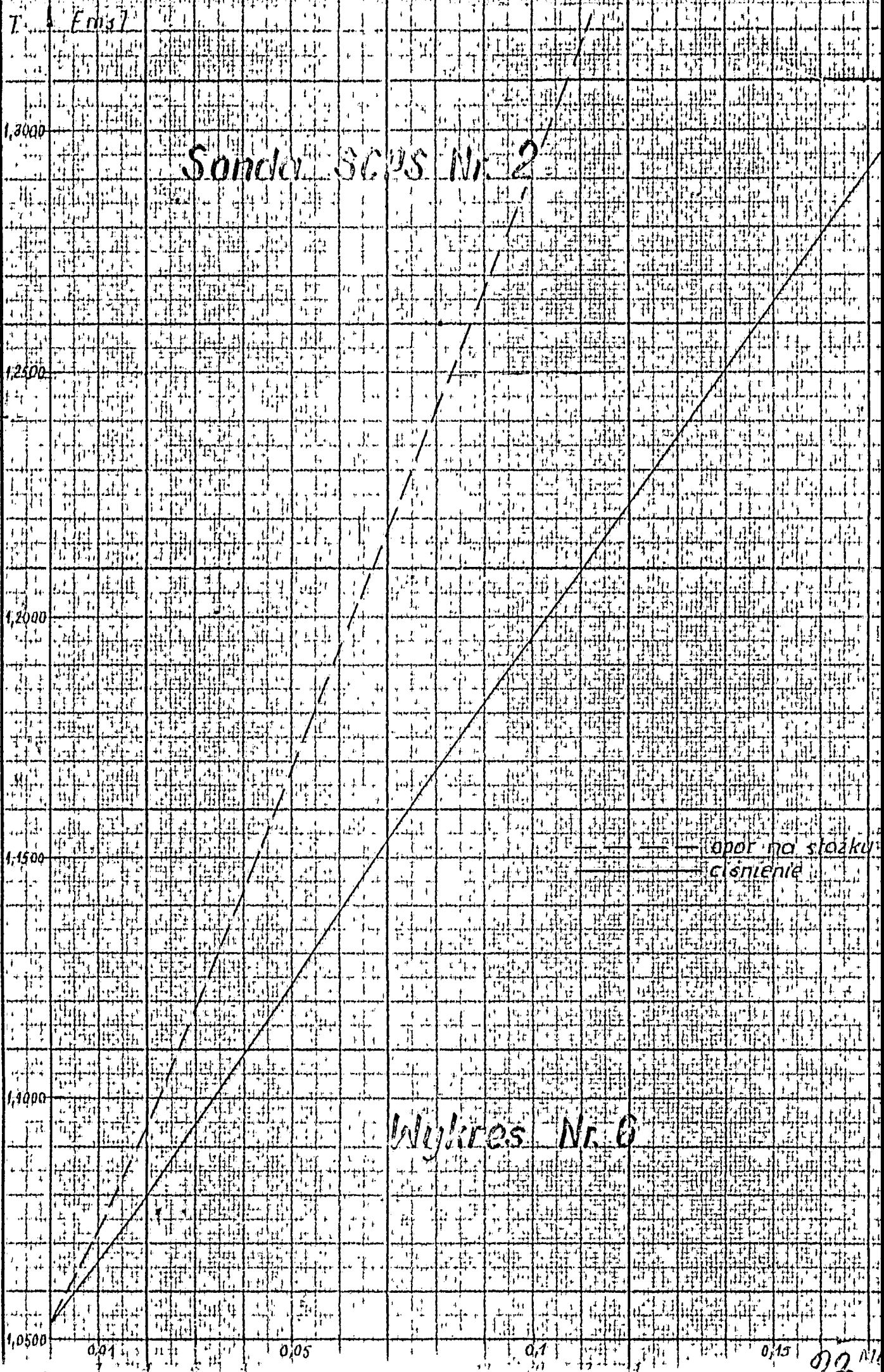
0,1

0,15

— opór na ściąganie  
— ciśnienie

Wykres Nr. 6

23





T [ms]

Sonda SCPS Nr. 3

1,3000

1,2000

1,2000

1,1500

1,1000

1,0500

0,05

0,1

0,2

0,4

0,15

opór na stożku  
ciśnienie

Wykres Nr. 7

27/10/21  
LH

1ms

0,1

0,2

0,4

0,8

1,6

3,2

6,4

12,8

25,6

51,2

102,4

204,8

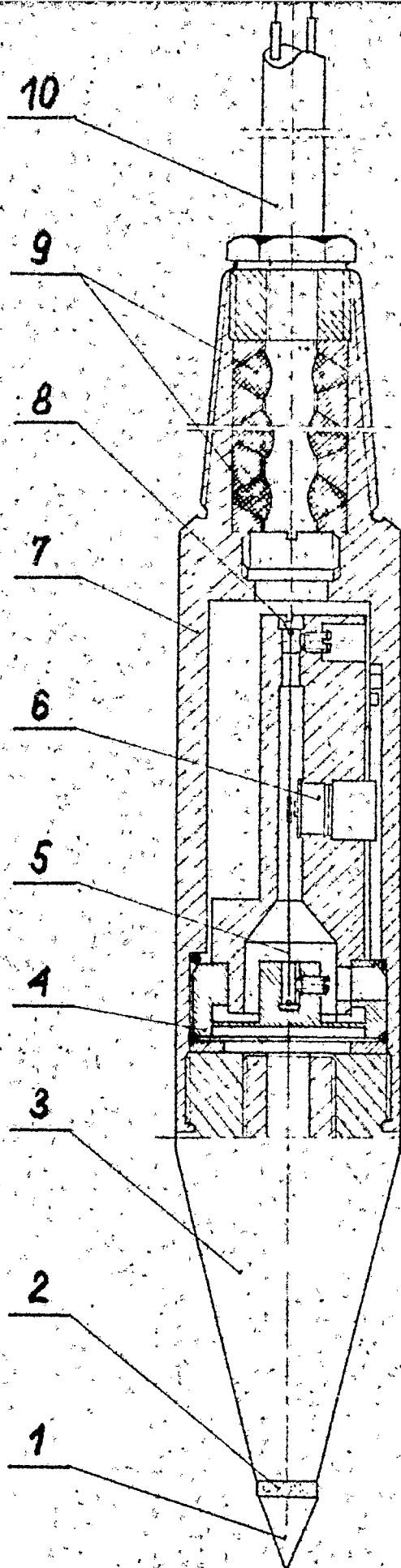
409,6

819,2

1638,4

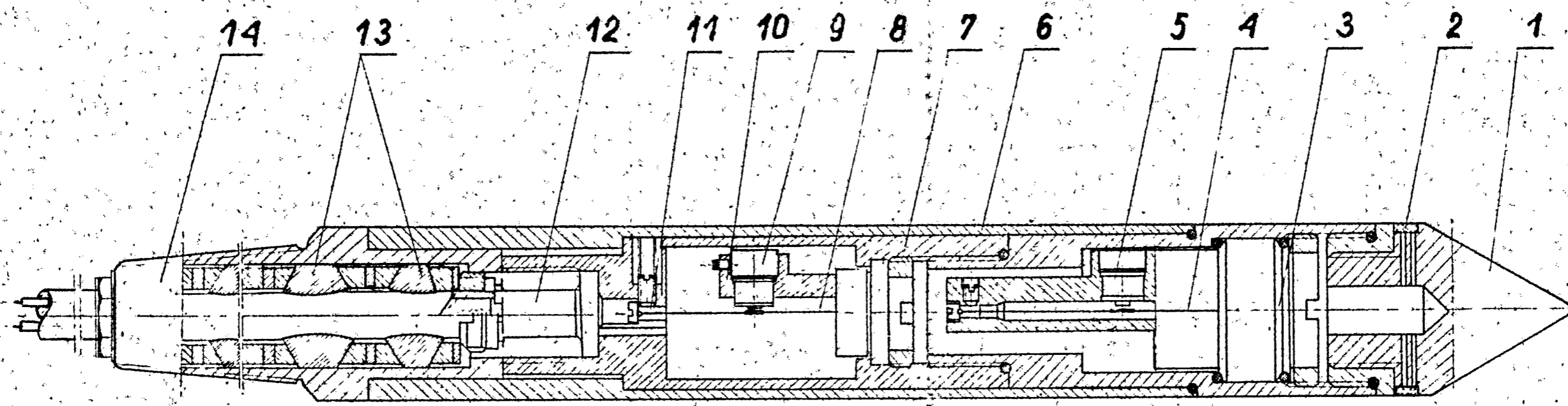
3276,8

6553,6



- 1. stożek mały
- 2. filtr
- 3. stożek duży
- 4. membrana z korpusem
- 5. struna pomiarowa
- 6. elektromagnes
- 7. tuleja zewnętrzna
- 8. zacisk struny
- 9. uszczelnienie kabla
- 10. kabel pomiarowy

Strunowa sonda penetrująca do pomiaru ciśnienia wody w porach gruntu typu SCCP



- 1. Stożek oporowy
- 2. Filtr spiekany
- 3. Membrana z korpusem struny
- 4. I struna pomiarowa /ciśnienie/
- 5. I elektromagnes
- 6. Tuleja osłonowa /kompensacyjna/
- 7. Korpus przenoszący siły oporu na stożku
- 8. II struna pomiarowa /opór na stożku/
- 9. II elektromagnes
- 10. Obudowa elektromagnesu
- 11. Zacisk struny
- 12. Kabel pomiarowy YTLY4\*0,75
- 13. Uszczelnienie kabla
- 14. Stożek z gwintem

Nr części lub zesp.		Ilność	Nazwa	Nr ark.	Uwagi
			Nazwa <b>Strunowa sonda penetrująca do pom. ciśnienia wody w porach gruntu i oporu na stożku typu SCPS</b>		Pod lista
					Ciepzar
					Nr ark.
					Nr rys. zesp.
					Nr części
					<b>Rys. 2</b>
					<b>2/6</b>