

K'
PRACE
INSTYTUTU AERODYNAMICZNEGO
W WARSZAWIE

Prowadzone pod kierunkiem prof. C. Witoszyńskiego.

Zeszyt V.



TRAVAUX
DE L'INSTITUT AÉRODYNAMIQUE
DE VARSOVIE

Exécutés sous la direction du prof. C. Witoszyński.

Fascicule V.



52.9
A-41

01454/5

WARSZAWA — 1932.

Chronicle

SPIS RZECZY.

I. OGÓLNY OPIS INSTYTUTU I JEGO URZĄDZEŃ	1
1. Budynek	1
2. Tunele aerodynamiczne	3
Tunel o średnicy 1,0 m	3
Tunel o średnicy 1,1 m	8
Tunel o średnicy 2,5 m	11
Tunel o przekroju prostokątnym 710×430 mm	14
3. Urządzenia elektryczne	15
Urządzenia elektryczne do tunelu o średnicy 1,0 m	15
Silnik do tunelu o średnicy 1,1 m	15
Urządzenia elektryczne do tunelu o średnicy 2,5 m	15
4. Wagi aerodynamiczne	16
Waga do tunelu o średnicy 1,0 m	16
Waga do tunelu o średnicy 2,5 m	19
5. Przyrządy pomocnicze	19
Przyrząd do pomiaru prędkości powietrza	19
Przyrząd do pomiaru rozkładu prędkości w strumieniu	20
Manometry	20
II. TECHNIKA DOŚWIADCZALNA	22
Pomiar rozkładu prędkości w strumieniu powietrza	22
Pomiar ciśnienia prędkości w przestrzeni pomiarowej	22
Pomiar siły wywieranej przez strumień na druty	23
Pomiar kierunku strumienia	23
Modele, ich wymiary i wykonanie	24
Pomiary sił aerodynamicznych, działających na modele	25
Dokładność pomiarów	29
III. WYNIKI DOŚWIADCZALNE	44
1. Badania profilów płatów.	44
Skorowidz profilów	49
Wykresy	50
Tablice liczbowe	80
Spółrzedne profilów	99
2. Pomiary płatów o różnych obrysach i rozchyleniach	106
Wykresy	108
Tablice liczbowe	116
3. Pomiary płatów z lotkami i szczelinami	121
Skorowidz	123
Wykresy	124
Tablice liczbowe	144
Spółrzedne profilów płatów ze szczelinami	163
4. Pomiary kadłubów	164
Skorowidz kadłubów	167
Wykresy i dane liczbowe	168
Tablice liczbowe	218
5. Pomiary usterzeń poziomych	225
Skorowidz usterzeń	227
Wykresy	228
Tablice liczbowe	242
Plany gmachu	264

TABLE DES MATIÈRES.

I. DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'INSTITUT ET DE SES INSTALLATIONS	30
1. Bâtiment	30
2. Souffleries	31
Soufflerie de 1,0 m. de diamètre	31
Tunnel de 1,1 m de diamètre	33
Tunnel de 2,5 m de diamètre	34
Tunnel à section rectangulaire 710×430 mm	34
3. Installations électricques.	34
Installation électrique du tunnel de 1,0 m	35
Moteur du tunnel de 1,1 m	35
Installation électrique du tunnel de 2,5 m	35
4. Balances aérodynamiques	35
Balance du tunnel de 1,0 m	36
Balance du tunnel de 2,5 m	37
5. Appareils auxiliaires	37
Appareil pour mesurer la vitesse de l'air	37
Appareil pour mesurer la répartition des vitesses dans la veine	38
Manomètres	38
II. TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE	39
Mesure de la répartition des vitesses dans la veine	39
Mesure de la vitesse dans la veine	39
Mesure de la force exercée par la veine sur les fils	40
Mesure de la direction de la veine	40
Maquettes, leurs dimensions et exécution	40
Mesures des forces aérodynamiques agissant sur les maquettes	41
Exactitude des mesures	43
III. RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES	47
1. Examen des profils des ailes	47
Index des profils	49
Diagrammes	50
Tables numériques	80
Coordonnées	99
2. Mesures des ailes avec contours et dièdres différents.	107
Diagrammes	108
Tables numériques	116
3. Mesures des ailes munies d'ailerons et d'ailes à fentes	122
Index des ailes munies d'ailerons et d'ailes à fentes	123
Diagrammes	124
Tables numériques	144
Coordonnées	163
4. Mesures des fuselages	165
Index des fuselages	167
Diagrammes et tables numériques	168
Tables numériques	218
5. Mesures des empennages horizontaux	226
Index des empennages horizontaux	227
Diagrammes	228
Tables numériques	242
Plans du bâtiment	264

ERRATA

I. W tekście. Dans le texte.

Strona Page	Wiersz Ligne	Zamiast Au lieu de	Winno być Lire
30	12	actioner	actionner
31	40	périférie	périphérie
37	30	douille	douille
41	10	$L = 5$	$\lambda = 5$

II. W tablicach liczbowych. Dans les tables numériques.

Strona Page	Doświadczenie Nr. No d'essai	Spółrzędne profilu Coordonnées du profil	Dla Pour	Zamiast Au lieu de	Winno być Lire
29	1705	—	$i = -2,5^0$	$C_x = 2,5$	$C_x = 1,5$
99	—	Nr. 135	$\vartheta = 60^0$	$y/l = 0,856$	$y/l = 0,836$
99	—	Nr. 135	$\vartheta = 135^0$	$y/l = 9,0166$	$y/l = 0,0166$
116	904	—	$i = 7,1^0$	$C_x = 6,9$	$C_x = 6,6$
152	1648	—	$i = -0,1^0$	$C_x = 2,2$	$C_x = 2,1$
152	1648	—	$i = -0,1^0$	$C_y / C_x = 11,4$	$C_y / C_x = 10,9$
154	584	—	$i = -2,7^0$	$C_y / C_x = 20,4$	$C_y / C_x = 10,4$
216	1255	—	$i = 0^0$	$C_m = -7,7$	$C_m = -7,0$
246	1700	—	$\beta = 5^0$	$i = 2,6$	$i = 2,3$
252	1115	—	$i = -22,1^0$	$C_y = -5,6$	$C_y = -58,6$
253	1118	—	$i = 4,5$	$C_x = 12,8$	$C_x = 12,3$

PRACE DOŚWIADCZALNE WYKONANE W CZASIE OD 1927 — 1931 r.*)

OPRACOWAŁ

CZESŁAW BIENIEK

TRAVAUX EXPÉRIMENTAUX EXÉCUTÉS PENDANT LES ANNÉES 1927—1931.*)

PAR

CZESŁAW BIENIEK

I. Ogólny opis Instytutu i jego urządzeń

1. BUDYNEK

Zewnętrzny wygląd Instytutu przedstawiają umieszczone poniżej fotografie (Rys. 1 i 2). Pozatem do zorientowania się w ogólnym rozplanowaniu mogą posłużyć rzuty i przekroje budynku, podane w końcu niniejszego wydawnictwa.

Niższą część gmachu, którą wyraźnie widać na rys. 2, zajmuje całkowicie laboratorium. Na pierwszym piętrze znajduje się sala pomiarowa o wymiarach 43×15 m, w której ustawiono tunel o średnicy 1,1 m, wagi aerodynamiczne i t. p. urządzenia pomiarowe; tamże urządzono podręczne warsztaty mechaniczne oraz pracownię dla personelu, obsługującego tunele.

Z sali pomiarowej oddzielne zejścia prowadzą do każdego z dwóch tunelów (średnicy 1,0 m i 2,5 m), znajdujących się w części parterowej budynku pod salą pomiarową oraz do warsztatu stolarskiego i silnika prądu stałego, napędzającego wentylator dużego tunelu.

Wolne miejsca między bocznymi kanałami dużego tunelu a jego lejem dopływowym zajmują urządzenia elektryczne do tunelów o średnicy 2,5 m i 1,0 m. Z jednej strony leja dopływowego ustawiono przetwornicę do tunelu dużego, po stronie drugiej — przetwornicę do tunelu o średnicy 1,0 m oraz sprężarkę.

Ciemnię fotograficzną urządzono, wykorzystując w tym celu wnękę między lejem dopływowym dużego tunelu a jego bocznym kanałem.

Silniki elektryczne prądu stałego, służące do napędu wentylatorów wyżej wymienionych dwóch tunelów, znajdują się nazewnątrz tunelów i są ustawione, tak jak i przetwornice, na oddzielnych fundamentach niezależnie od całości budynku.

*) Wydawnictwo niniejsze zawiera tylko część prac wykonanych w wymienionym okresie.

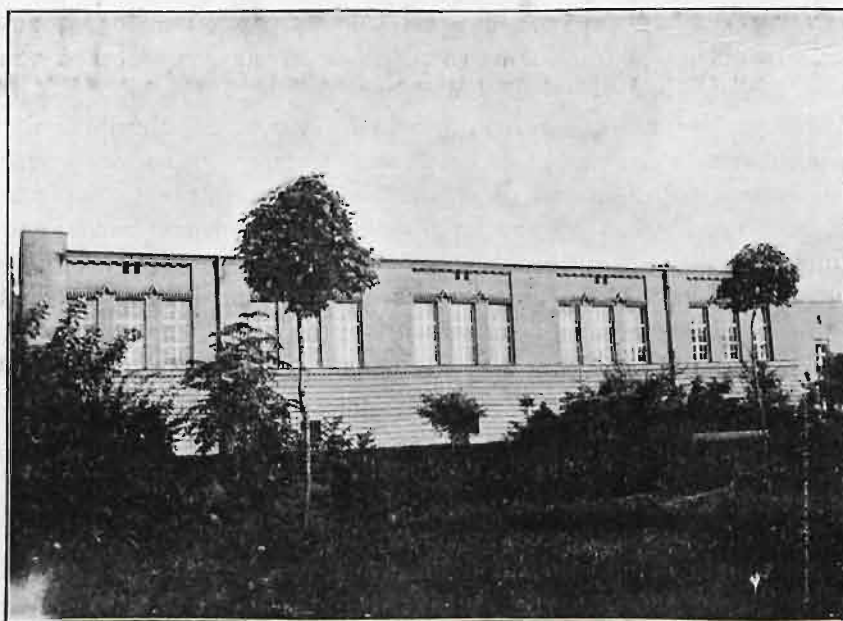
*) La publication présente ne renferme qu'une partie de travaux exécutés pendant le temps indiqué.

W suterynie pod tunelem o średnicy 1,0 m ustawione są następujące maszyny do obróbki drzewa: tokarka, frezarka, heblarka, grubiarka, cyrkularka słupowa, piła tarczowa, piła taśmowa i szlifierka; każda z wymienionych maszyn posiada swój własny napęd elektryczny.



Rys. 1. Widok Instytutu od strony południowo-wschodniej.

W wyższej części gmachu na drugim piętrze znajdują się pracownie asystentów i personelu pomocniczego oraz małe laboratorium. Laboratorium zajmuje salę o wymiarach $12,4 \times 7,9$ m, w której ustawiony jest tunel przystosowany do wykonywania pomiarów przy małych prędkościach wiatru.



Rys. 2. Widok Instytutu od strony zachodniej.

Pracownie kierownika Instytutu i asystentów zatrudnionych w dziale doświadczalnym znajdują się na pierwszym piętrze; tamże mieści się audytorjum obliczone na 35 osób i poczekalnia.

Parter zajmują warsztaty stolarski i mechaniczny oraz mieszkania mechanika i woźnego. W warsztacie mechanicznym znajdują się dwie tokarnie, wiertarka słupowa i płyta traserska wyposażona w odpowiednie przyrządy pomiarowe, niezbędne przy montowaniu lub wykonywaniu modeli płatowców, śmigieł i t. p.

Kotłownia do instalacji centralnego ogrzewania, stacja transformatorowa, składy drzewa, magazyny i skład materiałów opałowych mieszczą się w podziemiu.

2. TUNELE AERODYNAMICZNE

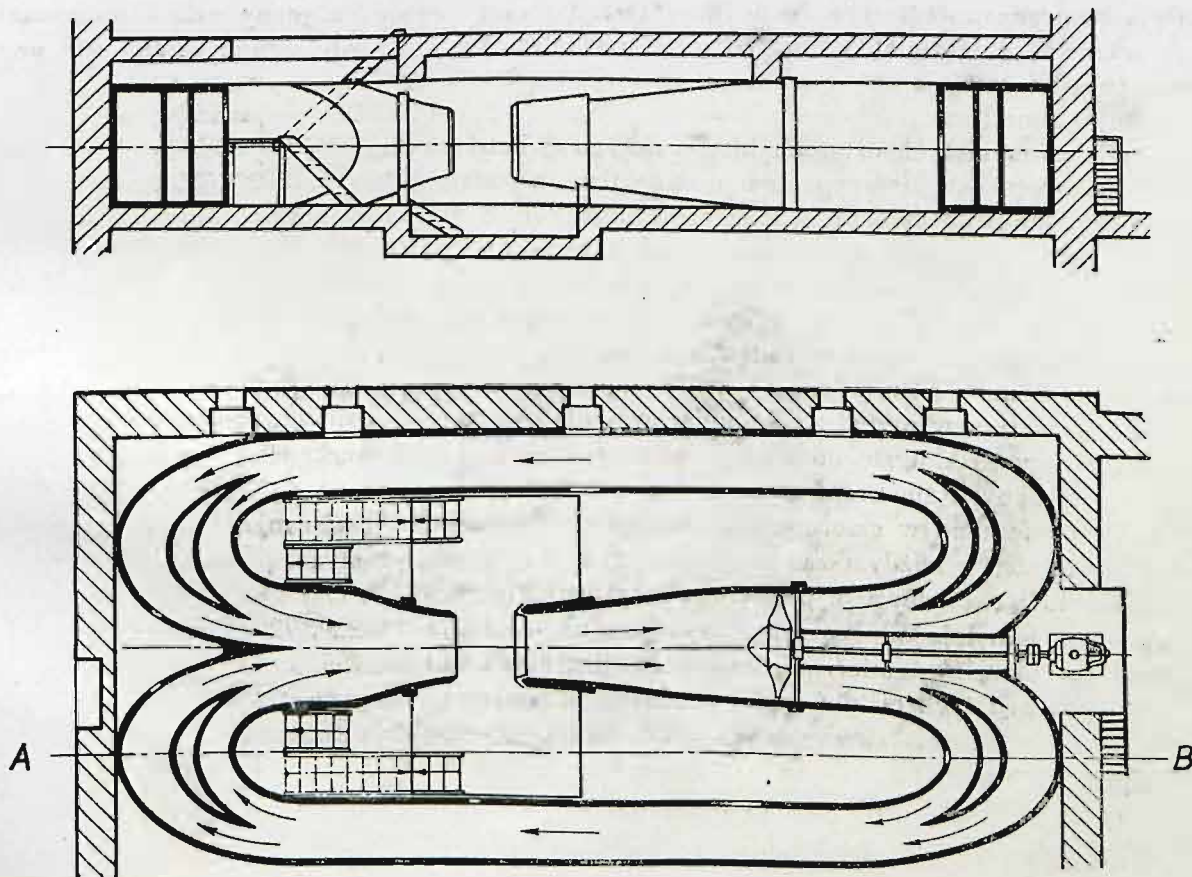
Instytut posiada obecnie cztery tunele, z których dwa, o średnicach wylotów lejów odpływowych 1,0 m i 2,5 m, zbudowane zostały równocześnie z całością gmachu Instytutu. Tunel trzeci, o średnicy 1,1 m, wykonany we własnych warsztatach, zmontowano w lecie 1929 r. Wymienione trzy tunele należą do typu tunelów o obiegu zamkniętym i swobodnym strumieniu powietrza w przestrzeni pomiarowej, w której ciśnienie statyczne podczas doświadczeń jest równe atmosferycznemu.

Czwarty tunel, o ujętym strumieniu powietrza, zbudowany w 1924 r. w okresie czasu istnienia byłego laboratorium aerodynamicznego Politechniki Warszawskiej, posiada oszkloną przestrzeń pomiarową i jest przeznaczony do prac doświadczalnych, wykonywanych przy małych prędkościach wiatru, jak fotografowanie przepływów powietrza, cechowanie wiatromierzy i t. p. przyrządów pomiarowych.

Tunel o średnicy 1,0 m.

Tunel ten, jak widać z rys. 3, składa się z dwóch lejów — dopływowego i odpływowego, czterech kolan, zmieniających kierunek przepływającego powietrza o kąt 180° , i dwóch

Przekrój A-B



Rys. 3. Tunel o średnicy 1,0 m.

bocznych kanałów, symetrycznie położonych względem podłużnej osi tunelu. Przekroje wewnętrzne lejów są kołowe, kolan i kanałów obiegowych—prostokątne. W każdym kolanie ustawiono po jednej kierownicy.

Kształty obu lejów, kolan i kierownic zaprojektowane zostały na podstawie wyników obliczeń, które miały na celu osiągnięcie równomiernego przepływu powietrza w tunelu.*)

W miejscu, gdzie łączy się lej dopływowy z kolanami, znajduje się drewniany dwuramienny wentylator o średnicy 1,8 m osadzony na stalowym wałku, który jest połączony zapomocą sprzęgła sprężystego z silnikiem elektrycznym. Wałek i łożyska są umieszczone wewnątrz cylindrycznej osłony, która stanowi jedną całość z resztą tunelu. Łożysko, znajdujące się zaraz za wentylatorem, przymocowano do ścian tunelu zapomocą czterech prętów żelaznych, ustalających jego położenie.

W bocznych ścianach kanałów obiegowych znajduje się kilka okien, pozatem, celem oświetlenia wnętrza tunelu, w każdym kolanie umieszczone są lampy elektryczne. Dostęp do wnętrza zapewniają drzwi w jednej z bocznych ścian. Cały tunel wykonany został z żelazo-betonu.

Wstępne doświadczenia, przeprowadzone po uruchomieniu instalacji, wykazały, iż przy pełnem obciążeniu silnika (50 KM) prędkość przepływu powietrza w przestrzeni pomiarowej tunelu wynosiła średnio 60 m/sek. Stwierdzono dalej, że prędkości powietrza w poszczególnych miejscach strumienia zmieniały się w granicach bardzo znacznych, tak co do wielkości jak i kierunku, przyczem przepływ powietrza był niejednostajny. Różnice prędkości w części środkowej wynosiły ± 3 mm sł. w. zaś na obwodzie dochodziły do ± 15 mm. Przy pewnych prędkościach wiatru powstawały drgania strumienia powietrza o znacznem natężeniu, co pociągało za sobą drgania całej konstrukcji tak, iż prowadzenie doświadczeń było utrudnione.

Celem osiągnięcia możliwie jednostajnego przepływu oraz zmniejszenia drgań powietrza przeprowadzono cały szereg doświadczeń, przyczem wynik pożądany usiłowano uzyskać przez wprowadzenie zmian w ukształtowaniu wnętrza tunelu. Zastosowane ostatecznie zmiany polegają na zmniejszeniu przekrojów czterech kolan, oprofilowaniu wlotu i wylotu lejów, jak również umieszczeniu 8-miu kierownic, wykonanych ze sklejki po dwie w każdym kolanie zamiast usuniętych czterech kierownic żelazo-betonowych. W największym przekroju leja odpływowego ustawiono pozatem prostownicę o wymiarach $1800 \times 1800 \times 500$ mm wykonaną z 3 mm sklejki i składającą się z szeregu kanalików o przekrojach kwadratowych wielkości $0,01$ m². Obecne ukształtowanie tunelu podaje rys 4.

Przez wprowadzenie tych zmian osiągnięto następujące wyniki: drgania powietrza uległy znacznemu osłabieniu, przepływ powietrza stał się bardziej jednostajny, zaś wahania ciśnienia prędkości, mierzone w miejscach znajdujących się bliżej obwodu strumienia, zmniejszyły się do 1 mm sł. w. Wskutek zwiększenia się jednak oporów przepływu, największa prędkość powietrza w przestrzeni pomiarowej uległa zmniejszeniu i wynosiła $u \cong 50$ m/sek.

Pomiary rozkładu ciśnień w przestrzeni pomiarowej, wykonane po wprowadzeniu wyżej wymienionych zmian w ukształtowaniu tunelu, przeprowadzone były w ten sposób, że ciśnienia mierzono w czterech przekrojach prostopadłych do kierunku ruchu przepływającego powietrza, w każdym zaś przekroju wzdłuż czterech prostych, przecinających oś podłużną tunelu i tworzących z poziomem kąty 0° , 45° , 90° , 135° . Odległości odnośnych przekrojów od wylotu leja odpływowego wynosiły odpowiednio 30, 220, 720, i 958 mm.

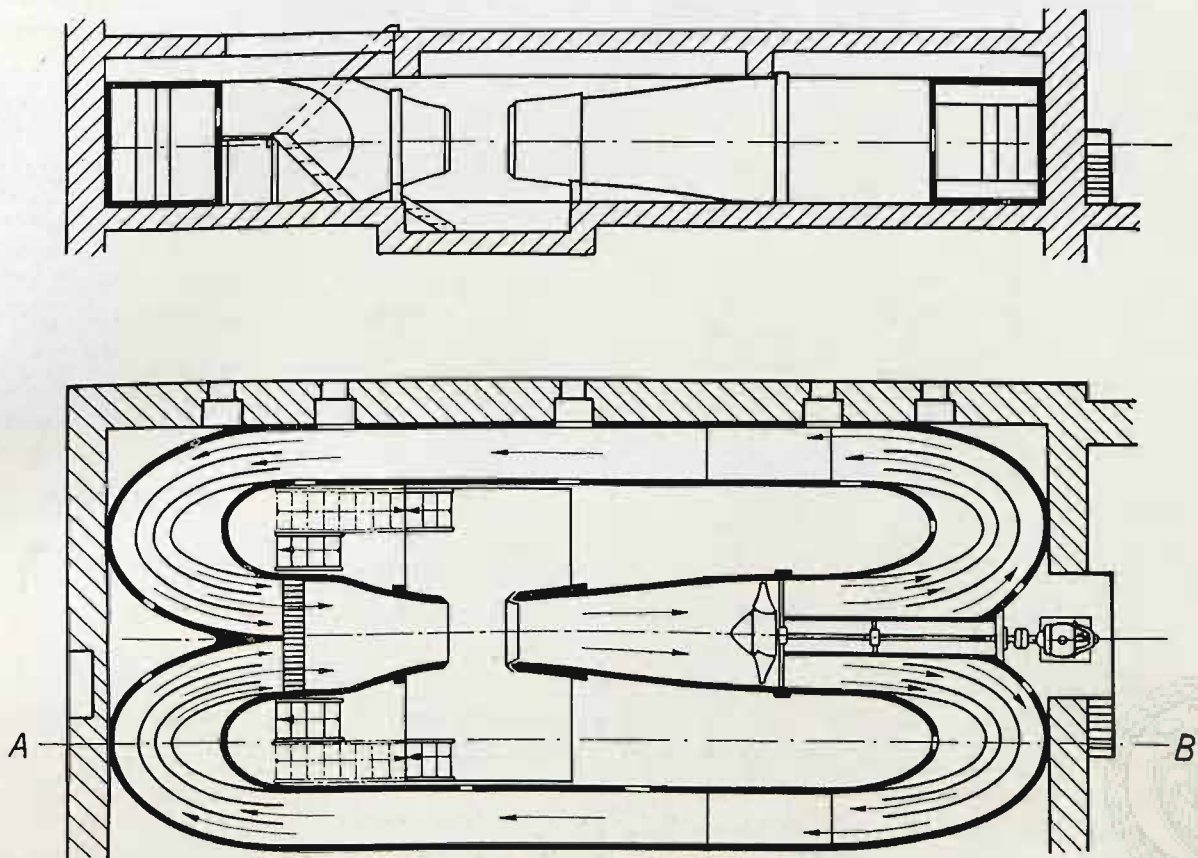
Rozkład ciśnień mierzono zapomocą przyrządu, umożliwiającego wykonanie jednoczesnego pomiaru tych ciśnień w 32 punktach strumienia, leżących wzdłuż jednej prostej.

*) a) C. Witoszyński. Über Strahlerweiterung und Strahlablenkung-Vorträge aus dem Gebiete der Hydro-und Aerodynamik. Innsbruck, 1922, str. 250.—J. Springer, Berlin, 1924.

b) Prace Laboratorium Aerodynamicznego Politechniki Warszawskiej. — Przegląd Techniczny, t. LXIII, 1925.

Przyrząd ten był połączony z odpowiednią liczbą manometrów wodnych, wskazania których fotografowano. Opis urządzenia do pomiaru rozkładu ciśnień podany jest na str. 20. Na rys. 5

Przekrój A-B



Rys. 4. Tunel o średnicy 1,0 m.

przedstawione są w postaci wykresów wyniki pomiarów rozkładu prędkości w przekroju II przestrzeni pomiarowej. Z wykresów tych widać, że największa różnica prędkości cząsteczek powietrza w części użytkowej strumienia nie przekracza 0,3 m/sek.

Tablica I i wykresy na rys. 6 zawierają następujące charakterystyczne wielkości, zmierzone lub obliczone na podstawie pomiarów.

Obliczona w koniach mechanicznych energia kinetyczna przepływającego na sekundę przez przestrzeń pomiarową powietrza:

$$N_0 = \frac{2\pi}{75} \int_0^{\frac{D}{2}} q_r u_r dr$$

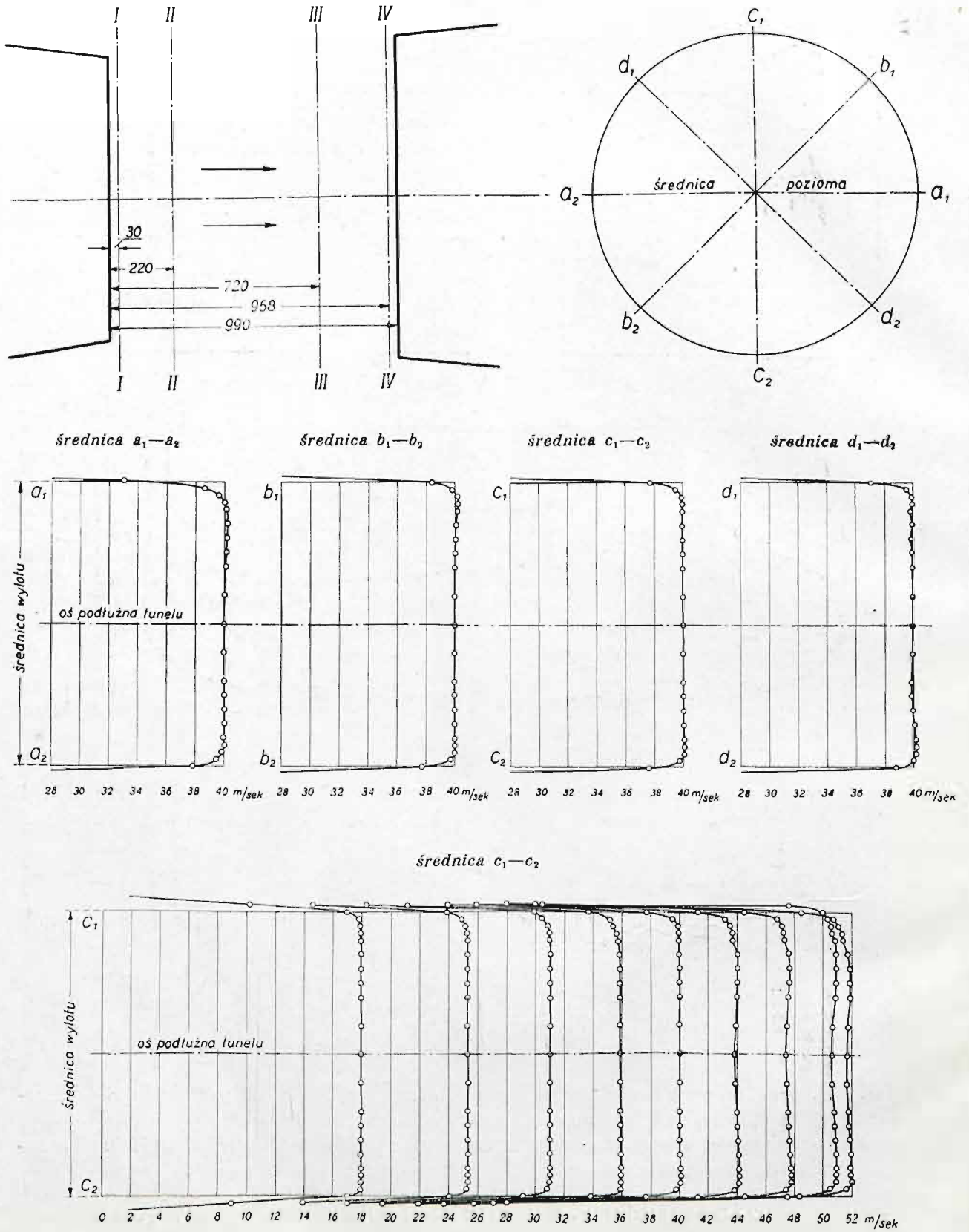
gdzie u_r i q_r oznaczają prędkości przepływu i ciśnienie prędkości na promieniu r . Obliczenie wykonano graficznie, uwzględniając rzeczywisty rozkład prędkości na wylocie.

N_s — wyrażona w koniach mechanicznych moc prądu stałego przy wejściu do silnika poruszającego wentylator.

Spółczynnik jakości zespołu (silnik, wentylator, tunel):

$$j_o = \frac{N_o}{N_s}$$

Rozkład prędkości w przestrzeni pomiarowej tunelu o średnicy 1,0 m (przekrój II).



Rys. 5.

Δp — różnica ciśnień statycznych, mierzonych bezpośrednio przed i za wentylatorem.

q_0 — średnie ciśnienie prędkości w części użytecznej przekroju strumienia w przestrzeni pomiarowej.

Średni współczynnik jakości samego tunelu:

$$s = \frac{q_0}{\Delta p}$$

Tabl. 1.

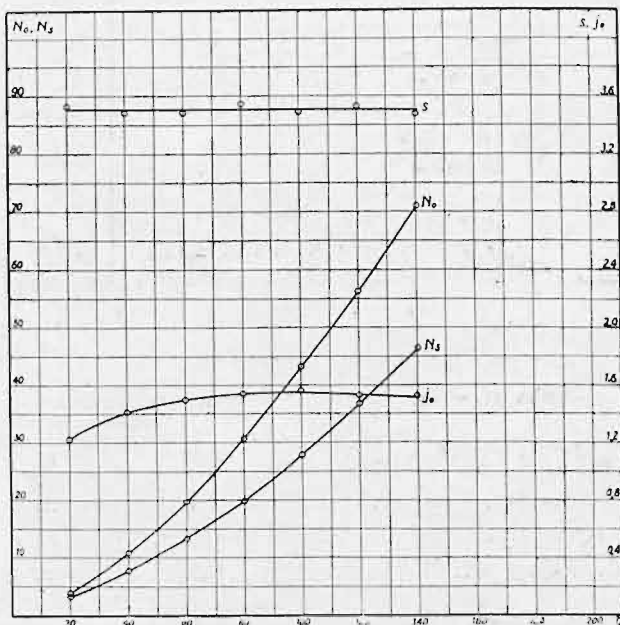
q_0	Δp	N_0	I	V	N_s	j_0	s
20	5,7	3,8	23	100	3,1	1,22	3,51
40	11,5	10,8	39	144	7,6	1,42	3,49
60	17,2	19,8	55	178	13,3	1,49	3,49
80	22,5	30,5	70	208	19,8	1,54	3,56
100	28,7	43,2	85	240	27,7	1,56	3,49
120	34,0	56,3	110	246	36,8	1,53	3,53
140	40,2	71,0	139	246	46,5	1,53	3,48

Po wykonaniu powyższych ulepszeń przystąpiono do pomiarów związanych z techniką lotniczą, uznając, że tunel doprowadzony jest do stanu, zapewniającego dostateczną dokładność pomiarów.

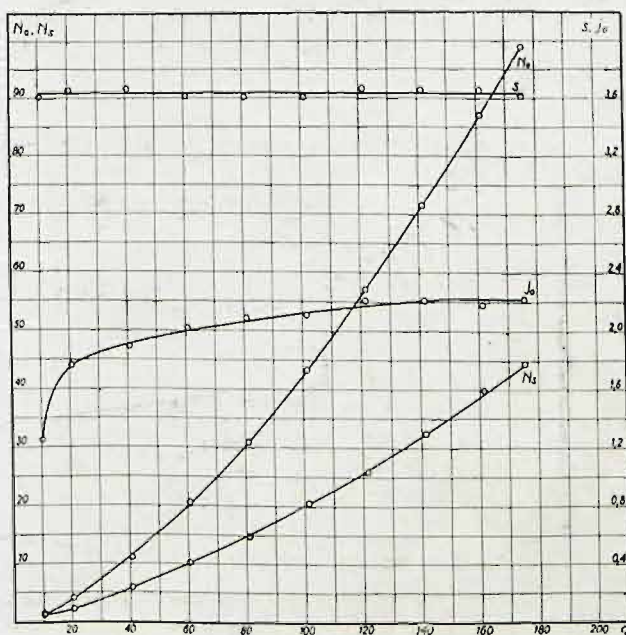
W czasie późniejszym, na podstawie badań, przeprowadzonych w innym tunelu, zaprojektowano i wykonano do tunelu Nr. 1 nowy wentylator, przystosowany do istniejącego rzeczywiście rozkładu prędkości w strumieniu powietrza, przepływającym przez wentylator. Wyniki pomiarów, uskuteczniionych z tym nowym wentylatorem, zawarte są w tabl. II i rys. 7. Podajemy jeszcze na rys. 8 rozkład ciśnień statycznych na ścianach tunelu.

Tabl. II.

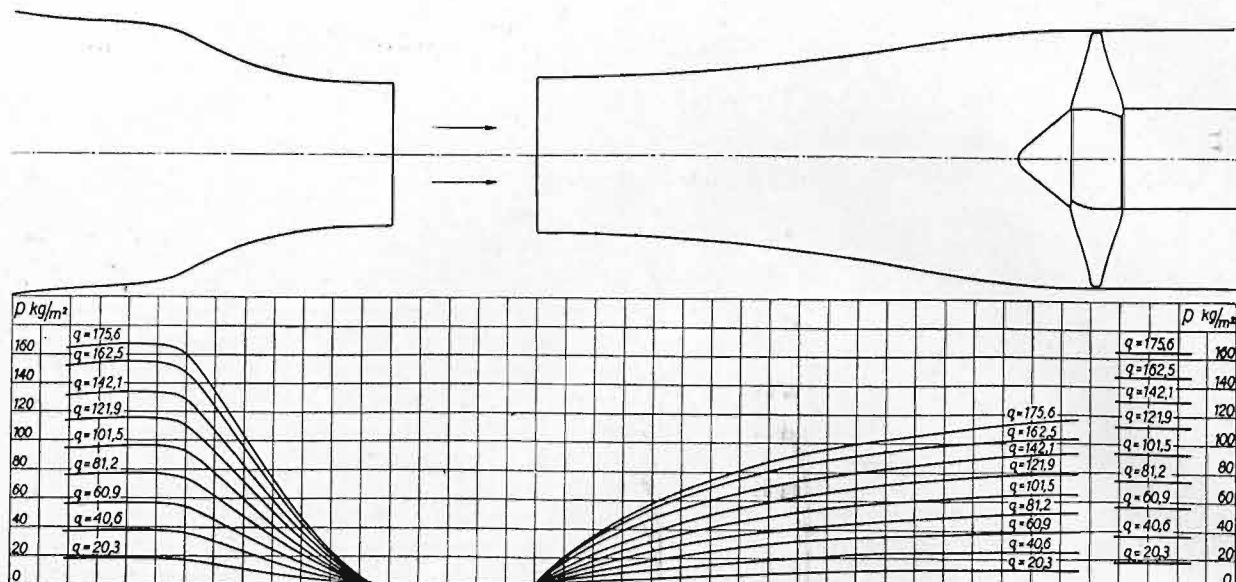
q	Δp	N_0	I	V	N_s	j_0	s
10,1	2,8	1,4	11,5	70,5	1,1	1,27	3,61
20,5	5,6	4,0	17,5	97,5	2,3	1,74	3,66
40,7	11,1	11,4	32,0	137,5	6,0	1,90	3,67
60,8	16,8	20,6	46,0	163,0	10,2	2,02	3,62
81,0	22,2	31,0	58,0	188,5	14,9	2,08	3,61
101,5	28,1	43,4	71,5	212,0	20,6	2,11	3,61
121,8	33,2	57,1	83,0	229,5	25,9	2,21	3,67
141,6	38,7	71,6	98,5	242,3	32,4	2,21	3,66
161,4	44,1	87,1	121,5	242,1	40,0	2,18	3,66
175,6	48,5	98,8	138,0	237,2	44,5	2,22	3,62



Rys. 6.



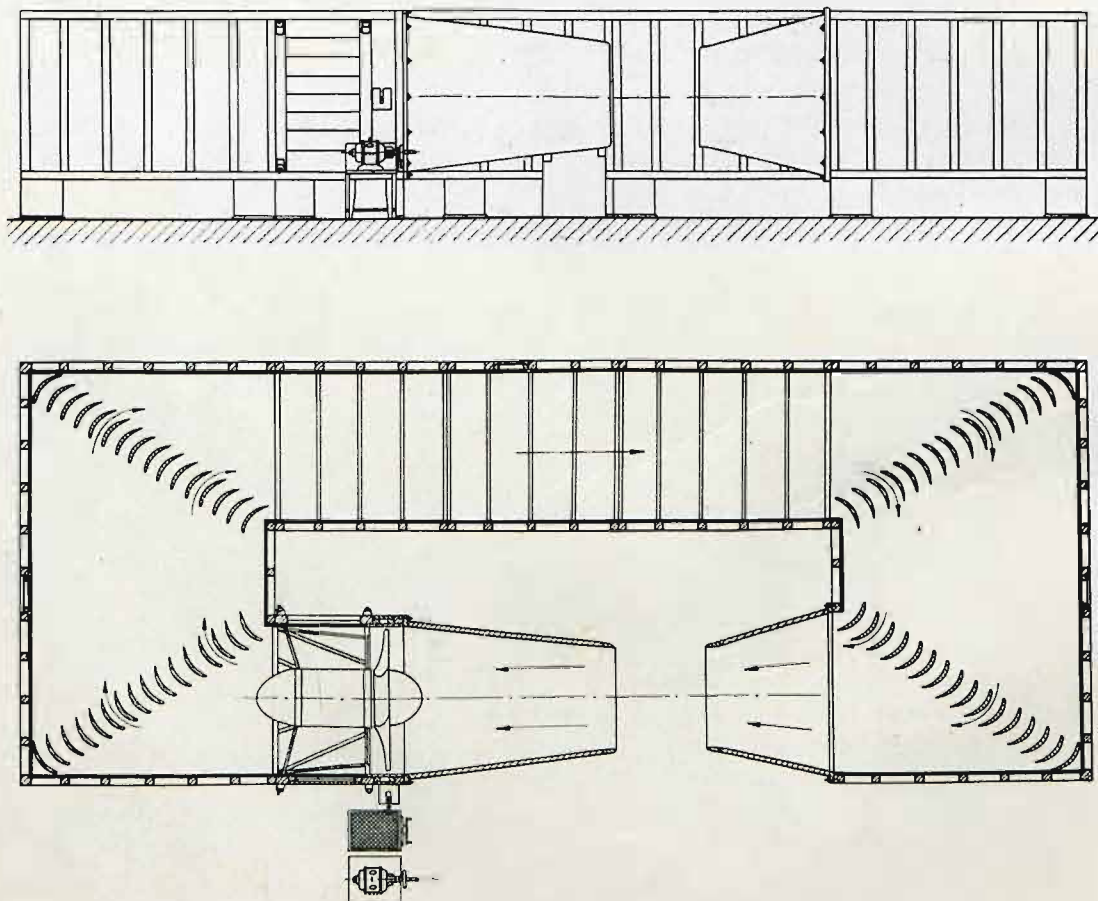
Rys. 7.



Rys. 8.

Tunel o średnicy 1,1 m.

Wobec obciążenia tunelu o metrowej średnicy pomiarami, wykonywanymi na potrzeby techniki lotniczej, uznano za konieczne zbudowanie tunelu o zbliżonych do poprzedniego wymiarach, celem prowadzenia dalszych badań, związanych ogólnie z udoskonaleniem działania tunelów. Przy projektowaniu nowego tunelu zwrócono szczególną uwagę na możliwość łatwego wykonania ewentualnych zmian w jego ukształtowaniu, dlatego też jest on zbudowany z drzewa i składa się z ośmiu oddzielnych części łączonych w jedną całość zapomocą śrub.



Rys. 9. Tunel o średnicy 1,1 m.

Tunel ten, jak widać z rys. 9, składa się z dwóch lejów odpływowego i dopływowego, dwu kolan oraz jednego tylko bocznego kanału. Lej dopływowy stanowi stożek, zaś lej odpływowy jest przejściem od kwadratu do koła. Przekroje wewnętrzne kolan i kanału są prostokątne. W każdym kolanie umieszczone są kierownice, wykonane z drzewa, ustawienie których może być bez trudności zmieniane.

W części tunelu, zawartej między lejem dopływowym a kolaniem, znajduje się silnik elektryczny oraz trzyramienny wentylator o średnicy 1,8 m. Silnik jest umieszczony w osłonie i przymocowany do ścian tej części tunelu zapomocą ośmiu ustalających jego położenie prętów żelaznych. Wolny koniec wałka silnika został zatoczony stożkowo i nagwintowany celem osadzenia piasty wentylatora.

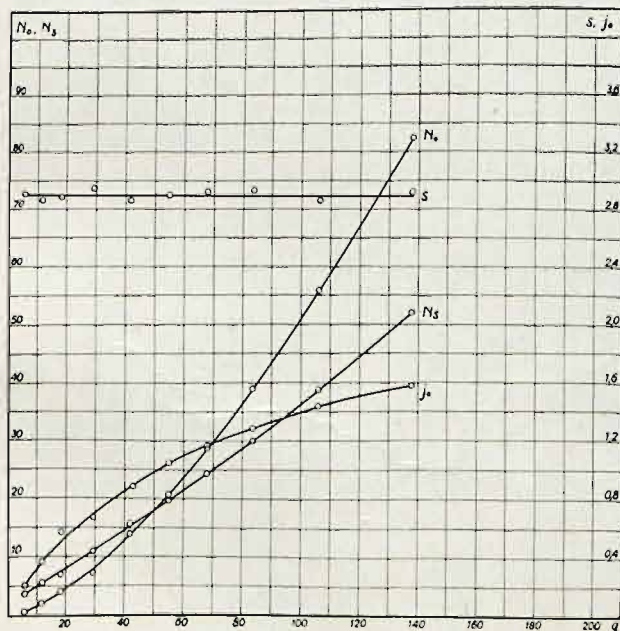
Dla możliwego wyrugowania wpływu sprężystości ścian tunelu, boczne ściany kolan i kanału prostokątnego wykonane zostały z płyt gumowych o grubości 3 mm.

W ścianach kolan i kanału prostokątnego znajdują się włazy, przez które umożliwiony jest dostęp do wnętrza tunelu.

Pomiary przeprowadzone po uruchomieniu instalacji tunelowej wykazały w różnych przekrojach poprzecznych istnienie tylko małych drgań powietrza oraz pewną niejednostajność rozkładu prędkości w kierunku poziomym. Niejednostajność tę zmniejszono przez odpowiednie ustawienie kierownic, znajdujących się w kolanach tunelu.

W wyniku dalszych doświadczeń, wykonanych w tym tunelu, ustalono, że główną przyczyną powstawania drgań w tunelu są zakłócenia, powstające w przepływie powietrza na obwodzie strumienia w przestrzeni pomiarowej wskutek raptownego zetknięcia się tego strumienia z prawie nieruchomym otaczającym powietrzem. Badania przepływu przy wylocie tunelu wykazały, że drgania strumienia mogą być zmniejszone przez wprowadzenie takich zmian w ukształtowaniu wylotu tunelu, któreby zmniejszały raptowność zetknięcia powietrza w ruchu z powietrzem w spoczynku.

Wyniki pomiarów, wykonanych celem określenia współczynnika jakości $s = \frac{q_0}{\Delta p}$, podane są w tabelce III oraz przedstawione w postaci wykresów na rys. 10.



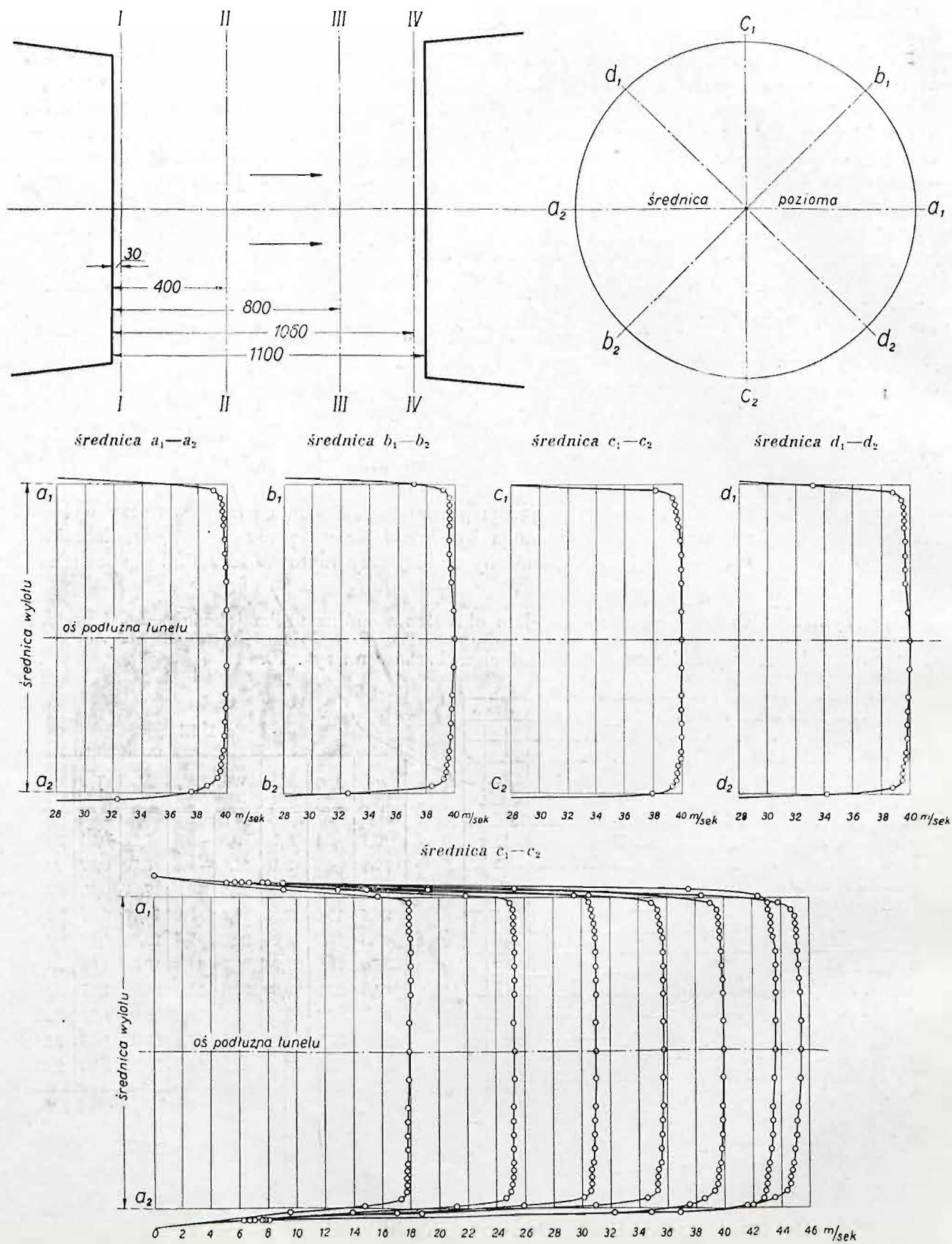
Rys. 10.

Tabl. III.

q	Δp	N_0	W_1	W_2	N_s	j_0	s
6,1	2,1	0,75	9,0	2,5	3,53	0,21	2,91
12,0	4,2	2,13	11,0	0,5	5,70	0,37	2,86
18,5	6,4	4,07	13,0	0,0	7,07	0,58	2,89
29,5	10,0	7,25	16,5	3,5	10,90	0,67	2,95
42,0	14,7	14,00	20,5	7,5	15,70	0,89	2,86
55,0	19,0	20,90	25,0	11,5	19,85	1,05	2,90
68,0	23,2	28,80	29,5	15,5	24,50	1,17	2,93
83,5	28,4	39,00	35,5	20,0	30,20	1,29	2,94
106,0	37,0	56,00	44,5	27,0	38,90	1,45	2,87
137,5	47,0	82,70	60,0	36,0	52,20	1,59	2,93

Na rys. 11 podane są wyniki pomiarów rozkładu prędkości w przekroju II przestrzeni pomiarowej. Największa różnica prędkości cząsteczek powietrza w użytkowej części strumienia nie przekraczała 0,5 m/sec.

Rozkład prędkości w przestrzeni pomiarowej tunelu o średnicy 1,1 m (przekrój II).



Rys. 11.

Tunel o średnicy 2,5 m.

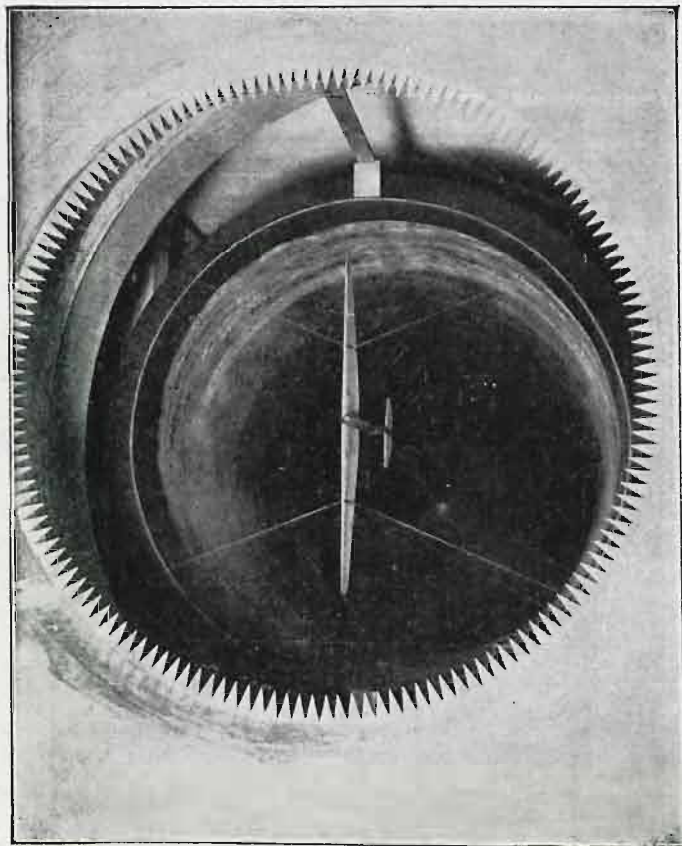
Tunel ten (rys. 13), zbudowany jednocześnie z tunelem o metrowej średnicy, wykonany został z żelazo-betonu. Składa się on z dwóch lejów dopływowego i odpływowego, przekroje których są kołowe i czterech kolan oraz dwóch bocznych kanałów o przekrojach prostokątnych. W każdym kolanie znajdują się dwie kierownice, w największym zaś przekroju leja odpływowego ustawiona jest prostownica o wymiarach $4290 \times 4280 \times 600$ mm, wykonana z 6 mm sklejki i składająca się z szeregu kwadratowych kanalików, przekroje których wynoszą $0,011$ m².

Za lejem dopływowym znajduje się wykonany z drzewa pięcioramienny wentylator o średnicy 4 m, osadzony na stalowym wale, który jest połączony zapomocą sprzęgła sprężystego z silnikiem elektrycznym, znajdującym się nazewnątrz tunelu. Łożysko, znajdujące się bezpośrednio przy wentylatorze, przymocowane jest do ścian tunelu zapomocą czterech prętów żelaznych, ustalających jego położenie.

Podczas wstępnych pomiarów, przeprowadzonych po uruchomieniu instalacji, zaobserwowano zupełnie podobne zjawisko, jak i w tunelu o metrowej średnicy, powstawania przy pewnych prędkościach przepływu bardzo silnych drgań powietrza, które powodowały drgania konstrukcji tunelu, szczególnie zaś ścian jego bocznych kanałów. Wobec tego, że kanały obiegowe przylegały do ścian budynku, drgania tunelu udzielały się tym ścianom. Celem zmniejszenia drgań wykonano zmiany następujące: boczne betonowe kanały tunelu zostały usunięte, natomiast wykonane zostały kanały z drzewa, przyczem te ostatnie w żadnym miejscu nie przylegają do ścian budynku. Pozatem, opierając się na wynikach doświadczeń, wykonanych w tunelu o średnicy 1,1 m z różnymi ukształtowaniami zakończenia wylotu leja odpływowego, zastosowano w omawianym tunelu ukształtowanie jak na rys. 12.

Dodatknie wyniki, osiągnięte przez zastosowanie tego rodzaju zakończenia leja, zabezpieczały dostatecznie dokładność pomiarów przy wykonywaniu prac doświadczalnych bez stosowania innych zmian w ukształtowaniu tunelu.

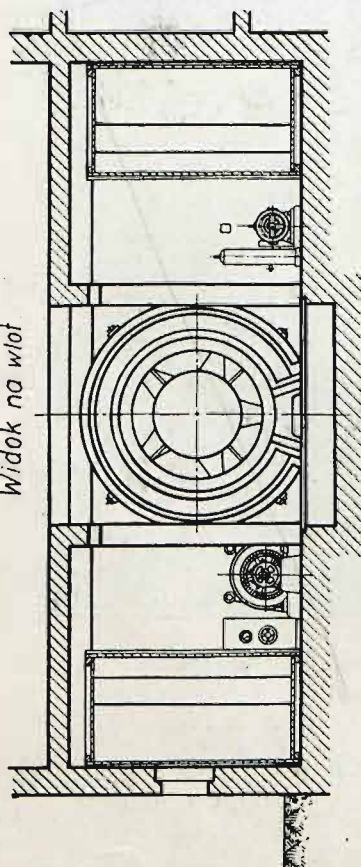
Wyniki pomiarów rozkładu ciśnień w przekroju II przestrzeni pomiarowej omawianego tunelu podane są w postaci wykresów na rys. 14. Jak widać z wykresów, największa różnica prędkości cząsteczek powietrza w użytkowej części strumienia nie przekracza $0,36$ m/sek.



Rys. 12. Wylot w dużym tunelu.

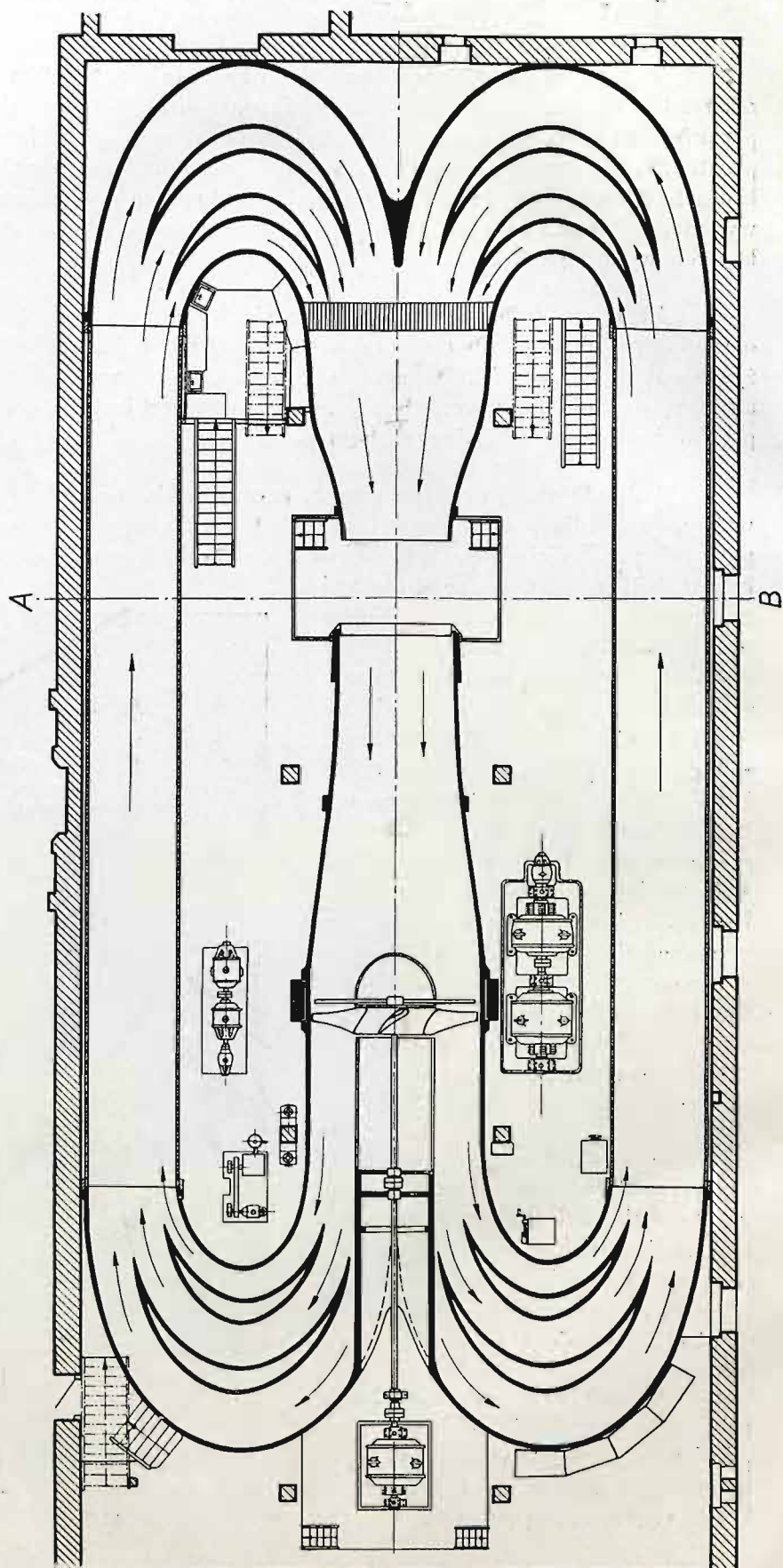
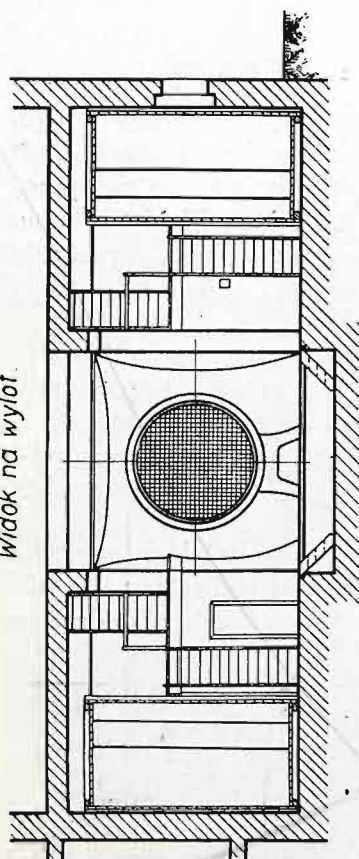
Przekrój A-B.

Widok na wlot.



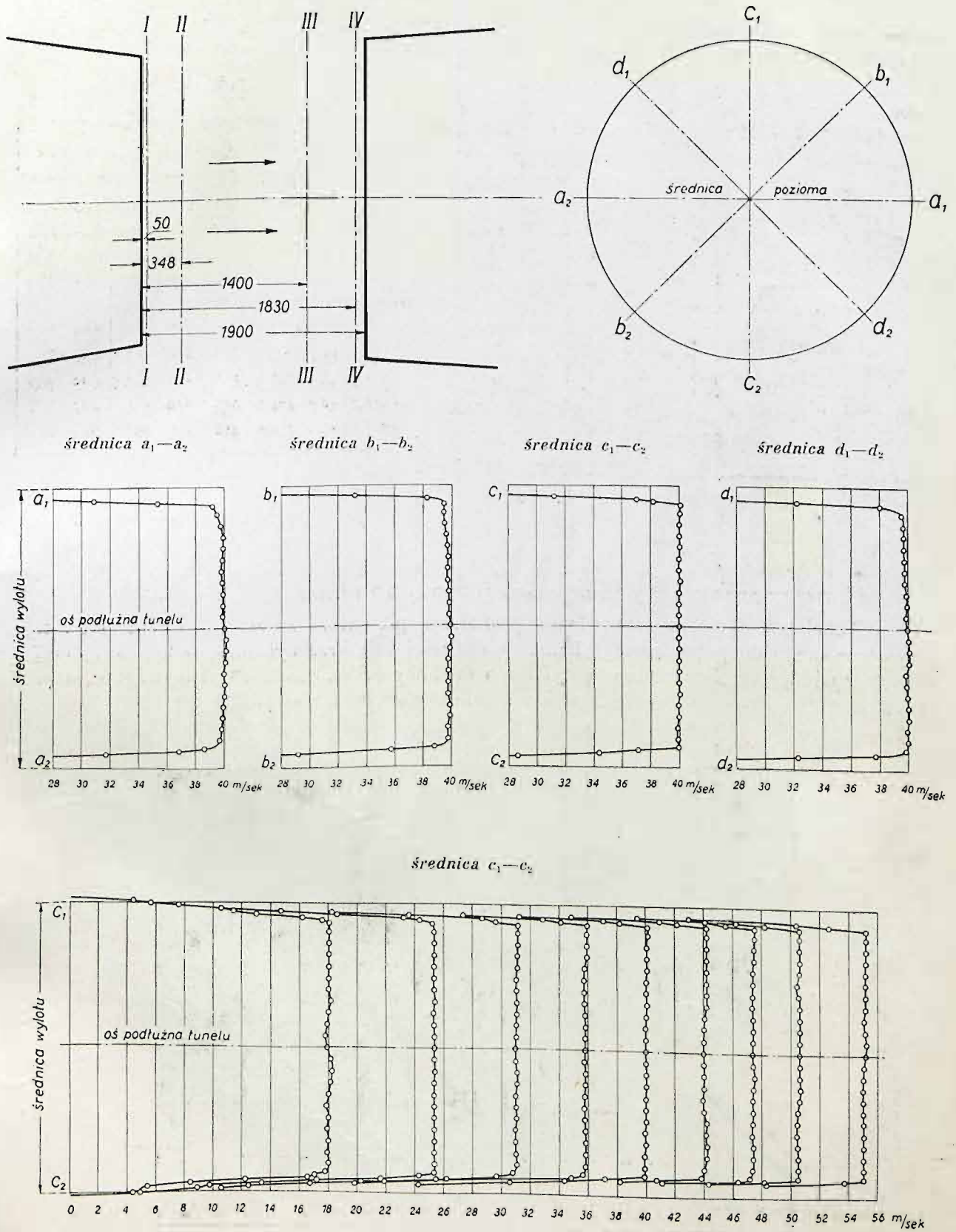
Przekrój A-B.

Widok na wylot.



Rys. 13. Tunel o średnicy 2,5 m.

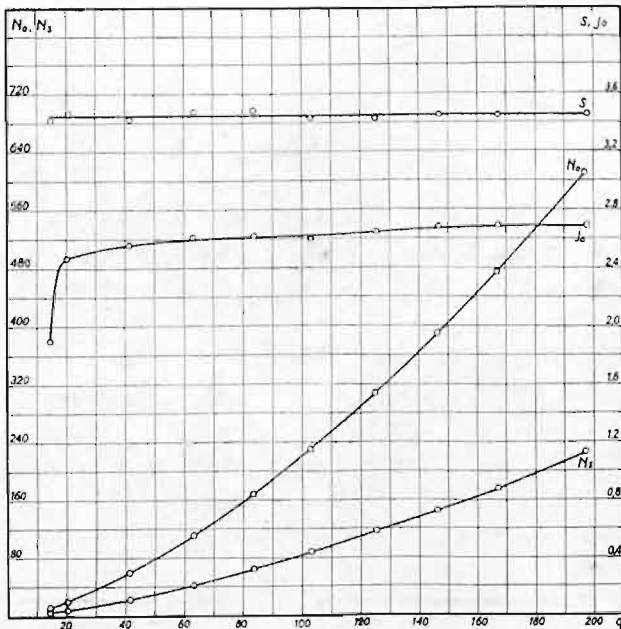
74. Rozkład prędkości w przestrzeni pomiarowej tunelu o średnicy 2,5 m (przekrój II).



Rys. 14.



Wyniki pomiarów, wykonanych celem określenia współczynników jakości j_0 i s , podane są w tablicy IV oraz przedstawione w postaci wykresów na rys. 15.



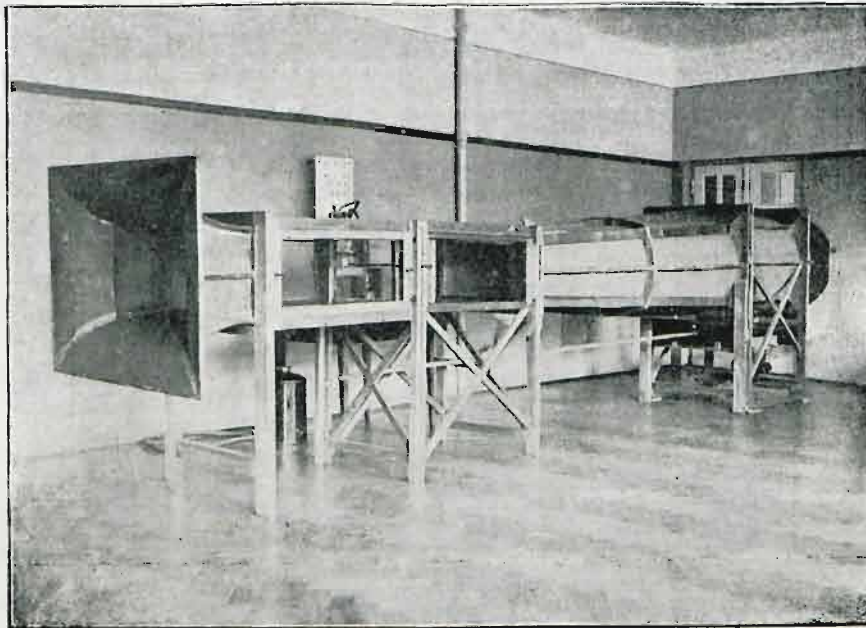
Rys. 15.

Tabl. IV.

q	Δp	N_0	I	V	N_s	j_0	s
14,4	4,2	12,1	42	112	6,4	1,89	3,43
20,5	5,9	20,5	53	127	8,3	2,47	3,47
41,5	12,1	59,0	92	184	23,0	2,57	3,43
63,2	18,2	110,4	137	227	42,3	2,61	3,47
83,6	24,0	168,2	180	263	64,3	2,62	3,48
103,0	30,0	229,9	211	293	88,0	2,61	3,43
125,3	36,5	307,5	270	318	116,6	2,64	3,43
146,5	42,5	390,0	310	346	145,5	2,68	3,45
167,0	48,5	474,0	352	368	176,0	2,69	3,44
197,3	57,5	610,0	418	400	227,2	2,69	3,46

Tunel o przekroju prostokątnym 710×430 mm.

Tunel ten, o ujętym strumieniu powietrza, jak widać z rys. 16, składa się z leja przymocowanego do prostokątnego kanału o długości 2 m oraz dyfuzora, w końcowej części którego znajduje się 4-ramienny wentylator o średnicy 0,8 m. Pomiary wykonywane są w prostokątnej części tunelu, która jest oszklona celem ułatwienia obserwacji.



Rys. 16. Tunel o przekroju prostokątnym.