

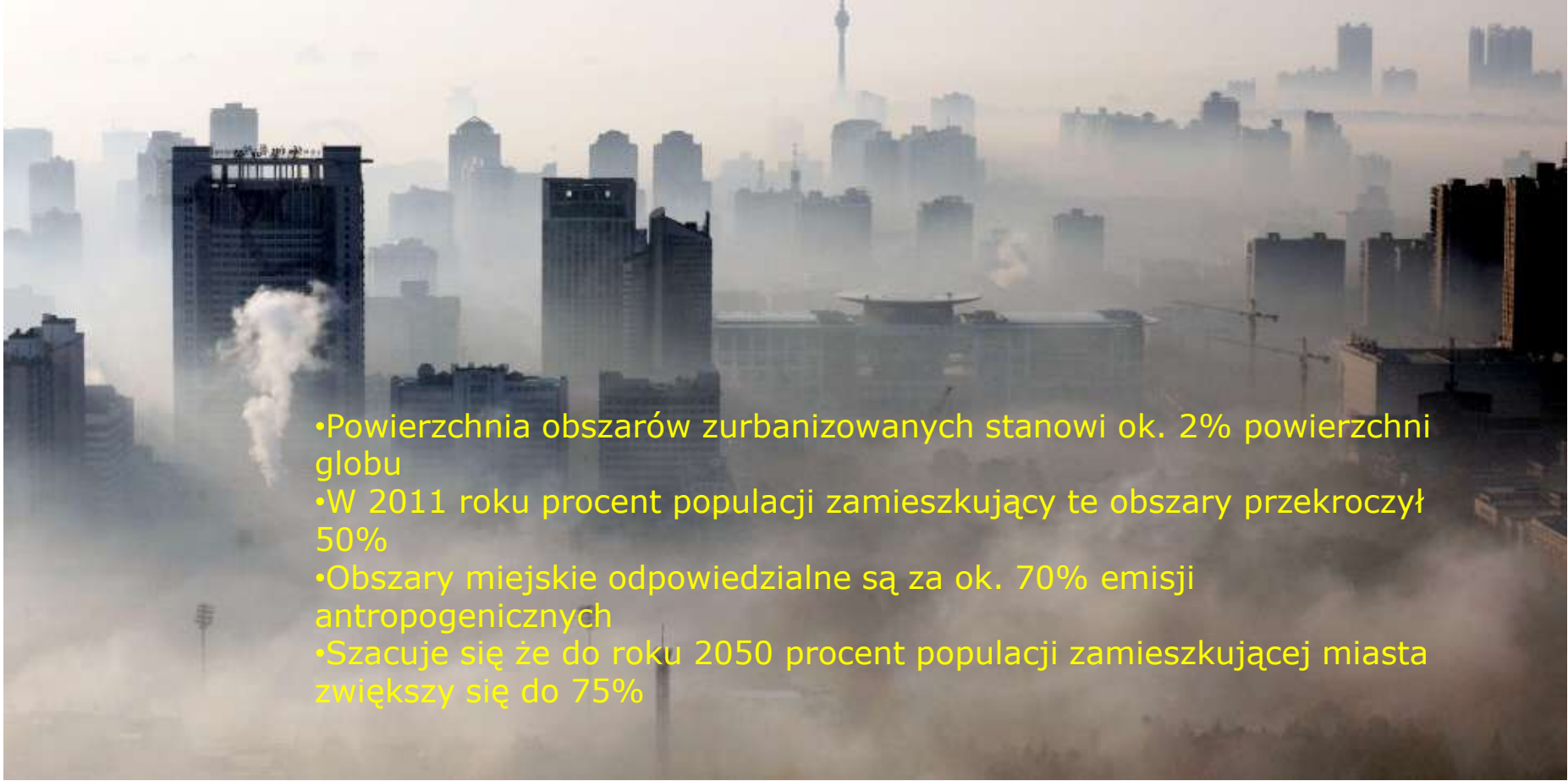
Czym oddychamy na co dzień – emisje i imisje wybranych gazów śladowych na terenie Krakowa

Mirosław Zimnoch

Plan prezentacji

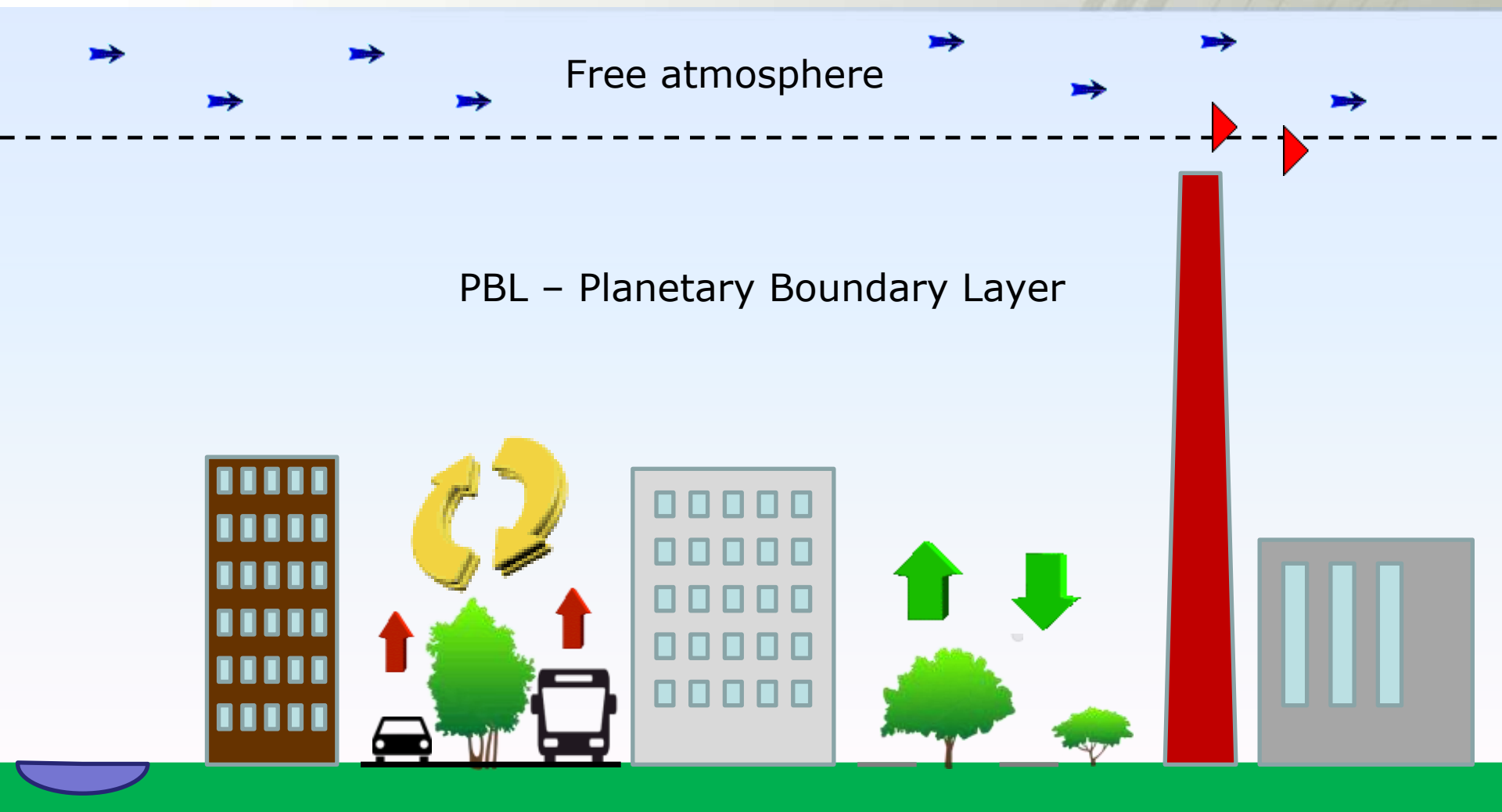
- Dlaczego badania w mieście?
 - Czynniki decydujące o składzie atmosfery
 - Dynamika atmosfery
 - Źródła gazów śladowych i zanieczyszczeń
- Oszacowania bilansu
- bottom-up
 - top-down
- Zastosowanie znaczników
 - Podziękowania
 - Finansowanie
 - Publikacje

Dlaczego obszar miejski?

- 
- Powierzchnia obszarów zurbanizowanych stanowi ok. 2% powierzchni globu
 - W 2011 roku procent populacji zamieszkujący te obszary przekroczył 50%
 - Obszary miejskie odpowiedzialne są za ok. 70% emisji antropogenicznych
 - Szacuje się że do roku 2050 procent populacji zamieszkującej miasta zwiększy się do 75%

Beijing

Obszar miejski - charakterystyka



meteo.ftj.agh.edu.pl

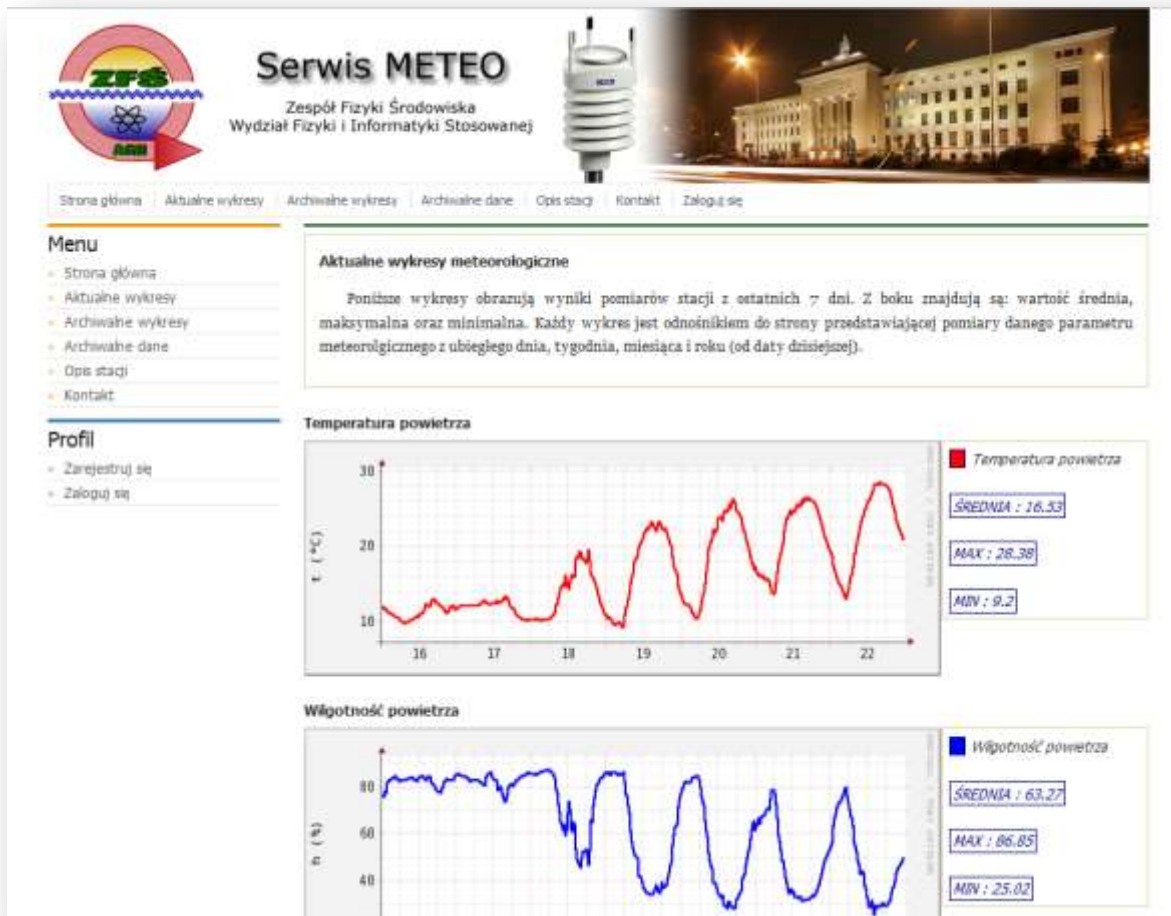
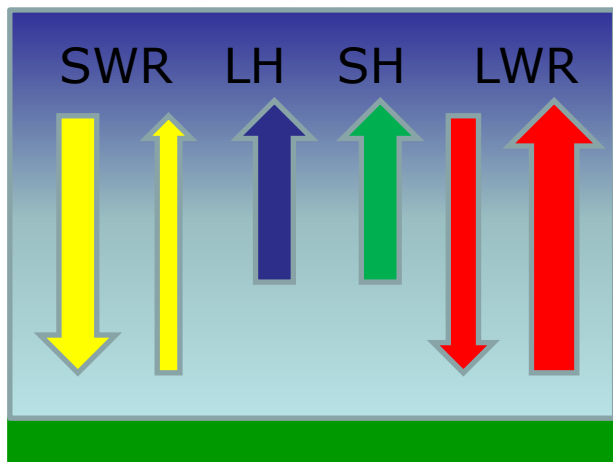


Table Name: Public

Current Record: 18311853

Record Date: 2014-05-23 08:32:44.18

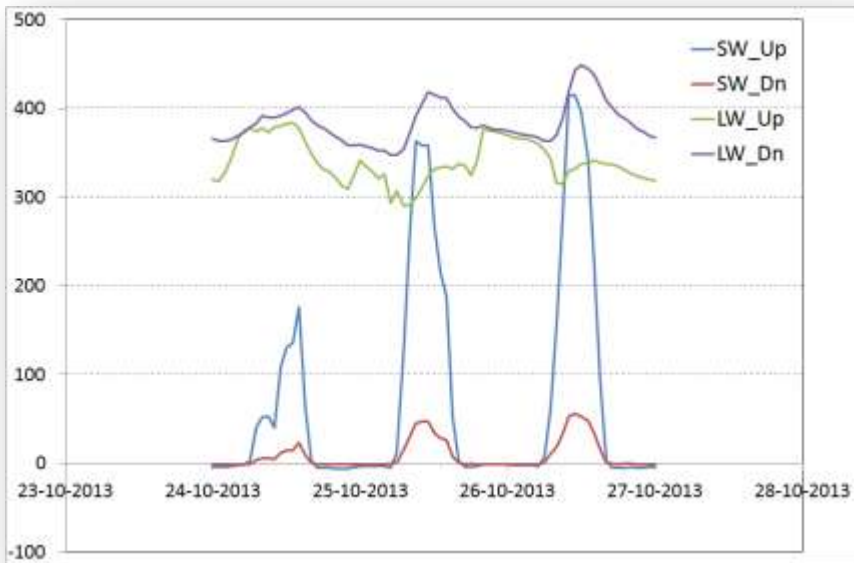


BattV	12.12631
PTemp_C	31.26329
Heat_ON	0
SR01Up	809.1718
SR01Dn	112.0592
IR01Up	-103.4581
IR01Dn	53.94433
NR01TC	26.7693
NR01TK	299.9193
NetRs	697.4791
NetRI	-157.4024
Albedo	0.1383992
UpTot	1164.833
DnTot	624.7566
NetTot	540.0767
IR01UpCo	355.318
IR01DnCo	512.7204
PAR	1420.794
Tsurf	35.22162
Tsky	8.207519

Promieniowanie krótkofalowe
285-3000nm (W/m^2)

Promieniowanie długofalowe
4,5-40 μ m (W/m^2)

Promieniowanie
fotosyntetycznie aktywne
(PAR) 410-655nm (μ mol/ m^2s)

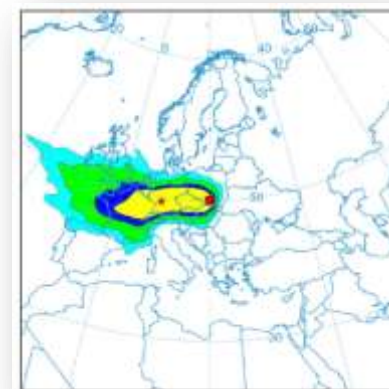


Strumień ciepła jawnego



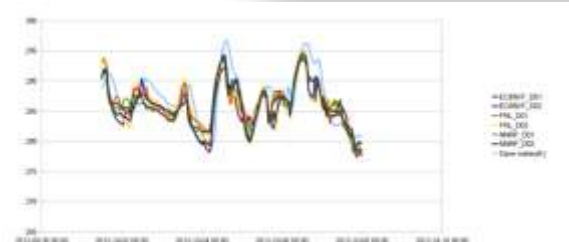
Praca inżynierska: Bogusław Włoch

1. Badanie kierunków napływu mas powietrza,
Model Hysplit, flexpart, stilt



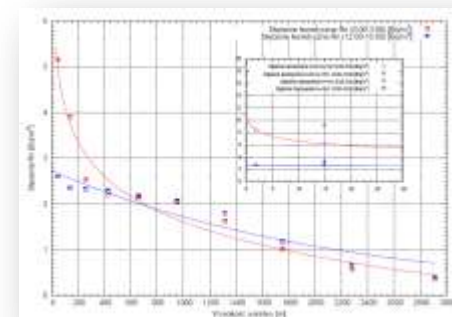
2. Modelowanie pól meteorologicznych
Model RegCM, WRF

Praca inżynierska: Krzysztof Majchrowicz

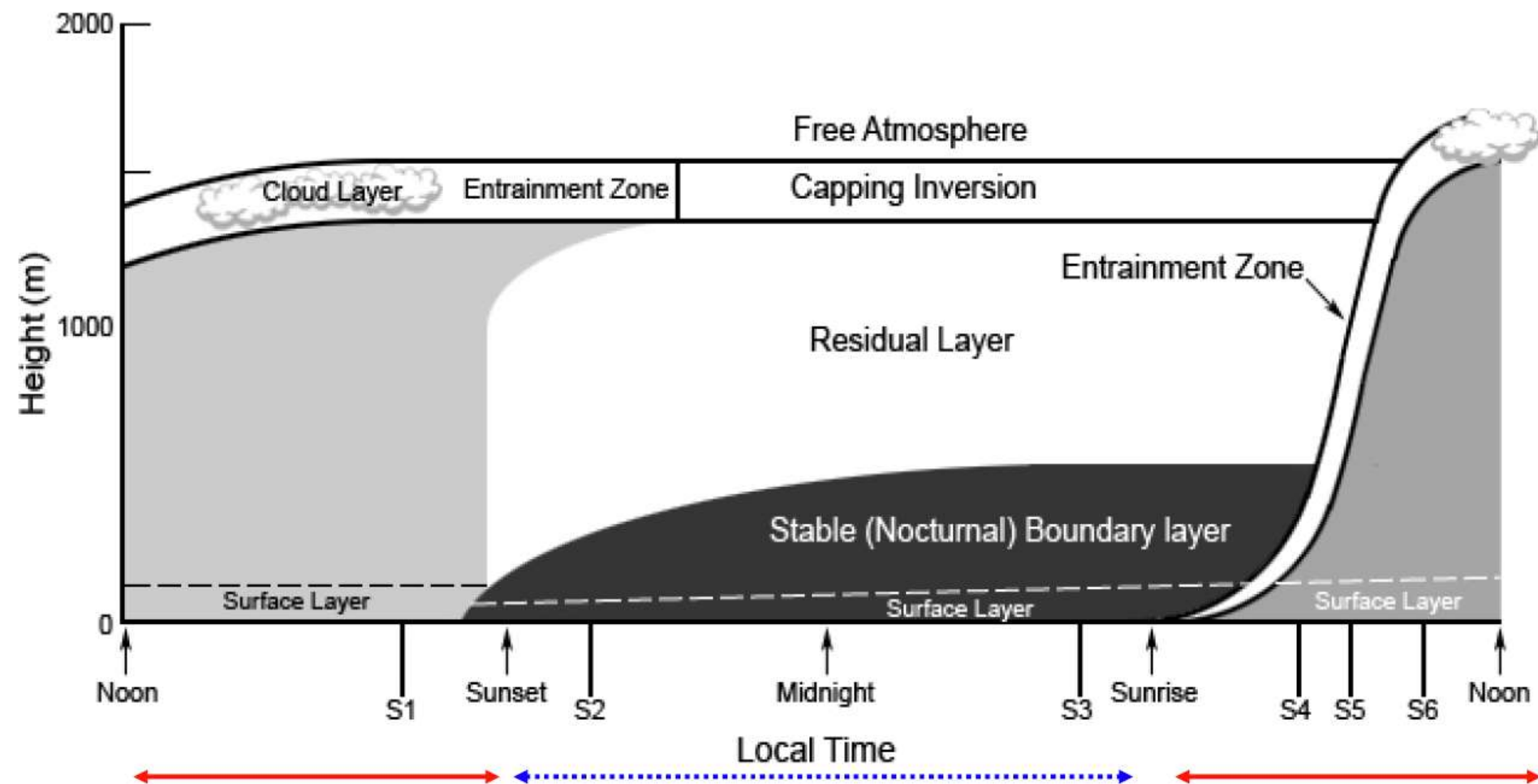


3. Modelowanie rozkładu stężeń wybranych gazów
Model WRF-Chem, modele p.1 w trybie
dyspersyjnym, EMEP

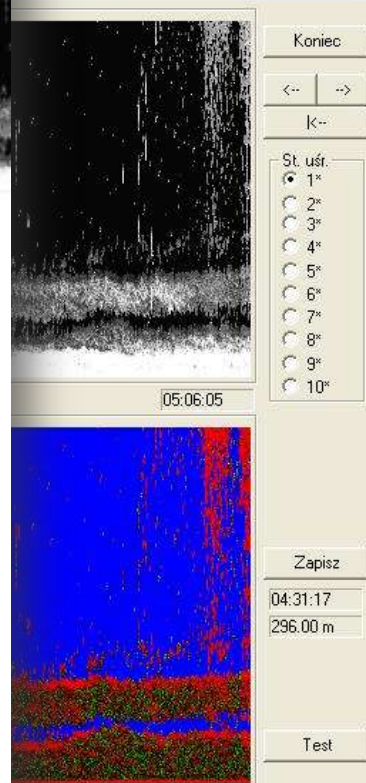
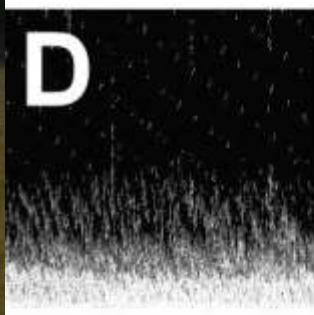
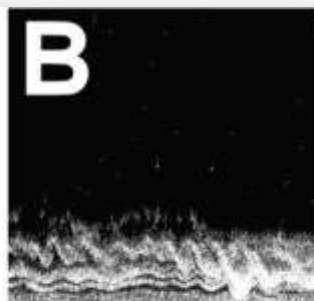
Praca magisterska: Szymon Pysz



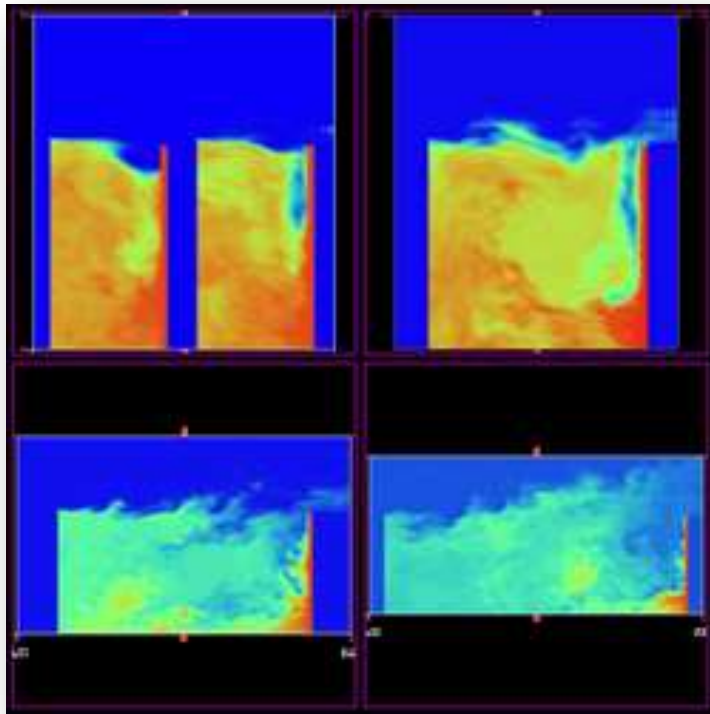
Dynamika atmosfery



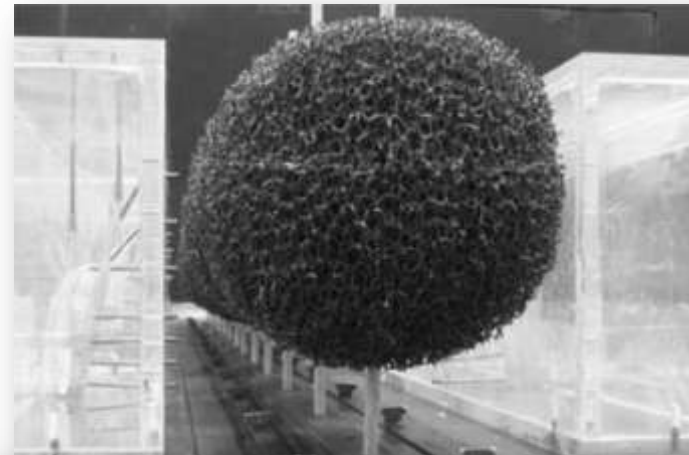
Dynamika atmosfery



Obszar miejski - charakterystyka



źródło: www.birmingham.ac.uk



Flow and Dispersion Phenomena in Urban Street Canyons in the Presence of Trees

Christof Gromke, Bodo Ruck

*Laboratory of Building- and Environmental Aerodynamics, Institute for Hydromechanics,
University of Karlsruhe, Kaiserstr. 12, Karlsruhe, Germany*

Tree crowns should not occupy large canyon volumes. Otherwise, the natural ventilation is restrained leading to high rises of pollutant concentrations in the pedestrian level and at the leeward canyon wall. Sufficient free space between crowns and adjacent walls is of great importance in order to allow the canyon vortex or canyon vortex-like structures to develop. Moreover,

Obszar miejski - charakterystyka



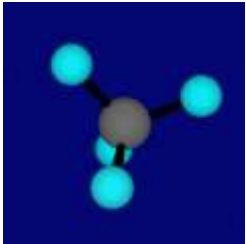
Obszar miejski – źródła antropogeniczne



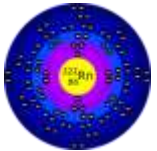
Rodzaje gazów śladowych



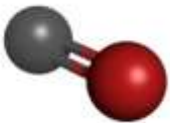
CO₂ – stężenie (ppm), skład izotopowy ¹³C, ¹⁴C, ¹⁸O
- główny antropogeniczny gaz cieplarniany



CH₄ – stężenie (ppm, ppb), skład izotopowy ¹³C
- silny gaz cieplarniany (GWP₁₀₀=23)
- surowiec uznawany za bardziej ekologiczny (mniejsze emisje zanieczyszczeń)



²²²Rn – aktywność właściwa (Bq/m³)
- gaz szlachetny, stosowany jako znacznik procesów atmosferycznych



CO – stężenie (ppb)
- polutant (szkodliwy w wyższych stężeniach)
- wskaźnik emisji antropogenicznej



WWA – stężenie (ng/m³)
- silnie toksyczne i rakotwórcze
- wskaźnik emisji antropogenicznej

Kilka słów o składzie izotopowym

Stosunek izotopowy – iloraz abundancji izotopu rzadszego do bardziej powszechnego.

$${}^{13}R = \frac{{}^{13}C}{{}^{12}C}$$

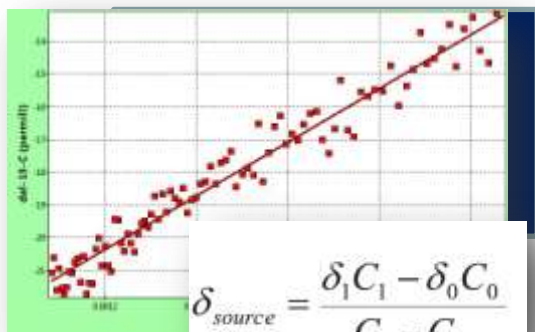
Wyniki pomiarów wyrażamy jako względną różnicę stosunków izotopowych w próbce i standardzie i wyrażamy w promilach.

$$\delta = \left(\frac{R_s - R_w}{R_w} \right) \cdot 1000(\text{‰})$$

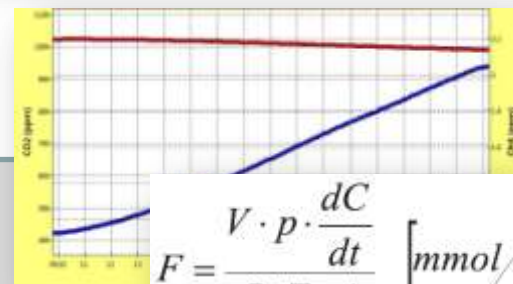
Wyniki radiowęglu, jako izotopu promieniotwórczego normalizowane są do określonej daty oraz korygowane ze względu na frakcjonowanie zachodzące podczas pomiaru i wyrażane jako duża delta.

$$\Delta^{14}C = \delta^{14}C - 2 \cdot (\delta^{13}C + 25) \cdot (1 + \delta^{14}C / 1000)$$

Podjęcie bottom-up - metoda komorowa



$$\delta_{source} = \frac{\delta_1 C_1 - \delta_0 C_0}{C_1 - C_0}$$



$$F = \frac{V \cdot p \cdot \frac{dC}{dt}}{R \cdot T \cdot A} \quad \left[\text{mmol} / \text{m}^2 \text{h} \right]$$



Isotope mass balance

1. Keeling approach:

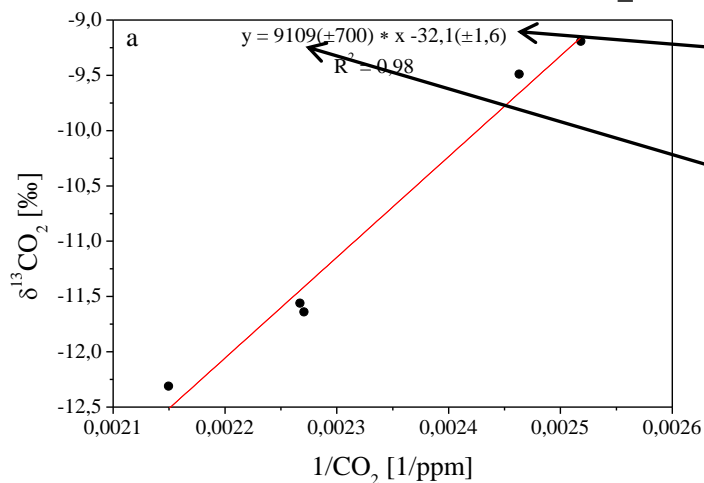
$$CO_{2_mes} = CO_{2_bg} + CO_{2_src}$$

+

$$CO_{2_mes} \cdot \delta^{13}C_{mes} = CO_{2_bg} \cdot \delta^{13}C_{bg} + CO_{2_src} \cdot \delta^{13}C_{src}$$

=

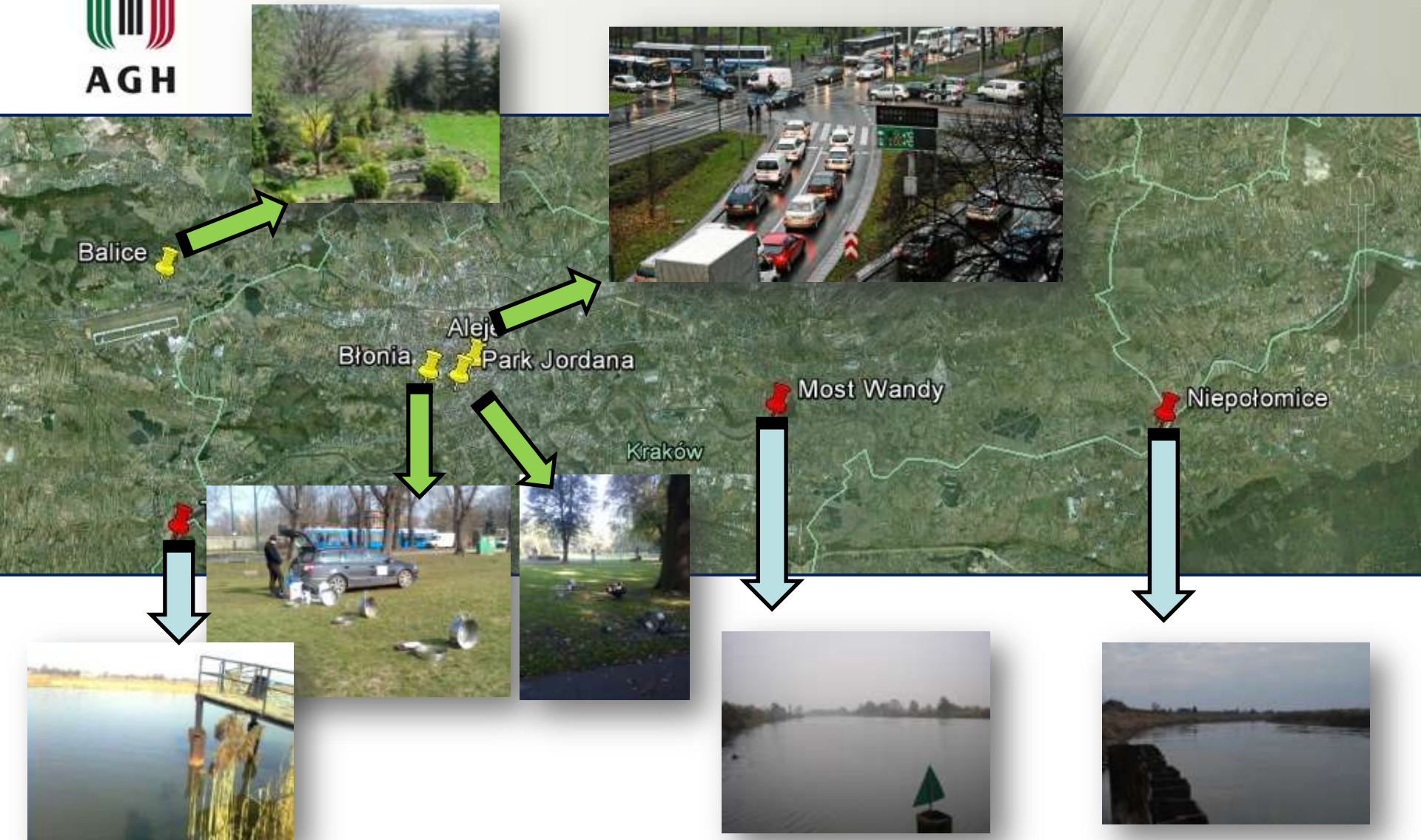
$$\delta^{13}C_{mes} = \frac{1}{CO_{2_mes}} \cdot [CO_{2_bg} \cdot (\delta^{13}C_{bg} - \delta^{13}C_{src})] + \delta^{13}C_{src}$$



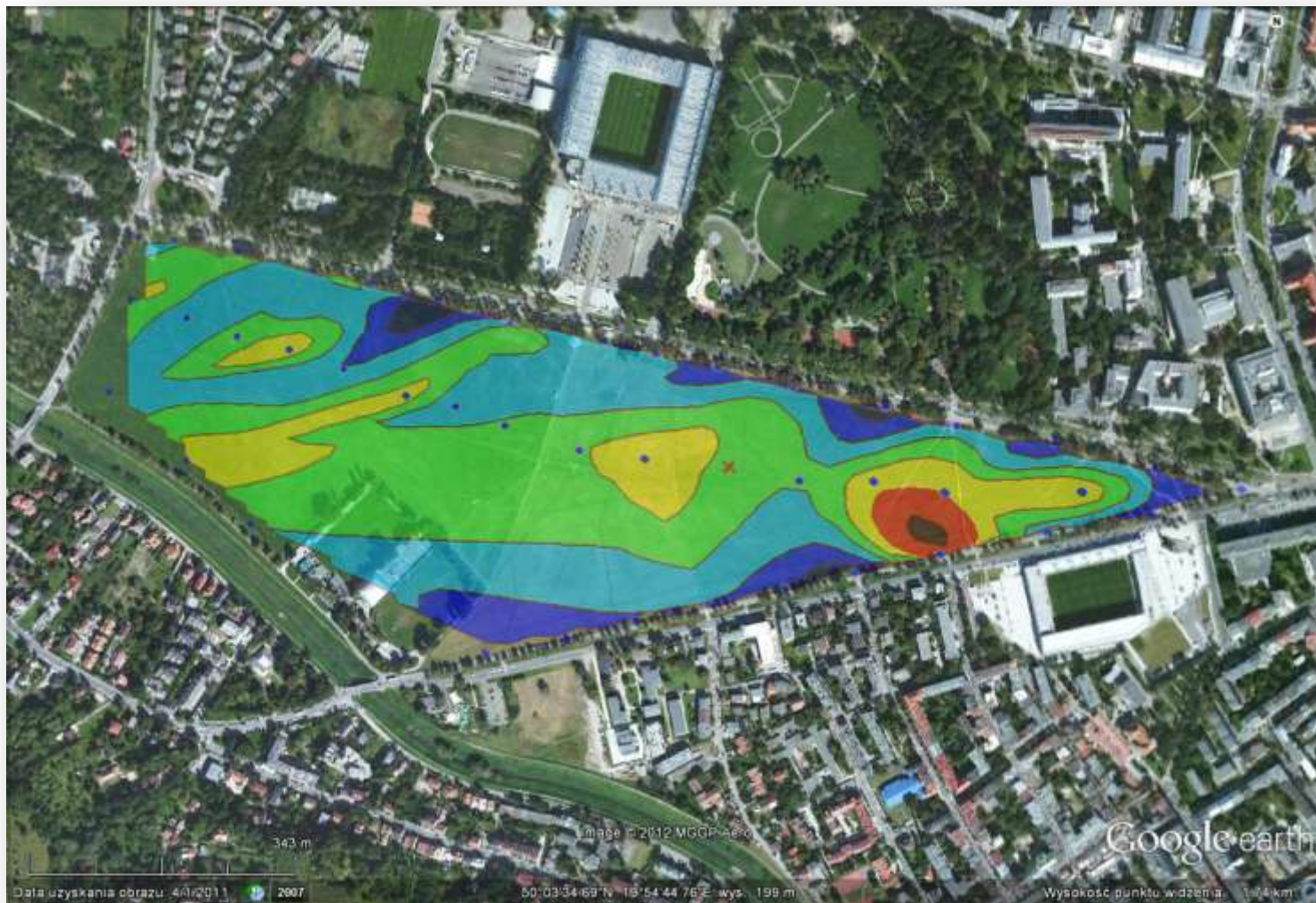
isotopic signature of the local source

isotopic signature of the background

Punkty pomiarowe

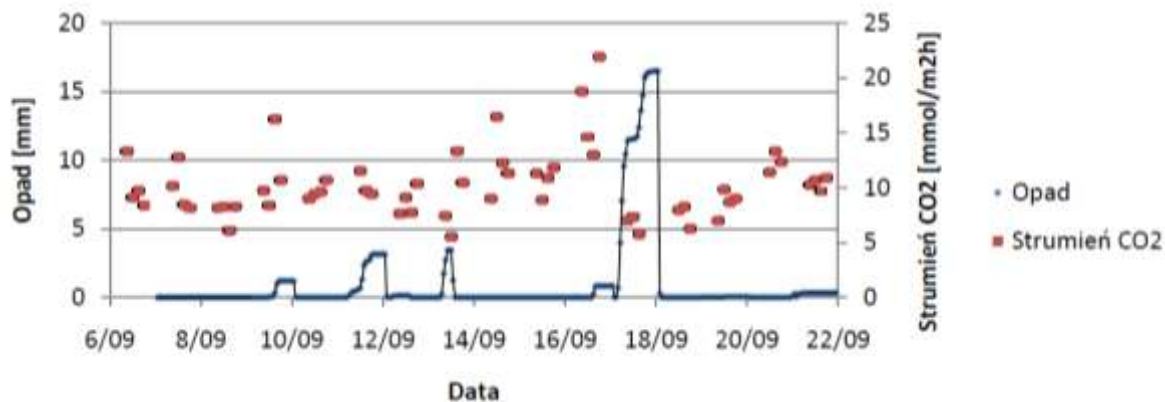
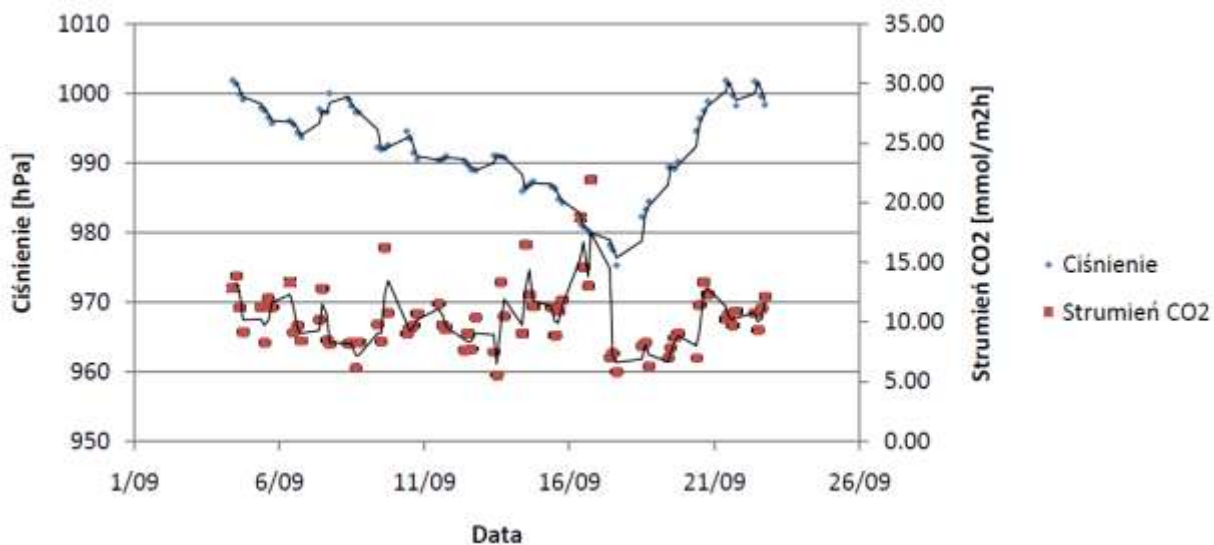


Badanie zmienności przestrzennej

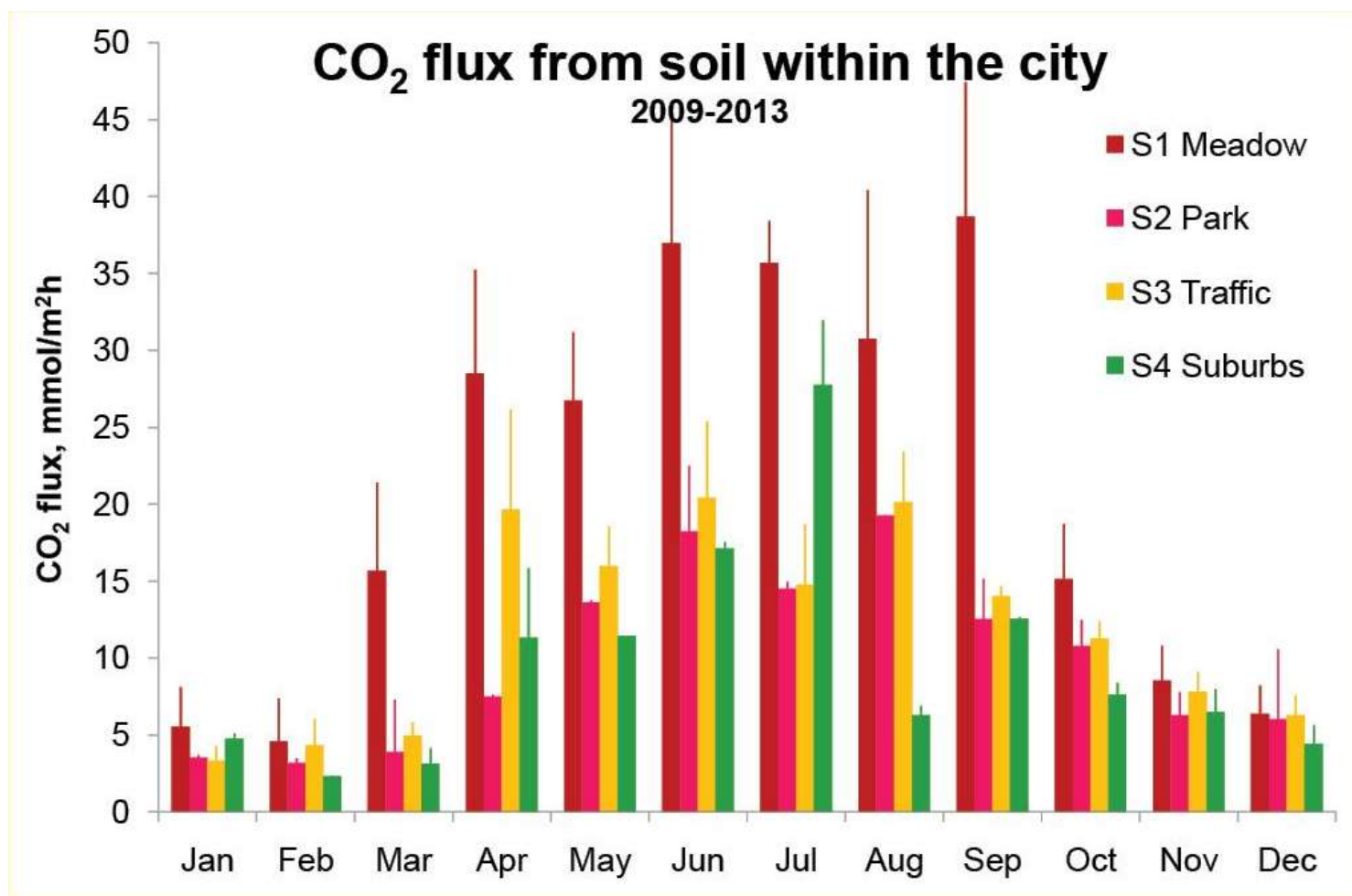


Badanie zmienności synoptycznej

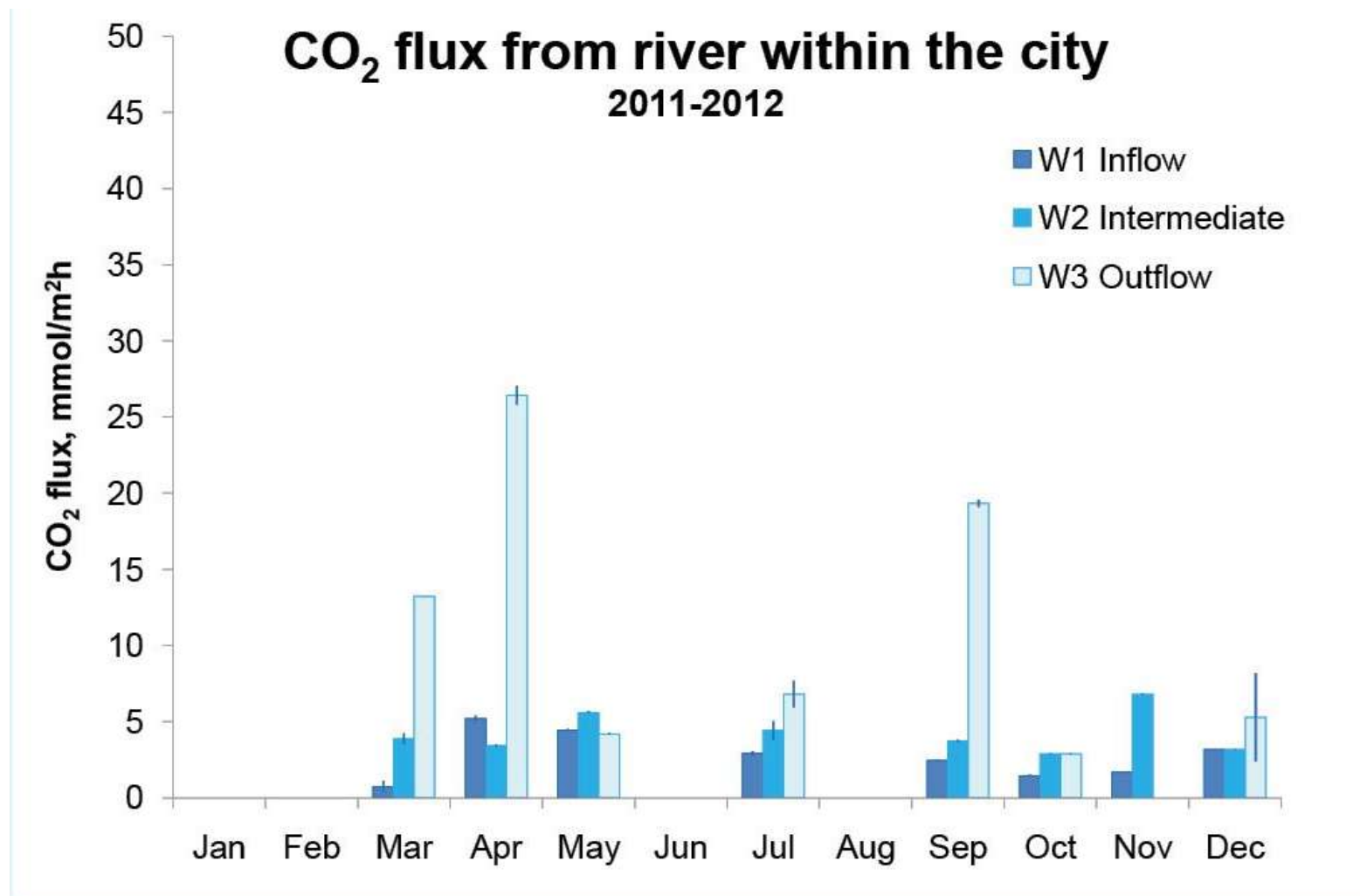
Praca inżynierska: Michał Różycki



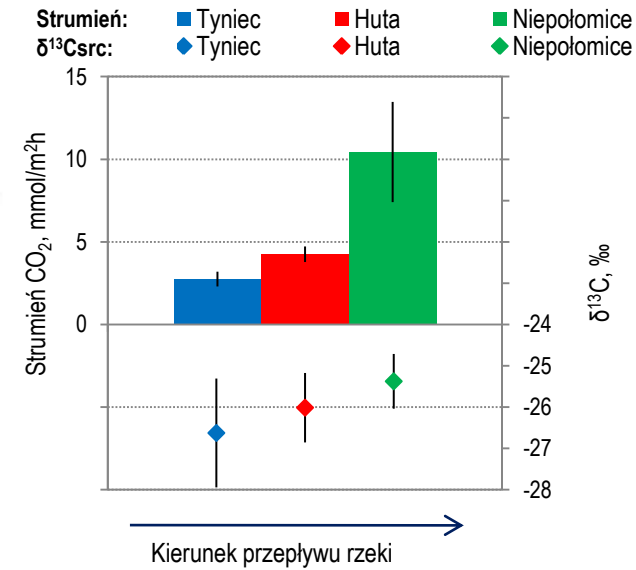
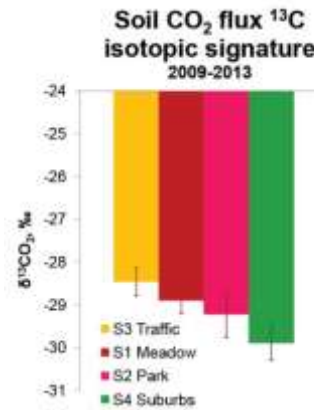
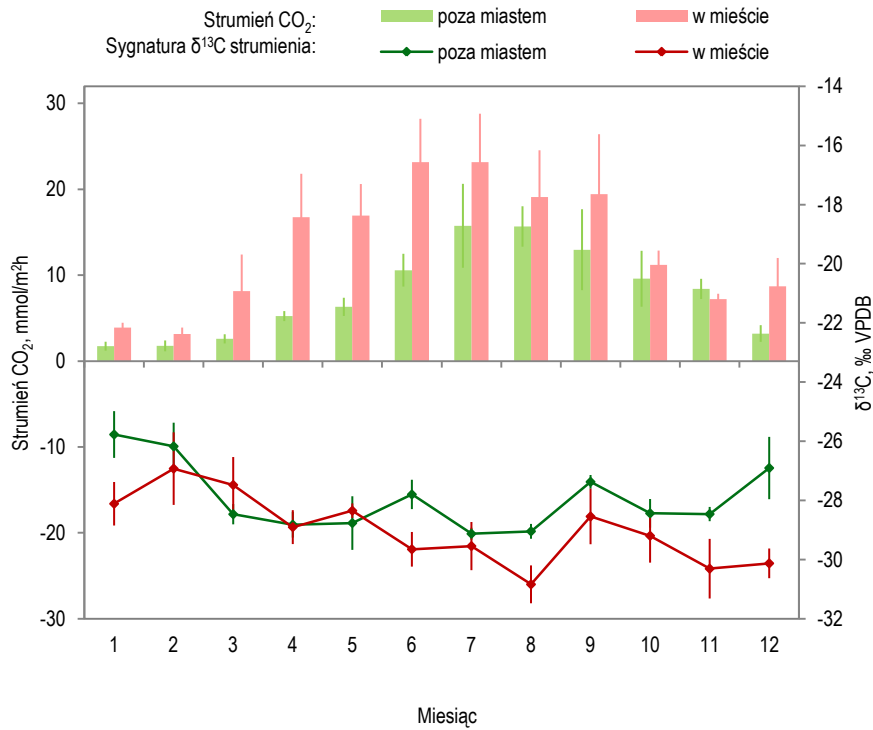
Badanie zmienności sezonowej



Badanie zmienności sezonowej



Badanie zmienności sezonowej



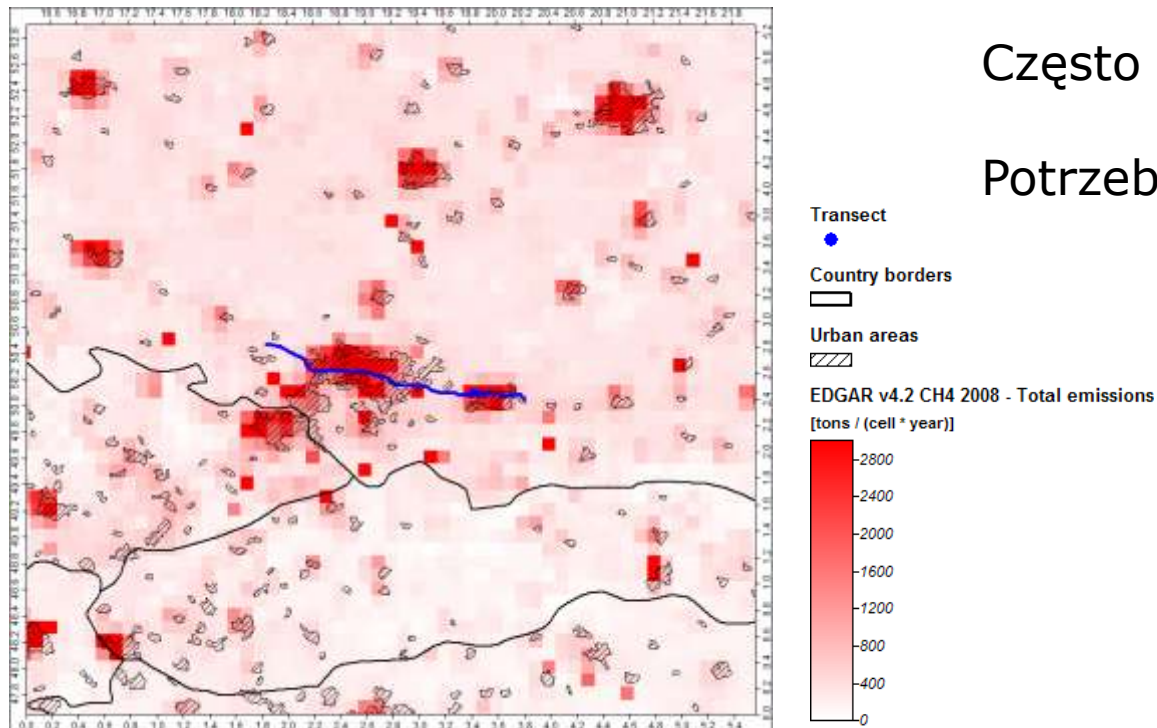
Tab. 4.3 Oszacowanie rocznej emisji CO₂ z terenów zielonych i wód w granicach administracyjnych Krakowa.

Typ użytkowania powierzchni	Powierzchnia km ²	Procentowy udział w powierzchni miasta	Reprezentatywny punkt pomiarowy	Emisja CO ₂ kgCO ₂ /rok·1m ⁻²	Emisja roczna z całego obszaru w granicach miasta Mt CO ₂ na rok
Zabudowa miejska i przemysłowa	140	42.9	---	---	---
Rzeki i zbiorniki wodne	12	3.7	Wisła	2240	27
Lasy i parki	25	7.8	Park Jordana i Aleje	4490	114
Ogrody, ogródki działkowe	18	5.4	Balice	3365	60
Łąki, pola uprawne	131	40.1	Błonia	8172	1071
Źródła biogeniczne w sumie				18267	1272

Określanie wielkości emisji metodami statystycznymi

Szacowanie bottom-up na podstawie statystyk zużycia paliw, natężenia ruchu, struktury samochodów i współczynników emisji

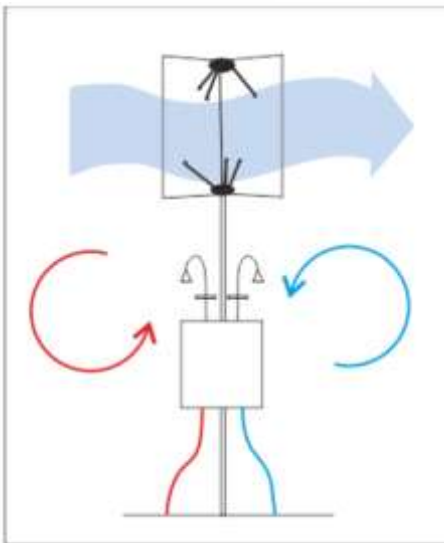
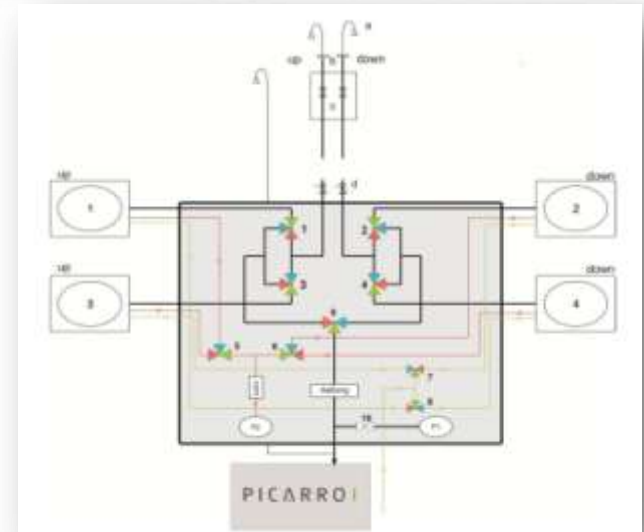
Dane dostępne w bazach, np. EDGAR.



Często duże rozbieżności !!!

Potrzeba weryfikacji

Metoda akumulacji wirów

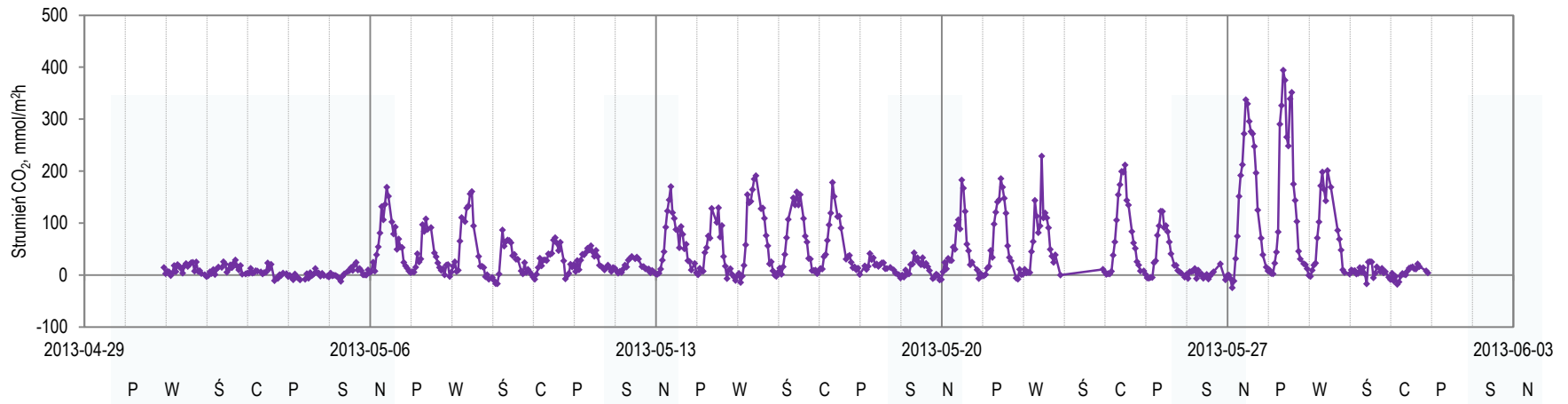


$$F = \beta \sigma_w (c_{up} - c_{dw})$$

β - współczynnik empiryczny
 σ_w - odch. std. pionowej składowej wiatru
 C_{up} - stężenie gazu w updrafcie
 C_{dw} - stężenie gazu w dowdrafcie

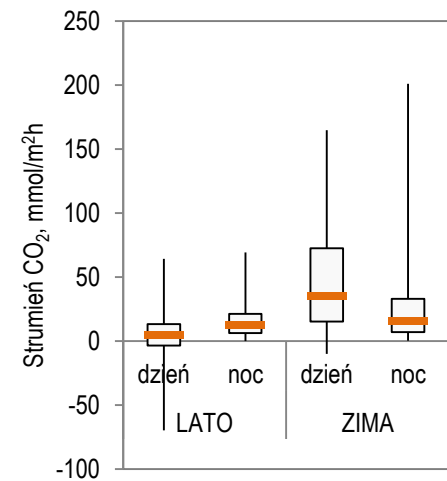


Metoda akumulacji wirów

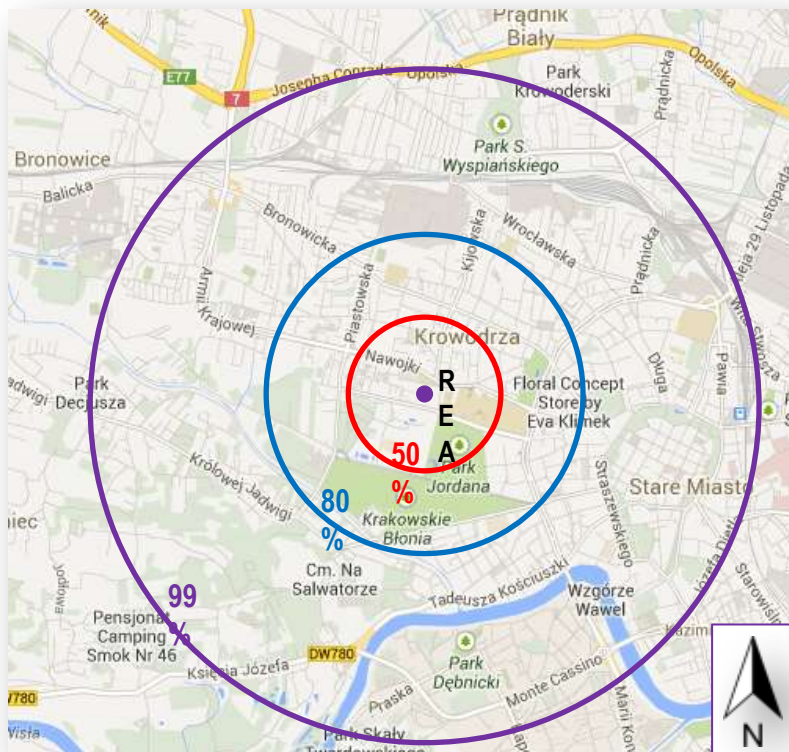




 Długi weekend majowy



Metoda akumulacji wirów



Teoretyczny obszar, z którego mierzono metodą REA emisję CO₂, oszacowany zgodnie z modelem Gash'a.

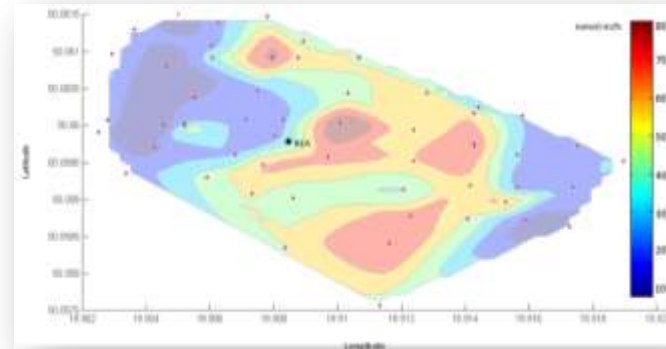
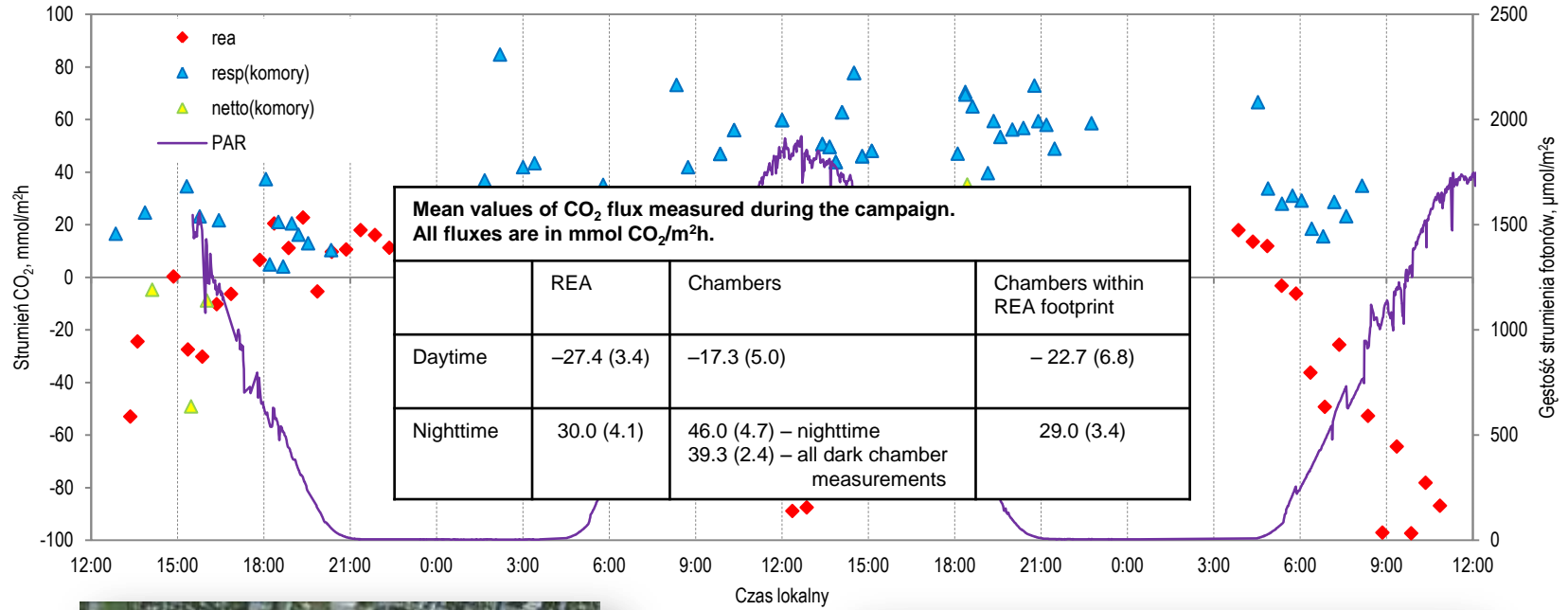
Koncentryczne okręgi symbolizują pochodzenie 50% (czerwony), 80% (niebieski) i 99% (fioletowy) strumienia mierzonego przez system.

Punkt w środku okręgów oznacza lokalizację stacji pomiarowej.

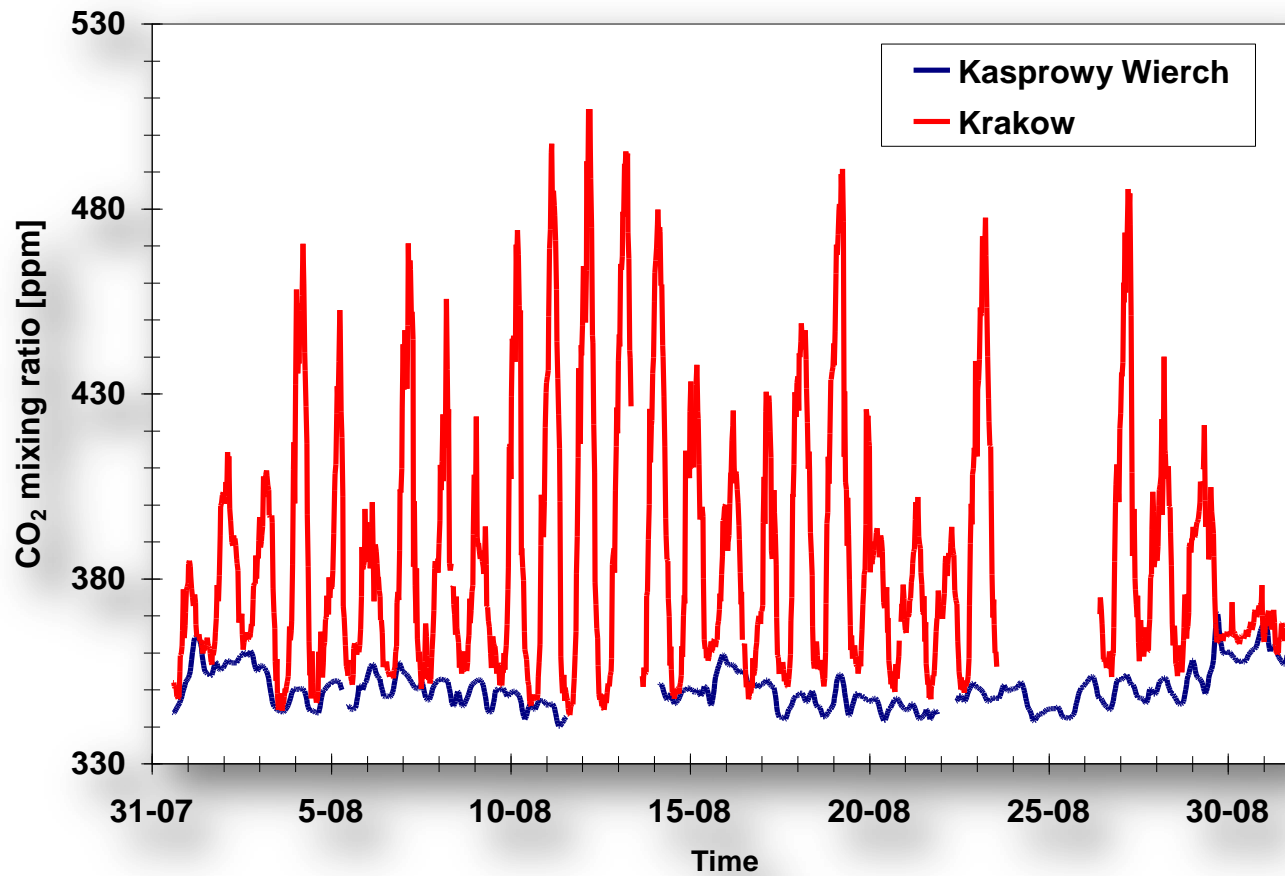
Metoda akumulacji wirów



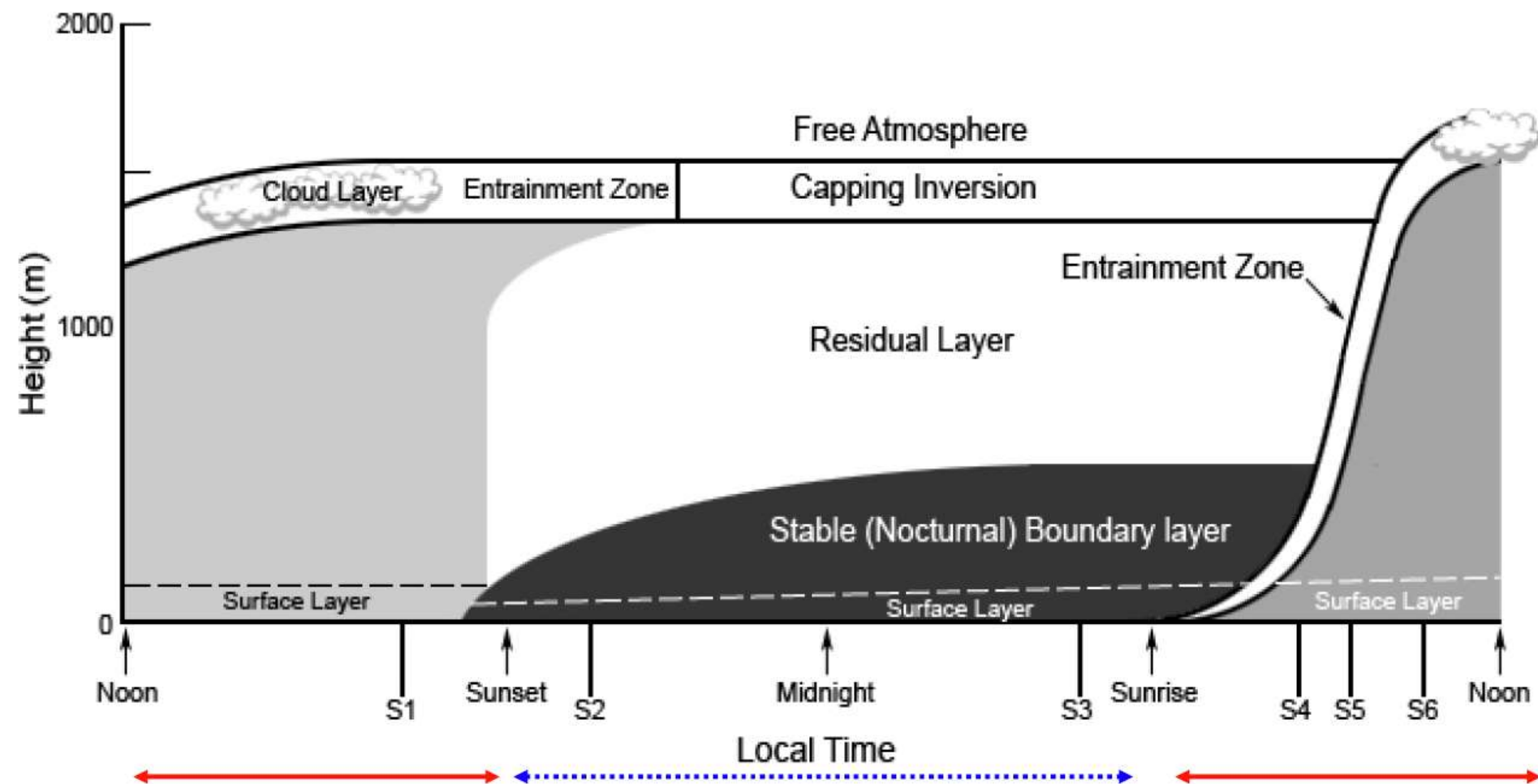
Metoda akumulacji wirów



Podjęcie top-down



Dynamika atmosfery

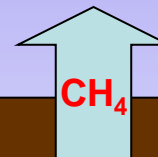
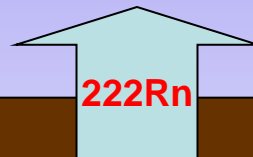
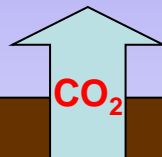
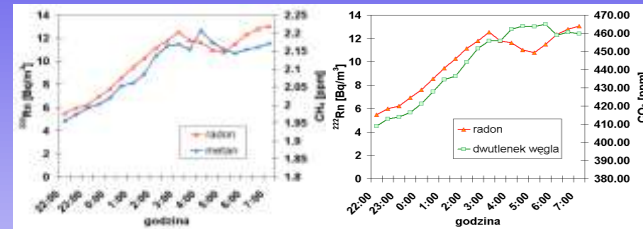


Metoda radonowa – ocena wielkości strumieni nocnych

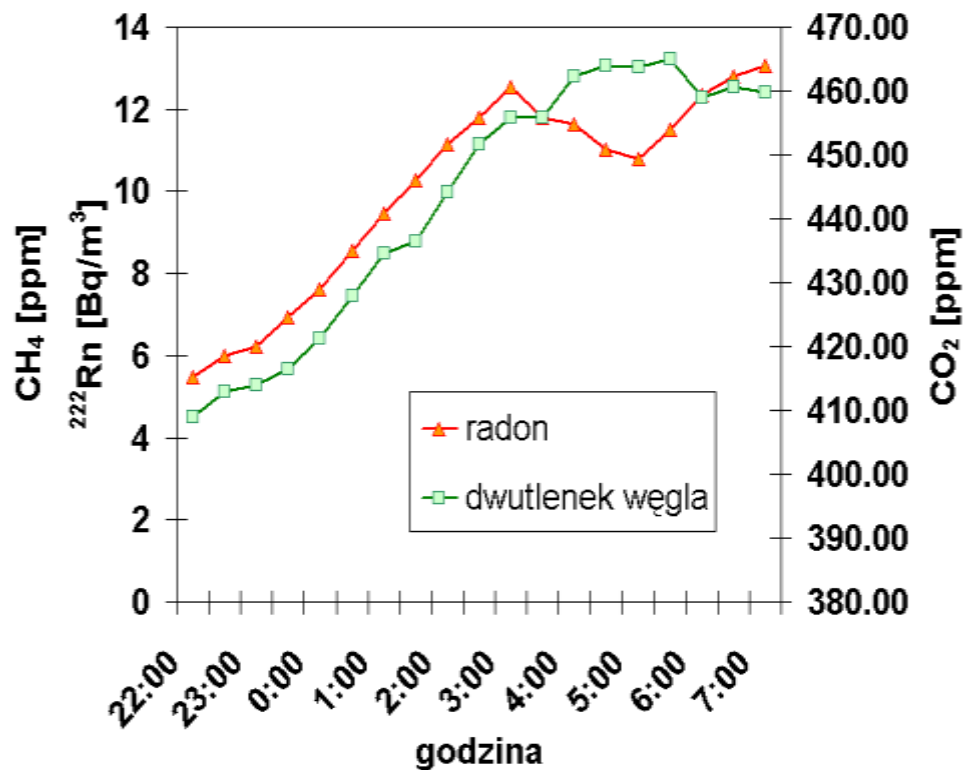
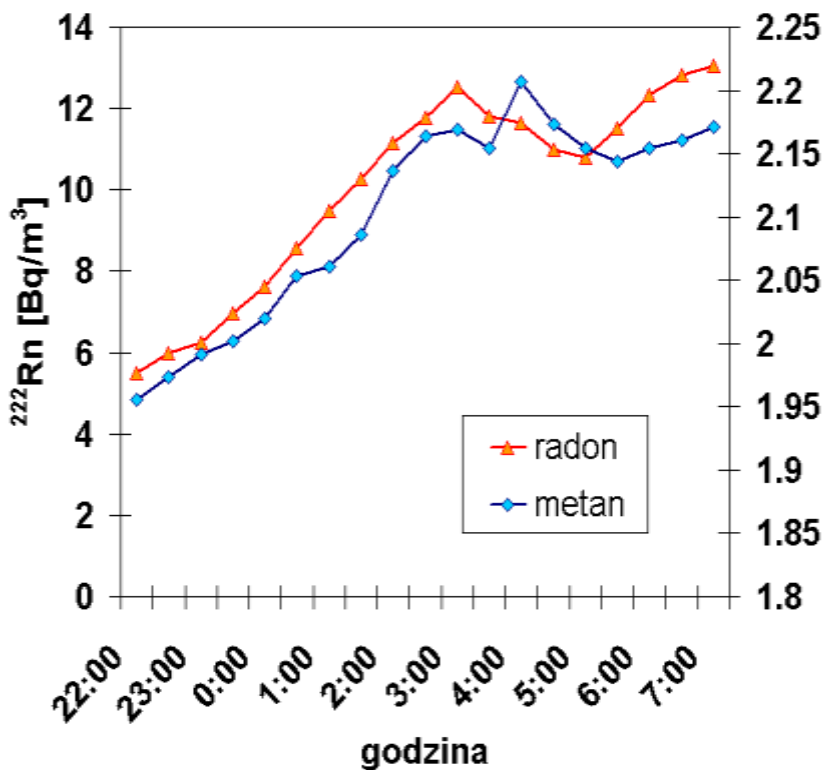
$$f_{CO_2} = f_{Rn} \cdot \frac{\Delta C_{CO_2}}{\Delta C_{Rn}}$$

Warstwa inwersyjna

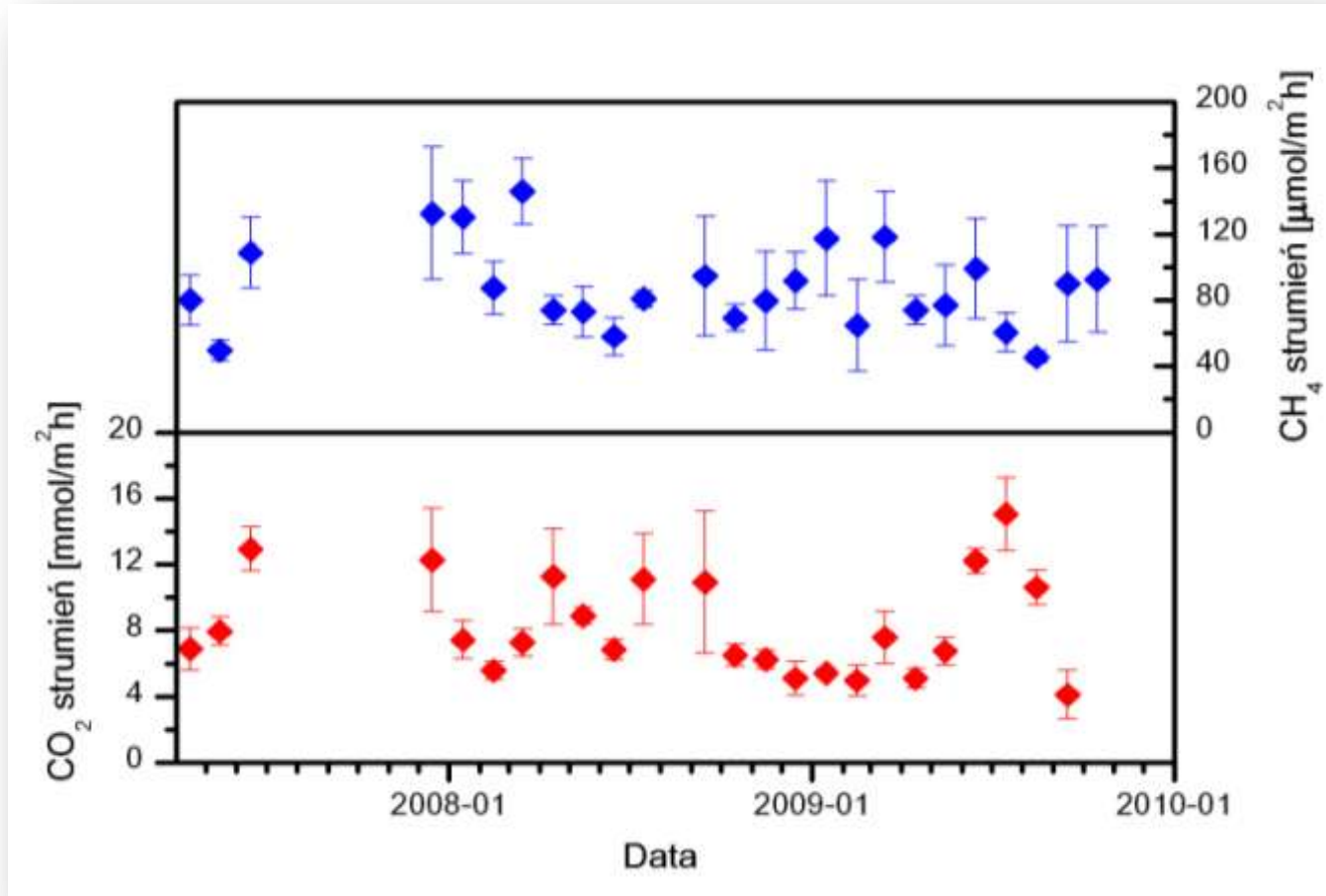
Brak wymiany ze swobodną atmosferą
 Równomierny rozkład źródeł
 Podobne własności gazów



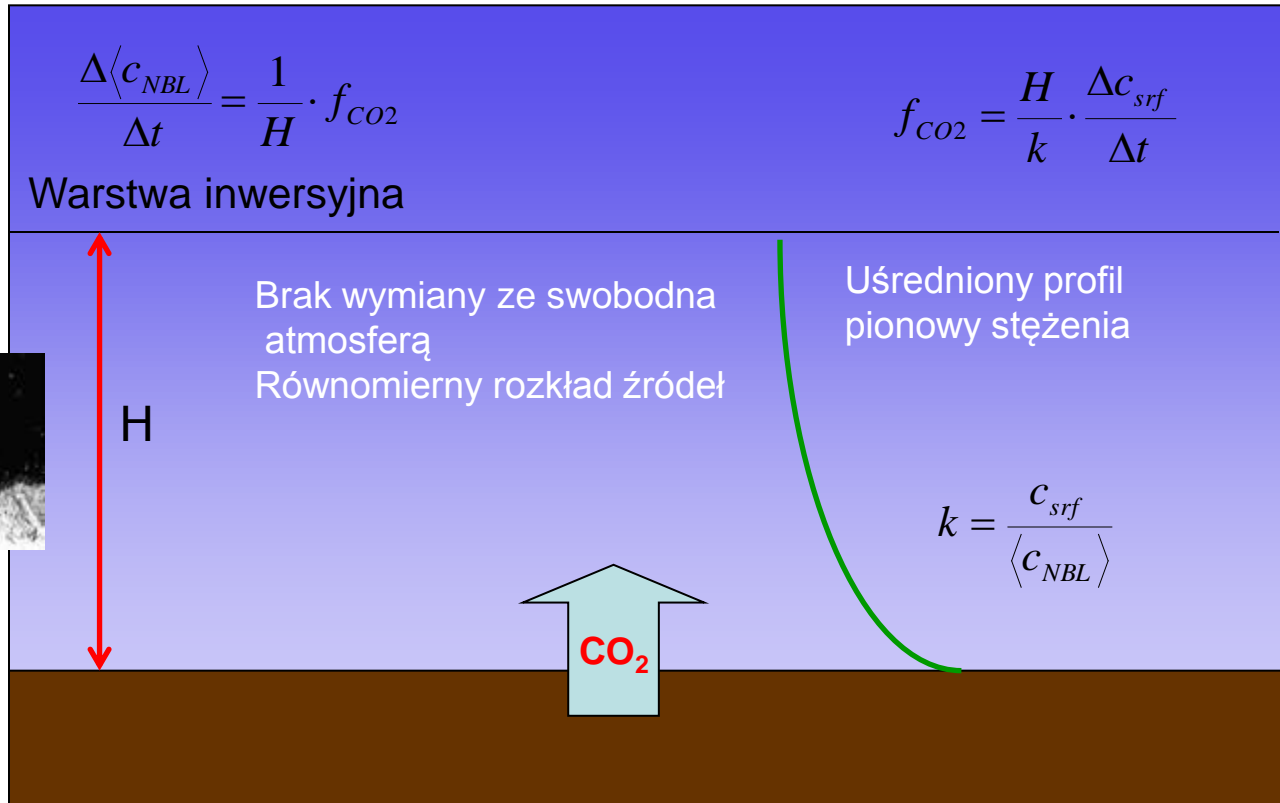
Metoda radonowa – ocena wielkości strumieni nocnych



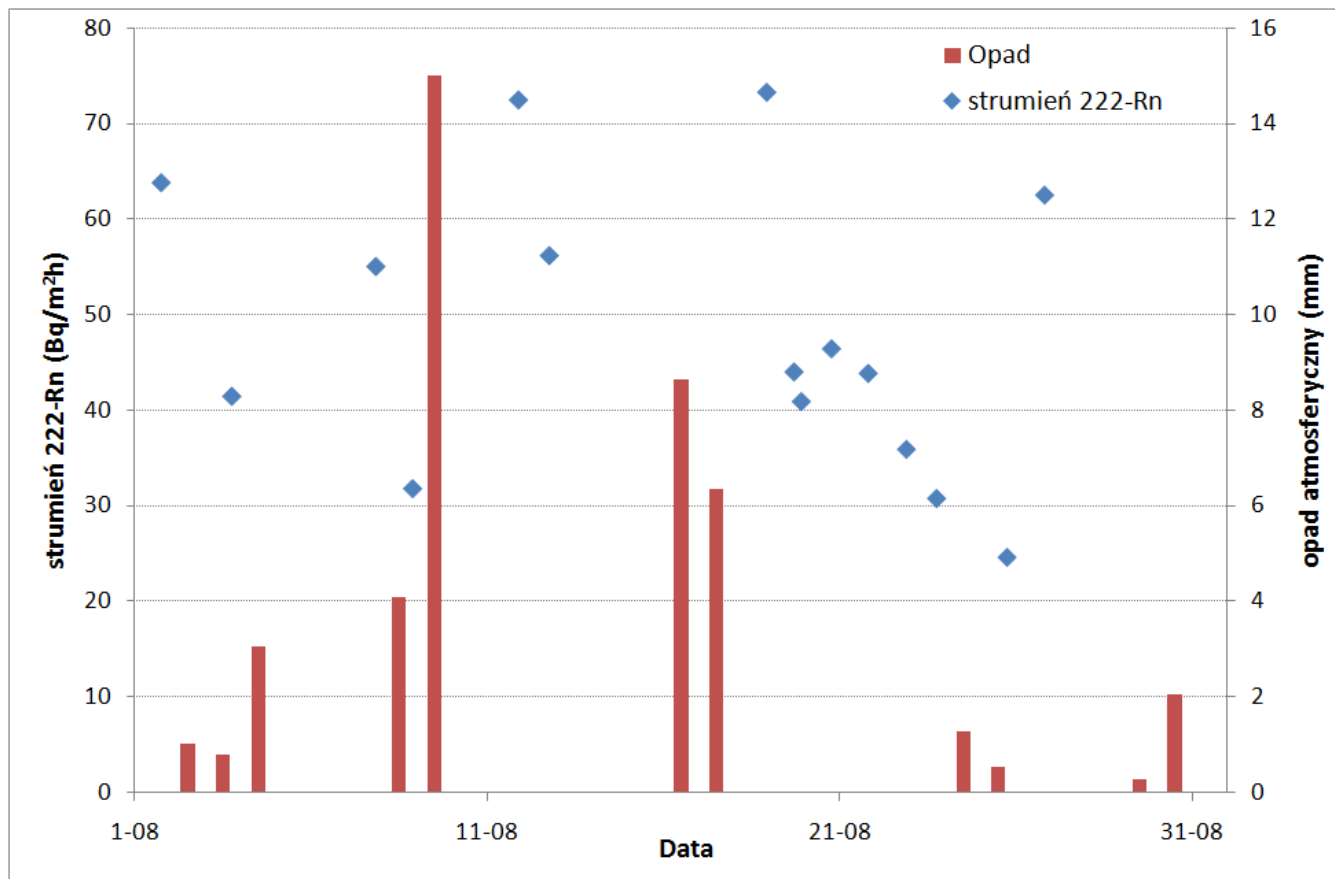
Metoda radonowa – ocena wielkości strumieni nocnych



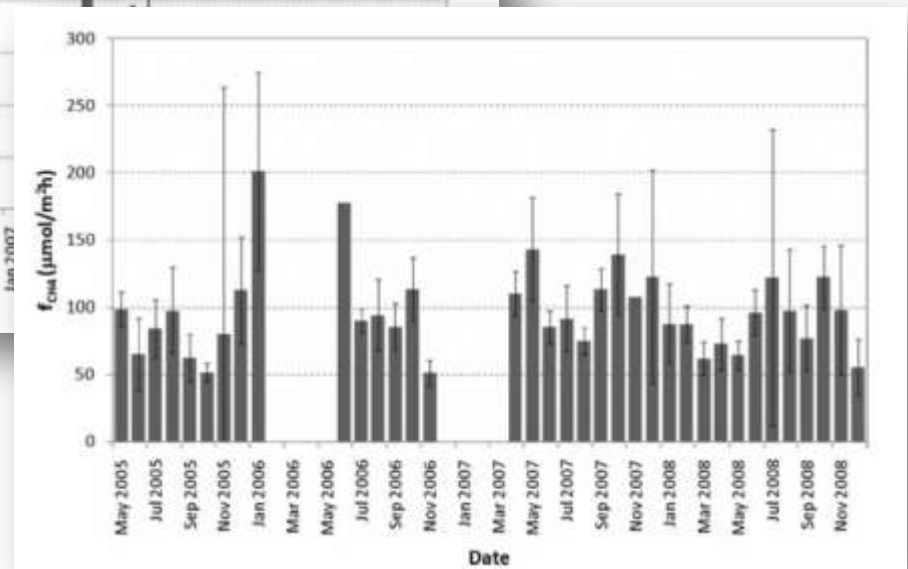
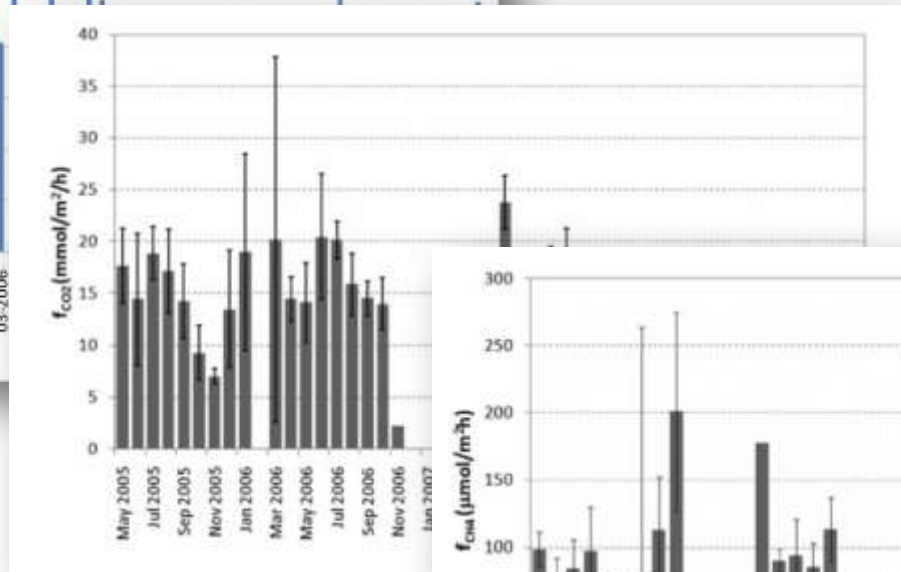
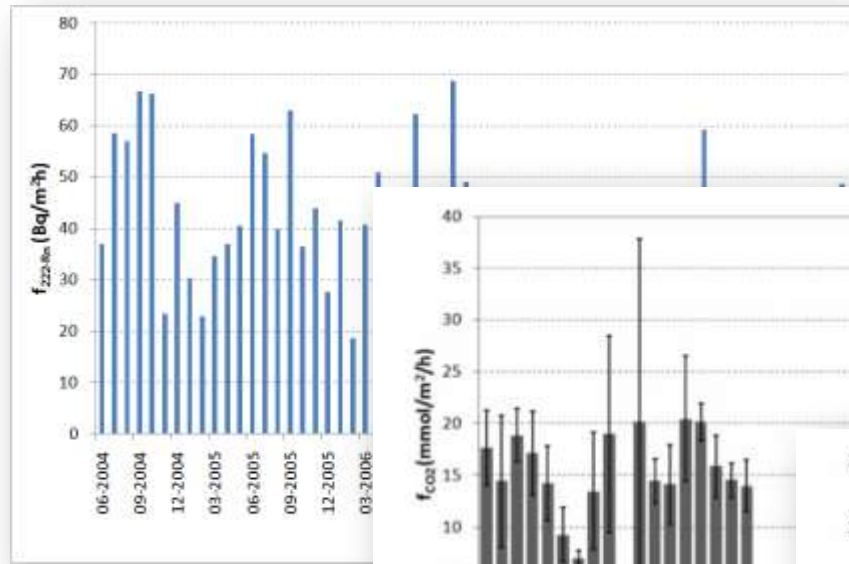
Metoda NBL – ocena wielkości strumieni nocnych



Metoda NBL – ocena wielkości strumieni nocnych

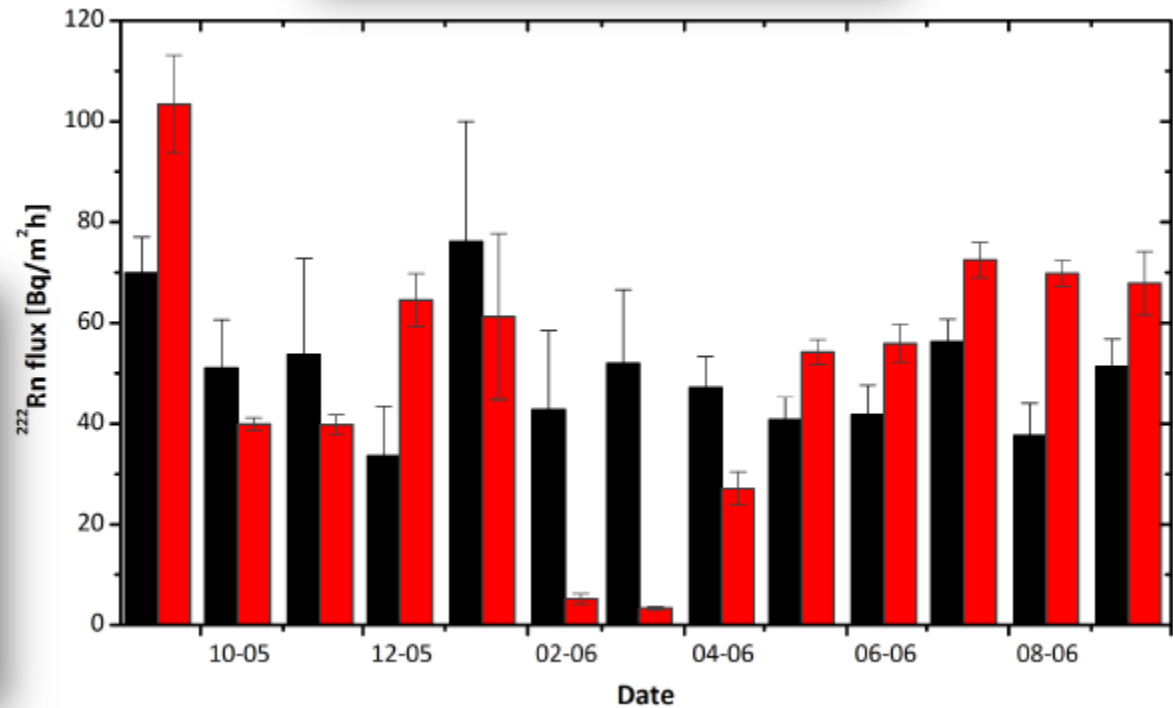
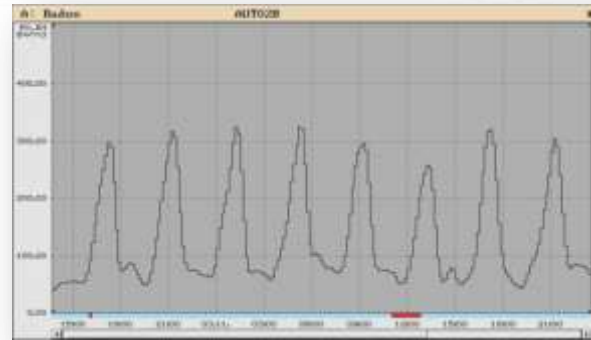


Metoda NBL – ocena wielkości strumieni nocnych

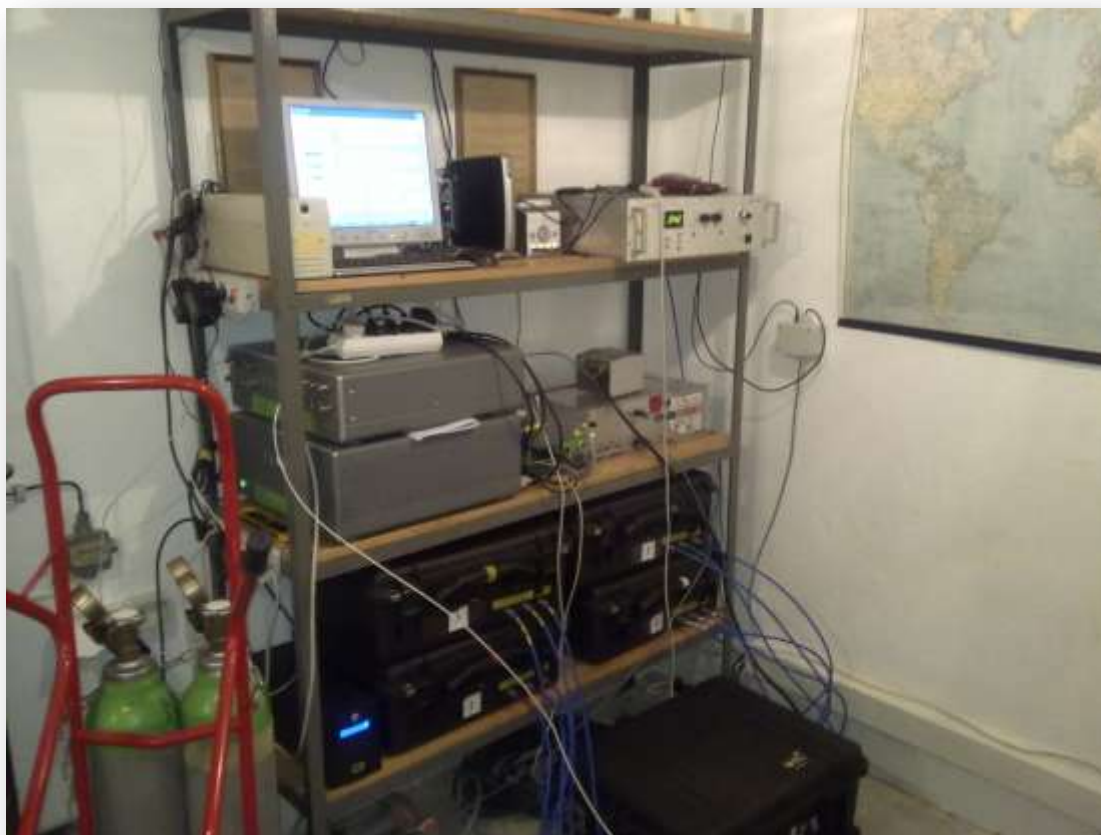


Porównanie metod bottom-up i top-down

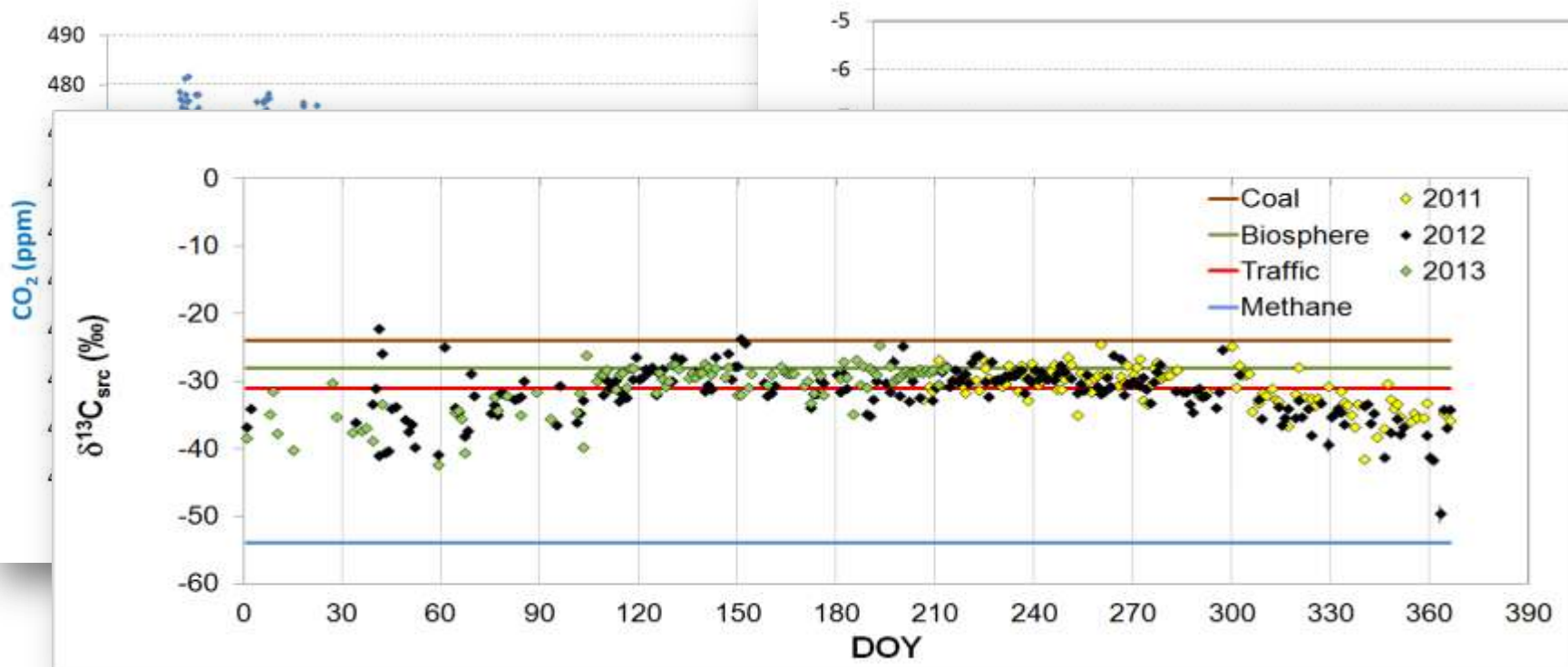
Praca doktorska Jadwiga Mazur IFJ Kraków



Ocena udziału różnych źródeł w atmosferze Krakowa



Ocena udziału różnych źródeł w atmosferze Krakowa

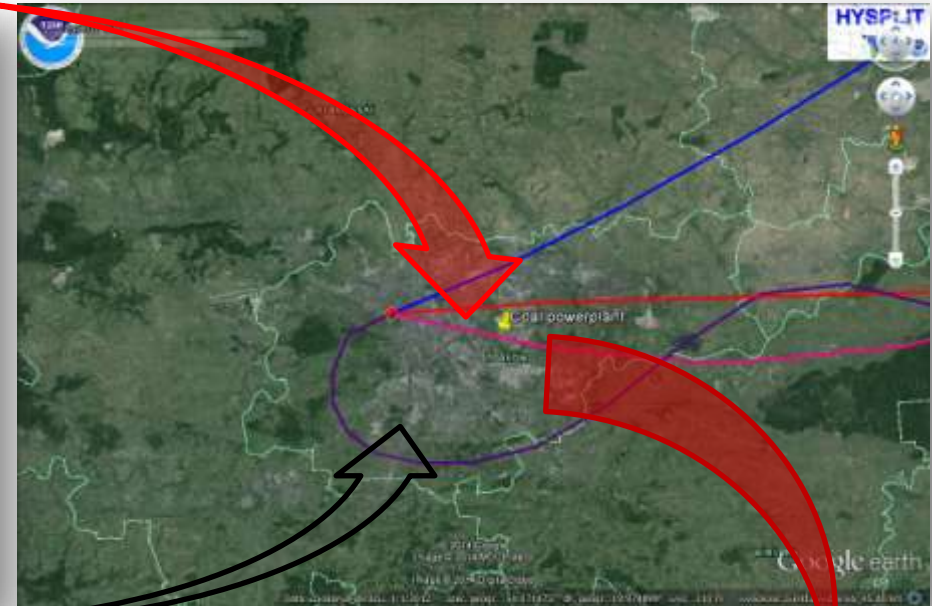
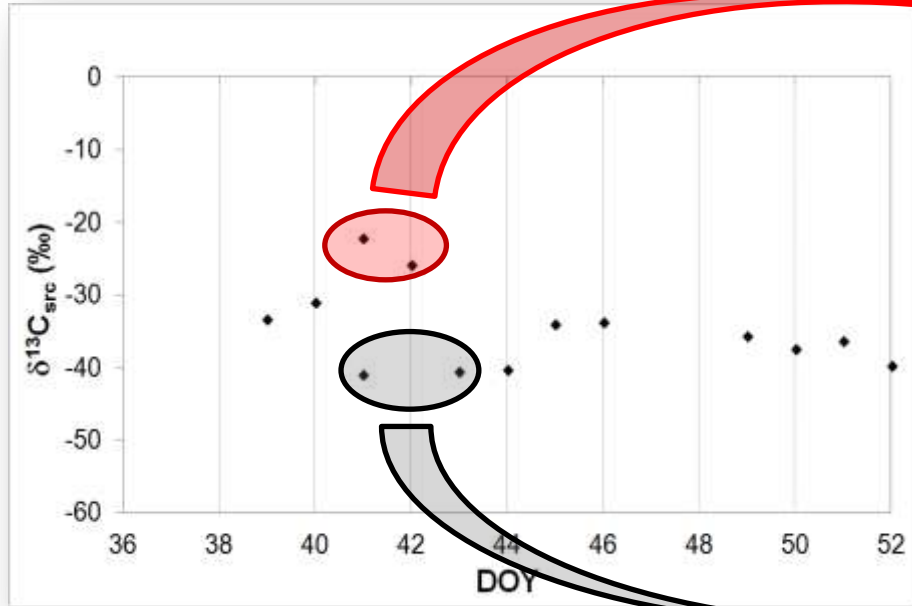


0025

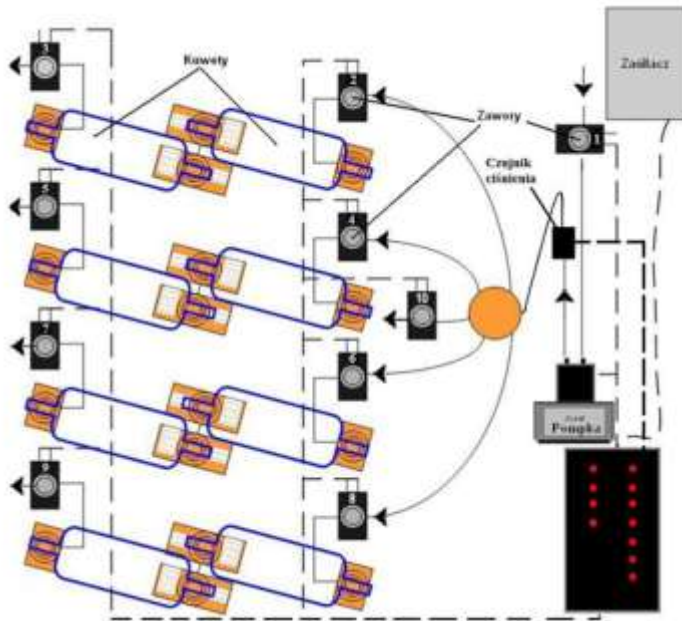
$$\delta^{13}\text{C CO}_2 = \delta^{13}\text{C}_h \text{ CO}_{2,h} + \delta^{13}\text{C}_q \text{ CO}_{2,q}$$

$$\delta^{13}\text{C} = \underbrace{\text{CO}_{2,h}(\delta^{13}\text{C}_h - \delta^{13}\text{C}_q)}_{\text{constant}} \left(\frac{1}{\text{CO}_2} \right) + \underbrace{\delta^{13}\text{C}_q}_{\text{y-axis intercept}}$$

Ocena udziału różnych źródeł w atmosferze Krakowa

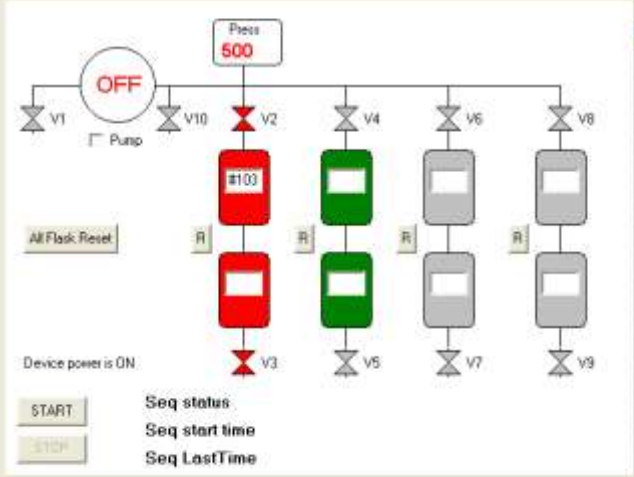


Zastosowanie znaczników izotopowych w bilansowaniu źródeł



Flask filling system control unit. v.0.1. (c) ZFS AGH 2006

12:16:29 Sequence file C:\sample\WiseE.seq
2009-02-16 Log file extraction.log



Time	Valves	Stat
15:00:00	0	St
00:00:00	0	ON
00:00:01	1	ON
00:00:02	10	ON
00:01:00	10	OFF
00:01:01	3	ON
00:01:15	2	ON
00:21:15	3	OFF
00:24:15	2	OFF
00:24:16	1	OFF
00:24:17	0	OFF
06:00:00	0	ON
06:00:01	1	ON
06:00:02	10	ON
06:01:00	10	OFF
06:01:01	5	ON
06:01:15	4	ON
06:21:15	5	OFF
06:24:15	4	OFF
06:24:16	1	OFF
06:24:17	0	OFF
10:00:00	0	ON
10:00:01	1	ON
10:00:02	10	ON

Device power is ON

START Seq status
STOP Seq start time
 Seq LastTime





AGH

Isotope mass balance

radiocarbon approach:

assuming $\Delta^{14}C_{bio} = \Delta^{14}C_{bg}$

$$CO_{2_ff} = CO_{2_mes} \cdot \frac{\Delta^{14}C_{bg} - \Delta^{14}C_{mes}}{\Delta^{14}C_{bg} + 1000}$$
$$CO_{2_bio} = CO_{2_mes} - CO_{2_bg} - CO_{2_ff}$$

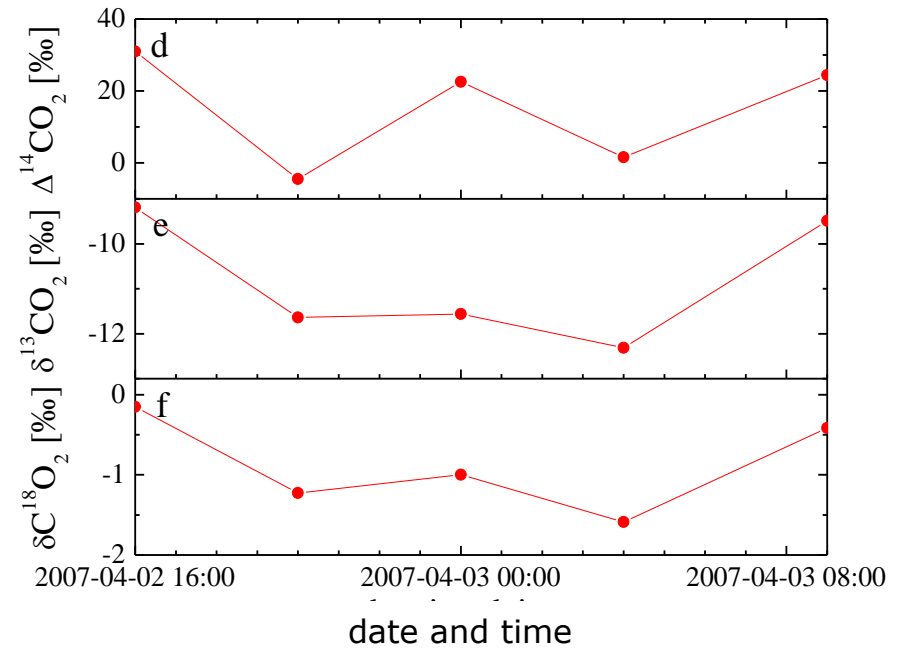
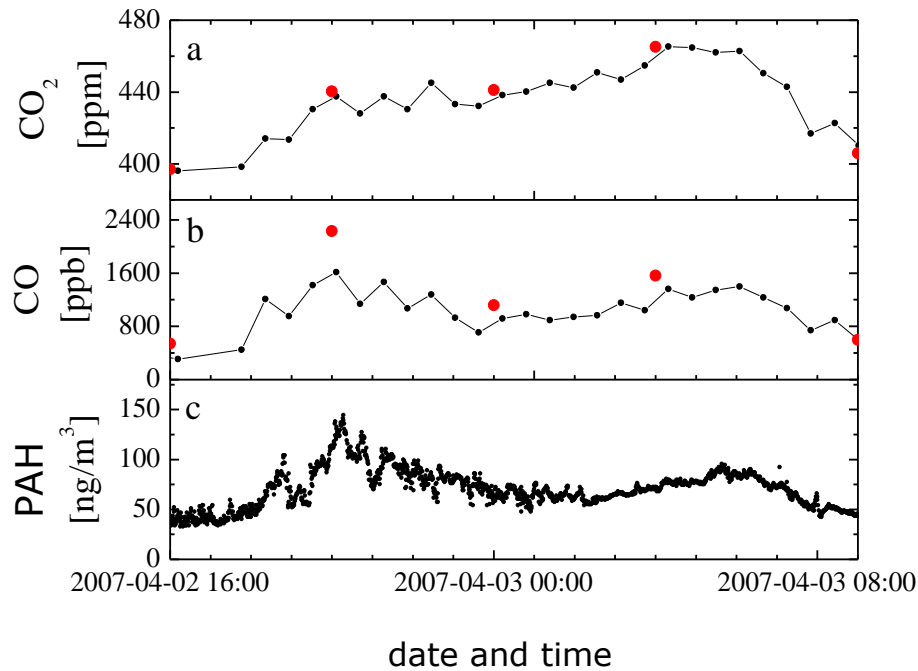
combining carbon isotopes approach:

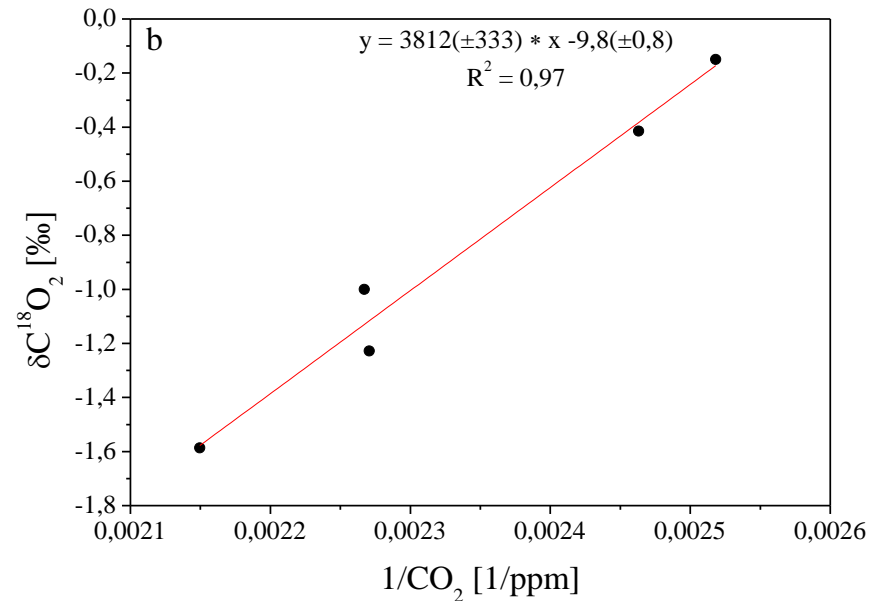
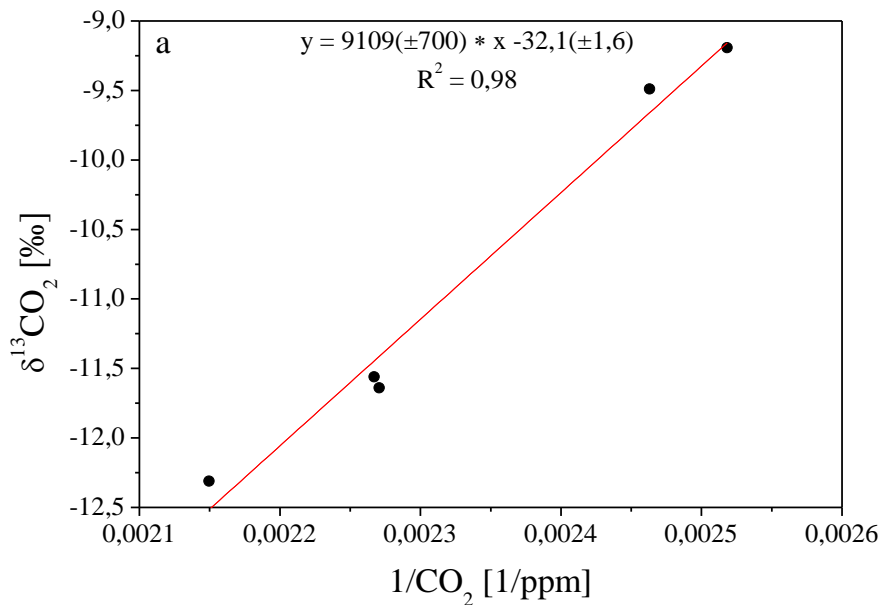
$$CO_{2_mes} = CO_{2_bg} + CO_{2_bio} + CO_{2_ff1} + CO_{2_ff2}$$

$$CO_{2_mes} \cdot \Delta^{14}C_{mes} =$$
$$= CO_{2_bg} \cdot \Delta^{14}C_{bg} + CO_{2_bio} \cdot \Delta^{14}C_{bio} + (CO_{2_ff1} + CO_{2_ff2}) \cdot \Delta^{14}C_{ff}$$

$$CO_{2_mes} \cdot \delta^{13}C_{mes} =$$
$$= CO_{2_bg} \cdot \delta^{13}C_{bg} + CO_{2_bio} \cdot \delta^{13}C_{bio} + CO_{2_ff1} \cdot \delta^{13}C_{ff1} + CO_{2_ff2} \cdot \delta^{13}C_{ff2}$$

Event 1 - 02-03.04.2007





$$\delta^{13}\text{C}_{\text{src}} = -32.1\text{‰}$$

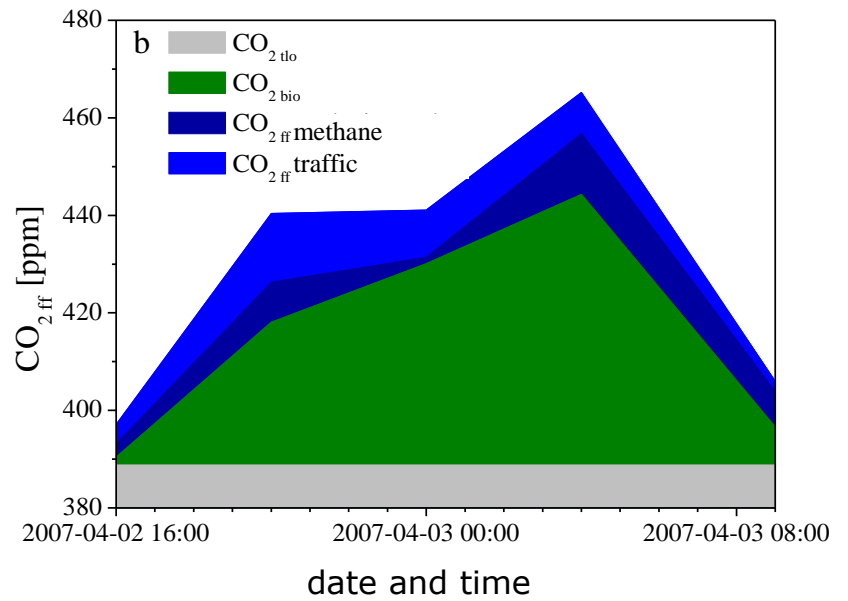
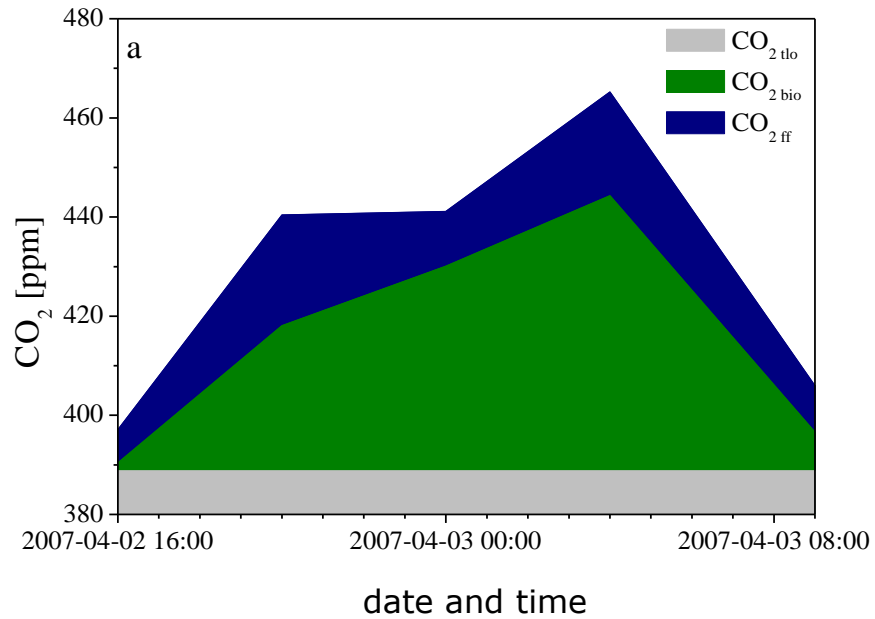
$$\delta^{18}\text{O}_{\text{src}} = -9.8\text{‰}$$

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{bg}} = -8.7\text{‰}$$

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{bg}} = +0.03\text{‰}$$

assuming $\text{CO}_{2\text{bg}} = 388.8$ ppm, (GlobalView 2011)

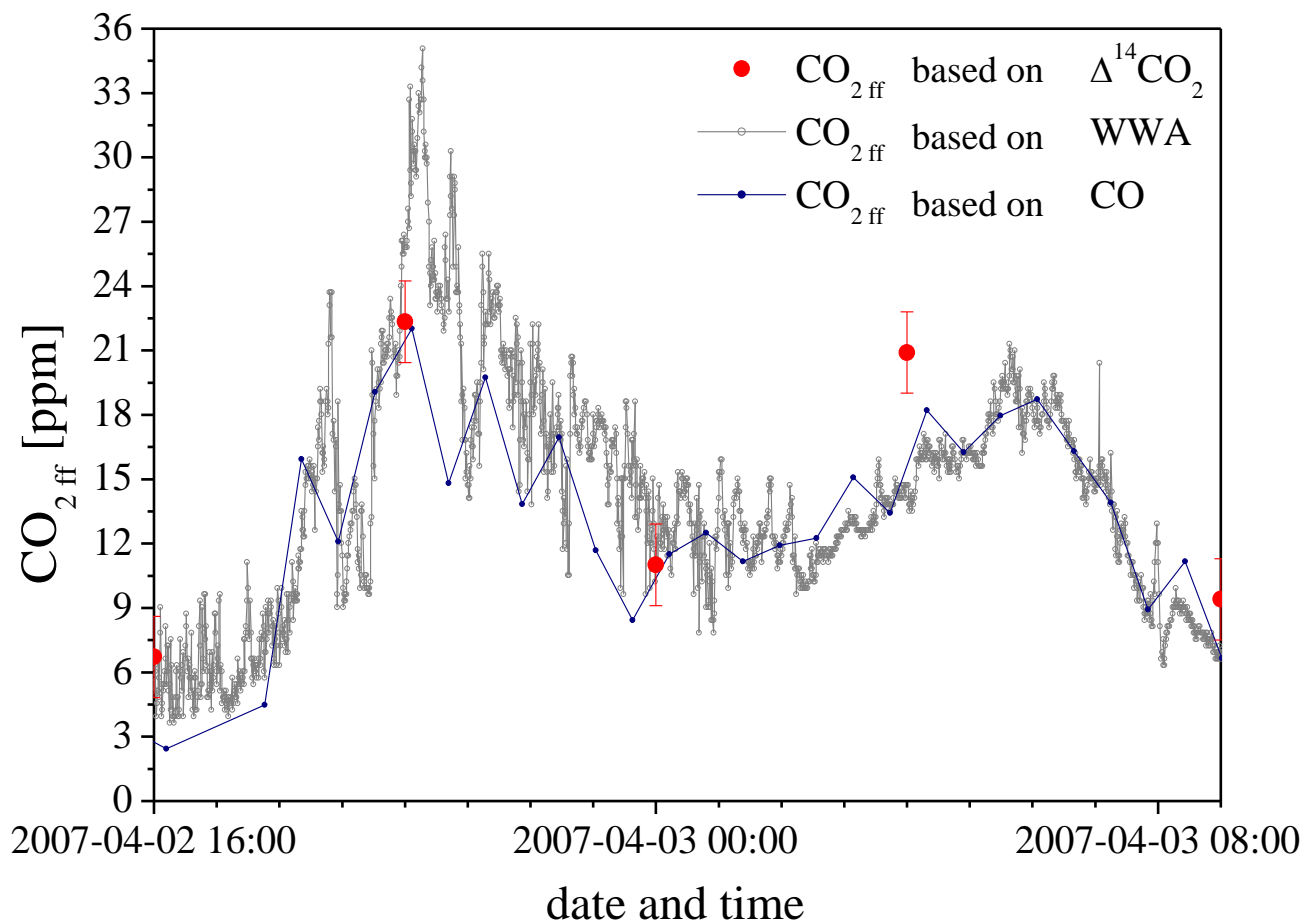
Event 1 - 02-03.04.2007



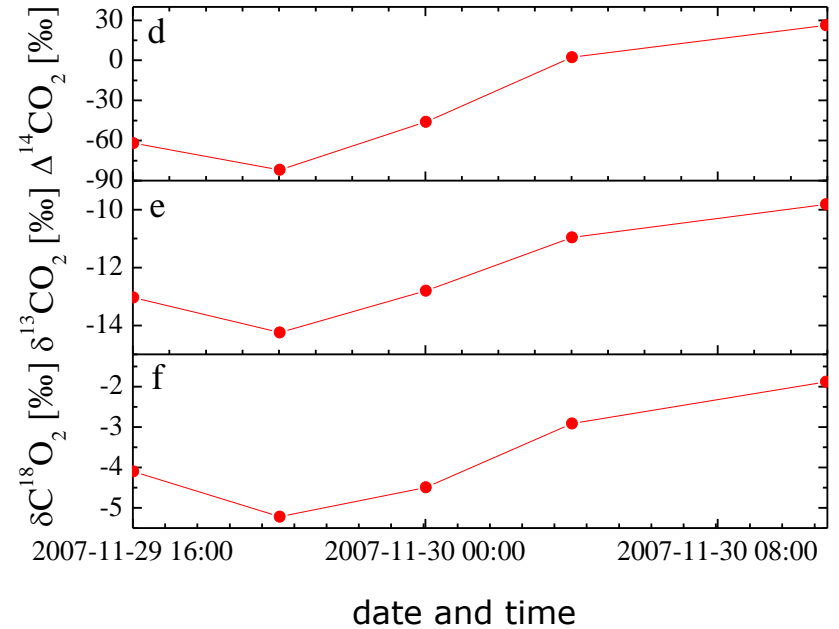
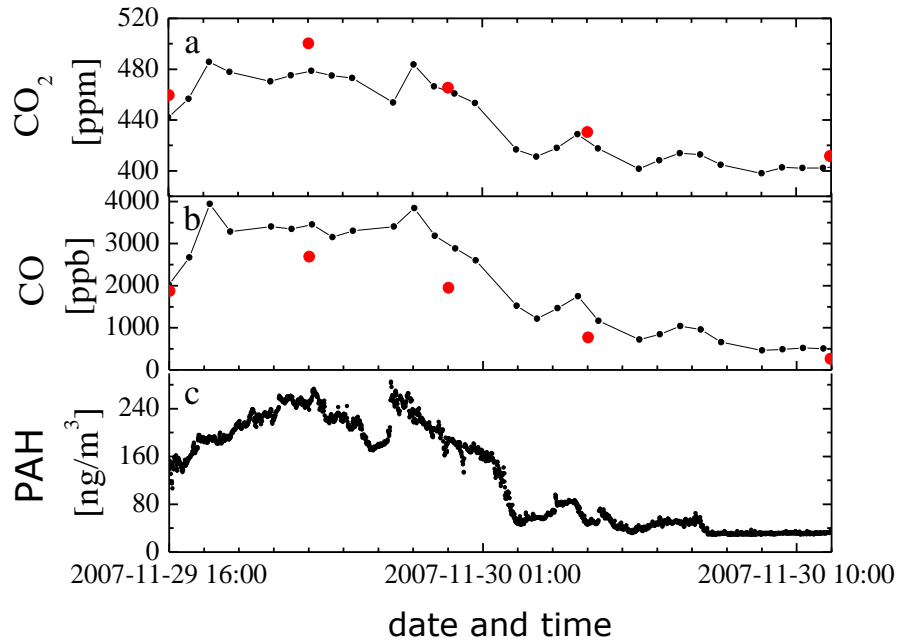
Event 1 - 02-03.04.2007

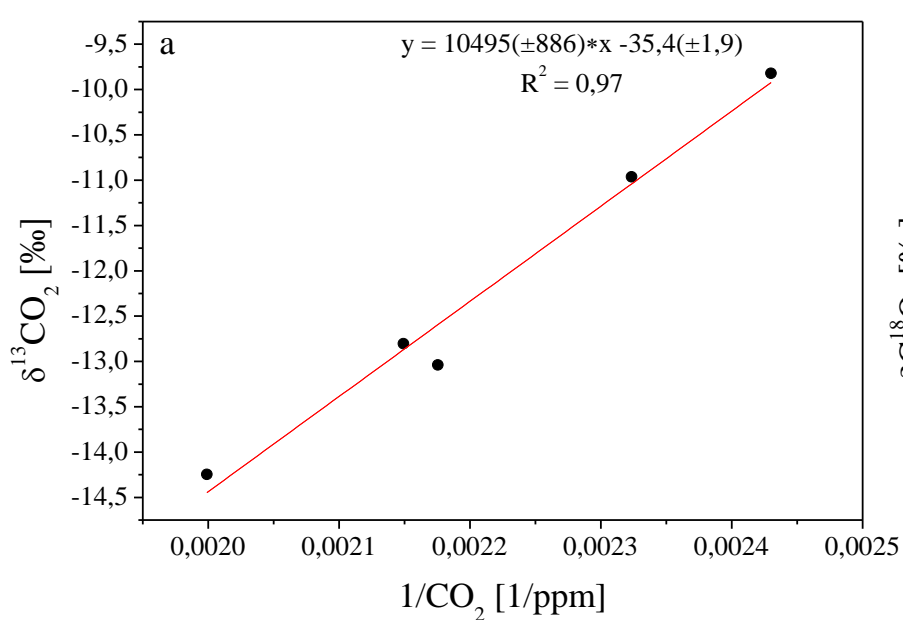
$$\Delta CO_{2ff_hourly} = \Delta CO_{hourly} \left\langle \frac{\Delta CO_{2ff}}{\Delta CO} \right\rangle$$

$$\Delta CO_{2ff_hourly} = \Delta PAH_{hourly} \left\langle \frac{\Delta CO_{2ff}}{\Delta PAH} \right\rangle$$



Event 2 - 29-30.11.2007

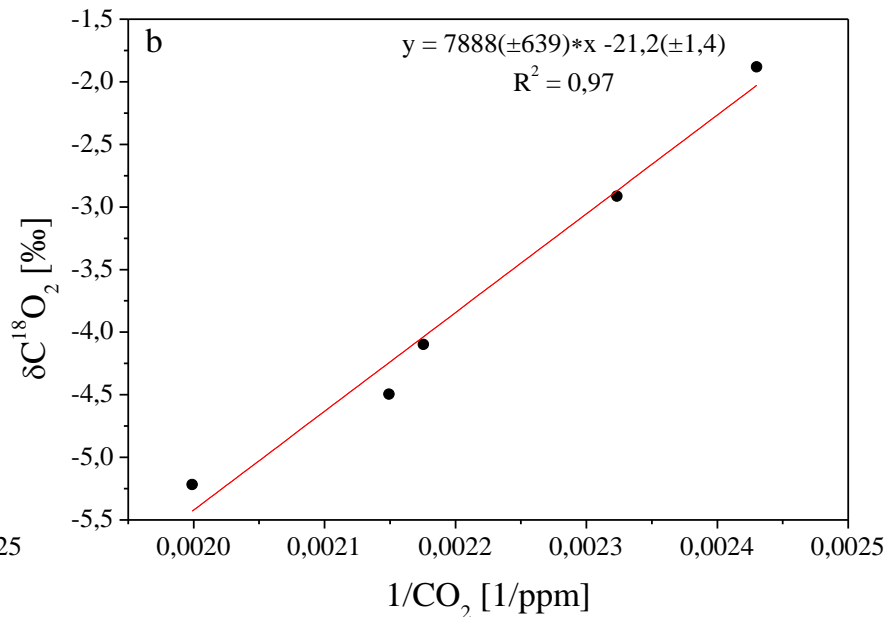




$$\delta^{13}\text{C}_{\text{src}} = -35.4\text{‰}$$

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{bg}} = -8.3\text{‰}$$

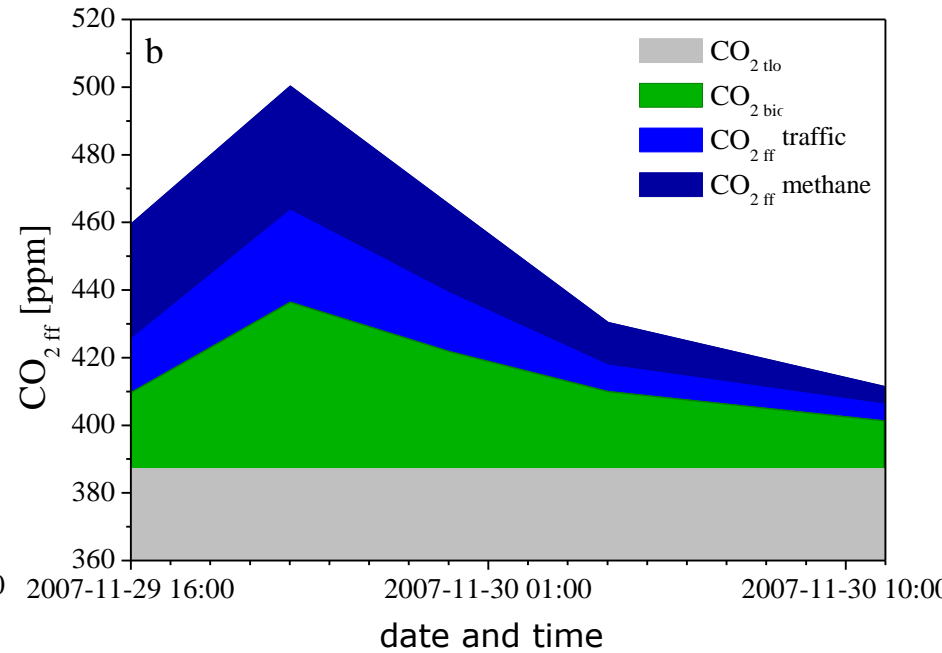
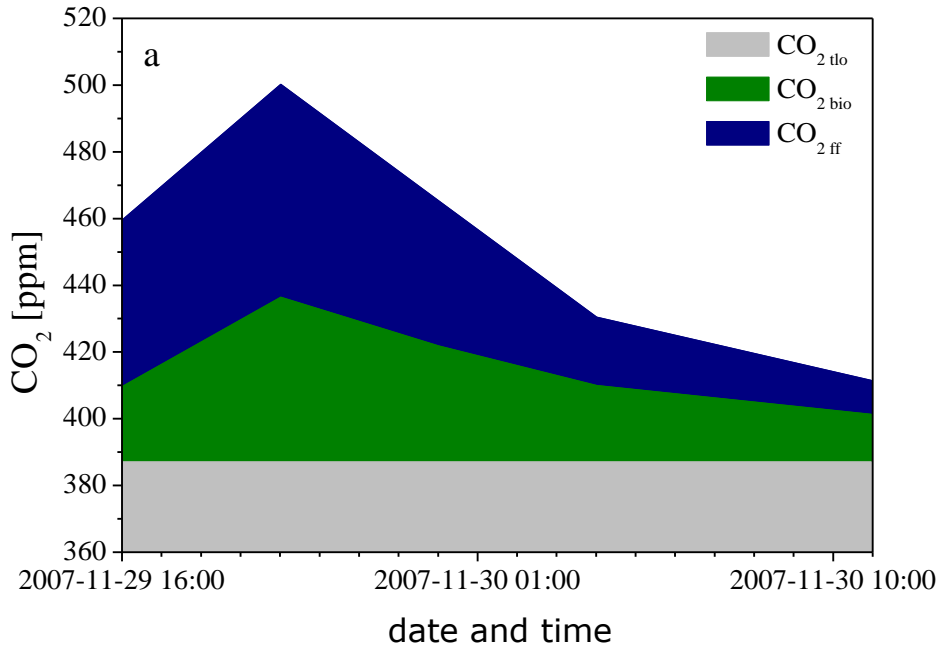
assuming $\text{CO}_{2\text{bg}} = 387.1$ ppm, (GlobalView 2011)



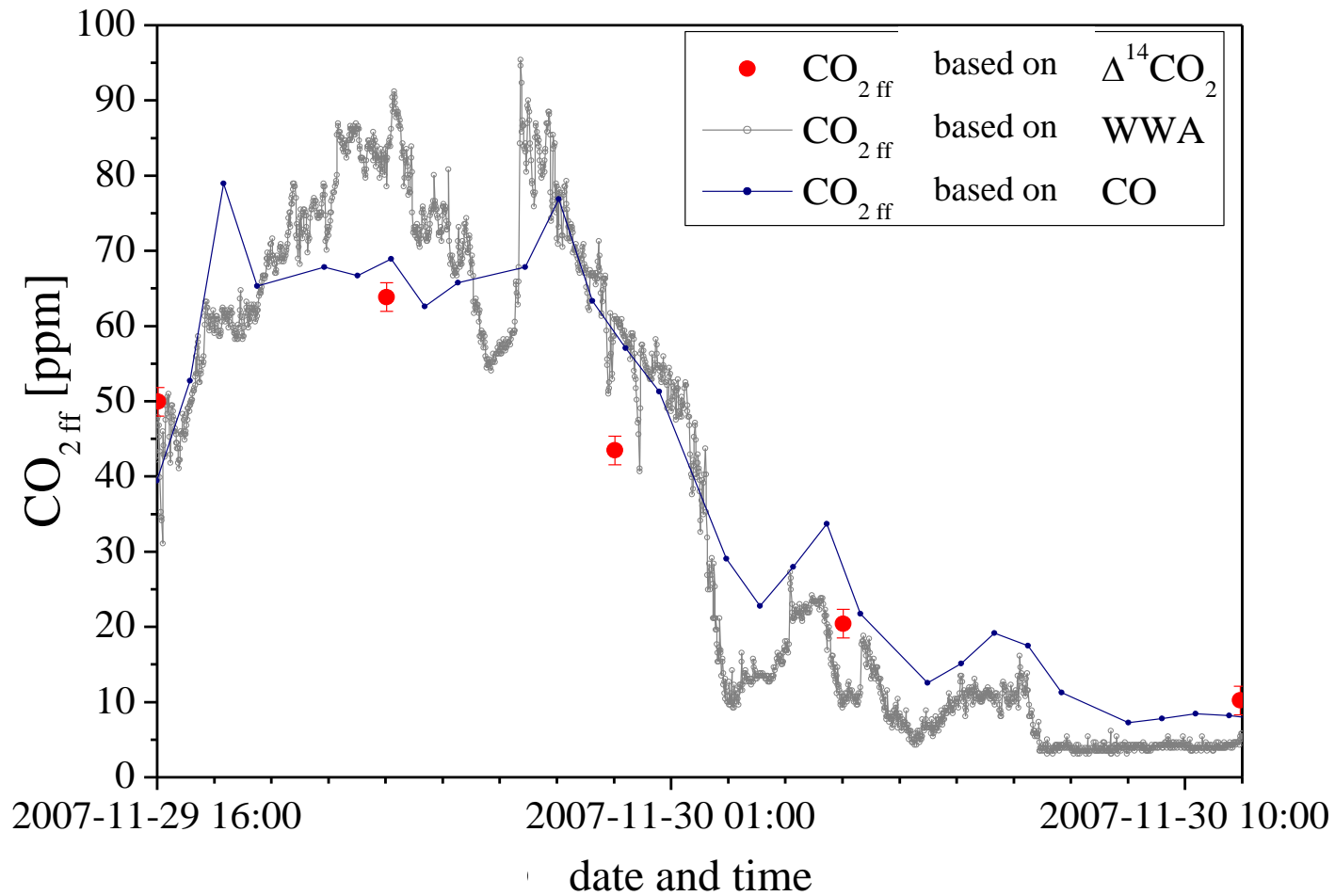
$$\delta^{18}\text{O}_{\text{src}} = -21.2\text{‰}$$

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{bg}} = -0.8\text{‰}$$

Event 2 - 29-30.11.2007



Event 2 - 29-30.11.2007





Współpracownicy

Pracownicy Zespołu Fizyki Środowiska:

- prof. dr hab. inż. Kazimierz Różański
- dr inż. Tadeusz Kuc
- dr inż. Zbigniew Gorczyca
- dr inż. Jarosław Nęcki
- dr inż. Przemysław Wachniew
- dr inż. Łukasz Chmura

Doktoranci:

- dr inż. Dorota Jeleń
- mgr inż. Paulina Wach
- mgr inż. Alina Jasek

Magistranci:

mgr inż. Lesław Figura, mgr inż. Szymon Pysz, mgr inż. Marek Kamiński,
mgr inż. Stanisław Węglarczyk, mgr inż. Krzysztof Grządziel

Inżynieranci i studenci odbywający praktyki pod moją opieką

„Ocena wielkości strumieni gazów śladowych na terenie Krakowa z wykorzystaniem pomiarów chromatograficznych oraz sodarowych.”

Grant własny Nr N305 2256 33 realizowany w latach 2007-2009

„Inżynieria procesów ograniczania emisji oraz utylizacji gazów szkodliwych i ciepłarnianych”

Projekt badawczy zamawiany nr G004/T02/2007 realizowany w latach 2007-2010

„Ocena wielkości wymiany dwutlenku węgla między atmosferą, ekosystemami lądowymi i wodnymi na obszarze zurbanizowanym Krakowa”.

Projekt międzynarodowy niewspółfinansowany Nr 817/N-COST/1010/0 realizowany w ramach akcji COST SIBAE realizowany w latach 2010-2013

Środki statutowe Zespołu Fizyki Środowiska



Najważniejsze publikacje

Zimnoch M. 2009, Stable isotope composition of carbon dioxide emitted from anthropogenic sources in the Krakow region, Southern Poland, *Nukleonika*; 54(4):291–295

Zimnoch, M; Godłowska, J; Necki, JM; Rozanski, K, 2010, Assessing surface fluxes of CO₂ and CH₄ in urban environment: a reconnaissance study in Krakow, Southern Poland, *Tellus*, 62B, 573-580

Zimnoch, M; Jelen, D; Galkowski, M; Kuc, T; Necki, J; Chmura, L; Gorczyca, Z; Jasek, A; Rozanski, K, 2012, Partitioning of atmospheric carbon dioxide over Central Europe: insights from combined measurements of CO₂ mixing ratios and their carbon isotope composition, *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 48, 421-433.

Alina Jasek, Mirosław Zimnoch, Zbigniew Gorczyca, Ewa Smula and Kazimierz Rozanski, 2014, Seasonal variability of soil CO₂ flux and its carbon isotope composition in Krakow urban area, Southern Poland, *Isotopes in Environmental and Health Studies*, Vol. 50, No. 2, 143–155

M. Zimnoch, P. Wach, L. Chmura, Z. Gorczyca, K. Rozanski, J. Godłowska, J. Mazur, K. Kozak, and A. Jericevic, 2014, Factors controlling temporal variability of near-ground atmospheric ²²²Rn concentration over Central Europe, *Atmospheric Chemistry and Physics Discuss.* 01/2014; 14:3667–3706

