

## OBLICZENIA ROZPRZESTRZENIANIA ZANIECZYSZCZEŃ W POWIETRZU – ODDZIAŁYWANIE SKUMULOWANE – BRZESKO

### 1. Założenia do obliczeń.

a. Istniejące kotły węglowe WR-25 K-1 i K-2:

- moc – 8MW każdy,
- sprawność – przyjęto ok. 79%,
- moc w paliwie – 10,15MW<sub>t</sub> każdy,
- wspólny emitor: E-1: h = 100m, Ø = 1,95m
- przepływ dla jednoczesnej pracy dwóch kotłów (wariant najbardziej niekorzystny):
  - 27992Nm<sup>3</sup>/h – spaliny wilgotne,
  - 26736Nm<sup>3</sup>/h – spaliny suche, tlen odniesienia 6%.
- Prędkość spalin dla jednoczesnej pracy dwóch kotłów (wariant najbardziej niekorzystny) - 4,41m/s,
- Temperatura spalin – 453K,
- Czas pracy – 1728h/rok.

b. Dwa silniki gazowe, kogeneracyjne:

- moc – 1,2MW każdy,
- sprawność – przyjęto ok. 92%,
- moc w paliwie – 1,304MW<sub>t</sub> każdy,
- emitory
  - E-2: h = 22m, Ø = 0,4m,
  - E-3: h = 22m, Ø = 0,4m
- przepływ dla każdego z emitorów:
  - 5049,8Nm<sup>3</sup>/h – spaliny wilgotne,
  - 4768,8Nm<sup>3</sup>/h – spaliny suche, tlen odniesienia 15%.
- Prędkość spalin dla każdego z emitorów – 17,3m/s,
- Temperatura spalin – 423K,
- Czas pracy: E2 – 4586h/rok, E3 – 4563h/rok.

c. Kocioł gazowy:

- moc – 2,8MW,
- sprawność – przyjęto ok. 92%,
- moc w paliwie – 3,0MW<sub>t</sub>,
- emitory
  - E-4: h = 21,7m, Ø = 0,55m,
- przepływ:
  - 4158,1Nm<sup>3</sup>/h – spaliny wilgotne,
  - 3500,8Nm<sup>3</sup>/h – spaliny suche, tlen odniesienia 3%.
- Prędkość spalin – 7,54m/s,
- Temperatura spalin – 423K,

- Czas pracy: 1416h/rok.

d. Kocioł na biomasę:

- moc – 2,5MW,
- sprawność – przyjęto ok. 83,5%,
- moc w paliwie – 2,99MW<sub>t</sub>,
- emitory
  - E-5: h = 20m (zakładana), Ø = 0,7m,
- przepływ:
  - 6937,1Nm<sup>3</sup>/h – spaliny wilgotne,
  - 6348,8Nm<sup>3</sup>/h – spaliny suche, tlen odniesienia 11%.
- Prędkość spalin – 8,36m/s,
- Temperatura spalin – 453K,
- Czas pracy – 4200h/rok.

## 2. Wyliczenie wielkości emisji zanieczyszczeń.

Obliczenie wielkości emisji zanieczyszczeń oparto na wartościach standardów emisyjnych określonych dla źródeł spalania paliw w ROZPORZĄDZENIU MINISTRA KLIMATU z dnia 24 września 2020 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów (Dz. U. z 2020 r., poz. 1860).

Wg powyższego aktu prawnego dla silników gazowych określone są standardy emisyjne dla dwutlenku siarki i tlenków azotu.

**Tabela 1. Kotły węglowe K-1 i K-2 – standardy emisyjne dla tlenu odniesienia 6% - emitore E1.**

Pył ogółem [mg/m <sub>u</sub> <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> [mg/m <sub>u</sub> <sup>3</sup> ]	NO <sub>x</sub> [mg/m <sub>u</sub> <sup>3</sup> ]
100	1500	400

**Tabela 2. Silniki gazowe – standardy emisyjne dla tlenu odniesienia 15% - emitore E2 i E3.**

Pył ogółem [mg/m <sub>u</sub> <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> [mg/m <sub>u</sub> <sup>3</sup> ]	NO <sub>x</sub> [mg/m <sub>u</sub> <sup>3</sup> ]
5*	15	95

\* - przyjęto jak dla turbin gazowych

**Tabela 3. Kocioł gazowy – standardy emisyjne dla tlenu odniesienia 3% - emitore E4.**

Pył ogółem [mg/m <sub>u</sub> <sup>3</sup> ]	SO <sub>2</sub> [mg/m <sub>u</sub> <sup>3</sup> ]	NO <sub>x</sub> [mg/m <sub>u</sub> <sup>3</sup> ]
5	35	100

**Tabela 4. Kocioł na biomase – standardy emisyjne dla tlenu odniesienia 11% - emitor E5.**

<b>Pył ogółem</b> <b>[mg/m<sup>u3</sup>]</b>	<b>SO<sub>2</sub></b> <b>[mg/m<sup>u3</sup>]</b>	<b>NO<sub>x</sub></b> <b>[mg/m<sup>u3</sup>]</b>
50	200	400

Wielkości emisji w kg/h podano poniżej.

**Tabela 5. Kotły węglowe K-1 i K-2 – emisja obliczeniowa - emitor E1.**

<b>Pył ogółem</b> <b>[kg/h]</b>	<b>SO<sub>2</sub></b> <b>[kg/h]</b>	<b>NO<sub>x</sub></b> <b>[kg/h]</b>
2,6736	40,104	10,694

Przyjęto założenie, że całość emitowanego pyłu to pył PM10. Pył PM2,5 stanowi 50% pyłu PM10.

**Tabela 6. Silniki gazowe – emisja obliczeniowa - emitory E2 i E3 (każdy emitor).**

<b>Pył ogółem</b> <b>[kg/h]</b>	<b>SO<sub>2</sub></b> <b>[kg/h]</b>	<b>NO<sub>x</sub></b> <b>[kg/h]</b>
0,02384	0,0715	0,453

Przyjęto założenie, że całość emitowanego pyłu to pył PM10. Pył PM2,5 stanowi 100% pyłu PM10.

**Tabela 7. Kocioł gazowy – emisja obliczeniowa - emitor E4.**

<b>Pył ogółem</b> <b>[kg/h]</b>	<b>SO<sub>2</sub></b> <b>[kg/h]</b>	<b>NO<sub>x</sub></b> <b>[kg/h]</b>
0,0175	0,1225	0,3501

Przyjęto założenie, że całość emitowanego pyłu to pył PM10. Pył PM2,5 stanowi 100% pyłu PM10.

**Tabela 8. Kocioł na biomase – emisja obliczeniowa - emitor E5.**

<b>Pył ogółem</b> <b>[kg/h]</b>	<b>SO<sub>2</sub></b> <b>[kg/h]</b>	<b>NO<sub>x</sub></b> <b>[kg/h]</b>
0,31744	1,2698	2,5395

Przyjęto założenie, że całość emitowanego pyłu to pył PM10. Pył PM2,5 stanowi 50% pyłu PM10.

### **3. Aerodynamiczna szorstkość terenu.**

Na obszarze o promieniu występują następujące typy pokrycia terenu – tabela.

**Tabela 9. Aerodynamiczna szorstkość terenu.**

Typ pokrycia terenu	Współczynnik $z_0$ [m]	% zajęcia terenu
Miasto od 10-100 tys. mieszkańców – zabudowa średnia	2,0	100

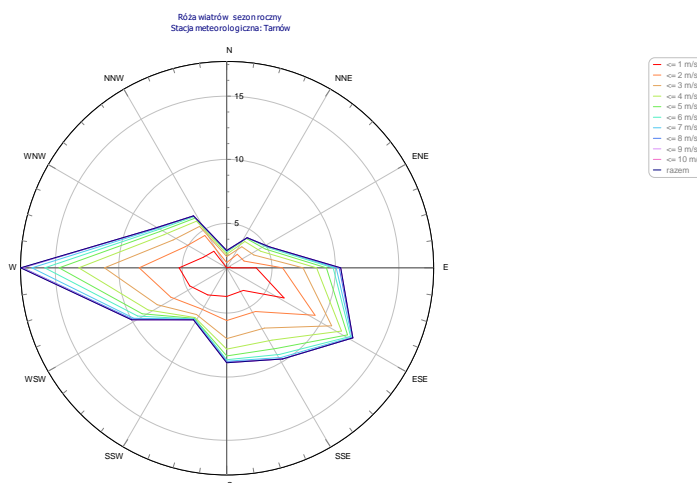
Obliczona w oparciu o powyższe dane wartość  $z_0 = 2,0$ .

## 4. Dane meteorologiczne.

Dane meteorologiczne do obliczeń (statystyka stanów równowagi atmosfery, prędkości i kierunków wiatru z 12-sto kierunkową różą wiatrów) przyjęto na podstawie wyników pomiarów pochodzących ze stacji meteorologicznej w Tarnowie.

Wysokość anemometru do obliczeń - 14 m

Średnia roczna temperatura - 8,4 °C



**Rys. 1. Róża wiatrów – Tarnów.**

**Tabela 10. Tabela meteorologiczna**

Stacja meteorologiczna: Tarnów - rok.

Liczba obserwacji 29212.

Wysokość anemometru 14m.

Temperatura 281,4K

Prędkość wiatru	Stan równowagi atmosfery	Kierunki wiatru											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	27	22	28	35	38	19	41	50	46	20	47	20
1	2	77	68	81	105	110	84	130	171	167	128	164	68
1	3	127	82	112	236	128	164	186	255	290	228	218	104
1	4	179	192	337	351	219	360	475	509	643	437	349	158
1	5	7	10	30	67	40	64	40	67	57	30	22	10

## ANALIZA ROZPRZESTRZENIANIA ZANIECZYSZCZEŃ W POWIETRZU

Prędkość wiatru	Stan równowagi atmosfery	Kierunki wiatru											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6	41	53	383	1014	506	404	274	213	190	74	81	15
2	1	4	11	18	26	23	9	5	8	7	9	21	5
2	2	51	59	79	75	115	74	49	75	132	108	87	40
2	3	84	104	116	157	119	118	69	97	247	128	105	52
2	4	170	126	170	178	123	174	173	276	456	198	174	75
2	5	4	5	17	28	23	27	16	20	25	9	7	5
2	6	19	28	198	357	159	157	47	41	48	17	10	7
3	1	0	0	2	1	1	0	1	0	0	0	1	0
3	2	34	32	79	77	64	28	16	37	96	66	71	32
3	3	64	75	101	99	128	115	49	94	216	100	85	52
3	4	92	117	167	115	93	136	73	199	423	148	84	41
3	5	8	2	14	18	27	32	8	8	22	5	1	1
3	6	8	25	110	145	122	89	19	23	47	10	7	2
4	2	22	24	27	36	37	16	5	15	24	18	24	7
4	3	49	52	80	77	112	80	27	50	183	93	65	32
4	4	66	98	125	63	87	91	37	152	340	123	55	25
4	5	4	9	12	22	27	14	2	3	16	0	1	1
4	6	5	5	69	61	61	51	6	8	19	4	2	0
5	2	0	4	2	6	4	0	0	0	0	0	0	1
5	3	22	26	51	63	81	49	6	32	104	39	37	20
5	4	41	81	137	48	93	80	21	128	318	90	42	23
5	5	2	5	44	37	41	25	0	14	23	1	2	2
6	3	3	6	28	24	24	10	2	5	26	10	8	2
6	4	15	50	116	62	125	68	17	109	316	70	22	13
7	3	1	2	8	4	5	1	0	1	7	4	0	1
7	4	10	26	75	38	69	45	6	102	292	45	24	8
8	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	4	6	16	68	14	41	21	3	36	203	24	6	2
9	4	1	1	22	1	7	3	0	13	36	5	0	0
10	4	0	0	2	0	0	1	0	3	5	1	0	0
11	4	0	0	2	0	0	0	0	1	9	2	0	0

Stacja meteorologiczna: Tarnów - rok  
Ilość obserwacji = 29212

**Tabela 11. Zestawienie udziałów poszczególnych kierunków wiatru %**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	N
4,26	4,85	9,97	12,46	9,76	8,93	6,17	9,64	17,23	7,68	6,24	2,82

**Tabela 12. Zestawienie częstości poszczególnych prędkości wiatru %**

1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s
40,32	20,72	14,57	9,65	6,32	3,87	2,65	1,51	0,30	0,04	0,05

## 5. Tło zanieczyszczeń.

Tło zanieczyszczeń (pył PM<sub>10</sub>, pył PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) przyjęto na podstawie pisma GIOŚ – RWMS w Krakowie pismo DMS-KR.731.1.86.2024 z dnia 05.03.2024r.

**Tabela 13. Tło zanieczyszczeń – aktualny stan zanieczyszczenia powietrza.**

L.p.	Nr poz.*	Nazwa substancji	Nr CAS	Tło zanieczyszczenia	Wartości odniesienia [µg/m <sup>3</sup> ] uśrednione do okresu	
				[µg/m <sup>3</sup> ]	1 godziny D <sub>1</sub>	roku D <sub>a</sub>
1	70	Ditlenek azotu (dwutlenek azotu)	10102-44-0	13	200	40
2	72	Ditlenek siarki (dwutlenek siarki)	7446-09-5	5	350	30
3	137	Pył zawieszony PM <sub>10</sub>	-	24	280	40
4	brak	Pył zawieszony PM <sub>2,5</sub>	-	18	nie określono	20
5	Opad pyłu ogółem		-	20g/(m <sup>2</sup> *rok)	200g/(m <sup>2</sup> *rok)	

\* - nr pozycji w załączniku nr 1 do rozporządzenia MŚ z 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia (Dz. U. nr 16/2010, poz. 87).

## 6. Metodyka obliczeń.

Na stan zanieczyszczenia powietrza związany z pracą określonego obiektu wpływają następujące czynniki:

- rodzaj i ilość substancji gazowych oraz pyłowych emitowanych przez obiekt,
- sposób wprowadzania substancji do powietrza (rodzaj i wysokość emitorów, prędkość i temperatura wylotu gazów),
- warunki rozprzestrzeniania się substancji w powietrzu.

Dwa pierwsze czynniki określa rodzaj działalności obiektu, trzeci jest zależny od lokalizacji obiektu, a szczególnie od zjawisk atmosferycznych i topograficznych decydujących o intensywności wymiany masy powietrza w atmosferze, takich jak:

- 1) kierunek wiatru,
- 2) prędkość wiatru,
- 3) dyfuzja atmosferyczna (miara burzliwości atmosfery),
- 4) szorstkość terenu; roślinność i zagospodarowanie przestrzenne,
- 5) pochłanianie zanieczyszczeń przez podłoże suche,
- 6) przemiany zanieczyszczeń w atmosferze,
- 7) wymywanie zanieczyszczeń przez opady,

- 8) górna inwersja temperatury (grubość warstwy mieszania),
- 9) skręt wiatru z wysokością (zjawisko związane z ruchem geograficznym),
- 10) krzywoliniowy ruch mas powietrza (zjawisko związane z ruchem obrotowym Ziemi),
- 11) kumulacja zanieczyszczeń w chmurach.

Stosowane metody obliczeniowe uwzględniają zjawiska opisane w punktach 1 - 8. Oparto je o matematyczny opis ruchu zanieczyszczeń w atmosferze, z uwzględnieniem wyników badań doświadczalnych.

Najbardziej rozpowszechnione na świecie, a od 1981r. na podstawie "Wytycznych obliczania stanu zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego" obowiązujące w Polsce są metody:

- Pasquille'a - (uproszczona) dla obliczania stężeń zanieczyszczeń gazowych i pyłu zawieszonego,
- Krieba - dla obliczania opadu pyłu.

Referencyjne metodyki modelowania poziomów substancji w powietrzu określa rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. Nr 16/2010, poz. 87).

W zakres analiz stanu zanieczyszczenia powietrza wchodzi obliczenia:

- maksymalnych stężeń substancji uśrednionych do 1 godziny i częstości przekroczeń stężeń dopuszczalnych (lub percentyla  $S_{99,8}$ ) w siatce receptorów z uwzględnieniem najniekorzystniejszych warunków meteorologicznych,
- maksymalnych stężeń na wysokości zabudowy mieszkalnej z uwzględnieniem warunków meteorologicznych,
- maksymalnych stężeń na granicy obszarów specjalnie chronionych z uwzględnieniem warunków meteorologicznych,
- stężeń średniorocznych w siatce receptorów z uwzględnieniem warunków meteorologicznych,
- opadu pyłu w siatce receptorów z uwzględnieniem warunków meteorologicznych.

Obliczenia rozprzestrzeniania zanieczyszczeń wykonano na komputerze klasy IBM wykorzystując program OPERAT FB opracowany zgodnie z Załącznikiem nr 3 *Referencyjne metodyki modelowania poziomów substancji w powietrzu*, tzn. korzystający z matematycznego modelu dyfuzji Pasquille'a zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym.

Obliczenia wykonano na poziomie terenu  $z = 0,0\text{m}$  oraz na poziomie występowania najwyższej zabudowy mieszkalnej w odległości  $10h$  od najwyższego emitora:  $10h = 1000\text{m}$  – zabudowa wielorodzinna, maksymalnie 5-kondygnacyjna –  $z = 15,0\text{m}$ .

## 7. Wyniki obliczeń.

### 1. Sprawdzenie warunku $S_{mm} < 0,1 \cdot D_1$

**Tabela 14. Suma stężeń z instalacji: Brzesko - Sumowano stężenia z 5 emitorów**

Nazwa zanieczyszczenia	Suma stężeń max. [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Stęż. dopuszcz. D1 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Ocena
pył PM-10	11,14	280	$S_{mm} < 0,1 \cdot D_1$
dwutlenek siarki	170,2	350	$0,1 \cdot D_1 < S_{mm} < D_1$
pył zawieszony PM 2,5	6,20	-	bez oceny - brak D1
dwutlenek azotu (NO <sub>2</sub> )	177,4	200	$0,1 \cdot D_1 < S_{mm} < D_1$

### 2. Zestawienie wyników obliczeń

**Tabela 15. Zestawienie maksymalnych wartości stężeń w sieci receptorów – z=0,0m.**

Nazwa zanieczyszczenia	Najwyższe stężenie maksymalne $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Maksymalny percentyl 99,8%. $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Maksymalne stężenie średnioroczne, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Obliczone	Dopuszczalne	Obliczony	D1	Obliczone	Da - R
dwutlenek siarki	119,6	350	92,9	< 350	2,534	< 15
dwutlenek azotu (NO <sub>2</sub> )	136,70	200	124,81	< 200	5,908	< 27
pył zawieszony PM 2,5	4,0	brak	3,7		0,178	< 2

**Tabela 16. Zestawienie maksymalnych wartości stężeń na wysokości 15m – z=15,0m.**

Nazwa zanieczyszczenia	Najwyższe stężenie maksymalne $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Maksymalny percentyl 99,8%. $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Maksymalne stężenie średnioroczne, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	Obliczone	Dopuszczalne	Obliczony	D1	Obliczone	Da - R
dwutlenek siarki	120,7	350	96,3	< 350	3,471	< 15
dwutlenek azotu (NO <sub>2</sub> )	241,38	200	<b>219,28<sup>1</sup></b>	> 200	8,490	< 27
pył zawieszony PM 2,5	14,7	brak	13,3		0,493	< 2

1 – tylko na terenie zakładu, poza obszarem występowania zabudowy mieszkalnej.

W przypadku wszystkich zanieczyszczeń stwierdzono, iż:

- 99,8 lub 99,7 percentyl ze stężeń maksymalnych rozpatrywanych substancji,
- stężenia średnioroczne bez tła dla wszystkich rozpatrywanych zanieczyszczeń,

nie przekraczają wartości stężeń dopuszczalnych (wartości odniesienia i poziomów dopuszczalnych) na poziomie terenu w całej sieci obliczeniowej oraz na poziomie 15m w rejonie występowania zabudowy mieszkalnej.

Brak przekroczeń opadu pyłu (kryterium opadu pyłu nie zostało przekroczone).



Dla założonych w pkt 1 i 2 wartości wyniki obliczeń rozprzestrzeniania zanieczyszczeń nie wykazują przekroczeń standardów jakości powietrza atmosferycznego.

Wobec powyższego należy przyjąć następujące parametry emitora dla kotła na biomasę:

- wysokość -  $h = 20 \text{ m}$ ,
- średnica wylotowa -  $\varnothing = 0,7 \text{ m}$ .

## 9. Załączniki.

1. Tło zanieczyszczeń.
2. Wyniki obliczeń rozprzestrzeniania zanieczyszczeń.
3. Wydruki izolinii.