



UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS



Lidary jako nieodzowna aparatura badawcza w fizyce atmosfery

Iwona S. Stachlewska

***Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski***

Remote Sensing
Laboratory

Contact: Iwona.Stachlewska@fuw.edu.pl



Remote Sensing Laboratory (RS-Lab) na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego stanowi wiodącą grupę badawczą w dziedzinie zdalnych pomiarów aerozoli i chmur w Polsce.

Dzięki wyposażeniu w najwyższej klasy mobilne i stacjonarne urządzenia pomiarowe oraz zatrudnieniu wyspecjalizowanej kadry badawczej i technicznej zespół prof. Iwony Stachlewskiej prowadzi badania w kluczowych dziedzinach związanych z analizami optycznych i fizycznych parametrów atmosfery.

Badania te wpisują się w najnowsze trendy rozwoju urządzeń lidarowych i radarowych do analizy aerozoli pochodzących ze spalania biomasy, pustynnych pyłów mineralnych, pyłów wulkanicznych, pyłków alergennych, oraz miejskich aerozoli antropogenicznych, jak również do badań interakcji aerozol-chmura, jak również kompleksowej klasyfikacji aerozoli i chmur.

Wytworzona i zakupiona aparatura RS-Lab przyczynia się bezpośrednio do wdrożenia dużych atmosferycznych infrastruktur badawczych (ACTRIS, ICOS).

Kluczowa jest współpraca z innymi wiodącymi grupami badawczymi, w tym z naukowcami Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH w Krakowie.

Podczas seminarium przedstawione zostaną główne aspekty wspólnej działalności badawczej, w tym wyniki pozyskane podczas wspólnych kampanii pomiarowych.





UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

EMORAL Lidar – aktualna konfiguracja





European Space Agency Mobile Raman Lidar

- **instalacja w nowym wanie**
- **nowy, mocniejszy laser** (SpitLight 400, InnoLas)
Nd:Yag; PRF 10Hz; PL 5-7 ns; emisja na dł. fali:
1064 nm (112 mJ), 532 nm (103 mJ), 355 nm (128 mJ)
- **nowy, mniejszy teleskop Cassegraina**
średnica 300 mm, justowalny kąt apertury 2-3.6 mrad
- **nowy system separacji sygnałów:**
 - 3 kanały elastyczne (1064, 532, 355)
 - 3 kanały Ramanowskie (N₂ 387, 607 oraz H₂O 407)
 - 2 kanały elastyczne-polaryzacyjne (532, 355)
- **nowe 16-bitowe przetwarzacze** (TR40-160, Licel)
wyższa rozdzielczość (3.75 m), detekcja na kanałach jako AN+PC (tylko 1064 AN)
- **nowy project całego układu zintegrowanego transmitera i recivera światła**
niższy overlap, standardowe pomiary od ok. 250 m do ok. 20km, min. wysokość 50-60m
- automatyzacja pomiarów (klapa, kamera, czujnik deszczu, zdalne sterowanie)



Kampanie polowe: POLIMOS (UW), RAMOS (INOE), COMET (DLR, AGH), VADAM (NOA)



UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

EARLINET-ACTRIS Quality Assurance

Aplikacja procedur QA do pomiarów lidarem EMORAL



Jak zadbać o wysoką jakość pomiarów lidarem atmosferycznym ?

Wstąpić do sieci European Lidar Network (EARLINET), tj. wykonać zadania:

- 1) Przeprowadzić porównawcze kampanie polowe z lidarami referencyjnymi EARLINET
- 2) Zaaplikować rekomendacje dot. wykonywania pomiarów zg. z zasadami EARLINET
- 3) Używać oprogramowania online do obróbki danych lidarowych tzw. *Single Calculus Chain* stworzonego w ramach prac EARLINET/ACTRIS

Przyszłe plany:

Prowadzić operacyjne pomiary w ramach Europejskiej infrastruktury badawczej ACTRIS



<https://www.earlinet.org>



UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Program EARLINET-ACTRIS Quality Assurance & Quality Check

Kampanie porównawcze

EMORAL

versus

POLIS, RALi

(lidary referencyjne w EARLINET)

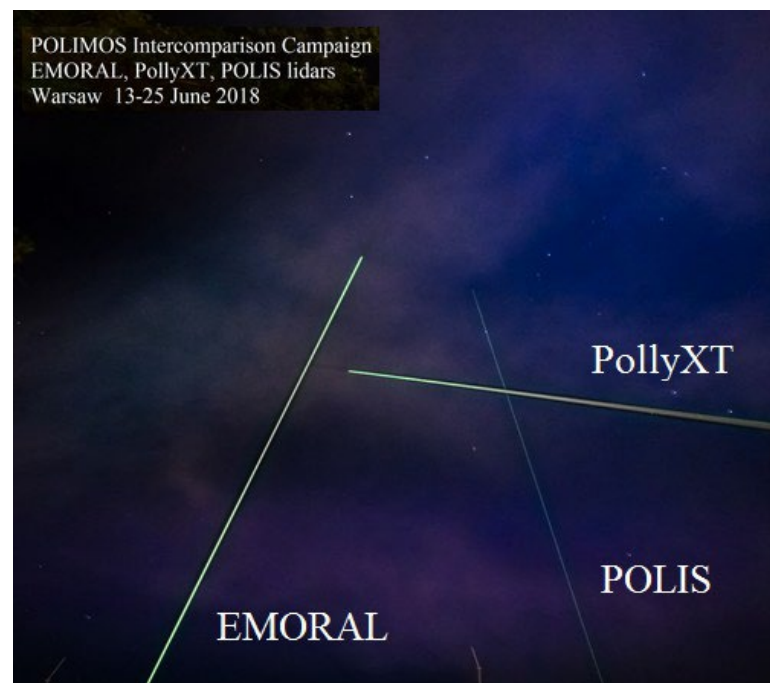
PollyXT & NARLa

(jeden z najlepszych systemów w sieci)

EMORAL	I.S.Stachlewska, L.Janicka, R.Fortuna (UW), P.Pocza (PULS/UW), G.Georgiosis (Raymetrics)
POLIS-6	V.Freudenthaler (LMU) 2018
RALi	D.Ene, L.Belegante (INOE) 2019
PollyXT	I.S.Stachlewska, D.Szczepanik, W.Kumala (UW) R.Engelmann (TROPOS)

Wszystkie testy QA & QC zdane!

- telecover test
- pomiar ciemny
- fitowanie Rayleigha
- kalibracja depolaryzacji

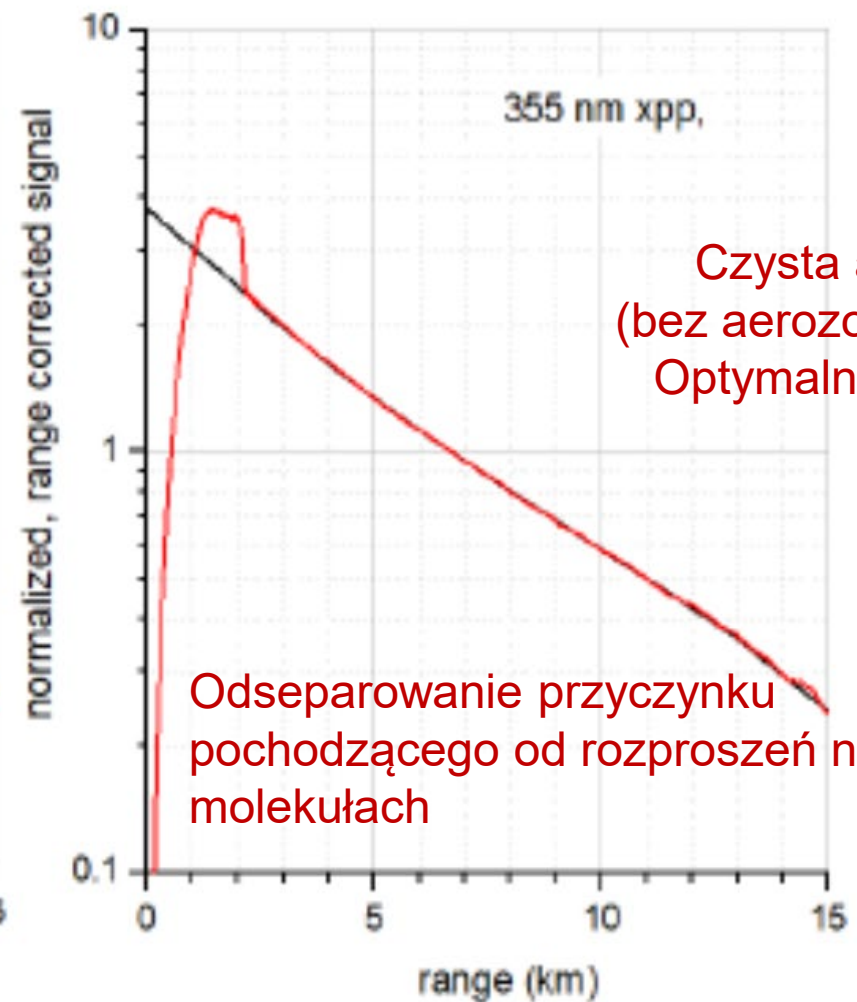
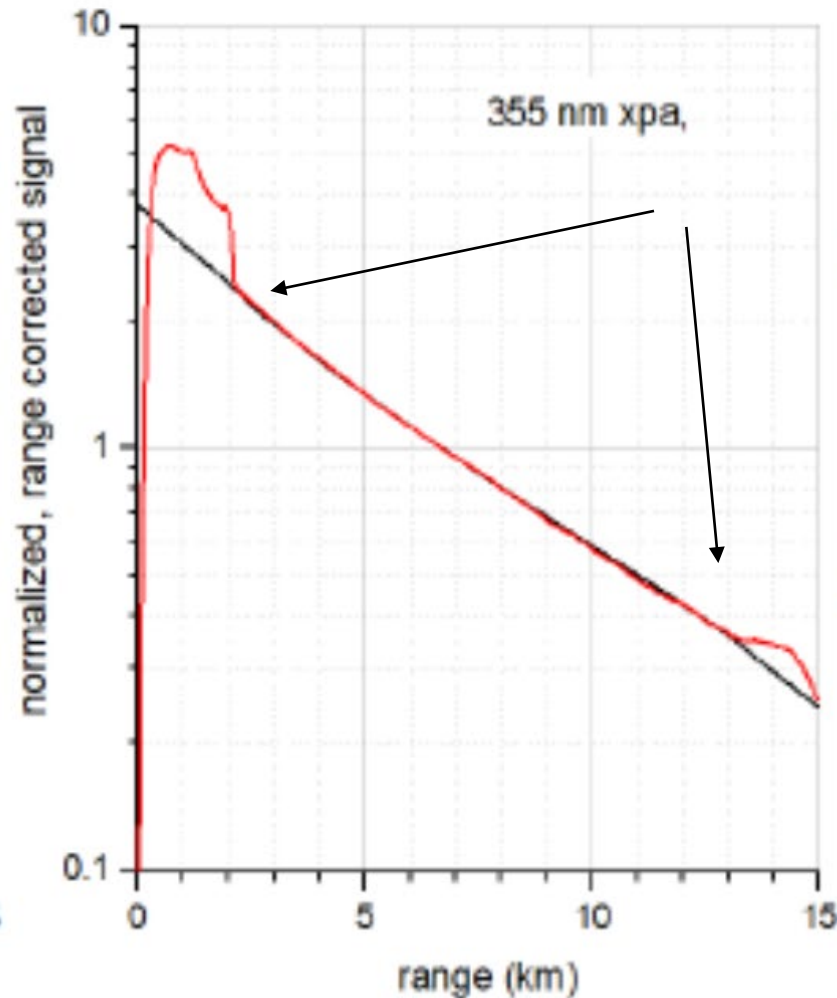




Kalibracja Rayleigha

Rayleigh-Fit Warsaw 20.06.18 2UT EMORAL normalised signals
smooth 0.502 km above 2.500 km, norm from 5.502 to 8.003 km, RS 12374 180620 00UTC

— Rayl
— Sig

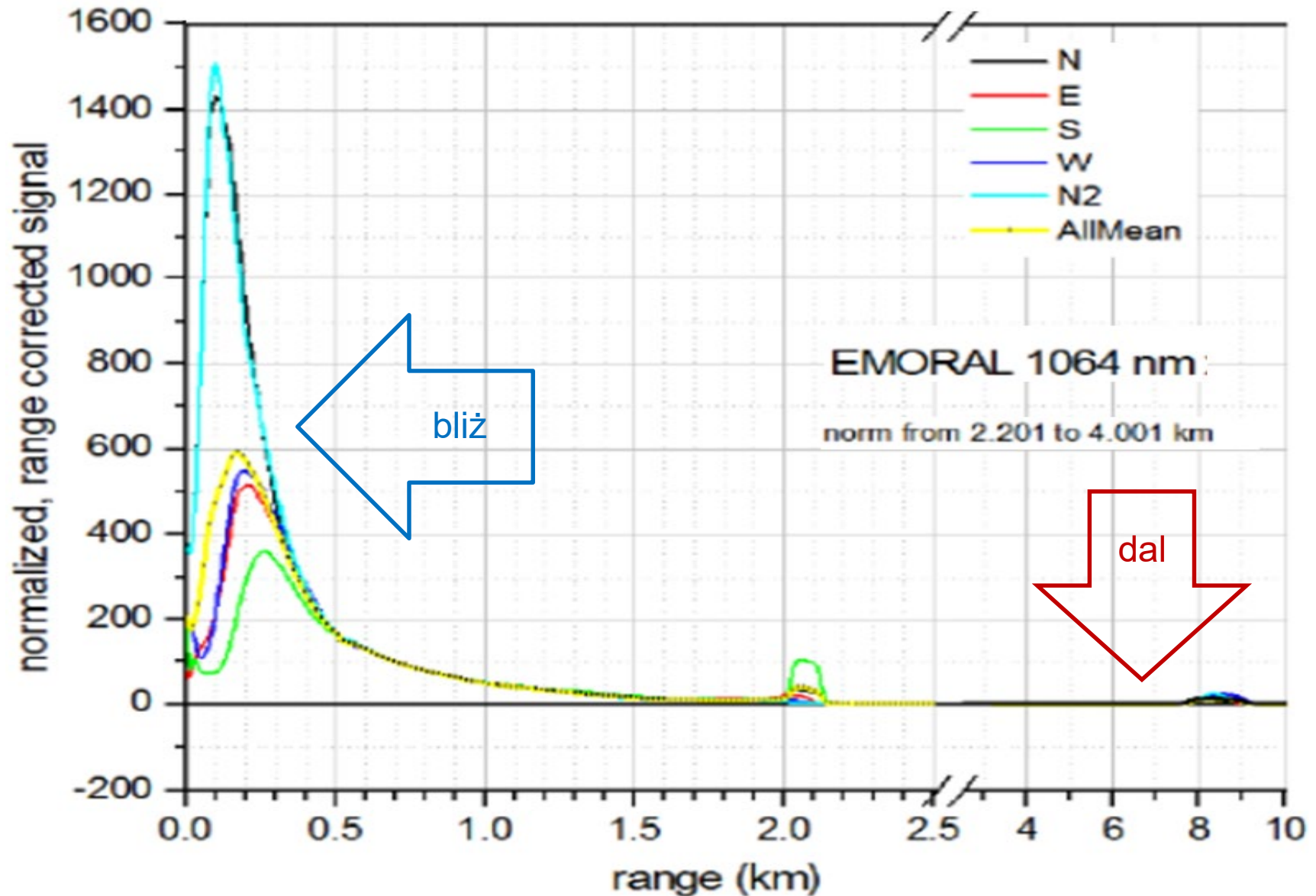


Czysta atmosfera
(bez aerozolu/chmur)
Optymalnie > 12km

Odseparowanie przyczynku
pochodzącego od rozprożeń na
molekułach

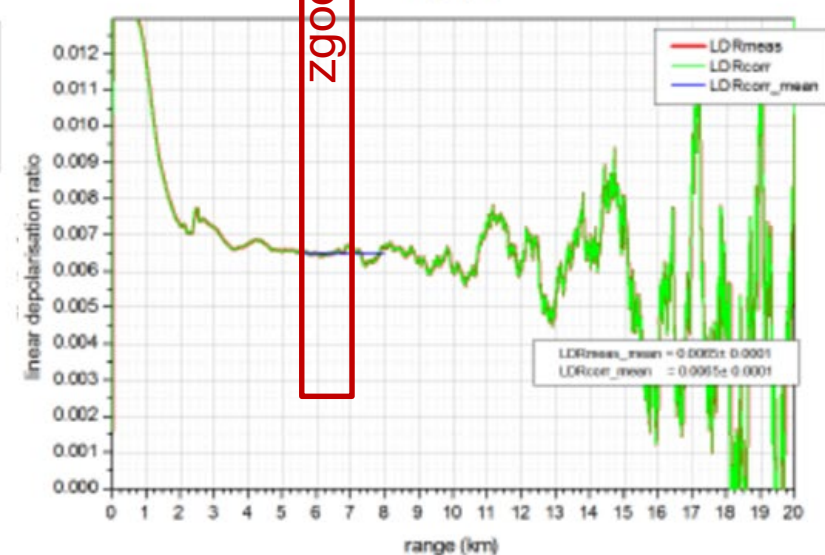
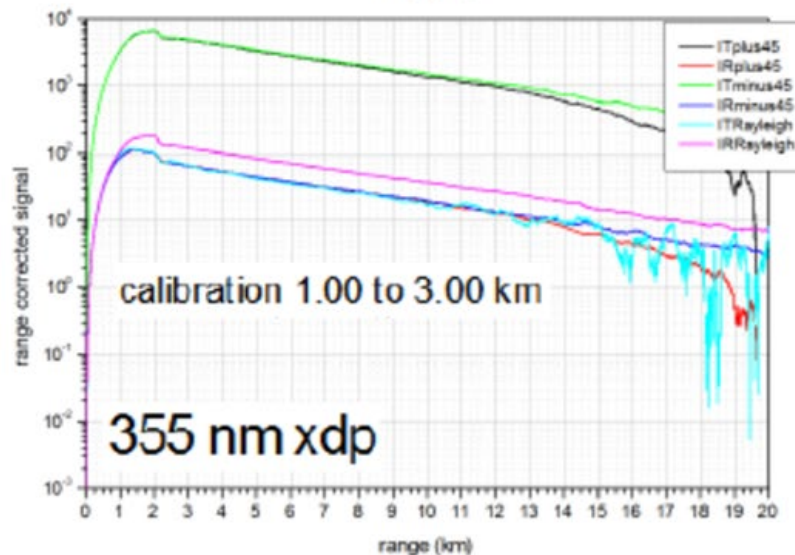
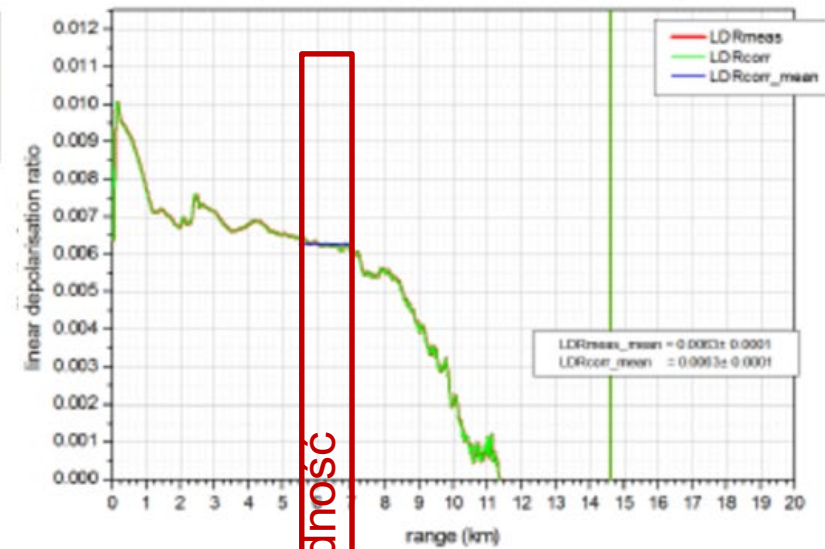
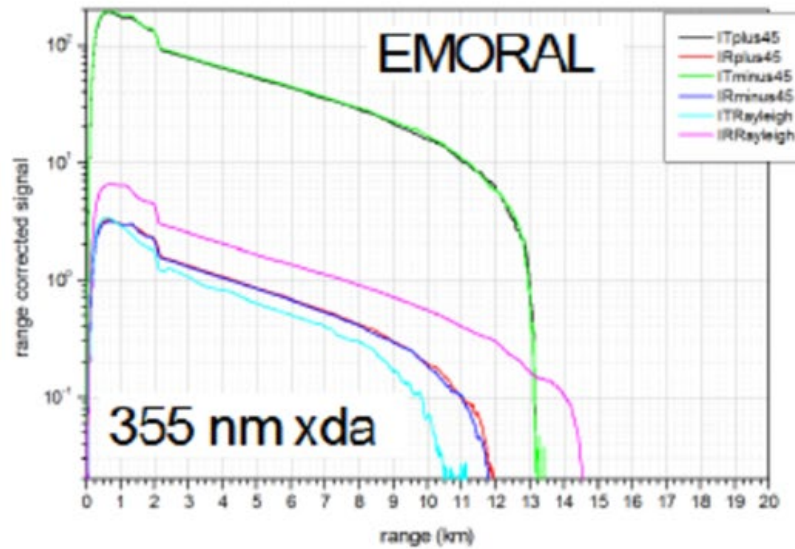


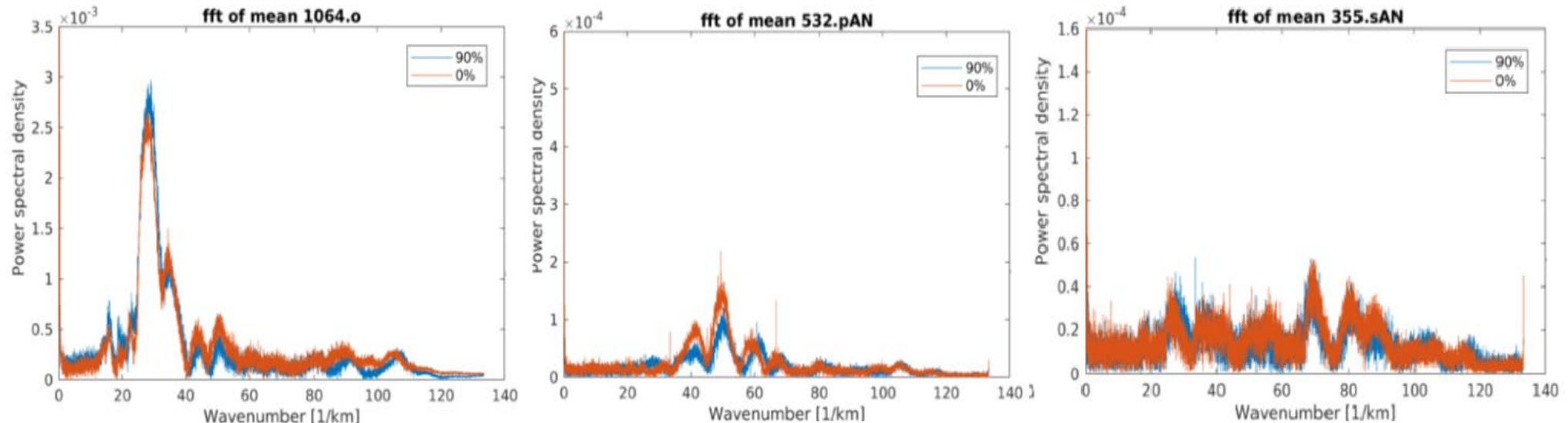
Telecover tests





Polarization calibration





Problem z definicji nie dot. detekcji zliczeń fotonów (PC).
Analiza FFT na sygnałach detekcji analogowej (AN).
Zaburzenie na 1064nm znaczne – wymaga korekty.
Na 532 oraz 355 korekta nie jest wymagana, ale jest możliwa.



UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Lidar EMORAL – przykłady badań naukowych





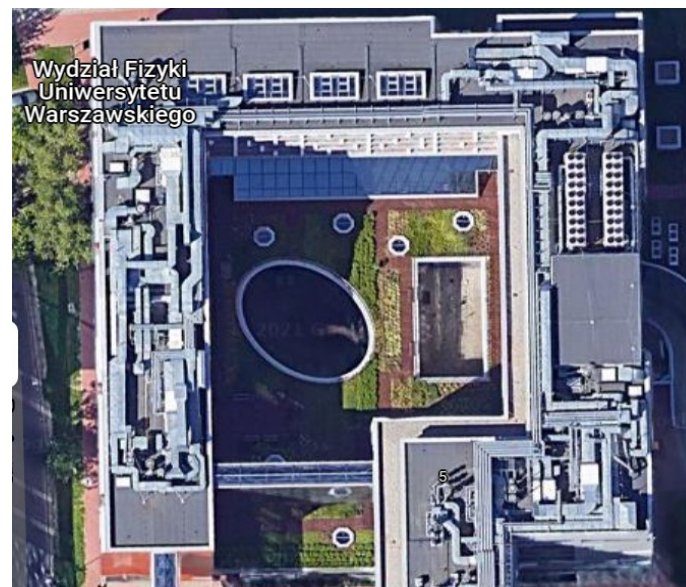
Pomiary długoterminowe na 2 stacjach Współpraca z PULS

Lokalizacje stacji:

- Miejska - Warszawa (52.21° N, 20.98° E, 112 m a.s.l.)
- Torfowiskowa - Rzecin (52.75° N, 16.30° E, 54 m a.s.l.)



Stacja PolWET, PI: Bagdan H. Chojnicki (PULS)



Stacja ACTRIS, PI: Iwona Stachlewska (UW)



ESA MOBILE RAmAn Lidar PolWet



UW Polly-XT Lidar EARLINET-ACTRIS

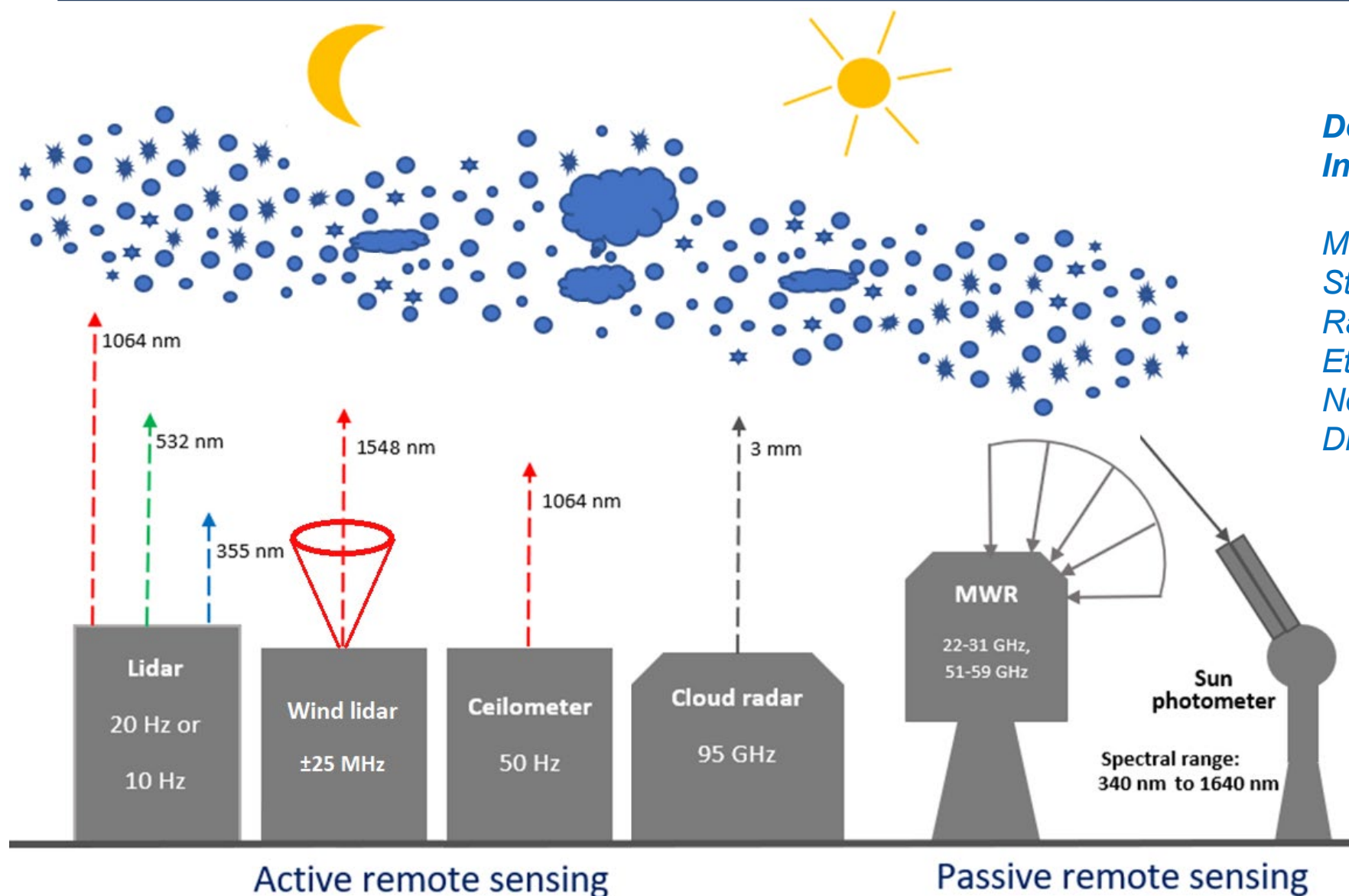




UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Aparatura RS-Lab



*Dodatkowo
In-situ:*

*Monitory PMów
Stacje Meteo
Radiosondy
Etalometr
Nefelometr
Disdrometr*



UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Aparatura



PI: Iwona Stachlewska, Dominika Szczepanik (UW)
Engelmann et al., *AMT*, 2016.



PI: Iwona Stachlewska (UW),
Patrik Poczta (PULS/UW)
Wang et al., *Opt. Express*, 2020.



PI: Pablo Ortiz,
Lucja Janicka (UW)
Ortiz et al., *ACP*, in review.



PI: Dragos Ene (INOE)
Fragkos et al., *AMT*,
2019.



PI: Julien Delanoë (LATMOS)
Delanoë et al., *JAOT*, 2016.



PI: Bogdan Chojnicki (PULS)
In Rzecin
PI: Anca Nemuc (INOE)
in Warsaw
Wang et al., *ACP*, 2019.





Adwekcja pustynnego pyłu mineralnego

Różnice własności pyłu na obu stacjach lidarowych

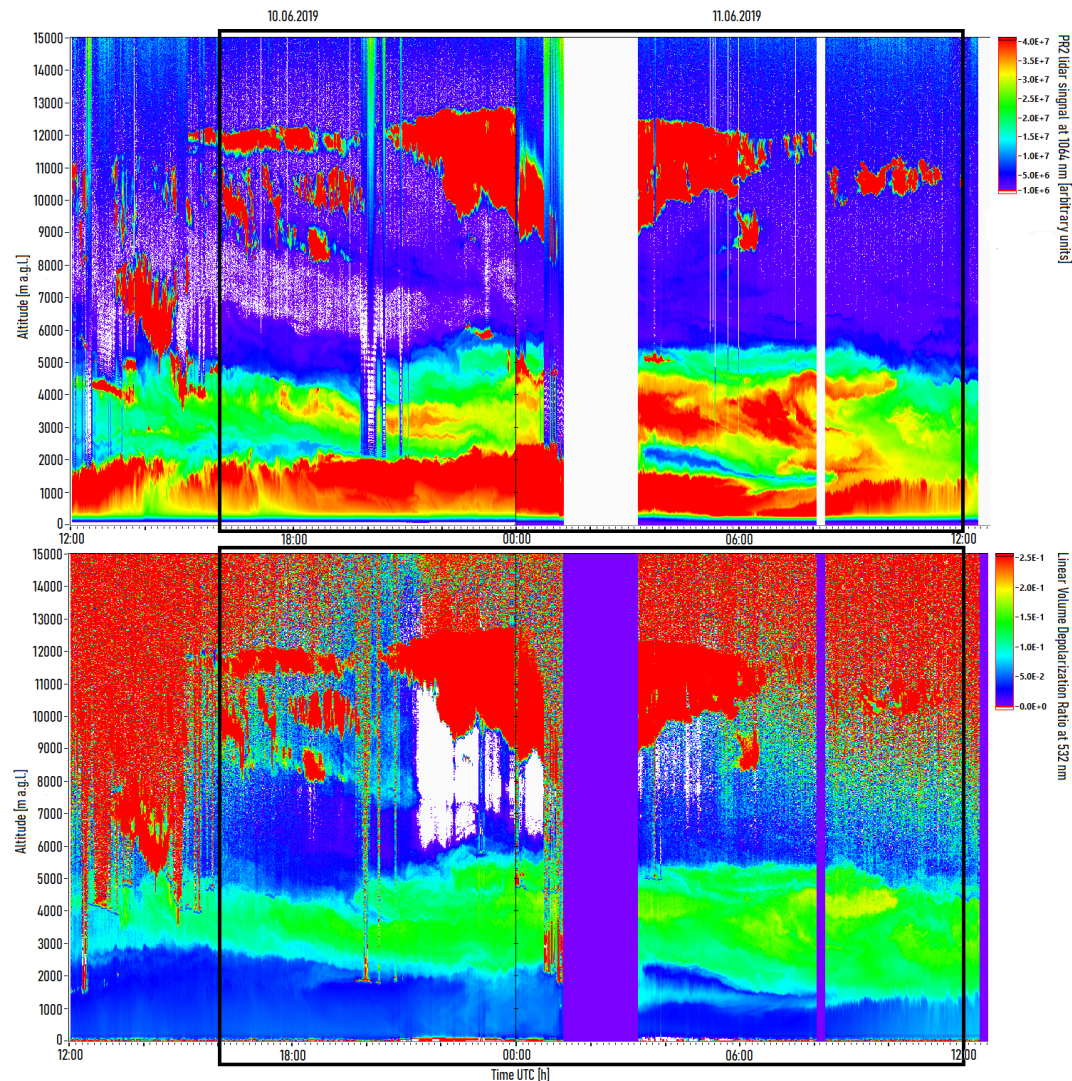


UNIVERSITY
OF WARSAW

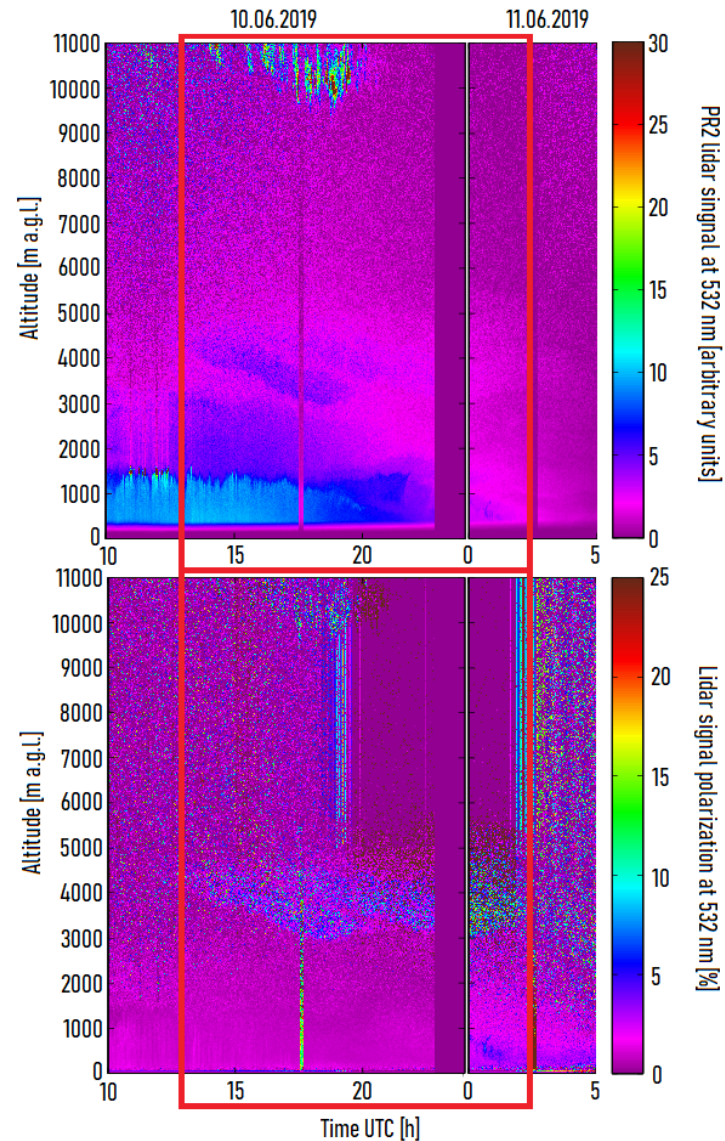
INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Adwekcja pyłów pustynnych

Rzecin



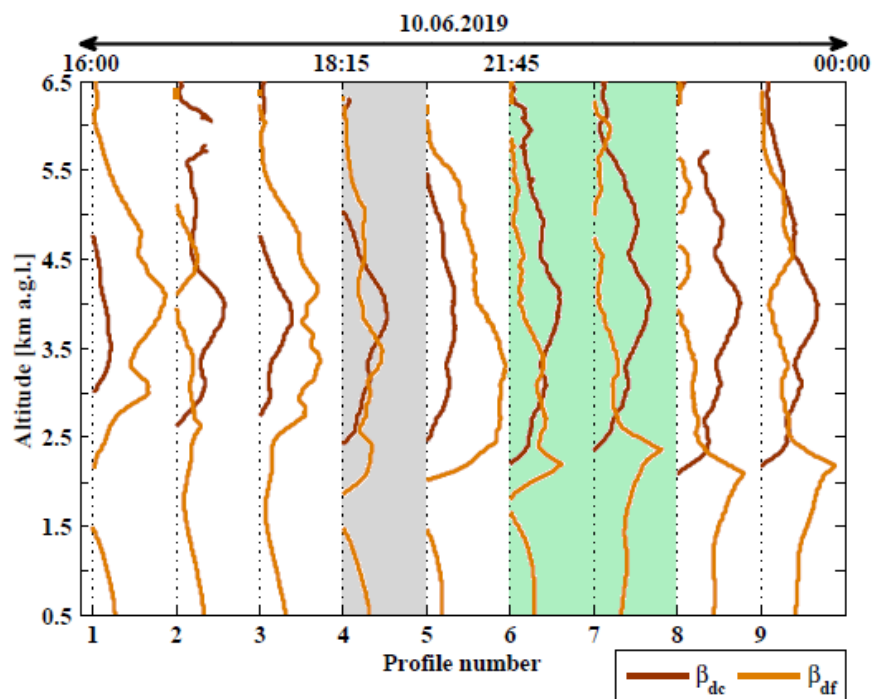
Warszawa





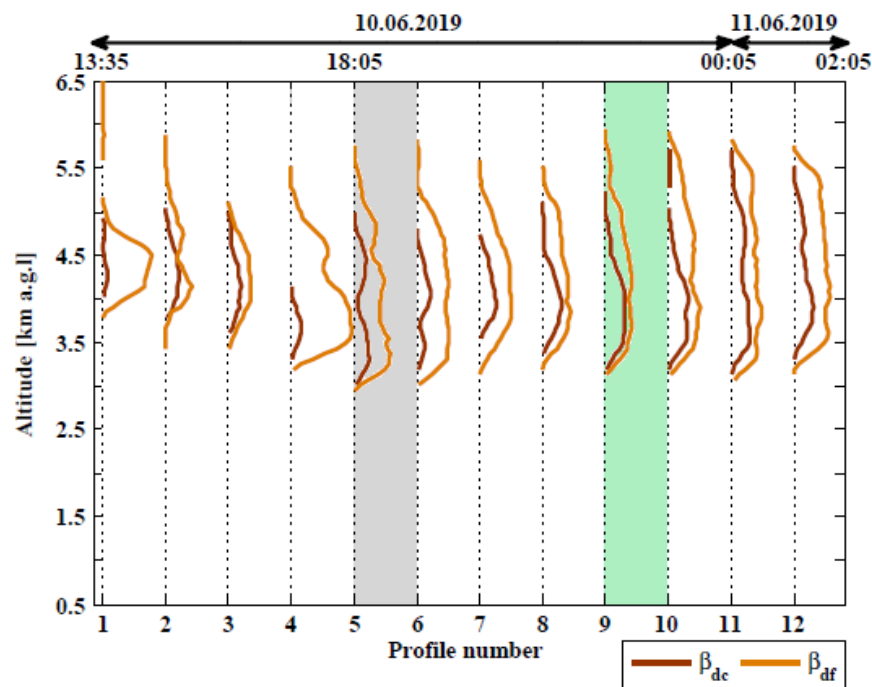
Ewolucja własności pyłu pustynnego. Drobnoziaarnisty i gruboziaarnisty pył pustynny odseparowany metodą POLIPHONE (two-step) dla współczynnika rozproszenia wstecznego liczonego metodą Ramanowską.

EMORAL lidar in Rzecin



?

PollyXT in Warsaw



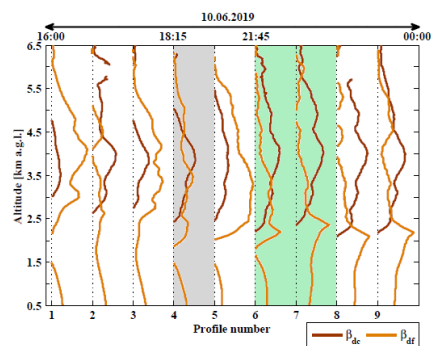


UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Adwekcja pyłów pustynnych

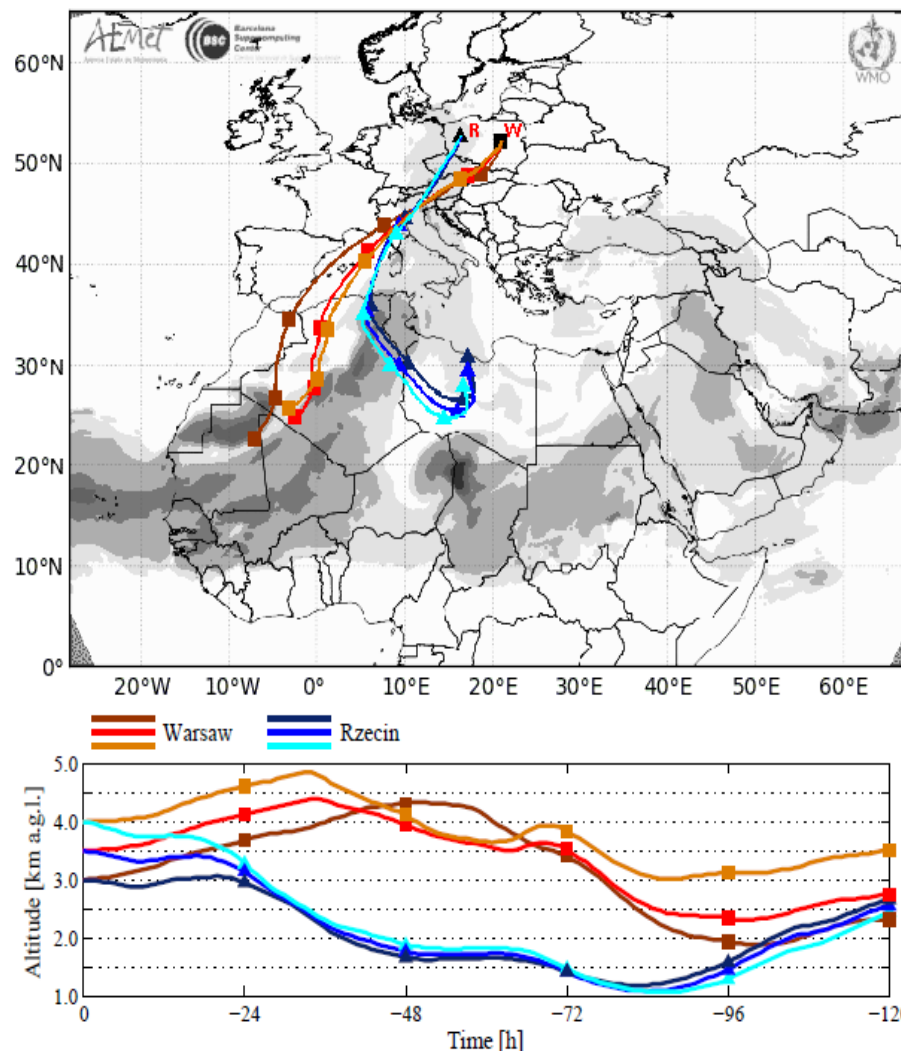
EMORAL lidar in Rzecin



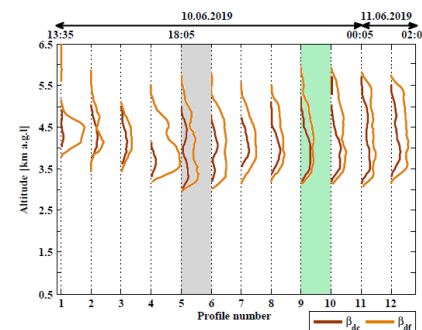
Szary cień to prognoza
AOD(550 nm) dla pyłu
pustynnego z modelu
NMMB/BSC-Dust.

Trajektorie wsteczne
policzono z użyciem
modelu transport Hysplit
dla **Rzecina** i **Warszawy**

Barcelona Dust Forecast Center - <http://dust.aemet.es/>
NMMB/BSC-Dust Res:0.1°x0.1° Dust AOD
Run: 12h 10 JUN 2019 Valid: 00h 11 JUN 2019 (H+12)



PollyXT in Warsaw



Masy powietrza z Afryki
Północnej niosą pył
pustynny.

Trajektorie pokazują
inne źródła, różne drogi
transportu oraz brak
mieszania (pionowo i
horyzontalnie).



UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Kampanie Smogowe

Kompleksowa interpretacja pomiarów aerozolowych





EMORAL lidar – Kraków, Wrocław, Zabrze, & PollyXT – Warszawa

Współpraca z AGH, UW, IPIŚ-PAN

Cel: Ocena różnic we własnościach aerozolu w miejskich środowiskach podczas epizodów smogowych.

Lokalizacja: Kraków Kampus UJ

25 February - 9 March 2019

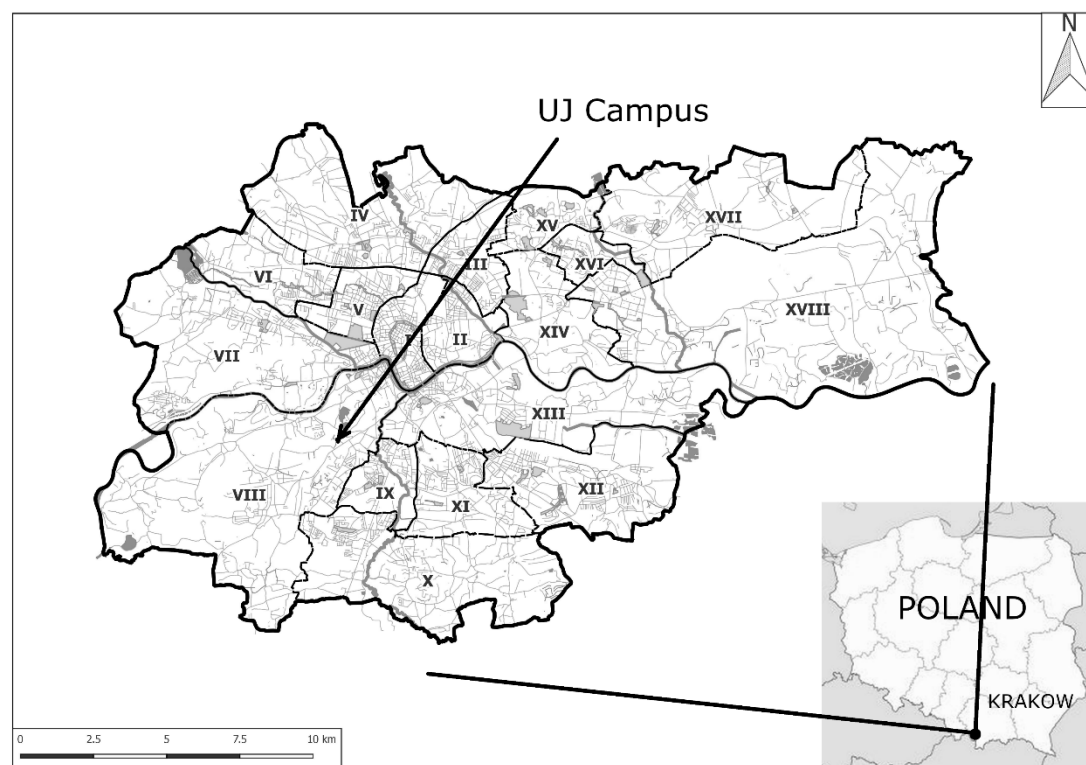
Zespół AGH:

Jarosław Nęcki

Mirosław Zimnoch

Kuba Bartyzel

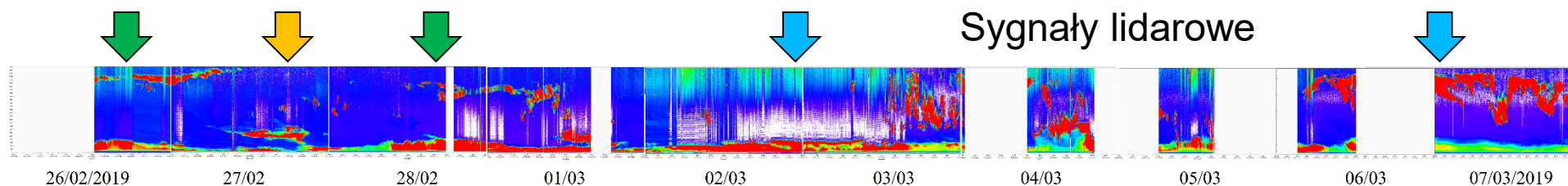
+ technicy, doktoranci, studenci



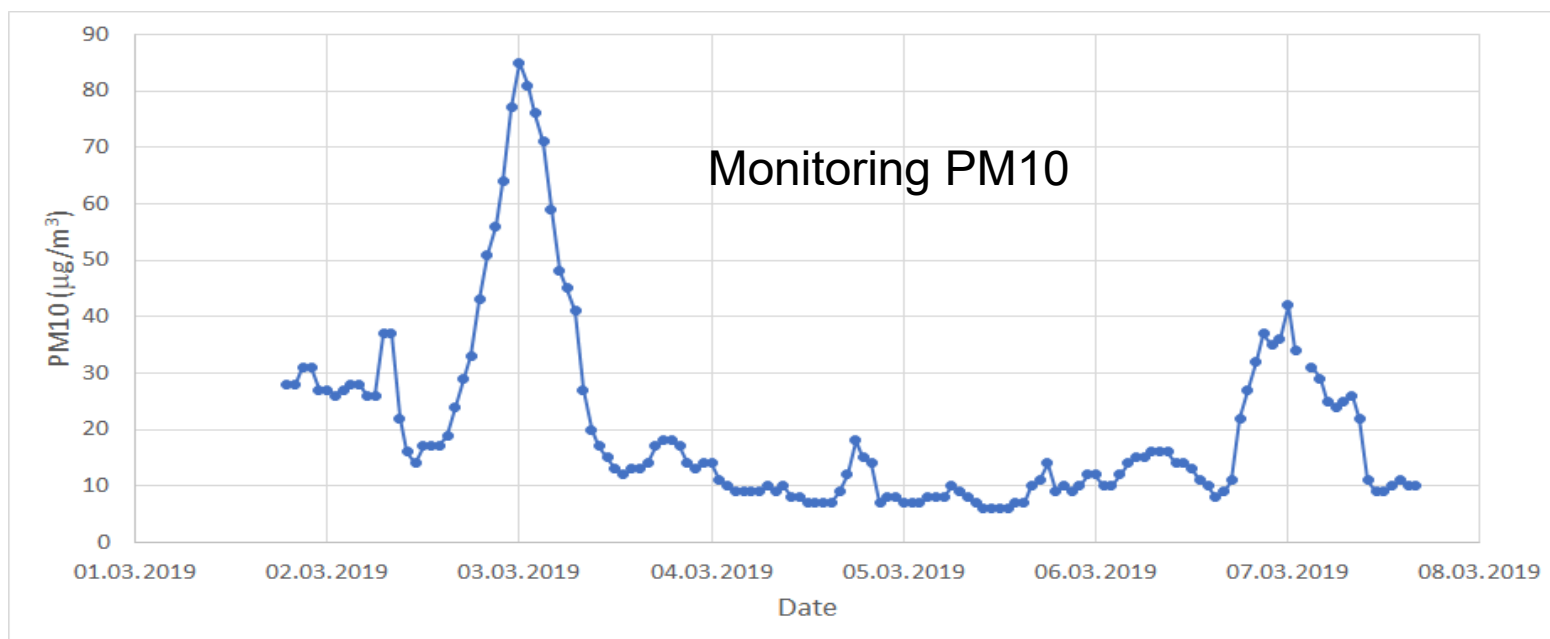


Smog ?

- Obserwacje w warstwie granicznej troposfery
- Własności optyczne i mikrofizyczne aerozoli
- Bark epizodów smogu ☹



Czy
każda
strzałka
pokazuje
ten sam
aerosol?





NAAPS model 27 February 2019

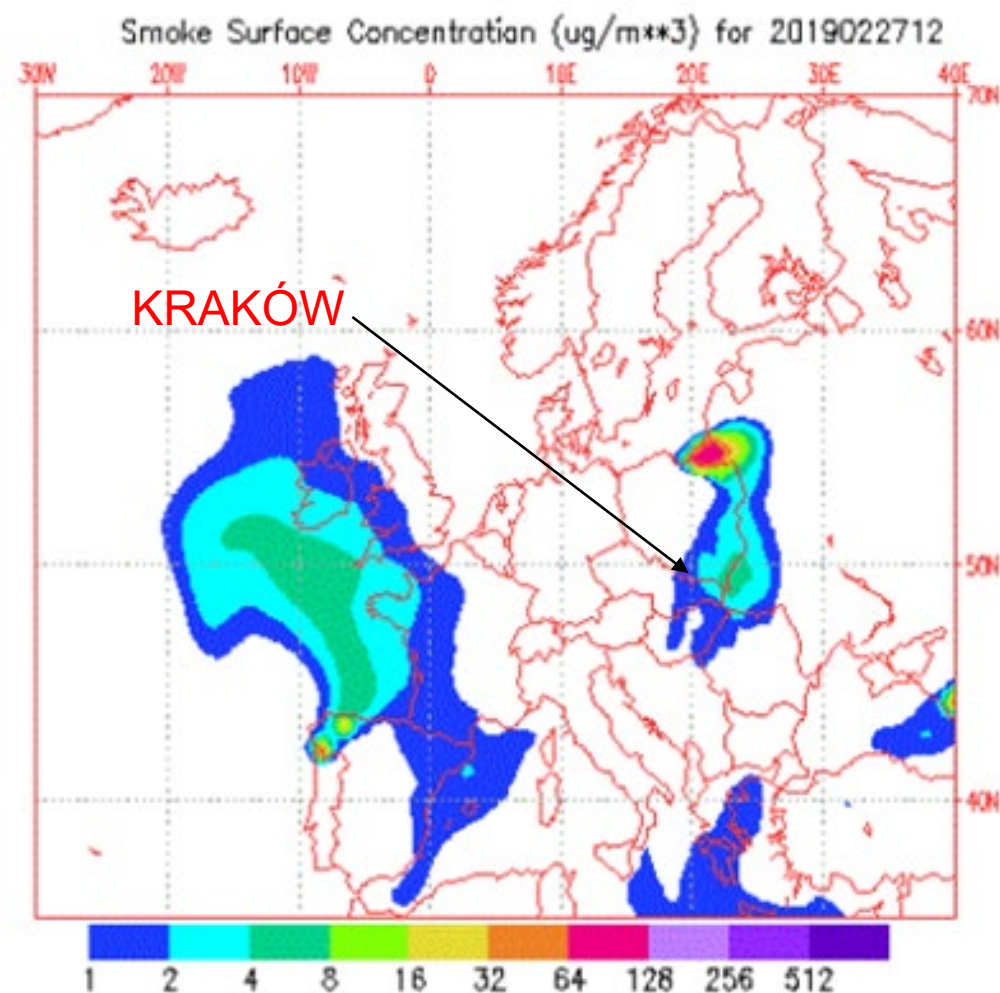
→ prognoza przy powierzchni nad Krakowem

EMORAL Lidar

→ aerozole w warstwie granicznej i wolnej troposferze o znacząco różnych właściwościach
→ brak typowych wartości smogowych

Trajektorie Hysplit

→ dominacja przez aerosol z adwekcji

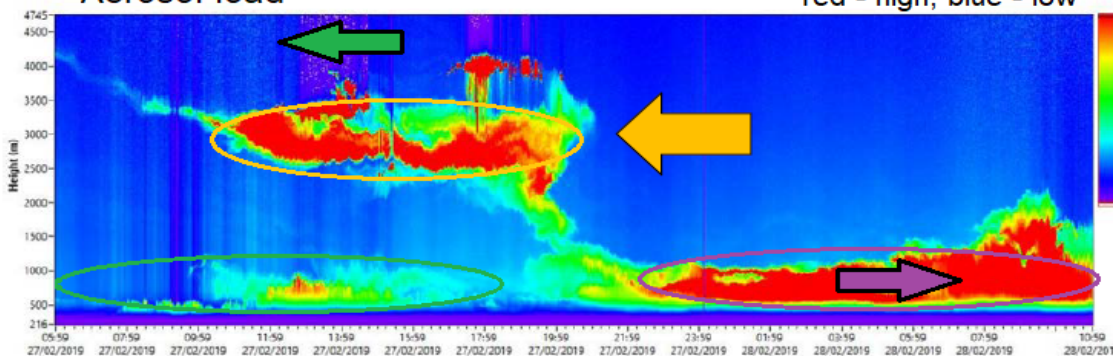




EMORAL Lidar Kraków 06:00 27.02.2019 -- 11:00 28.02.2019

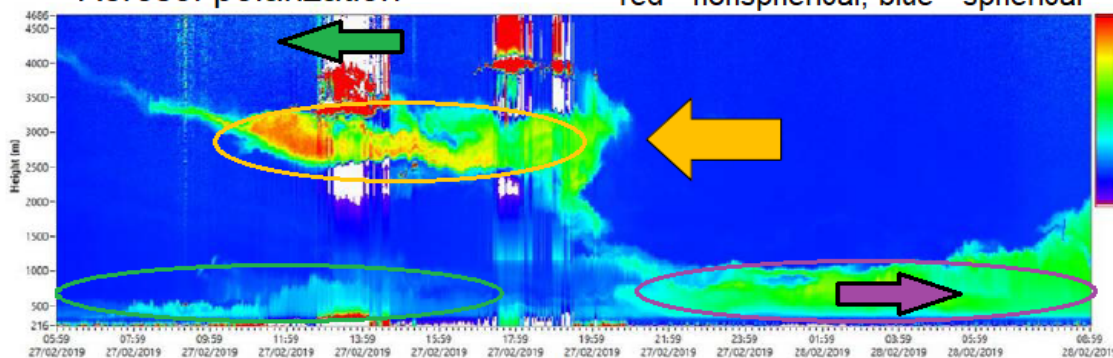
Aerosol load

red - high; blue - low



Aerosol polarization

red - nonspherical; blue - spherical



low aerosol load
low depolarization

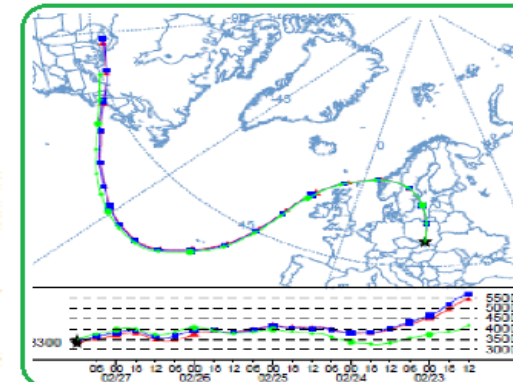
clean air mass
from subarctic

high aerosol load
and depolarization

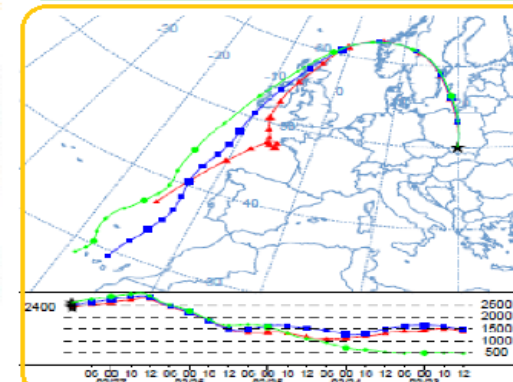
air mass with mineral
dust particles from Sahara

high aerosol load
significant depolarization

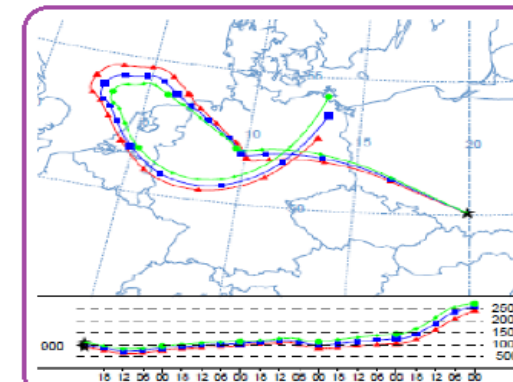
anthropogenic pollution
mixed with residual dust



**North
America**
clean
descending
from 4-6 km



**North
Africa**
dust
ascending
from <1km



**Western
Europe**
pollution & dust
uniform flow
0.6 to 1.5 km



Strumienie aerozoli w warstwie granicznej.

Synergia pomiarów lidarem wiatrowym i aerozolowm.

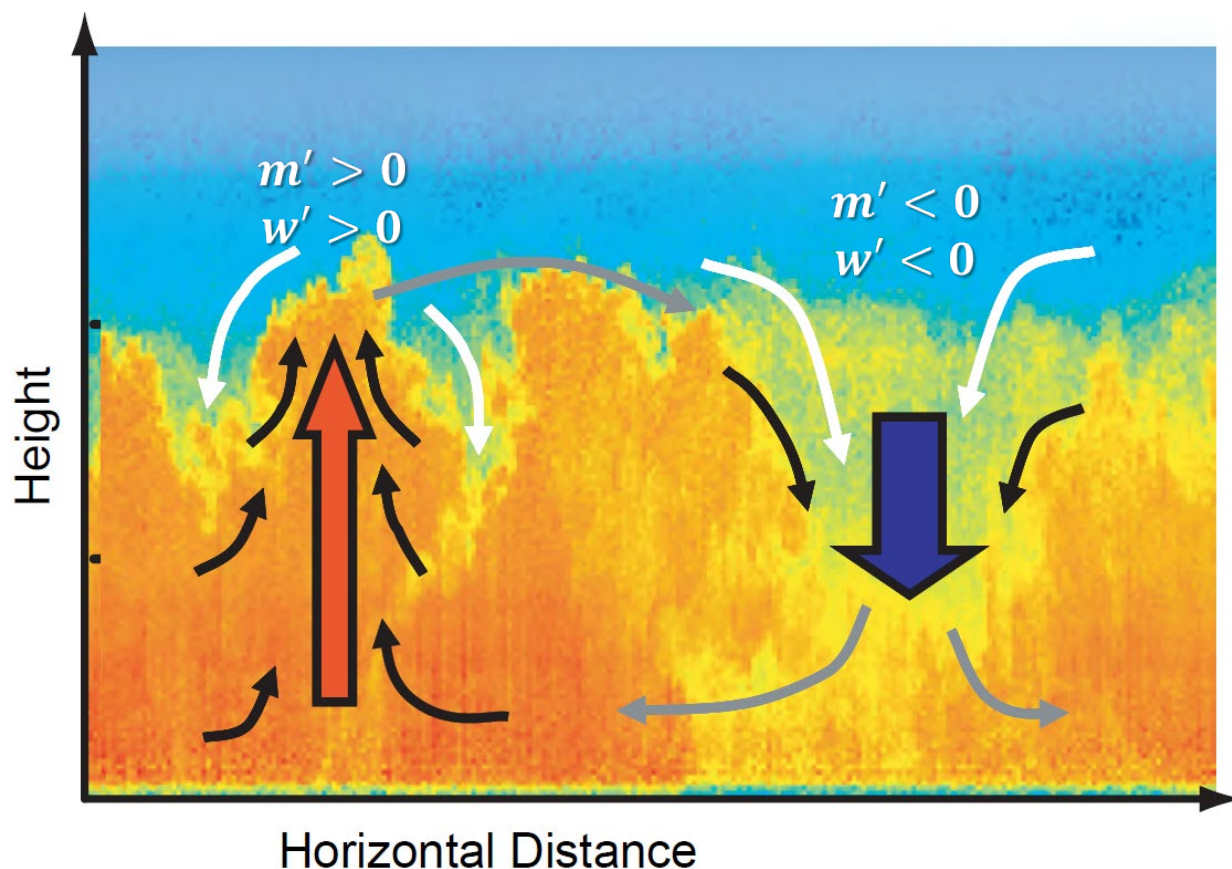


Schematyczna ilustracja pionowych strumieni aerozolu w przekroju suchej warstwy granicznej.

Ciepłe powietrze, wznosząc się, transportuje aerozole z/przy powierzchni ziemi w górę.

Czyste powietrze z wolnej troposfery miesza się z powietrzem w warstwie granicznej redukując masową koncentrację aerozolu przy powierzchni.

Obie sytuacje dają wkład w dodatni turbulentny strumień aerozoli będący głównym odpowiedzialnym za pionową wymianę w atmosferze (znikoma adwekcja pionowa).



Engelmann, PhD., 2009



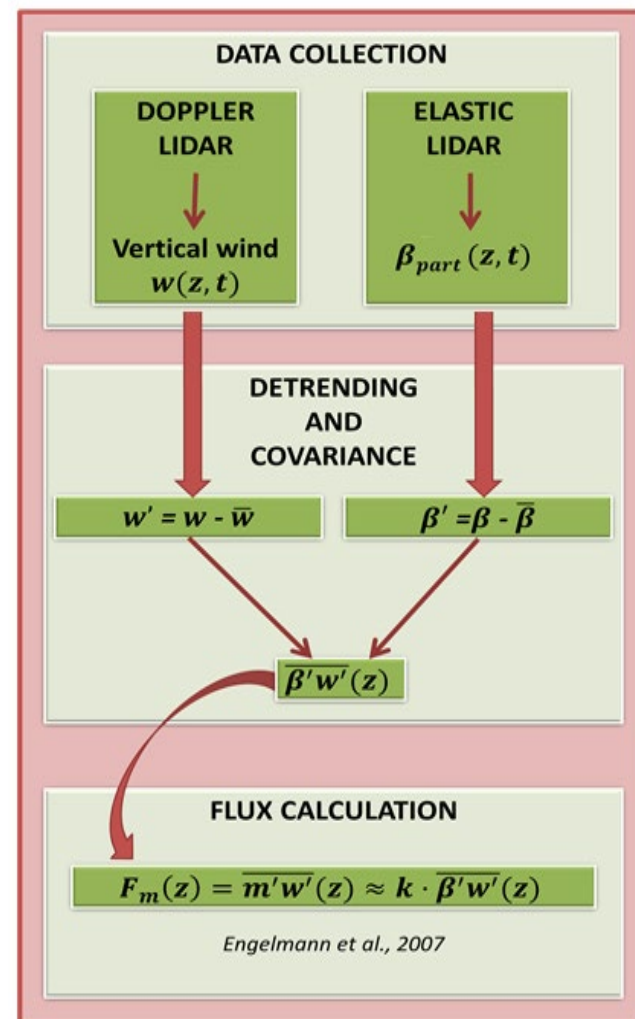
Pomiary lidarem dopplerowskim oraz lidarem ramanowskim



Kolokacja lidarów < 5 m

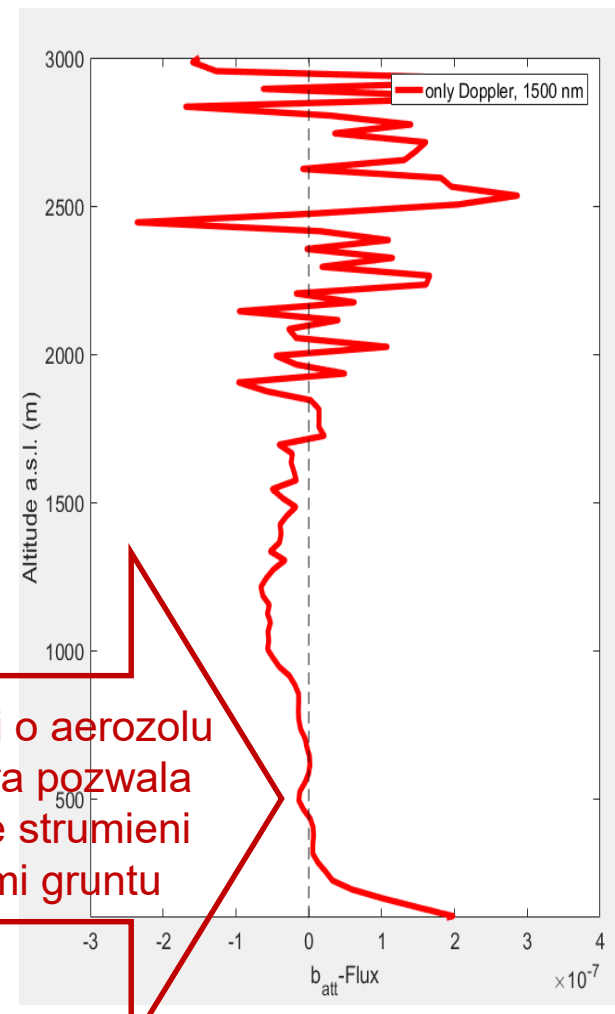
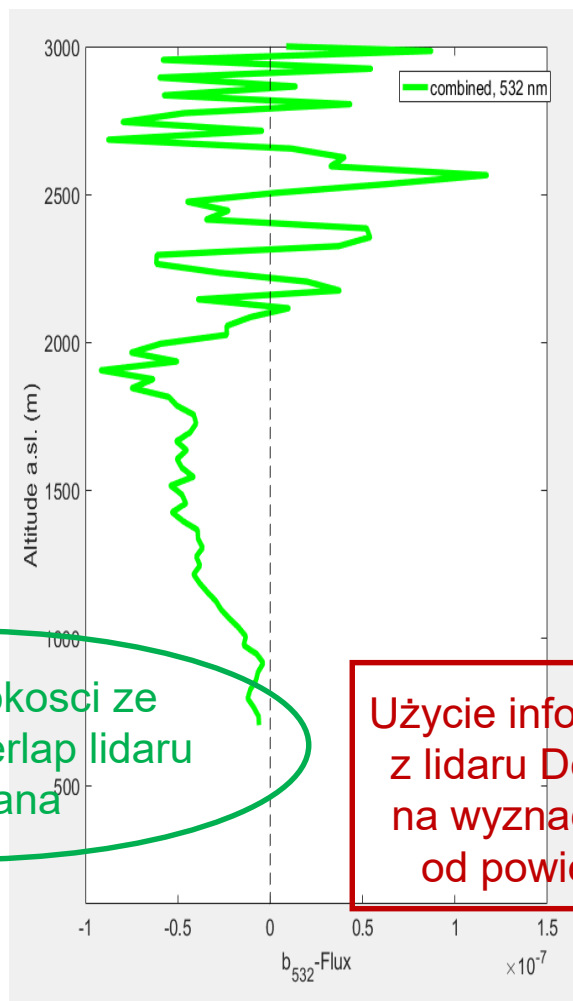
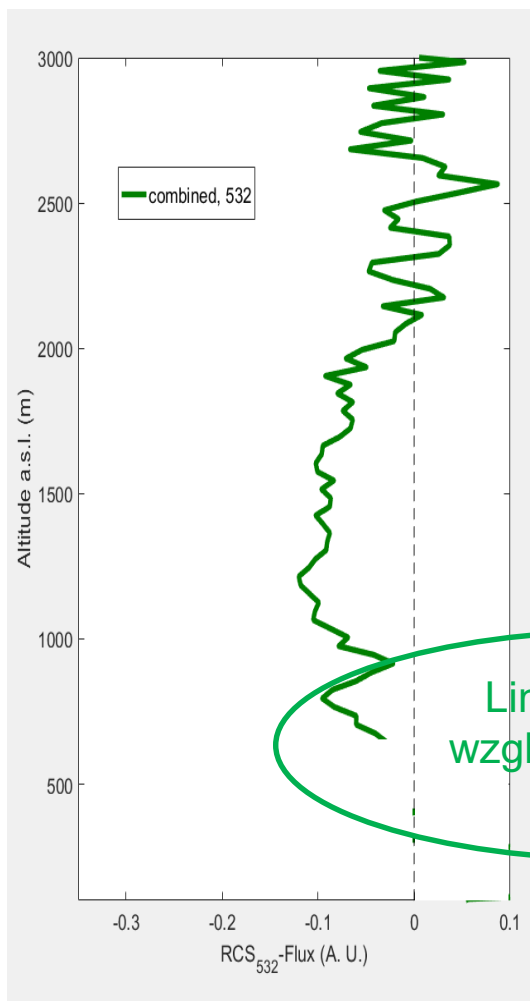
Ciągła (b.szybka) synchronizacja przez zewnętrzny serwer

Bardzo wysoka rozdzielczość czasowa 2s





Przykład: ujemny turbulentny strumień aerozoli



EMORAL RCS_{532} + Doppler w

EMORAL β_{532} + Doppler w

Doppler β_{att} + Doppler w



Separacja molekuł, aerozoli i chmur w troposferze.

Synergia pomiarów lidarem polaryzacyjnym,
radarem chmurowym i radiometrem mikrofalowym.

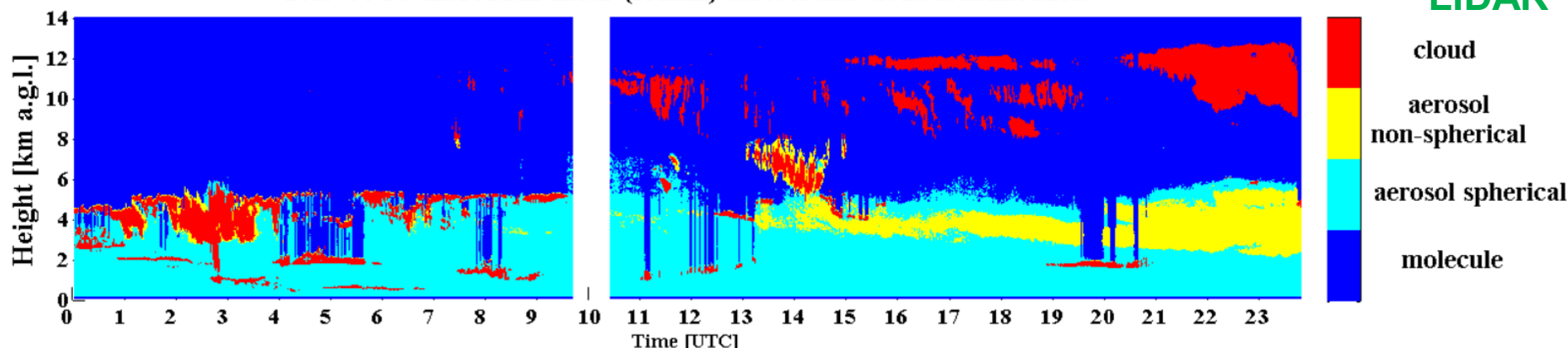


Klasyfikacja Lidar EARLINET-ACTRIS (baz modyfikacji)

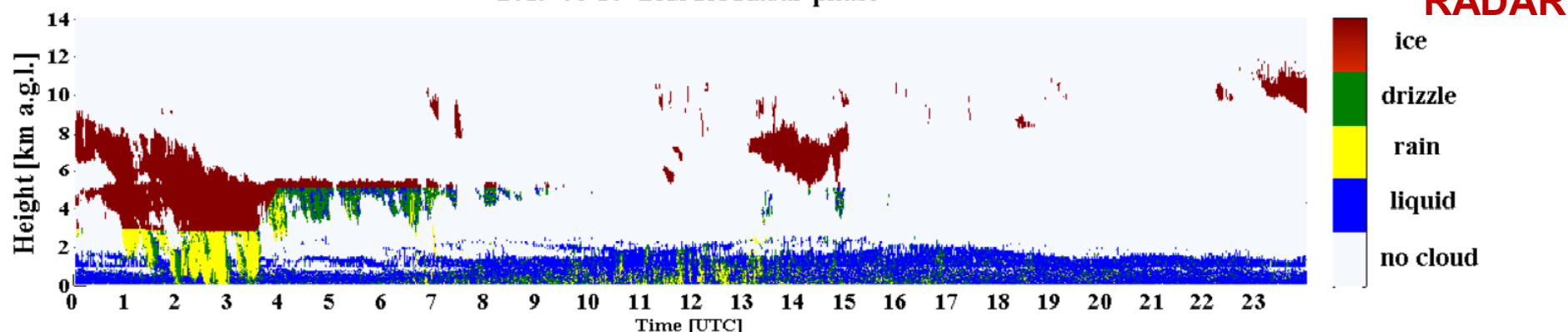
Główny problem:
obie klasyfikacje "nie
widzą" różnych cząstek

Radar Chmurowy CLOUDNET-ACTRIS (baz modyfikacji)

2019-06-10 EMORAL Lidar (532nm)-aerosol and cloud identification

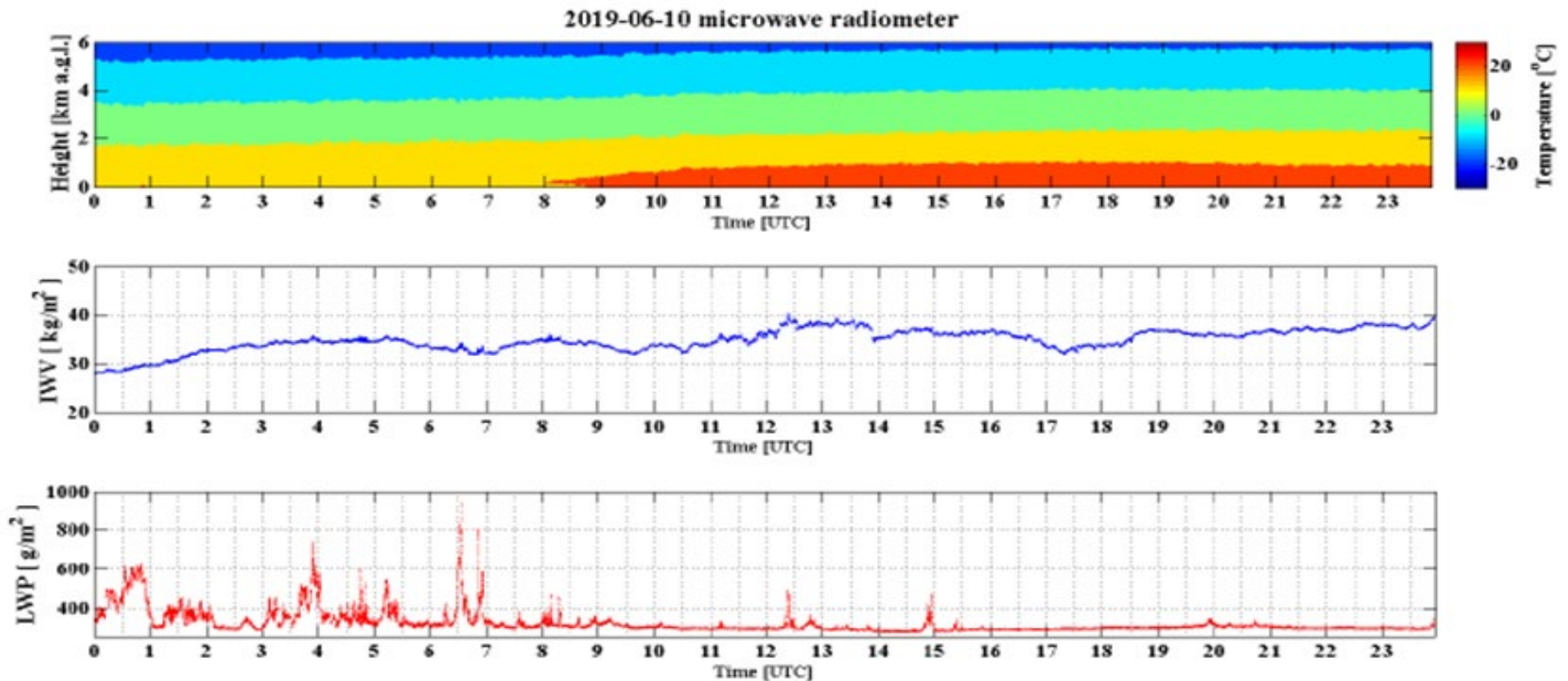


2019-06-10 BASTA Radar-phase





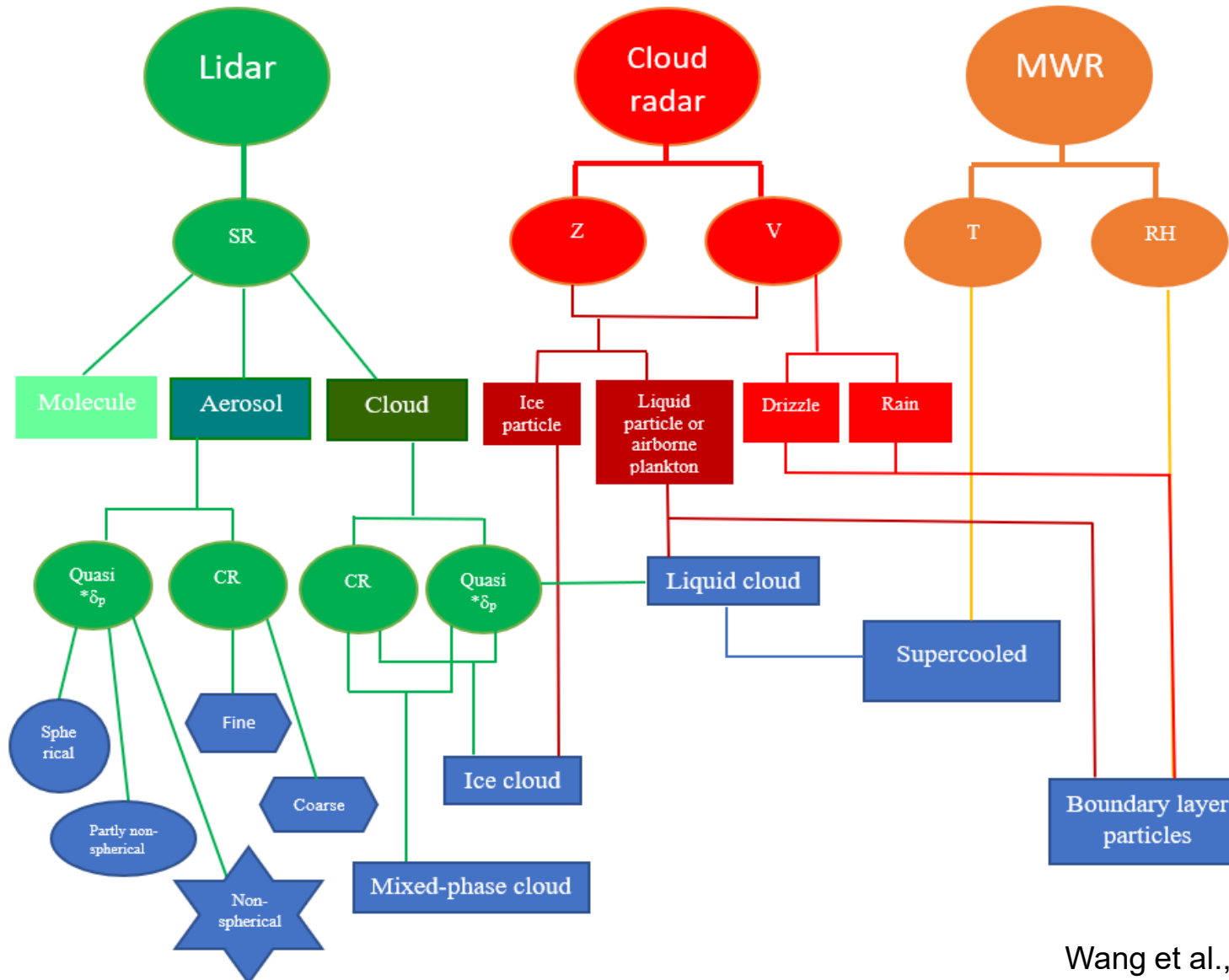
Radiometer mikrofalowy jako dodatek do lidaru i/lub radaru chmurowego.



Konieczność zdefiniowania nowych wartości granicznych do klasyfikacji synergicznej z trzech instrumentów.



Nowy schemat klasyfikacji



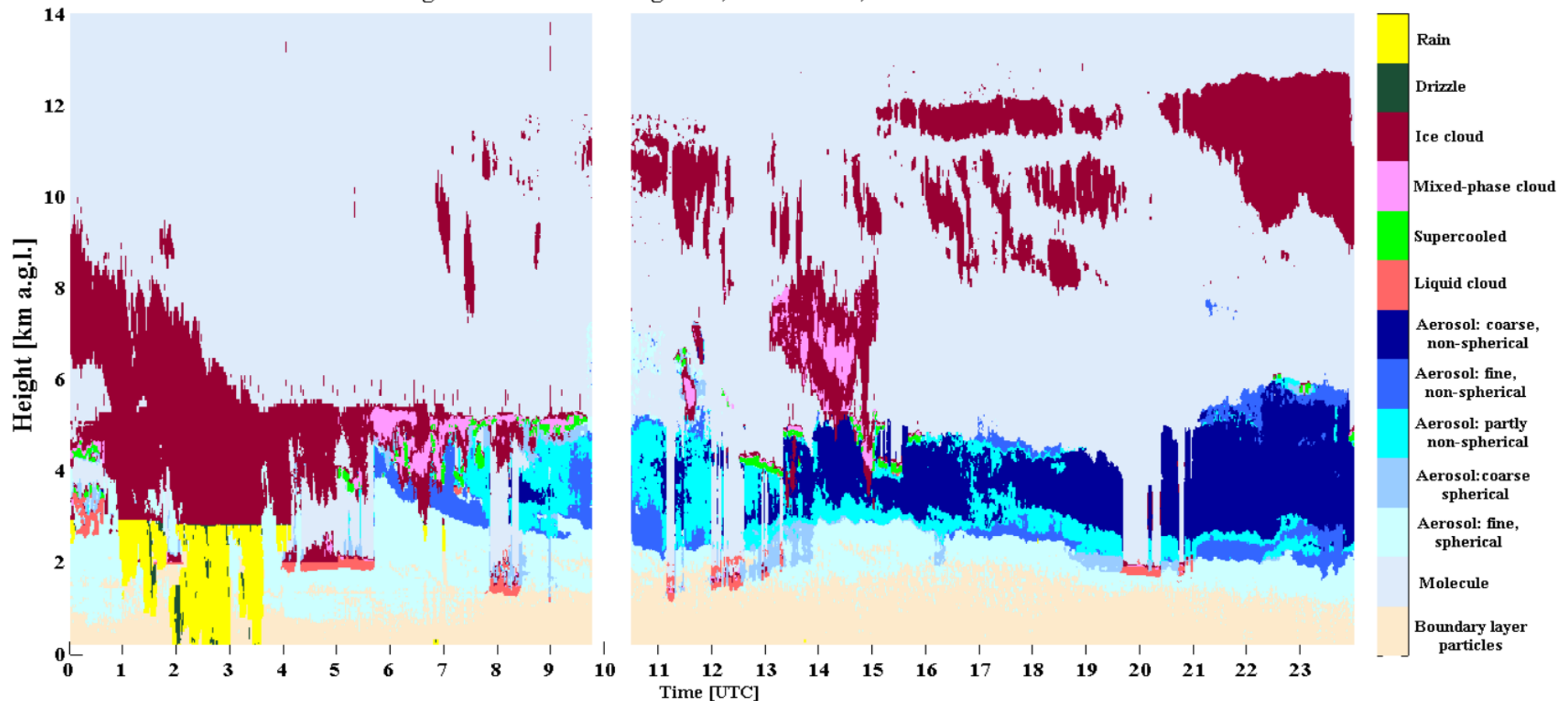
Wang et al., *Opt. Express*, 2020.



Przykład klasyfikacji

- Optymalizacja dla bardzo skomplikowanej sytuacji meteorologicznej
- Ogromna liczba kategorii kluczowych klimatologicznie

2019-06-10 target classification using lidar, cloud radar, and microwave radiometer



Wang et al., *Opt. Express*, 2020.



UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Kampanie POLIMOS z Lidarem EMORAL 2021-2022

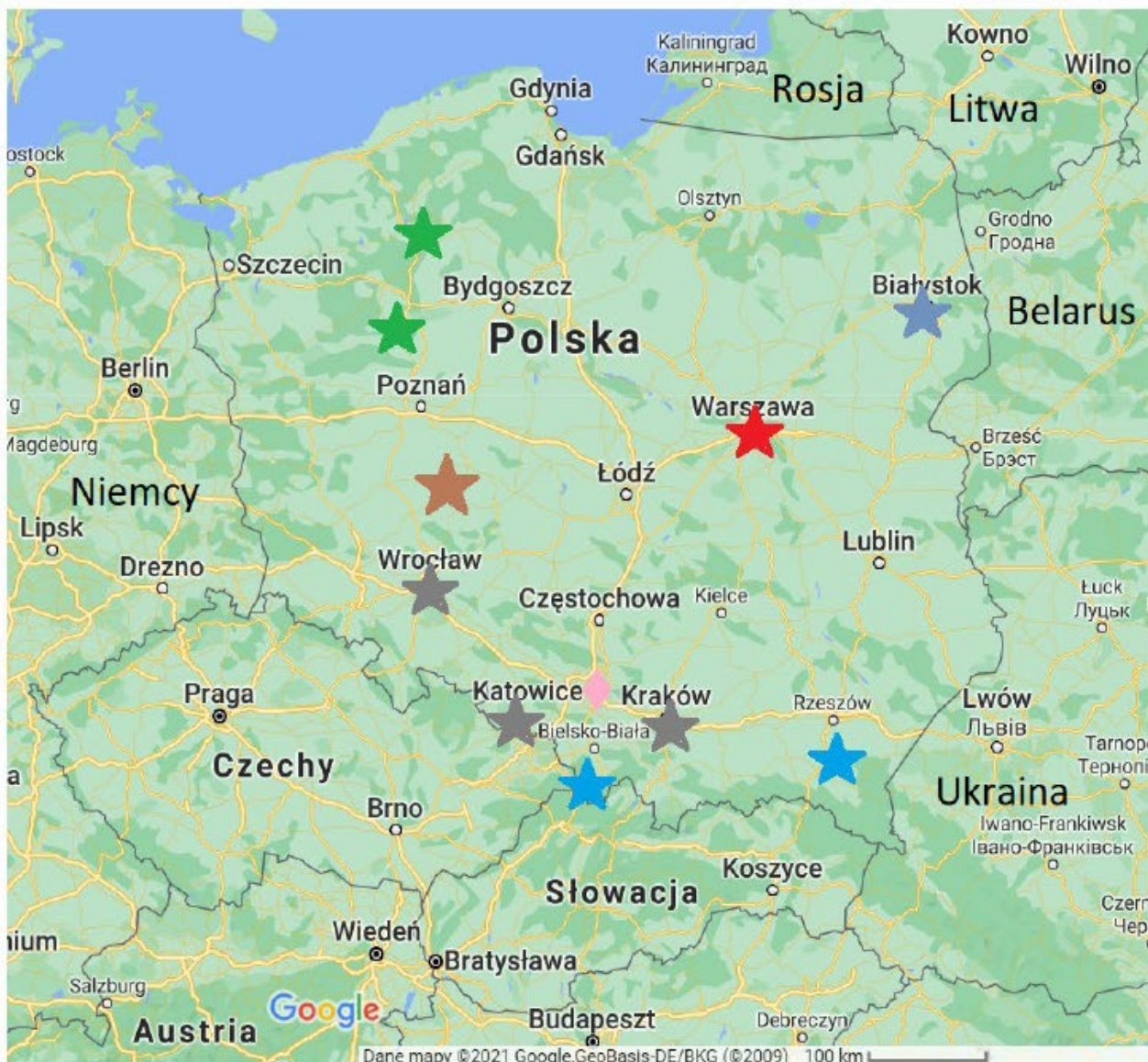




UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Kampanie POLIMOS



Emoral Lidar deployment:

★ agrodust

★ ecosystems

★ smog air pollution

★ trans-border pollution

★ FT layers

Supporting observations:

★ reference ACTRIS site

◆ mobile ACTRIS lab
(different locations)

AGH



UNIVERSITY
OF WARSAW

INSTITUTE
OF GEOPHYSICS

Sky is the limit for RS-Lab Team 😊

Lider: Iwona Stachlewska

Postdocy: Chriatiana Olusegun, Olga Zawadzka-Mańko, Pablo Ortiz-Amezcuca,
Dongxiang Wang

Doktoranci: Lucja Janicka, Fatima Mirza-Montoro, Dominika Szczepanik,
Artur Tomczak, Emeka Ugboma

Technicy: Rafał Fortuna, Wojciech Kumala, Patryk Poczta

Kluczowe finansowanie badań: ESA-ESTEC





Dziękuję za wysłuchanie!

