



UNIwersytet
Przyrodniczy
we Wrocławiu

Ocena warunków aerosanitarnych i bioklimatycznych Legnicy

**Ocena warunków aerosanitarnych i biotopoklimatycznych
Legnicy dla potrzeb kształtowania terenów zieleni**

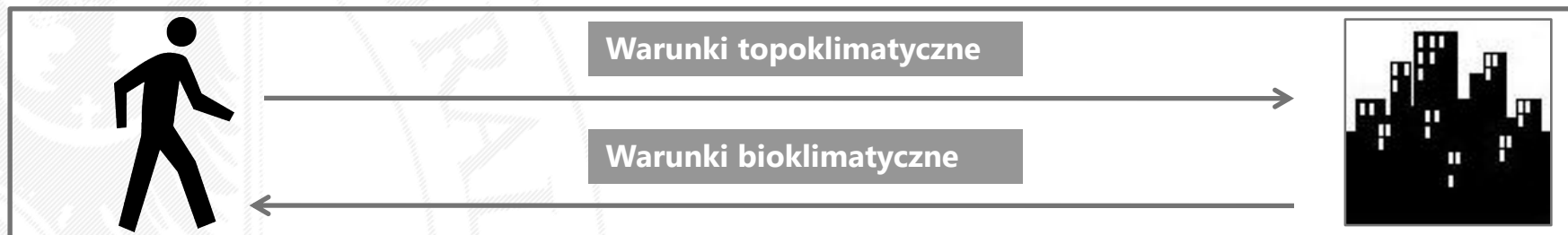
mgr inż. Robert Sobolewski

Promotor dr hab. inż. R. Kalbarczyk prof. nadzw.

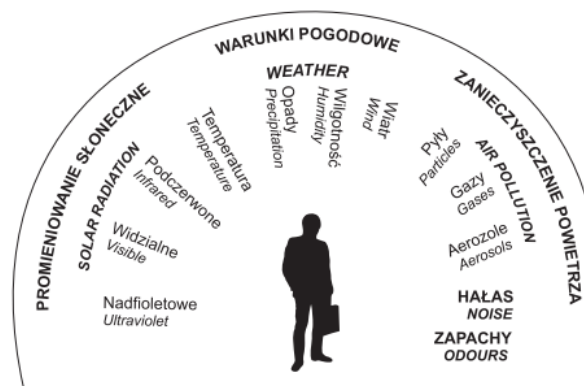
Promotor pomocniczy dr E. Szopińska

Przestrzeń Dolnego Śląska w badaniach naukowych, Wrocław, 5 grudnia 2018 r.

MOTYWACJA



- **modyfikacja geometrii miasta,**
- **stosowanie jasnych powierzchni,**
- minimalizacja strat energii,
- wprowadzanie elementów zrównoważony transport,
- **stosowanie powierzchni przepuszczalnych,**
- **kształtowanie terenów zieleni**



Ryc. 2.1. Człowiek i środowisko atmosferyczne
Fig. 2.1. Man in the atmospheric environment
Źródło / Source: WMO - No 892.

HIPOTEZA:

Istnieją zależności pomiędzy stężeniem zanieczyszczeń powietrza a wielkością wskaźników bioklimatycznych.

Cele:

Ocena warunków aerosanitarnych i biotopoklimatycznych w Legnicy

- poznanie struktury czasowej zanieczyszczeń i warunków bioklimatycznych
- określenie zmienności warunków aerosanitarnych i bioklimatycznych

Ocena możliwości zastosowania wskaźników bioklimatycznych do analizy warunków aerosanitarnych.

- ocena zależności zanieczyszczeń gazowych i pyłowych pomiędzy warunkami bioklimatycznymi

LOKALIZACJA TERENU BADAŃ

województwo: dolnośląskie miasto: Legnica

Legnica przynależy do IV regionu bioklimatycznego (Centralny).
Centralny region bioklimatyczny charakteryzuje się średnią temperaturą o godz. 12:00 czasu uniwersalnego (UTC)

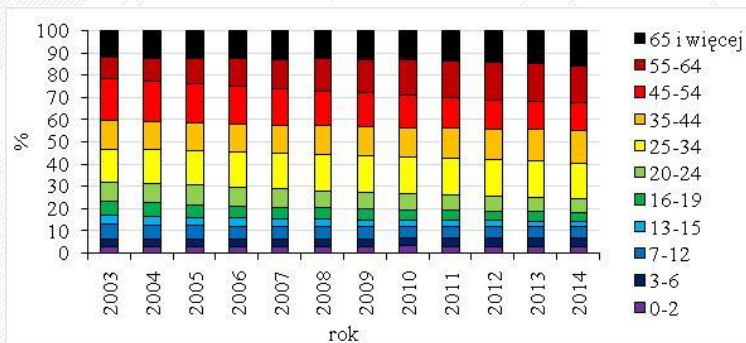
lecie = 21,3°C

zimą = 1,9°C

[Błażejczyk, Matzarkis 2007]

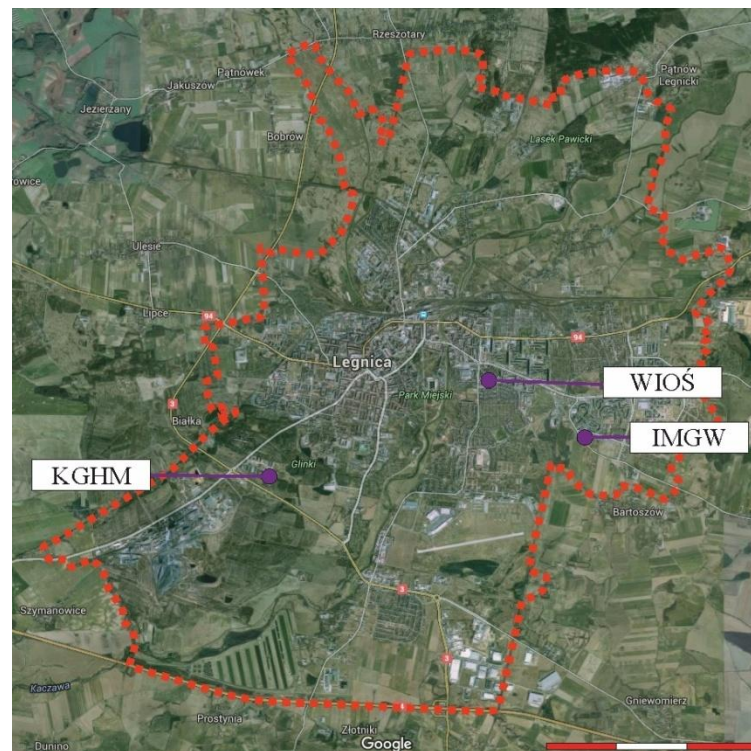


↑ Źródło: http://www.zgapa.pl/zgapedia/data_pictures/_uploads_wiki_mini_300x00/l/Legnica_Mapa.PNG



Struktura wiekowa mieszkańców Legnicy w lata 2003-2014 [na podst. GUS]

Miasto	Powierzchnia	Ludność ogółem	Ludność	Ludność w wieku poprodukcyjnym
	km ²	tys.	na 1 km ²	%
Legnica	56	101,3	1 800	20,5
Jelenia Góra	109	81,4	745	24,1
Wałbrzych	85	116,7	1 378	22,7



Źródło: opracowanie własne na podst. <https://www.google.pl/maps>

MATERIAŁY/DANE WYJŚCIOWE

ZANIECZSZCZENIA POWIETRZA

- dane imisyjne **KGHM** Kombinat Górniczo-Hutniczy Miedzi
 - ul. Złotoryjska (2005-2010)
 - **SO₂; NO₂; CO; PM₁₀**; Pb
 - ul. Porazińska (2011-2014)
 - **SO₂; CO; NO₂; NO_x; PM₁₀**; Pb; Cd(PM₁₀); As(PM₁₀)
- dane imisyjne **WIOŚ**
 - ul. Rzeczpospolita (2005-2014)
 - **CO; SO₂; NO_x; NO; NO₂; O₃**;

ELEMENTÓW METEOROLOGICZNYCH

- dane **WIOŚ**
 - ul. Rzeczpospolita (2005-2014)
 - p, v, kierunek wiatru, RAD, Rh, T.
- dane **IMGW**
 - ul. Bartoszowicka (2005-2014)
 - P, p, T, Rh, v,

MATERIAŁY KARTOGRAFICZNE

- mapa topograficzna
- mapa hydrologiczna
- Mapy sozologiczne
- ortofotomapa
- Inne np. mapa wysokości budynków,

DANE METEOROLOGICZNE

BIOKLIMA 2.6. [Błażejczyk, Błażejczyk 1988]

TE – Temperatura efektywna

TRE - Temperatura Radiacyjno Efektywna

MENEX_2005 – kompleksowy model wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem

STI - Temperatura odczuwalna

PST – Temperatura odczuwalna termofizjologicznie

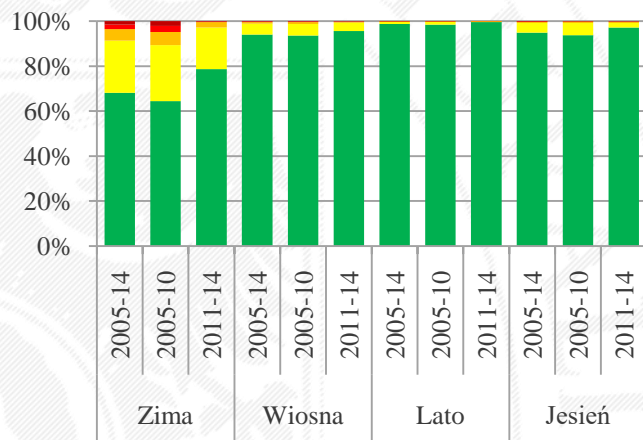
UTCI – Uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych

PSh – Stres termofizjologiczny

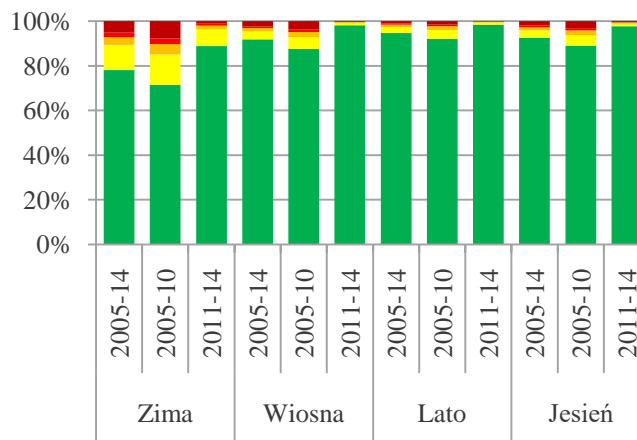
[Błażejczyk, Kunert 2011]

PRYKŁADOWE WYNIKI

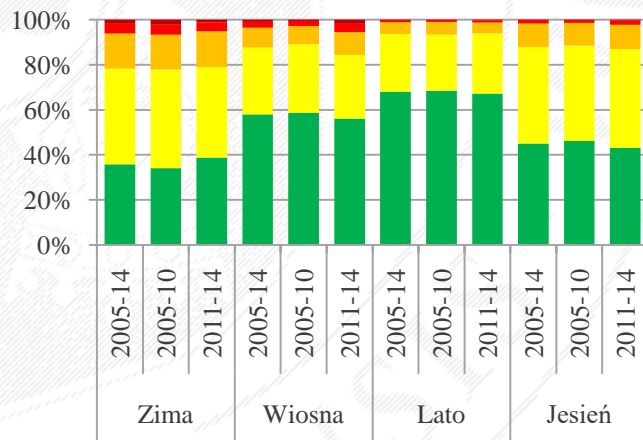
WIOŚ - SO₂



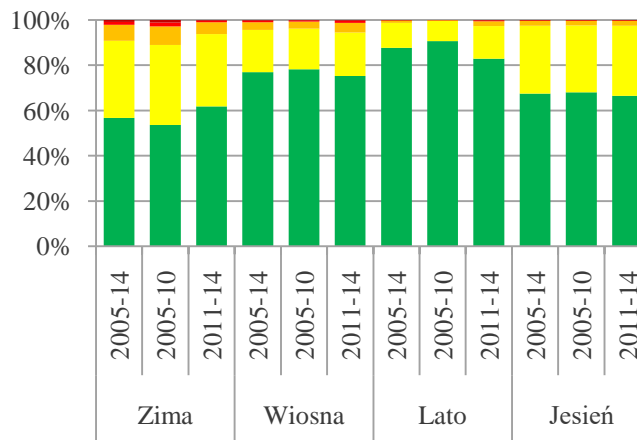
KGHM - SO₂



WIOŚ - NO₂



KGHM - NO₂



Rzeczpospolita

2005-2014

Złotoryjska

2005-2010

Porazińska

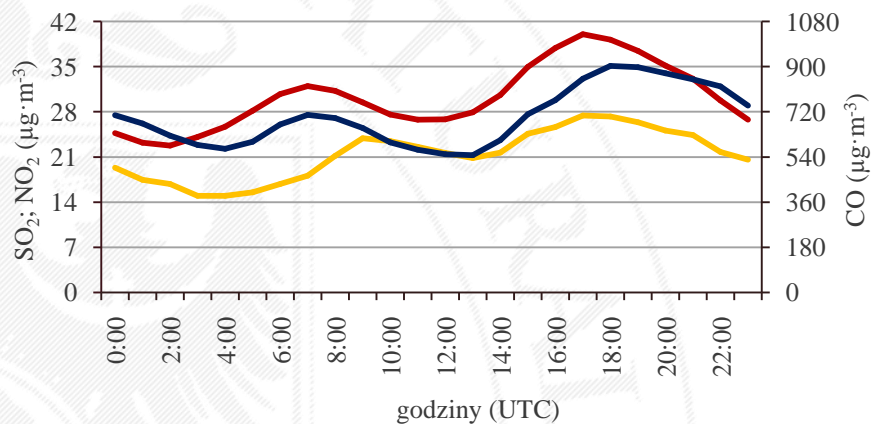
2011-2014

Stężenia $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

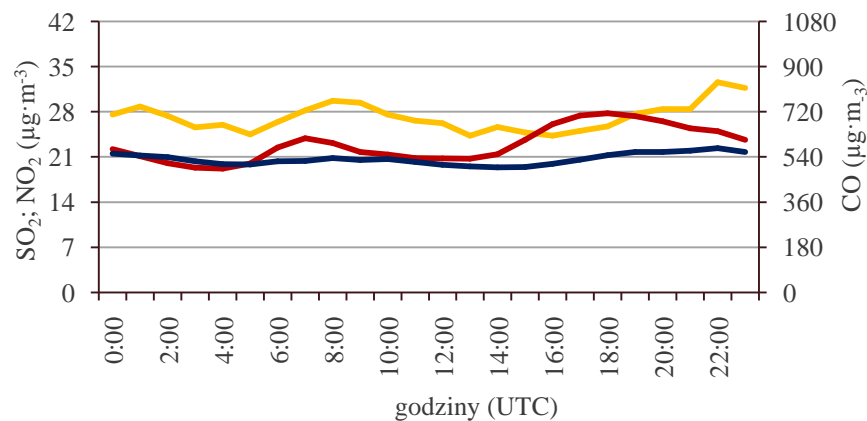
- >80
- 61-80
- 41-60
- 21-40
- 0-20

Częstości występowania poziomu godzinnych stężeń wybranych zanieczyszczeń gazowych, dla rozpatrywanych punktów pomiarowych, w badanym wieloleciu

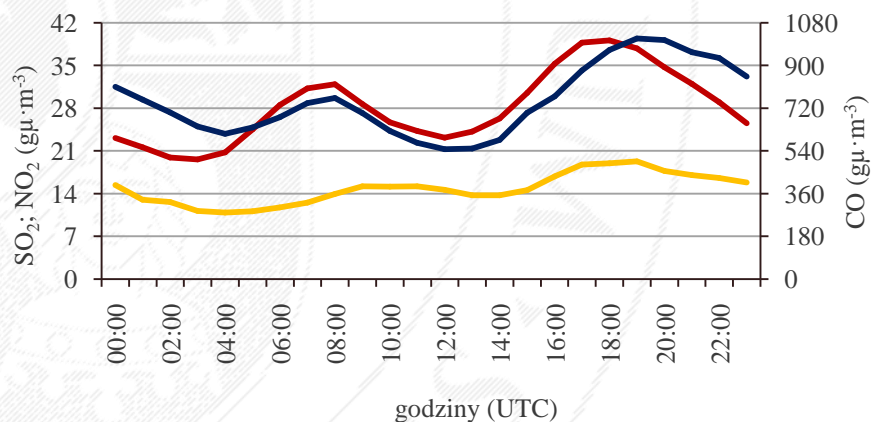
Rzeczpospolita zima 2005-2010



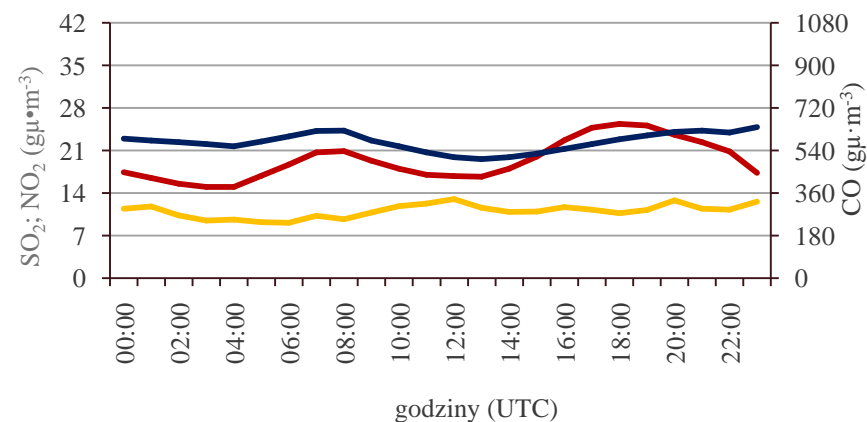
Złotoryjska zima 2005-2010



Rzeczpospolita zima 2011-2014

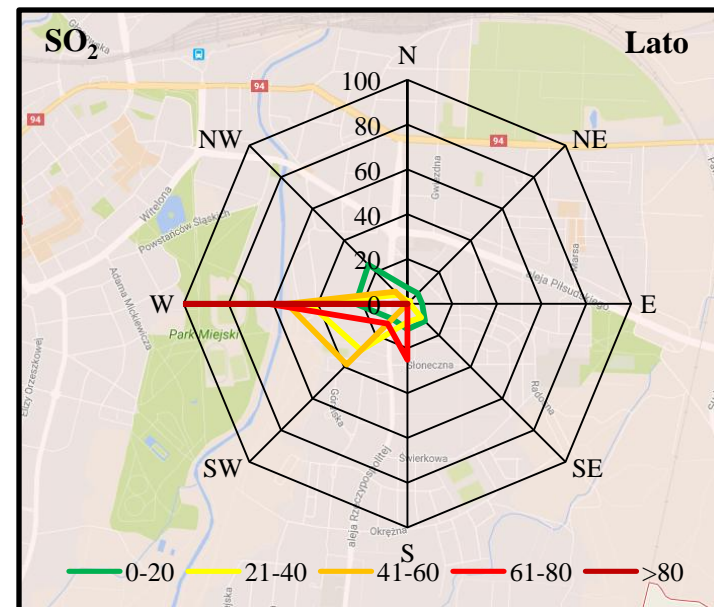
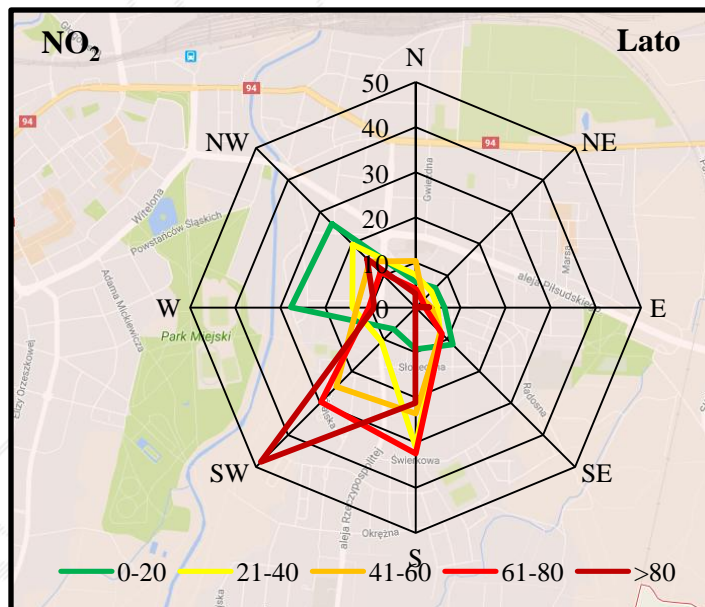
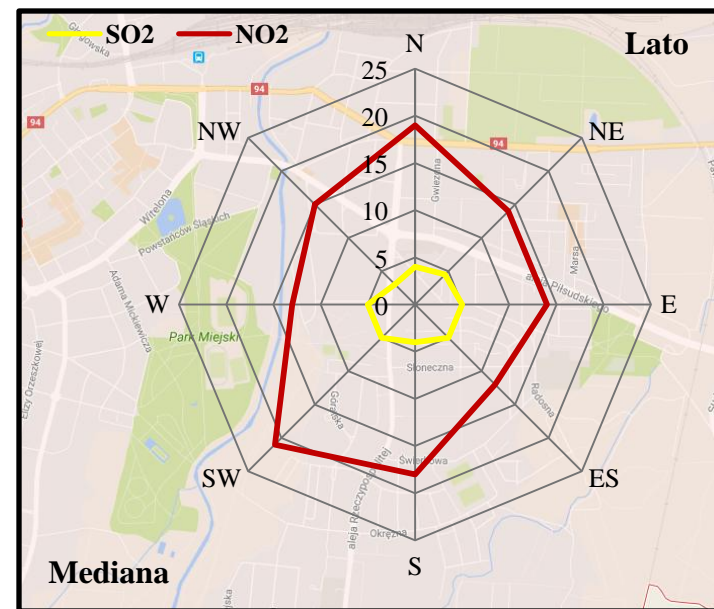
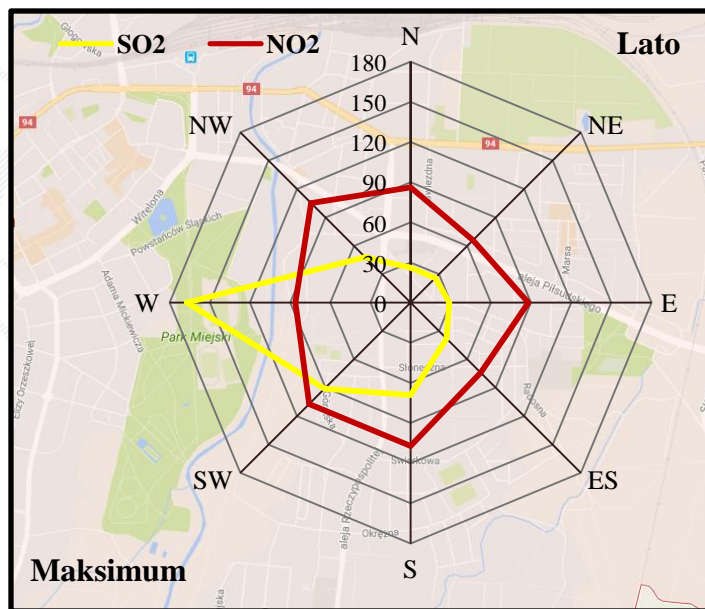
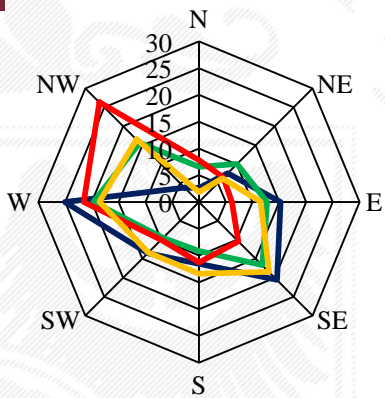


Porazińska zima 2011-2014



— SO2 — NO2 — CO

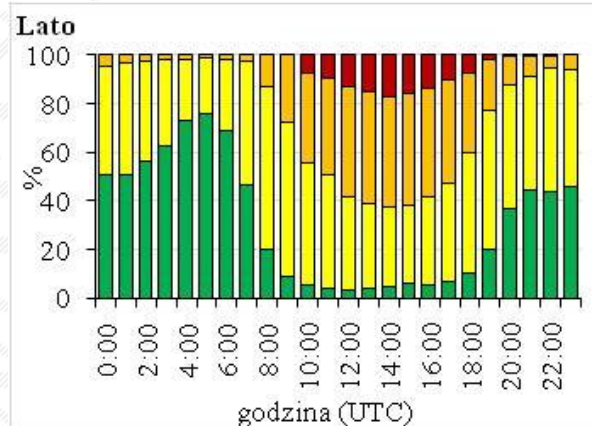
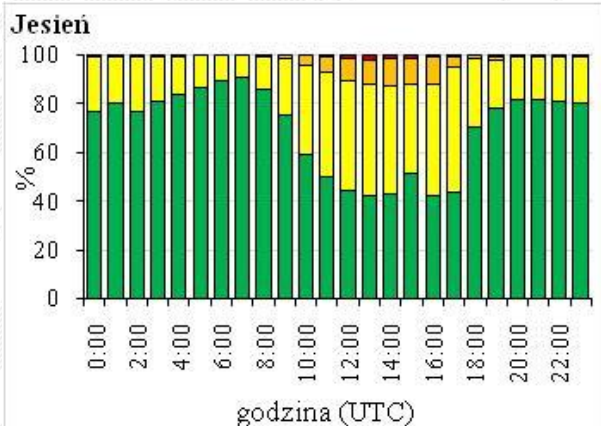
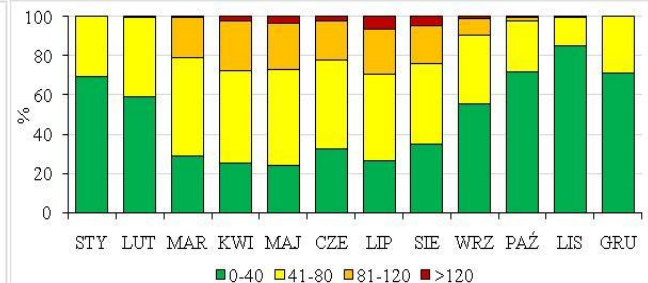
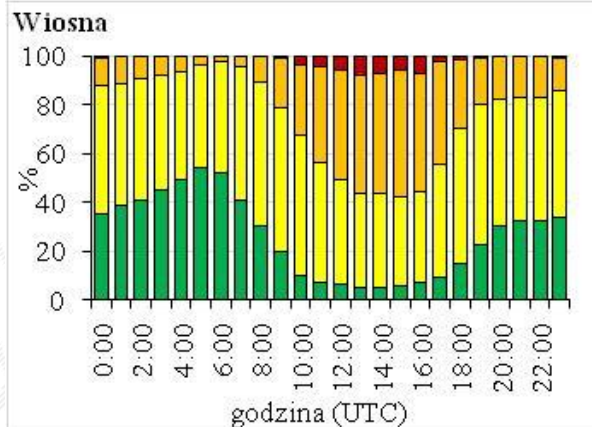
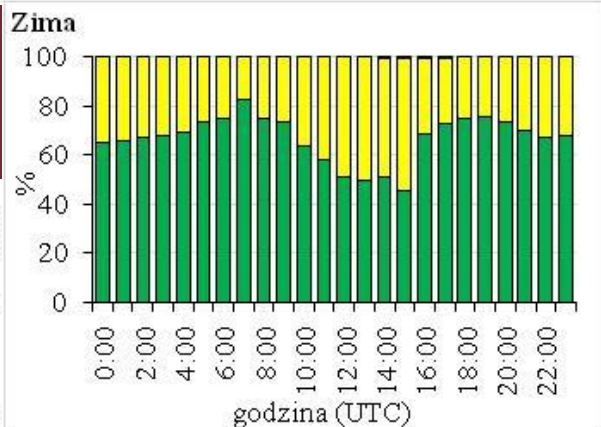
Dobowy rozkład poziomu zanieczyszczeń gazowych, dla wybranych pór roku analizowanego wielolecia, 2005-2014



— ZIMA — WIOSNA
— LATO — JESIEN

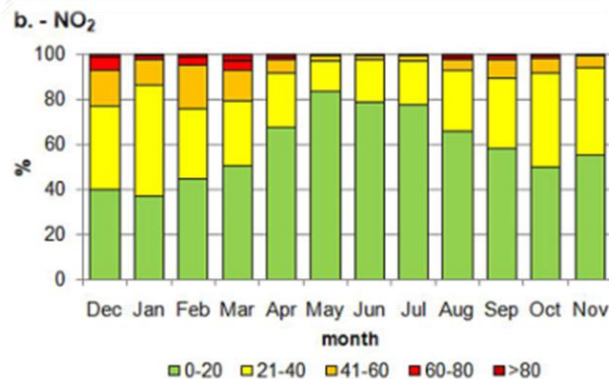
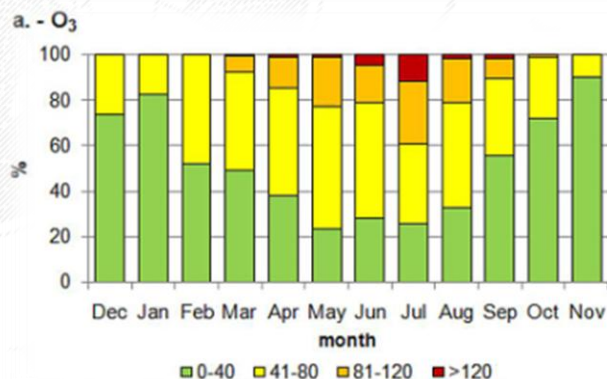
**Częstość kierunków
wiatrów dla
poszczególnych pór roku**

Przykładowe róże zanieczyszczeń, dla okresu letniego (czerwiec-lipiec)



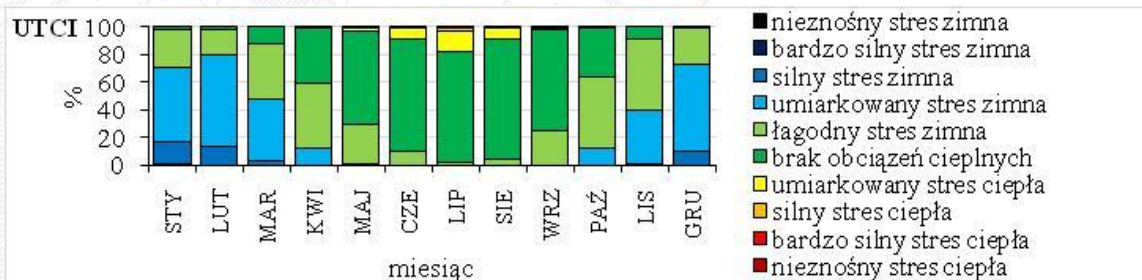
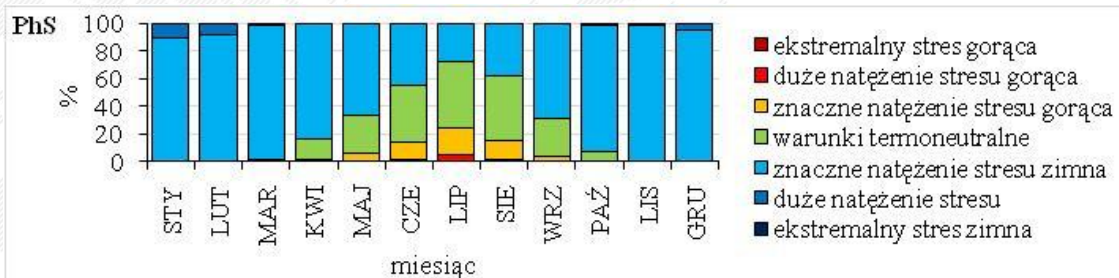
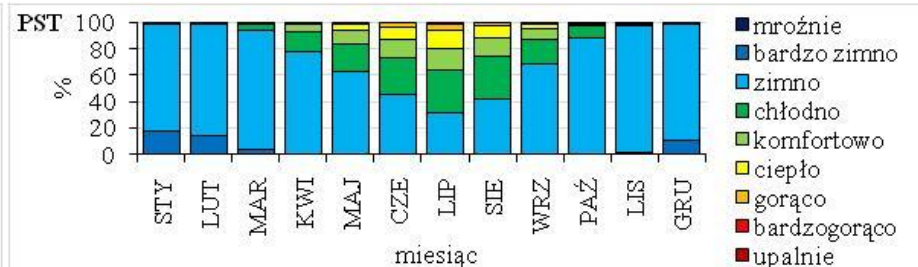
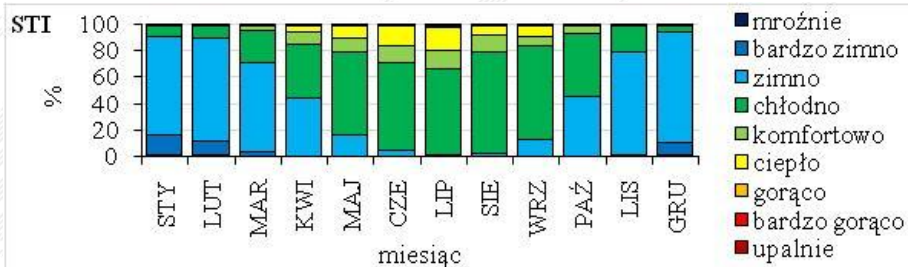
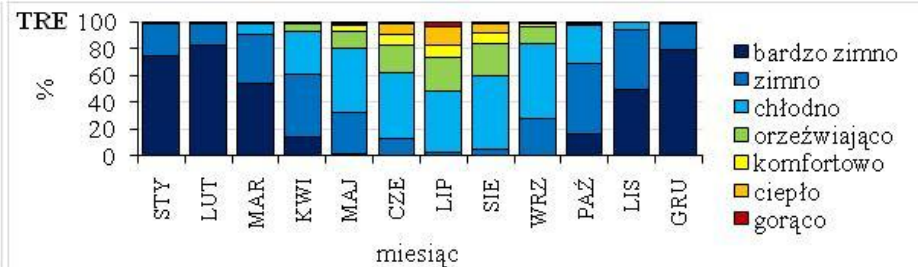
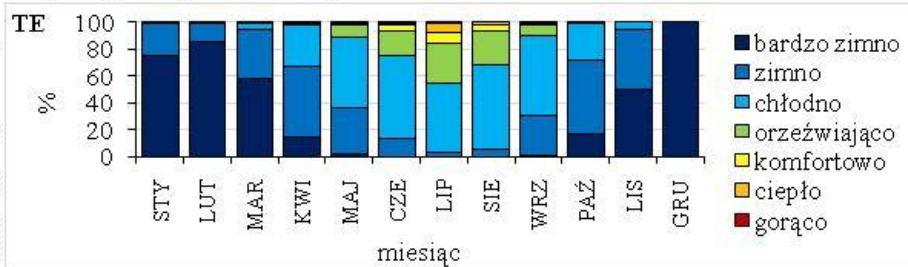
↑ Częstości występowania godzinnych poziomów stężeń O_3 dla rozpatrywanych miesięcy, w wieloleciu 2010-2014 r.

← Częstości występowania stężeń O_3 w poszczególnych godzinach poszczególnych pór roku, w latach 2005-2014 r.



Częstości występowania godzinnych poziomów stężeń O_3 i NO_2 dla rozpatrywanych miesięcy, w 2014 r.

(Sobolewski, Kalbarczyk 2018)

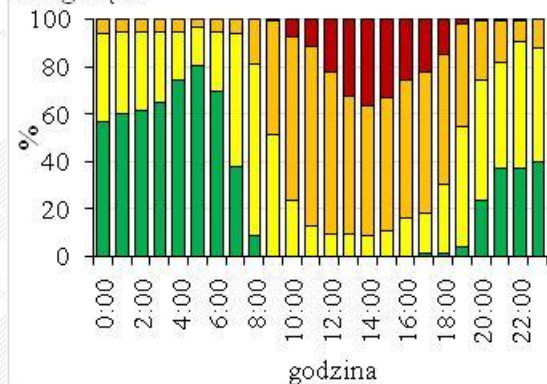


Częstości występowania odczuć cieplnych w poszczególnych miesiącach roku na podstawie analizowanych wskaźników biometeorologicznych, w latach 2005-2014 r.

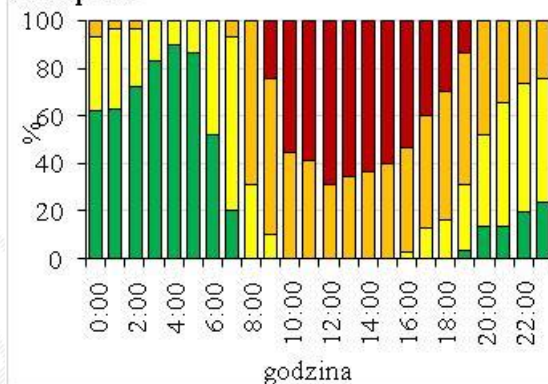
Maksymalne wartości stężeń O₃ latem, w poszczególnych godzinach wraz z towarzyszącymi w latach 2005-2014

Godzina (UTC)	max μg·m ⁻³	RAD W·m ⁻²	Ta °C	Rh %	v m·s ⁻¹	TE °C	TRE °C	STI °C	PST °C	PhS -	UTCI °C
00:00	108	0	17,9	60	0,7	12,8	12,8	8,4	1,6	1,32	15,5
01:00	109	0	18,5	58	1,4	13,7	13,7	9,5	2,8	1,36	14,4
02:00	106	0	17,5	62	1,4	14,2	14,2	11,3	3,4	1,49	13,4
03:00	107	0	18,5	85	1,4	14,4	14,4	11,3	3,7	1,52	15,9
04:00	105	0	23,2	60	1,4	14,8	14,8	9,6	4,0	0,90	20,2
05:00	106	20	25,2	54	1,4	18,4	18,4	15,3	9,1	0,67	22,5
06:00	96	228	25,2	51	1,4	18,6	18,6	15,8	10,3	0,65	26,3
07:00	96	313	24,3	43	1,4	19,6	19,6	16,7	11,7	0,70	22,8
08:00	117	693	30,2	33	1,4	19,9	19,9	17,2	12,1	0,18	33,0
09:00	133	468	30	37	0,7	19,8	19,9	16,8	12,5	0,19	30,7
10:00	160	469	31,6	35	0,0	20,3	20,4	18,8	14,8	0,09	32,1
11:00	172	242	33,5	27	0,7	18,9	20,8	25,0	18,7	0,00	32,5
12:00	173	179	34,3	22	0,7	24,2	24,4	24,6	20,5	-0,02	32,6
13:00	166	133	33,8	25	1,4	25,3	25,4	27,7	21,9	-0,01	31,7
14:00	163	106	32,1	27	1,4	24,9	25,5	26,3	22,8	0,06	29,6
15:00	157	106	31,1	28	0,7	25,4	25,7	25,8	23,5	0,11	28,9
16:00	159	52	32,4	26	0,7	24,6	25,1	26,5	23,6	0,04	29,9
17:00	160	37	30	34	0,7	26,2	26,9	28,4	24,9	0,18	27,6
18:00	148	30	30,5	43	0,7	26,5	27,5	30,1	27,5	0,15	29,1
19:00	134	7	23,3	59	0,7	20,2	21,5	35,7	28,3	0,82	21,5
20:00	121	0	23	66	0,7	26,4	27,7	33,0	28,4	0,88	21,6
21:00	125	0	22,8	64	0,7	24,4	26,9	37,8	30,5	0,89	21,2
22:00	123	0	21,1	76	0,7	26,0	28,5	39,9	33,0	1,10	20,1
23:00	115	0	18,8	78	1,4	23,7	27,5	50,1	38,5	1,45	15,9

Dni gorące

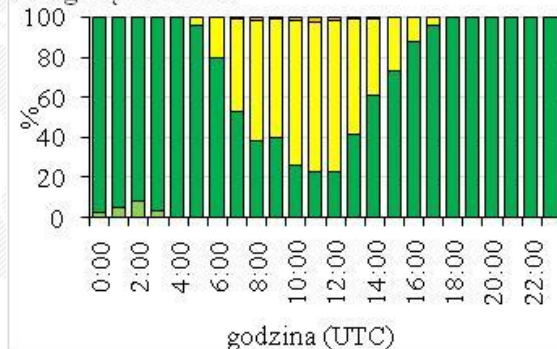


Dni upalne

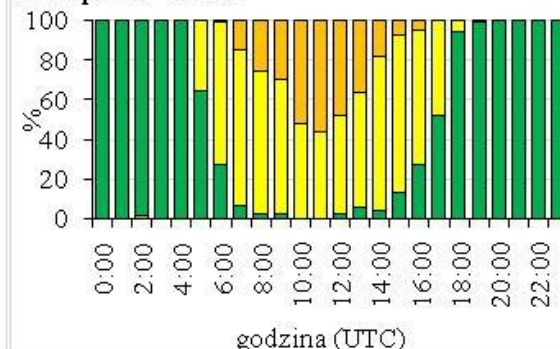


← Częstości występowania godzinnych poziomów stężeń O_3 w poszczególnych godzinach latem (czerwiec-sierpień) w latach 2010-2014 r., podczas dni gorących ($>25^{\circ}C$) oraz dni upalnych ($>30^{\circ}C$)

Dni gorące - UTCI



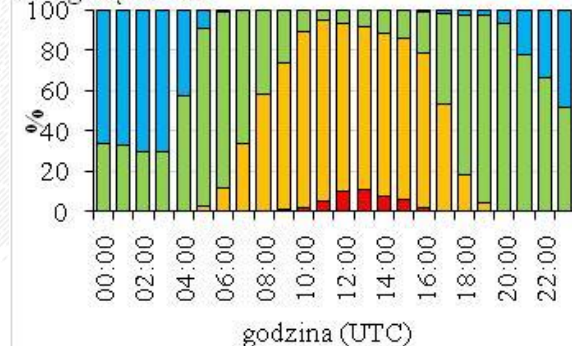
Dni upalne - UTCI



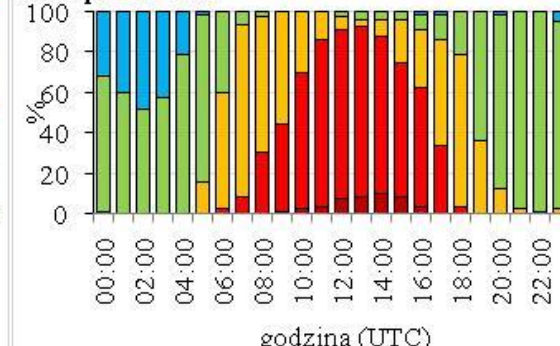
UTCI

- nieznosny stres zimna
- bardzo silny stres zimna
- silny stres zimna
- umiarkowany stres zimna
- łagodny stres zimna
- brak obciążeń cieplnych
- umiarkowany stres ciepła
- silny stres ciepła
- bardzo silny stres ciepła
- nieznosny stres ciepła

Dni gorące - PhS



Dni upalne - PhS

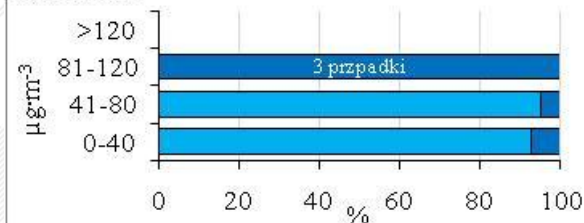


PhS

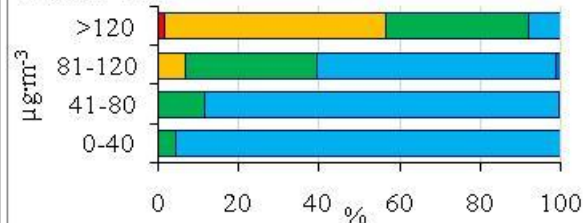
- ekstremalny stres gorąca
- duże natężenie stresu gorąca
- znaczne natężenie stresu gorąca
- warunki termoneutralne
- znaczne natężenie stresu zimna
- duże natężenie stresu
- ekstremalny stres zimna

← Częstości występowania odczuć ciepłych latem (czerwiec-sierpień) na podstawie wskaźnika UTCI oraz PhS w latach 2005-2014 r., podczas dni gorących ($>25^{\circ}C$) oraz dni upalnych ($>30^{\circ}C$)

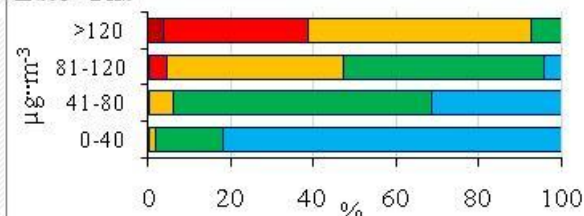
Zima - PhS



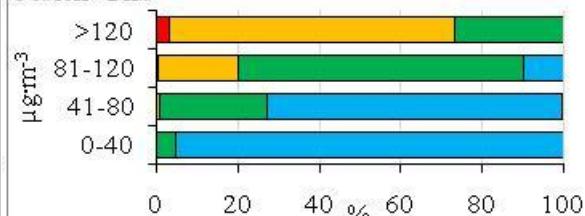
Wiosna - PhS



Lato - PhS

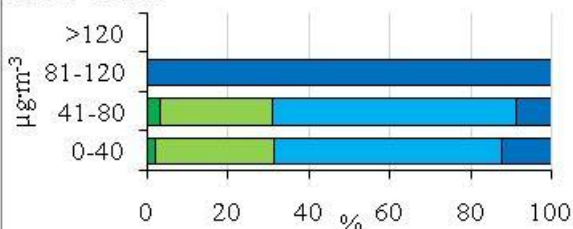


Jesień - PhS

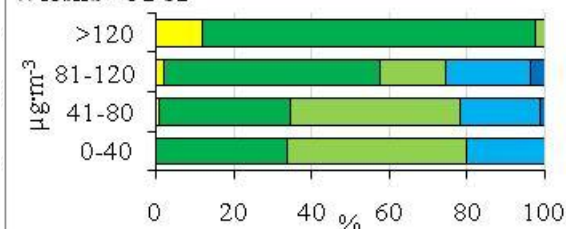


Częstości występowania odczuć ciepłych w poszczególnych zakresach poziomów zanieczyszczeń O₃ na podstawie wskaźnika PhS, w latach 2005-2014 r., w poszczególnych porach roku.

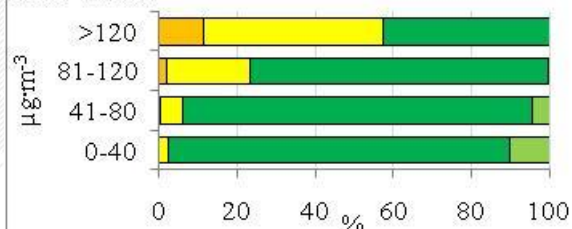
Zima - UTCI



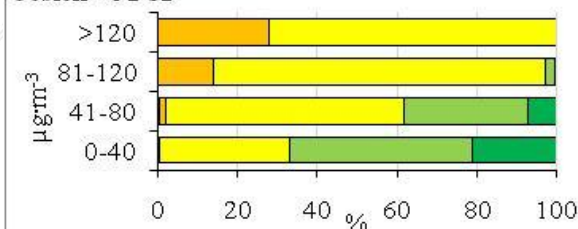
Wiosna - UTCI



Lato - UTCI



Jesień - UTCI



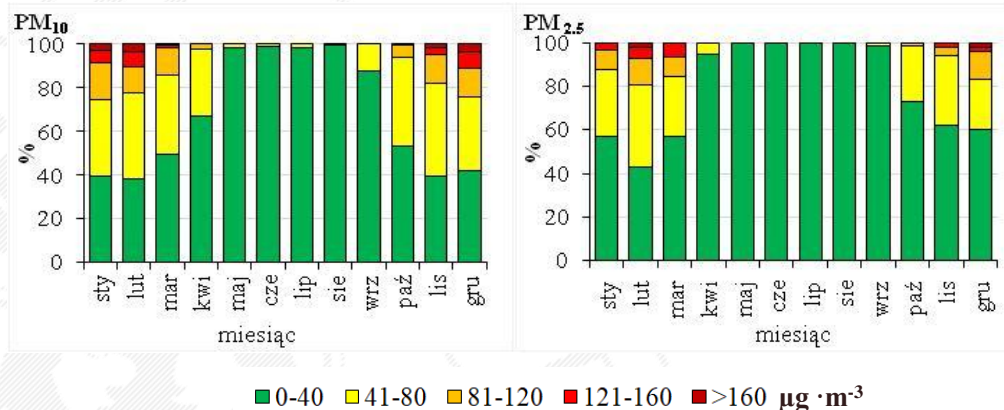
Częstości występowania odczuć ciepłych w poszczególnych zakresach poziomów zanieczyszczeń O₃ na podstawie wskaźnika UTCI, w latach 2005-2014 r., w poszczególnych porach roku.

Statystyki opisowe wartosci dobowych stężeń pyłów PM₁₀ i PM w porach roku poszczególnych lat, badanego wielolecia 2008-2010.

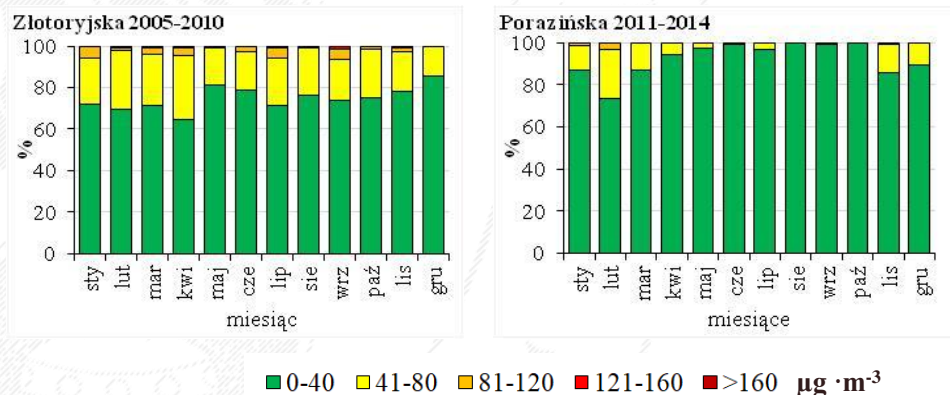
rok	pora roku	PM ₁₀ [μg·m ⁻³]						pora roku	PM _{2,5} [μg·m ⁻³]					
		N	Q ₁	Me	Q ₃	D90	max		N	Q ₁	Me	Q ₃	D90	max
2008	Zima	56	22,6	37,1	52,3	71,6	129,7	Zima	-	-	-	-	-	-
	Wiosna	92	20,1	26,7	35,0	44,3	85,0	Wiosna	-	-	-	-	-	-
	Lato	92	16,8	22,4	26,5	31,1	49,9	Lato	-	-	-	-	-	-
	Jesień	90	22,5	31,1	53,1	74,0	139,6	Jesień	-	-	-	-	-	-
2009	Zima	90	39,2	57,5	75,4	122,3	338,0	Zima	-	-	-	-	-	-
	Wiosna	92	23,5	30,8	40,9	70,7	97,0	Wiosna	-	-	-	-	-	-
	Lato	92	17,8	21,7	15,6	32,6	40,0	Lato	-	-	-	-	-	-
	Jesień	91	21,6	33,3	54,3	71,9	156,0	Jesień	-	-	-	-	-	-
2010	Zima	74	45,8	77,3	114,9	141,9	274,0	Zima	28	33,5	56,0	78,3	116,3	181,0
	Wiosna	92	21,0	28,9	44,1	56,0	108,0	Wiosna	92	15,0	20,5	30,0	43,0	88,0
	Lato	80	17,8	24,0	29,0	35,0	44,0	Lato	80	17,8	24,0	29,0	35,0	31,0
	Jesień	90	18,3	33,0	49,0	74,2	109,0	Jesień	90	13,0	24,5	38,8	57,2	89,0
2011	Zima	89	15,8	39,0	72,0	109,0	199,0	Zima	90	26,5	48,5	86,5	122,0	218,0
	Wiosna	88	25,0	33,5	50,3	68,8	165,0	Wiosna	92	15,0	21,0	35,0	51,9	120,0
	Lato	86	11,0	18,0	24,0	27,0	33,0	Lato	85	5,0	11,0	15,0	17,0	22,0
	Jesień	91	15,0	42,0	73,5	99,0	204,0	Jesień	90	13,0	26,0	56,0	72,2	149,0
2012	Zima	91	20,0	45,0	90,0	132,0	250,0	Zima	91	11,0	18,0	41,0	83,0	188,0
	Wiosna	92	20,0	26,0	39,3	55,9	101,0	Wiosna	92	11,0	17,0	26,0	39,9	70,0
	Lato	86	15,3	17,0	22,0	29,0	38,0	Lato	71	5,0	11,0	15,5	18,0	24,0
	Jesień	91	19,5	29,0	49,0	78,0	131,0	Jesień	77	11,0	20,0	33,0	48,4	111,0
2013	Zima	87	24,5	53,0	81,5	121,4	178,0	Zima	76	24,0	49,5	71,0	91,0	137,0
	Wiosna	86	18,0	34,5	46,0	56,5	107,0	Wiosna	92	15,0	26,0	37,3	46,0	88,0
	Lato	84	18,0	21,5	25,3	31,0	42,0	Lato	85	5,0	12,0	15,0	17,0	22,0
	Jesień	90	18,0	43,0	25,0	59,4	94,0	Jesień	91	11,0	16,0	29,0	39,0	68,0
2014	Zima	88	28,0	45,0	64,0	89,9	178,0	Zima	90	21,3	36,0	50,0	65,8	125,0
	Wiosna	81	17,0	25,0	51,0	79,0	143,0	Wiosna	84	11,0	17,0	36,0	54,0	103,0
	Lato	87	15,5	19,0	23,0	28,4	39,0	Lato	86	9,0	11,5	15,0	18,5	23,0
	Jesień	85	28,0	40,0	50,0	64,6	91,0	Jesień	85	19,0	29,0	37,0	51,6	61,0

Zależność pomiędzy O_3 i zmiennymi w poszczególnych godzinach okresu letniego (czerwiec-lipiec)

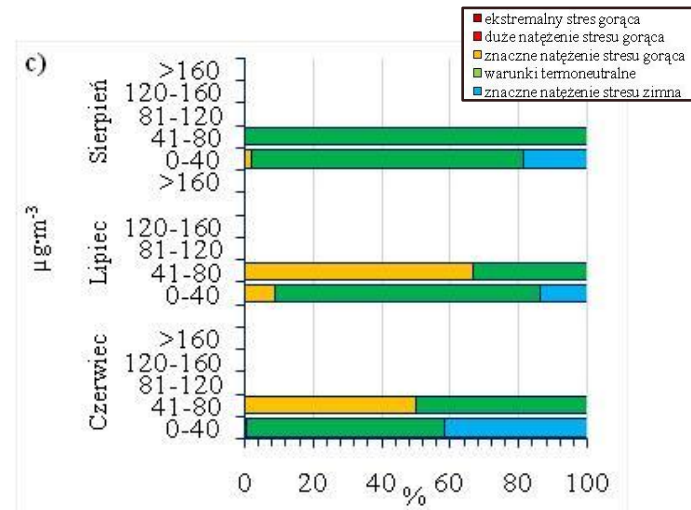
	RAD		Ta		Rh		v		NO ₂ Log		TE		TRE		STI		PST		PhS		UTCI	
	W·m ⁻³		°C		%		m·s ⁻¹		°C		°C		°C		°C		°C		-		°C	
	r	N*	r	N*	r	N*	r	N*	r	N*	r	N*	r	N*	r	N*	r	N*	r	N*	r	N
00:00	-	-	0,42	317	-0,41	317	0,53	317	-0,76	166	0,19	317	0,19	317	0,35	317	0,28	317	-0,31	317	0,28	317
01:00	-	-	0,41	316	-0,49	316	0,54	315	-0,74	165	0,18	315	0,18	315	0,33	315	0,27	315	-0,29	315	0,26	315
02:00	-	-	0,42	319	-0,51	319	0,59	317	-0,75	166	0,17	317	0,17	317	0,35	317	0,28	317	-0,29	317	0,29	315
03:00	n.s.	317	0,44	317	-0,53	317	0,62	316	-0,75	167	0,16	316	0,16	316	0,35	316	0,28	316	-0,29	316	0,26	316
04:00	n.s.	318	0,31	314	-0,45	314	0,61	313	-0,67	168	n.s.	313	n.s.	313	0,19	313	0,14	313	-0,19	313	-0,19	313
05:00	n.s.	316	0,18	316	-0,29	316	0,54	315	-0,61	168	n.s.	315	n.s.	315	n.s.	315	n.s.	315	n.s.	315	n.s.	315
06:00	n.s.	318	0,17	318	-0,18	318	0,46	317	-0,58	169	n.s.	317	n.s.	317	n.s.	317	n.s.	317	n.s.	317	n.s.	317
07:00	0,28	317	0,29	317	-0,27	317	0,39	316	-0,55	169	0,16	316	0,22	316	0,29	316	0,29	316	-0,25	316	0,26	316
08:00	0,46	319	0,56	319	-0,56	319	0,18	318	-0,49	171	0,47	318	0,54	318	0,53	318	0,58	318	-0,56	318	0,55	318
09:00	0,52	315	0,71	315	-0,61	315	0,14 ²	314	-0,52	167	0,61	314	0,66	314	0,63	314	0,69	314	-0,70	314	0,67	314
10:00	0,47	319	0,78	319	-0,63	319	n.s.	318	-0,54	166	0,71	318	0,73	318	0,63	318	0,71	318	-0,77	318	0,73	318
11:00	0,34	321	0,80	321	-0,67	321	n.s.	319	-0,54	166	0,74	319	0,74	319	0,58	319	0,68	319	-0,79	319	0,74	319
12:00	0,34	319	0,801	319	-0,63	319	n.s.	316	-0,57	168	0,75	316	0,75	316	0,59	319	0,69	316	-0,79	316	0,74	316
13:00	0,15	319	0,79	319	-0,59	319	n.s.	318	-0,46	170	0,76	318	0,75	318	0,59	318	0,69	318	-0,79	318	0,74	316
14:00	n.s.	323	0,76	323	-0,57	323	n.s.	321	-0,51	173	0,74	321	0,74	321	0,62	321	0,72	321	-0,77	321	0,73	321
15:00	n.s.	323	0,78	323	-0,57	323	n.s.	321	-0,53	173	0,74	321	0,74	321	0,68	321	0,74	321	-0,78	321	0,73	321
16:00	n.s.	322	0,78	322	-0,61	322	0,19	321	-0,51	171	0,72	321	0,71	321	0,68	321	0,73	321	-0,78	321	0,71	321
17:00	n.s.	323	0,75	323	-0,59	323	0,25	321	-0,61	171	0,67	321	0,67	321	0,65	321	0,69	321	-0,73	321	0,66	321
18:00	0,15	322	0,69	322	-0,54	322	0,23	321	-0,59	172	0,61	321	0,61	321	0,61	321	0,64	321	-0,68	321	0,61	321
19:00	0,25	322	0,61	322	-0,38	322	0,32	321	-0,61	174	0,49	321	0,502	321	0,57	321	0,56	321	-0,57	321	0,54	321
20:00	0,13	322	0,56	322	-0,32	322	0,48	321	-0,62	172	0,39	321	0,39	321	0,51	321	0,48	321	-0,48	321	0,48	321
21:00	-	-	0,48	319	-0,37	319	0,51	318	-0,61	170	0,27	318	0,27	318	0,41	318	0,36	318	-0,38	318	0,35	318
22:00	-	-	0,45	318	-0,39	318	0,46	316	-0,72	169	0,26	316	0,26	316	0,38	316	0,34	316	-0,37	316	0,33	316
23:00	-	-	0,43	320	-0,41	320	0,51	319	-0,75	169	0,22	319	0,22	319	0,36	319	0,305	319	-0,33	319	0,29	319



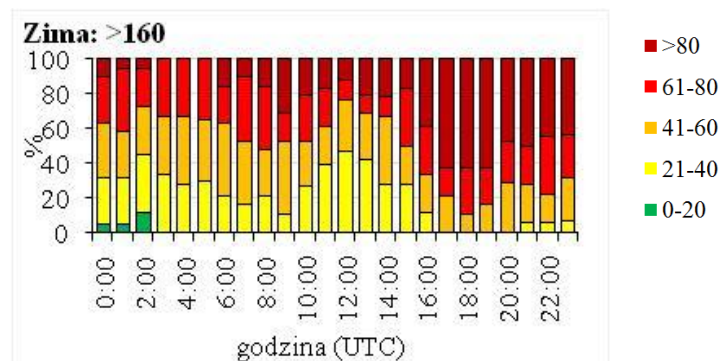
Częstości występowania zakresów zanieczyszczeń PM₁₀ i PM_{2.5} w poszczególnych miesiącach, w latach 2010-14 r. na stacji monitoringu jakości środowiska przy ul. Rzeczpospolitej



Częstości występowania zakresów zanieczyszczeń PM₁₀ w poszczególnych miesiącach, w latach 2005-10 r., przy ul. Złotoryjskiej oraz 2005-14 na stacji ul. Porazińskiej

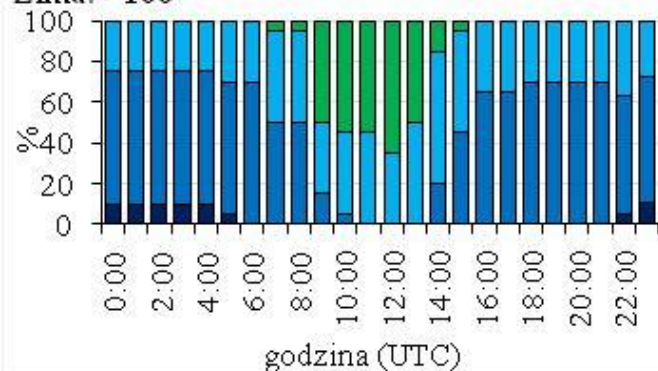


Częstości występowania średniej wartości PhS podczas ciepłych w poszczególnych przedziałach poziomów zanieczyszczeń PM₁₀ w miesiącach letnich na podstawie wskaźnika PhS, w latach 2008-2014 r.

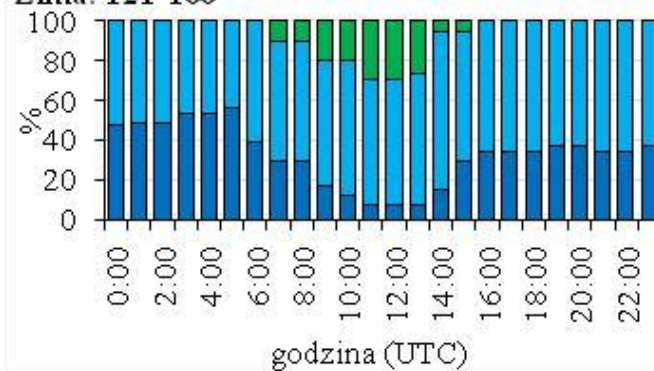


Częstości występowania godzinnych stężeń NO₂ zimą podczas dni o zanieczyszczaniu pyłami PM₁₀ powyżej 160 $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ w latach 2008-2014 r.

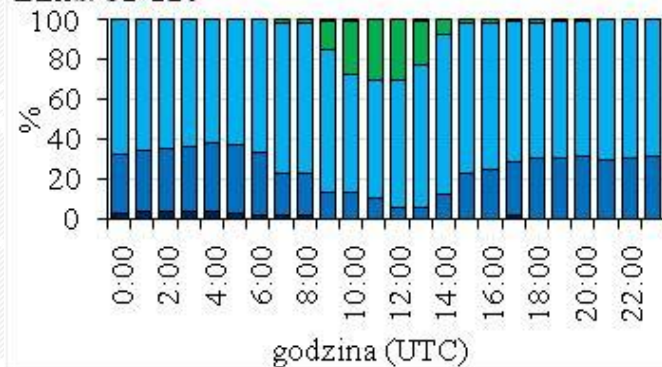
Zima: >160



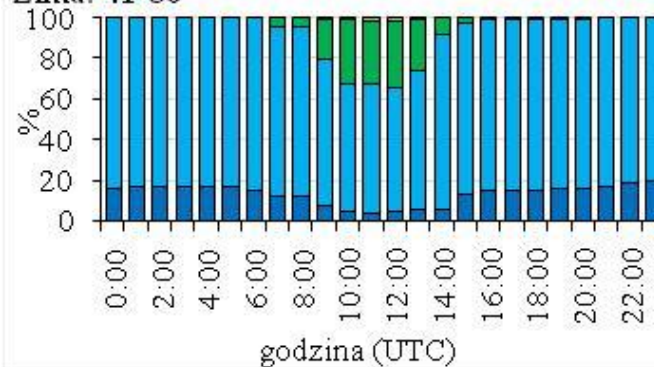
Zima: 121-160



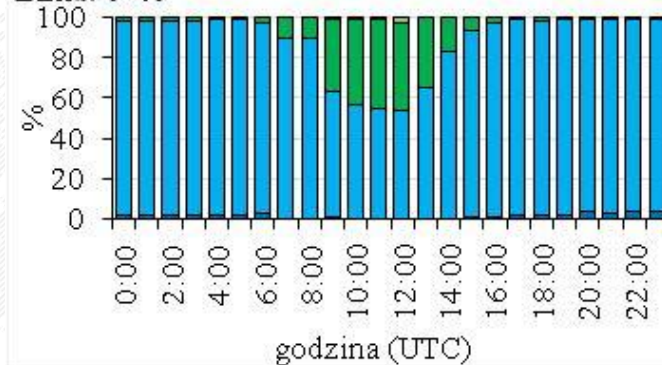
Zima: 81-120



Zima: 41-80



Zima: 0-40

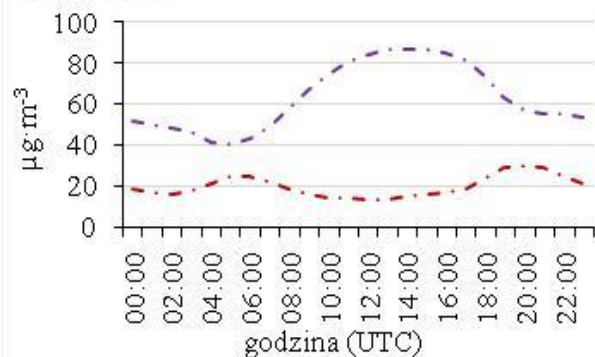


- mroźnie
- bardzo zimno
- zimno
- chłodno
- komfortowo
- ciepło
- gorąco
- bardzo gorąco
- upalnie

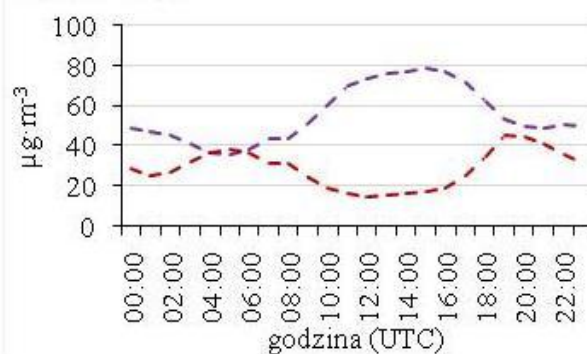
Częstości występowania odczuć cieplnych zimą na podstawie wskaźnika STI w poszczególnych godzinach, w dniach o różnym stopniu zanieczyszczeniu pyłami PM₁₀ w latach 2008-2014 r.

Dobowy przebieg średnich wartości stężeń O_3 i NO_2 wiosną, podczas dni o różnym stopniu zanieczyszczeniu pyłów PM_{10} w latach 2008-15

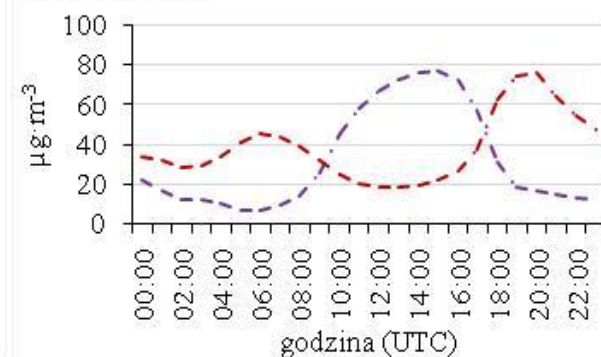
Wiosna: 0-40



Wiosna: 41-80



Wiosna: 81-120



Linia fioletowa - O_3 Linia czerwona - NO_2

Opublikowane prace z zakresu oceny warunków aerosanitarnych i bioklimatycznych Legnicy

Sobolewski R.K., 2018. Ocena jakości powietrza Legnicy (Polska, Dolny Śląsk) Na podstawie wybranych zanieczyszczeń gazowych i wskaźnika temperatury odczuwalnej. Acta Sci.Pol. Form. Cir., 17(1), 179-188

Sobolewski R.K., Kalbarczyk R., 2018. Assessment of Ground Ozone Level under the Physiological Strain Conditions. J. Ecol. Eng., 19(4), 207–216

Wnioski

- Udokumentowano współzależność pomiędzy niekorzystnymi warunkami biotermicznymi a areosanitarnymi w poszczególnych godzinach rozpatrywanego wielolecia 2005-2014 r.
- Niekorzystne warunki środowiskowe atmosferycznego oddziałują kompleksowo, czego przykładem jest podwyższona zawartość ozonu troposferycznego podczas występowania stresu termofizjologicznego.
- W działaniach adaptacyjnych ważny jest użytkownik oraz jego aktywność za dnia, co równoznaczne jest z częstością występowania poszczególnych odczuć cieplnych oraz podwyższonych stężeń gazowych i pyłowych w ciągu doby.
- Duże tereny zieleni mogą ograniczać rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w tkance po przez ich mechaniczne wychwytywanie, tworzenie barier, rozpraszanie, co potwierdzą wynik róży zanieczyszczeń.
- Niezbędne jest podejmowanie działań przez samorządy lokalne dotyczących ochrony klimatu lokalnego i jakości powietrza i poprawy komfortu życia na terenach miejskich.

BIBLIOGRAFIA

- Błażejczyk K., Kunert M. 2011: Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce. IGiPZ PAN, Warszawa
- Błażejczyk K., Matzarkis A., 2007, *Assessment of Bioclimatic differentiation of Poland, based on the human heat Balance*, Geographia Polonica, 80(1), 63-82
- Błażejczyk K., Błażejczyk M., 1988: Bioklima - w poszukiwaniu nowych narzędzi badania bioklimatu miast. Acta Universitatis Lodziensis Folia Geographica Physica, 3: 153-160,
- Chang C., Li M., Chang S., 2007. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. Landscape and Urban Planning 80: 386–395.
- Wentinga W., Yia R., Hengyua Z. 2012. Investigation on Temperature dropping effect of Urban Green Space in summer in Hangzhou. Energy Procedia 14: 217 – 222.
- Georgi N. J., Zafridias K., 2006: The impact of park trees on. Microclimate in urban area. Urban Ecosyst, vol. 9: s. 195-209.
- Sterling S., Matzarkis A., 2003: Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case of study. Jurnal of Arboculture: vol 26(6): s. 309-316.
- Ren Z., He X., Zhang D., Yu X., Shen G., Guo R., 2013. Estimation of the Relationship between Urban Park Characteristics and Park Cool Island Intensity by Remote Sensing Data and Field Measurement. Forests 4: 868-886.
- Jun L., Chun-die L., Young-chuan Y., Xin-hui Z., Ming J.. Quantitive evaluation of urban park cool island factors in mountain city.
- Shashua-Bar L., Pearlmutter D., E. Evyatar, 2009. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. Landscape and Urban Planning 92: 179–186.
- Wentinga, W. Yia R., Hengyua Z., 2012. Investigation on Temperature dropping effect of Urban Green Space in summer in Hangzhou *Energy Procedia* 14: 217 – 222
- Wang H., Wang X., Zhao P., Zheng H., Ren Y., Gao F., Ouyang Z., 2012. Transpiration rates of urban trees, *Aesculus chinensis*. Journal of Environmental Sciences 24(7): 1278–1287
- Zhanga Z., Lva Y., Pan H., 2013. Cooling and humidifying effect of plant communities in subtropical urban parks. Urban Forestry & Urban Greening 12: 323–329.
- Lee S., Lee K., Jin W., Song H., 2019. Cooling and humidifying effect of plant communities in subtropical urban parks. Effect of an urban park on air temperature differences in a central business district area. Landscape. Ecol. Eng. 5:183–191.
- Shahidana M.F., Shariff M. K.M. , Jonesb P. , Sallehc P., Abdulla M. P., 2010. A comparison of *Mesua ferrea* L. and *Hura crepitans* L. for shade creation and radiation modification in improving thermal comfort. Landscape and Urban Planning 97 (2010) 168–181.
- Jansson C., Jansson P., Gustawson D., 2007. Near Surface climate in an urban vegetated park and its surroundings. Theoretical and Applied Climatology 89, 185-193.
- Yan H., Wang., Peiyao H., Dong L., 2012. Study on microclimatic characteristics and human comfort of park plant communities in summer. Procedia Environmental Sciences 13: 755-765.

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



UNIwersytet
Przyrodniczy
we Wrocławiu



Instytut Architektury Krajobrazu
50-357 Wrocław
Ul. Grunwaldzka 55

tel. 609 667 805

robert.sobolewski.lubwaka@gmail.com