

Laboratorium Transferu Radiacyjnego w Instytucie Geofizyki

Krzysztof Markowicz

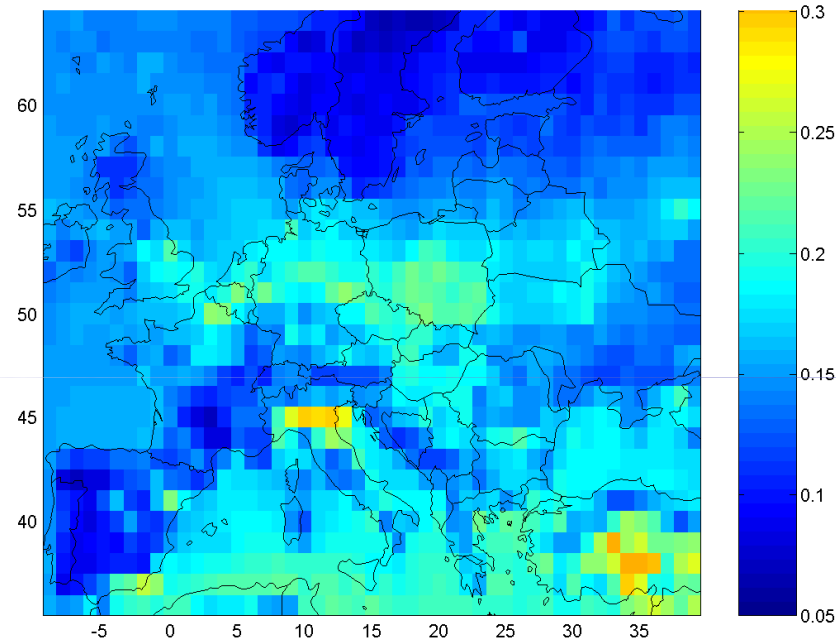
Hanna Pawłowska, Iwona Stachlewska

ZFA IGF

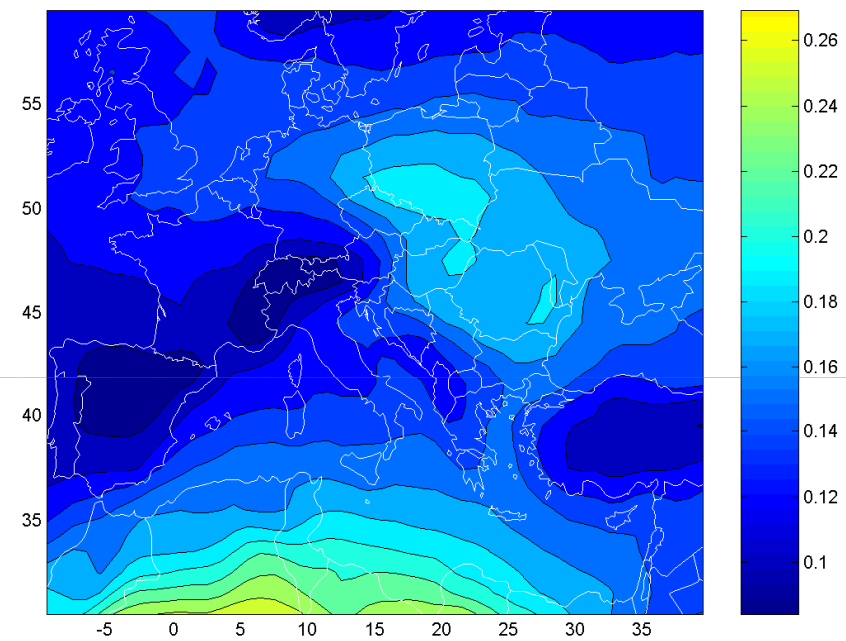
Motywacja

Średnia grubość optyczna aerozolu dla 550 nm

MODIS



NAAPS



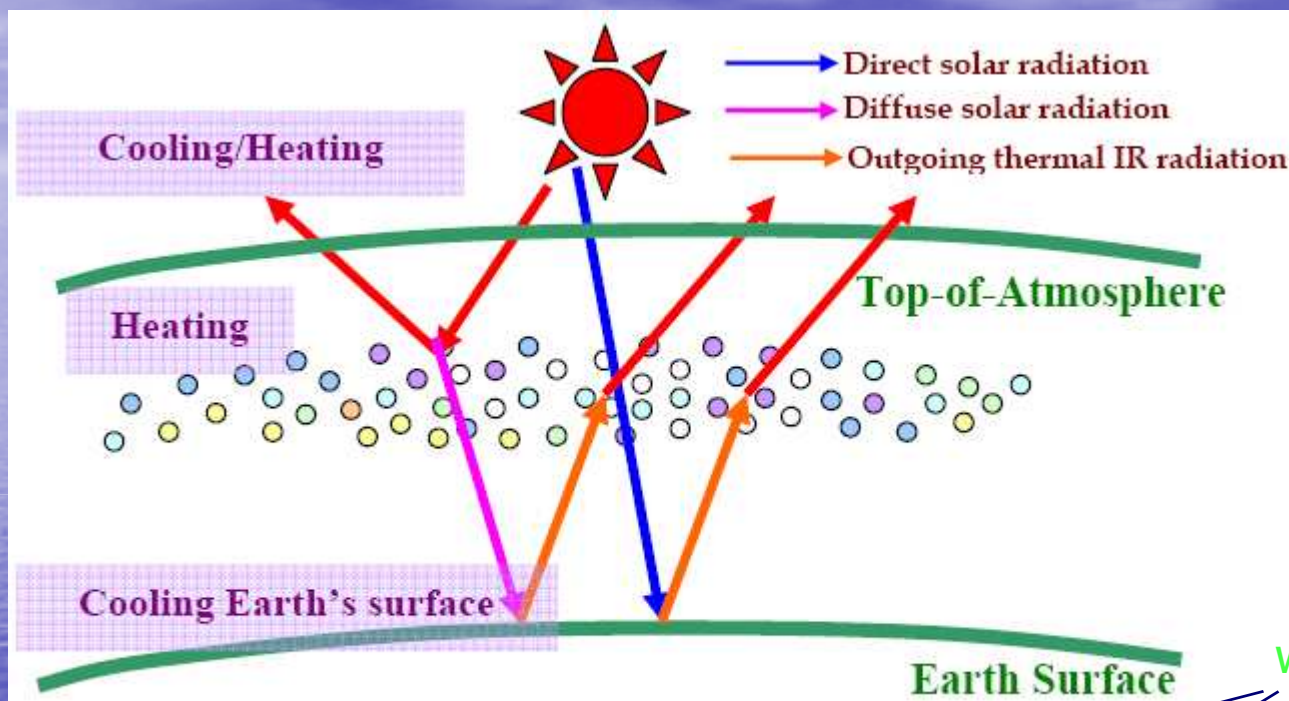
Modis poziom 3, lata: 2000-2010

lata: 1998-2006

Główne cele badań

- Obserwacje i modelowanie wymuszenia radiacyjnego aerozolu.
- Badanie własności optycznych aerozoli atmosferycznych.
- Rozwijanie metod teledetekcyjnych służących do wyznaczania własności optycznych aerozoli atmosferycznych.
- Walidacja technik teledetekcyjnych
- Walidacja modeli transportu zanieczyszczeń (NAAPS, GEM-AQ).

Bezpośredni wpływ aerozolu na klimat



współ. odbicia od
powierzchni ziemi

$$\text{FORCING} \approx -F_o \downarrow \tau [\beta (1 - R_s)^2 \omega - 2R_s (1 - \omega)]$$

grubość optyczna
aerozolu (AOT)

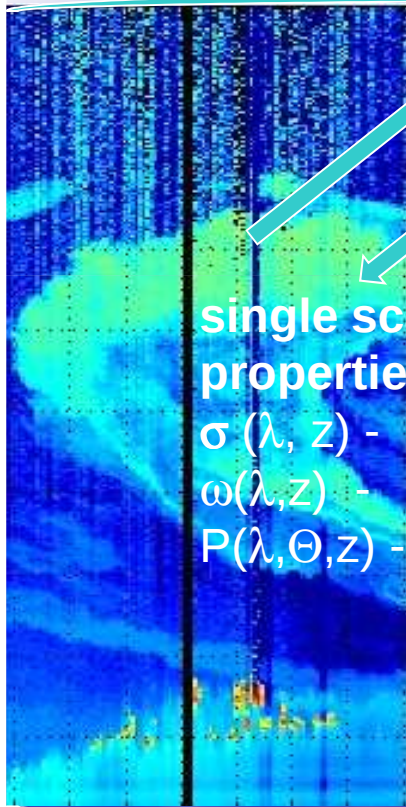
współczynnik
rozpraszania
wstecznego

albedo pojedynczego
rozpraszania (SSA)

Własności optyczne aerozolu



wymuszanie radiacyjne



single scattering
properties (inherent)

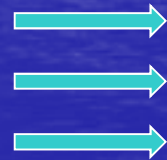
$\sigma(\lambda, z)$ - współ. ekstynkcji
 $\omega(\lambda, z)$ - SSA
 $P(\lambda, \theta, z)$ - funkcja fazowa

$N(r, z)$ - rozkład wielkości cząstek
 $n(z) = m(\lambda, z) + i \cdot k(\lambda, z)$ - współ. refrakcji
kształt cząstek

Teoria Rayleigha, MIE,
DDA, Tmatrix itd.

metody
odwrotne

uproszczenie



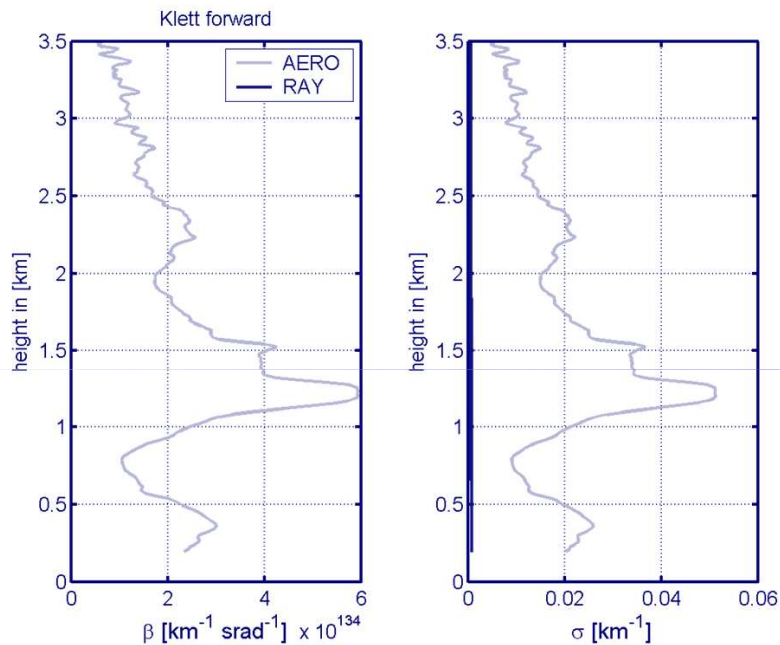
lub

$\tau(\lambda)$ - AOT
 $\langle \omega(\lambda) \rangle$ - średnie SSA
 $\langle P(\lambda, \theta) \rangle$ - średnia funkcja fazowa

Model transferu radiacyjnego

wymuszanie radiacyjne

Czy potrzebujemy pionowe profile własności optycznych?



Głównie z dwóch powodów:

- 1) Lokalne ogrzewanie przez aerozol absorbujący
- 2) Wpływ wysokości warstwy aerozoli absorbujących na strumienie radiacyjne

Aerozole
absorbujące



Krótką historia pomiarów na dachu IGF SAWA- SAharan dust over WArshaw 2005



Celem kampanii pomiarowej SAWA było zbadania własności optycznych aerozoli niesferycznych oraz oszacowanie wymuszenia radiacyjnego.



Laser Ceilometer CT25K (Vaisala)

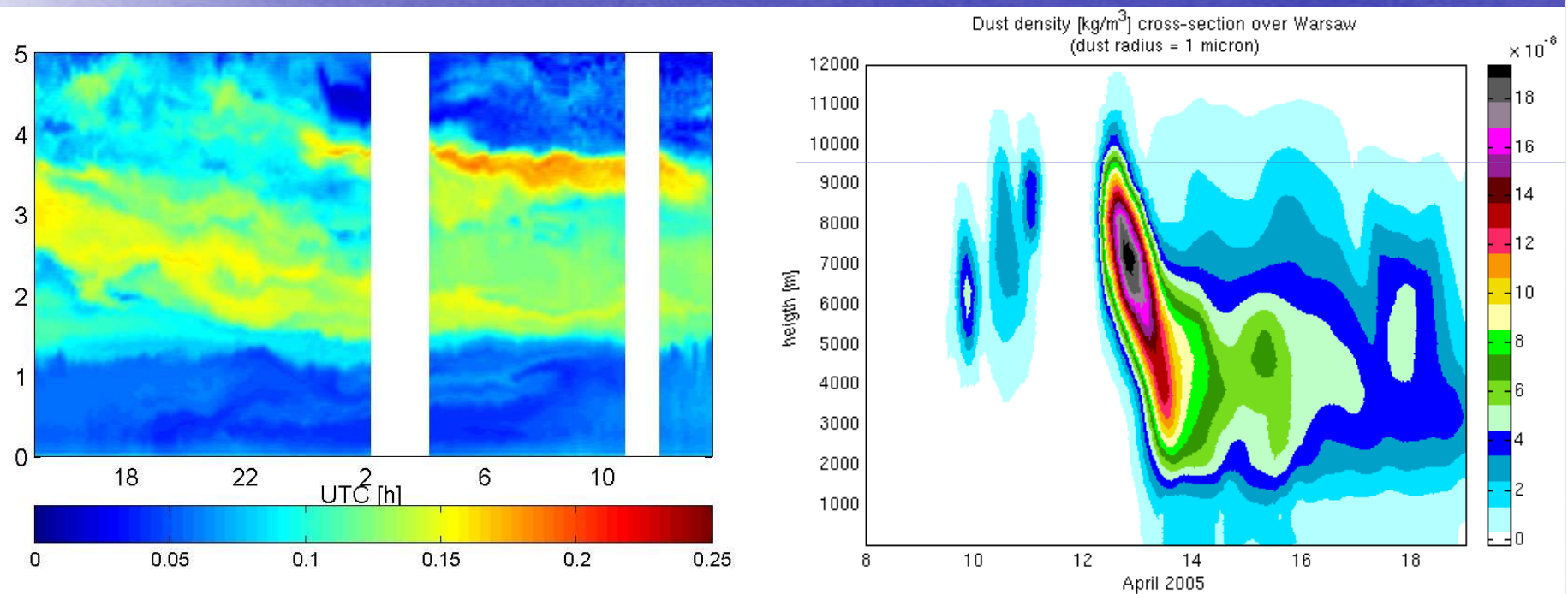
- IO PAN Sopot
- Scripps UCSD
- Free University of Berlin (FUB)
- IFD UW



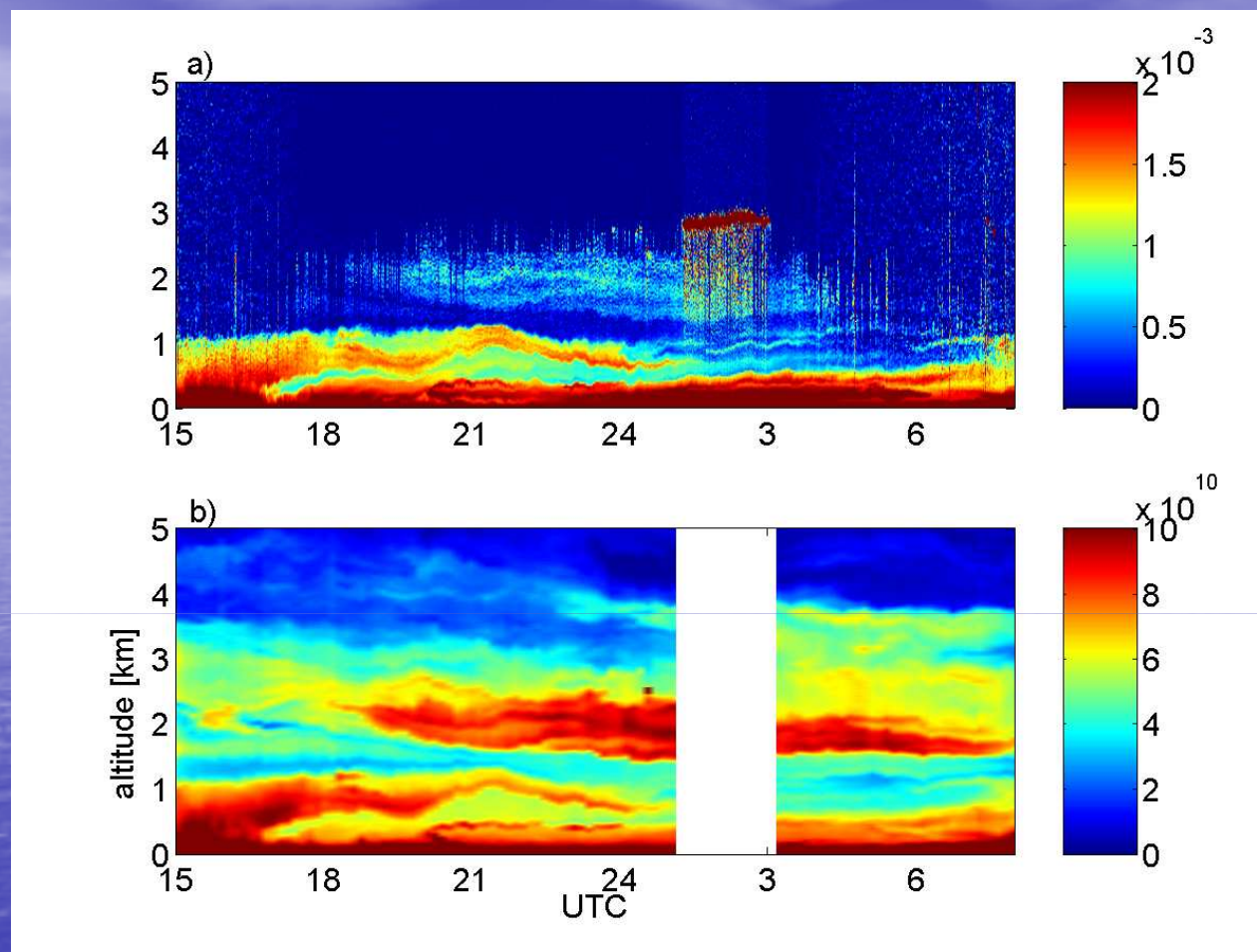
Pyranometry i Shadow Band

19.07.2005

Napływ aerozolu pustynnego 13-14 kwiecień 2005



Kardaś et al., 2010



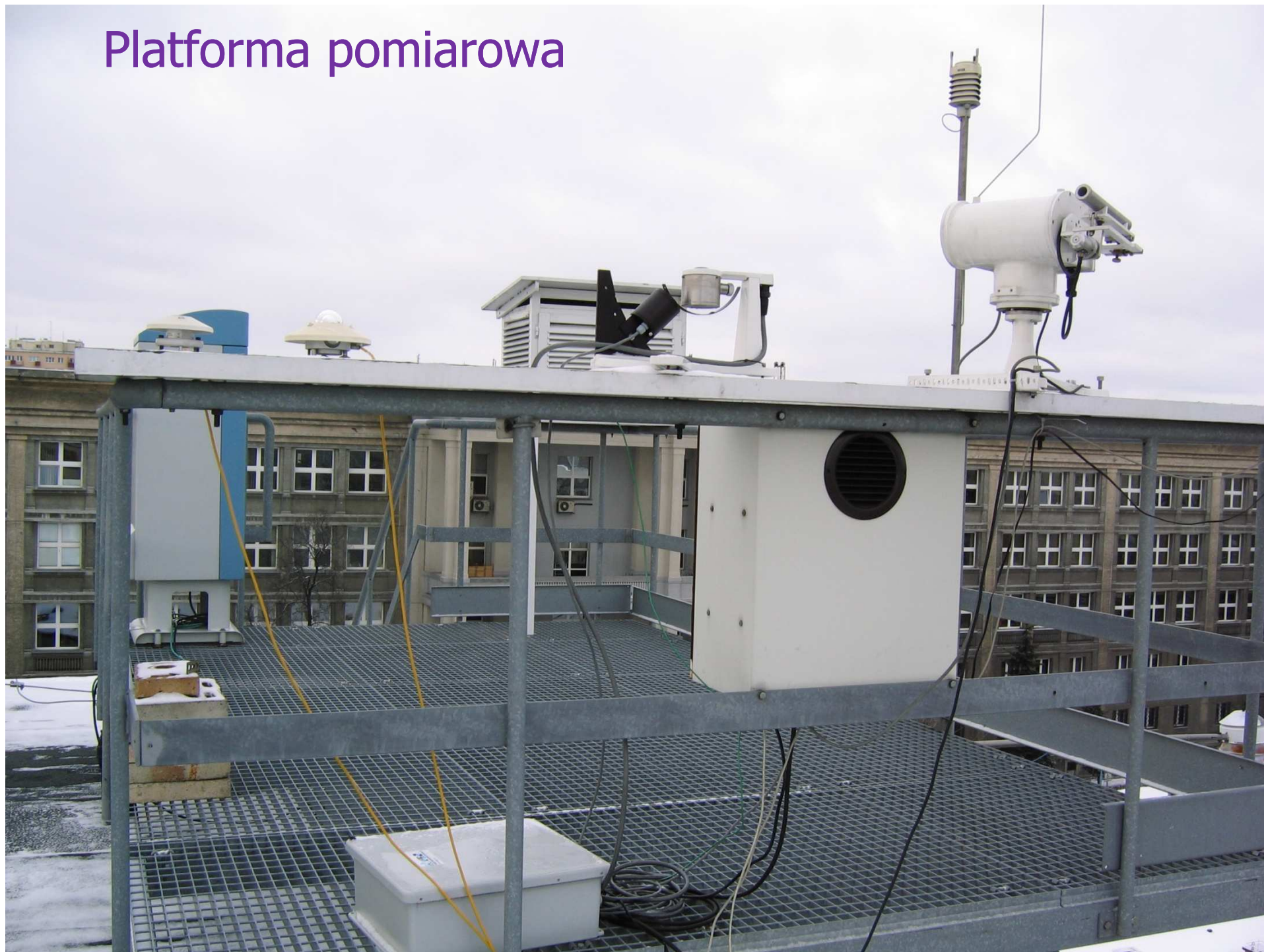
Markowicz et al., 2008

Porównanie detekcji aerozolu pustynnego przez
ceilometr Vaisala CT25K (a) i Lidar aerozolowy FUB (b).

Rozwój LTR w latach 2006-2010

- 2006 r. powstaje platforma pomiarowa
- 2006 r. instalacja stacji odbioru danych satelitarnych z MSG
- 2007 r. (wrzesień) uruchomione ciągłe pomiary strumieni radiacyjnych, pomiary ceilometrem oraz pomiary meteo
- 2008 r (styczeń) pomiary ceilometrem w trybie EARLINETu (poniedziałek i czwartek przez 24 h)
- 2008 r. powstaje świetlik w dachu do pomiarów lidarowych
- 2009 r. zakup sun trackera STR22
- 2010 r. (listopad) instalacja radiometru MFR-7 shadowband
- 2010 r. (grudzień) zakup anemometru ultradźwiękowego

Platforma pomiarowa



Pokój laboratoryjny



adaptacja poddasza
współfinansowana ze środków
Fundacji na rzecz Nauki Polskiej
w ramach programu MILAB 2005

Rozwój w latach 2005-2007

W ramach grantu: „Badanie spektralnych właściwości optycznych aerozolu oraz wymuszania radiacyjnego”, nr 0494/P04/2004/27, okres realizacji 2005-2007.

Multi-spektralny Fotometr Słoneczny MSSP (Multi-Spectral Sun Photometer)



Obecnie przyrząd służy do badania współczynnika odbicia powierzchni ziemi.

Detector	MMS1 UV-VIS
Spectral range	310 – 1100 nm
Temperature – induced drift	< 0.02 nm/K
Spectral distance of pixel	3.3 nm
Resolution (Rayleigh criterion)	10 nm
Number of pixels	256
Grating	Flat-field, 360 l/mm
Wavelength absolute accuracy	0.3 nm
Sensitivity	10^{13} counts/Ws
Noise	1 count standard deviation
Dynamic range	2^{14}
Conversion	14-Bit-A/D conversion, integration time 10 ms, clock rate 28 KHz, 20 cycles averaging

Pomiary grubości optycznej aerozolu

MICROTOPS - pomiar
bezpośredniego promieniowania
słonecznego w celu wyznaczania
grubość optycznej aerozolu
(380,500,675,870,1020 nm)



Rozbudowa LTR o nową aparaturę w 2007 roku

Finansowanie zakupu trzech instrumentów

ceilometr CHM-15K

radiometry: pyranometr i pyrgeometr

przez MNiSW (projekty międzynarodowe niewspółfinansowane)

ACCENT (Atmospheric Composition Change The European
Network of Excellence)

Badanie bezpośredniego i pośredniego wpływu aerozoli na
klimat.

kierownik: dr hab. Hanna Pawłowska

Uruchomienie ciągłych obserwacji we wrześniu 2007 roku.

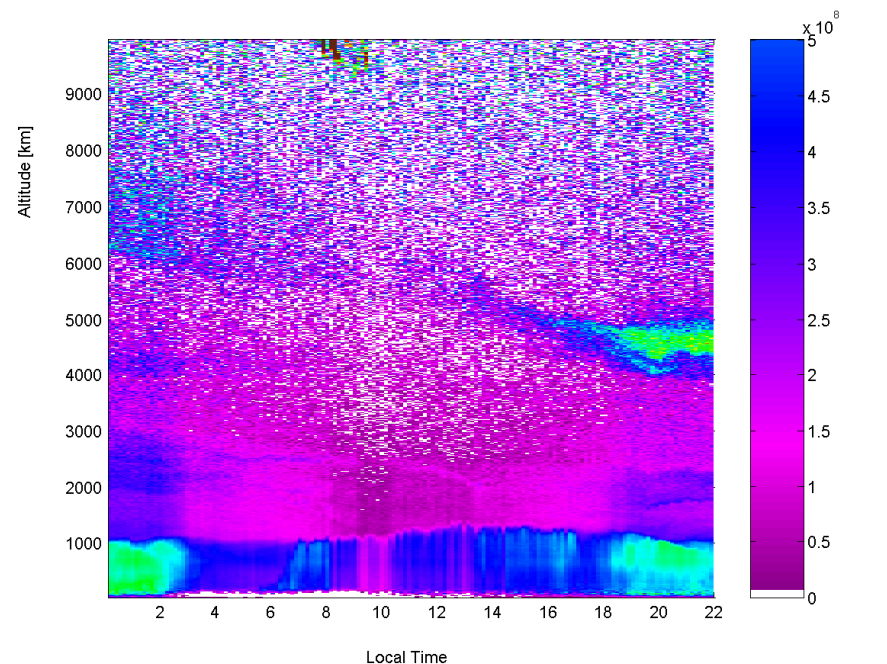
Ceilometr Jenoptik CHM-15K



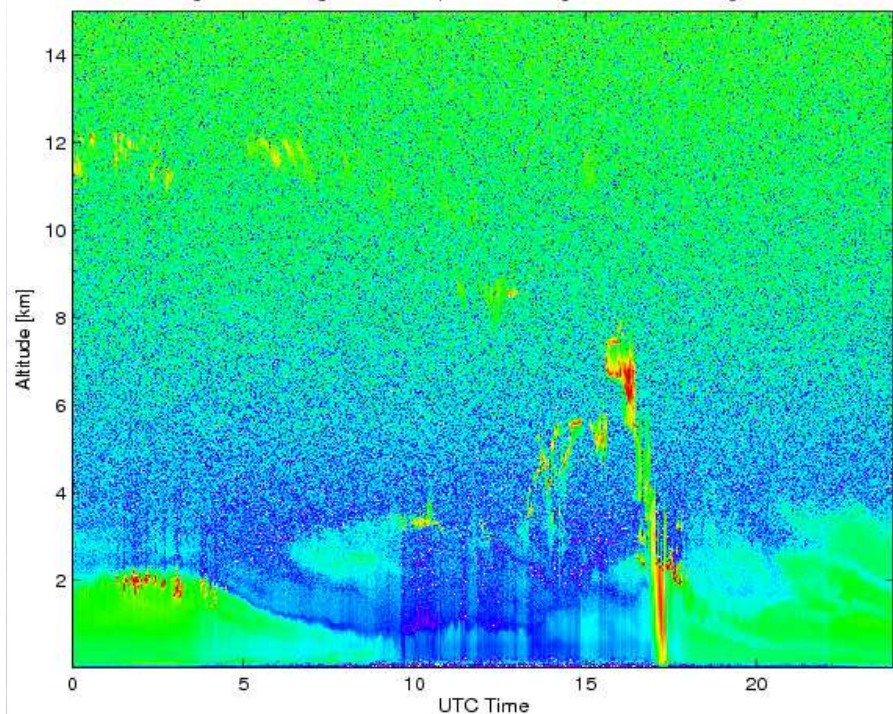
Measuring principle	Optical (LIDAR)
Measuring range	15 m - 15,000 m (50 ft ... 50,000 ft)
Accuracy ¹	± 5m (± 16 ft)
Resolution of backscatter data	standard: 15 m (50 ft) optional: 5 m (16 ft)
Hardware resolution	200 MHz (Sampling rate)
Time to measure	5 s ... 60 min (programmable)
Targets	Aerosols, clouds
Quantities to be measured	- Cloud base (max. 5 layers, preset: 3 layers) - Cloud amount - Penetration depth - Vertical visibility - Height of mixing layer
Light source	Nd:YAG solid-state laser, wavelength 1064 nm

Pył pustylny 29 maja 2008
nad Warszawą

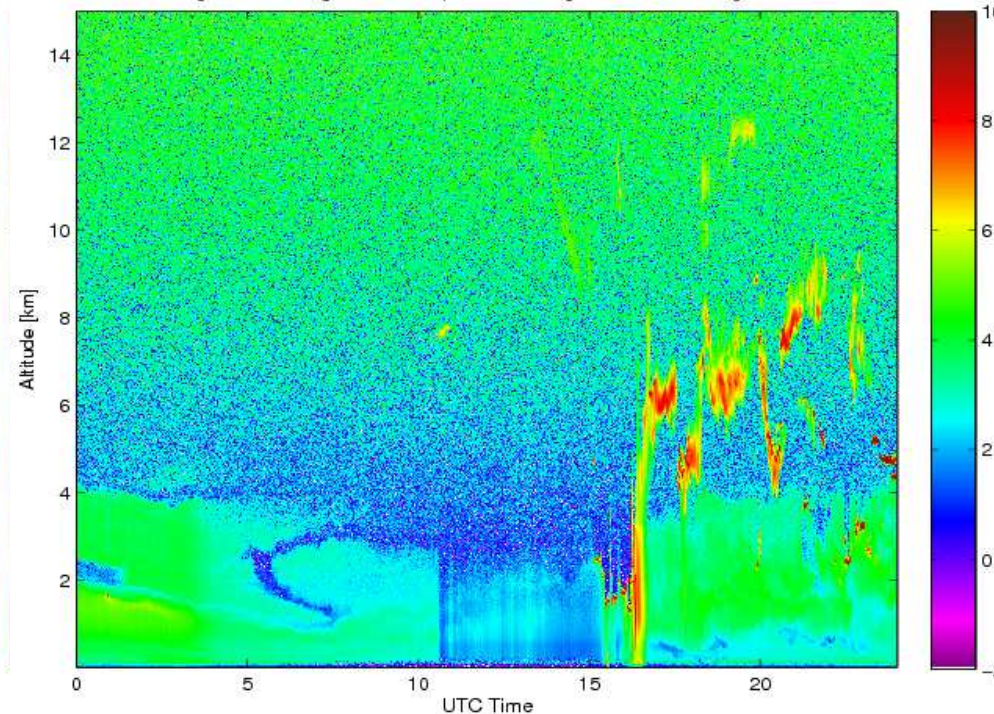
Pożary znad Rosji i piasek
pustylny w sierpniu 2010 r.



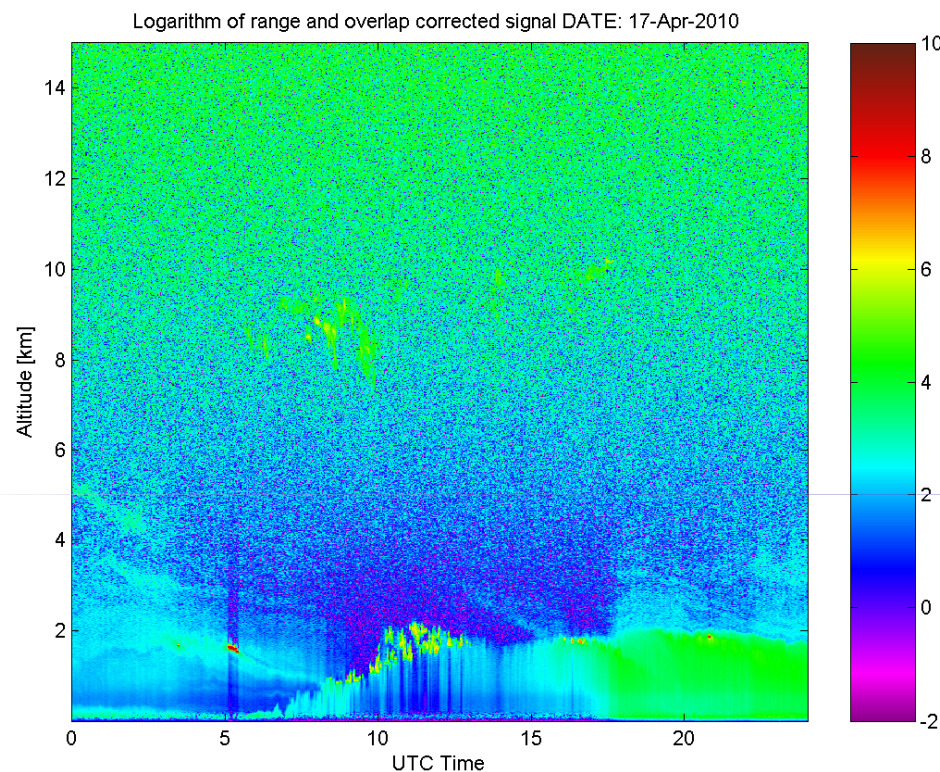
Logarithm of range and overlap corrected signal DATE: 13-Aug-2010



Logarithm of range and overlap corrected signal DATE: 15-Aug-2010

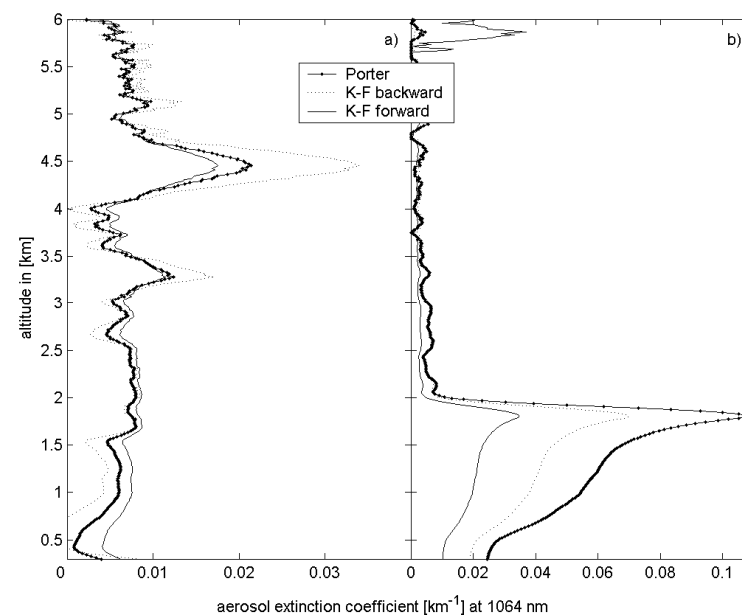


Obserwacje pyłu wulkanicznego w kwietniu 2010 r.



Grubość optyczna pyłu wulkanicznego nad Warszawa nie przekroczyła 0.05 (500 nm)

W Niemczech oszacowano koncentrację pyłu wulkanicznego na 500–750 (± 300) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ co oznacza, że poziom 2 mg/m^3 (wartość po której powinny zostać wstrzymany ruch lotniczy) nie został przekroczony (Flentje et al., 2010).



Eksperymenty polowe z wykorzystaniem instrumentów IGF

- SAharan dust over WArsaw (SAWA), Warszawa, 2005
- Maritime Aerosol, Clouds and Radiation Observations in Norway (MACRON), Andoya, 2007
- Aerosol Optical Properties retrieval from Ceilometer (AOPCeilo), Cabauw 2008/2009
- Signatures of Evaporation of Artificial Snow in Alpine Lower Troposphere (SEASALT), Austria, 2008
- Kampania w Rozewiu, 2009
- Wymuszanie Radiacyjne Nad Polską (WRNP), Strzyżów, 2010

Rozwój LTR w 2010 roku.

W ramach projektów MNiSW:

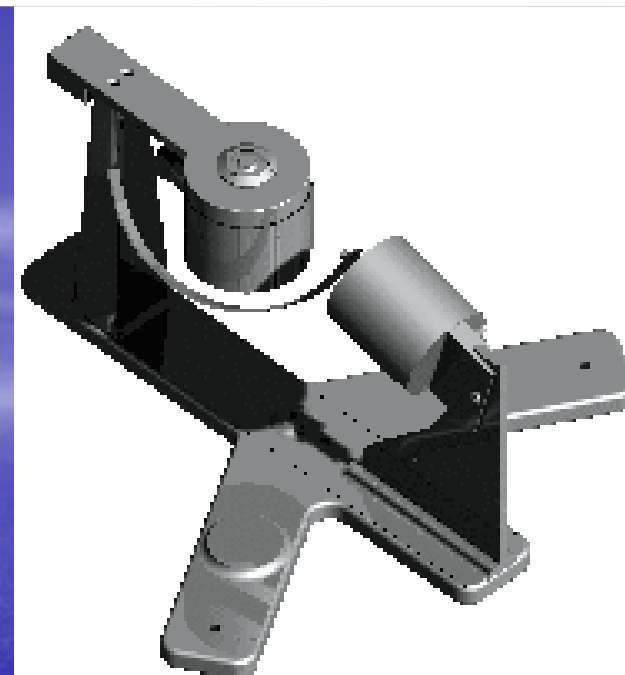
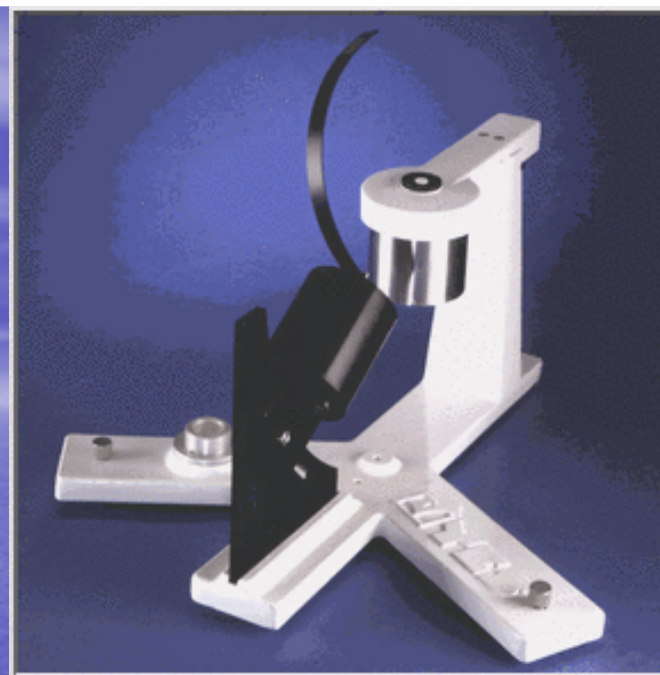
- Wyznaczanie własności optycznych aerozoli na podstawie synergii pomiarów teledetekcyjnych, decyzja nr 1276/B/P01/2010/38, czas realizacji 2010-2013.
- Zróżnicowanie czasowo-przestrzenne wymuszania radiacyjnego nad Polską, decyzja Nr 1283/B/P01/2010/38, czas realizacji 2010-2013.

Zakup:

- trzech radiometrów MFR-7 Shadowband (IGF, IO PAN Sopot, SolarAOT Strzyżów)
- Radiosondy Vaisala RS92SGP

Budowa systemu do kalibracji radiometrów

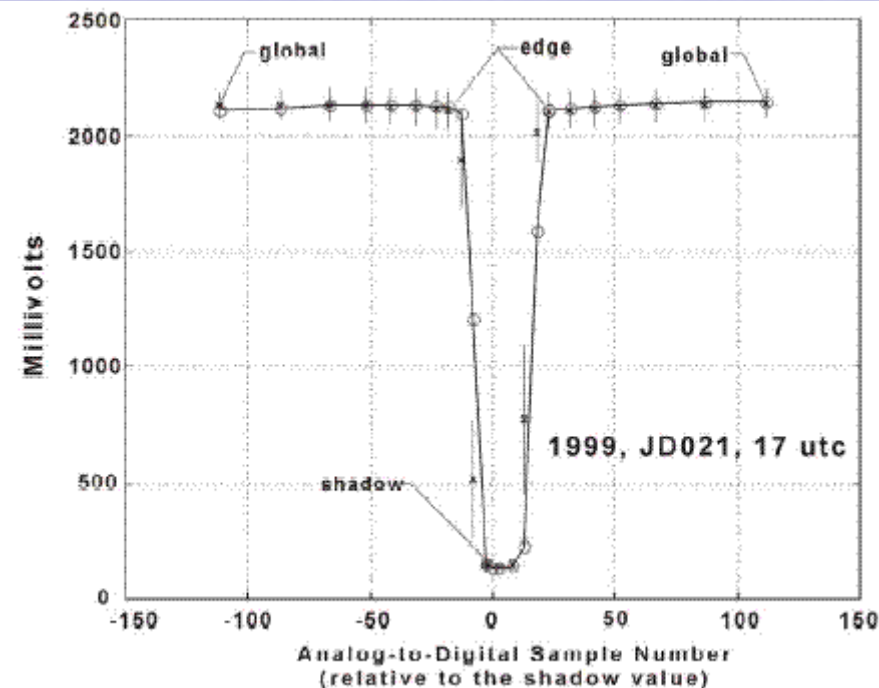
MFR-7 Multi Filter Radiometer (Shadowband)



Spektralny pomiar promieniowania całkowitego oraz rozproszonego

$\lambda = [415, 500, 610, 665, 862, 940 \text{ nm}]$

Służy do wyznaczania grubości optycznej aerozolu oraz opadu potencjalnego.



Wyznaczenie albedo pojedynczego rozpraszania na podstawie pomiarów stosunku promieniowania rozproszonego do bezpośredniego.

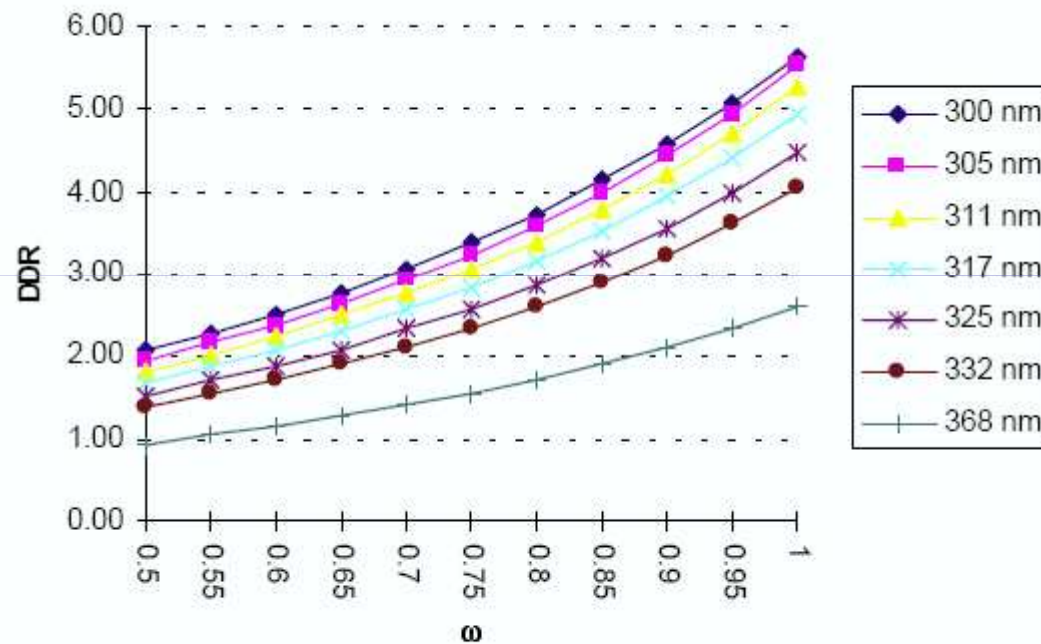
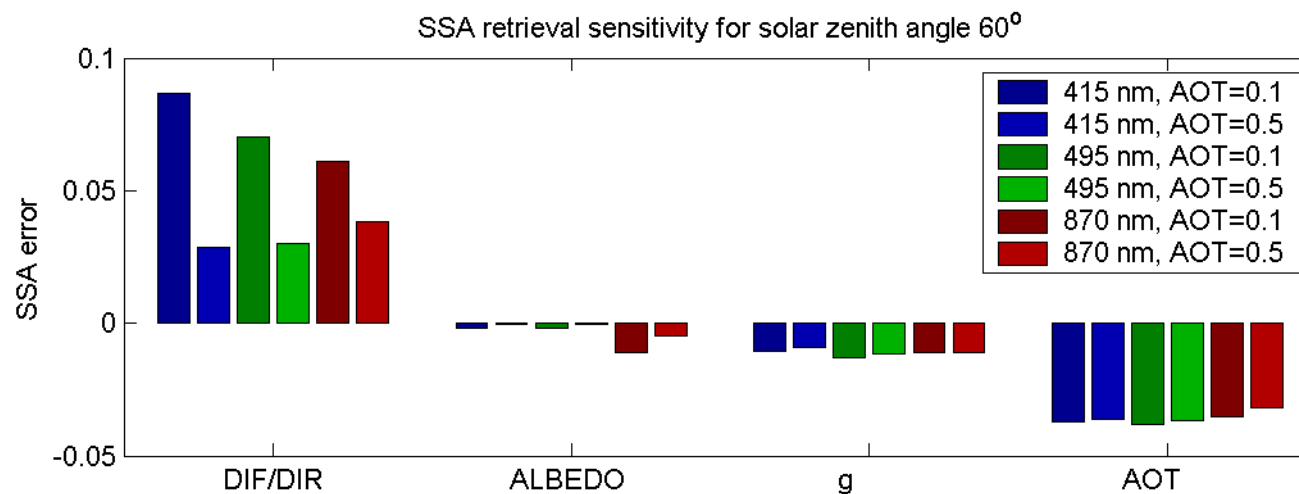
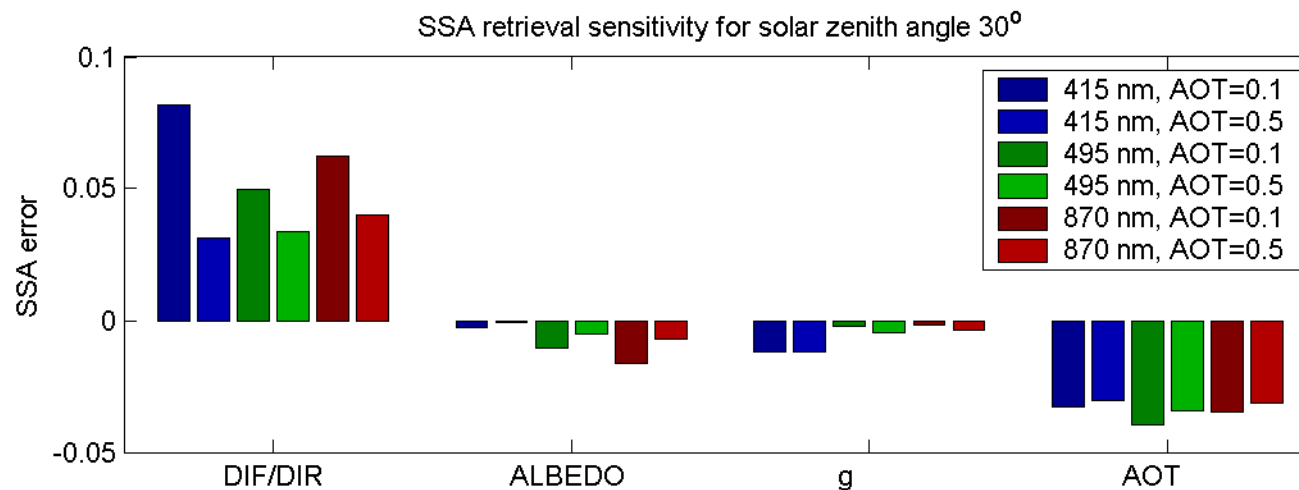


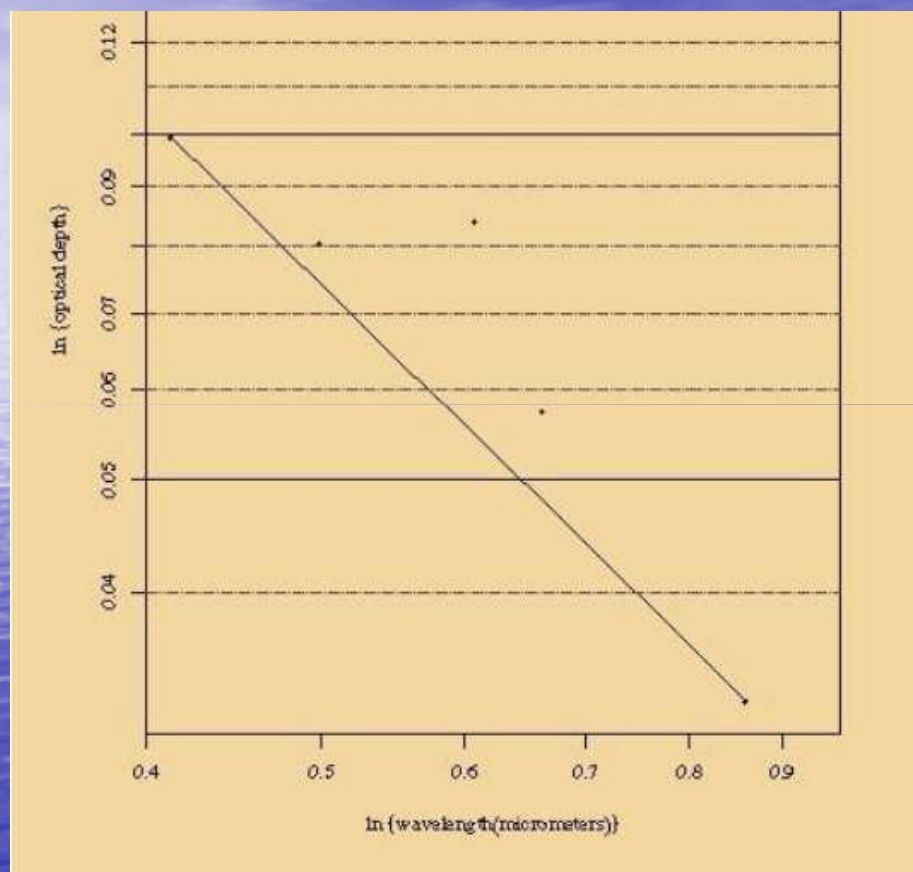
Figure 3. (a) Sensitivity of diffuse-to-direct ratio (DDR) to single scattering albedo (ω) in TUV4.1 at AOD=0.05. (b) same as (a) at AOD=1.00.

Sensitivity study of the single scattering albedo (SSA) (Modtran simulations)



Temat może być realizowany w ramach pracy magisterskiej

Wpływ ozonu na grubość optyczną wyznaczaną na podstawie pomiarów MFR-7.



Absorpcja przez ozon wpływa na grubość optyczną w kanale 500, 610 oraz 675 nm. Największy wpływ O_3 występuje dla fali około 600 nm.

Korekcja grubości optycznej na zawartość ozonu może być przeprowadzona przy założeniu, że zależność grubości optycznej aerozolu jest potęgowa

$$\tau(\lambda) = \beta \lambda^{-\alpha}$$

Pozwala to oszacować zawartość ozonu w pionowej kolumnie powietrza z dokładnością rzędu 10-20%.

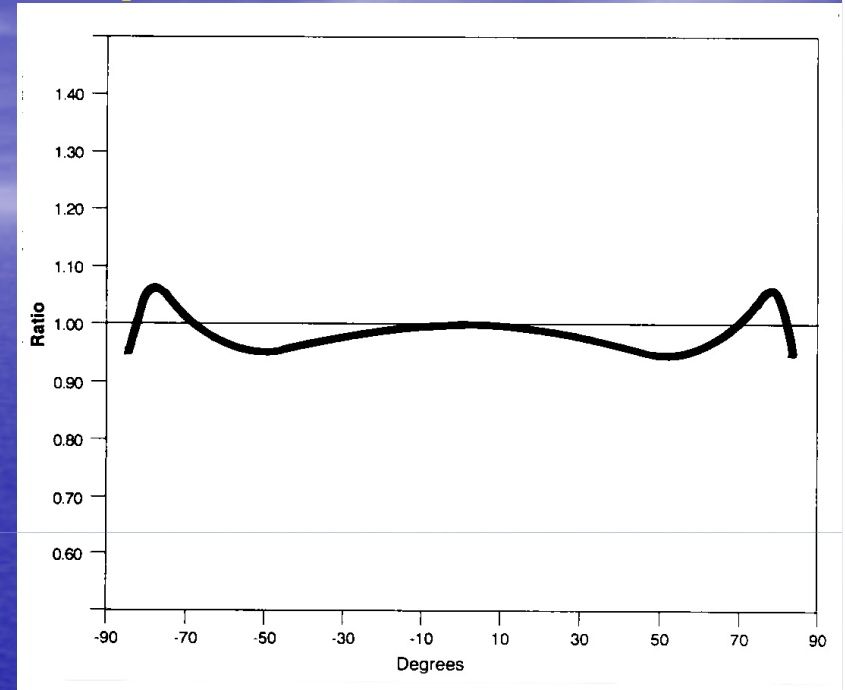
Porównanie MFR-7 i klasycznych radiometrów (pyranometrów)

Zalety MFR-7:

1. Jeden detektor mierzy trzy strumienie promieniowania (całkowite, rozproszone i bezpośrednie). Potrzebna jest tylko jedna kalibracja w przeciwieństwie do sytuacji gdy mierzymy promieniowanie całkowite i rozproszone pyranometrami, zaś bezpośrednie pyrhelimetrem.
2. Jedna oś obrotu w porównaniu do 2 osi w przypadku klasycznych sun trackerów.
3. Pomiar strumieni w wąskich kanałach spektralnych z dala od pasm absorpcyjnych pary wodnej pozwala w prosty sposób szacować wymuszanie radiacyjne aerozolu.

wady MFR-7:

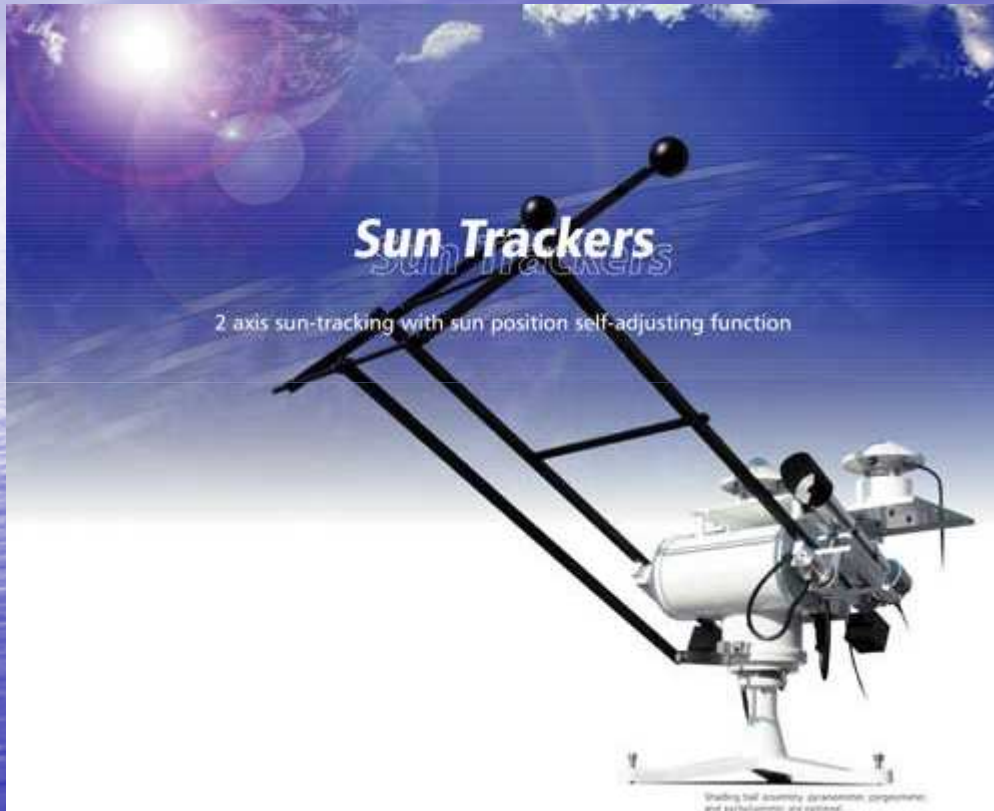
1. Potrzeba kalibracji kątowej (kosinusowej) detektora, która w istotny sposób wpływa na pomiar promieniowania bezpośredniego. W przypadku pyrhelimetru nie mamy tego problemu.



Największy wpływ błędu kosinusowego na wyniki pomiaru występuje dla strumienia promieniowania bezpośredniego, który liczony jest z różnicy pomiędzy promieniowaniem całkowitym a rozproszonym.

Na ogół zakłada się, że wpływ błędu kosinusowego na promieniowanie rozproszone jest niewielki i koryguje się jedynie promieniowanie bezpośrednie oraz całkowite. Wzięcie pod uwagę korekcji dla strumienia rozproszonego jest trudne.

Sun tracker STR22 - EKO



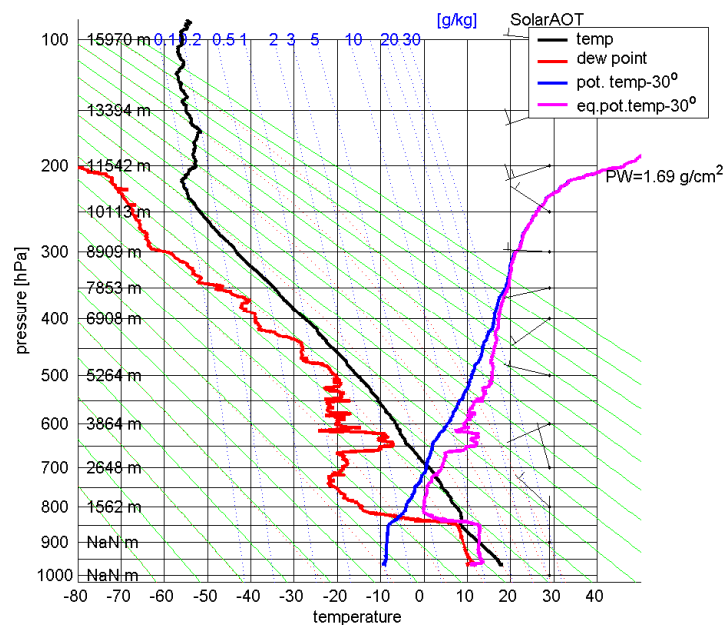
Umożliwia pomiar promieniowania bezpośredniego oraz rozproszonego.

Promieniowanie bezpośredniego pozbawione jest całkowicie a promieniowanie rozproszone w znacznej mierze problemu związanego z błędem kosinusowym.

Tym samym wyznaczenie promieniowania całkowitego na podstawie pomiaru promieniowania bezpośredniego oraz rozproszonego jest dokładniejsze niż prowadzony jednym radiometrem z polem widzenia 180 stopni.

System do odbioru danych radio sondażowych z sondy RS92SGP (VAISALA)

- Radio: FT7900 R/E, cena 1200 zł
- Antena: X510N, cena 550 zł.
- Software: Sonde Monitor €25
- RS92SGP cena około €200
- Zasięg odbioru sygnału rzędu 100-150 km
- Zasięg w pionie ponad 20 km



Przyrządy pomiarowe w LTR (grudzień 2010)

Typ pomiarów	przyrząd	tryb działania	dane od	wielkości
Strumienie radiacyjne	Pyranometr CM22	auto	2007	F_{tot}
	Pyrgeometr CGR3	auto	2007	F_{tot}
	sun Tracker STR22	auto	2009	
Fotometry	Microtops	ręczny	2005	AOT
	MSSP (Multi Spectral Sun Photometer)	auto – okazjonalnie	2006	AOT, BRDF
	MFR-7 shadowband	auto	2010	AOT, PW, F_{tot} , F_{dir} , F_{dif}
Teledetekcja aktywna	Ceilometr CHM15K	poniedziałek, czwartek	2007	two-way-attenuation
	Prototypowy lidar mikroimpulsowy	okazjonalnie	2010	two-way-attenuation
Pomiary meteorologiczne	WXT510 Vaisala	auto	2007	T, RH, p, v, dir, rain rate
	Anemometr RM Young 81000	auto	2010	v' , u' , w' , T_w'
	SEVIRI/MSG	auto	2008	reflectance
	system radiosondażowy	auto	2010	T, p, RH, v, dir
	kamera nieba	auto	2009	clouds

System zbierania danych

- Dane ze wszystkich przyrządów poza ceilometrem są zbierane na komputerze linuxowym za pośrednictwem skryptów napisanych w PERLu.
- Gwarantuje to duża niezawodność, zdalny dostęp oraz pracę po restarcie systemu.
- Pozwala na integrację wyników pomiaru i wstępną analizę w trybie rzeczywistym.
- Wykresy (quick-looks) generowane są automatycznie w matlabie.
- Wizualizacja danych na www.igf.fuw.edu.pl/meteo/stacja/wykresyIGF.php
- oraz na <http://metobs.igf.fuw.edu.pl/> (dane archiwalne)

Lista sprzętu, którego zakup będzie finansowany z Funduszu Nauki i Technologii Polskiej, grant realizowany w latach 2011-2012.

- Lidar Aerozolowo - Ramanowski z Depolaryzacją (ARD)
- Układ detekcji sygnałów lidarowych w podczerwieni
- Nephelometr (całkujący lub polarny)
- Aethelometr
- Fotometr słoneczny CIMEL
- Pyranometr
- Pyrliometr
- Wolnostojący kontener

Zautomatyzowane profilowanie rozproszenia wstecznego, ekstynkcji i depolaryzacji na aerozolach troposferycznych

Lidar ARD -> Lidar Aerozolowo - Ramanowski z Depolaryzacją

- Emisja jednoczesna 3 długości fali lasera Nd:Yag (355nm, 532nm, 1064nm)
- Laser o silnej mocy (60, 110, 180 mJ)
- Duże zwierciadło główne (30cm)
- Małe FOV 1 mrad
- Bardzo dobra rozdzielczość przestrzenna 30m
- Zasięg 500m - 15km
- 7 kanałów detekcji (1 an + 6 fc)
- Współczynnik rozproszenia wstecznego dla UV VIS IR
- Współczynnik ekstynkcji dla UV VIS
- Depolaryzacja dla UV
- Gabaryty pozwalają na łatwy transport
- Przystosowany do pomiarów bez udziału operatora w terenie
- Pełna kontrola zdalna lidar
- Wszystkie pomiary zautomatyzowane
- Bezpośredni transfer danych na home-server i display na stronie internetowej
- Schemat opracowania danych zgodny z normą EARLINET



Lidar ARD -> Polly XT type

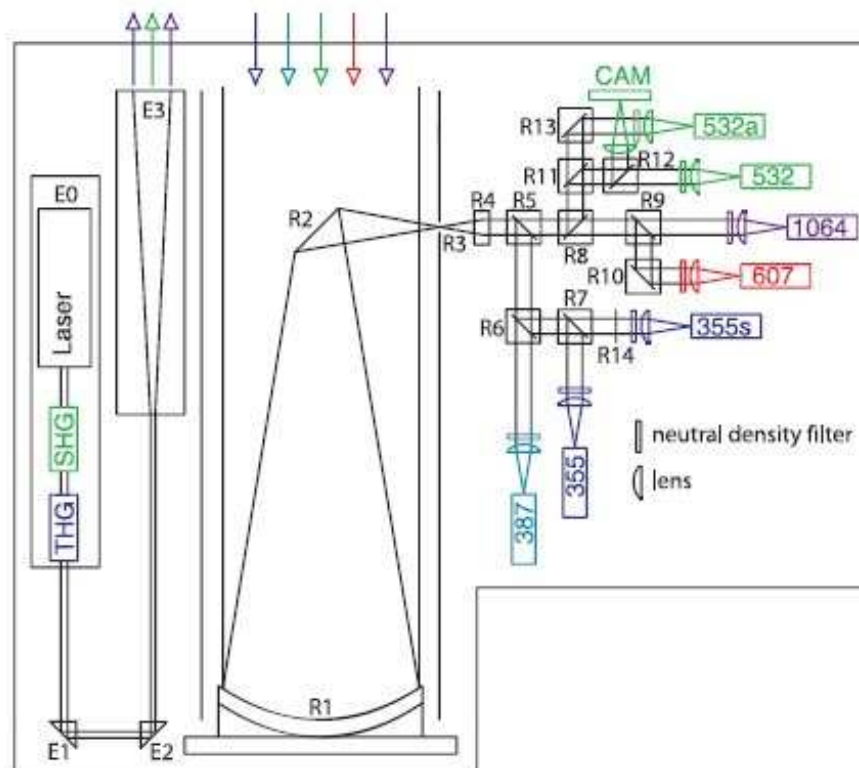


FIG. 3. Optical setup of Polly^{XT}. Details are explained in the text.



FIG. 2. Cabinet with open doors showing the major parts of the Raman lidar system Polly^{XT}: (1) laser head, (2) laser power supply, (3) beam expander, (4) receiver telescope, (5) receiver with seven channels, (6) power supply for PMT cooling unit for the 1064-nm channel, (7) computer with data acquisition and interface cards, (8) UPS, (9) air conditioner, (10) sensors for outdoor temperature and rain, and (11) roof cover.

Measurement example

Manaus, Brazil, on 15 August 2008

Capabilities of Polly^{XT}

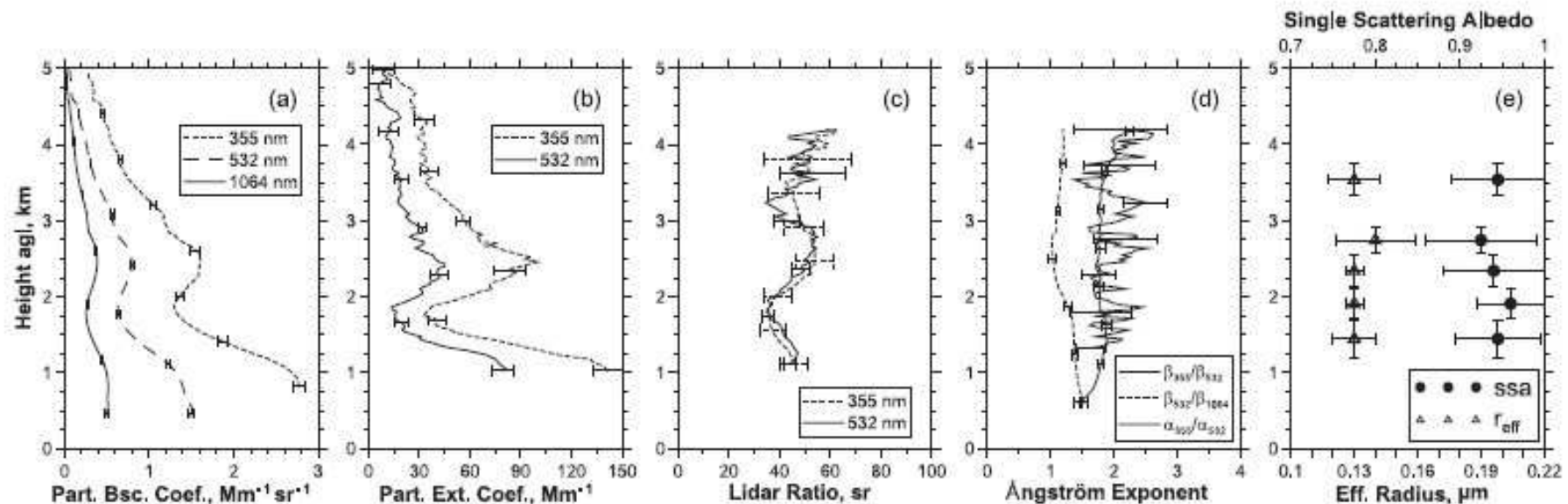


FIG. 7. Measurement between 2235 and 2335 UTC 15 Aug 2008. The data smoothing of the particle (a) backscatter, (b) extinction, and (d) Ångström coefficient is 750 m below 2.8 km and 1510 m above. (c) The particle lidar ratio is smoothed with 1510 m. (e) The vertical bars at the values of ssa and effective radius r_{eff} indicate the data height range that was used for inversion.



CIMEL – fotometr słoneczny używany w sieci AERONET/PHOTONS

Pomiar bezpośredniego promieniowania słonecznego za pomocą aktywnego systemu śledzącego Słońce oraz radiancji niebosłonu w tym aureoli słonecznej.

Wyznaczanie wielkości

1. Grubość optyczna aerozolu (AOT)

$\lambda = [340, 380, 440, 500, 670, 870, 1020, 1640 \text{ nm}]$

2. Opad potencjalny

3. Albedo pojedynczego rozpraszania

4. Funkcja fazowa

5. Rozkład wielkości aerozolu

CIMEL polarny

Pomiar polaryzacji liniowej w 870 nm

pozwała na:

- szacowanie rozmiaru cząstek
- szacowanie parametrów opisujących cząstki niesferyczne (aspekt ratio)

Pomiary promieniowania rozproszonego

- CIMEL wykonuje standardowo dwa skanowania obszaru nieboskłonu:
płaszczyźnie horyzontalnej (stały kąt zenitalny)
płaszczyźnie prostopadłej (stały kąt azymutalny)
- Promieniowanie rozproszone docierające do powierzchni ziemi zależy od własności optycznych aerozoli
- W przeciwieństwie do promieniowania bezpośredniego promieniowanie rozproszone rośnie ze wzrostem grubości optycznej aerozolu.
- Wykorzystanie pomiarów promieniowania rozproszonego w do wyznaczania własności optycznych jest znacznie trudniejsze niż promieniowania bezpośredniego, gdyż wymaga rozwiązania pełnego równania transferu w atmosferze.

Przybliżenie małych grubości optycznych

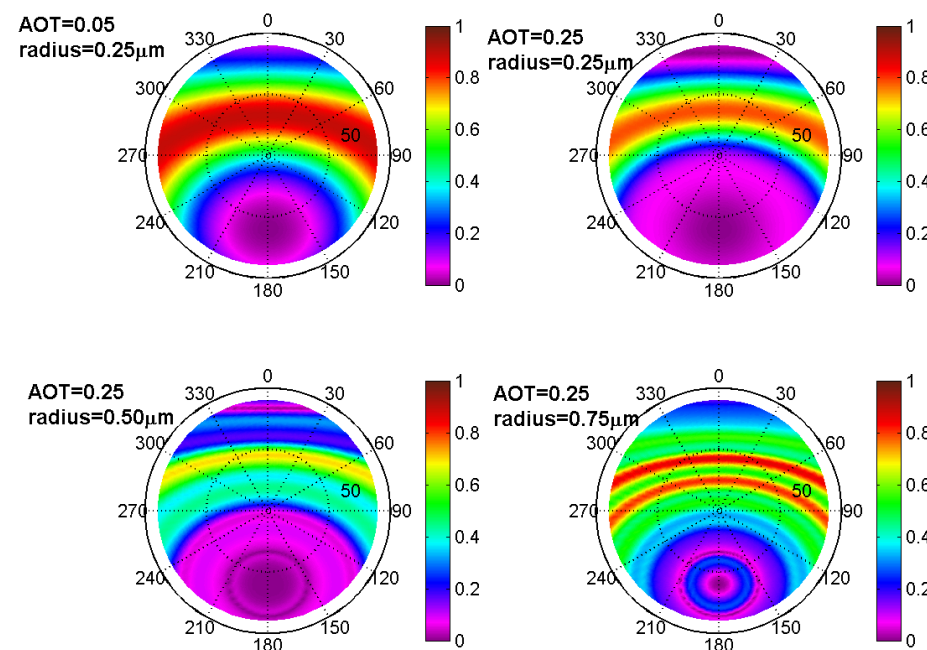
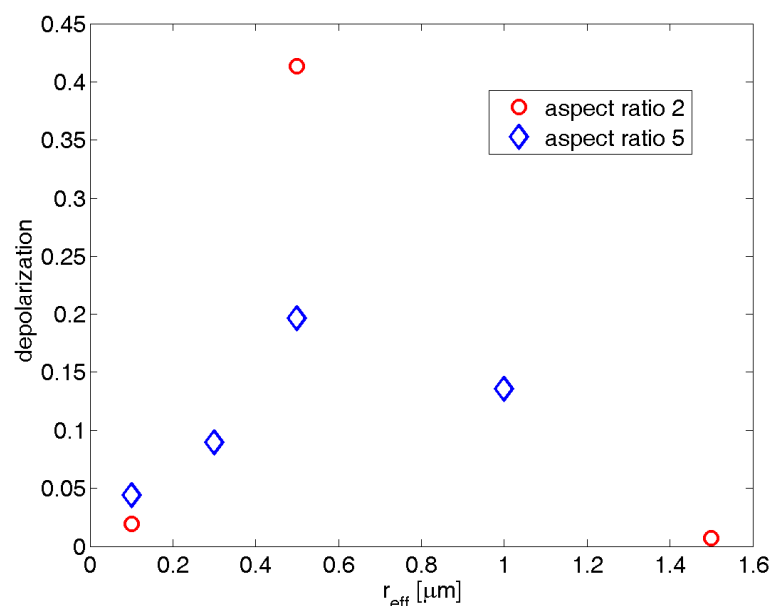
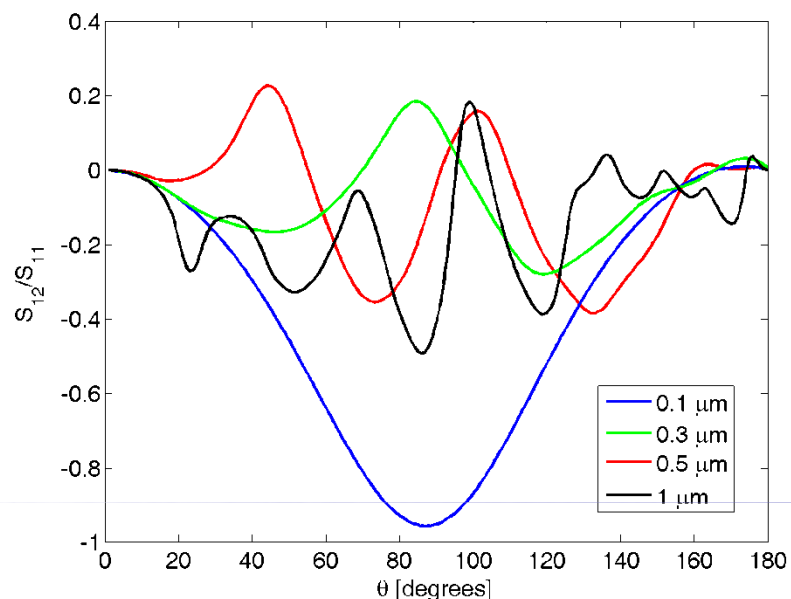
- Rozkład radiancji promieniowania rozproszonego dla małych grubości optycznych możemy określać przy użyciu przybliżenia pojedynczego rozpraszania.
- W tym przypadku wzór na promieniowanie rozproszone ma postać

$$I(\theta, \varphi) = \begin{cases} \frac{\omega P(\Theta) F_0 \mu_0}{4\pi} \frac{e^{-\tau/\mu} - e^{-\tau/\mu_0}}{\mu - \mu_0} & \mu \neq \mu_0 \\ \frac{\omega P(\Theta) F_0 \tau}{4\pi} \frac{e^{-\tau/\mu_0}}{\mu_0} & \mu = \mu_0 \end{cases}$$

$$\cos \Theta = \cos \theta \cos \theta_0 + \sin \theta \sin \theta_0 \cos(\varphi - \varphi_0)$$

gdzie wielkości optyczne takie jak funkcja fazowa P czy albedo pojedynczego rozpraszania ω są wartościami uśrednionymi w pionowej kolumnie atmosfery, μ oraz μ_0 są cosinusami kątów zenitalnych przyrządu oraz słońca, τ jest całkowitą grubością optyczną atmosfery w skład której wchodzi grubość optyczna aerozolu, zaś F_0 jest stałą słoneczną dla danego kanału spektralnego.

Polaryzacja promieniowania rozproszonego



Zmienność kątowna stopnia polaryzacji liniowej promieniowania rozproszonego nieboskłonu dla różnych promieni efektywnych cząstek sferycznych oraz grubości optycznych 0.05 i 0.25. Symulacja wykonana dla długości fali 500 nm przy uwzględnieniu wielokrotnego rozpraszania.

Stosunek S_{12}/S_{11} elementów macierzy Muellera dla różnych wielkości cząstek (prostopadłościanny) w zależności od kąta rozpraszania (wykres górny) oraz depolaryzacja dla kąta rozproszenia 180° w zależności od rozmiaru cząstki oraz spect ratio (wykres dolny).

Aethalometer

Przyrząd do pomiaru koncentracji węgla cząsteczkowego działający na zasadzie pomiaru zmian transmisji filtra na którym osadza się aerozol.

<http://www.mageesci.com>



Kanały spektralne

UV	370 nm
Blue	470 nm
Green	520 nm
Yellow	590 nm
Red	660 nm
IR-1	880 nm
IR-2	950 nm

Przyrząd raportuje koncentracje absorbujących cząstek węgla - black carbon (BC) w [ng/m³] liczoną ze wzoru:

$$BC = \frac{S}{V} \frac{ATN(t) - ATN(0)}{SG}$$

$$ATN = \ln \frac{I_o}{I}$$

gdzie ATN(t) oraz ATN(0) jest atenuacją filtru w chwili czasu t oraz chwili początkowej (t=0), zaś SG jest masowym współczynnikiem absorpcji przez black carbon w [m²/g].

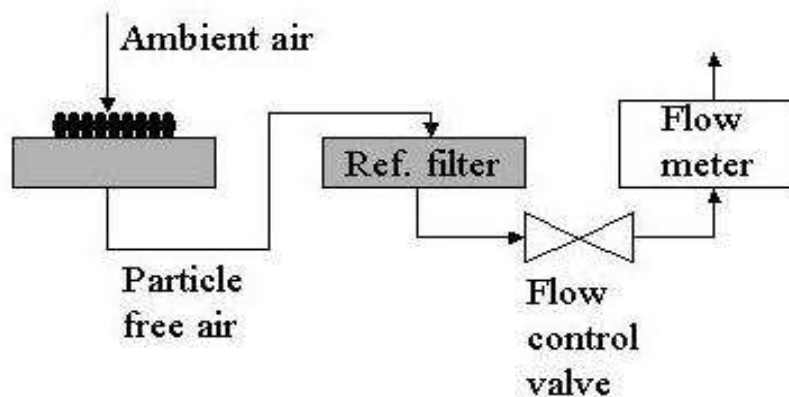
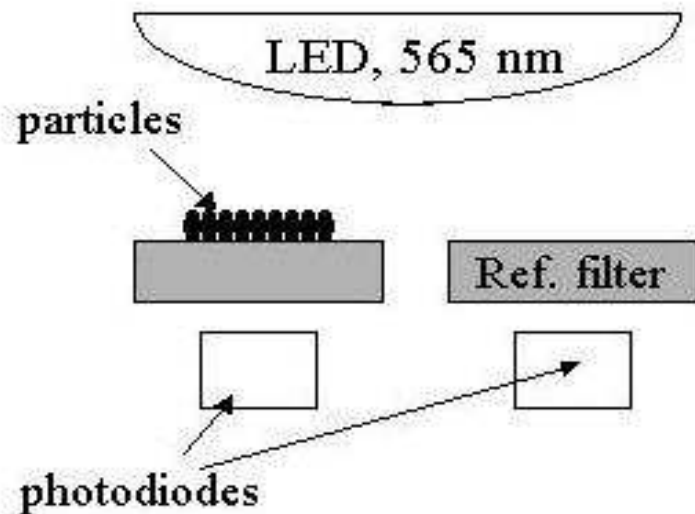


Filtr kwarcowy

Przybliżenie cząstek nie rozpraszających

$$\sigma_{\text{abs}} = \frac{S}{V} \ln \frac{I_0}{I}$$

σ_{abs} - współczynnik absorpcji [m^{-1}]
 S - powierzchnia zajmowana przez cząstki aerozolu [m^2]
 V - objętość powietrza przepływająca w jednostce czasu [m^3]
 I - natężenie promieniowania przechodzącego przez filtr
 I_0 - natężenie promieniowania padającego na filtr



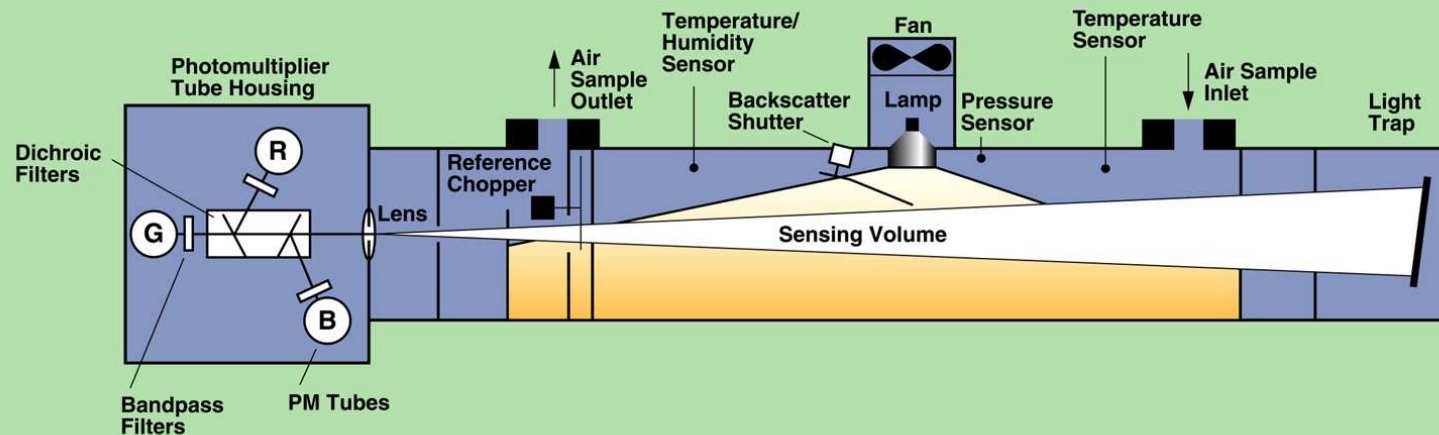
Pomiary rozpraszania

Nephelometer całkujący

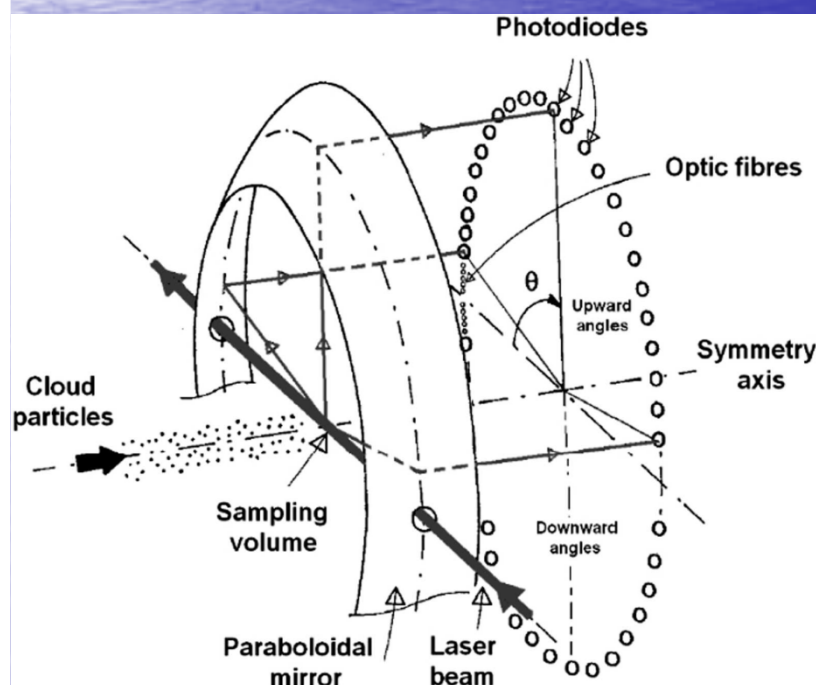
$$dI_{\text{scat}} = \sigma_{\text{scat}} dx \int I_o \frac{P(\Theta)}{4\pi} d\Omega$$

I_o oraz I_{scat} są natężeniem światła emitowanego oraz mierzonego przez detektor, x droga geometryczna, σ_{scat} współczynnik rozpraszania.

$$\sigma_{\text{scat}} = \sigma_{\text{scat}}^{\text{aer}} + \sigma_{\text{scat}}^{\text{ray}}$$



- Nephelometr umożliwia pomiar współczynnika rozpraszania aerozolu na podstawie obserwacji promieniowania rozproszonego w przedziale od 7 do 170°.
- Pomiar współczynnika rozpraszania wstecznego odbywa się dzięki układowi blokującemu promieniowanie rozproszone w zakresie od 7 do 90°.
- Typowe długości fali stosowane w nephelometrach to 450, 550 i 700 nm
- Czułość rzędu 10^{-7} 1/m przy uśrednianiu 60 sec.



Nephelometr polarny

pomiar funkcji fazowej rozpraszania $P(\Theta)$ umożliwia wyznaczenie np. ilorazu lidarowego, współczynnika rozpraszania σ_{scat} współczynnika rozpraszania wstecznego β_{scat} , parametru asymetrii g itd.

Aurora 3000/4000



Specifications

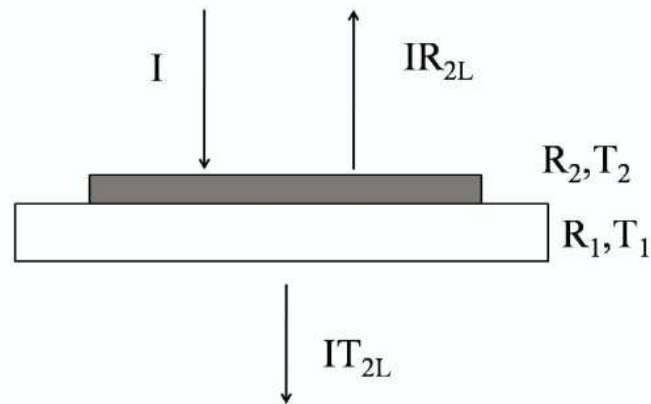
Parameter:	Light scattering coefficient (σ_{sp}) at (450, 525 and 635nm)
Ranges:	<0.3 to >2 000 Mm^{-1}
Lower Detectable limit:	<0.3 Mm^{-1} (60 second averaged data)
Secondary Measurements:	Sample air temperature, chassis temperature, relative humidity and sample pressure
Intensity function:	full scatter 10-170° back scatter 90-170°
Flow rate:	≈5 l/min
Operating Temperature:	0 to 45°C
Operating RH:	10 to 95%
Calibration:	Span gas selection and calibration values for CO ₂ , SF ₆ , FM- 200, R-12, R-22, R-134 or a user defined gas
Optics:	Reference brightness measurement
Light source:	Stable LED light source (U.S. patent 7, 671, 988)
Wavelength:	525nm (green), 450nm (blue) and 635nm (red)
Operating Voltage:	12 VDC (including 110-240 VAC 50/60 Hz power converter) (60 watts with heater active)
Dimensions:	170mm x 700mm x 215mm (L x W x H)
Weight:	11.2kg

Polar Sectors: 40°, 70°, 99°, 128° (±15° for all)

Problem wyznaczania współczynnika absorpcji aerozolu

- Na filtrze osadzają się różne cząsteczki, które zarówno absorbują jak i rozpraszają promieniowanie.
- Mierzona przez aethelometr transmisja zależy zarówno od współczynnika absorpcji jak i współczynnika rozpraszania aerozolu oraz filtra!
- Korekcja rozpraszania wymaga znajomości współczynników rozpraszania mierzonych za pomocą nephelometru. Pozwala na wyznaczenie współczynnika rozpraszania a następnie albeda pojedynczego rozpraszania (SSA).
- Spektralne wartości SSA pozwalają na identyfikację rodzaju cząstek.

Athelometr/Nephelometr

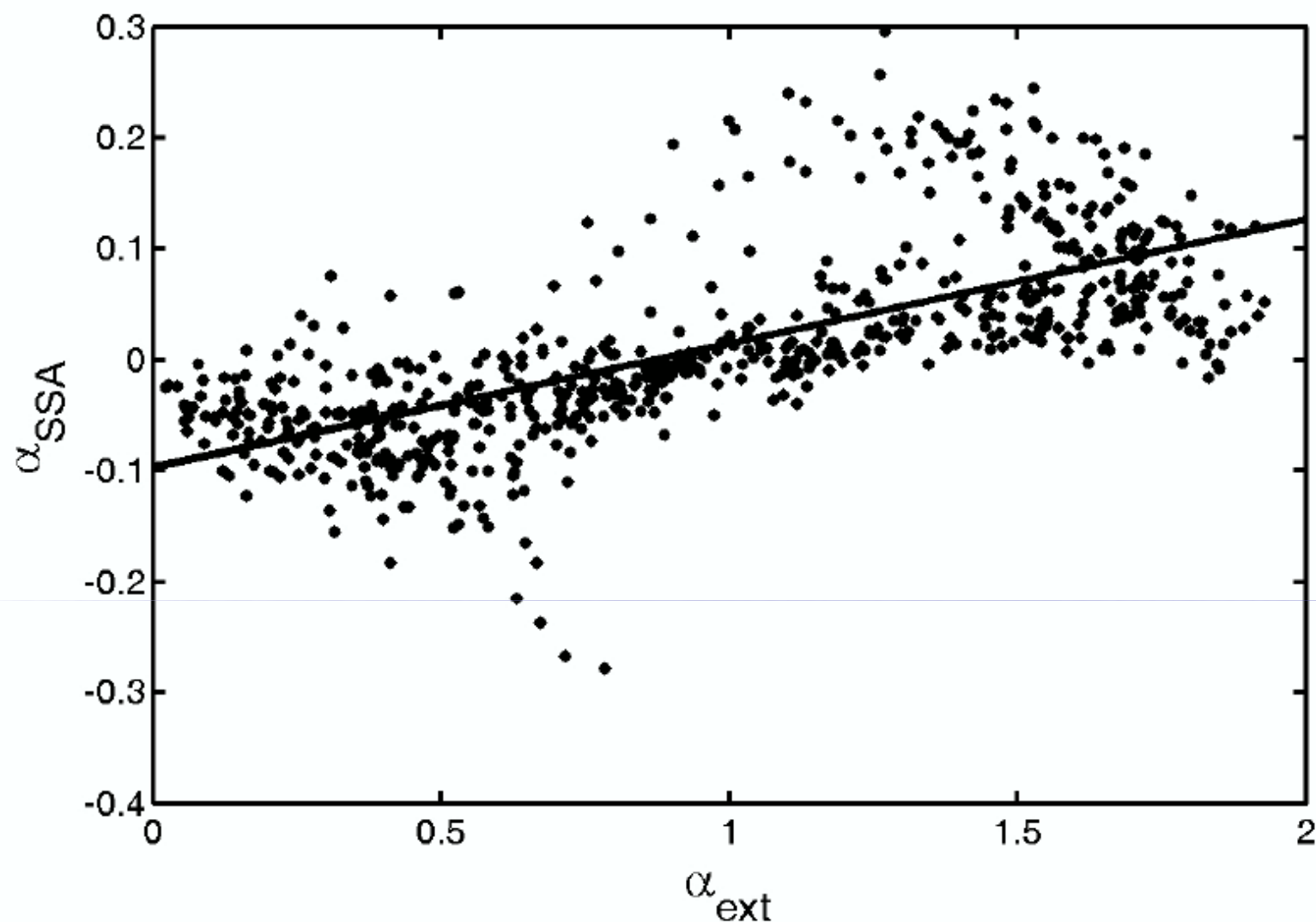


$$\min_{\sigma_{abs}} |ATN_{calc} - ATN|^2 = \min_{\sigma_{abs}} \left| -\ln\left(\frac{T_{2L}}{T_1}\right) - ATN \right|^2 = \left| -\ln\left(\frac{T_1 T_2}{(1 - R_1 R_2) T_1}\right) - ATN \right|^2 =$$

$$\min_{\sigma_{abs}} \left| -\ln \left(\frac{2\Gamma}{\left[2 - \tilde{\omega}(1 + g)\right] \sinh\left(\frac{\Gamma \tau^*}{\bar{\mu}}\right) + 2\Gamma \cosh\left(\frac{\Gamma \tau^*}{\bar{\mu}}\right) - R_1 \left(\tilde{\omega}(1 - g) \sinh\left(\frac{\Gamma \tau^*}{\bar{\mu}}\right) \right)} \right) - ATN \right|^2$$

Remiszewska et al., 2007

$$\Gamma = \sqrt{(1 - \tilde{\omega})(1 - \tilde{\omega}g)}$$



Rysunek 29. Zależność współczynnika Ångströma dla albeda pojedynczego rozpraszania od współczynnika Ångströma dla ekstynkcji.

przyrząd	rodzaj pomiaru	zakres spektralny	wielkości mierzone	wielkości wyznaczone wprost	wielkości wyznaczone met. odwrotnymi
Pyranometr	auto	300-4000 nm	F_{tot} , F_{dif}		Forcing, COD
Pyrgeometr	auto	300-4000 nm	F_{tot}		
Pyrheliometr	auto	300-4000 nm	F_{dir}		
Microtops	ręczny	380, 500, 675, 870, 1020nm	$F(\lambda)_{\text{dir}}$	AOT	N(r)
MFR-7	auto	415, 495, 615, 670, 870, 940 nm	$F(\lambda)_{\text{tot, dif, dir}}$	AOT, ANGTS, PW	SSA, Forcing
CIMEL	auto	340, 380, 440, 500, 675, 870, 936, 1020, 1640 nm (polar)	$I(\lambda)_{\text{dir}}$, $I(\lambda)_{\text{dif}}$, LP	AOT, ANGTS, PW	SSA, N(r), P(Θ), (aspekt ratio)
Aetheometr	auto	370, 470, 520, 590, 660, 880, 950 nm	Transmisja	BC	SSA σ_{abs}
Nephelometr	auto	450, 525, 635 nm	$I(\lambda)_{\text{scat}}$	σ_{scat} , σ_{backscat}	
CMH15K	auto	1064 nm	$I(\lambda)_{\text{back}}$		σ_{scat} , β_{back}
Lidar mikr.	auto	355, 532, 1064 nm	$I(\lambda)_{\text{back}}$		σ_{ext} , β_{back}
Lidar ARD	auto	355, 532, 1064, 607, 387, depol. 355, 532 nm	$I(\lambda)_{\text{back}}$		σ_{ext} , β_{back} , LR, SSA
SEVIRI/MSG2	auto	0.65-13 μm	$I(\lambda)_{\text{scat}}$		AOT, SSA, ALBEDO

Plany na lata 2011-2013

- Integracja wszystkich pomiarów w LTR i zdefiniowanie trzech poziomów danych:
- Poziom 1.0 zawierał będzie dane typu „raw” pochodzące z systemów zbierania danych w jednostkach nieskalibrowanych.
- Poziom 1.5 powstanie na podstawie danych przetworzonych z uwzględnieniem wstępnej kalibracji, korekcji błędów i po odrzuceniu przypadków z wpływem chmur (fotometry, radiometry).
- Dane na poziomie 2.0 będą uwzględniać ostateczną kalibrację wykonywaną 1-2 razy na rok.
- Algorytm odrzucania przypadków chmurowych stworzony zostanie na podstawie zmienności czasowej grubości optycznej aerozolu oraz danych satelitarnych z satelity MSG2 dostępnych co 15 minut.
- Budowa bazy danych własności optycznych aerozoli nad Polską.

Sieć fotometrów słonecznych w Polsce (Poland AOD) – projekt edukacyjny.



- Szkoły w projekcie edukacyjnym GLOBE (*Global Learning and Observations to Benefit the Environment*). Pomiary prowadzone prostym fotometrem słonecznym (tylko 2 szkoły w Polsce)

Istniejące stacje pomiarowe

- IGF UW (CIMEL, MFR-7)
- IO PAN Sopot (MFR-7)
- SolarAOT Strzyżów (MFR-7)
- IGF PAN Belsk (CIMEL, PREDE)
- IMGW Legionowo (CIMEL) ?

Plany

- Zwiększenie liczby szkół w których prowadzi się pomiary fotometrami słonecznymi do około 20-25.
- Nowy przyrząd ułatwiający pomiary fotometryczne
- Finansowanie z programu GLOBE lub fundacji Prosperity