AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

WYDZIAŁ INŻYNIERII LĄDOWEJ I GOSPODARKI ZASOBAMI

Tytuł opracowania:
Wyznaczenie charakterystyk przepływowych
anemostatu nawiewno-wywiewnego RPS-1

Zleceniodawca:
Tech-Plast
Polanka 148,
32-400 Myślenice

Opracowanie wykonane przez zespół:

dr hab. inż. Marek Borowski, prof. uczelni

dr inż. Piotr Życzkowski

dr inż. Rafał Łuczak

mgr inż. Klaudia Zwolińska

Podpis za zespół: Borowski Marek

KRAKÓW wrzesień 2021

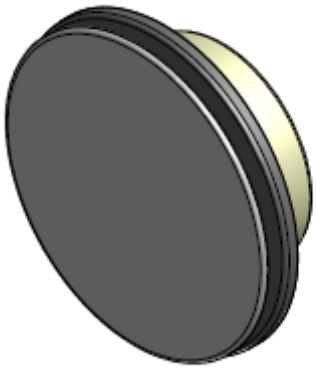
Akademia Górniczo-Hutnicza | Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
tel.: 617 21 15, fax: 12 617 50 17
e-mail: gorn@agh.edu.pl, www.gorn.agh.edu.pl
REGON: 000001577, NIP: 6750001923

Spis treści:

1. Charakterystyka anemostatu 3
2. Stanowisko badawcze 4
3. Charakterystyka pomiarów 8
4. Wyniki i opracowanie pomiarów ciśnienia statycznego dla trybu nawiewnego 9
4.1. Wyniki pomiarów dla trybu nawiewnego 9
4.2. Opracowanie wyników dla trybu nawiewnego 11
5. Wyniki i opracowanie pomiarów ciśnienia statycznego dla trybu wywiewnego 12
5.1. Wyniki pomiarów dla trybu wywiewnego 12
5.2. Opracowanie wyników dla trybu wywiewnego 14
6. Wyniki i opracowanie pomiarów zasięgu strugi 15
6.1. Szerokość szczeliny s=4 mm 15
6.2. Szerokość szczeliny s=6 mm 21
6.3. Szerokość szczeliny s=8 mm 27
6.4. Szerokość szczeliny s=12 mm 33
6.5. Szerokość szczeliny s=16 mm 39
6.6. Szerokość szczeliny s=20 mm 45
7. Zestawienie wyników pomiarów 51
7.1. Opracowanie pomiarów ciśnienia statycznego – funkcja nawiewna 51
7.2. Opracowanie pomiarów ciśnienia statycznego – funkcja wywiewna 53
7.3. Opracowanie pomiarów zasięgu 55
Załącznik 1a. Współczynniki wielomianu dla anemostatu w funkcji nawiewnej - ciśnienie 57
Załącznik 1b. Współczynniki wielomianu dla anemostatu w funkcji wywiewnej - ciśnienie 58
Załącznik 2a. Współczynniki funkcji – zasięg poziomy 59
Załącznik 2b. Współczynniki funkcji – zasięg pionowy 60

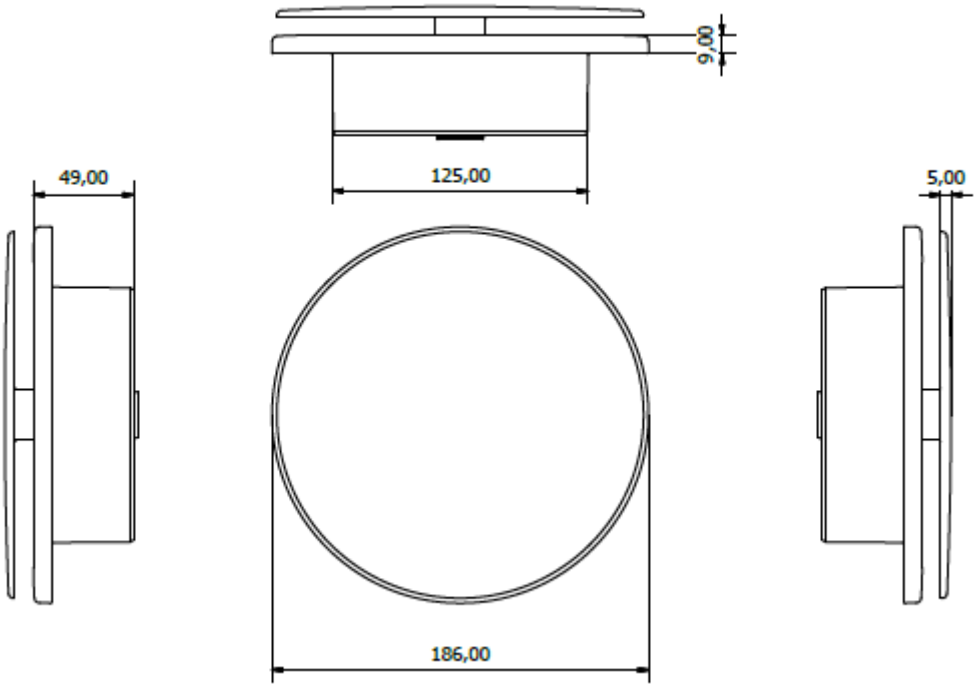
1. Charakterystyka anemostatu

Przedmiotem badania jest anemostat RPS-1. Anemostat instalowany jest na zakończeniach przewodów wentylacyjnych. Anemostat wykonany jest z tworzywa sztucznego i może pracować jako element nawiewny lub wyciągowy. Regulacja natężenia przepływu powietrza możliwa jest dzięki ustawieniu wybranej szerokości szczeliny za pomocą obrotowego talerza. Anemostat dostępny jest obecnie w jednym wymiarze przyłącza 125 mm. Wygląd anemostatu przedstawiono na rysunku 1-1.



Rysunek 1-1 Wygląd anemostatu

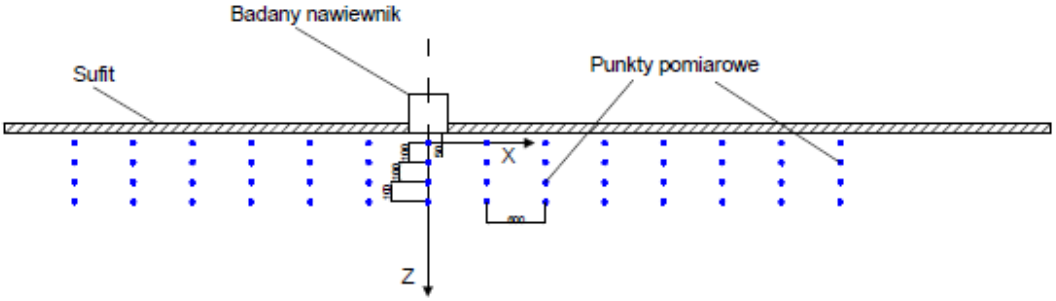
Wymiary badanego anemostatu przedstawiono na rysunku 1-2.



Rysunek 1-2 Przekrój anemostatu VS z oznaczeniem wymiarów

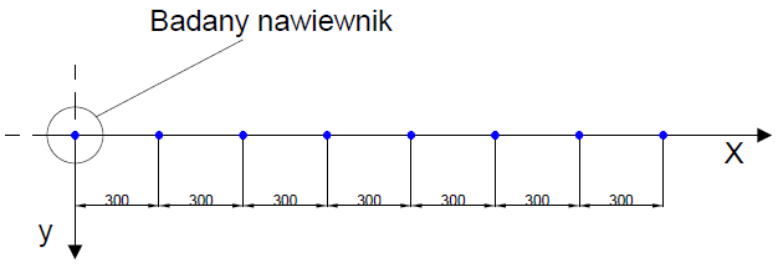
2. Stanowisko badawcze

Pomiary wykonywane były w siatce punktów pomiarowych na płaszczyźnie X-Z jak przedstawiono na rysunku 2-1.



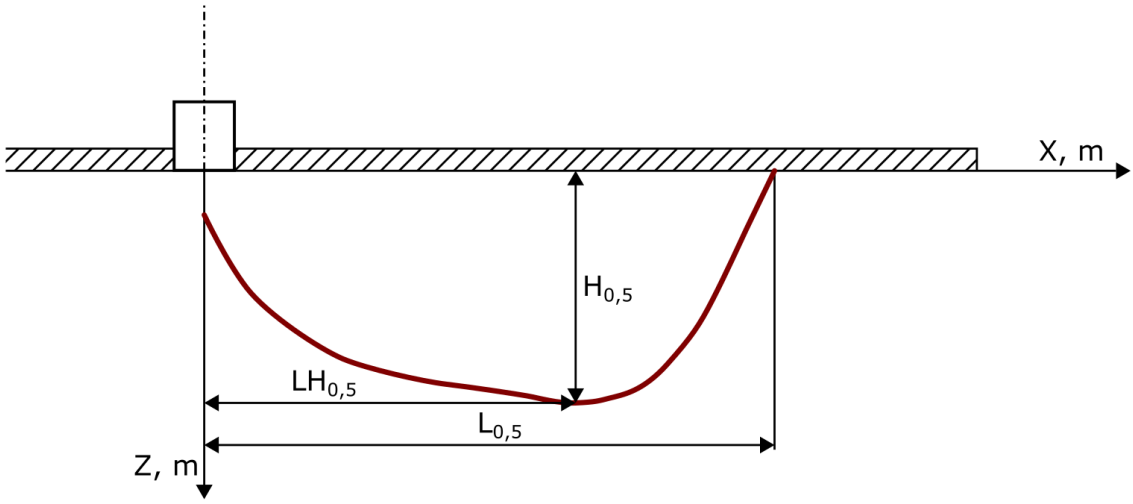
Rysunek 2-1 Punkty pomiarowe w płaszczyźnie X-Z

Pomiary wykonywano „liniami" tzn. najpierw wykonano pomiary na jednej linii pomiarowej, a następnie obniżano/podwyższano anemometry na kolejną linię pomiarowa po osi Z. Jak przedstawia rysunek 2-2 urządzenia pomiarowe ulokowane na danej wysokości Z montowane były w równych odstępach co 150 lub 300mm rozpoczynając od osi nawiewnik aż do uzyskania prędkości niższych od 0,5 m/s. W zależności od parametrów analizowanego elementu badanie przeprowadzono dla odpowiednio dobranych strumieni objętościowych. Dla każdej z ustalonych konfiguracji przeprowadzono badanie uśredniające odczyty z całego okresu. Umiejscowienie punktów pomiarowych określano na podstawie prób zadymiania oraz wielkości strumienia powietrza nawiewanego.



Rysunek 2-2 Punkty pomiarowe w płaszczyźnie X-Y

Pomiary wykonano w celu wyznaczenia zasięgu strugi dla prędkości 0,5 m/s tzw. $L_{0,5}$ [m]. Na rysunku 2-3 został przedstawiony schemat obrazujący zasięg poziomy $L_{0,5}$ i pionowy $H_{0,5}$ strugi wypływającej z nawiewnika.

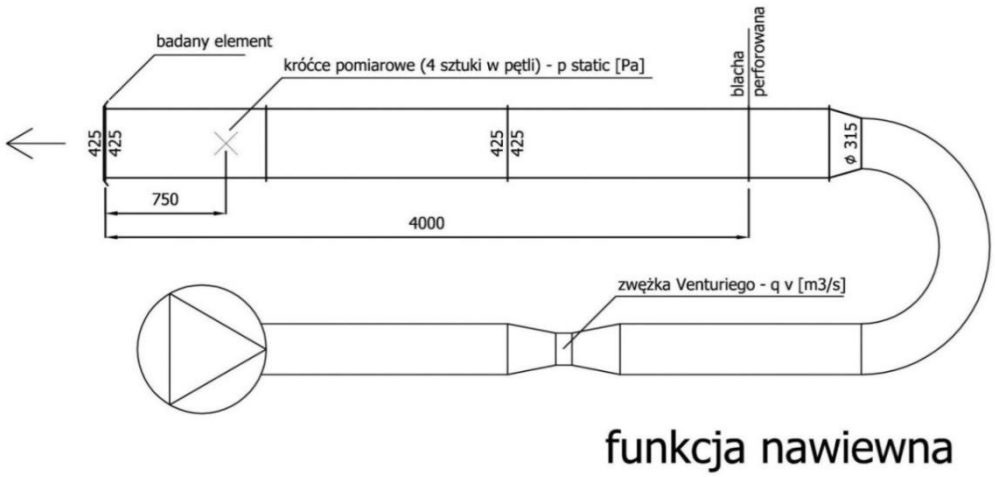


Rysunek 2-3 Zasięg poziomy i pionowy strugi wypływającej z nawiewnika

$L_{0,5}$ - poziomy zasięg strugi wypływającej z nawiewnika
$H_{0,5}$ - pionowy zasięg strugi wypływającej z nawiewnika oddalony o wartość $LH_{0,5}$ od osi nawiewnika.

Na stanowisku dla określonych strumieni przepływającego powietrza zmierzono także spadek ciśnienia. Dla każdej z badanych wielkości nawiewnika zbadano spadek ciśnienia przy pięciu strumieniach powietrza. Na tej podstawie wykreślono wykresy zależności spadku ciśnienia od objętościowego natężenia przepływu.

Badania parametrów aerodynamicznych anemostatu produkowanego przez firmę Tech-Plast, prowadzono w oparciu o normę PN-EN 12238:2002. Badania przeprowadzono w laboratoriach Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie we wrześniu 2021. Wyniki przedstawiono w formie tabel i wykresów. Stanowiska pomiarowe przygotowano pod badany element zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie PN-EN 12238:2002. Przykładowe stanowisko pomiarowe do wyznaczenia oporów przepływu badanego elementu dla funkcji nawiewu przedstawiono na rysunku 2-4.



Rysunek 2-4 Schemat stanowiska pomiarowego

Pomiary prędkości powietrza wykonywane są z wykorzystaniem systemu do pomiaru prędkości i temperatury AirDistSys 5000. System ten służy do wielopunktowych pomiarów prędkości i temperatury powietrza. Jest on stosowany między innymi do oceny warunków cieplnych i rozkładu prędkości w pomieszczeniach.

Dzięki zastosowaniu układu pomiarowego złożonego z ośmiu przetworników SensoAnemo 5100LSF z sondą typu SF3, umożliwiających jednoczesny pomiar prędkości i temperatury w 16 punktach, przy zachowaniu wysokiego poziomu dokładności. Przetwornik anemometryczny mierzy szybkość przepływu powietrza w zakresie od 0,05 do 5,00 m/s. Dokładne dane techniczne przetwornika SensoAnemo 5100LSF zamieszczono poniżej:

- Typ czujnika prędkości: wielokierunkowy, sferyczny
- Zakres pomiaru prędkości: 0.05 … 5.00 m/s
- Dokładność: ±0.02 m/s ±1.5% wskazania
- Błąd czułości kierunkowej powyżej 2m/s: ±2.5%
- Zakres pomiaru temperatury: -10 …+50ºC
- Dokładność: ±2ºC

System uzupełniony jest dodatkowo o przetwornik ciśnienia barometrycznego SensoBaro 5301. Umożliwia on kompensacje wpływu ciśnienia barometrycznego na uzyskane wskazania prędkości powietrza. Interfejs SensoConnect USB umożliwia natomiast transmisję danych do komputera poprzez port USB.

Dane techniczne przetwornika SensoBar 5301:

- Zakres pomiaru: 500 … 1500 hPa
- Dokładność: ±3 hPa
- Czas odpowiedzi: 2 s

Elementem systemu jest także program komputerowy AirDistSys 5000 który umożliwia skanowanie konfiguracji urządzeń, pomiar średniej prędkości i temperatury powietrza, odchylenia standardowego prędkości, intensywności turbulencji przepływu i stopnia ryzyka przeciągu we wszystkich punktach pomiarowych. Dzięki zastosowanemu oprogramowaniu wszystkie parametry rejestrowane są na komputerze.

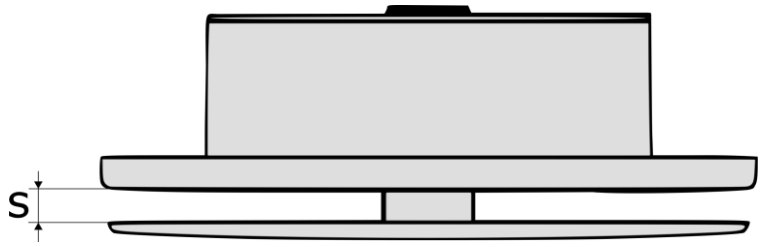
Sposób kalkulacji średniej temperatury i prędkości oraz odchylenia standardowego przedstawiono poniżej:

Wyniki obliczane w przetworniku	Przesyłane do komputera co 2s	Wyniki obliczane w programie komputerowym
$t = \frac{\sum_{i=1}^{16} t_i}{16}$	$\xrightarrow{t}$	$t_m = \frac{\sum_{j=1}^{N} t_j}{N}$
$v = \frac{\sum_{i=1}^{16} v_i}{16}$	$\xrightarrow{v}$	$v_m = \frac{\sum_{j=1}^{N} v_j}{N}$
$v^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{16} {v_i}^2}{16}}$	$\xrightarrow{v^*}$	$SD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N} {v_j}^2}{N} - v_m^2}$

Badania przeprowadzano w stałych warunkach, przy każdym z pomiarów odczytując ciśnienie na stanowisku pomiarowym. Podczas badań średnia temperatura na stanowisku wynosiła 23,4°C ± 0,3°C, wilgotność oscylowała wokół 51,3% ± 3 %, przy ciśnieniu powietrza 992,6Pa ± 4Pa.

3. Charakterystyka pomiarów

Pomiary ciśnienia statycznego zostały wykonane dla ustalonych strumieni powietrza Q [m^3/h] ustawionych za pomocą regulatora obrotów wentylatora. Pomiary prowadzone były dla siedmiu strumieni objętościowych powietrza przy ustawieniu każdej ze zdefiniowanych szerokości szczelin. Każda z ustalonych szerokości szczelin: 4, 6, 8, 12, 16 i 20 mm, analizowana była odrębnie. Szerokość szczeliny ustalana była zgodnie z rysunkiem 3-1.



Rysunek 3-1 Przekrój anemostatu nawiewnego VS z oznaczeniem szerokości szczeliny *s*

Dla każdej z ustalonych szerokości szczelin na podstawie pomiarów wyznaczono zależności ciśnienia statycznego w warunkach normalnych od strumienia objętościowego w postaci funkcji wielomianowych drugiego rzędu. Wyznaczone funkcję charakteryzują się współczynnikami determinacji R^2 z zakresu 0,99-1,00.
Na podstawie pomiarów prędkości wyznaczono zależności pomiędzy zasięgiem poziomym a strumieniem objętościowym powietrza nawiewanego, dla każdej z określonej szerokości szczeliny. Wyznaczone funkcje logarytmiczne charakteryzowały się współczynnikiem determinacji R^2 w zakresie od 0,92 do 1,00.
Analogiczne postępowanie wykorzystano w celu określenia zasięgu pionowego. Wyznaczone funkcje logarytmiczne opisujące zależność zasięgu pionowego od strumienia objętościowego charakteryzowały się współczynnikiem determinacji R^2 w zakresie od 0,98 do 1.

4. Wyniki i opracowanie pomiarów ciśnienia statycznego dla trybu nawiewnego

4.1. Wyniki pomiarów dla trybu nawiewnego

W tabelach od 4.1-1 do 4.1-6 przedstawiono wyniki pomiarów badanego anemostatu pracującego odpowiednio przy ustawieniu szerokości szczeliny: 4, 6, 8, 12, 16, 20 mm. Strumień powietrza ustalany był w zakresie od 25 do 350 m^3/h. Pomiar ciśnienia przeprowadzono dla 7 strumieni objętościowych.

Tabela 4.1-1 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=4

s= 4 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	25	12
2	40	26
3	50	37
4	80	78
5	100	108
6	120	141
7	150	207

Tabela 4.1-2 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=6

s= 6 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	50	18
2	80	37
3	100	53
4	120	74
5	150	107
6	180	145
7	200	176

Tabela 4.1-3 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=8

s= 8 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	50	9
2	80	24
3	100	34
4	150	73
5	200	123
6	220	147
7	250	189

Tabela 4.1-4 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=12

s= 12 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	80	16
2	100	24
3	150	53
4	200	96
5	220	114
6	250	145
7	280	183

Tabela 4.1-5 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=16

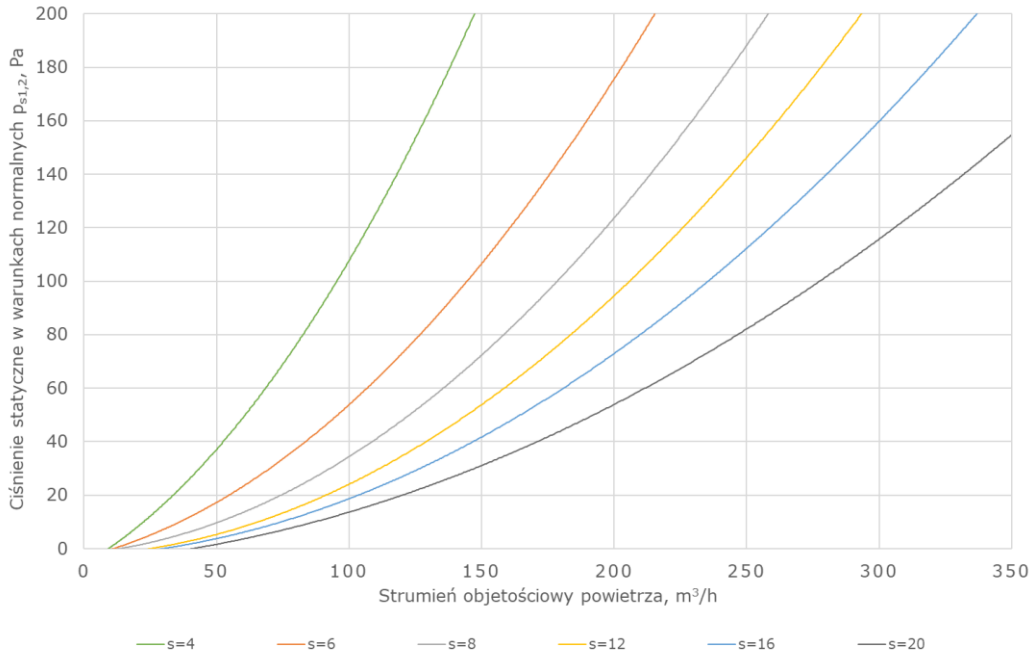
s= 16 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	100	19
2	150	41
3	200	73
4	220	88
5	250	113
6	280	139
7	300	160

Tabela 4.1-6 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=20

s= 20 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	100	14
2	150	31
3	200	53
4	250	82
5	280	102
6	300	117
7	350	154

4.2. Opracowanie wyników dla trybu nawiewnego

Na podstawie zebranych danych wykreślono zależności ciśnienia statycznego w warunkach standardowych $p_{s1,2}$ i strumienia objętościowego powietrza dla anemostatu w trybie nawiewnym. Zależności w formie funkcji wielomianowej drugiego rzędu przedstawiono odpowiednio dla wszystkich ustalonych szczelin na rysunku 4.2-1.



Rysunek 4.2-1 Zależność ciśnienia statycznego od strumienia objętościowego na anemostacie w trybie nawiewnym

5. Wyniki i opracowanie pomiarów ciśnienia statycznego dla trybu wywiewnego

5.1. Wyniki pomiarów dla trybu wywiewnego

W tabelach od 5.1-1 do 5.1-6 przedstawiono wyniki pomiarów badanego anemostatu pracującego odpowiednio przy ustawieniu szerokości szczeliny: 4, 6, 8, 12, 16, 20 mm. Strumień powietrza ustalany był w zakresie od 20 do 250 m^3/h. Pomiar ciśnienia przeprowadzono dla 7 strumieni objętościowych.

Tabela 5.1-1 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=4

s= 4 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	20	15
2	30	30
3	40	53
4	50	86
5	60	121
6	70	162
7	80	210

Tabela 5.1-2 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=6

s= 6 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	20	8
2	40	22
3	50	35
4	60	52
5	80	90
6	100	136
7	120	186

Tabela 5.1-3 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=8

s= 8 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	40	15
2	60	31
3	80	54
4	100	82
5	120	116
6	140	154
7	160	198

Tabela 5.1-4 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=12

s= 12 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	40	5
2	60	17
3	80	29
4	100	44
5	120	64
6	140	87
7	160	113

Tabela 5.1-5 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=16

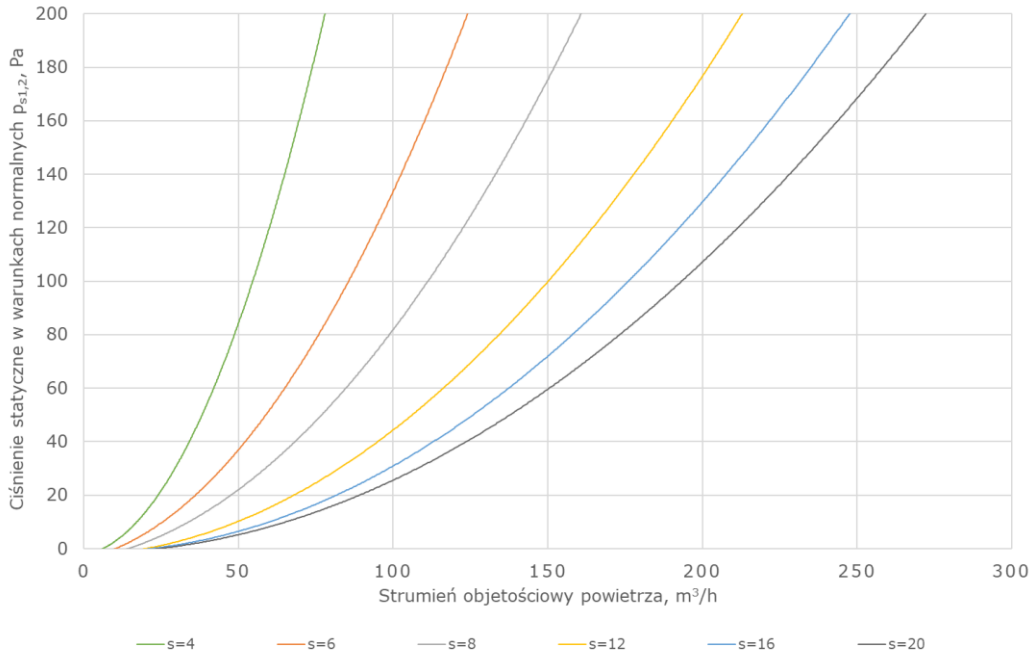
s= 16 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	60	10
2	80	19
3	100	31
4	120	46
5	140	63
6	160	83
7	180	102

Tabela 5.1-6 Wyniki pomiarów strumienia objętościowego powietrza oraz ciśnienia statycznego dla anemostatu dla szerokości szczeliny s=20

s= 20 mm		
Lp.	Strumień powietrza, m^3/h	Strata ciśnienia, Pa
1	60	8
2	80	17
3	100	26
4	120	37
5	170	77
6	200	108
7	220	130

5.2. Opracowanie wyników dla trybu wywiewnego

Na podstawie zebranych danych wykreślono zależności ciśnienia statycznego w warunkach standardowych $p_{s1,2}$ i strumienia objętościowego powietrza dla anemostatu w trybie wywiewnym. Zależności w formie funkcji wielomianowej drugiego rzędu przedstawiono odpowiednio dla wszystkich ustalonych szczelin na rysunku 5.2-1.



Rysunek 5.2-1 Zależność ciśnienia statycznego od strumienia objętościowego na anemostacie w trybie wywiewnym

6. Wyniki i opracowanie pomiarów zasięgu strugi

6.1. Szerokość szczeliny s=4 mm

Pomiary zostały wykonane dla pięciu strumieni powietrza V [m^3/h] ustawionych za pomocą regulatora obrotów wentylatora: 90, 100, 120, 140 i 160 m^3/h. Pomiary polegały na pomiarach w piętnastu/szesnastu punktach za pomocą termoanemometrów zawieszonych na poziomej poprzeczce od X=0,0m do X=2,25 m. Punkty pomiarowe (termoanemometry) zostały rozmieszczone w osi i w odległościach X=0,00 m; 0,15 m; 0,30 m; 0,45 m; 0,60 m; 0,75 m; 0,90 m; 1,05 m; 1,20 m; 1,35 m; 1,5 m; 1,65 m; 1,80 m; 1,95 m; 2,10 m; 2,25 m od osi nawiewnika. Pomiary wykonano umieszczając poprzeczkę z termoanemometrami w odpowiednich odległościach od stropu Z=0,05 m; 0,10 m; 0,15 m; 0,20 m. W tabelach umieszczono wyniki pomiarów prędkości powietrza w odpowiednich punktach po uśrednieniu wartości z okresu 3 minut.

Tabela 6.1-1 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 90m^3/h

		90m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.20	0.32	0.53	0.51	0.42	0.47	0.36	0.32	0.31	0.27	0.28	0.28	0.19	0.18
	0.10			0.20	0.15	0.15	0.16	0.21	0.23	0.21	0.20	0.21	0.20	0.21	0.21	0.21	0.16
	0.15	0.19	0.19	0.15	0.14	0.10	0.11	0.10	0.10	0.08	0.10	0.09	0.11	0.11	0.11	0.09	0.11
	0.20	0.15	0.19	0.15	0.13	0.14	0.09	0.13	0.09	0.11	0.08	0.09	0.07	0.09	0.08	0.09	0.07

Tabela 6.1-2 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 100m^3/h

		100m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.27	0.35	0.60	0.57	0.45	0.52	0.38	0.37	0.33	0.30	0.31	0.31	0.22	0.22
	0.10			0.22	0.16	0.17	0.18	0.21	0.24	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.20	0.20
	0.15	0.20	0.21	0.21	0.15	0.17	0.12	0.13	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.13	0.13	0.13	0.13
	0.20	0.17	0.20	0.17	0.13	0.15	0.11	0.13	0.12	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10

Tabela 6.1-3 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 120m^3/h

		120m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.30	0.40	0.70	0.68	0.56	0.64	0.46	0.46	0.38	0.37	0.37	0.39	0.27	0.28
	0.10			0.21	0.19	0.17	0.21	0.26	0.29	0.25	0.27	0.26	0.27	0.27	0.28	0.24	0.22
	0.15	0.21	0.24	0.22	0.15	0.19	0.12	0.16	0.10	0.12	0.12	0.14	0.14	0.15	0.13	0.15	0.14
	0.20	0.24	0.21	0.18	0.16	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11

Tabela 6.1-4 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 140m^3/h

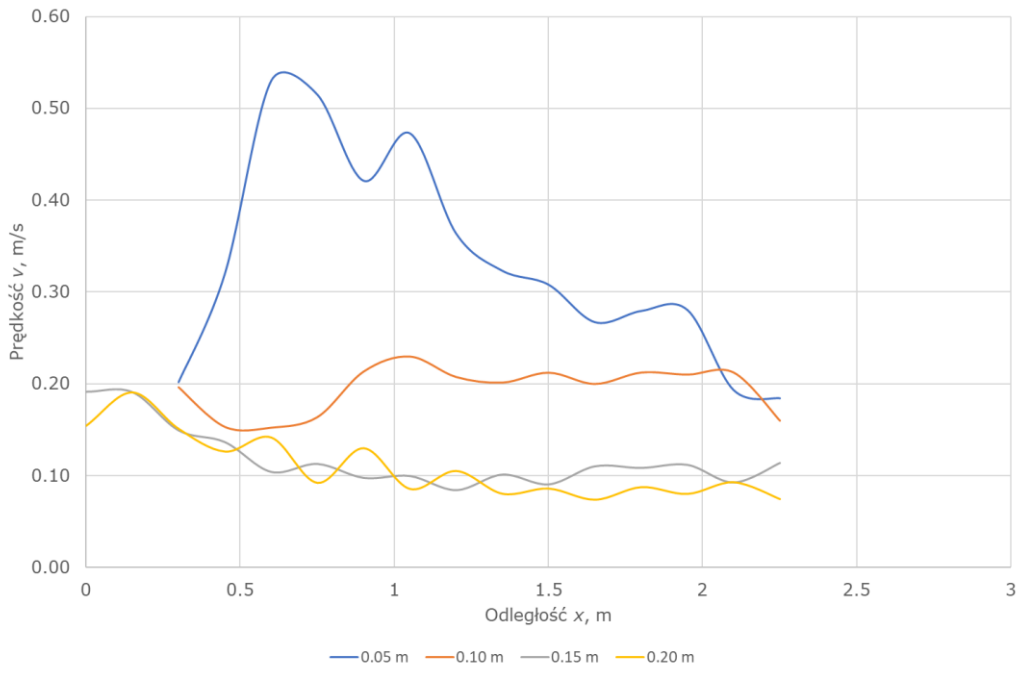
		140m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.35	0.46	0.81	0.80	0.64	0.77	0.54	0.56	0.45	0.47	0.42	0.47	0.30	0.35
	0.10			0.24	0.20	0.20	0.23	0.30	0.32	0.30	0.32	0.31	0.31	0.33	0.32	0.28	0.26
	0.15	0.26	0.27	0.25	0.17	0.21	0.12	0.19	0.12	0.15	0.14	0.18	0.16	0.19	0.17	0.18	0.18
	0.20	0.23	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.14	0.12	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12

Tabela 6.1-5 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 160m^3/h

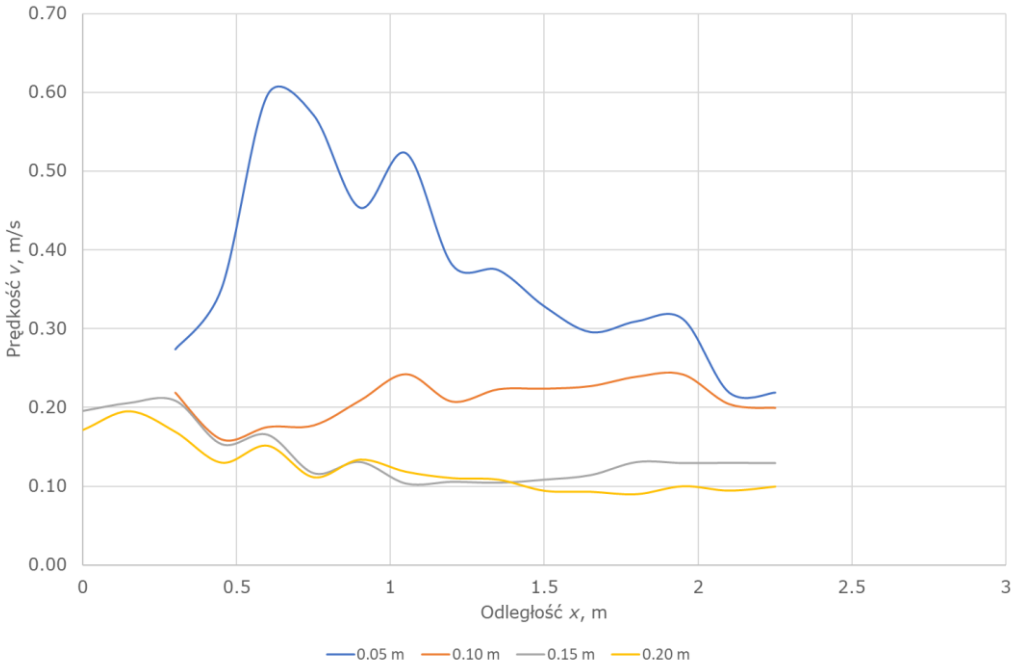
		160m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.39	0.53	0.90	0.88	0.74	0.81	0.60	0.58	0.51	0.46	0.48	0.48	0.36	0.33
	0.10			0.26	0.22	0.21	0.26	0.34	0.37	0.33	0.35	0.37	0.35	0.38	0.37	0.33	0.30
	0.15	0.28	0.30	0.29	0.20	0.24	0.16	0.21	0.15	0.18	0.15	0.18	0.18	0.20	0.17	0.20	0.17
	0.20	0.27	0.26	0.22	0.19	0.15	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14

Na podstawie zamieszczonych wyników wykreślono rozkład prędkości dla danego strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu (Rysunki 6.1-1 a)-e)).

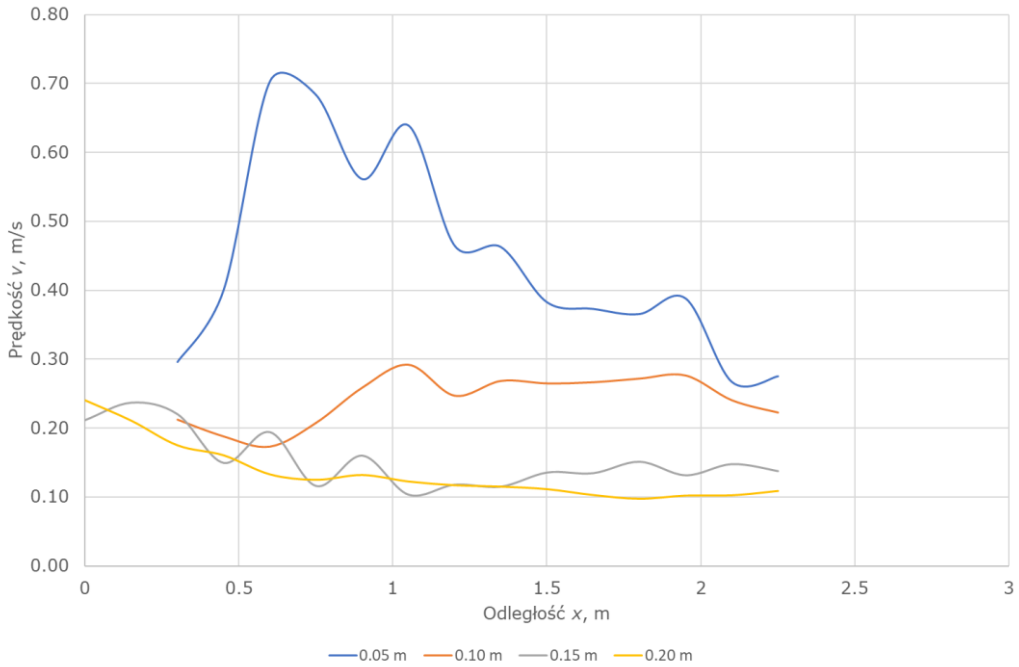
a) Dla strumienia 90m^3/h



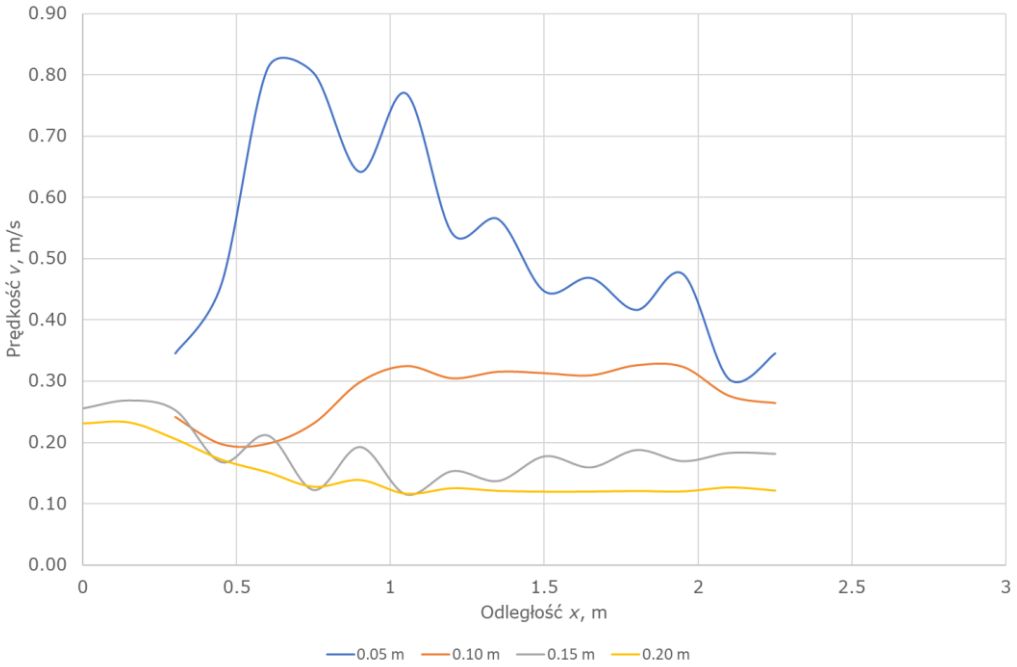
b) Dla strumienia 100 m^3/h



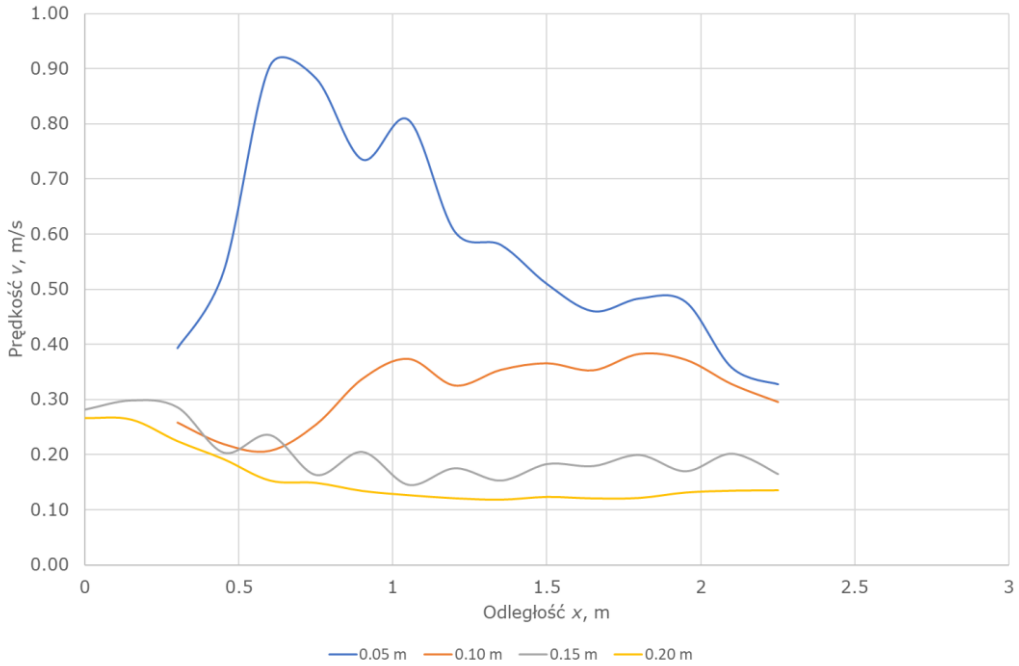
c) Dla strumienia 120 m^3/h



d) Dla strumienia 140 m^3/h

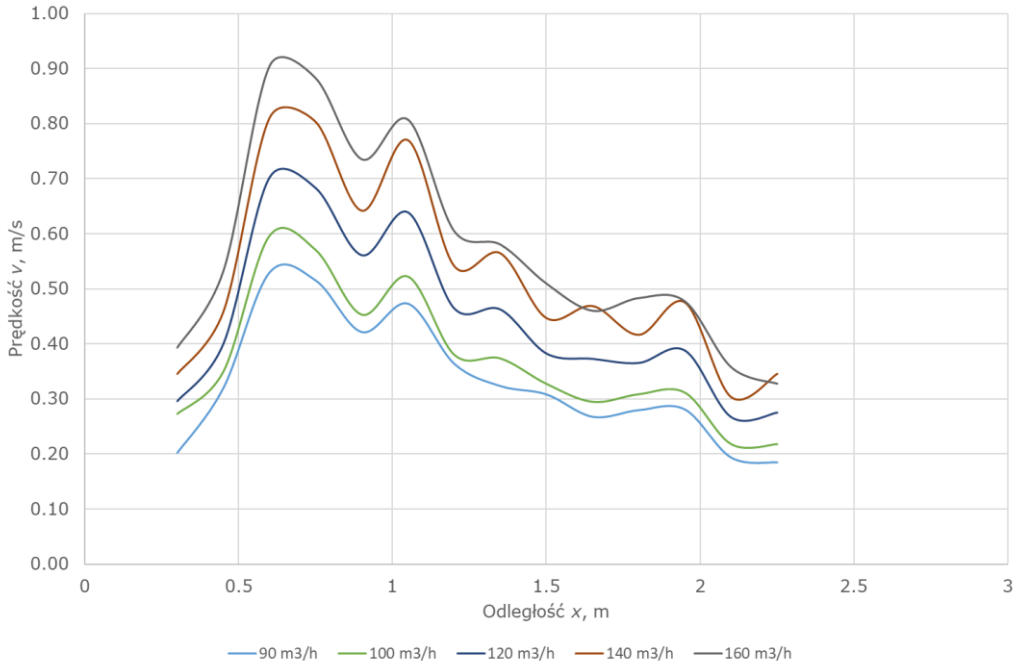


e) Dla strumienia 160 m^3/h



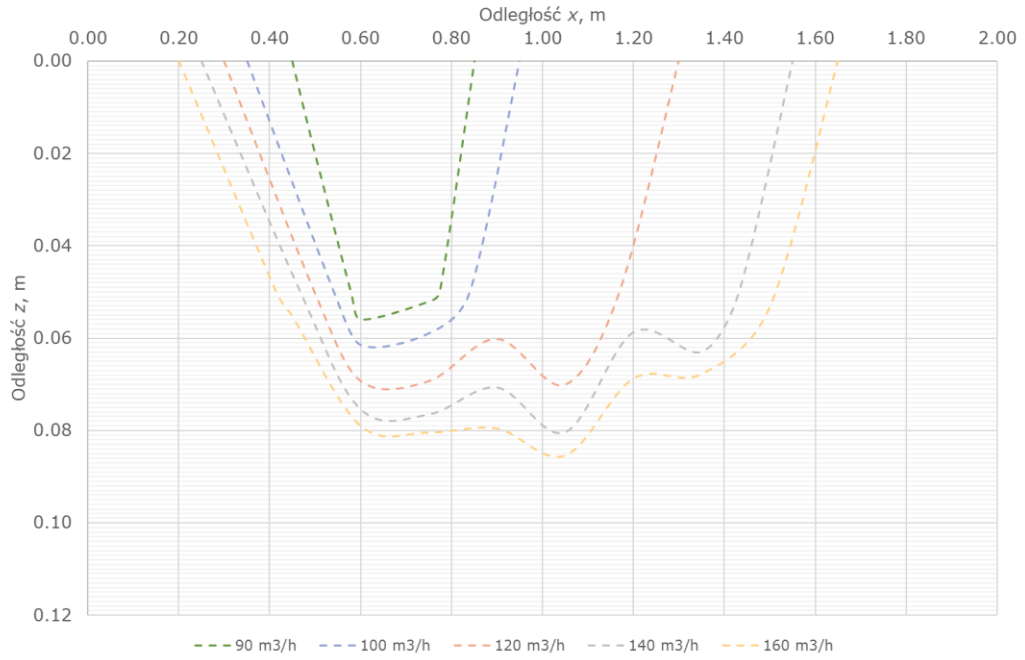
Rysunek 6.1-1 a)-e) Rozkład prędkości dla różnych strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu

Z analizy wynika, że przepływ powietrza obywa się główne w płaszczyźnie Z= 0,05 m pod stropem (linia niebieska), gdzie strumień przyjmuje największe prędkości. W pozostałych płaszczyznach prędkość powietrza jest wyraźnie niższa. Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z=0,05m dla różnych strumieni porównano na wykresie (Rys 6.1-2).



Rysunek 6.1-2 Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z= 0,05m pod stropem dla różnych strumieni objętościowych

Na podstawie pomiarów, dla każdego z badanych strumieni objętościowych określono zasięg strugi, czyli odległości w których prędkość powietrza osiąga wartość 0,5 m/s w płaszczyźnie X-Z. Linie poszczególnych zasięgów „wygładzono" za pomocą programu komputerowego otrzymując wykres z uproszczoną zależnością zasięgu strugi od strumienia objętościowego (Rysunek 6.1-3).



Rysunek 6.1-3 Zasięg strugi powietrza z nawiewnika dla prędkości 0,5 m/s dla różnych strumieni powietrza

Na podstawie uzyskanych wyników określono maksymalne odległości zarówno w orientacji pionowej jak i poziomej. Wartości dla różnych strumieni zestawiono w tabeli 6.1-6.

Tabela 6.1-6 Zasięg pionowy i poziomy danych strumieni objętościowych dla anemostatu przy szerokości szczeliny 4 mm

s = 4 mm						
		Strumienie objętościowe, m^3/h				
		90	**100**	**120**	**140**	**160**
$L_{0,2}$	**m**	0.85	0.95	1.30	1.55	1.65
$H_{0,2}$		0.056	0.062	0.071	0.081	0.086
$LH_{0,2}$		0.60	0.63	0.66	1.04	1.04

6.2. Szerokość szczeliny s=6 mm

Pomiary zostały wykonane dla pięciu strumieni powietrza V [m^3/h] ustawionych za pomocą regulatora obrotów wentylatora: 100, 110, 120, 140 i 160 m^3/h. Pomiary polegały na pomiarach w piętnastu/szesnastu punktach za pomocą termoanemometrów zawieszonych na poziomej poprzeczce od X=0,0m do X=2,25 m. Punkty pomiarowe (termoanemometry) zostały rozmieszczone w osi i w odległościach X=0,00 m; 0,15 m; 0,30 m; 0,45 m; 0,60 m; 0,75 m; 0,90 m; 1,05 m; 1,20 m; 1,35 m; 1,5 m; 1,65 m; 1,80 m; 1,95 m; 2,10 m; 2,25 m od osi nawiewnika. Pomiary wykonano umieszczając poprzeczkę z termoanemometrami w odpowiednich odległościach od stropu Z=0,05 m; 0,10 m; 0,15 m; 0,20 m. W tabelach umieszczono wyniki pomiarów prędkości powietrza w odpowiednich punktach po uśrednieniu wartości z okresu 3 minut.

Tabela 6.2-1 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 100m^3/h

		100m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.21	0.35	0.56	0.51	0.45	0.44	0.37	0.32	0.30	0.25	0.29	0.27	0.22	0.17
	0.10			0.16	0.15	0.15	0.18	0.22	0.23	0.21	0.22	0.22	0.21	0.22	0.22	0.19	0.17
	0.15	0.17	0.19	0.16	0.13	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11	0.10	0.12	0.10	0.12	0.11	0.12	0.10
	0.20	0.16	0.17	0.14	0.13	0.10	0.10	0.11	0.09	0.10	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	0.07

Tabela 6.2-2 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 110m^3/h

		110m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.21	0.39	0.62	0.57	0.51	0.50	0.43	0.36	0.35	0.29	0.33	0.30	0.24	0.20
	0.10			0.20	0.17	0.17	0.18	0.22	0.25	0.21	0.22	0.23	0.23	0.25	0.24	0.22	0.19
	0.15	0.19	0.20	0.17	0.15	0.11	0.12	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.13	0.12	0.13
	0.20	0.18	0.18	0.16	0.15	0.14	0.11	0.13	0.10	0.11	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09	0.11	0.10

Tabela 6.2-3 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 120m^3/h

		120m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.24	0.41	0.66	0.62	0.53	0.56	0.45	0.39	0.37	0.32	0.35	0.34	0.25	0.24
	0.10			0.19	0.17	0.17	0.20	0.25	0.27	0.25	0.24	0.27	0.23	0.27	0.25	0.22	0.20
	0.15	0.20	0.21	0.19	0.16	0.13	0.14	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15
	0.20	0.19	0.19	0.16	0.15	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09

Tabela 6.2-4 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 140m^3/h

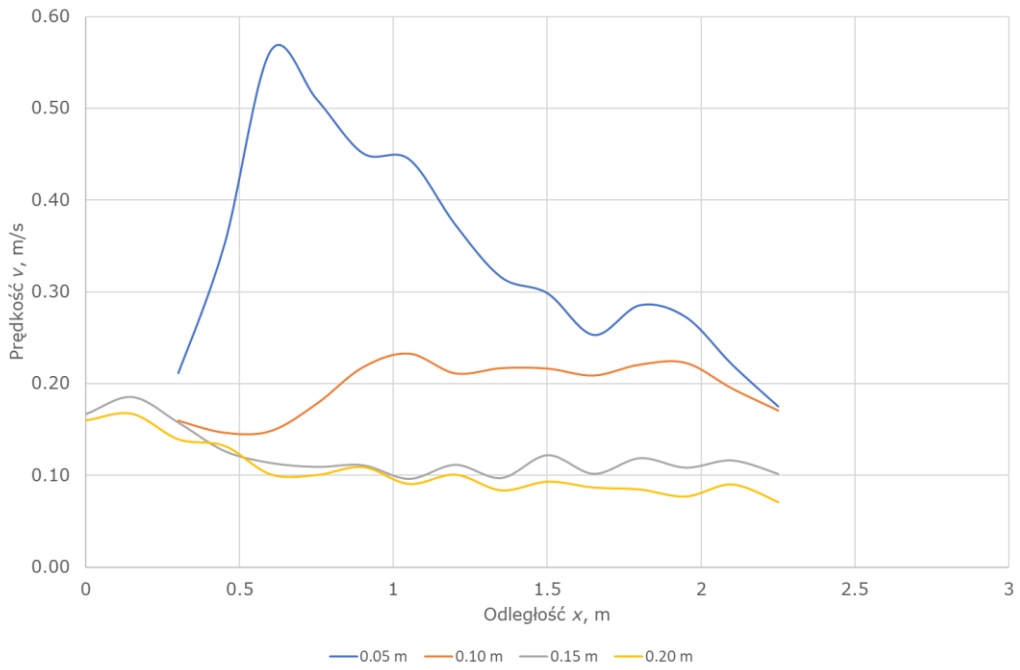
		140m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.27	0.46	0.76	0.72	0.63	0.64	0.53	0.45	0.44	0.36	0.41	0.38	0.29	0.27
	0.10			0.21	0.18	0.18	0.23	0.29	0.35	0.28	0.29	0.29	0.27	0.31	0.29	0.27	0.22
	0.15	0.23	0.24	0.20	0.17	0.15	0.15	0.13	0.13	0.13	0.13	0.15	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16
	0.20	0.22	0.21	0.19	0.16	0.13	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.11

Tabela 6.2-5 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 160m^3/h

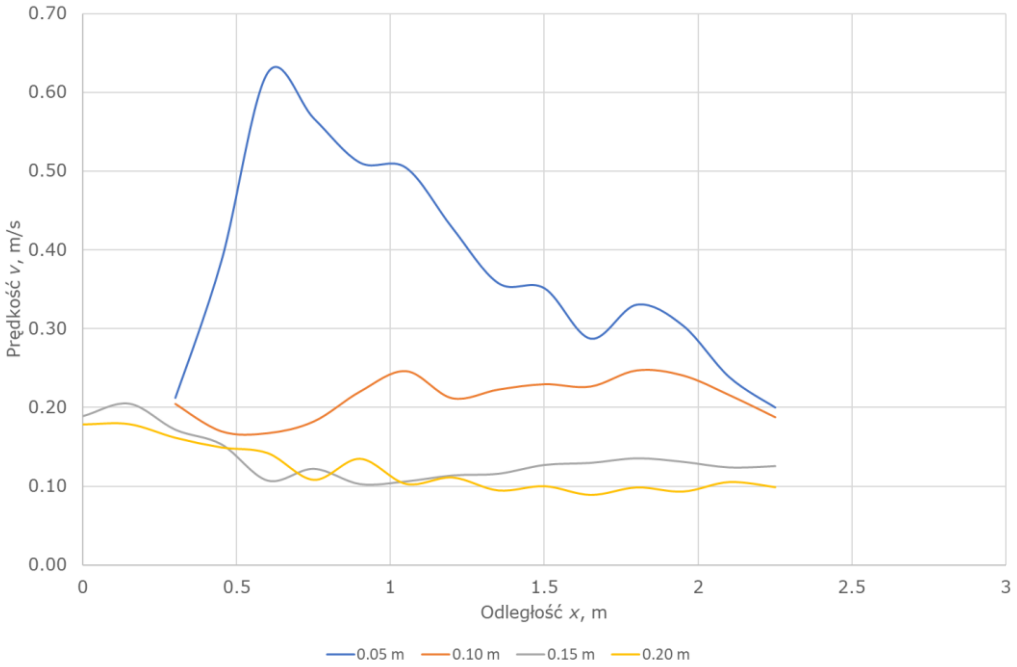
		160m^3/h															
		x [m]															
		0.00	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90	1.05	1.2	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.25
z [m]	0.05			0.33	0.53	0.85	0.83	0.71	0.75	0.61	0.54	0.50	0.43	0.46	0.44	0.35	0.29
	0.10			0.25	0.19	0.22	0.27	0.32	0.38	0.32	0.33	0.34	0.32	0.35	0.33	0.29	0.27
	0.15	0.26	0.27	0.23	0.17	0.18	0.15	0.16	0.14	0.15	0.14	0.17	0.17	0.18	0.16	0.16	0.16
	0.20	0.24	0.24	0.22	0.17	0.16	0.12	0.14	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	0.12	0.11	0.12	0.12

Na podstawie zamieszczonych wyników wykreślono rozkład prędkości dla danego strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu (Rysunki 6.2-1 a)-e)).

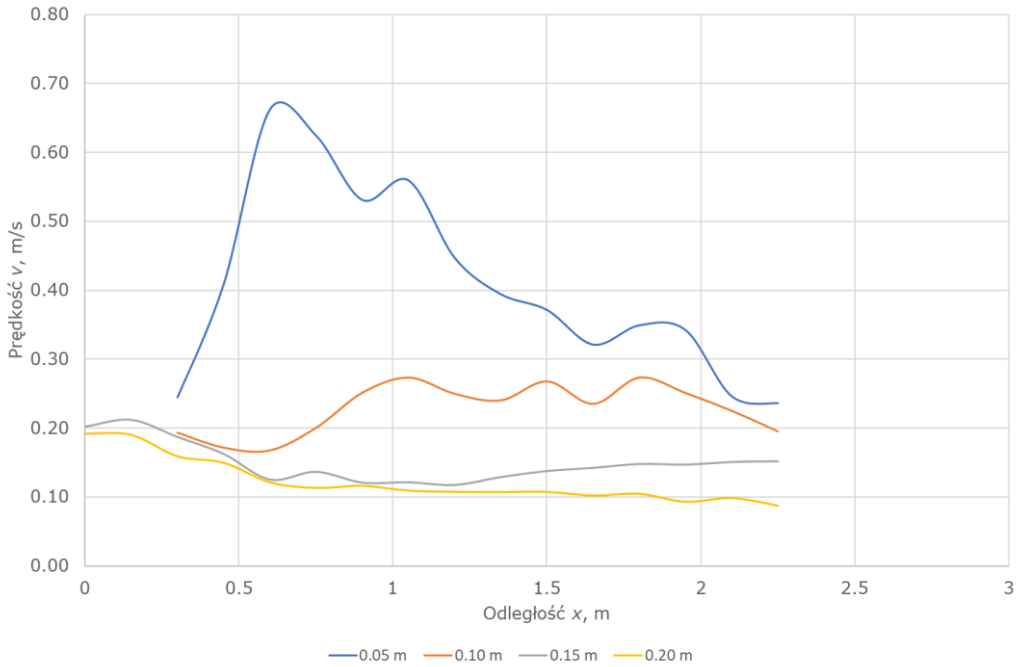
a) Dla strumienia 100m^3/h



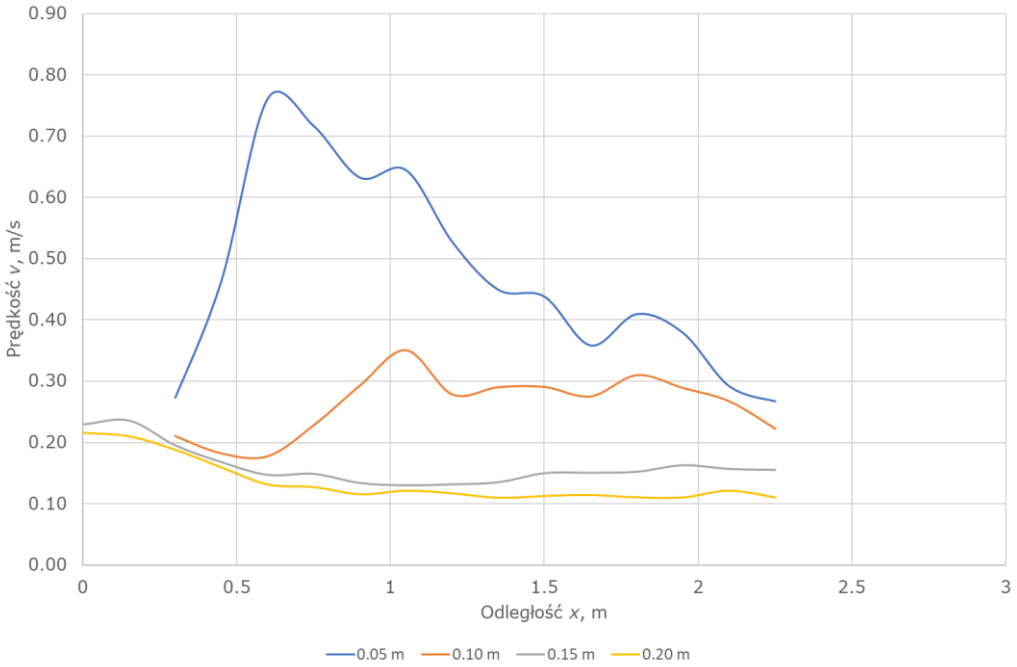
b) Dla strumienia 110 m^3/h



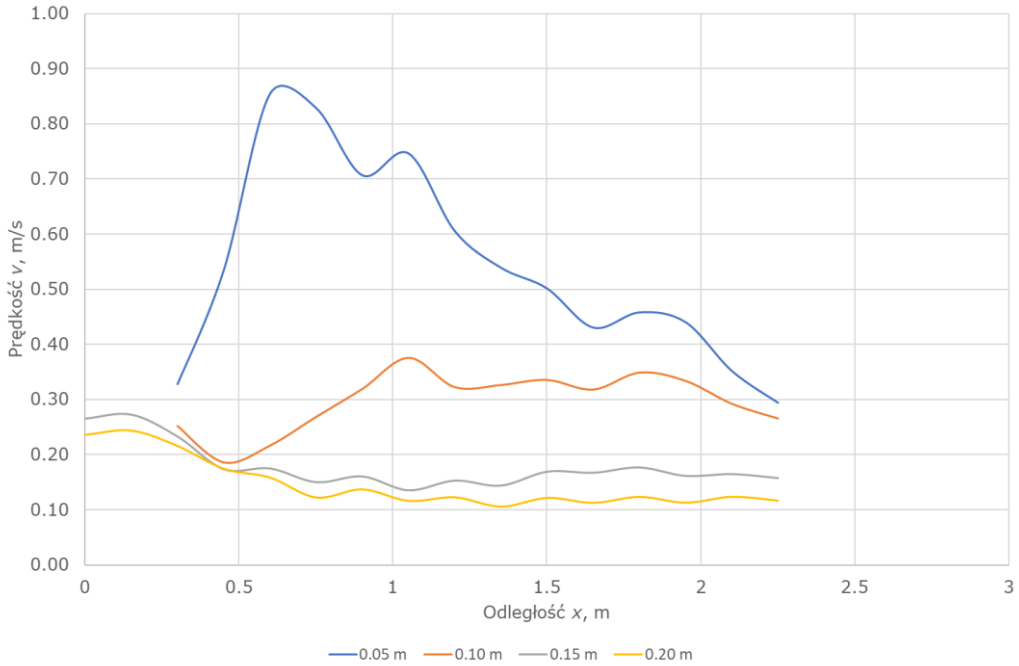
c) Dla strumienia 120 m^3/h



d) Dla strumienia 140 m^3/h

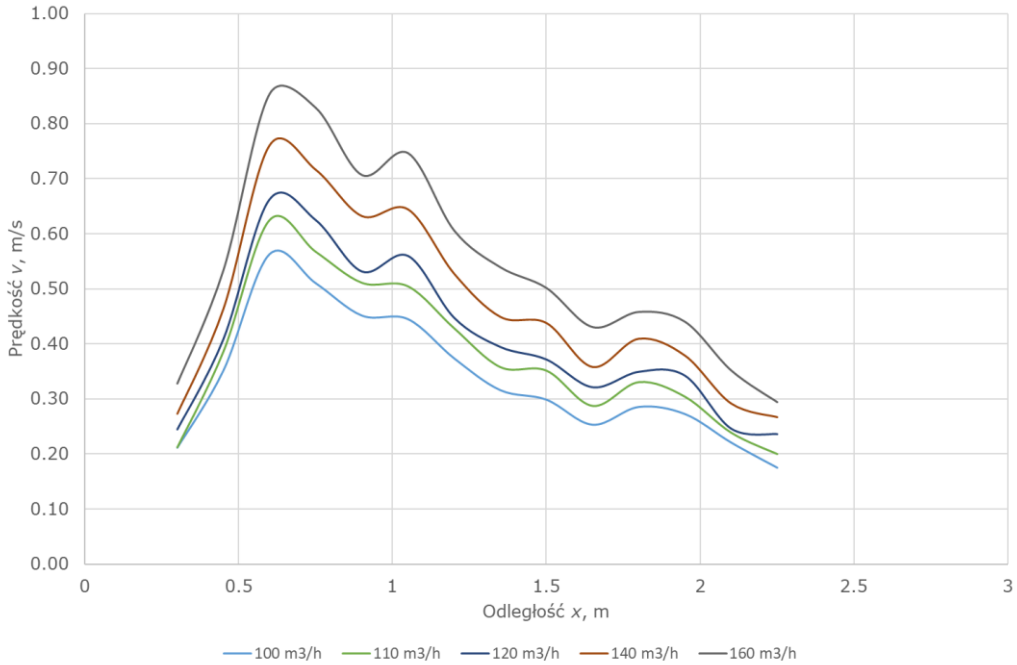


e) Dla strumienia 160 m^3/h



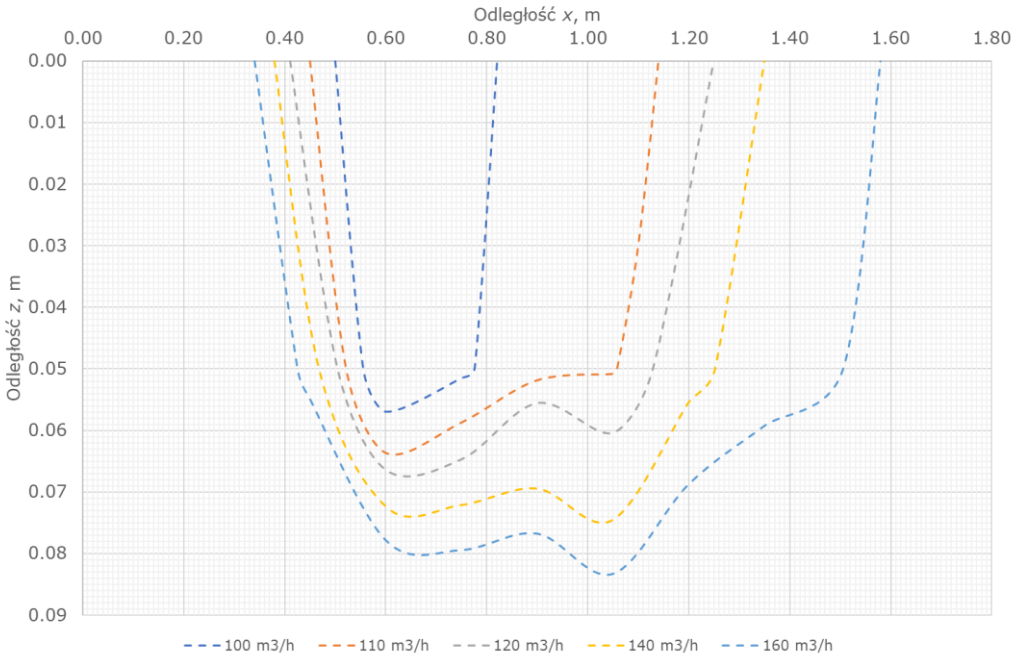
Rysunek 6.2-1 a)-e) Rozkład prędkości dla różnych strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu

Z analizy wynika, że przepływ powietrza obywa się główne w płaszczyźnie Z= 0,05 m pod stropem (linia niebieska), gdzie strumień przyjmuje największe prędkości. W pozostałych płaszczyznach prędkość powietrza jest wyraźnie niższa. Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z=0,05m dla różnych strumieni porównano na wykresie (Rys 6.2-2).



Rysunek 6.2-2 Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z= 0,05m pod stropem dla różnych strumieni objętościowych

Na podstawie pomiarów, dla każdego z badanych strumieni objętościowych określono zasięg strugi, czyli odległości w których prędkość powietrza osiąga wartość 0,5 m/s w płaszczyźnie X-Z. Linie poszczególnych zasięgów „wygładzono" za pomocą programu komputerowego otrzymując wykres z uproszczoną zależnością zasięgu strugi od strumienia objętościowego (Rysunek 6.2-3).



Rysunek 6.2-3 Zasięg strugi powietrza z nawiewnika dla prędkości 0,5 m/s dla różnych strumieni powietrza

Na podstawie uzyskanych wyników określono maksymalne odległości zarówno w orientacji pionowej jak i poziomej. Wartości dla różnych strumieni zestawiono w tabeli 6.2-6.

Tabela 6.2-6 Zasięg pionowy i poziomy danych strumieni objętościowych dla anemostatu przy szerokości szczeliny 6 mm

s = 6 mm						
		Strumienie objętościowe, m^3/h				
		100	**110**	**120**	**140**	**160**
$L_{0.2}$	**m**	0.82	1.14	1.25	1.35	1.58
$H_{0.2}$		0.057	0.064	0.067	0.075	0.083
$LH_{0.2}$		0.60	0.62	0.64	1.03	1.04

6.3. Szerokość szczeliny s=8 mm

Pomiary zostały wykonane dla pięciu strumieni powietrza V [m^3/h] ustawionych za pomocą regulatora obrotów wentylatora: 120, 140, 150, 160 i 180 m^3/h. Pomiary polegały na pomiarach w siedmiu/ośmiu punktach za pomocą termoanemometrów zawieszonych na poziomej poprzeczce od X=0,0m do X=2,1 m. Punkty pomiarowe (termoanemometry) zostały rozmieszczone w osi i w odległościach X=0,0 m; 0,3 m; 0,6 m; 0,9 m; 1,2 m; 1,5 m; 1,8 m; 2,1 m od osi nawiewnika. Pomiary wykonano umieszczając poprzeczkę z termoanemometrami w odpowiednich odległościach od stropu Z=0,05 m; 0,10 m; 0,15 m; 0,20 m. W tabelach umieszczono wyniki pomiarów prędkości powietrza w odpowiednich punktach po uśrednieniu wartości z okresu 3 minut.

Tabela 6.3-1 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 120m^3/h

		120m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.24	0.62	0.53	0.41	0.34	0.33	0.24
	0.10		0.17	0.17	0.23	0.24	0.22	0.24	0.20
	0.15	0.21	0.16	0.13	0.11	0.11	0.12	0.14	0.14
	0.20	0.18	0.14	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10

Tabela 6.3-2 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 140m^3/h

		140m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.29	0.71	0.57	0.50	0.39	0.37	0.26
	0.10		0.19	0.18	0.29	0.26	0.27	0.28	0.25
	0.15	0.24	0.20	0.15	0.12	0.12	0.15	0.15	0.15
	0.20	0.21	0.17	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12

Tabela 6.3-3 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 150m^3/h

		150m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.28	0.78	0.64	0.52	0.41	0.39	0.28
	0.10		0.21	0.20	0.30	0.28	0.28	0.31	0.25
	0.15	0.23	0.19	0.15	0.13	0.13	0.15	0.16	0.16
	0.20	0.21	0.18	0.13	0.12	0.12	0.12	0.11	0.12

Tabela 6.3-4 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 160m^3/h

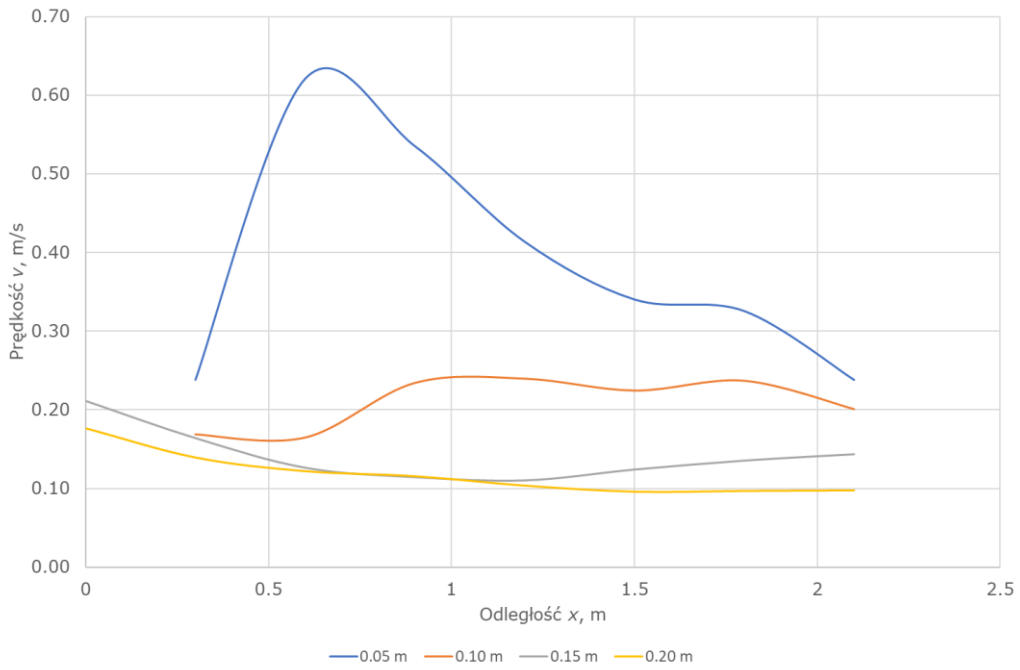
		160m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.30	0.84	0.67	0.57	0.48	0.44	0.32
	0.10		0.23	0.22	0.37	0.32	0.31	0.33	0.29
	0.15	0.26	0.21	0.13	0.12	0.14	0.17	0.19	0.19
	0.20	0.22	0.20	0.15	0.14	0.13	0.12	0.13	0.13

Tabela 6.3-5 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 180m^3/h

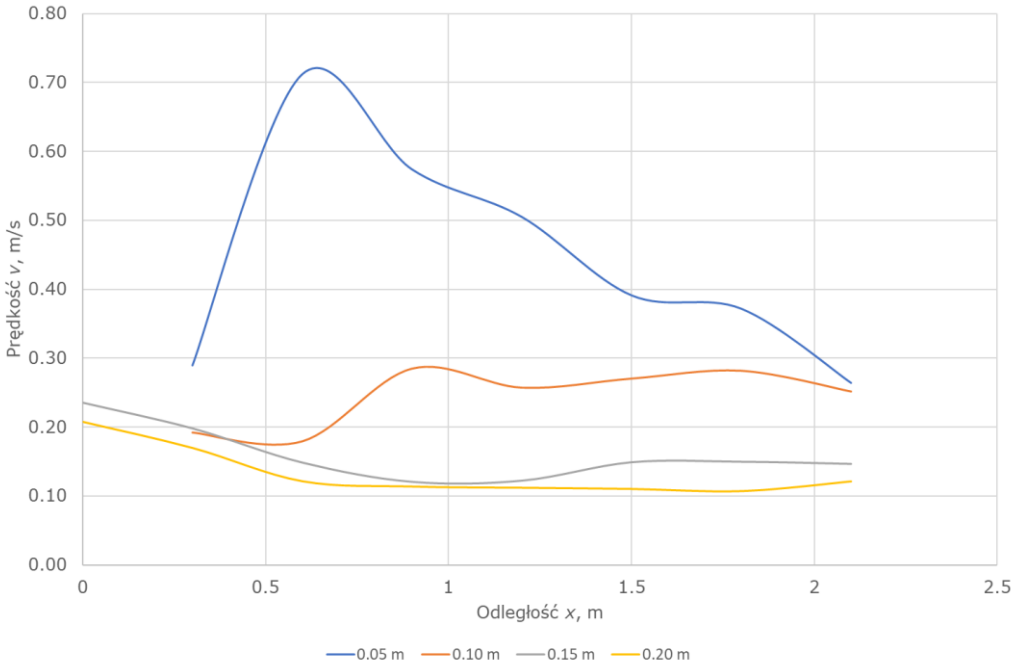
		180m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.32	0.92	0.77	0.64	0.51	0.48	0.36
	0.10		0.25	0.24	0.40	0.35	0.36	0.36	0.31
	0.15	0.27	0.22	0.14	0.13	0.15	0.19	0.19	0.19
	0.20	0.26	0.22	0.15	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14

Na podstawie zamieszczonych wyników wykreślono rozkład prędkości dla danego strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu (Rysunki 6.3-1 a)-e)).

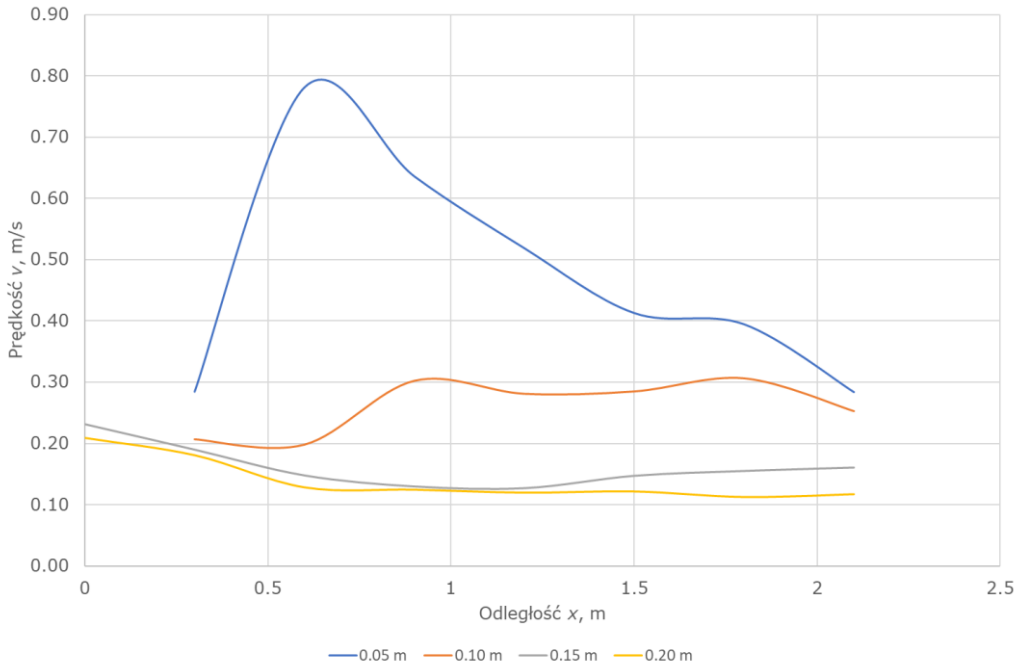
a) Dla strumienia 120m^3/h



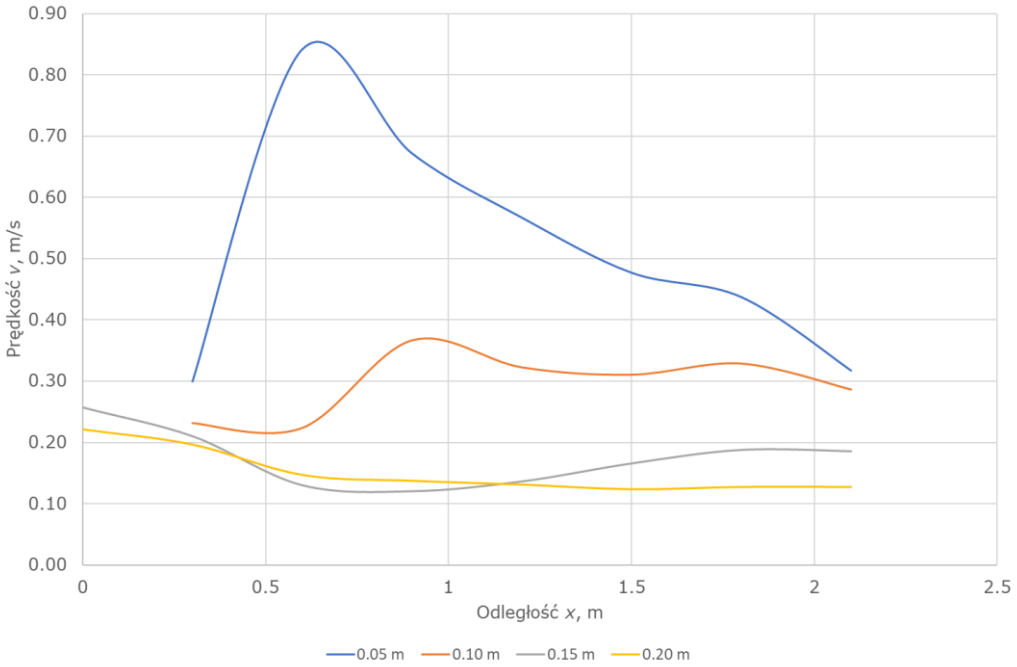
b) Dla strumienia 140 m^3/h



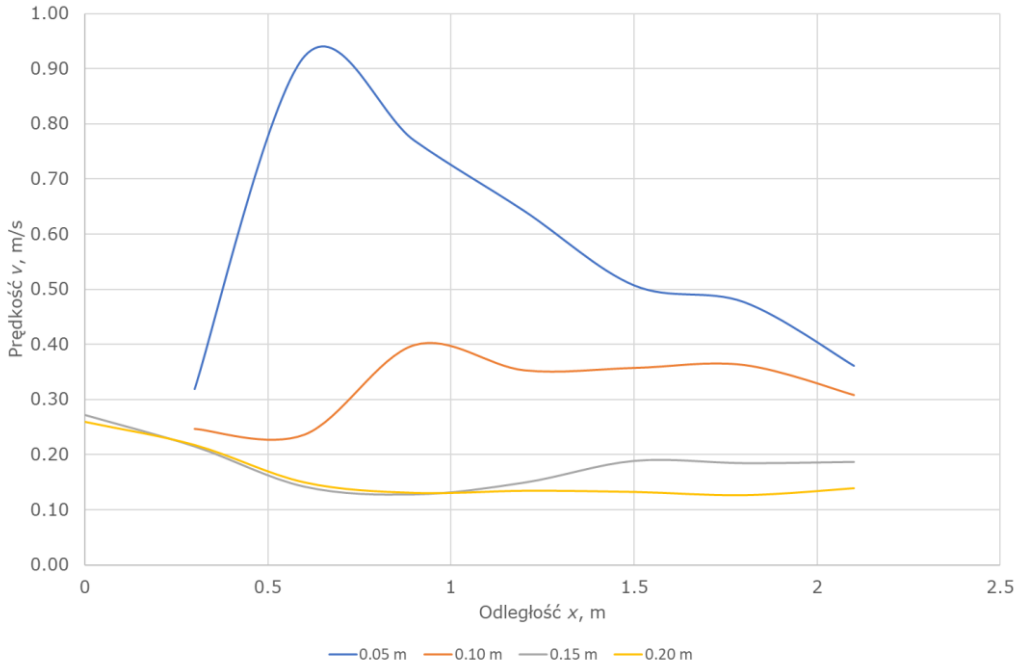
c) Dla strumienia 150 m^3/h



d) Dla strumienia 160 m^3/h

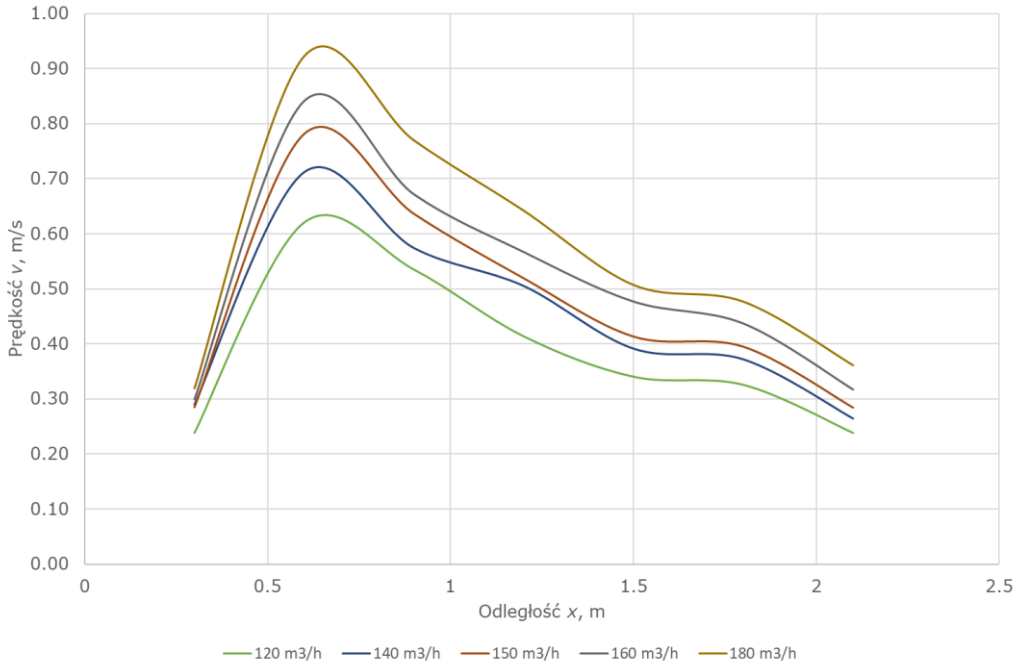


e) Dla strumienia 180 m^3/h



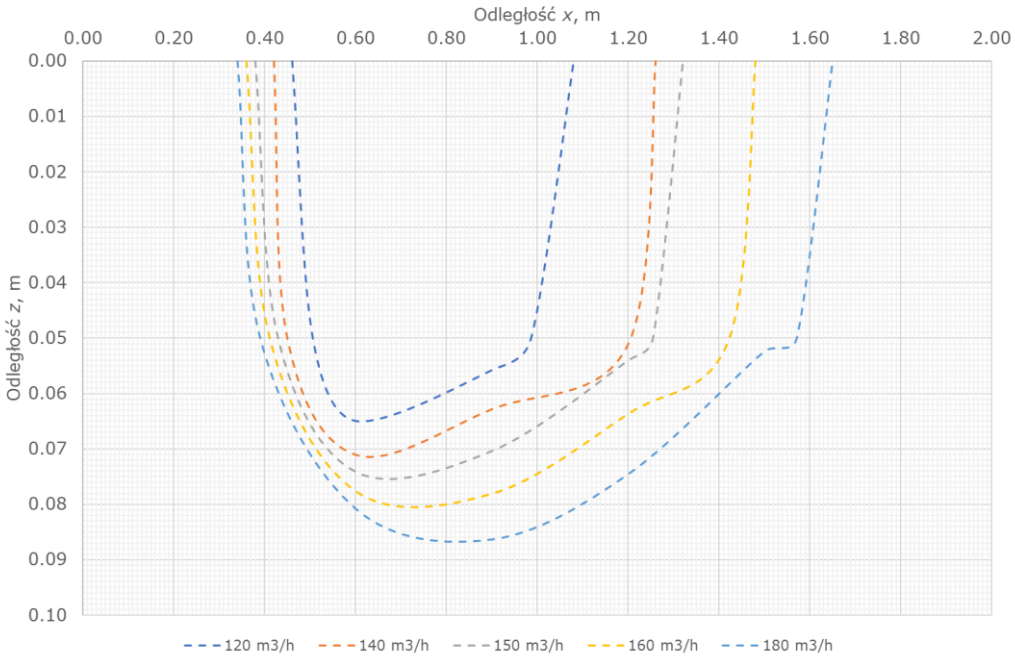
Rysunek 6.3-1 a)-e) Rozkład prędkości dla różnych strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu

Z analizy wynika, że przepływ powietrza obywa się główne w płaszczyźnie Z= 0,05 m pod stropem (linia niebieska), gdzie strumień przyjmuje największe prędkości. W pozostałych płaszczyznach prędkość powietrza jest wyraźnie niższa. Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z=0,05m dla różnych strumieni porównano na wykresie (Rys 6.3-2).



Rysunek 6.3-2 Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z= 0,05m pod stropem dla różnych strumieni objętościowych

Na podstawie pomiarów, dla każdego z badanych strumieni objętościowych określono zasięg strugi, czyli odległości w których prędkość powietrza osiąga wartość 0,5 m/s w płaszczyźnie X-Z. Linie poszczególnych zasięgów „wygładzono" za pomocą programu komputerowego otrzymując wykres z uproszczoną zależnością zasięgu strugi od strumienia objętościowego (Rysunek 6.3-3).



Rysunek 6.3-3 Zasięg strugi powietrza z nawiewnika dla prędkości 0,5 m/s dla różnych strumieni powietrza

Na podstawie uzyskanych wyników określono maksymalne odległości zarówno w orientacji pionowej jak i poziomej. Wartości dla różnych strumieni zestawiono w tabeli 6.3-6.

Tabela 6.3-6 Zasięg pionowy i poziomy danych strumieni objętościowych dla anemostatu przy szerokości szczeliny 8 mm

s = 8 mm						
		Strumienie objętościowe. m^3/h				
		120	**140**	**150**	**160**	**180**
$L_{0.2}$	**m**	1.08	1.26	1.32	1.48	1.65
$H_{0.2}$		0.065	0.071	0.076	0.080	0.086
$LH_{0.2}$		0.61	0.63	0.67	0.73	0.88

6.4. Szerokość szczeliny s=12 mm

Pomiary zostały wykonane dla pięciu strumieni powietrza V [m^3/h] ustawionych za pomocą regulatora obrotów wentylatora: 110, 120, 140, 160 i 180 m^3/h. Pomiary polegały na pomiarach w siedmiu/ośmiu punktach za pomocą termoanemometrów zawieszonych na poziomej poprzeczce od X=0,0m do X=2,1 m. Punkty pomiarowe (termoanemometry) zostały rozmieszczone w osi i w odległościach X=0,0 m; 0,3 m; 0,6 m; 0,9 m; 1,2 m; 1,5 m; 1,8 m; 2,1 m od osi nawiewnika. Pomiary wykonano umieszczając poprzeczkę z termoanemometrami w odpowiednich odległościach od stropu Z=0,05 m; 0,10 m; 0,15 m; 0,20 m. W tabelach umieszczono wyniki pomiarów prędkości powietrza w odpowiednich punktach po uśrednieniu wartości z okresu 3 minut.

Tabela 6.4-1 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 110m^3/h

		110m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.21	0.55	0.43	0.35	0.27	0.27	0.19
	0.10		0.16	0.15	0.22	0.21	0.20	0.20	0.17
	0.15	0.19	0.14	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.10
	0.20	0.17	0.14	0.10	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09

Tabela 6.4-2 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 120m^3/h

		120m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.24	0.61	0.46	0.38	0.30	0.29	0.20
	0.10		0.15	0.16	0.22	0.23	0.23	0.23	0.19
	0.15	0.20	0.15	0.11	0.11	0.11	0.13	0.13	0.11
	0.20	0.19	0.15	0.10	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10

Tabela 6.4-3 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 140m^3/h

		140m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.27	0.70	0.55	0.45	0.35	0.33	0.22
	0.10		0.20	0.21	0.29	0.27	0.26	0.28	0.23
	0.15	0.23	0.17	0.12	0.12	0.13	0.14	0.13	0.13
	0.20	0.20	0.17	0.13	0.13	0.12	0.12	0.13	0.12

Tabela 6.4-4 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 160m^3/h

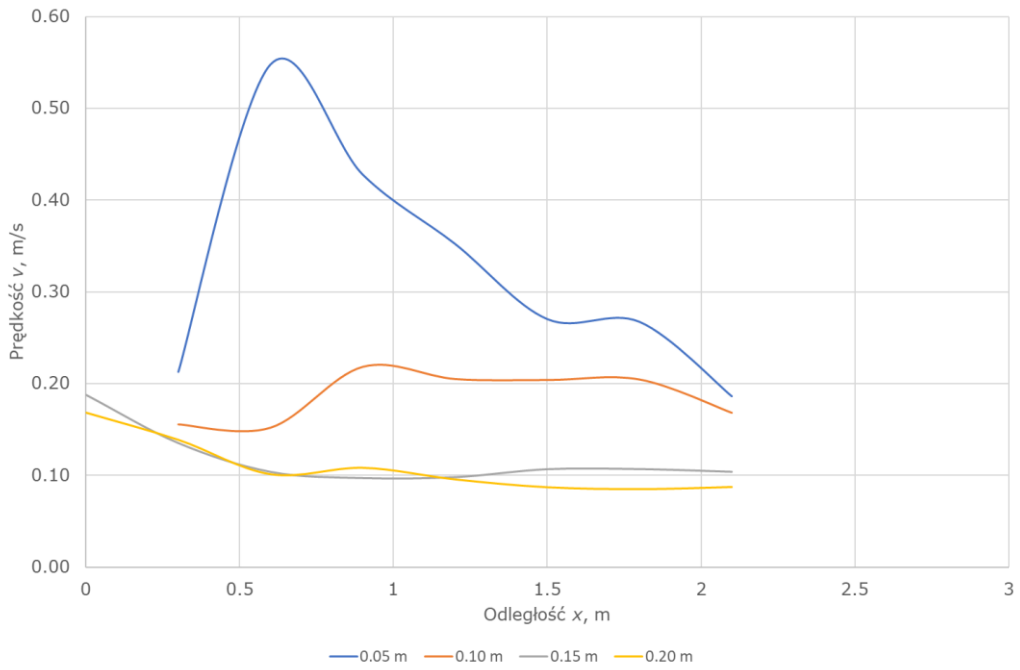
		160m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.32	0.80	0.63	0.52	0.43	0.39	0.27
	0.10		0.21	0.23	0.33	0.30	0.29	0.29	0.25
	0.15	0.27	0.19	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.14
	0.20	0.24	0.19	0.14	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12

Tabela 6.4-5 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 180m^3/h

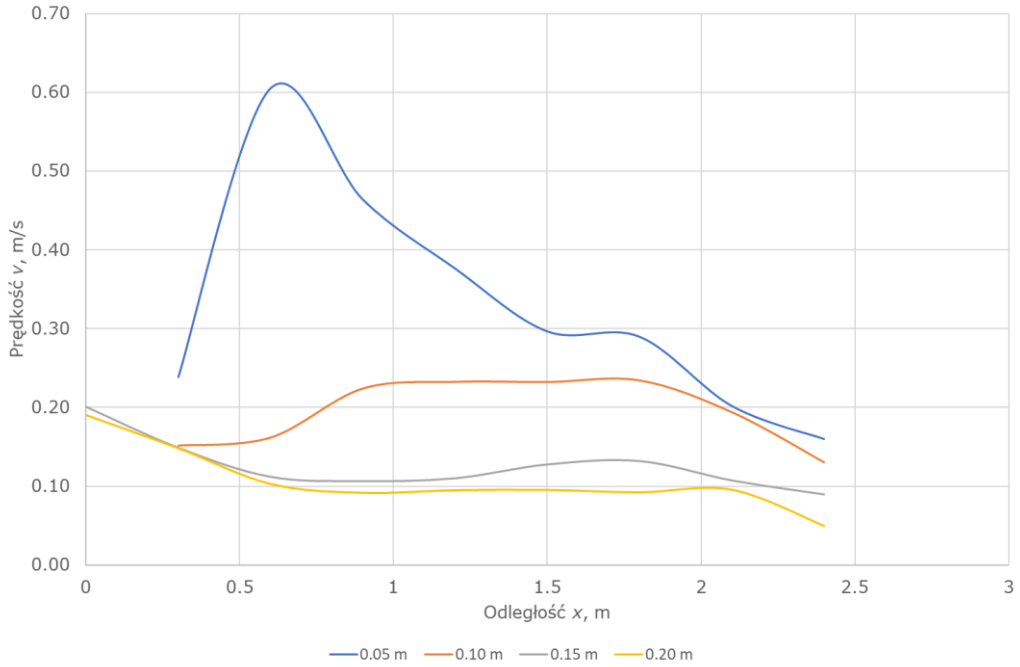
		180m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.37	0.89	0.71	0.58	0.46	0.44	0.29
	0.10		0.24	0.25	0.37	0.33	0.32	0.34	0.29
	0.15	0.29	0.22	0.16	0.14	0.16	0.19	0.18	0.17
	0.20	0.27	0.22	0.14	0.12	0.12	0.14	0.14	0.13

Na podstawie zamieszczonych wyników wykreślono rozkład prędkości dla danego strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu (Rysunki 6.4-1 a)-e)).

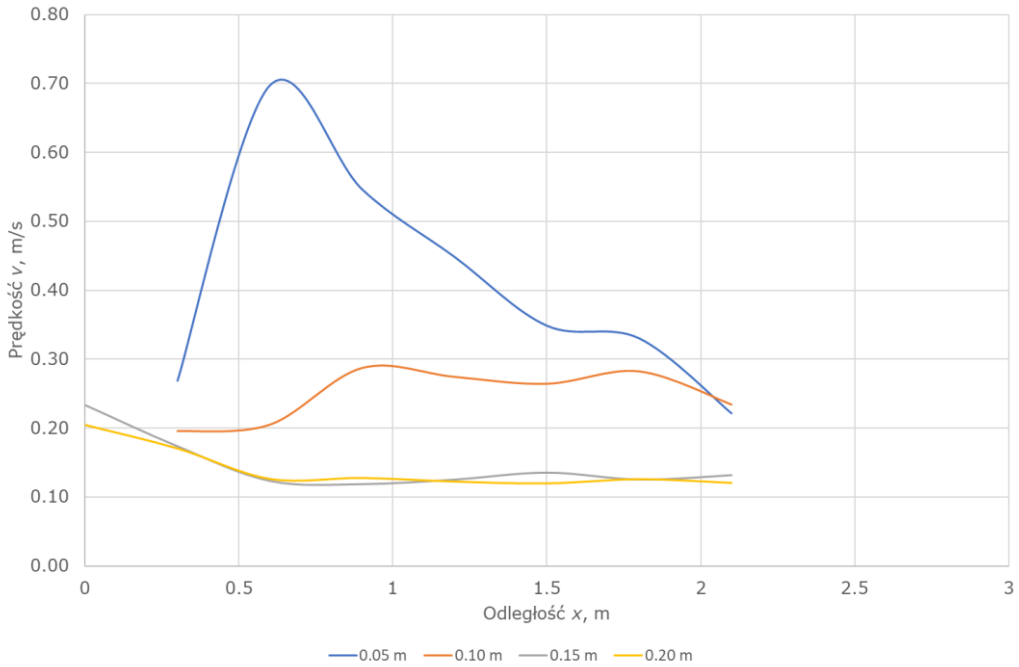
a) Dla strumienia 110m^3/h



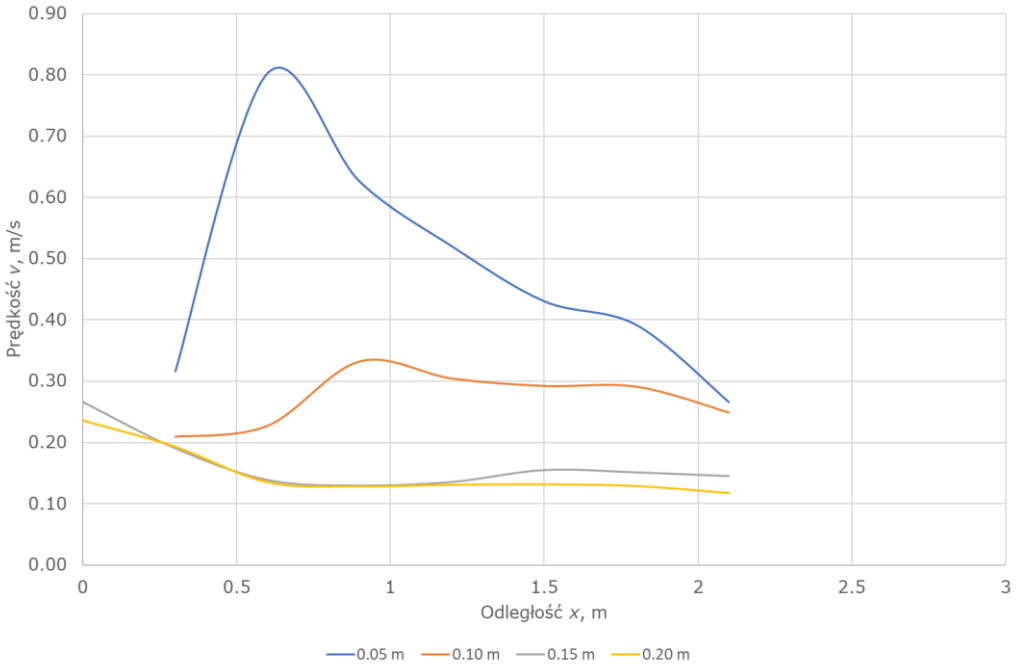
b) Dla strumienia 120 m^3/h



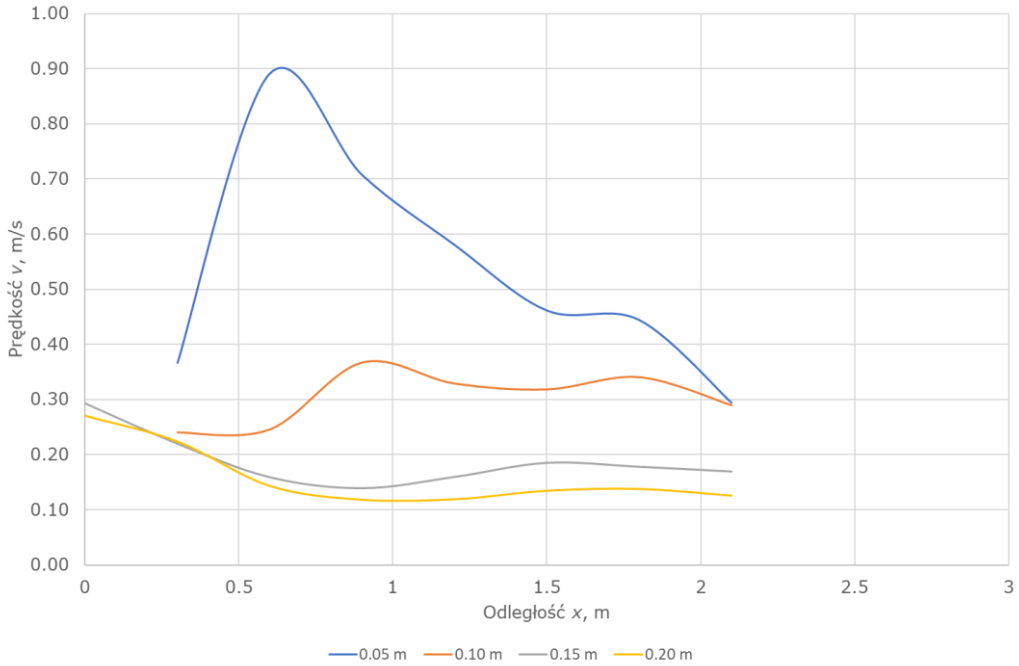
c) Dla strumienia 140 m^3/h



d) Dla strumienia 160 m^3/h

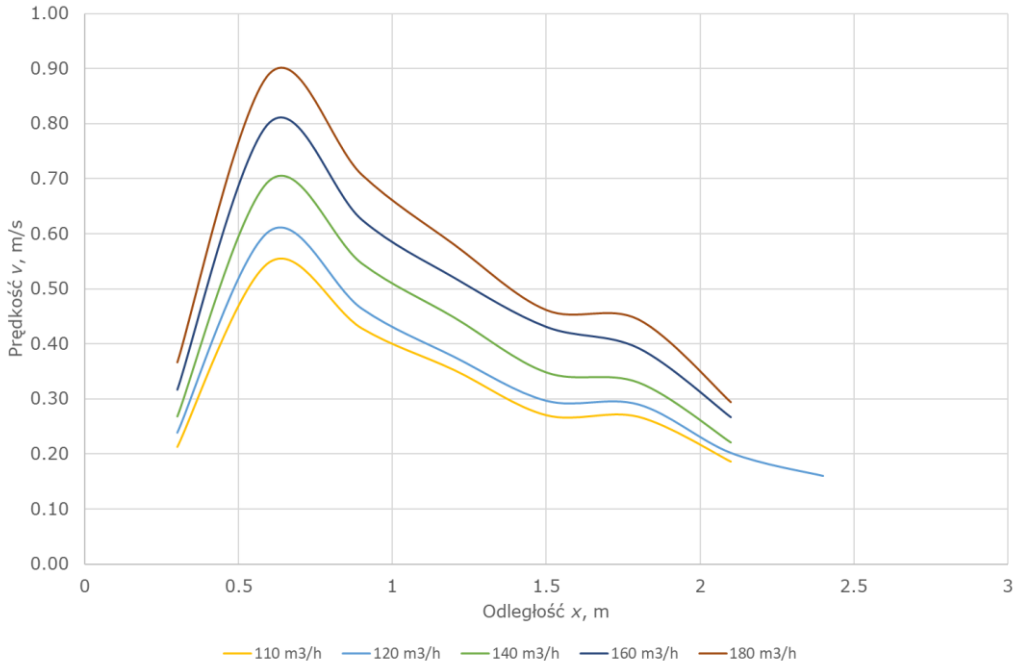


e) Dla strumienia 180 m^3/h



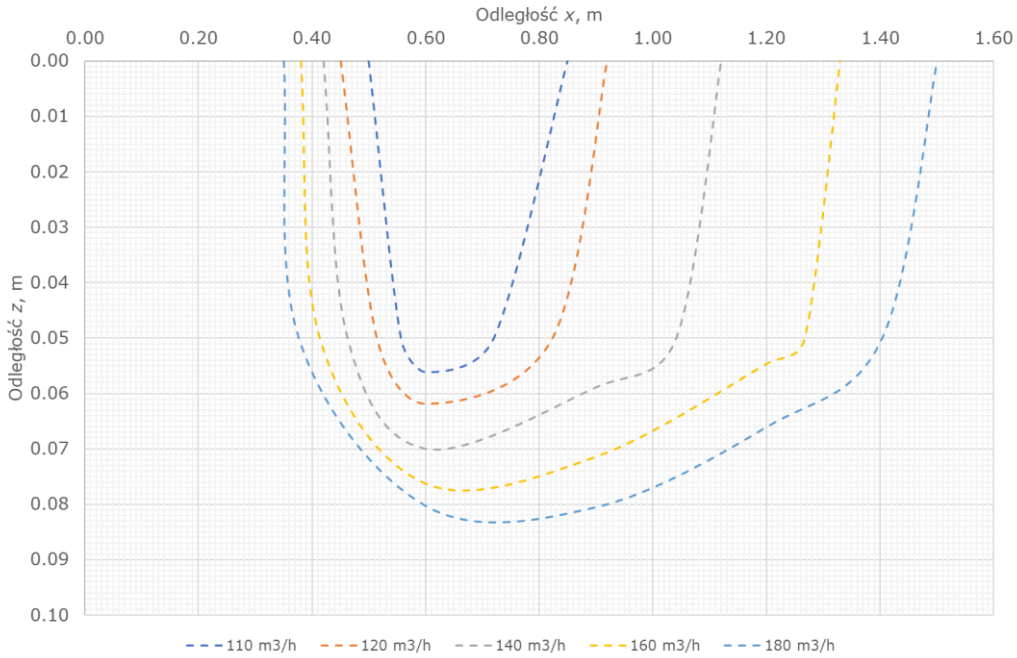
Rysunek 6.4-1 a)-e) Rozkład prędkości dla różnych strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu

Z analizy wynika, że przepływ powietrza obywa się główne w płaszczyźnie Z= 0,05 m pod stropem (linia niebieska), gdzie strumień przyjmuje największe prędkości. W pozostałych płaszczyznach prędkość powietrza jest wyraźnie niższa. Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z=0,05 m dla różnych strumieni porównano na wykresie (Rys 6.4-2).



Rysunek 6.4-2 Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z= 0,05m pod stropem dla różnych strumieni objętościowych

Na podstawie pomiarów, dla każdego z badanych strumieni objętościowych określono zasięg strugi, czyli odległości w których prędkość powietrza osiąga wartość 0,5 m/s w płaszczyźnie X-Z. Linie poszczególnych zasięgów „wygładzono" za pomocą programu komputerowego otrzymując wykres z uproszczoną zależnością zasięgu strugi od strumienia objętościowego (Rysunek 6.4-3).



Rysunek 6.4-3 Zasięg strugi powietrza z nawiewnika dla prędkości 0,5 m/s dla różnych strumieni powietrza

Na podstawie uzyskanych wyników określono maksymalne odległości zarówno w orientacji pionowej jak i poziomej. Wartości dla różnych strumieni zestawiono w tabeli 6.4-6.

Tabela 6.4-6 Zasięg pionowy i poziomy danych strumieni objętościowych dla anemostatu przy szerokości szczeliny 12 mm

s = 12 mm						
		Strumienie objętościowe, m^3/h				
		110	**120**	**140**	**160**	**180**
$L_{0.2}$	**m**	0.85	0.92	1.12	1.33	1.50
$H_{0.2}$		0.057	0.062	0.070	0.078	0.083
$LH_{0.2}$		0.64	0.60	0.62	0.66	0.72

6.5. Szerokość szczeliny s=16 mm

Pomiary zostały wykonane dla pięciu strumieni powietrza V [m^3/h] ustawionych za pomocą regulatora obrotów wentylatora: 110, 120, 140, 160 i 180 m^3/h. Pomiary polegały na pomiarach w siedmiu/ośmiu punktach za pomocą termoanemometrów zawieszonych na poziomej poprzeczce od X=0,0m do X=2,1 m. Punkty pomiarowe (termoanemometry) zostały rozmieszczone w osi i w odległościach X=0,0 m; 0,3 m; 0,6 m; 0,9 m; 1,2 m; 1,5 m; 1,8 m; 2,1 m od osi nawiewnika. Pomiary wykonano umieszczając poprzeczkę z termoanemometrami w odpowiednich odległościach od stropu Z=0,05 m; 0,10 m; 0,15 m; 0,20 m. W tabelach umieszczono wyniki pomiarów prędkości powietrza w odpowiednich punktach po uśrednieniu wartości z okresu 3 minut.

Tabela 6.5-1 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 110m^3/h

		110m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.24	0.53	0.40	0.32	0.25	0.25	0.16
	0.10		0.15	0.15	0.23	0.21	0.21	0.21	0.17
	0.15	0.18	0.15	0.11	0.10	0.09	0.09	0.10	0.10
	0.20	0.17	0.14	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07

Tabela 6.5-2 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 120m^3/h

		120m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.26	0.57	0.44	0.35	0.27	0.27	0.18
	0.10		0.17	0.18	0.24	0.23	0.21	0.22	0.17
	0.15	0.19	0.15	0.12	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11
	0.20	0.18	0.15	0.12	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10

Tabela 6.5-3 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 140m^3/h

		140m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.29	0.68	0.51	0.42	0.33	0.32	0.23
	0.10		0.18	0.20	0.29	0.25	0.25	0.26	0.21
	0.15	0.23	0.17	0.13	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14
	0.20	0.20	0.16	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.11

Tabela 6.5-4 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 160m^3/h

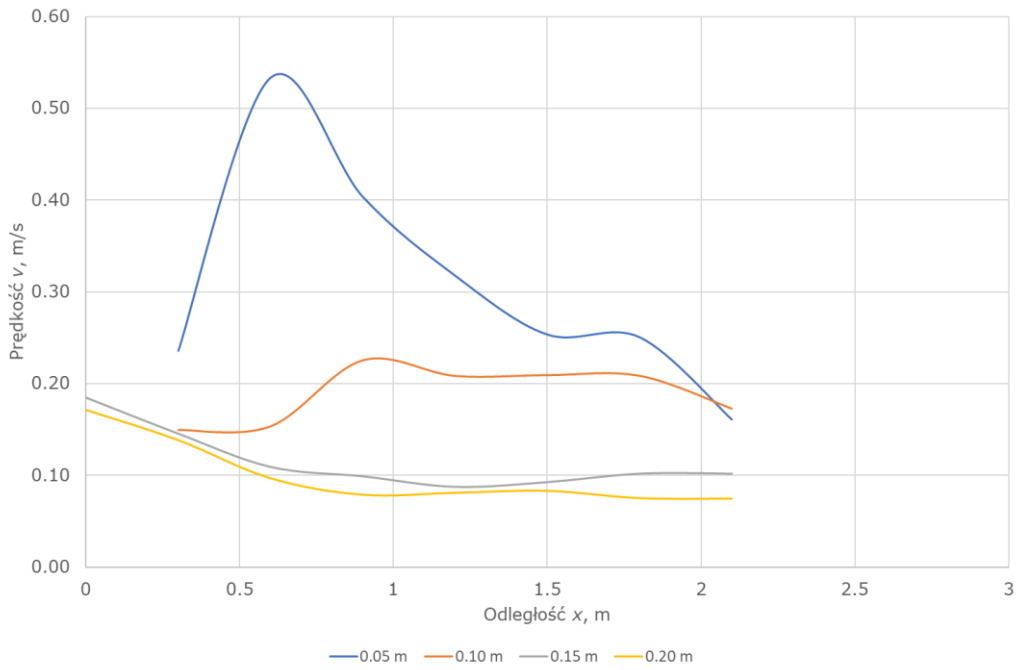
		160m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.32	0.78	0.62	0.50	0.40	0.38	0.27
	0.10		0.20	0.21	0.31	0.28	0.28	0.29	0.24
	0.15	0.25	0.19	0.13	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16
	0.20	0.22	0.18	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.12

Tabela 6.5-5 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 180m^3/h

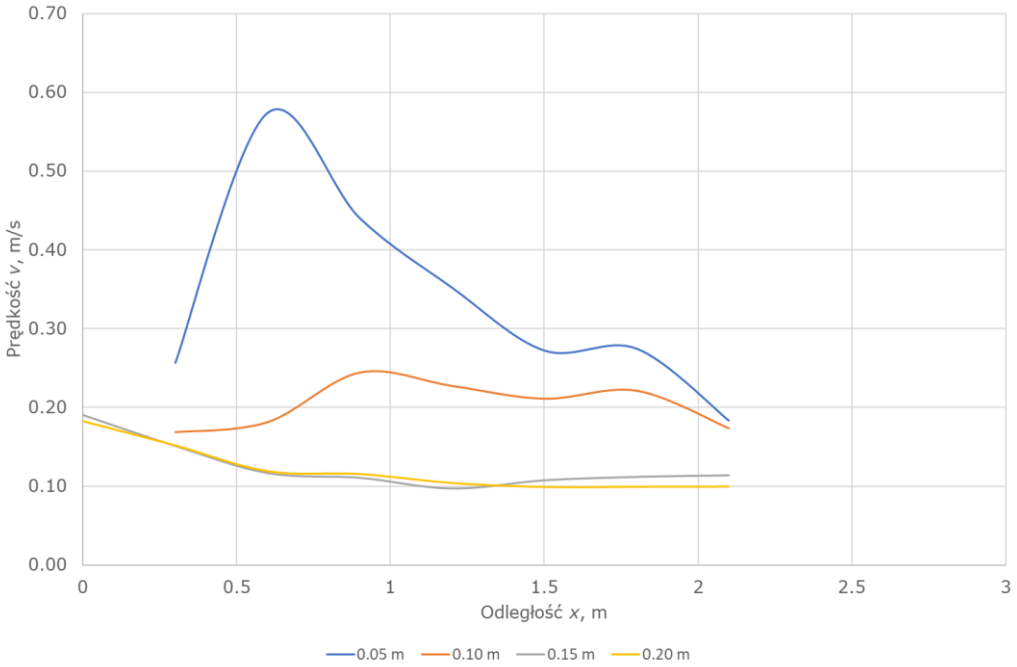
		180m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.36	0.87	0.68	0.54	0.43	0.42	0.30
	0.10		0.22	0.23	0.34	0.32	0.31	0.32	0.27
	0.15	0.29	0.21	0.15	0.14	0.15	0.17	0.18	0.18
	0.20	0.26	0.21	0.14	0.13	0.12	0.13	0.13	0.13

Na podstawie zamieszczonych wyników wykreślono rozkład prędkości dla danego strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu (Rysunki 6.5-1 a)-e)).

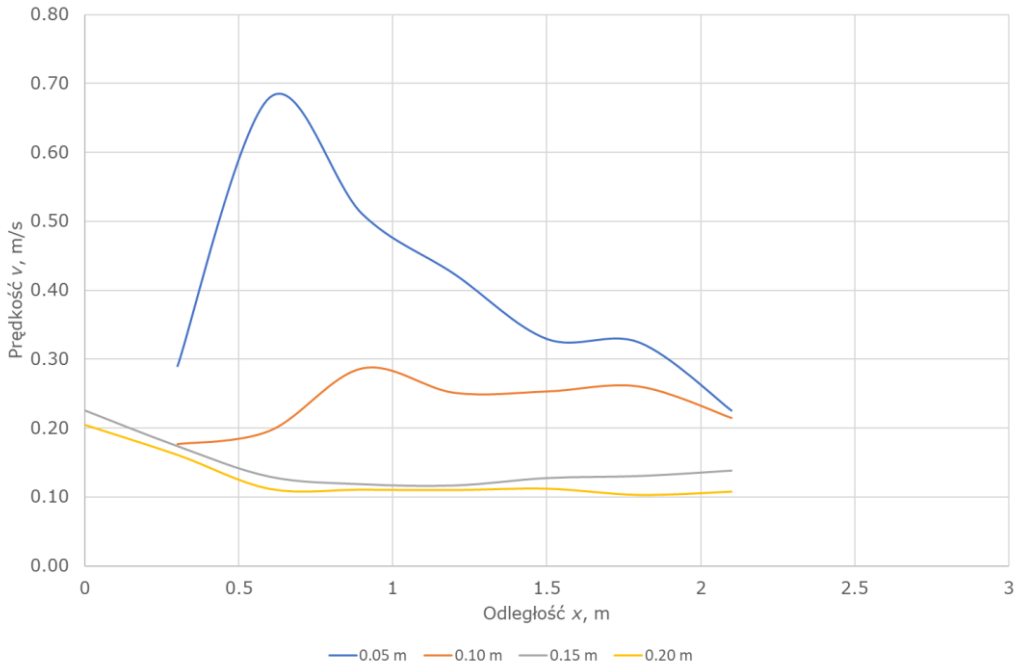
a) Dla strumienia 110m^3/h



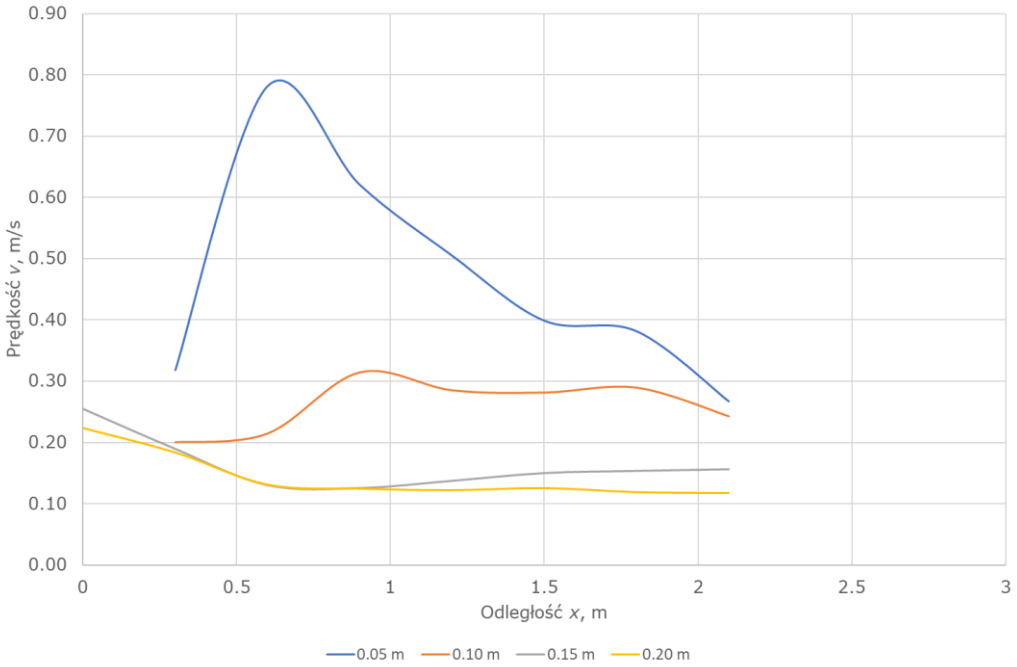
b) Dla strumienia 120 m^3/h



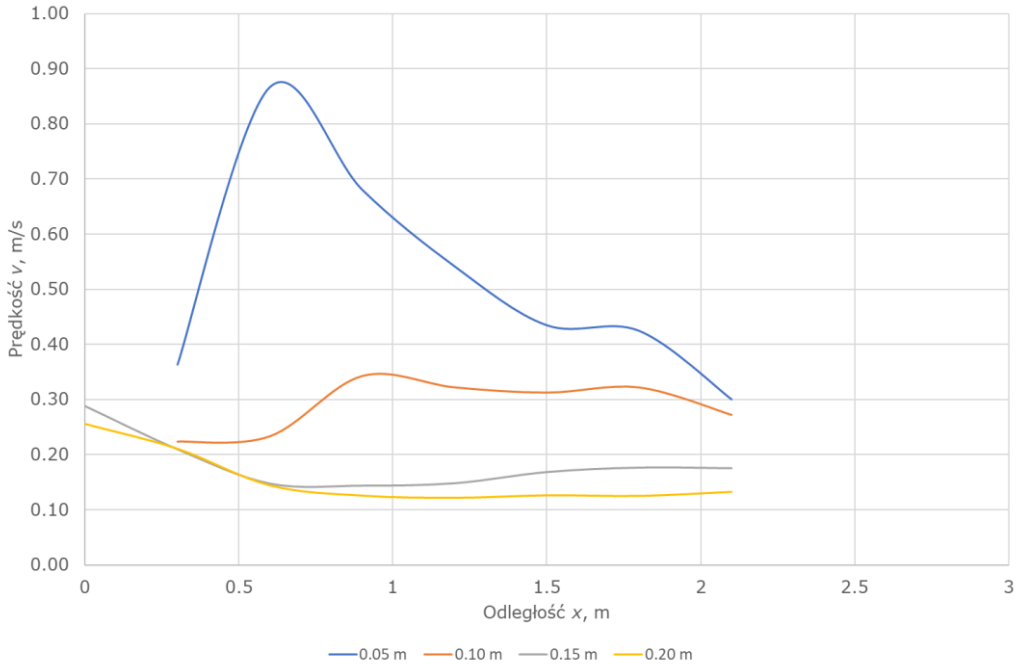
c) Dla strumienia 140 m^3/h



d) Dla strumienia 160 m^3/h

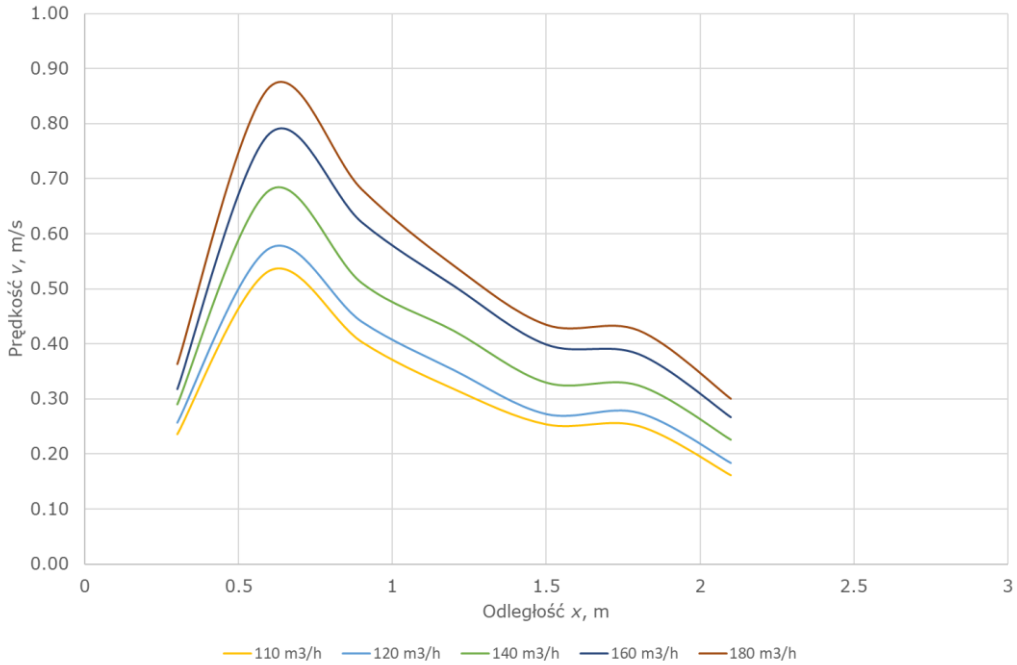


e) Dla strumienia 180 m^3/h



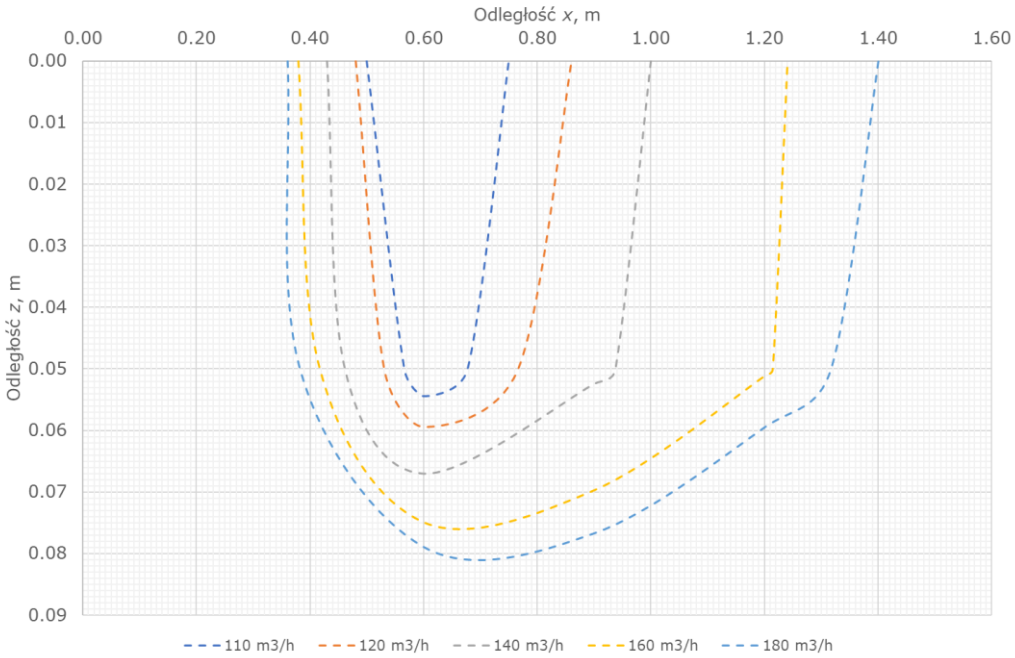
Rysunek 6.5-1 a)-e) Rozkład prędkości dla różnych strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu

Z analizy wynika, że przepływ powietrza obywa się główne w płaszczyźnie Z= 0,05 m pod stropem (linia niebieska), gdzie strumień przyjmuje największe prędkości. W pozostałych płaszczyznach prędkość powietrza jest wyraźnie niższa. Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z=0,05m dla różnych strumieni porównano na wykresie (Rys 6.5 -2).



Rysunek 6.5-2 Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z= 0,05m pod stropem dla różnych strumieni objętościowych

Na podstawie pomiarów, dla każdego z badanych strumieni objętościowych określono zasięg strugi, czyli odległości w których prędkość powietrza osiąga wartość 0,5 m/s w płaszczyźnie X-Z. Linie poszczególnych zasięgów „wygładzono" za pomocą programu komputerowego otrzymując wykres z uproszczoną zależnością zasięgu strugi od strumienia objętościowego (Rysunek 6.5-3).



Rysunek 6.5-3 Zasięg strugi powietrza z nawiewnika dla prędkości 0,5 m/s dla różnych strumieni powietrza

Na podstawie uzyskanych wyników określono maksymalne odległości zarówno w orientacji pionowej jak i poziomej. Wartości dla różnych strumieni zestawiono w tabeli 6.5-6.

Tabela 6.5-6 Zasięg pionowy i poziomy danych strumieni objętościowych dla anemostatu przy szerokości szczeliny 16 mm

s = 16 mm						
		Strumienie objętościowe, m^3/h				
		110	**120**	**140**	**160**	**180**
$L_{0,2}$	**m**	0.75	0.86	1.00	1.24	1.40
$H_{0,2}$		0.055	0.059	0.067	0.076	0.081
$LH_{0,2}$		0.60	0.60	0.61	0.66	0.70

6.6. Szerokość szczeliny s=20 mm

Pomiary zostały wykonane dla pięciu strumieni powietrza V [m^3/h] ustawionych za pomocą regulatora obrotów wentylatora: 110, 120, 140, 160 i 180 m^3/h. Pomiary polegały na pomiarach w siedmiu/ośmiu punktach za pomocą termoanemometrów zawieszonych na poziomej poprzeczce od X=0,0m do X=2,1 m. Punkty pomiarowe (termoanemometry) zostały rozmieszczone w osi i w odległościach X=0,0 m; 0,3 m; 0,6 m; 0,9 m; 1,2 m; 1,5 m; 1,8 m; 2,1 m od osi nawiewnika. Pomiary wykonano umieszczając poprzeczkę z termoanemometrami w odpowiednich odległościach od stropu Z=0,05 m; 0,10 m; 0,15 m; 0,20 m. W tabelach umieszczono wyniki pomiarów prędkości powietrza w odpowiednich punktach po uśrednieniu wartości z okresu 3 minut.

Tabela 6.6-1 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 110m^3/h

		110m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.23	0.50	0.38	0.30	0.24	0.23	0.13
	0.10		0.14	0.14	0.21	0.19	0.19	0.20	0.15
	0.15	0.19	0.14	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10
	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08

Tabela 6.6-2 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 120m^3/h

		120m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.25	0.54	0.40	0.32	0.26	0.26	0.16
	0.10		0.16	0.16	0.22	0.21	0.20	0.20	0.17
	0.15	0.20	0.15	0.11	0.10	0.09	0.11	0.10	0.10
	0.20	0.18	0.14	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09

Tabela 6.6-3 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 140m^3/h

		140m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.28	0.63	0.47	0.38	0.30	0.29	0.20
	0.10		0.16	0.18	0.26	0.24	0.23	0.24	0.21
	0.15	0.20	0.16	0.14	0.13	0.11	0.12	0.12	0.12
	0.20	0.19	0.15	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Tabela 6.6-4 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 160m^3/h

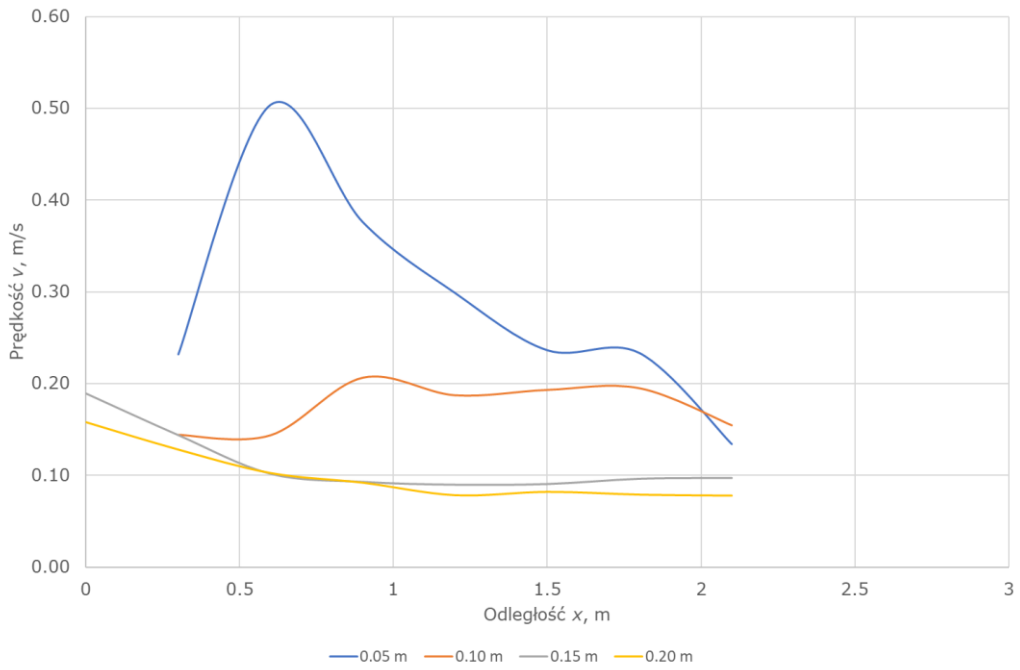
		160m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.32	0.72	0.56	0.44	0.35	0.35	0.26
	0.10		0.18	0.21	0.30	0.26	0.26	0.27	0.23
	0.15	0.23	0.19	0.15	0.14	0.13	0.15	0.15	0.15
	0.20	0.22	0.17	0.12	0.12	0.11	0.12	0.11	0.10

Tabela 6.6-5 Wyniki pomiarów prędkości powietrza dla strumienia powietrza 180m^3/h

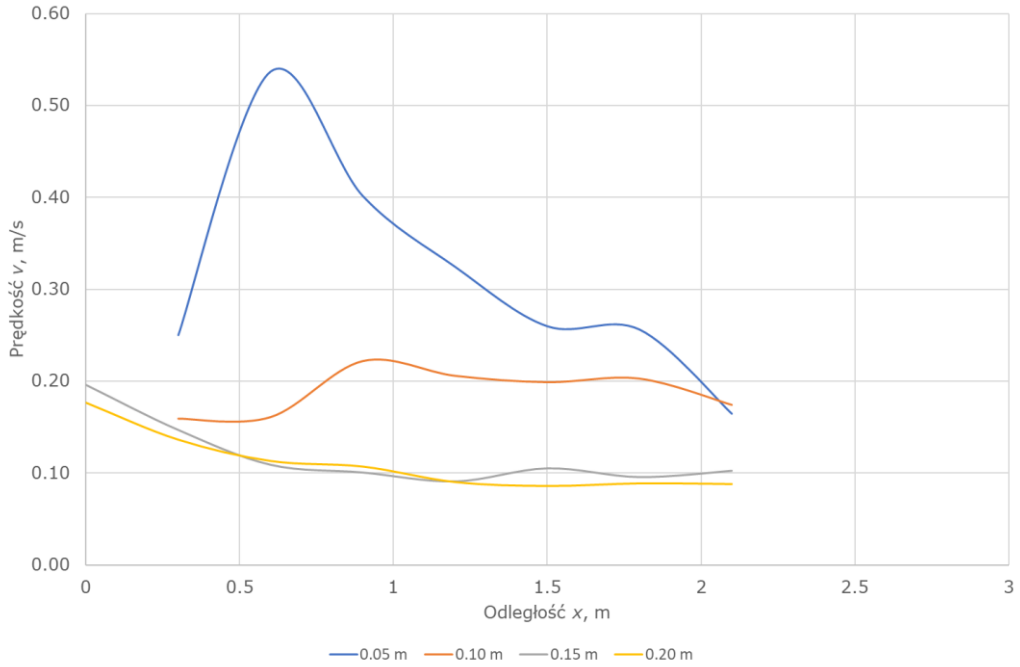
		180m^3/h							
		x [m]							
		0.00	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
z [m]	0.05		0.35	0.80	0.61	0.51	0.40	0.39	0.27
	0.10		0.20	0.23	0.33	0.30	0.29	0.29	0.23
	0.15	0.26	0.19	0.15	0.14	0.15	0.16	0.17	0.16
	0.20	0.24	0.19	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10

Na podstawie zamieszczonych wyników wykreślono rozkład prędkości dla danego strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu (Rysunki 6.5-1 a)-e)).

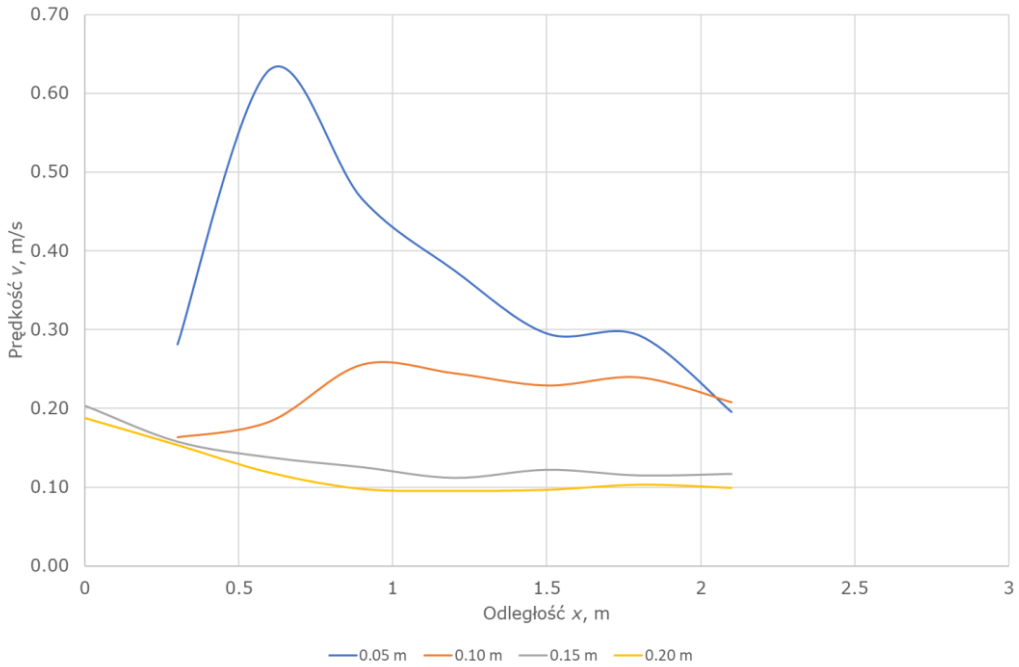
a) Dla strumienia 110m^3/h



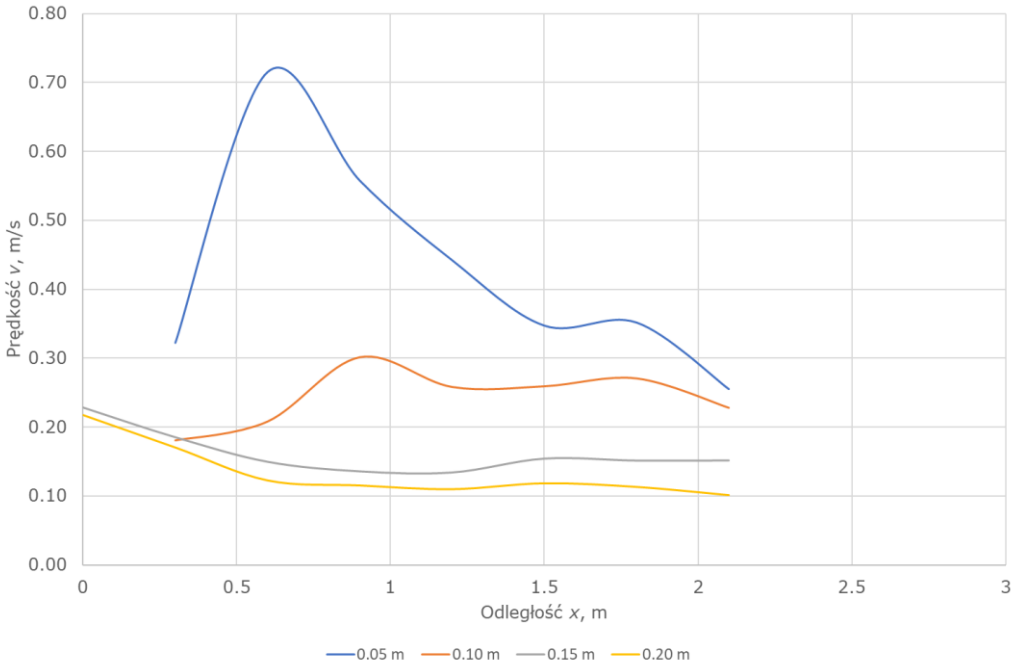
b) Dla strumienia 120 m^3/h



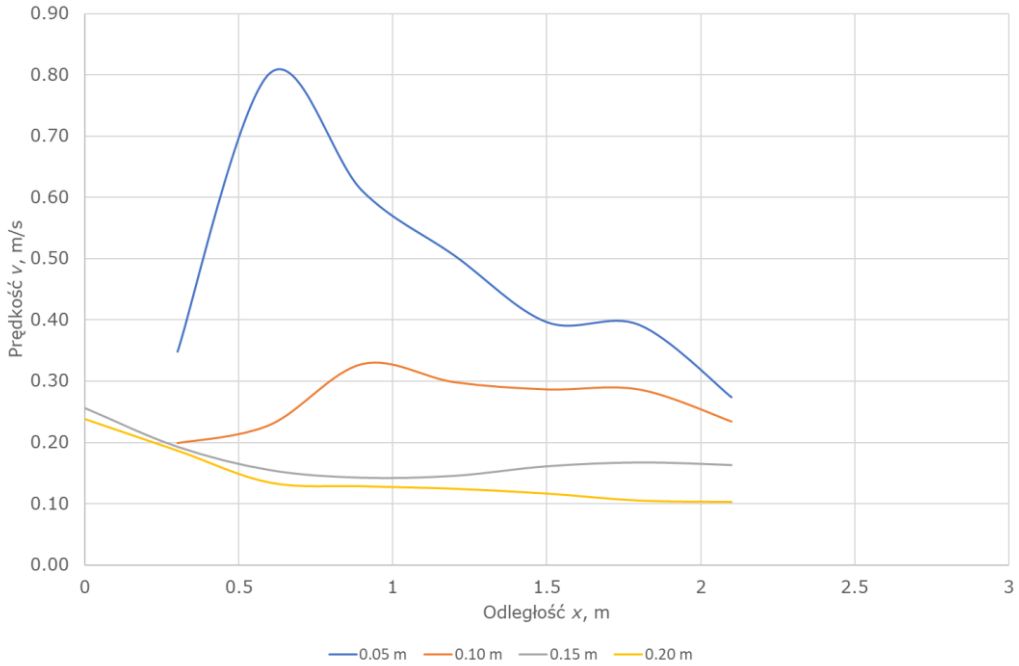
c) Dla strumienia 140 m^3/h



d) Dla strumienia 160 m^3/h

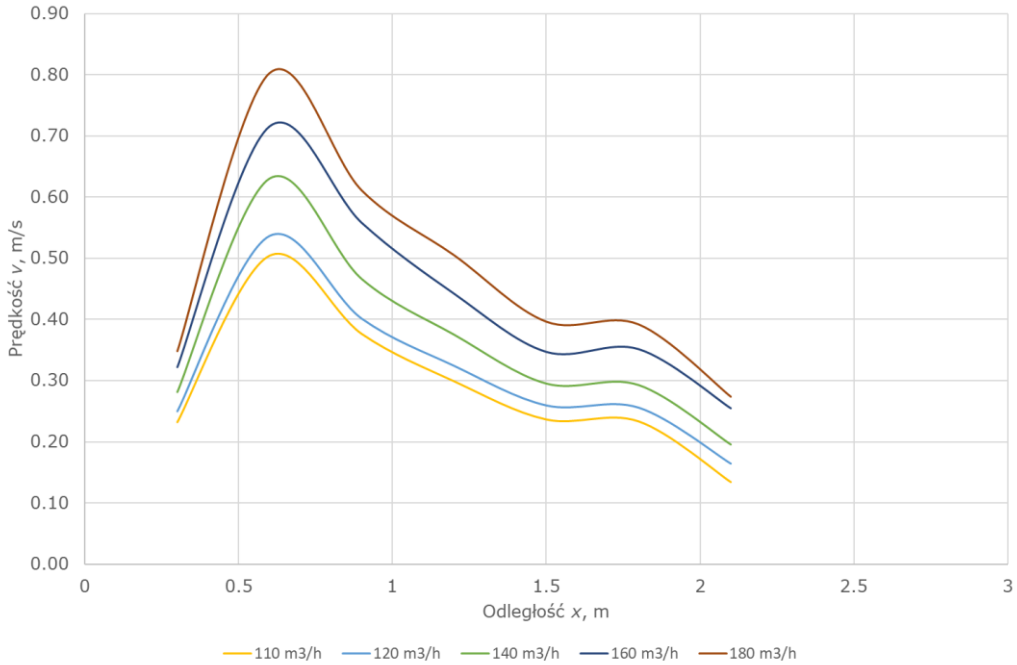


e) Dla strumienia 180 m^3/h



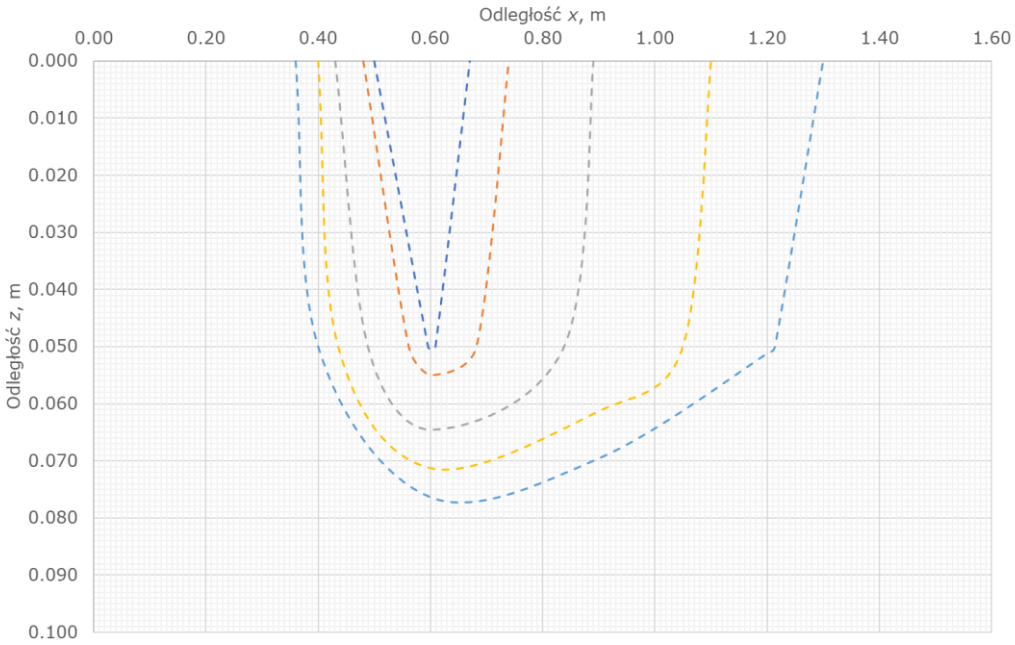
Rysunek 6.6-1 a)-e) Rozkład prędkości dla różnych strumienia objętościowego w różnych odległościach od stropu

Z analizy wynika, że przepływ powietrza obywa się główne w płaszczyźnie Z= 0,05 m pod stropem (linia niebieska), gdzie strumień przyjmuje największe prędkości. W pozostałych płaszczyznach prędkość powietrza jest wyraźnie niższa. Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z=0,05 m dla różnych strumieni porównano na wykresie (Rys 6.6-2).



Rysunek 6.6-2 Rozkład prędkości w płaszczyźnie Z= 0,05m pod stropem dla różnych strumieni objętościowych

Na podstawie pomiarów, dla każdego z badanych strumieni objętościowych określono zasięg strugi, czyli odległości w których prędkość powietrza osiąga wartość 0,5 m/s w płaszczyźnie X-Z. Linie poszczególnych zasięgów „wygładzono" za pomocą programu komputerowego otrzymując wykres z uproszczoną zależnością zasięgu strugi od strumienia objętościowego (Rysunek 6.6-3).



Rysunek 6.6-3 Zasięg strugi powietrza z nawiewnika dla prędkości 0,5 m/s dla różnych strumieni powietrza

Na podstawie uzyskanych wyników określono maksymalne odległości zarówno w orientacji pionowej jak i poziomej. Wartości dla różnych strumieni zestawiono w tabeli 6.6-6.

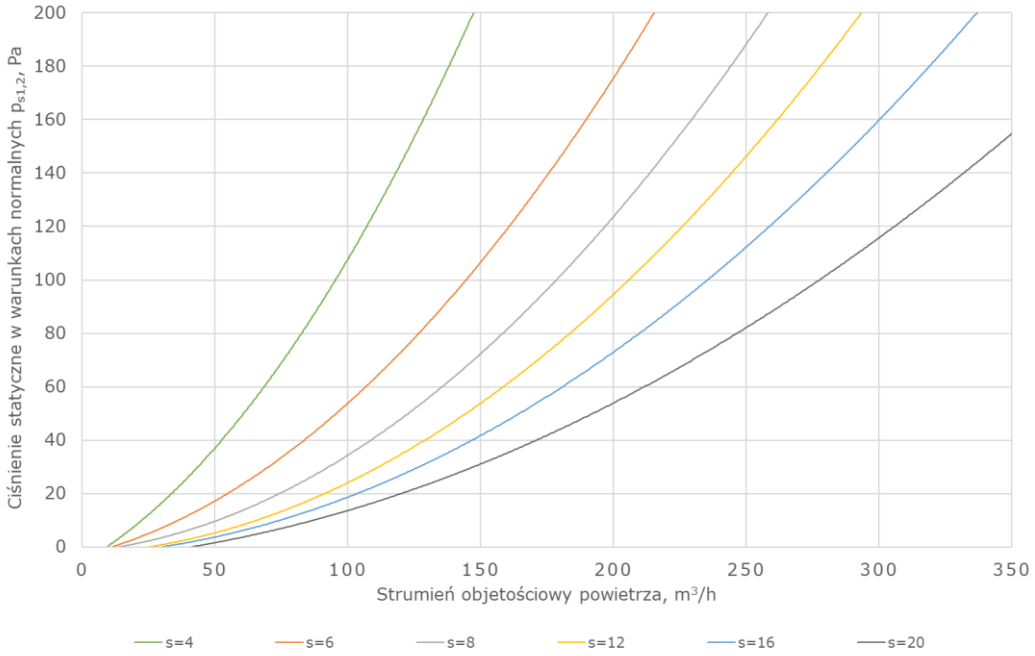
Tabela 6.6-6 Zasięg pionowy i poziomy danych strumieni objętościowych dla anemostatu przy szerokości szczeliny 20 mm

s = 20 mm						
		Strumienie objętościowe, m^3/h				
		110	**120**	**140**	**160**	**180**
$L_{0,2}$	**m**	0.67	0.74	0.89	1.10	1.30
$H_{0,2}$		0.050	0.055	0.065	0.072	0.077
$LH_{0,2}$		0.60	0.60	0.60	0.63	0.65

7. Zestawienie wyników pomiarów

7.1. Opracowanie pomiarów ciśnienia statycznego – funkcja nawiewna

Pomiary przedstawione w poprzednich rozdziałach pozwoliły na ustalenie zależności ciśnienia statycznego w warunkach normalnych w funkcji strumienia objętościowego powietrza w zależności od szerokości ustalonej szczeliny. Wyniki dla anemostatu w funkcji nawiewnej przy różnej wielkości s przedstawiono na wykresie 7.1-1.



Rysunek 7.1-1 Zależność ciśnienia statycznego od strumienia objętościowego powietrza dla anemostatu nawiewnego przy różnej szerokości szczeliny

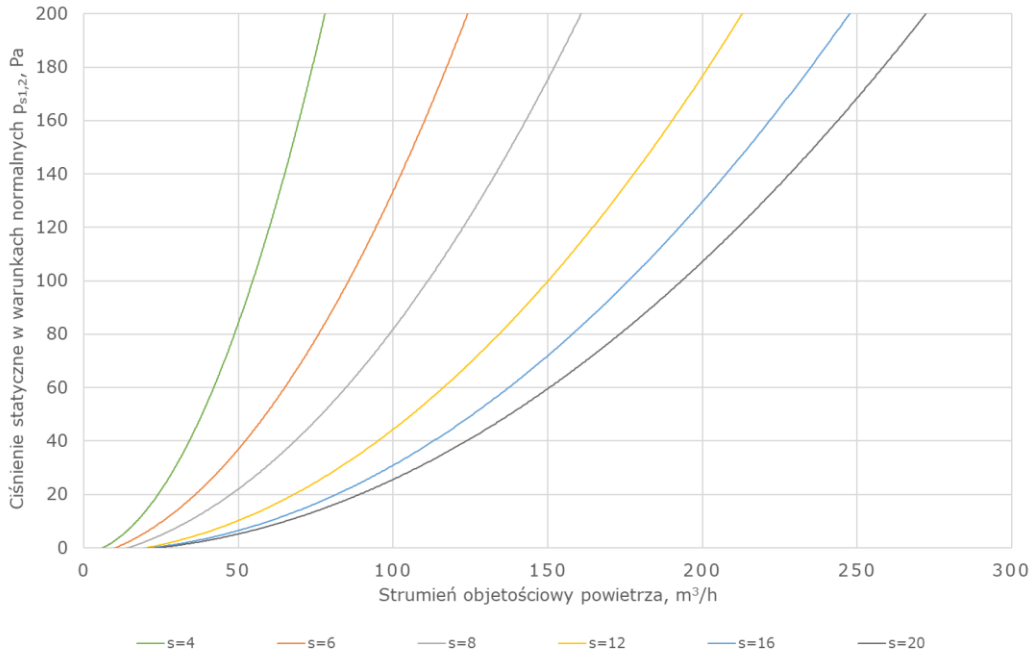
Wartości ciśnienia statycznego $p_{s1,2}$ na anemostacie nawiewnym dla ustalonych szerokości szczeliny *s* zestawiono w tabeli 7.1-1.

Tabela 7.1-1 Zestawienie wartości ciśnienia statycznego na anemostacie dla różnych strumieni objętościowych powietrza oraz przy ustalonej szerokości szczeliny *s*.

	Szerokość szczeliny s, mm					
Strumień powietrza, m^3/h	4	6	8	12	16	20
20	8.0	3.1	1.2			
30	16.6	7.2	3.5	0.9	0.1	
40	26.3	11.9	6.3	2.9	1.8	
50	37.1	17.3	9.7	5.3	3.8	1.6
60	49.0	23.3	13.6	8.2	6.1	3.6
70	62.0	30.0	18.0	11.5	8.7	5.8
80	76.1	37.3	22.9	15.3	11.7	8.2
90	91.4	45.2	28.4	19.5	15.0	10.8
100	107.7	53.8	34.4	24.1	18.7	13.7
110	125.1	63.1	40.9	29.2	22.6	16.7
120	143.7	73.0	48.0	34.7	26.9	20.0
130	163.3	83.5	55.6	40.6	31.5	23.5
140	184.1	94.7	63.7	47.0	36.5	27.2
150	205.9	106.6	72.4	53.8	41.7	31.1
160	228.9	119.1	81.6	61.1	47.3	35.2
170	253.0	132.2	91.3	68.8	53.2	39.6
180	278.1	146.0	101.5	77.0	59.5	44.1
190	304.4	160.5	112.3	85.5	66.1	48.9
200	331.8	175.5	123.6	94.6	72.9	53.9

7.2. Opracowanie pomiarów ciśnienia statycznego – funkcja wywiewna

Pomiary przedstawione w poprzednich rozdziałach pozwoliły na ustalenie zależności ciśnienia statycznego w warunkach normalnych w funkcji strumienia objętościowego powietrza w zależności od szerokości ustalonej szczeliny. Wyniki dla anemostatu w funkcji wywiewnej przy różnej wielkości s przedstawiono na wykresie 7.2-1.



Rysunek 7.2-1 Zależność ciśnienia statycznego od strumienia objętościowego powietrza dla anemostatu wywiewnego przy różnej szerokości szczeliny

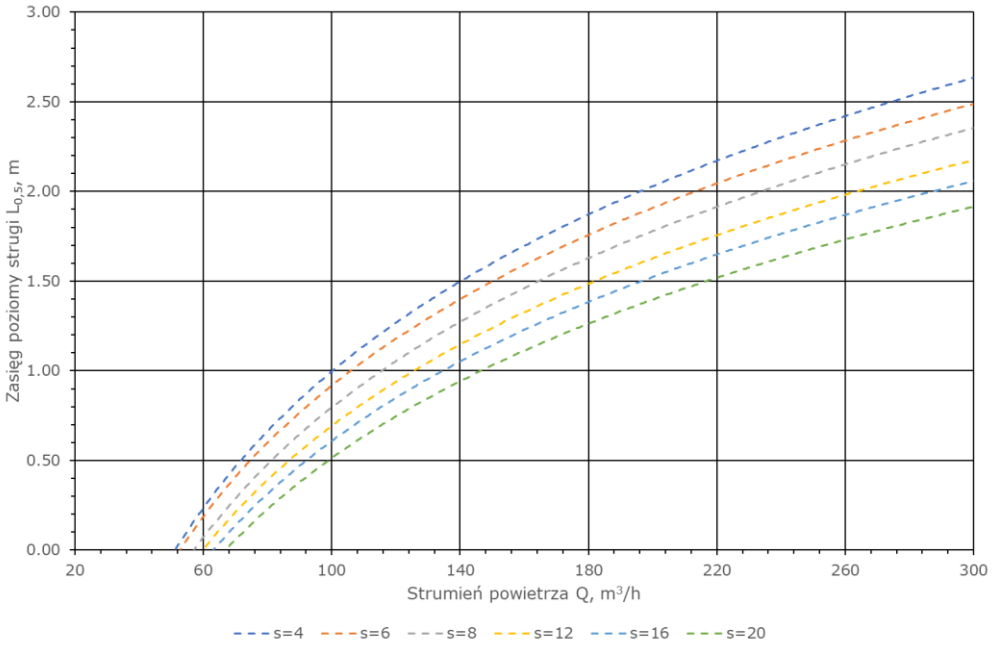
Wartości ciśnienia statycznego $p_{s1,2}$ na anemostacie wywiewnym dla ustalonych szerokości szczeliny *s* zestawiono w tabeli 7.2-1.

Tabela 7.2-1 Zestawienie wartości ciśnienia statycznego na anemostacie dla różnych strumieni objętościowych powietrza oraz przy ustalonej szerokości szczeliny *s*.

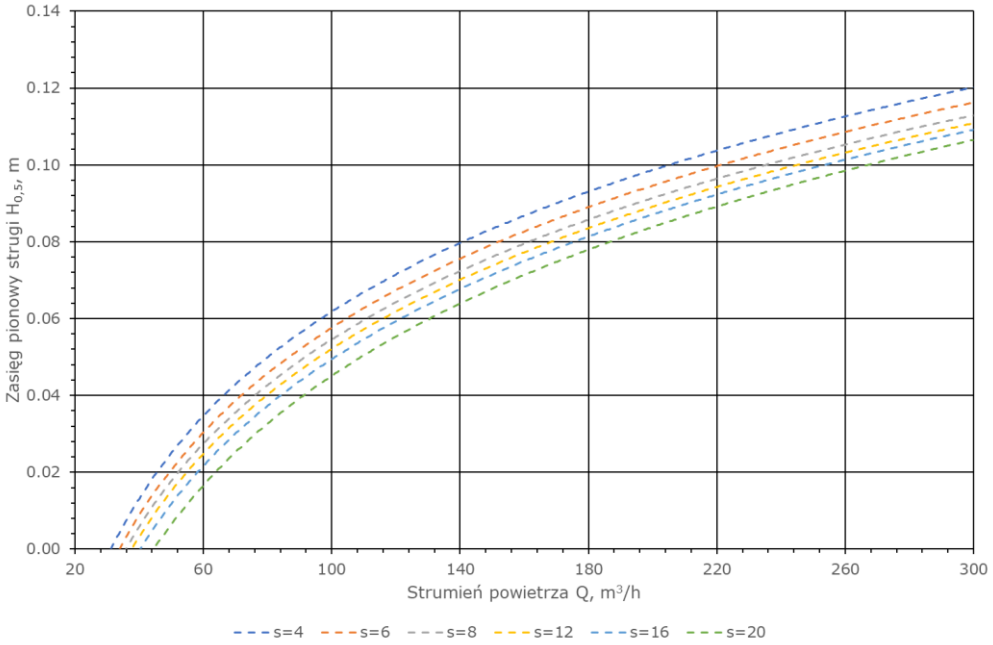
	Szerokość szczeliny s, mm					
Strumień powietrza, m^3/h	4	6	8	12	16	20
20	13.9	5.9	2.4			
30	31.2	14.0	7.6	2.6	1.4	0.9
40	54.7	24.4	14.2	6.0	3.6	2.8
50	84.4	37.0	22.1	10.3	6.5	5.2
60	120.2	51.9	31.4	15.4	10.1	8.2
70	162.2	69.0	42.0	21.4	14.3	11.8
80	210.4	88.3	54.0	28.2	19.2	15.8
90	264.7	109.8	67.3	35.9	24.7	20.5
100	325.2	133.6	81.9	44.4	30.9	25.6
110	391.9	159.6	97.9	53.8	37.8	31.3
120	464.7	187.9	115.3	64.0	45.4	37.6
130		218.3	134.0	75.1	53.6	44.4
140		251.0	154.0	87.1	62.5	51.7
150		286.0	175.4	99.9	72.0	59.6
160		323.1	198.2	113.5	82.2	68.0
170		362.5	222.3	128.0	93.1	77.0
180		404.2	247.7	143.4	104.6	86.5
190		448.0	274.5	159.6	116.8	96.6
200		494.1	302.6	176.7	129.7	107.2

7.3. Opracowanie pomiarów zasięgu

Przeprowadzone obliczenia umożliwiły określenie zależności pomiędzy zasięgiem poziomym i pionowym strugi a objętościowym strumieniem przepływającego powietrza. Wyniki dla badanego anemostatu przy różnej wielkości szczeliny *s* przedstawiono na wykresie 7.3-1 i 7.3-2, gdzie zamieszczone są wyniki odpowiednio dla zasięgu poziomego i pionowego strugi.



Rysunek 7.3-1 Poziomy zasięg strugi w funkcji strumienia objętościowego powietrza dla anemostatu w trybie nawiewnym przy różnej szerokości szczeliny



Rysunek 7.3-2 Pionowy zasięg strugi w funkcji strumienia objętościowego powietrza dla anemostatu w trybie nawiewnym przy różnej szerokości szczeliny

Wartości zestawiono także w formie tabelarycznej, gdzie podano zasięg strugi w metrach w zależności od strumienia powietrza przepływającego przez element, z uwzględnieniem szerokości szczeliny s (Tabela 7.1-1 i 7.1-2).

Tabela 7.3-1 Zasięg poziomy strugi $L_{0,5}$ przy różnych szerokościach szczeliny *s*.

	Szerokość szczeliny s, mm					
Strumień powietrza, m^3/h	4	6	8	12	16	20
60	0.24	0.19	0.07			
70	0.47	0.41	0.29	0.21	0.14	0.06
80	0.66	0.60	0.48	0.39	0.31	0.23
90	0.84	0.77	0.65	0.55	0.47	0.38
100	1.00	0.92	0.80	0.69	0.61	0.51
110	1.14	1.05	0.93	0.82	0.73	0.64
120	1.27	1.18	1.05	0.94	0.85	0.75
130	1.39	1.29	1.17	1.05	0.95	0.85
140	1.50	1.40	1.27	1.15	1.05	0.94
150	1.60	1.50	1.37	1.24	1.14	1.03
160	1.70	1.59	1.46	1.33	1.23	1.11
170	1.79	1.68	1.55	1.41	1.31	1.19
180	1.87	1.76	1.63	1.49	1.38	1.26
190	1.95	1.84	1.71	1.56	1.46	1.33
200	2.03	1.91	1.78	1.63	1.52	1.40

Tabela 7.3-2 Zasięg pionowy strugi $H_{0,5}$ przy różnych szerokościach szczeliny *s*.

	Szerokość szczeliny s, mm					
Strumień powietrza, m^3/h	4	6	8	12	16	20
60	0.035	0.030	0.027	0.025	0.022	0.017
70	0.043	0.039	0.036	0.033	0.030	0.025
80	0.050	0.046	0.043	0.040	0.037	0.033
90	0.056	0.052	0.049	0.047	0.044	0.039
100	0.062	0.058	0.055	0.052	0.049	0.045
110	0.067	0.063	0.060	0.057	0.055	0.050
120	0.071	0.067	0.064	0.062	0.059	0.055
130	0.076	0.072	0.068	0.066	0.064	0.060
140	0.080	0.076	0.072	0.070	0.068	0.064
150	0.083	0.079	0.076	0.074	0.071	0.068
160	0.087	0.083	0.080	0.077	0.075	0.071
170	0.090	0.086	0.083	0.080	0.078	0.075
180	0.093	0.089	0.086	0.084	0.081	0.078
190	0.096	0.092	0.089	0.086	0.084	0.081
200	0.099	0.095	0.091	0.089	0.087	0.084

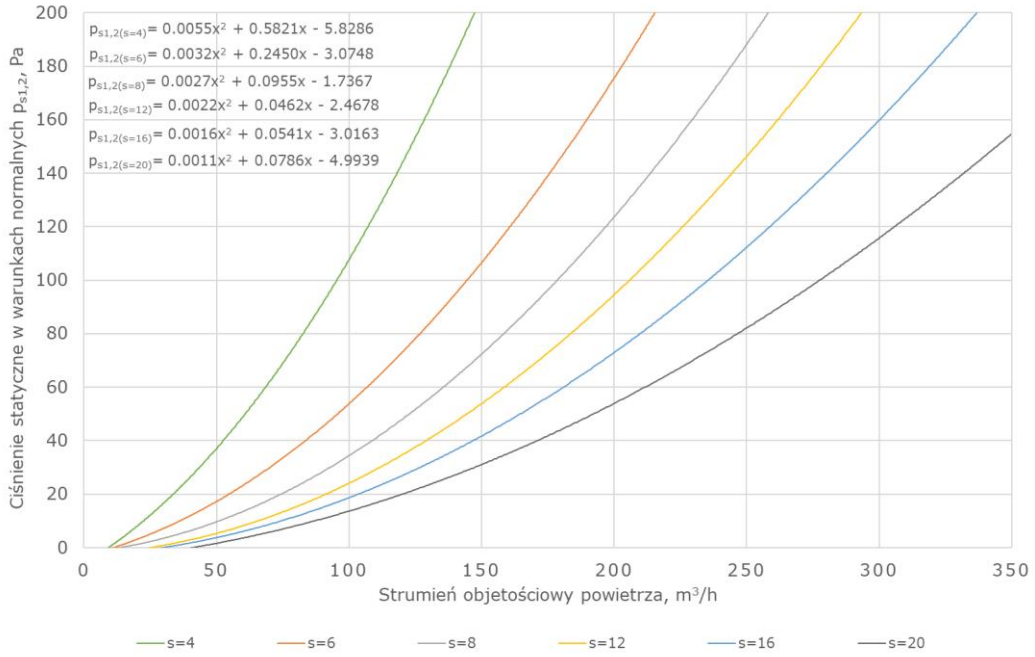
Załącznik 1a. Współczynniki wielomianu dla anemostatu w funkcji nawiewnej - ciśnienie

$$\boldsymbol{p_{s,1,2}} = \boldsymbol{ax^2} + \boldsymbol{bx} + \mathbf{c}$$

$\boldsymbol{p_{s,1,2}}$ – ciśnienie statyczne w warunkach normalnych, Pa
$\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b}, \boldsymbol{c}$ – współczynniki wielomianu, -
$\boldsymbol{x}$ – strumień objętościowy powietrza nawiewanego, m^3/h

Tabela 1a Zestawienie współczynników wielomianu dla anemostatu w funkcji nawiewnej o różnych szerokościach szczeliny *s*

	Strumień powietrza, m^3/h		
Szerokość szczeliny s, mm	a	b	c
4	0.0055	0.5821	-5.8286
6	0.0032	0.2450	-3.0748
8	0.0027	0.0955	-1.7367
12	0.0022	0.0462	-2.4678
16	0.0016	0.0541	-3.0163
20	0.0011	0.0786	-4.9939



Rysunek 1a Zależność ciśnienia statycznego i strumienia objętościowego powietrza z równaniami zależności dla anemostatów w funkcji nawiewnej w zależności od szerokości szczeliny *s*

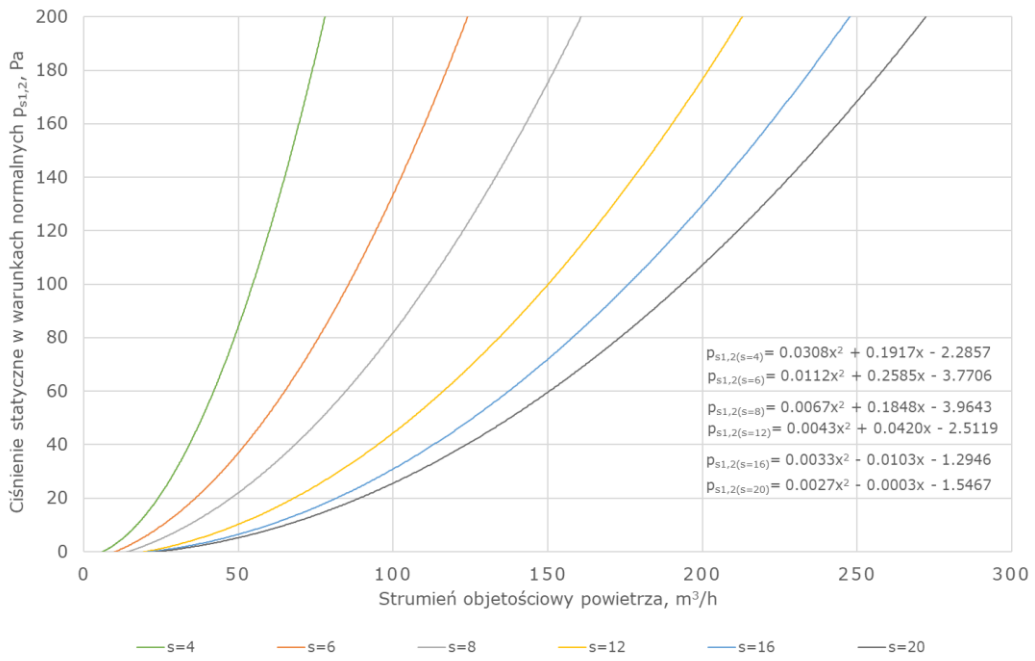
Załącznik 1b. Współczynniki wielomianu dla anemostatu w funkcji wywiewnej - ciśnienie

$$\boldsymbol{p_{s,1,2}} = \boldsymbol{ax^2} + \boldsymbol{bx} + \mathbf{c}$$

$\boldsymbol{p_{s,1,2}}$ – ciśnienie statyczne w warunkach normalnych, Pa
$\boldsymbol{a}, \boldsymbol{b}, \boldsymbol{c}$ – współczynniki wielomianu, -
$\boldsymbol{x}$ – strumień objętościowy powietrza nawiewanego, m^3/h

Tabela 1b Zestawienie współczynników wielomianu dla anemostatu w funkcji nawiewnej o różnych szerokościach szczeliny *s*

	Strumień powietrza, m^3/h		
Szerokość szczeliny s, mm	a	b	c
4	0.0308	0.1917	-2.2857
6	0.0112	0.2585	-3.7706
8	0.0067	0.1848	-3.9643
12	0.0043	0.0420	-2.5119
16	0.0033	-0.0103	-1.2946
20	0.0027	-0.0003	-1.5467



Rysunek 1b Zależność ciśnienia statycznego i strumienia objętościowego powietrza z równaniami zależności dla anemostatów w funkcji nawiewnej w zależności od szerokości szczeliny *s*

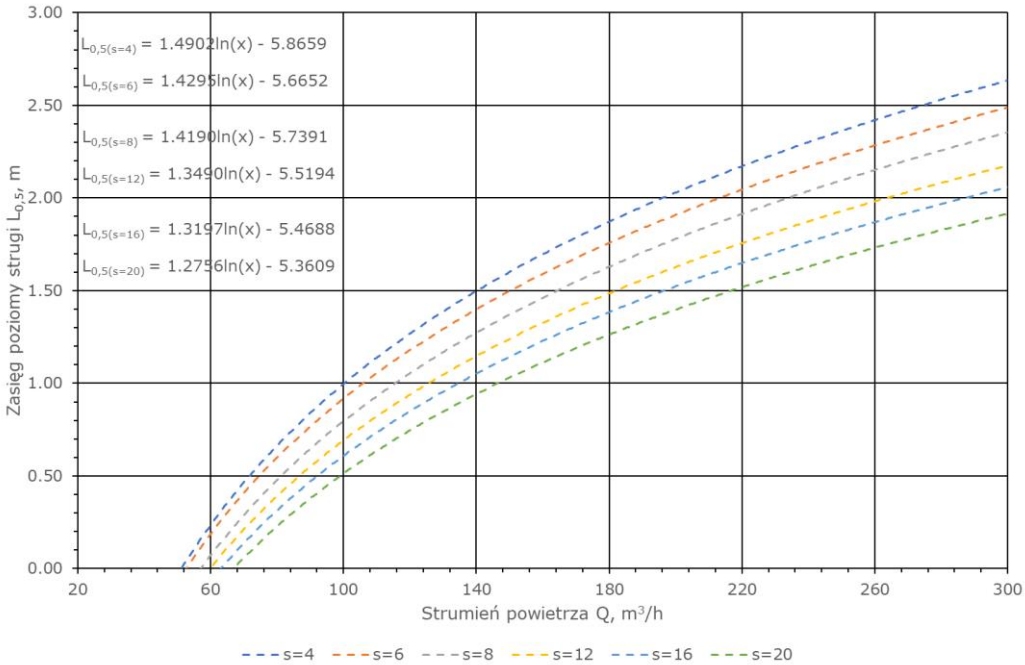
Załącznik 2a. Współczynniki funkcji – zasięg poziomy

$$\boldsymbol{L_{0,5} = a \cdot ln(x) + b}$$

$\boldsymbol{L_{0,5}}$ – zasięg poziomy strugi, m
$\boldsymbol{a, b}$ – współczynniki funkcji, -
$\boldsymbol{x}$ – strumień objętościowy powietrza nawiewanego, m^3/h

Tabela 2a Zestawienie współczynników funkcji zasięgu poziomego dla anemostatu o różnych szerokościach szczeliny *s*

	Strumień powietrza, m^3/h	
Szerokość szczeliny s, mm	a	b
4	1.4902	-5.8659
6	1.4295	-5.6652
8	1.4190	-5.7391
12	1.3490	-5.5194
16	1.3197	-5.4688
20	1.2756	-5.3609



Rysunek 2a Zależność zasięgu poziomego strugi i strumienia objętościowego powietrza z równaniami zależności dla anemostatów w zależności od szerokości szczeliny *s*

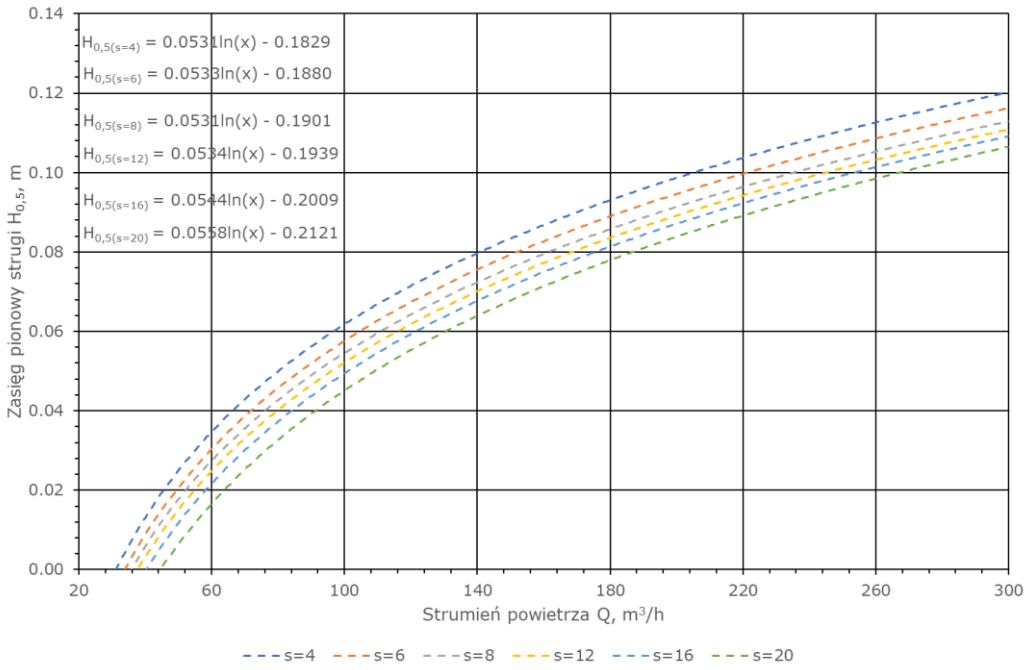
Załącznik 2b. Współczynniki funkcji – zasięg pionowy

$$\boldsymbol{H_{0,5} = a \cdot ln(x) + b}$$

$\boldsymbol{H_{0,5}}$ – zasięg poziomy strugi, m
$\boldsymbol{a, b}$ – współczynniki funkcji, -
$\boldsymbol{x}$ – strumień objętościowy powietrza nawiewanego, m^3/h

Tabela 2b Zestawienie współczynników funkcji zasięgu pionowego dla anemostatu o różnych szerokościach szczeliny *s*

	Strumień powietrza, m^3/h	
Szerokość szczeliny s, mm	a	b
4	0.0531	-0.1829
6	0.0533	-0.1880
8	0.0531	-0.1901
12	0.0534	-0.1939
16	0.0544	-0.2009
20	0.0558	-0.2121



Rysunek 2b Zależność zasięgu poziomego strugi i strumienia objętościowego powietrza z równaniami zależności dla anemostatów w zależności od szerokości szczeliny *s*