Nowoczesny model chmury

Hanna Pawłowska, Anna Jaruga, Sylwester Arabas

Instytut Geofizyki
Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski

24 maja 2013



Nowy projekt HARMONIA NCN w IGF



NARODOWE CENTRUM NAUKI

konkurs HARMONIA – badania podstawowe
realizowane w ramach współpracy międzynarodowej

- Projekt: **Przetwarzanie aerozolu przez chmury - budowa wszechstronnego zaprogramowanego obiektowo narzędzia do symulacji numerycznych.**

Nowy projekt HARMONIA NCN w IGF



NARODOWE CENTRUM NAUKI

konkurs HARMONIA – badania podstawowe
realizowane w ramach współpracy międzynarodowej

- Projekt: **Przetwarzanie aerozolu przez chmury - budowa wszechstronnego zaprogramowanego obiektowo narzędzia do symulacji numerycznych.**
- Czas trwania: 3 lata



Nowy projekt HARMONIA NCN w IGF



NARODOWE CENTRUM NAUKI

konkurs HARMONIA – badania podstawowe
realizowane w ramach współpracy międzynarodowej

- Projekt: **Przetwarzanie aerozolu przez chmury - budowa wszechstronnego zaprogramowanego obiektowo narzędzia do symulacji numerycznych.**
- Czas trwania: 3 lata
- Budżet: 996 890,00 zł.



Nowy projekt HARMONIA NCN w IGF



NARODOWE CENTRUM NAUKI

konkurs HARMONIA – badania podstawowe
realizowane w ramach współpracy międzynarodowej

- Projekt: **Przetwarzanie aerozolu przez chmury - budowa wszechstronnego zaprogramowanego obiektowo narzędzia do symulacji numerycznych.**
- Czas trwania: 3 lata
- Budżet: 996 890,00 zł.
- Współpraca:

Piotr Smolarkiewicz — ECMWF

Wojciech Grabowski — NCAR, NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Nowoczesny model chmury: wyzwania



Nowoczesny model chmury: wyzwania

Stevens & Feingold 2009 doi:10.1038/nature08281

„the difficulty in untangling relationships among the aerosol, clouds and precipitation reflects the inadequacy of existing tools and methodologies"

Nowoczesny model chmury: wyzwania

Stevens & Feingold 2009 doi:10.1038/nature08281

„the difficulty in untangling relationships among the aerosol, clouds and precipitation reflects the inadequacy of existing tools and methodologies"

Morin et al. 2012 doi:10.1126/science.1218263

„the inability to reproduce many published computational results or to perform credible peer review in the absence of program source code has contributed to a perceived "credibility crisis" for research computation"



Nowoczesny model chmury: wyzwania

Stevens & Feingold 2009 doi:10.1038/nature08281

„the difficulty in untangling relationships among the aerosol, clouds and precipitation reflects the inadequacy of existing tools and methodologies"

Morin et al. 2012 doi:10.1126/science.1218263

„the inability to reproduce many published computational results or to perform credible peer review in the absence of program source code has contributed to a perceived "credibility crisis" for research computation"

Ince et al. 2012 doi:10.1038/nature10836

„anything less than the release of source programs is intolerable for results that depend on computation"



Podstawowy cel naszego projektu HARMONIA

stworzenie **nowoczesnego modelu chmury**:



Podstawowy cel naszego projektu HARMONIA

stworzenie **nowoczesnego modelu chmury**:

- umożliwiającego badanie oddziaływania aerozolu z chmurami i opadem

Podstawowy cel naszego projektu HARMONIA

stworzenie **nowoczesnego modelu chmury**:

- umożliwiającego badanie oddziaływania aerozolu z chmurami i opadem
- zapewniającego, w praktyce, sprawdzalność wyników

Podstawowy cel naszego projektu HARMONIA

stworzenie **nowoczesnego modelu chmury**:

- umożliwiającego badanie oddziaływania aerozolu z chmurami i opadem
- zapewniającego, w praktyce, sprawdzalność wyników
  - publiczna dostępność kodu



Podstawowy cel naszego projektu HARMONIA

stworzenie **nowoczesnego modelu chmury**:

- umożliwiającego badanie oddziaływania aerozolu z chmurami i opadem
- zapewniającego, w praktyce, sprawdzalność wyników
  - publiczna dostępność kodu
  - możliwość jednoznacznego określenia wersji kodu (i środowiska)



Podstawowy cel naszego projektu HARMONIA

stworzenie **nowoczesnego modelu chmury**:

- umożliwiającego badanie oddziaływania aerozolu z chmurami i opadem
- zapewniającego, w praktyce, sprawdzalność wyników
  - publiczna dostępność kodu
  - możliwość jednoznacznego określenia wersji kodu (i środowiska)
  - łatwość użycia = dokumentacja + przenośność + niezawodność



Plan prezentacji

– Oddziaływania aerozol - chmury - opad

– Jak opisać w modelu oddziaływanie, aerozolu chmur i opadu?

– Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie?

– Zaproszenie do współpracy

Plan prezentacji

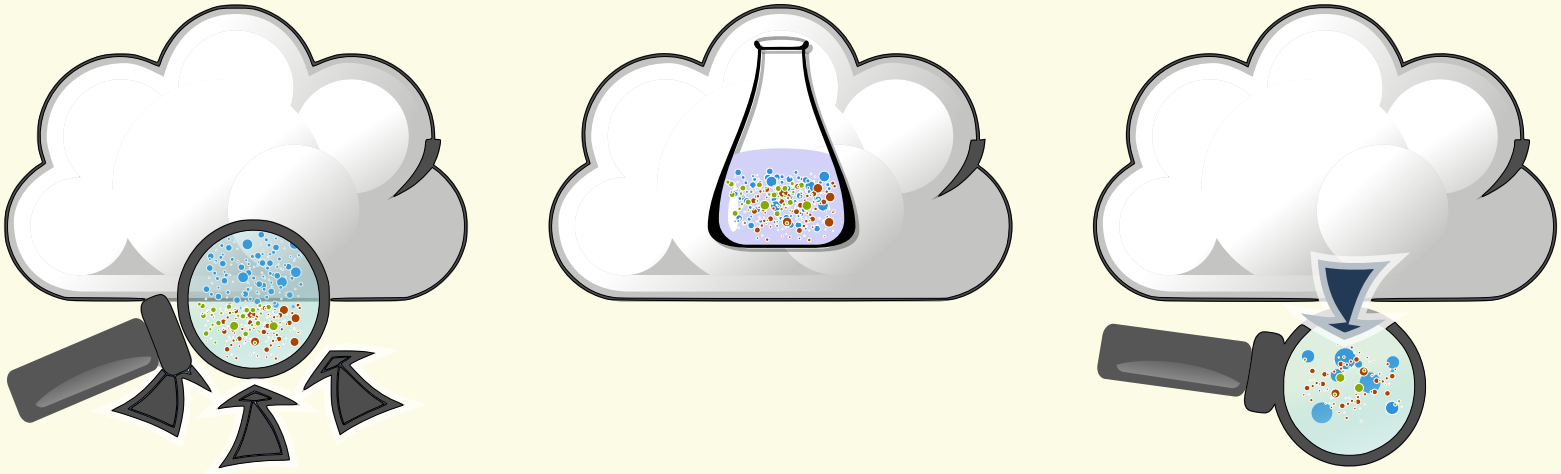
– Oddziaływania aerozol - chmury - opad

– Jak opisać w modelu oddziaływanie, aerozolu chmur i opadu?

– Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie?

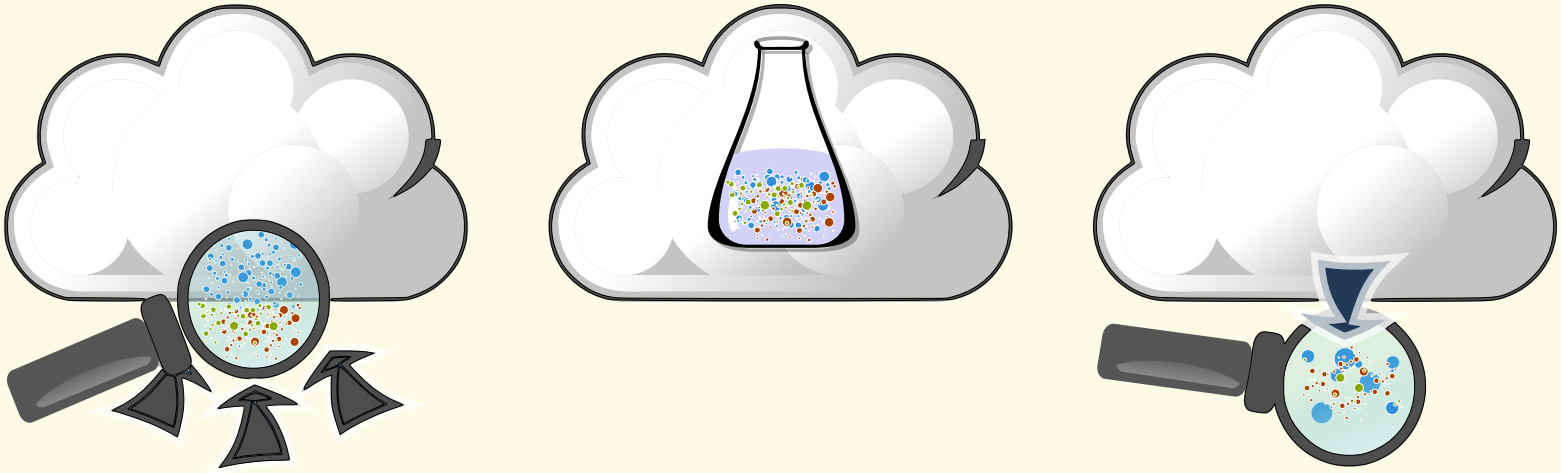
– Zaproszenie do współpracy

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy



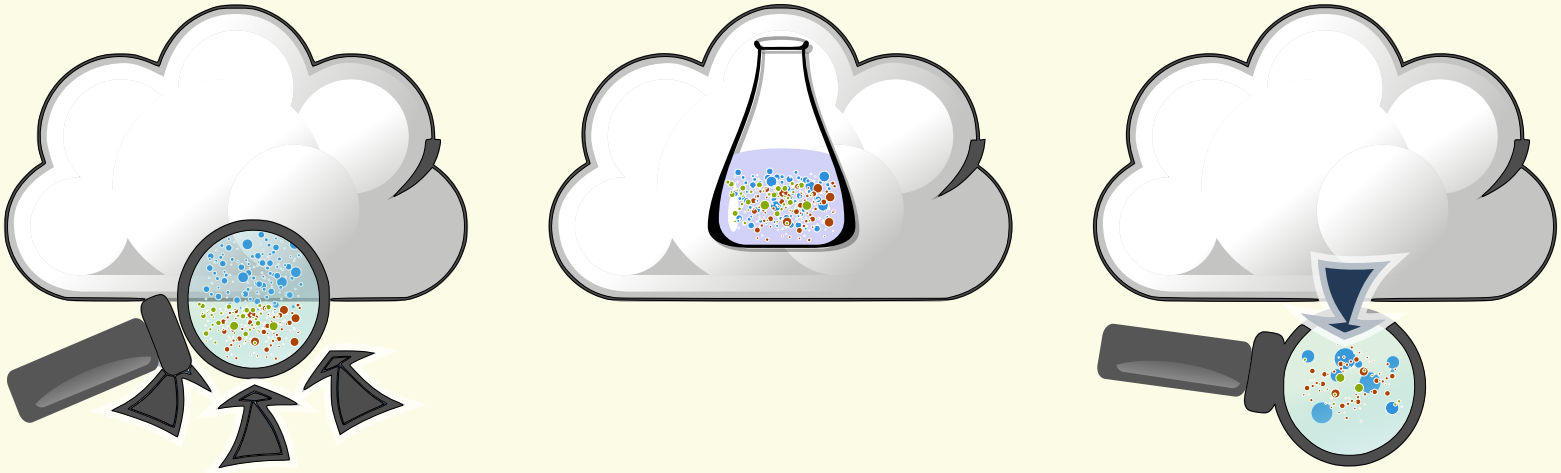
- aktywacja kropelek na aerozolu
- kondensacja

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy



- aktywacja kropelek na aerozolu
- kondensacja
- zderzenia pomiędzy kropelkami
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy

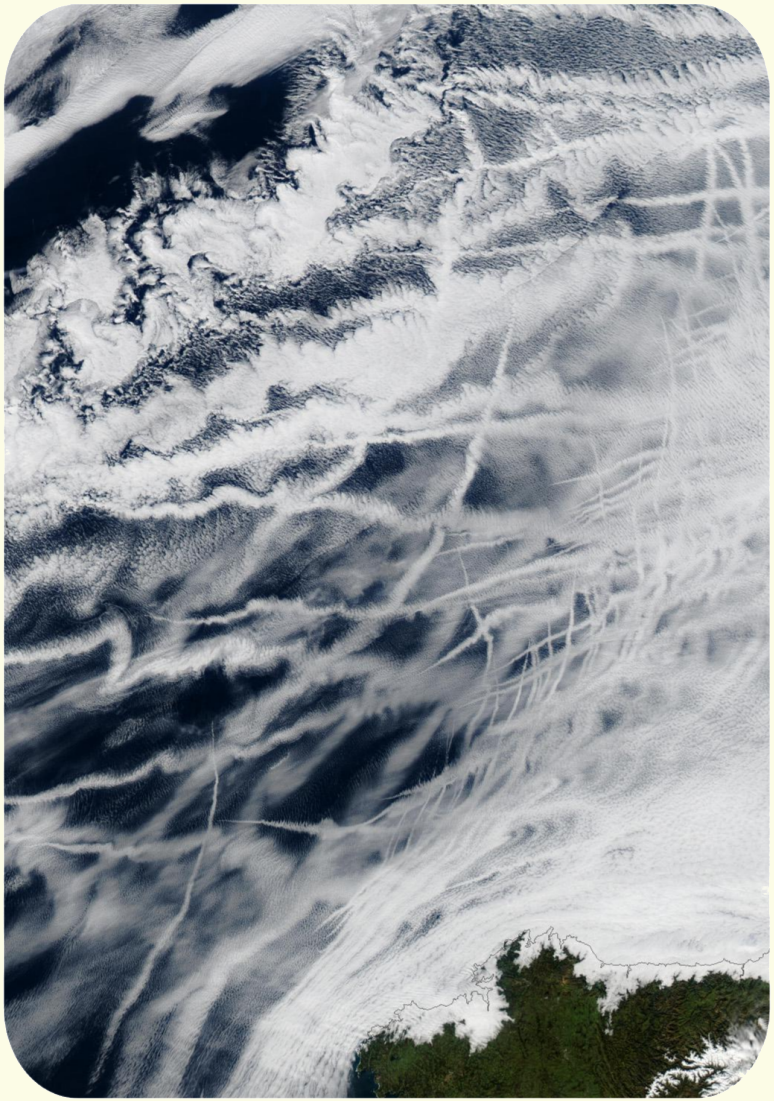


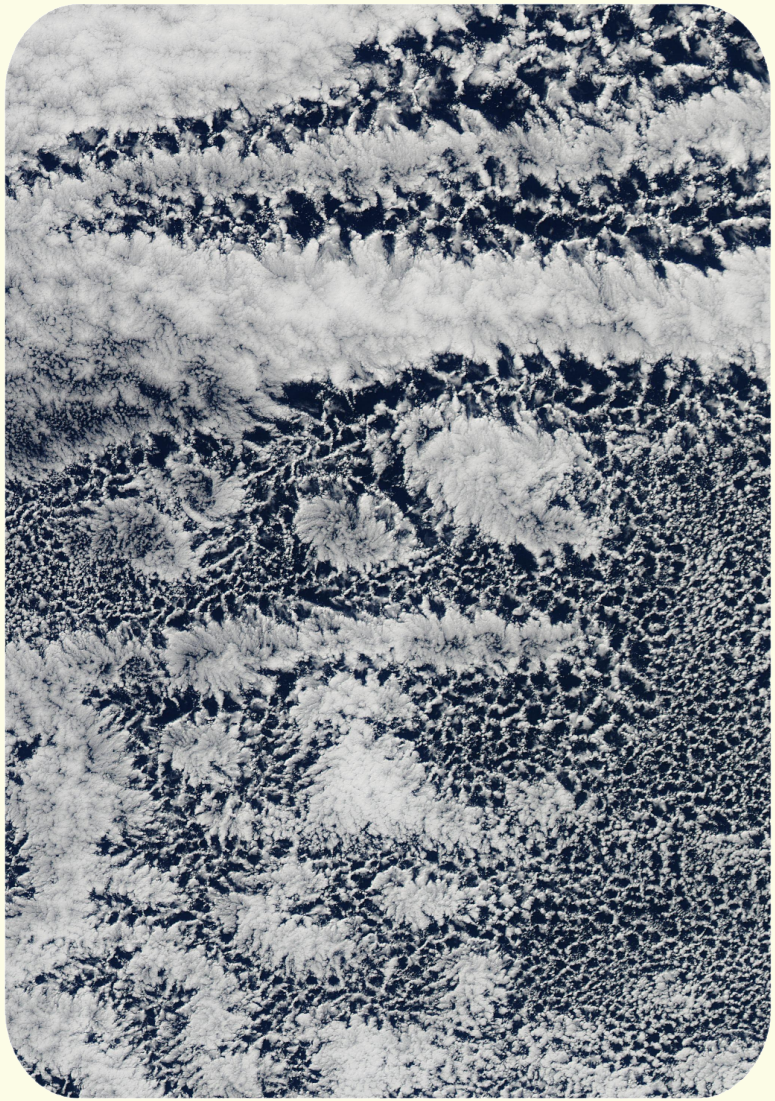
- aktywacja kropelek na aerozolu
- kondensacja

- zderzenia pomiędzy kropelkami
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach

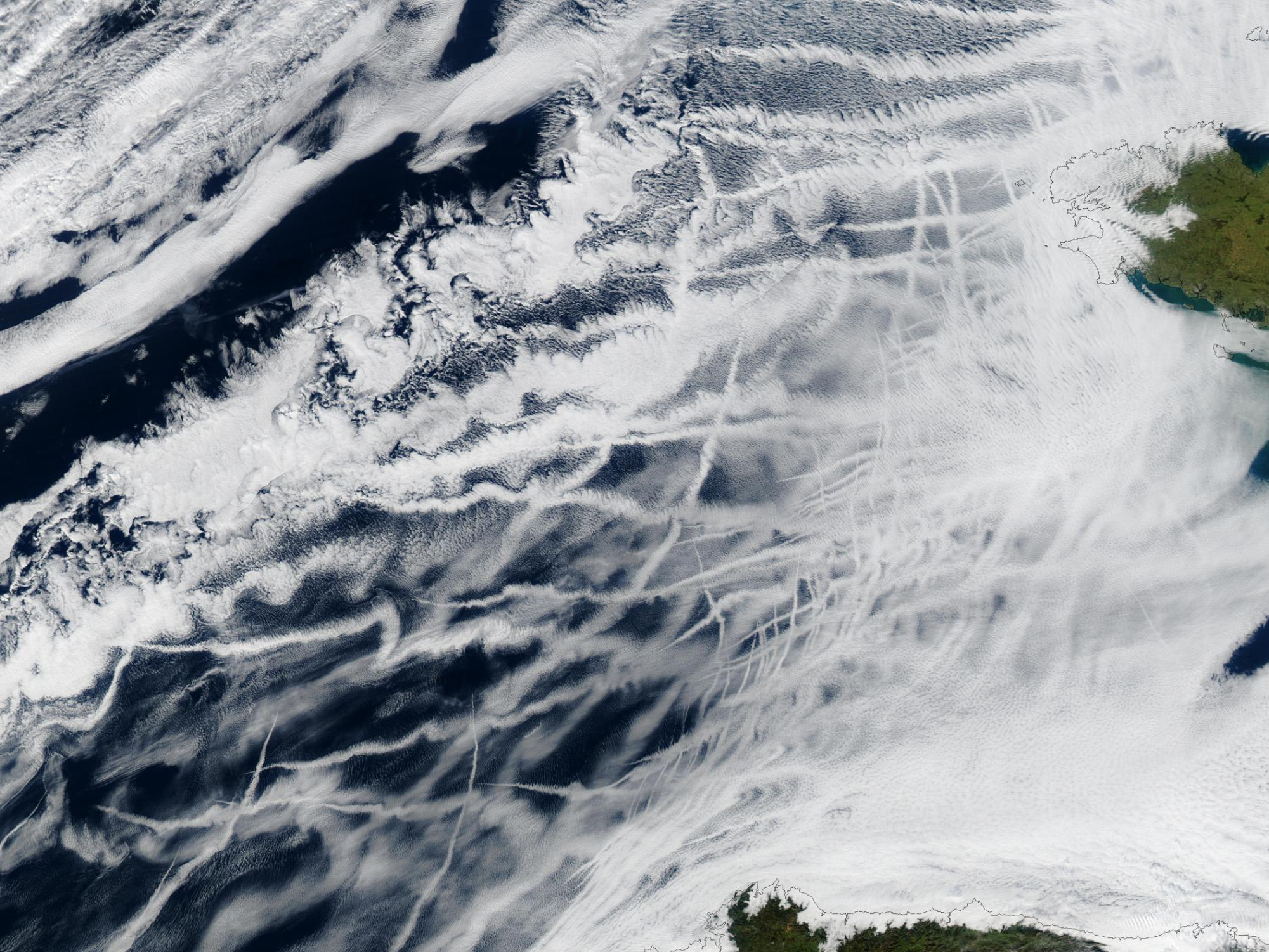
- opad
- wymywanie aerozolu
- odparowywanie kropelek

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: przykłady



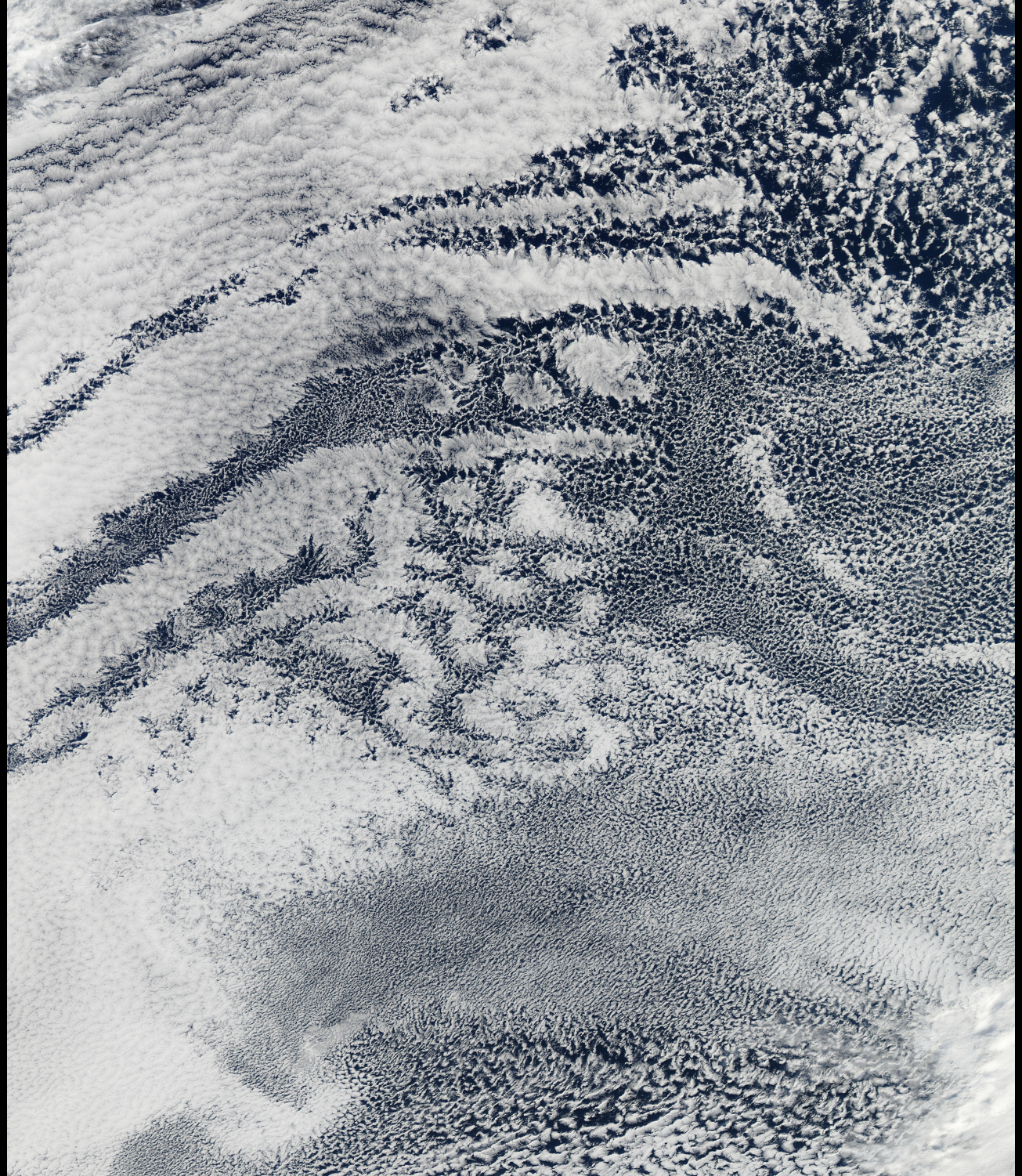


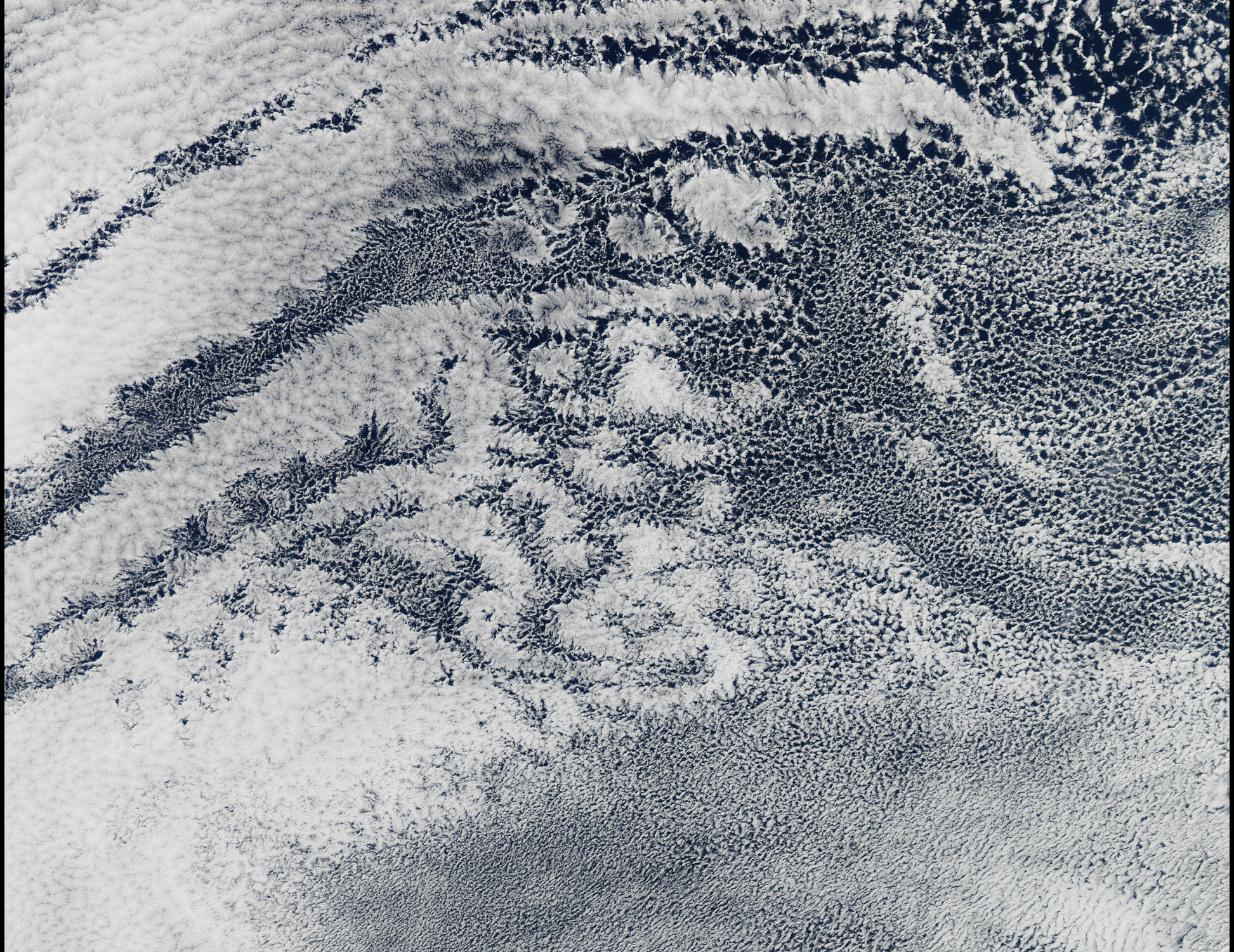
źródło: NASA (27 I 2003 – Zatoka Biskajska; 17 IV 2010 – Pacyfik u wybrzeży Peru)

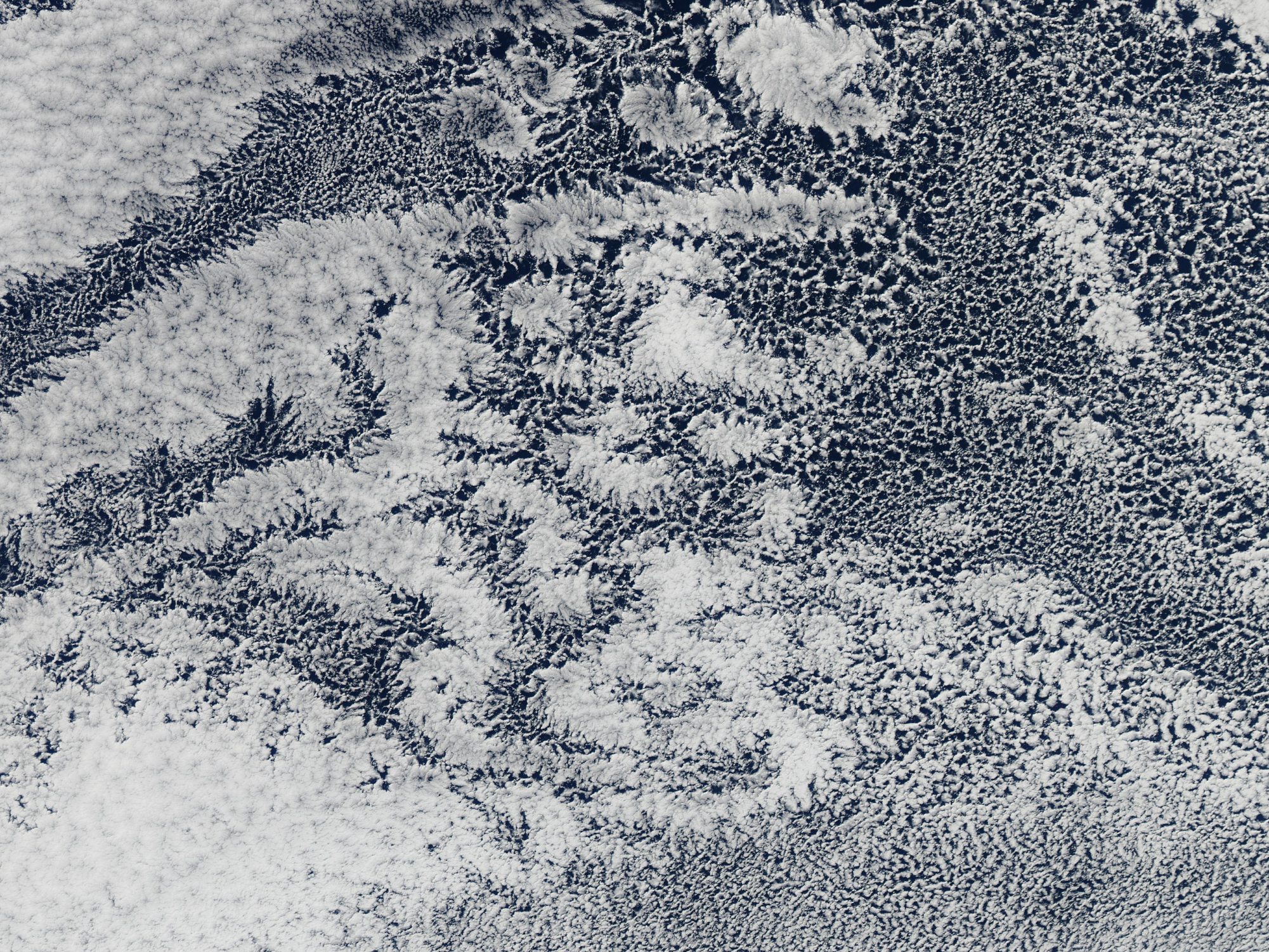


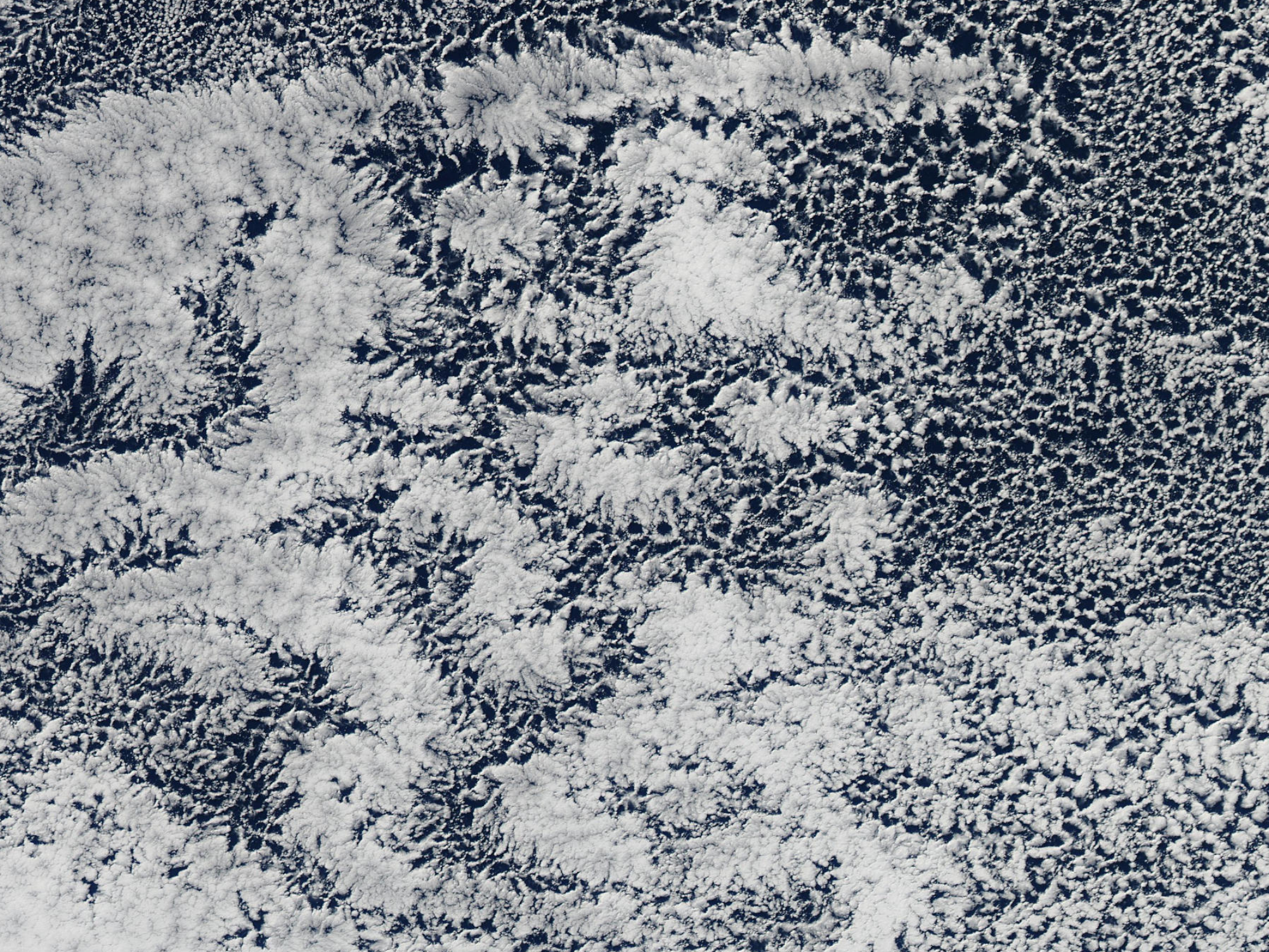


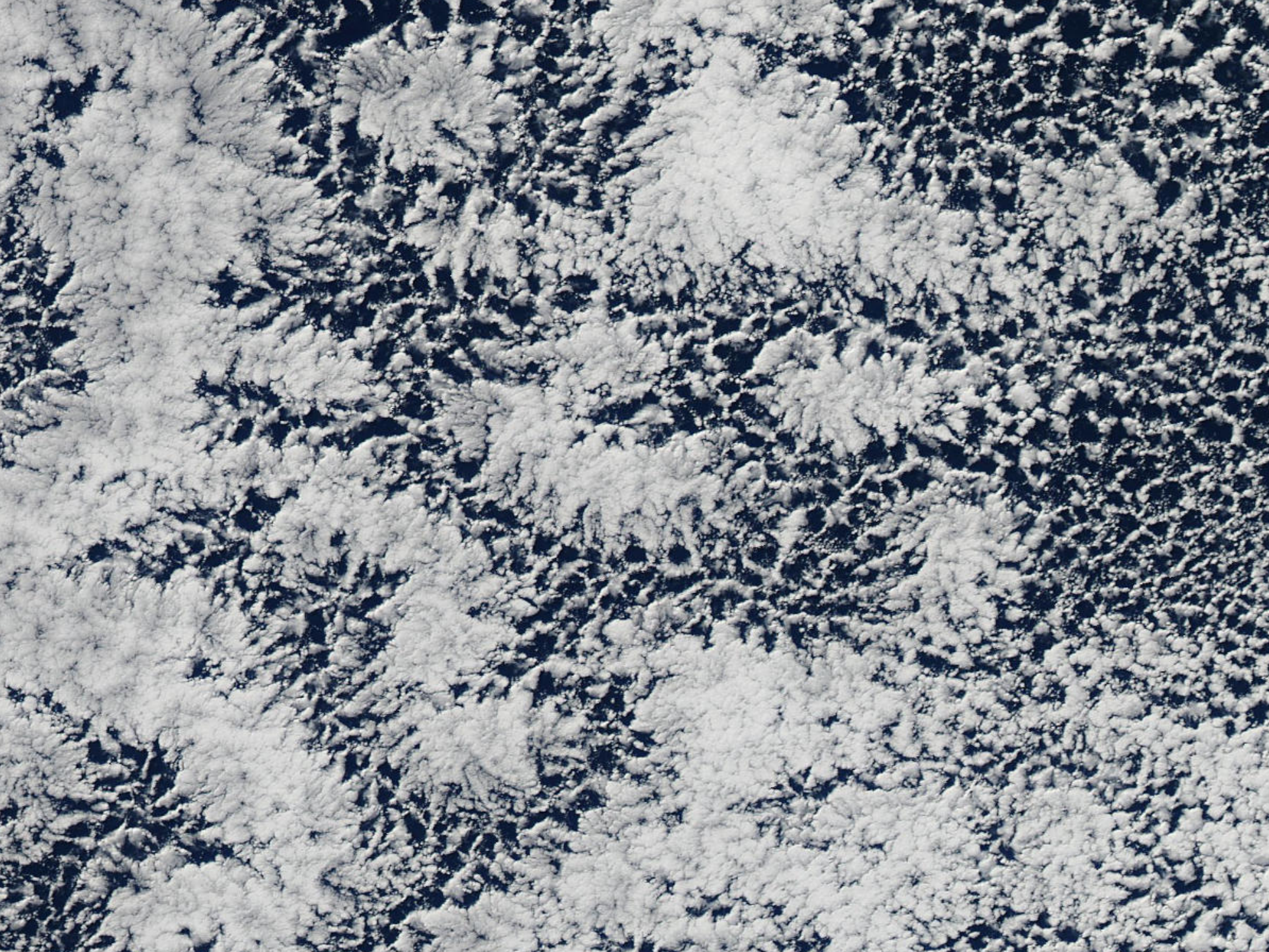
źródło: NASA





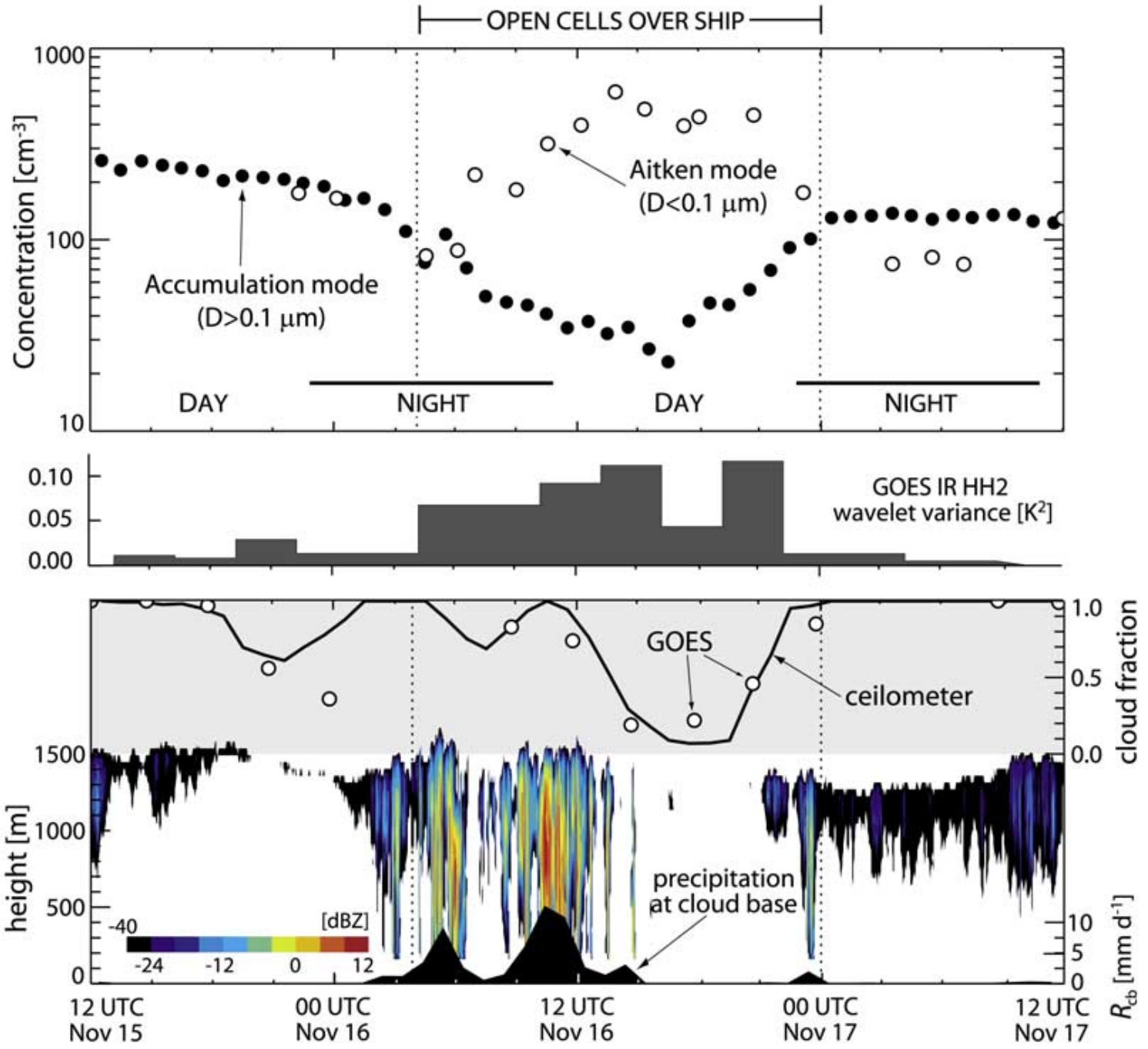










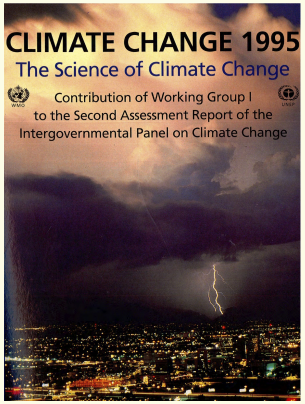


Wood et al. doi:10.1029/2007JD009371

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: czy istotne?



Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: czy istotne?



IPCC 1995

(1992) and Hoyt and Schatten (1993), while the upper range of 0.6% is in reasonable agreement with Nesme-Ribes *et al.* (1993) and corresponds to a radiative forcing of 1.4

expands that conclusion to show that the variations in solar output over the coming century are unlikely to exceed those observed since the Maunder Minimum.

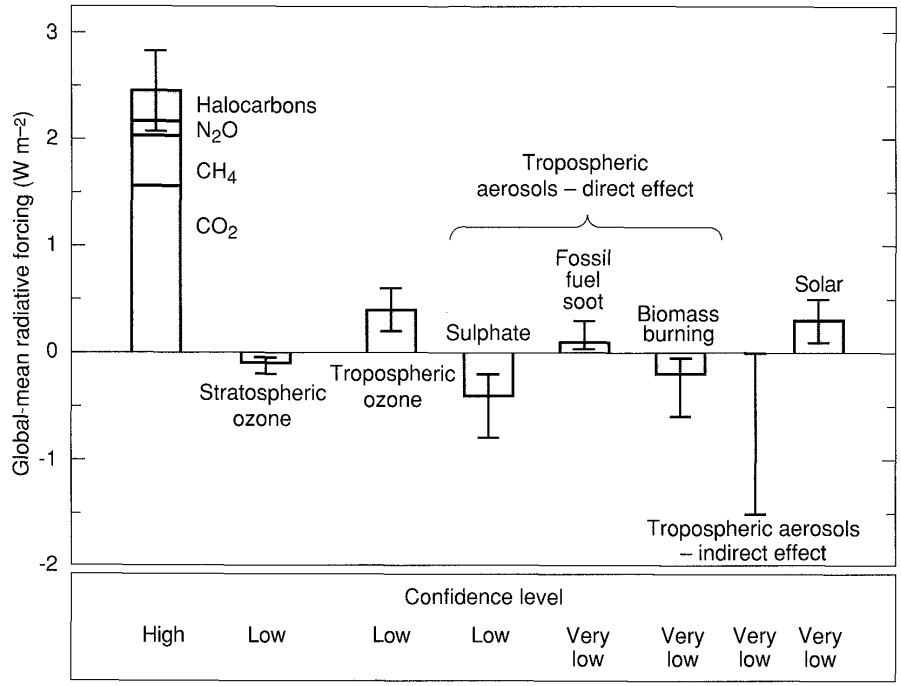
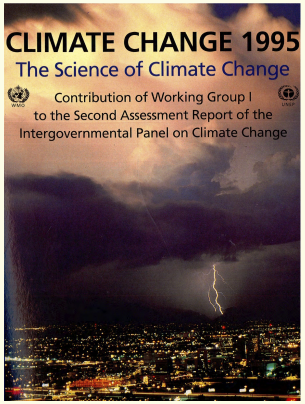
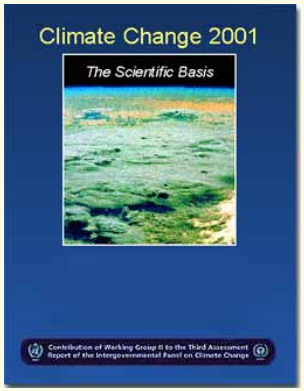


Figure 2.16: Estimates of the globally and annually averaged anthropogenic radiative forcing (in Wm^{-2}) due to changes in concentrations of greenhouse gases and aerosols from pre-industrial times to the present day and to natural changes in solar output from 1850 to the present day. The height of the rectangular bar indicates a mid-range estimate of the forcing whilst the error bars show an

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: czy istotne?





IPCC 2001

Global and annual mean radiative forcing (1750 to present)

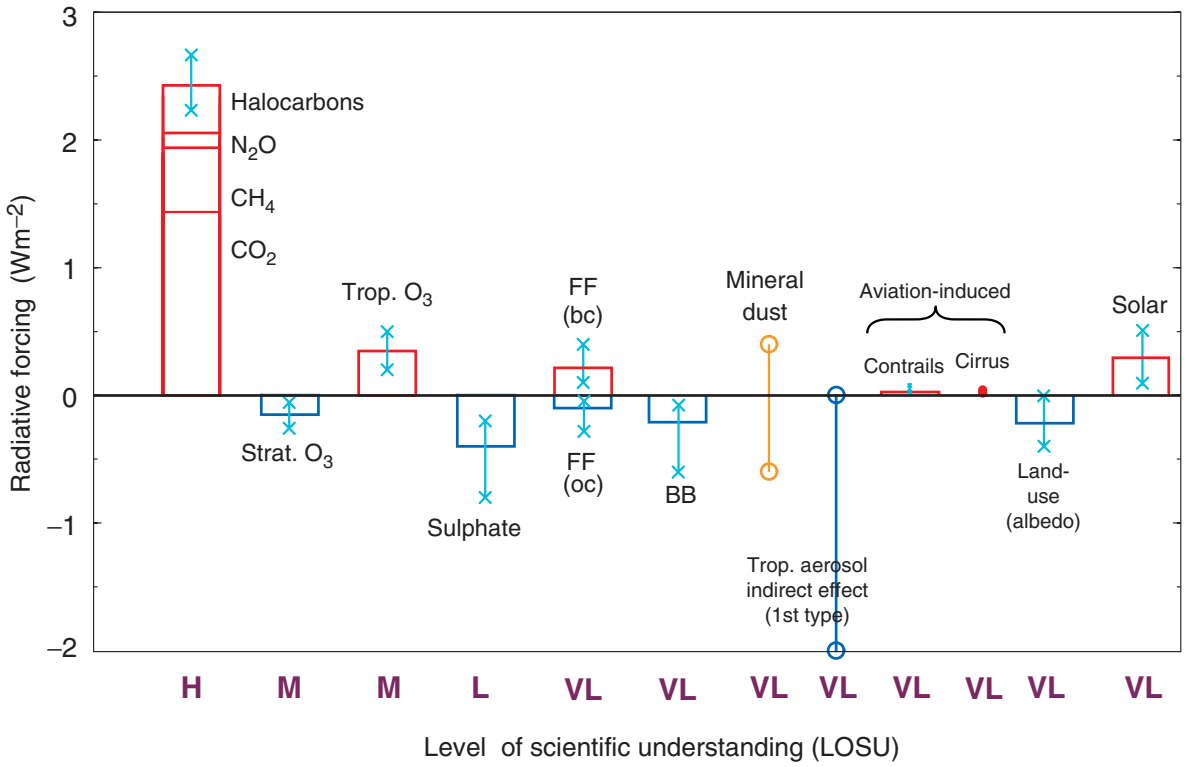
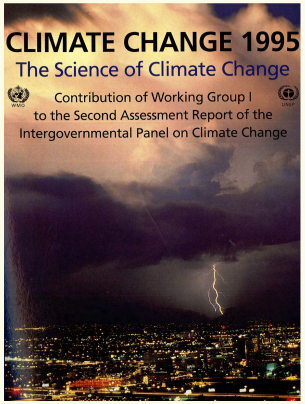
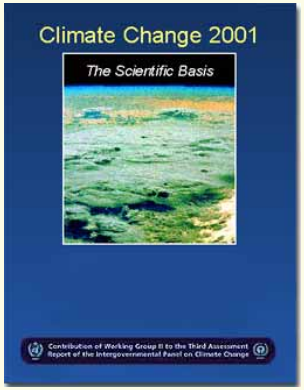


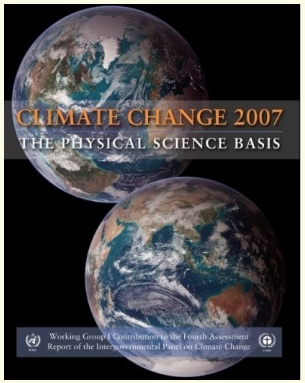
Figure 6.6: Global, annual mean radiative forcings (Wm^{-2}) due to a number of agents for the period from pre-industrial (1750) to present (late 1990s; about 2000) (numerical values are also listed in Table 6.11). For detailed explanations see Section 6.13. The height of the rectangular bar denotes a central or best estimate value while its absence denotes no best estimate is possible. The vertical line about the rectangular bar with "x"

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: czy istotne?







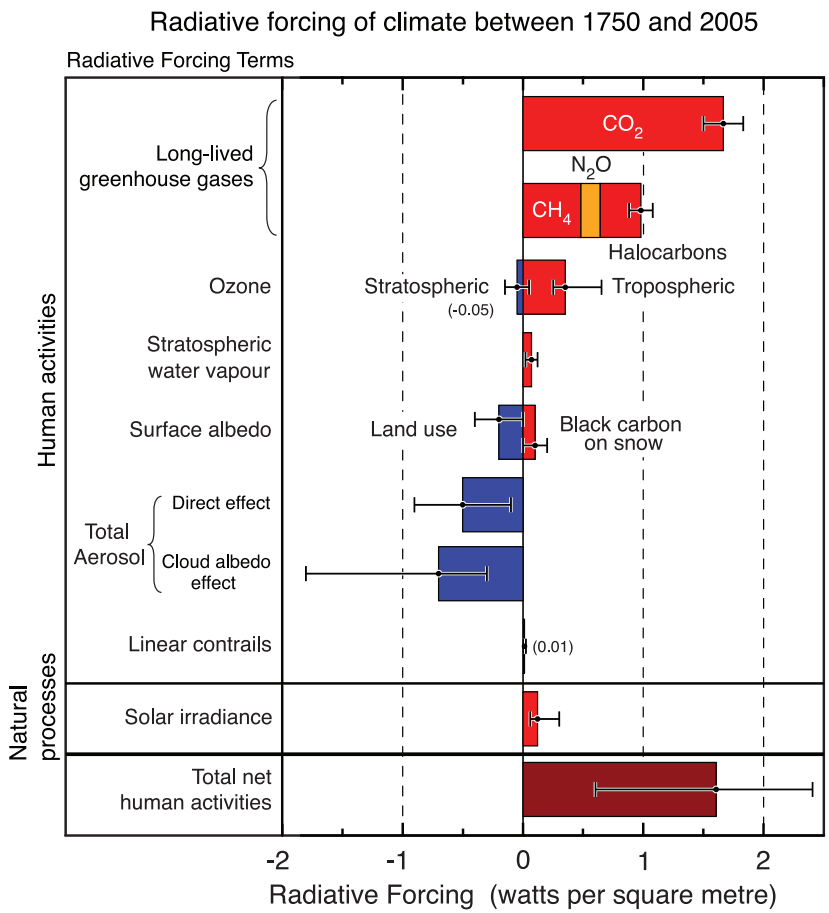
IPCC 2007

rocesses
osphere.
dust re-
aerosols,
and and
aerosols

cted by

forcing
l by hu-
e 2. The
ve to the
50). The
ncreases,
ose due
use each
on in the
e gases,
t forcing
increas-
g, while
contrib-

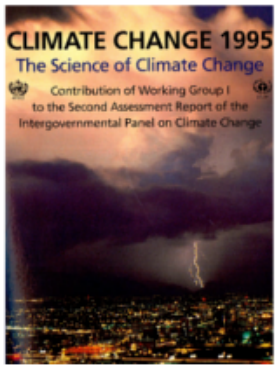
ive forc-
sorption
ne atmo-
e forcing
. The di-
l aerosol
a nega-
ough the

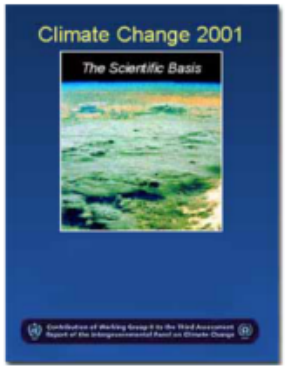


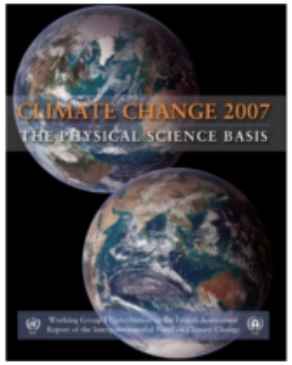
FAQ 2.1, Figure 2. *Summary of the principal components of the radiative forcing of climate change. All these radiative forcings result from one or more factors that affect climate and are associated with human activities or*

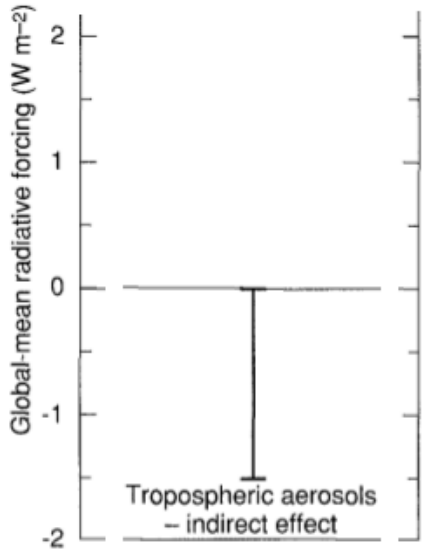
Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: czy istotne?

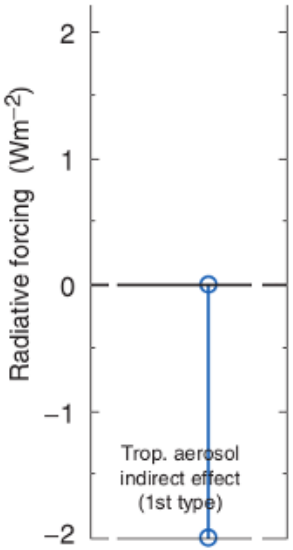
1995 – 2001 – 2007

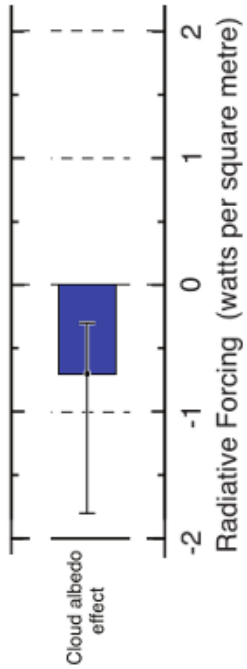












Plan prezentacji

– Oddziaływania aerozol - chmury - opad

– Jak opisać w modelu oddziaływanie, aerozolu chmur i opadu?

– Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie?

– Zaproszenie do współpracy

Plan prezentacji

– Oddziaływania aerozol - chmury - opad

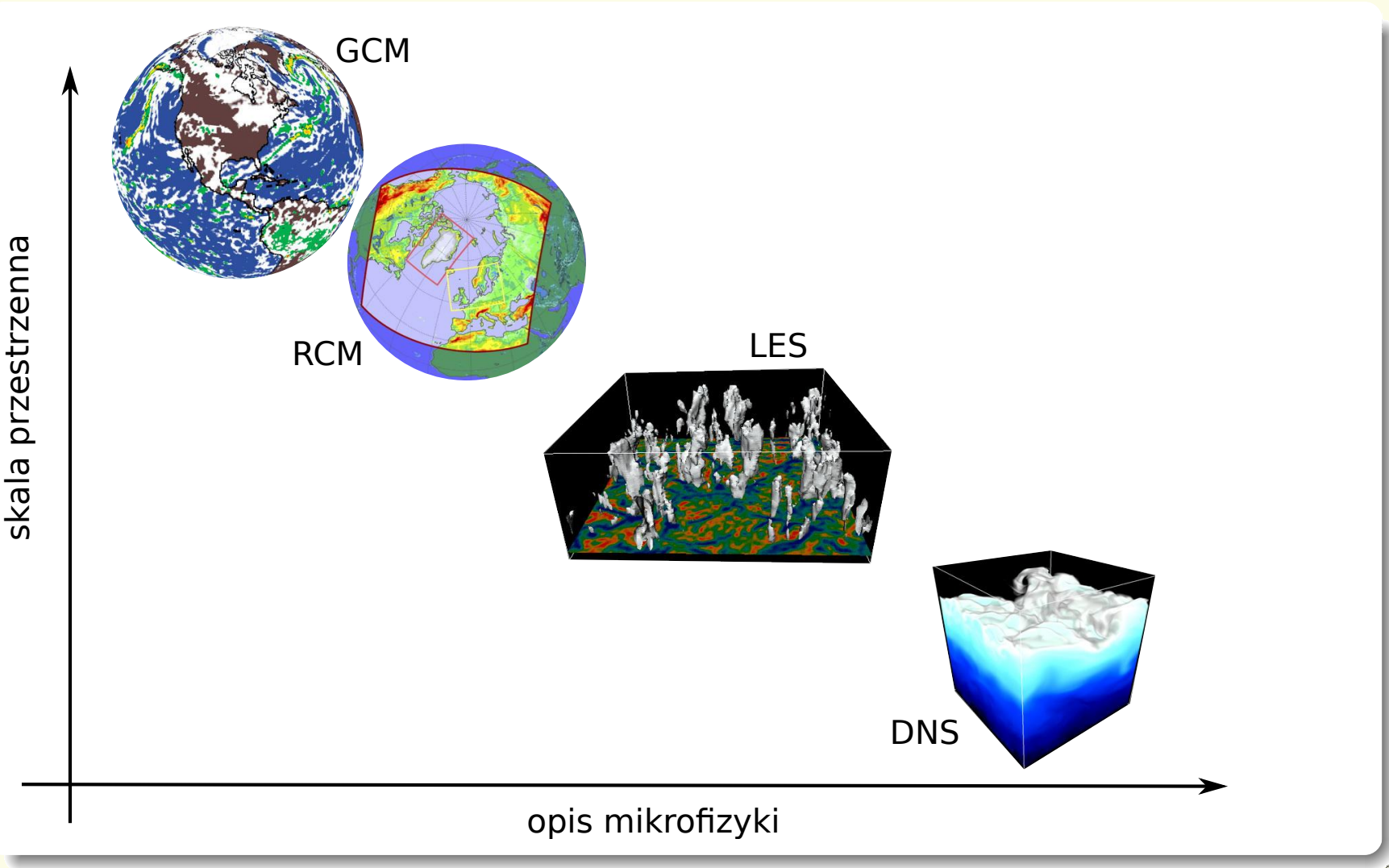
– Jak opisać w modelu oddziaływanie, aerozolu chmur i opadu?

– Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie?

– Zaproszenie do współpracy

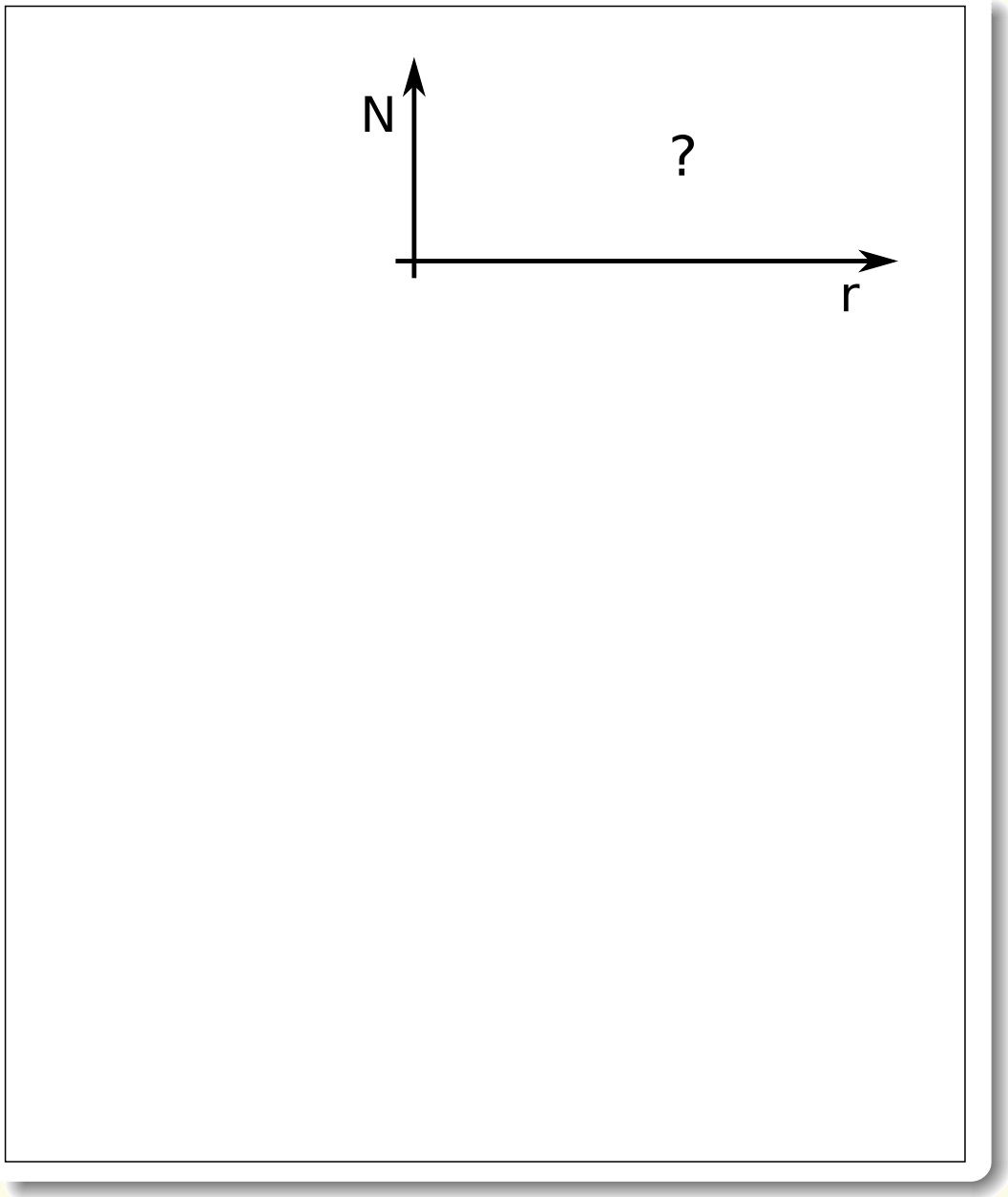


Reprezentacja mikrofizyki a skala modeli



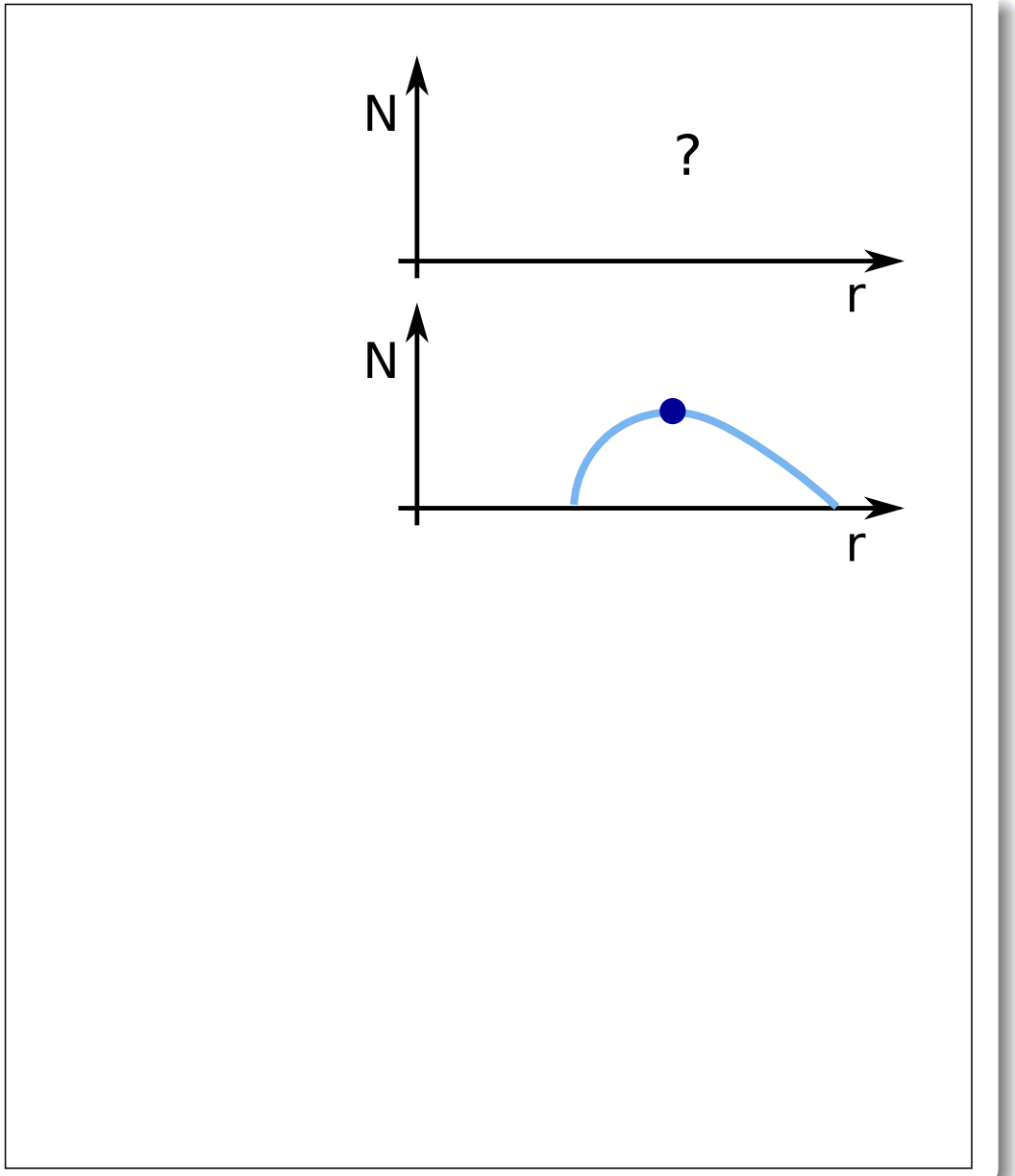
Jak opisywana jest mikrofizyka w LES

- opis zgrubny
  jedno-momentowy (bulk)



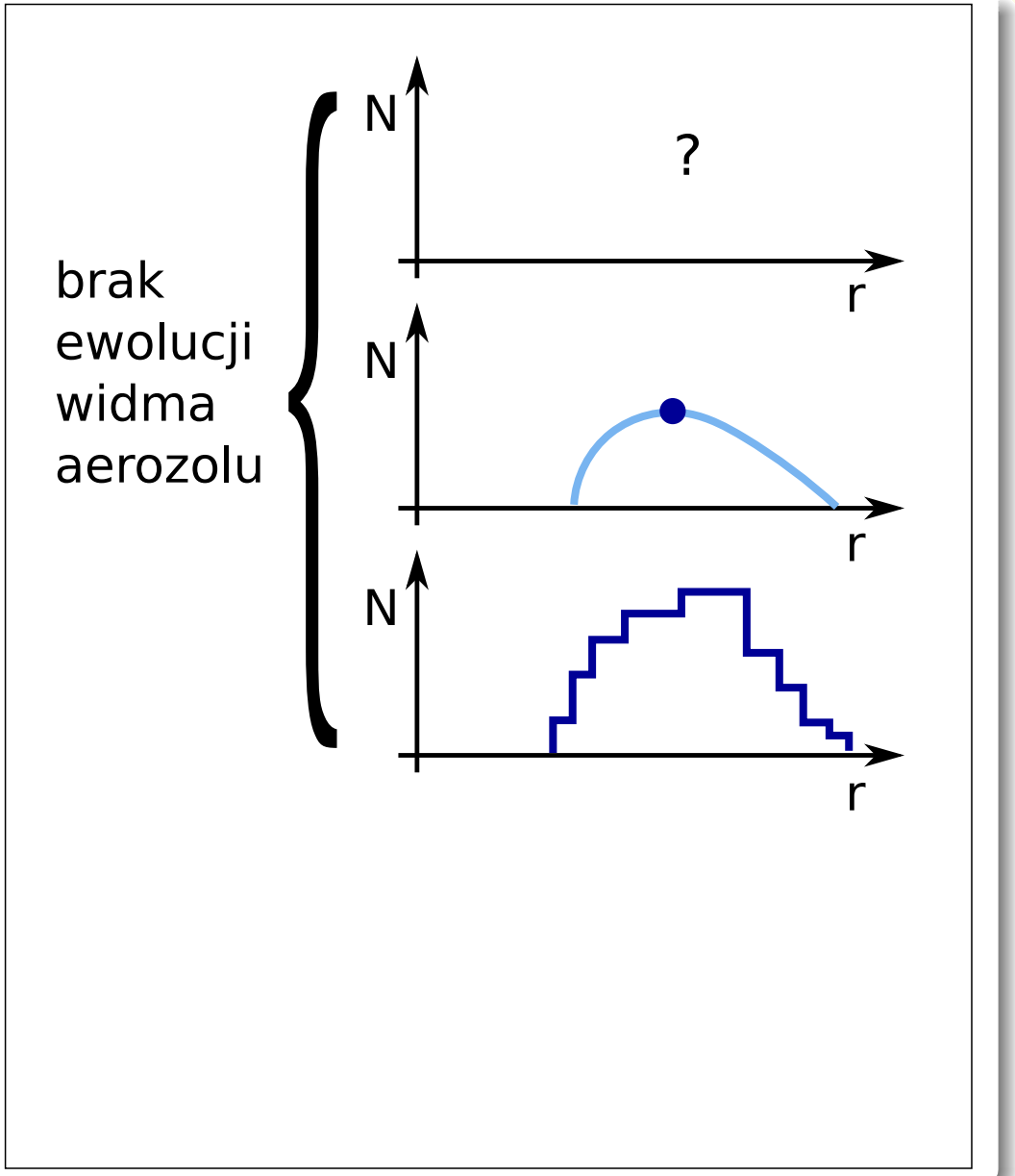
Jak opisywana jest mikrofizyka w LES

- opis zgrubny
  jedno-momentowy (bulk)
- opis zgrubny
  wielo-momentowy



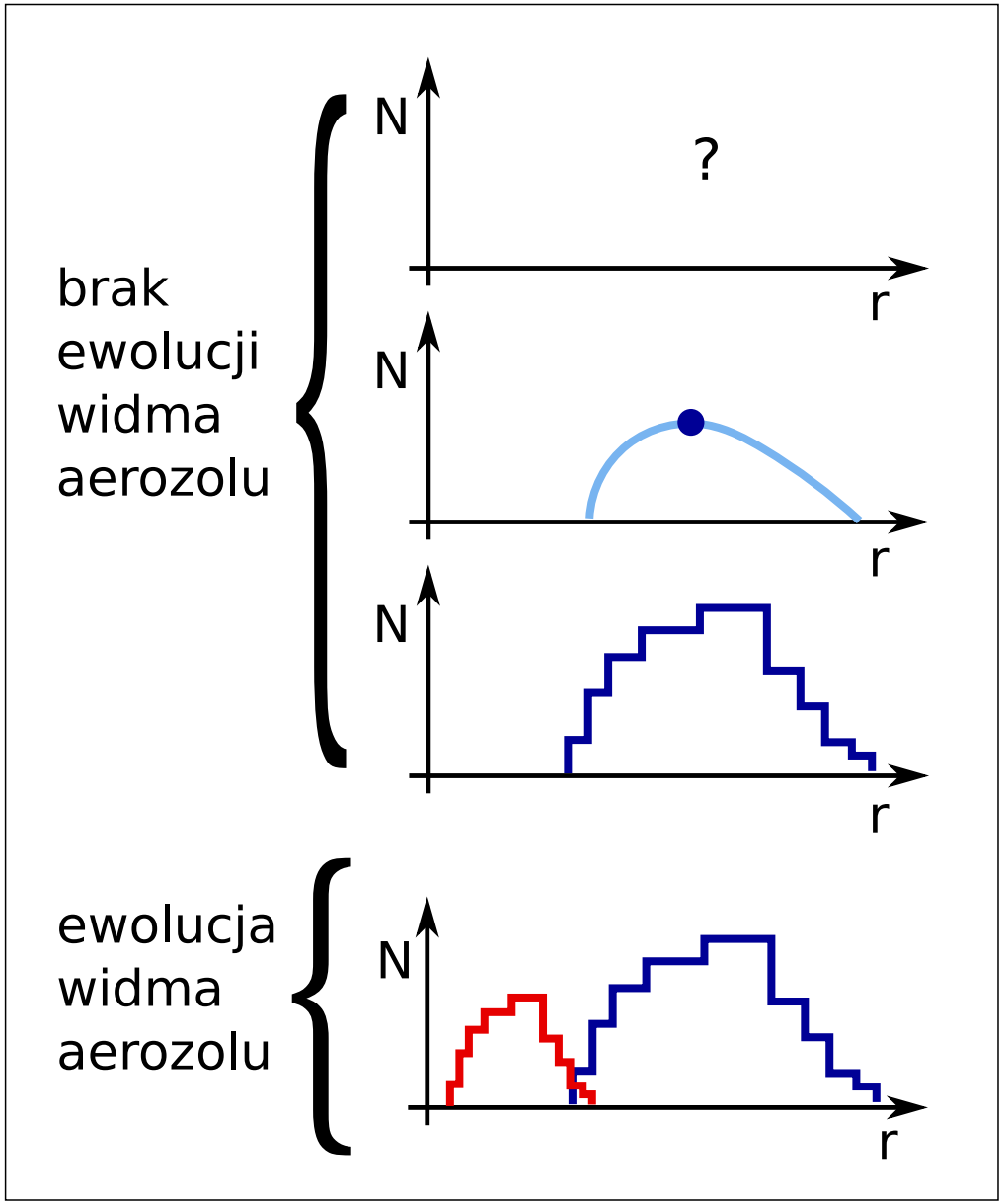
Jak opisywana jest mikrofizyka w LES

- opis zgrubny jedno-momentowy (bulk)
- opis zgrubny wielo-momentowy
- opis widmowy jednowymiarowy (bin)



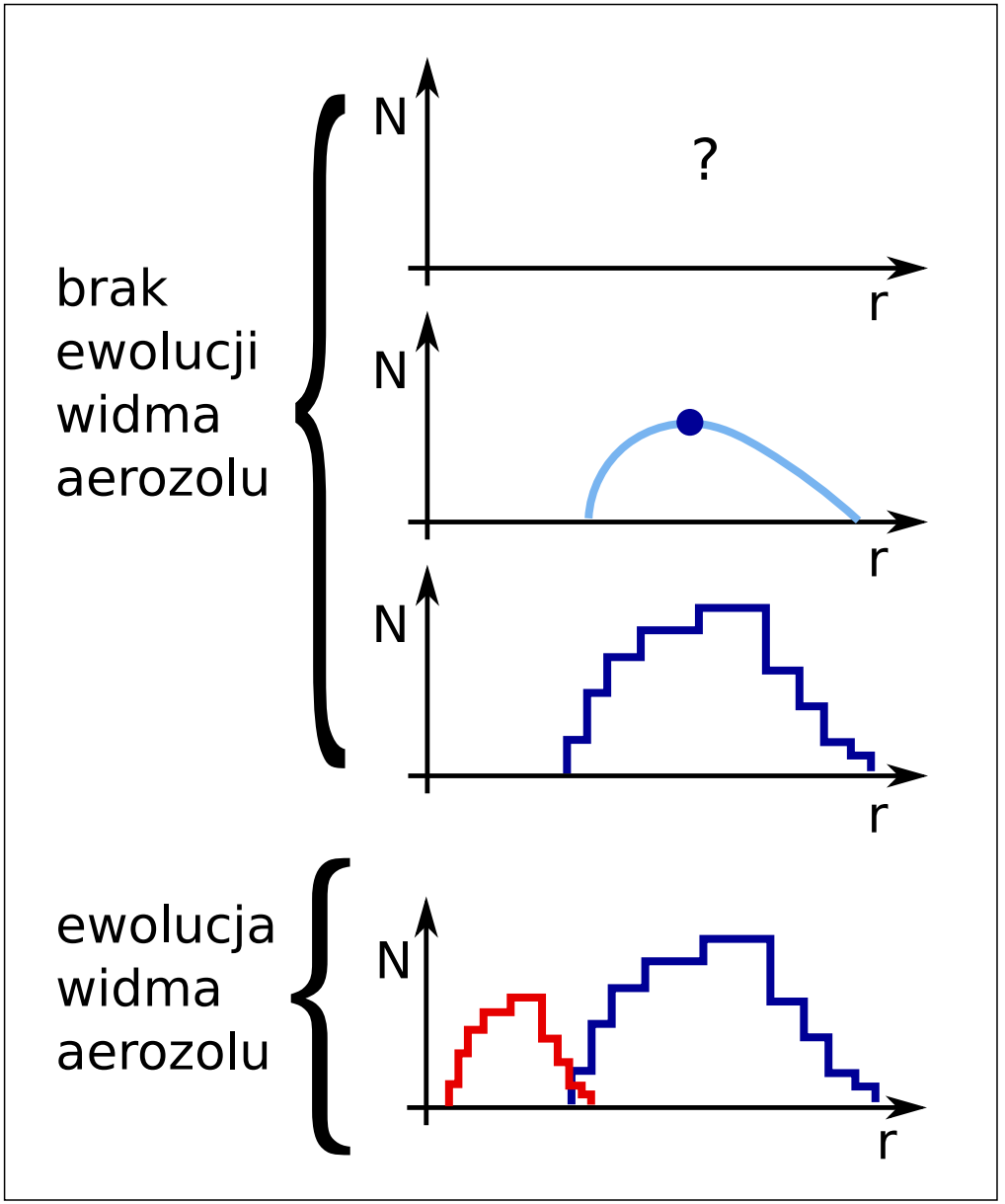
Jak opisywana jest mikrofizyka w LES

- opis zgrubny
  jedno-momentowy (bulk)
- opis zgrubny
  wielo-momentowy
- opis widmowy
  jednowymiarowy (bin)
- opis widmowy
  wielowymiarowy
  - realizacja Eulerowska
  - realizacja Lagranżowska

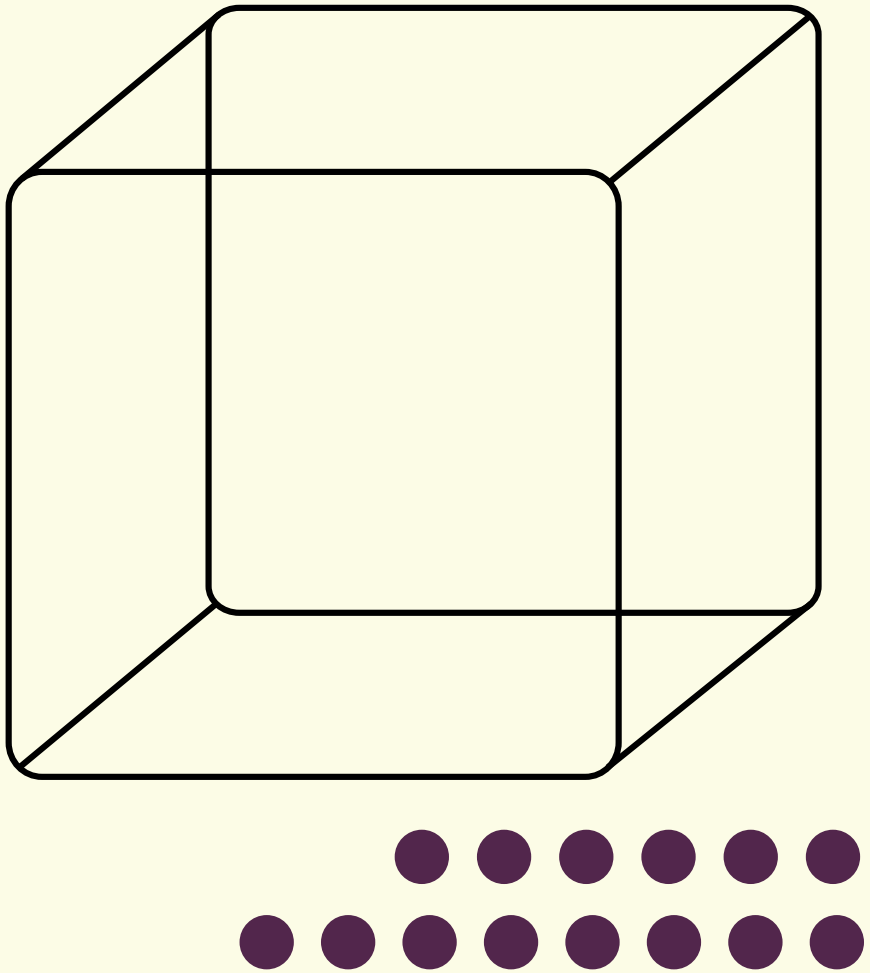


Jak opisywana jest mikrofizyka w LES

- opis zgrubny
  jedno-momentowy (bulk)
- opis zgrubny
  wielo-momentowy
- opis widmowy
  jednowymiarowy (bin)
- opis widmowy
  wielowymiarowy
  - realizacja Eulerowska
  - **realizacja Lagranżowska**

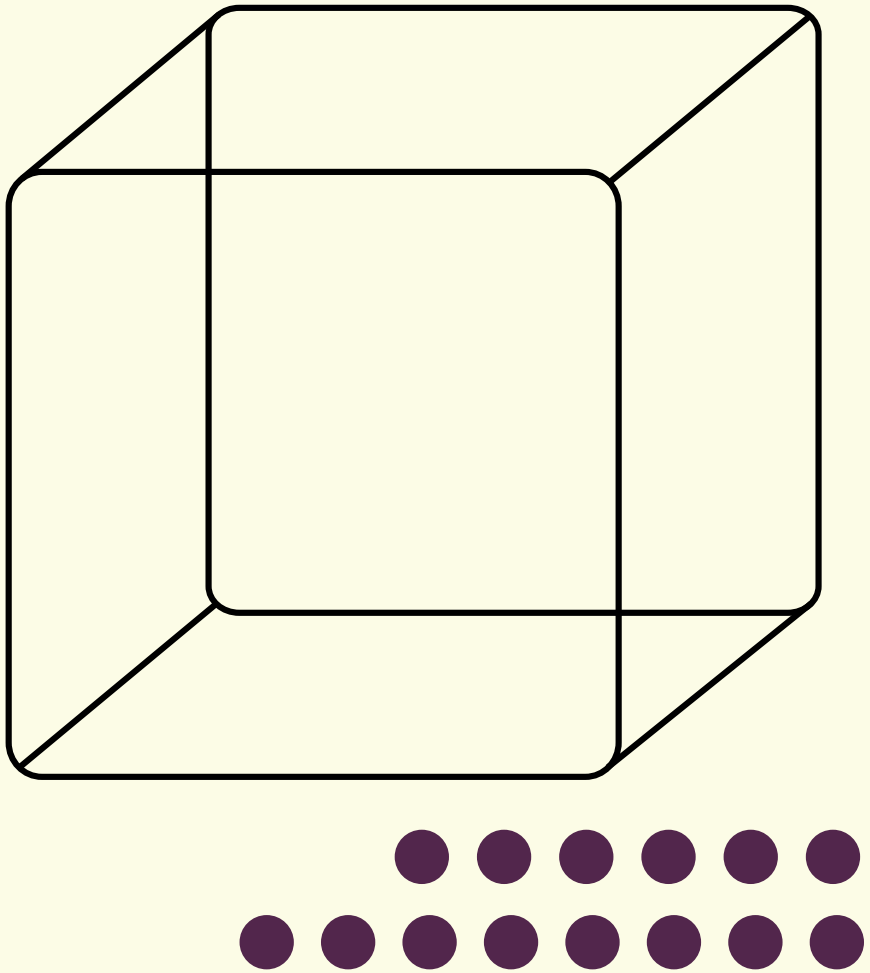


Lagranżowski opis mikrofizyki



W domenie rozmieszczone są obiekty które są nośnikiem informacji dot. mikrofizyki

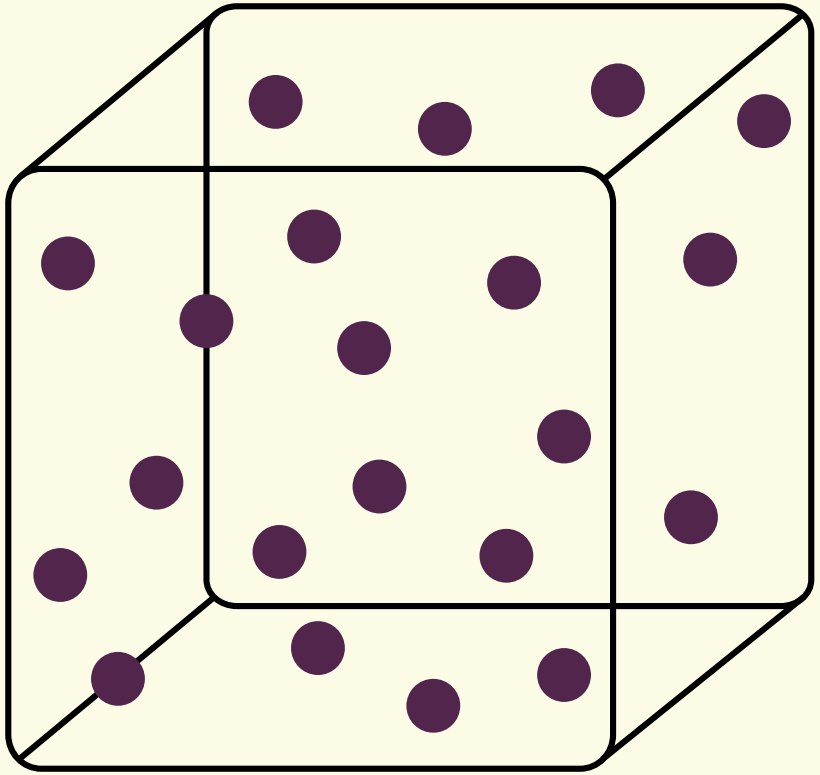
Lagranżowski opis mikrofizyki



W domenie rozmieszczone są obiekty które są nośnikiem informacji dot. mikrofizyki

Można im przypisywać atrybuty:

Lagranżowski opis mikrofizyki

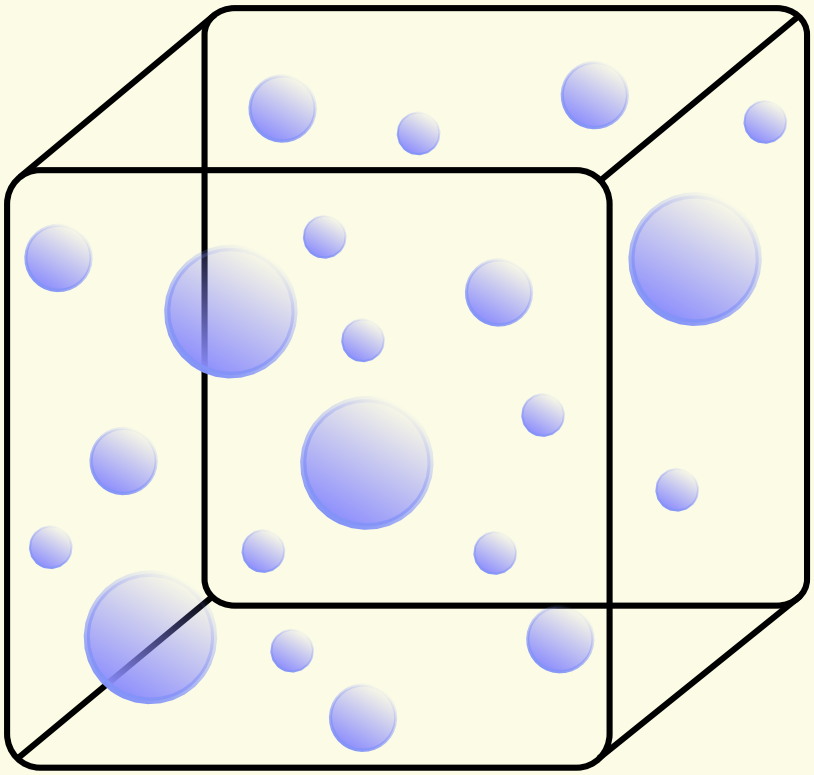


W domenie rozmieszczone są obiekty które są nośnikiem informacji dot. mikrofizyki

Można im przypisywać atrybuty:

- położenie

Lagranżowski opis mikrofizyki

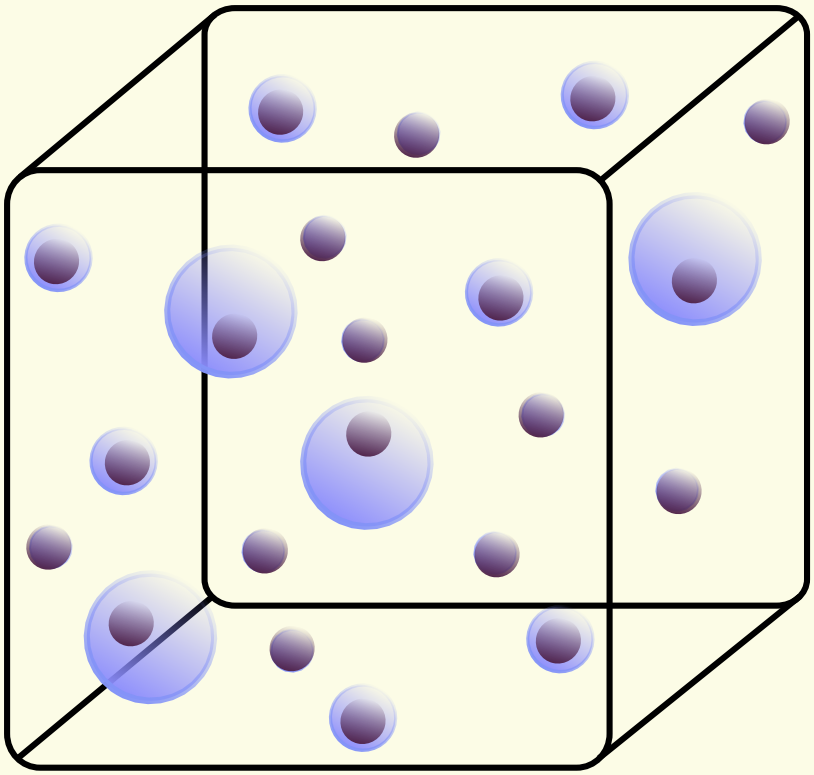


W domenie rozmieszczone są obiekty które są nośnikiem informacji dot. mikrofizyki

Można im przypisywać atrybuty:

- położenie
- promień mokry

Lagranżowski opis mikrofizyki

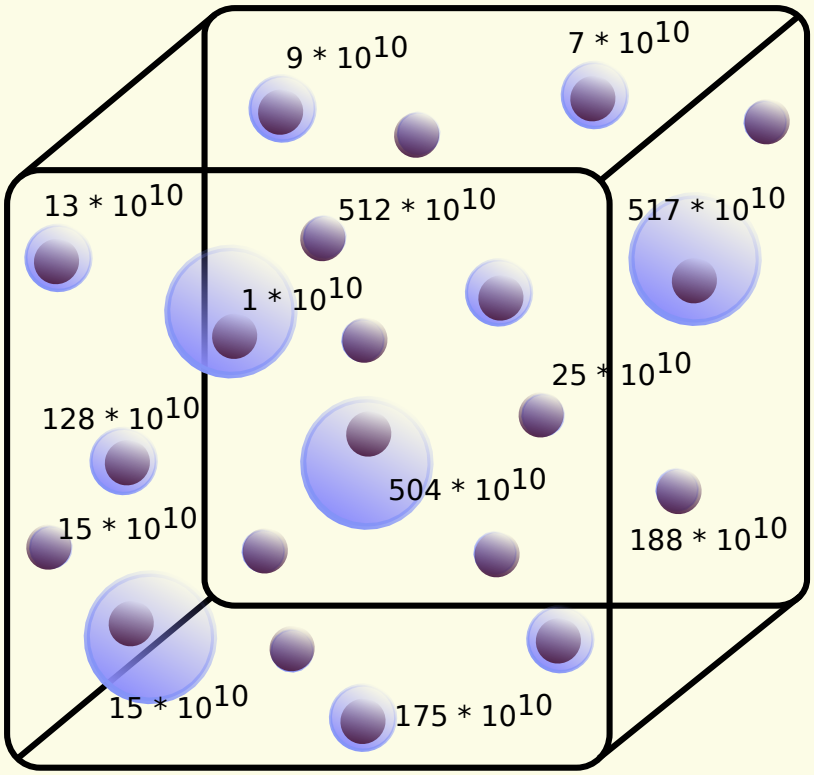


W domenie rozmieszczone są obiekty które są nośnikiem informacji dot. mikrofizyki

Można im przypisywać atrybuty:

- położenie
- promień mokry
- promień suchy

Lagranżowski opis mikrofizyki

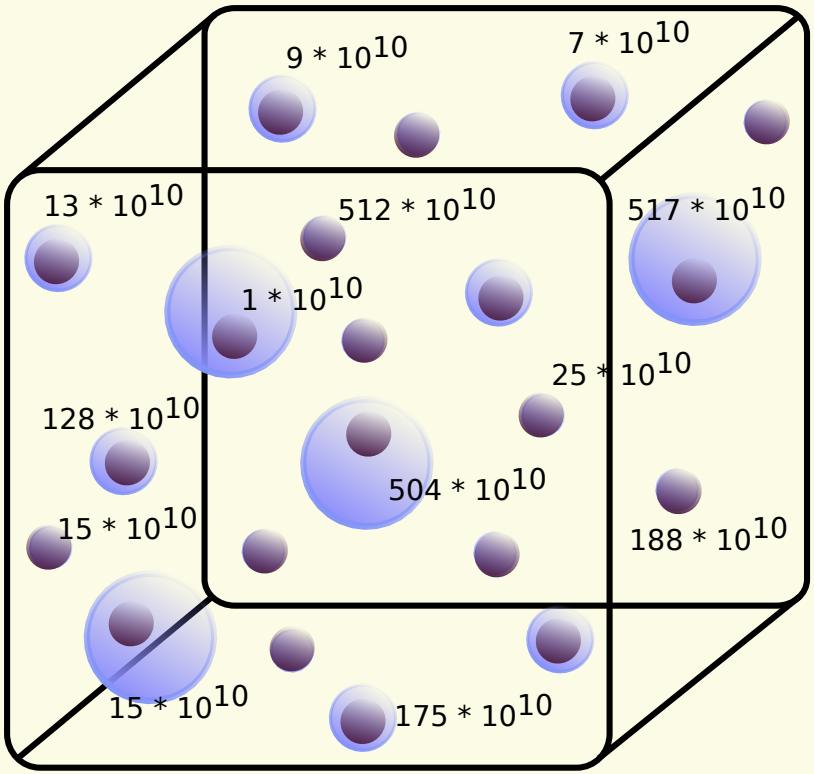


W domenie rozmieszczone są obiekty które są nośnikiem informacji dot. mikrofizyki

Można im przypisywać atrybuty:

- położenie
- promień mokry
- promień suchy
- krotność

Lagranżowski opis mikrofizyki

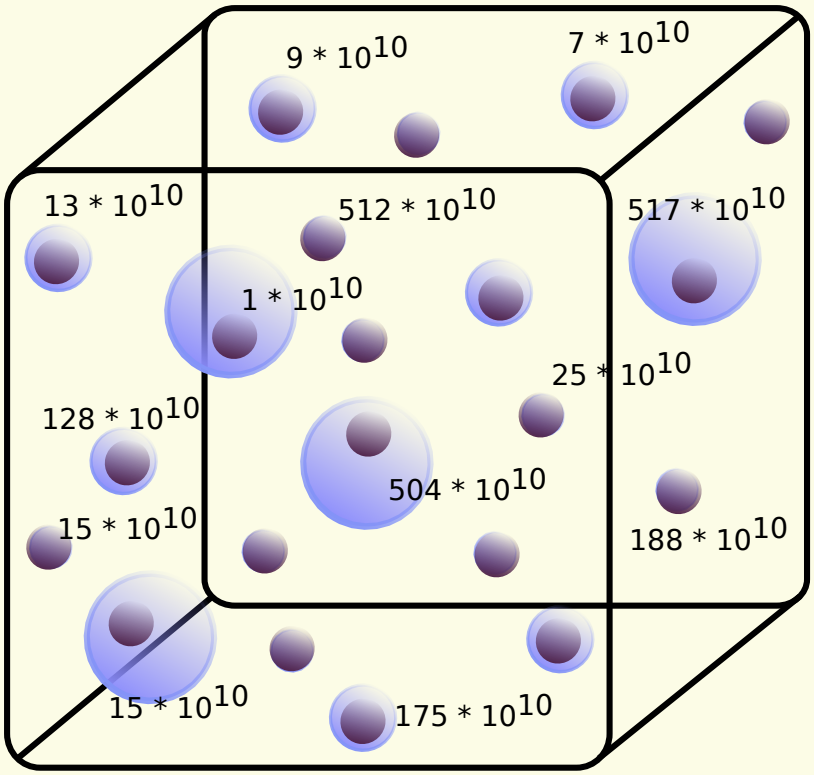


W domenie rozmieszczone są obiekty które są nośnikiem informacji dot. mikrofizyki

Można im przypisywać atrybuty:

- położenie
- promień mokry
- promień suchy
- krotność
- ...

Lagranżowski opis mikrofizyki



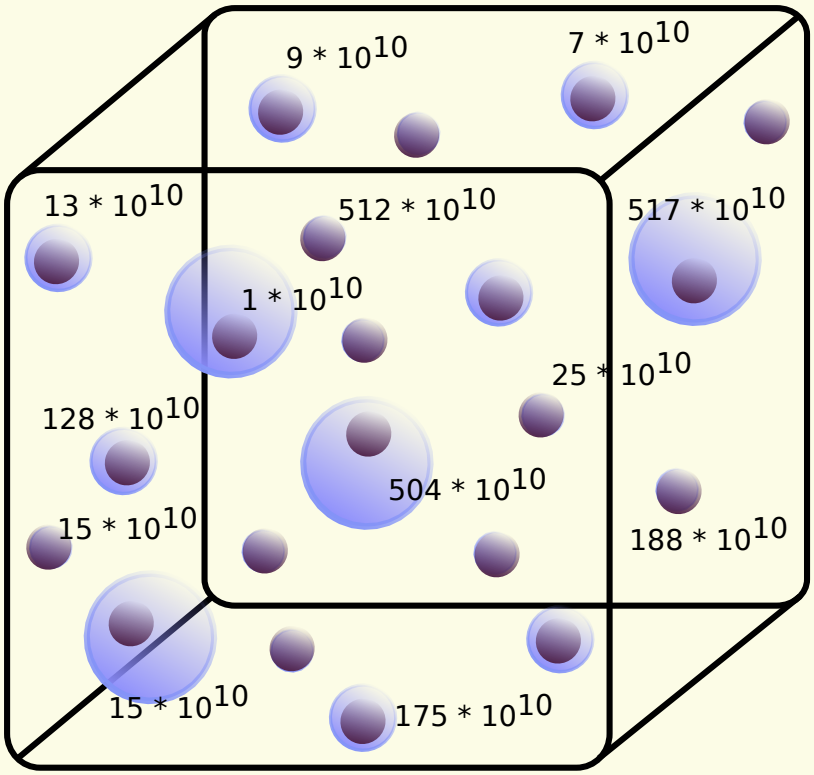
W domenie rozmieszczone są obiekty które są nośnikiem informacji dot. mikrofizyki

Można im przypisywać atrybuty:

- położenie
- promień mokry
- promień suchy
- krotność
- ...

Łatwość dodawania kolejnych atrybutów

Lagranżowski opis mikrofizyki



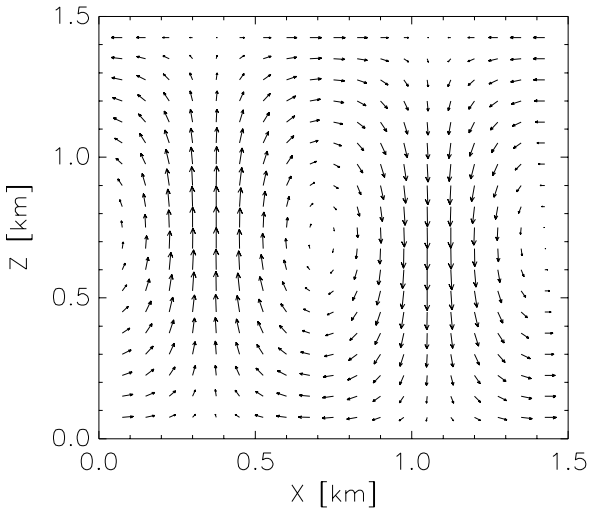
W domenie rozmieszczone są obiekty które są nośnikiem informacji dot. mikrofizyki

Można im przypisywać atrybuty:

- położenie
- promień mokry
- promień suchy
- krotność
- ...

Łatwość dodawania kolejnych atrybutów (ważne przy opisie reakcji chemicznych zachodzących w kropelkach)

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

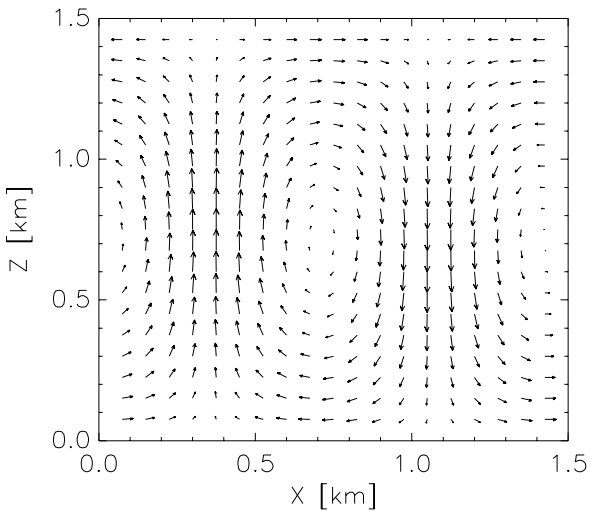




Constable 1824

icicle:

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)



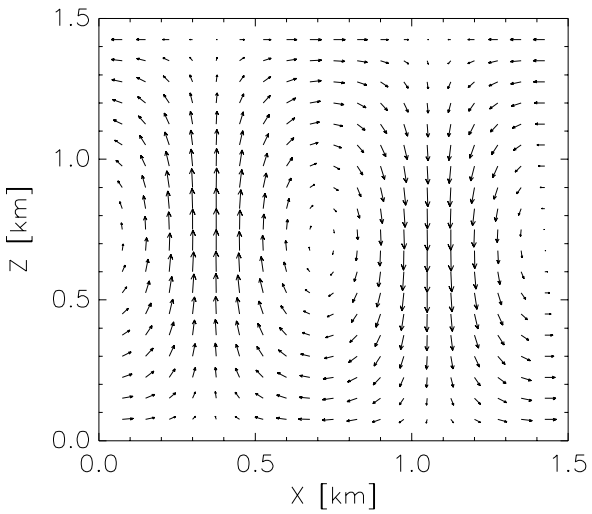


Constable 1824

icicle:

- dwuwymiarowy model chmury

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)



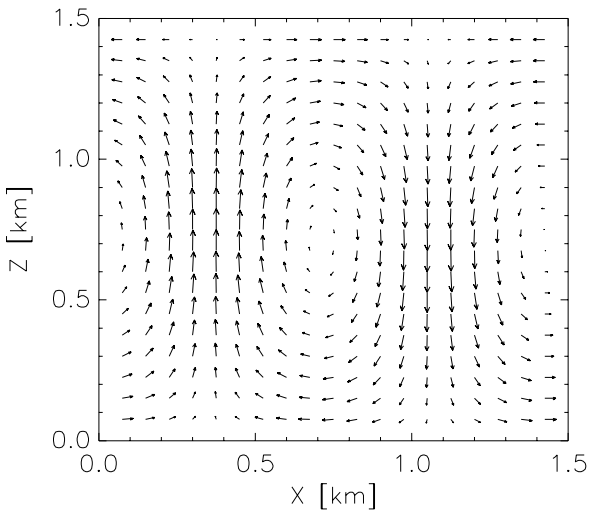


Constable 1824

icicle:

- dwuwymiarowy model chmury
- zadany przepływ (brak oddziaływań pomiędzy mikrofizyką a dynamiką)

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)



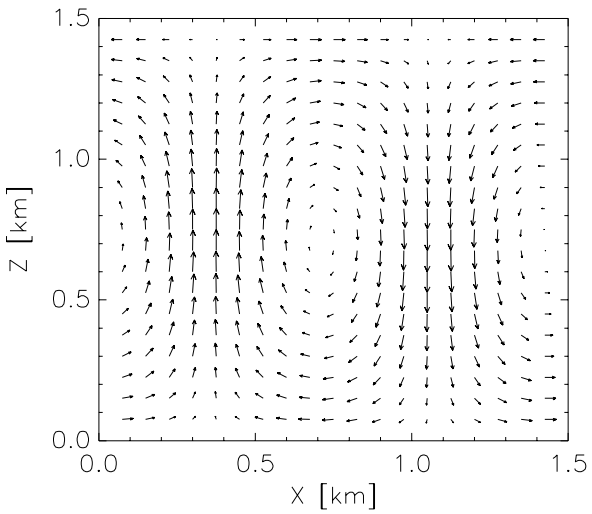


Constable 1824

icicle:

- dwuwymiarowy model chmury
- zadany przepływ (brak oddziaływań pomiędzy mikrofizyką a dynamiką)
- Lagranżowski opis mikrofizyki (z uwzględnieniem zderzeń cząstek)

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)



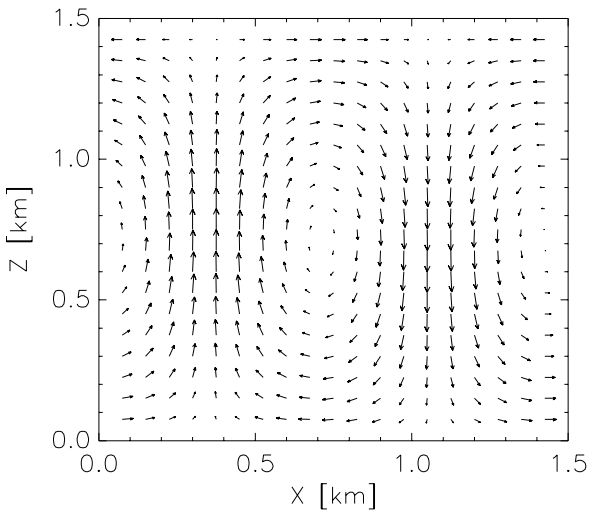


Constable 1824

icicle:

- dwuwymiarowy model chmury
- zadany przepływ (brak oddziaływań pomiędzy mikrofizyką a dynamiką)
- Lagranżowski opis mikrofizyki (z uwzględnieniem zderzeń cząstek)
- program budowany w ramach grantu NCN PRELUDIUM

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)





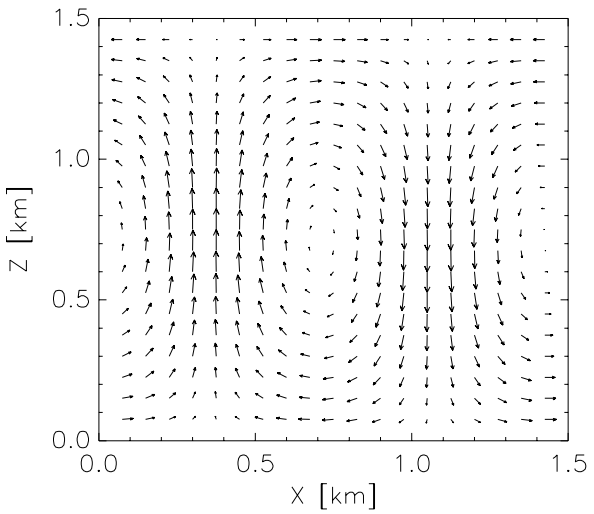
Constable 1824

icicle:

- dwuwymiarowy model chmury
- zadany przepływ (brak oddziaływań pomiędzy mikrofizyką a dynamiką)
- Lagranżowski opis mikrofizyki (z uwzględnieniem zderzeń cząstek)
- program budowany w ramach grantu NCN PRELUDIUM

Przykładowa symulacja:

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)





Constable 1824

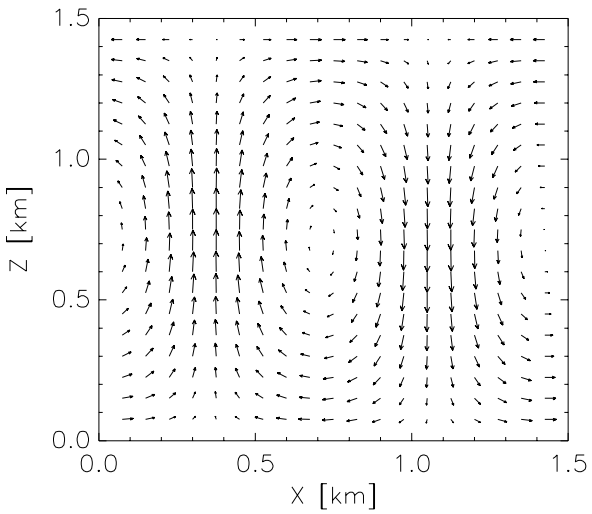
icicle:

- dwuwymiarowy model chmury
- zadany przepływ (brak oddziaływań pomiędzy mikrofizyką a dynamiką)
- Lagranżowski opis mikrofizyki (z uwzględnieniem zderzeń cząstek)
- program budowany w ramach grantu NCN PRELUDIUM

Przykładowa symulacja:

- pojedynczy wir

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)





Constable 1824

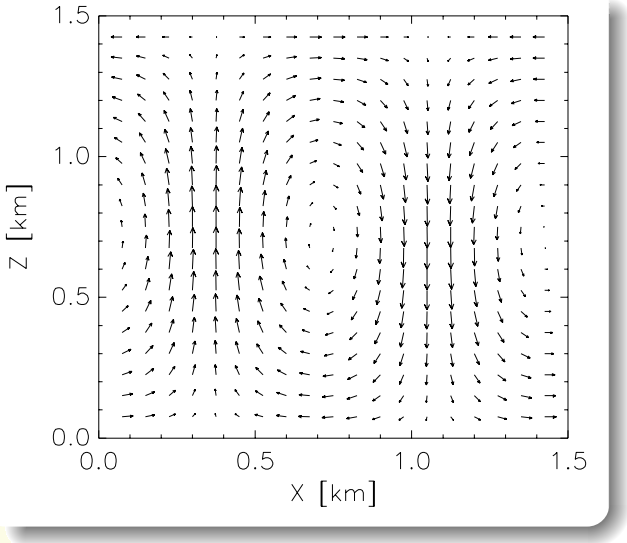
icicle:

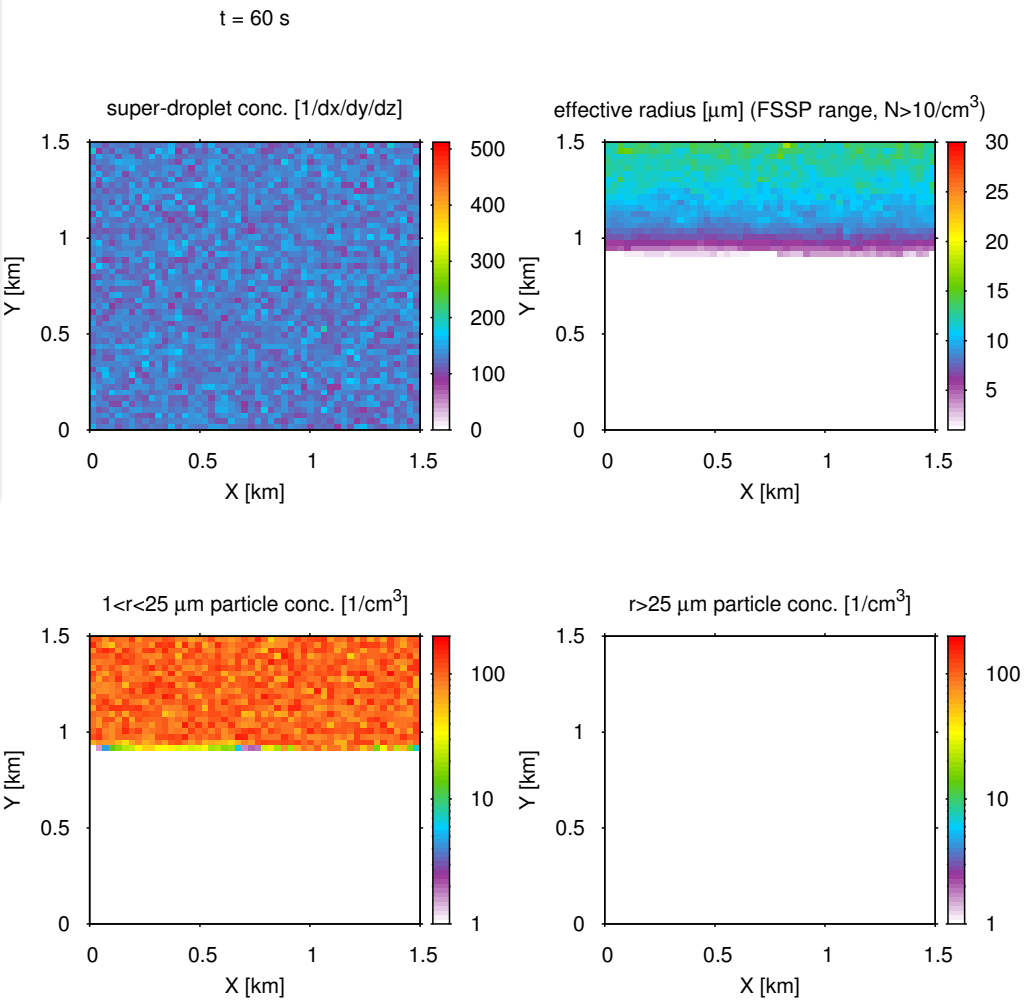
- dwuwymiarowy model chmury
- zadany przepływ (brak oddziaływań pomiędzy mikrofizyką a dynamiką)
- Lagranżowski opis mikrofizyki (z uwzględnieniem zderzeń cząstek)
- program budowany w ramach grantu NCN PRELUDIUM

Przykładowa symulacja:

- pojedynczy wir
- chmura Sc w górnej części domeny

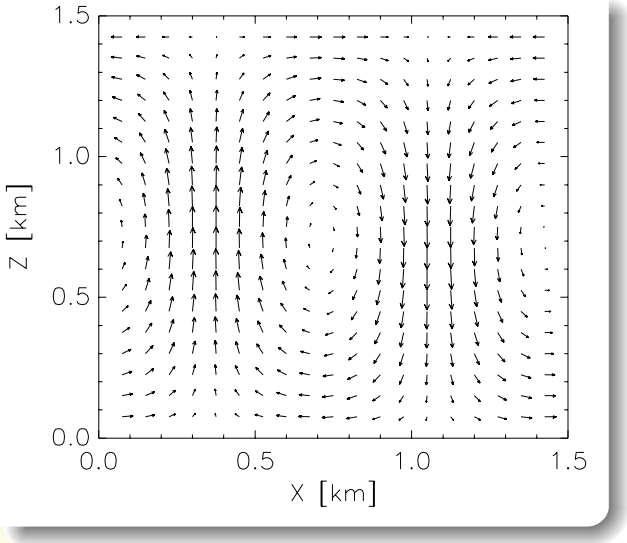
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

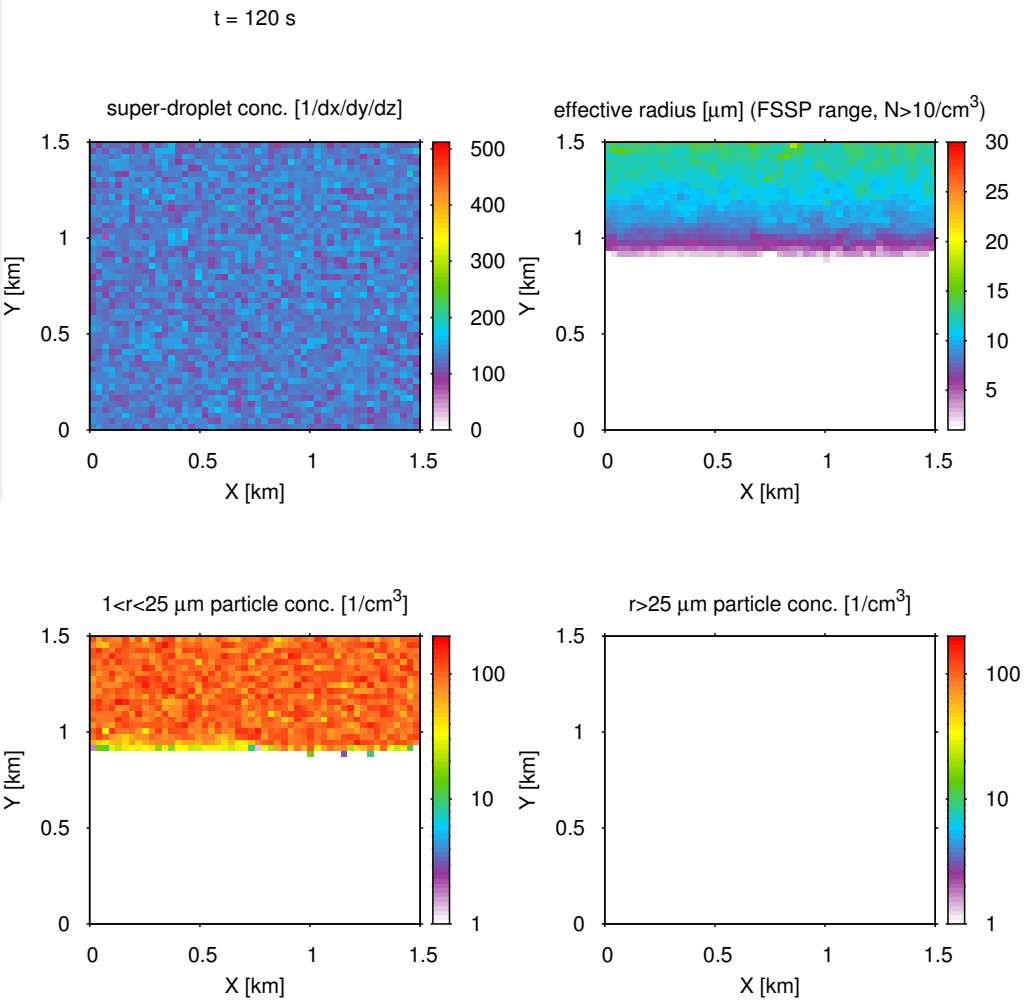




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

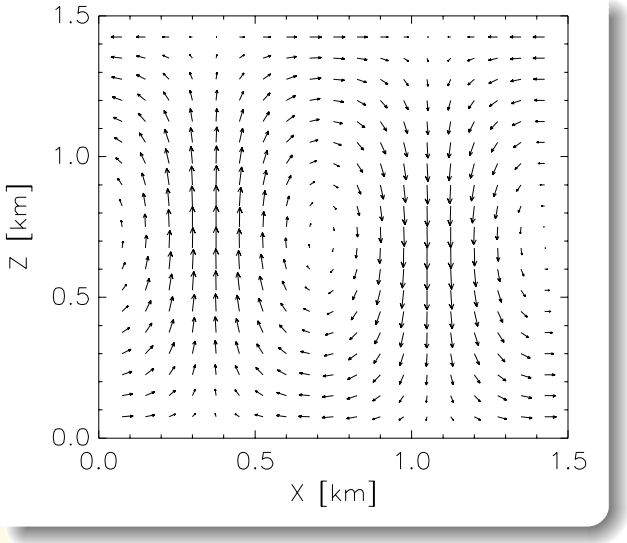
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

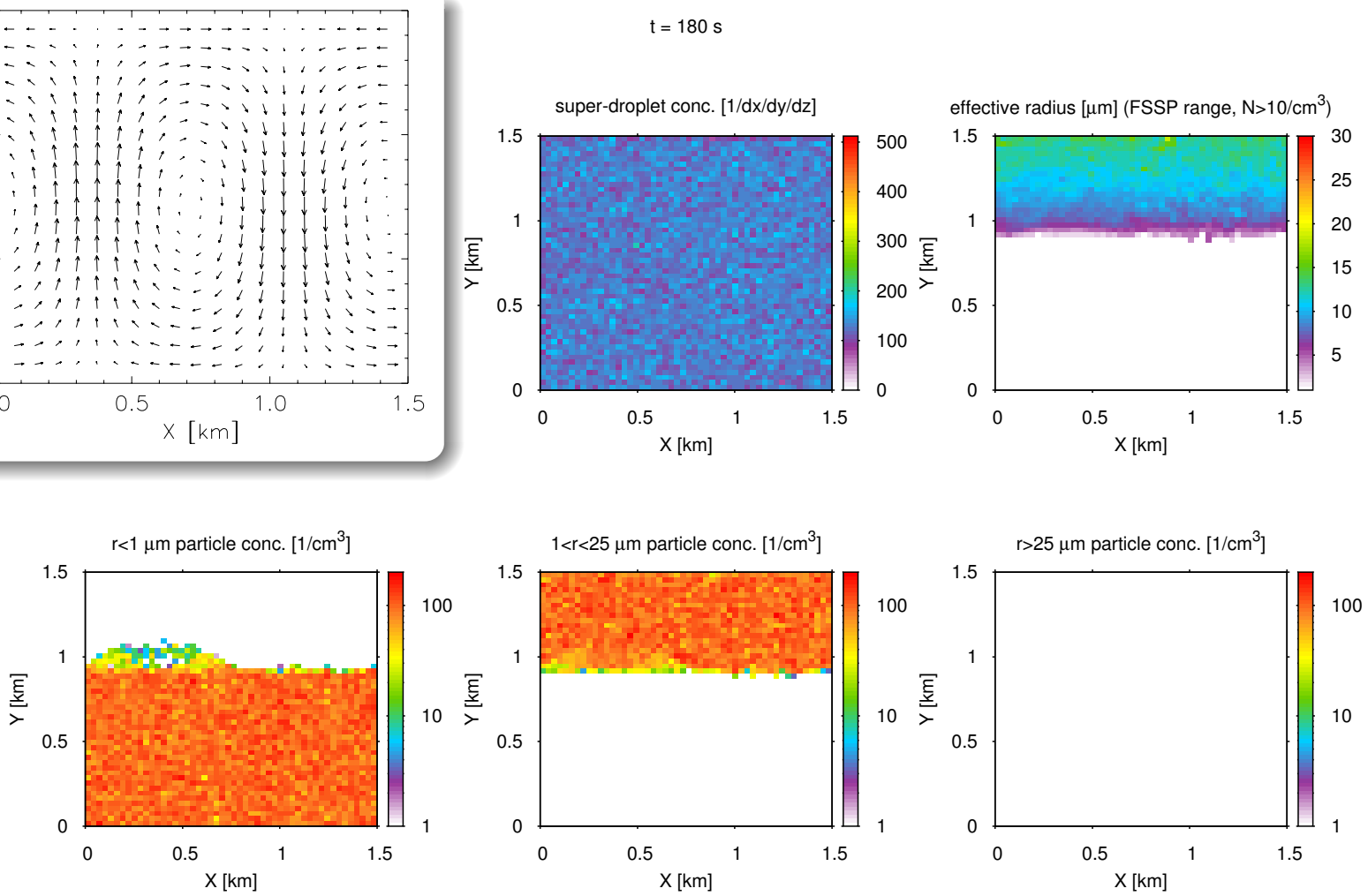




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

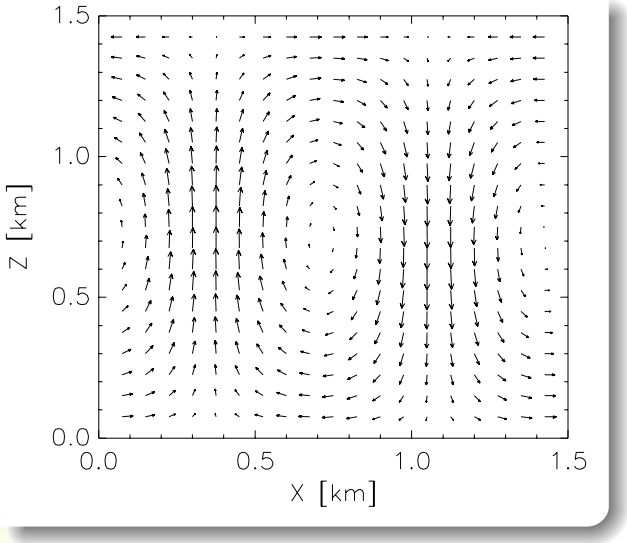
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

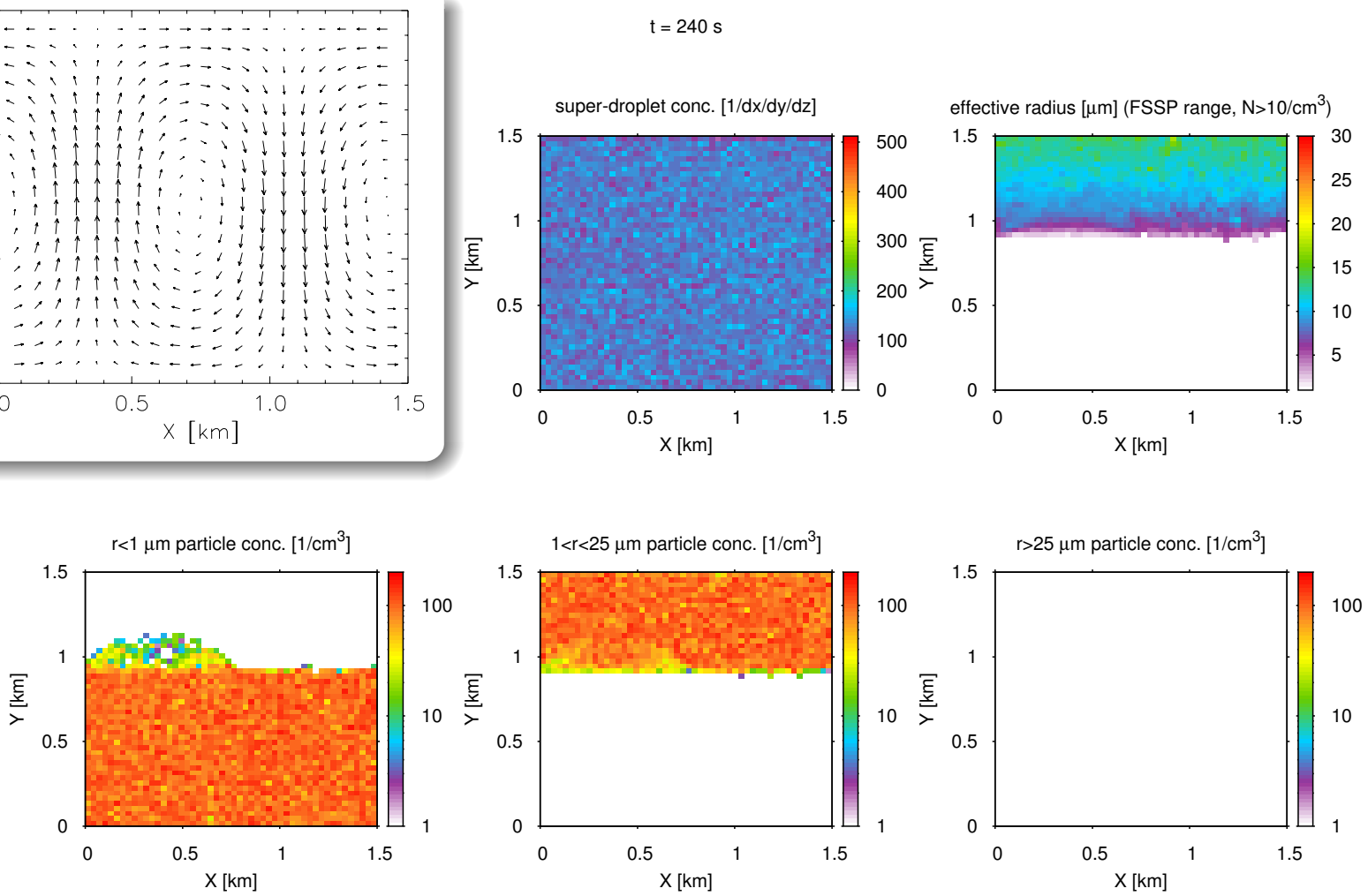




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

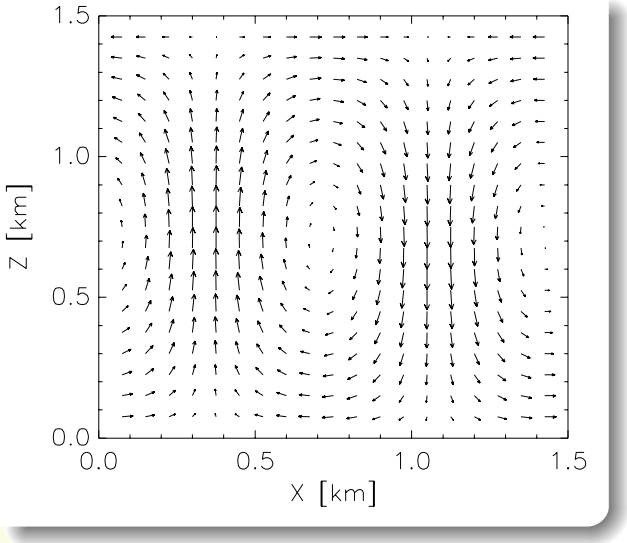
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

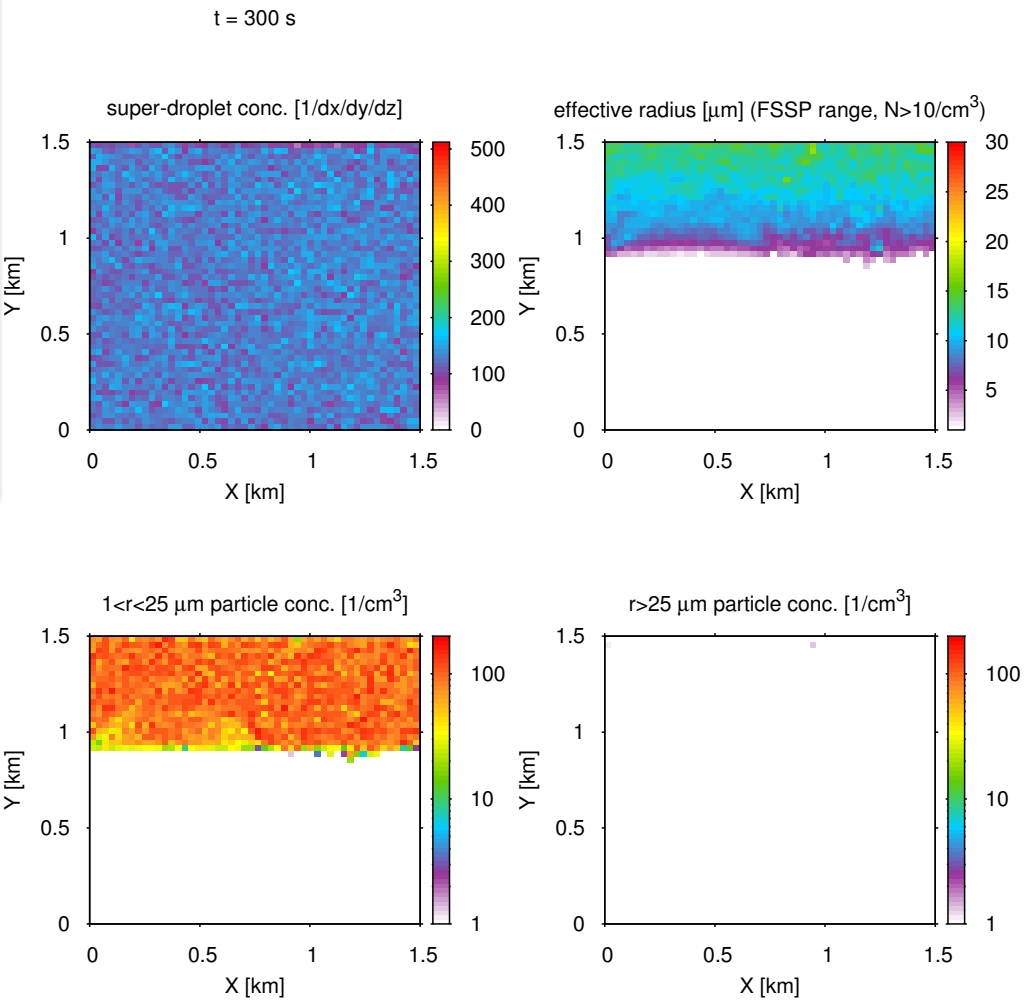




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

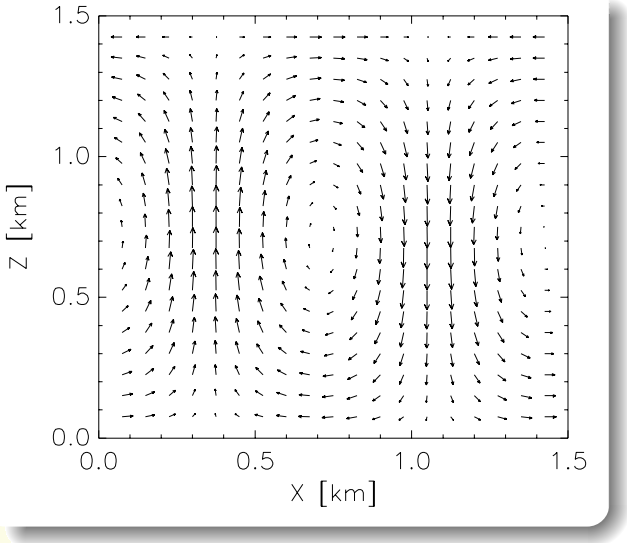
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

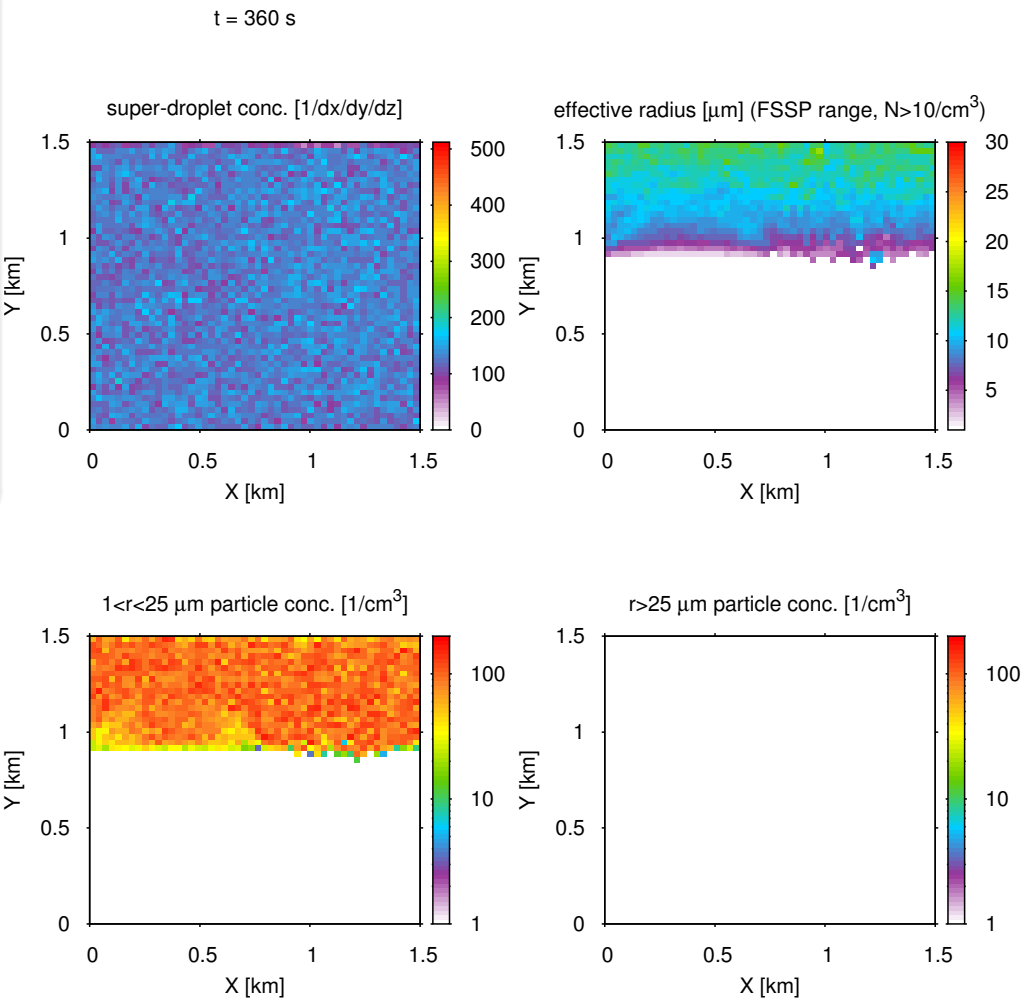




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

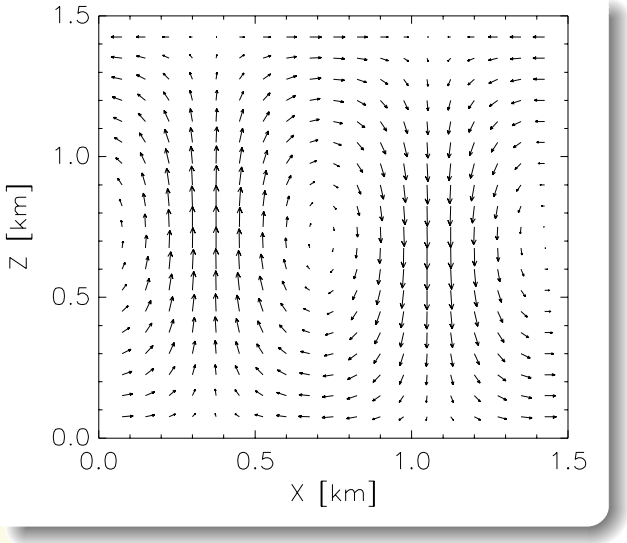
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

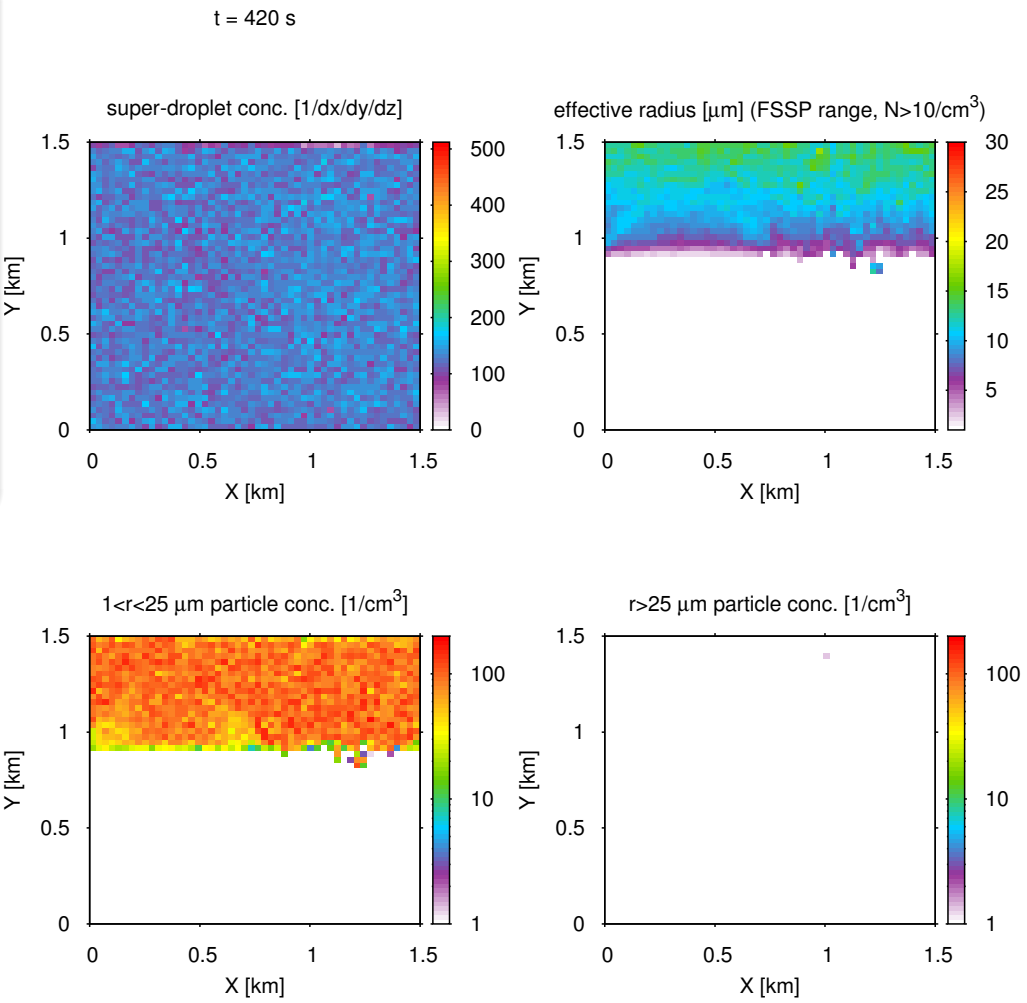




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

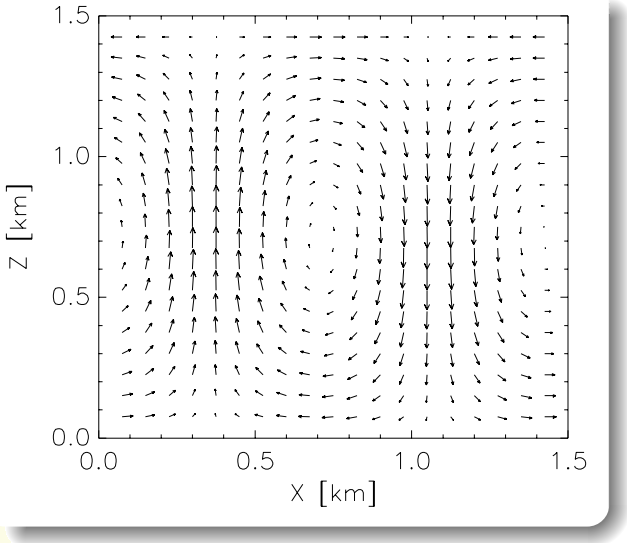
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

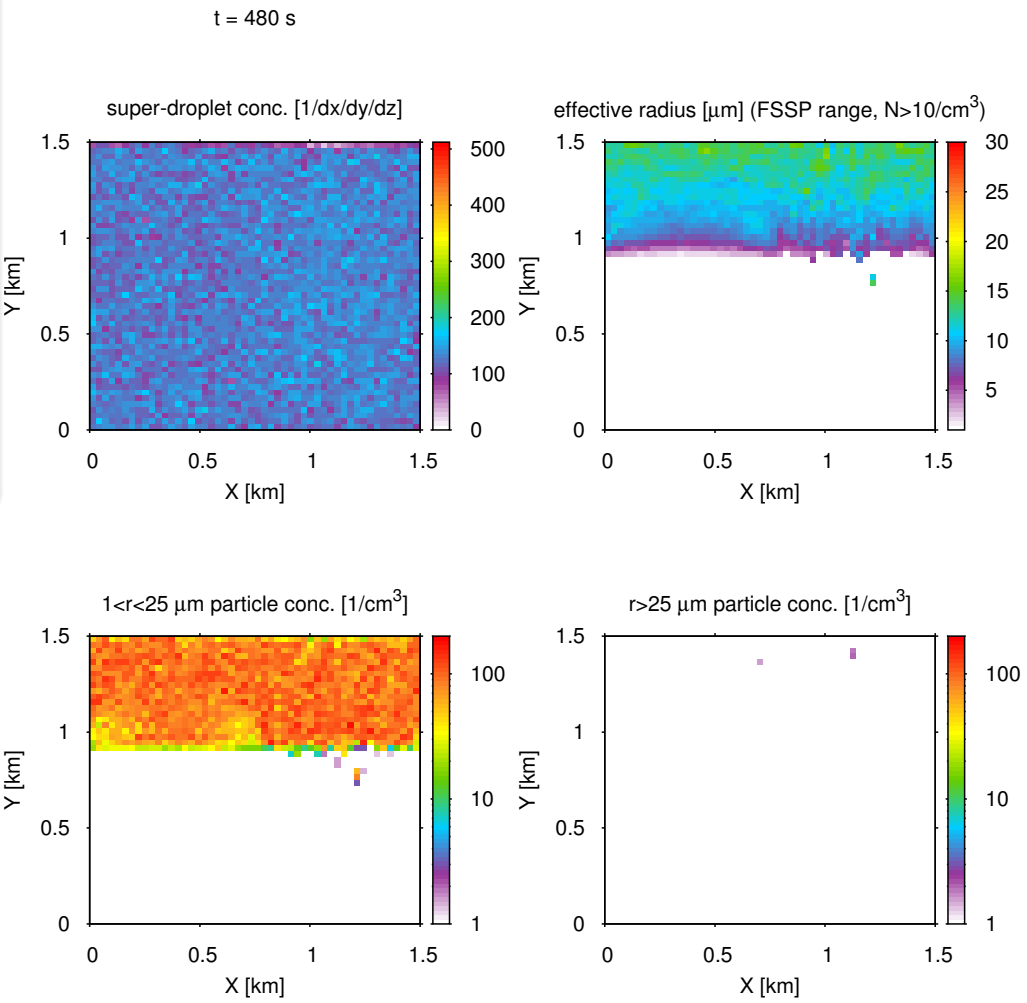




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

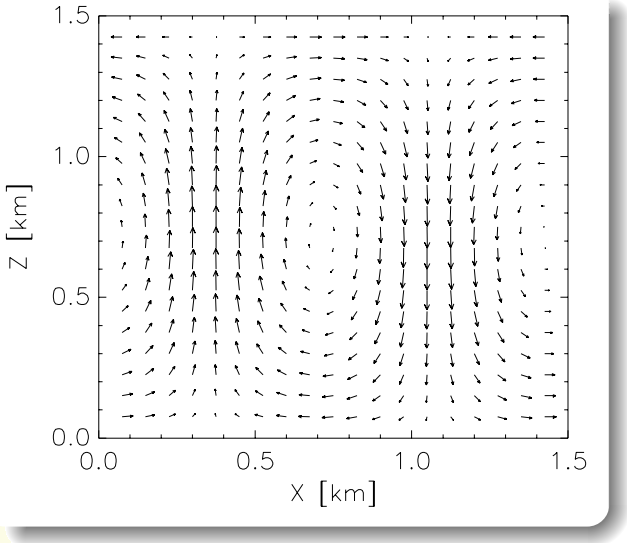
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

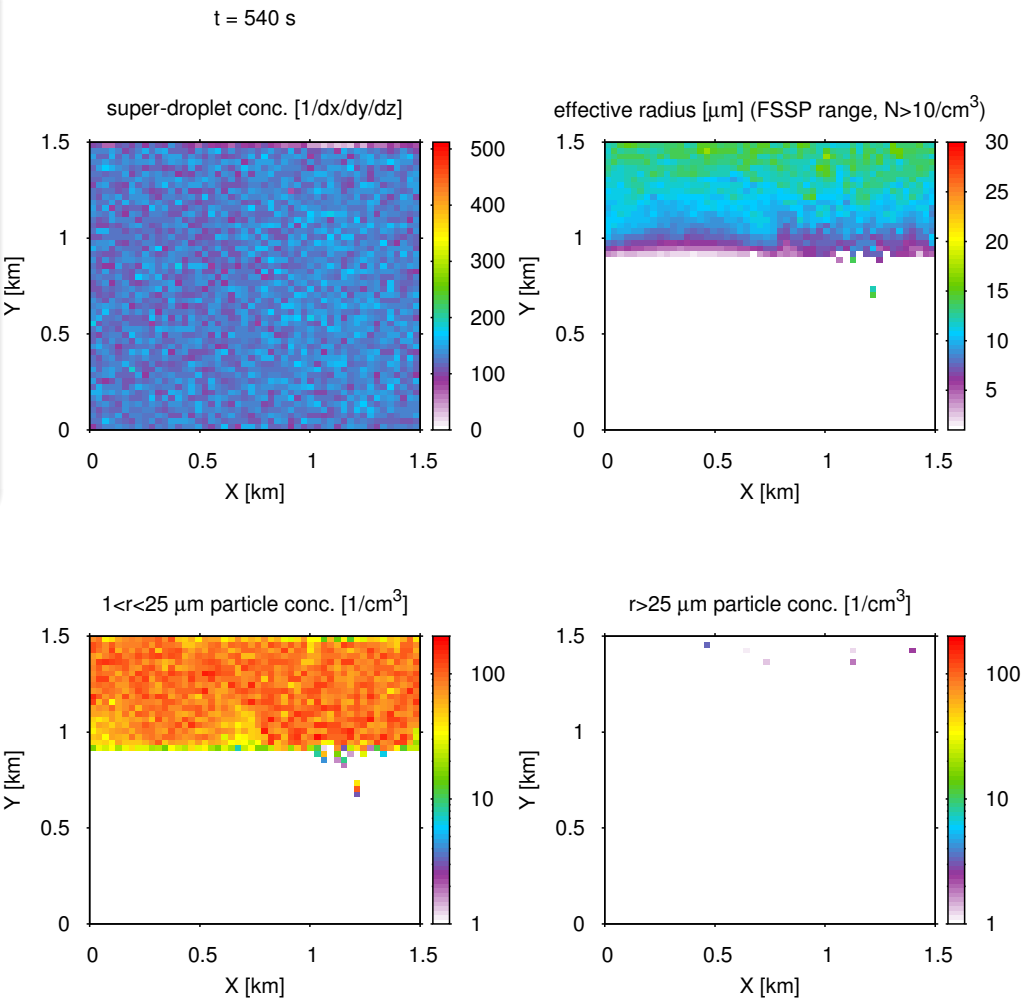




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

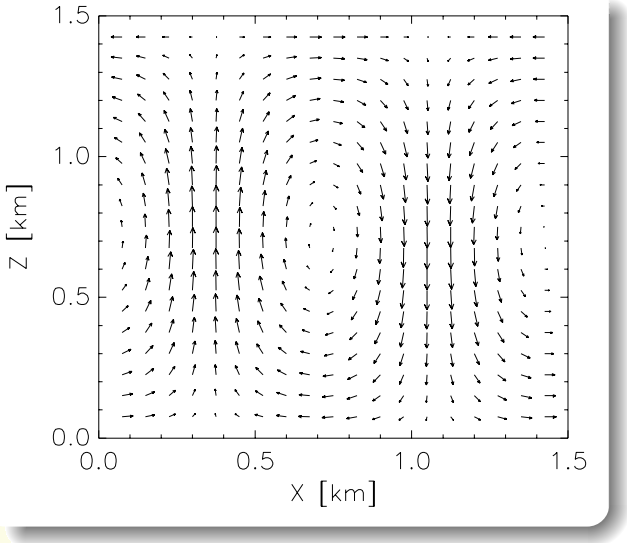
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

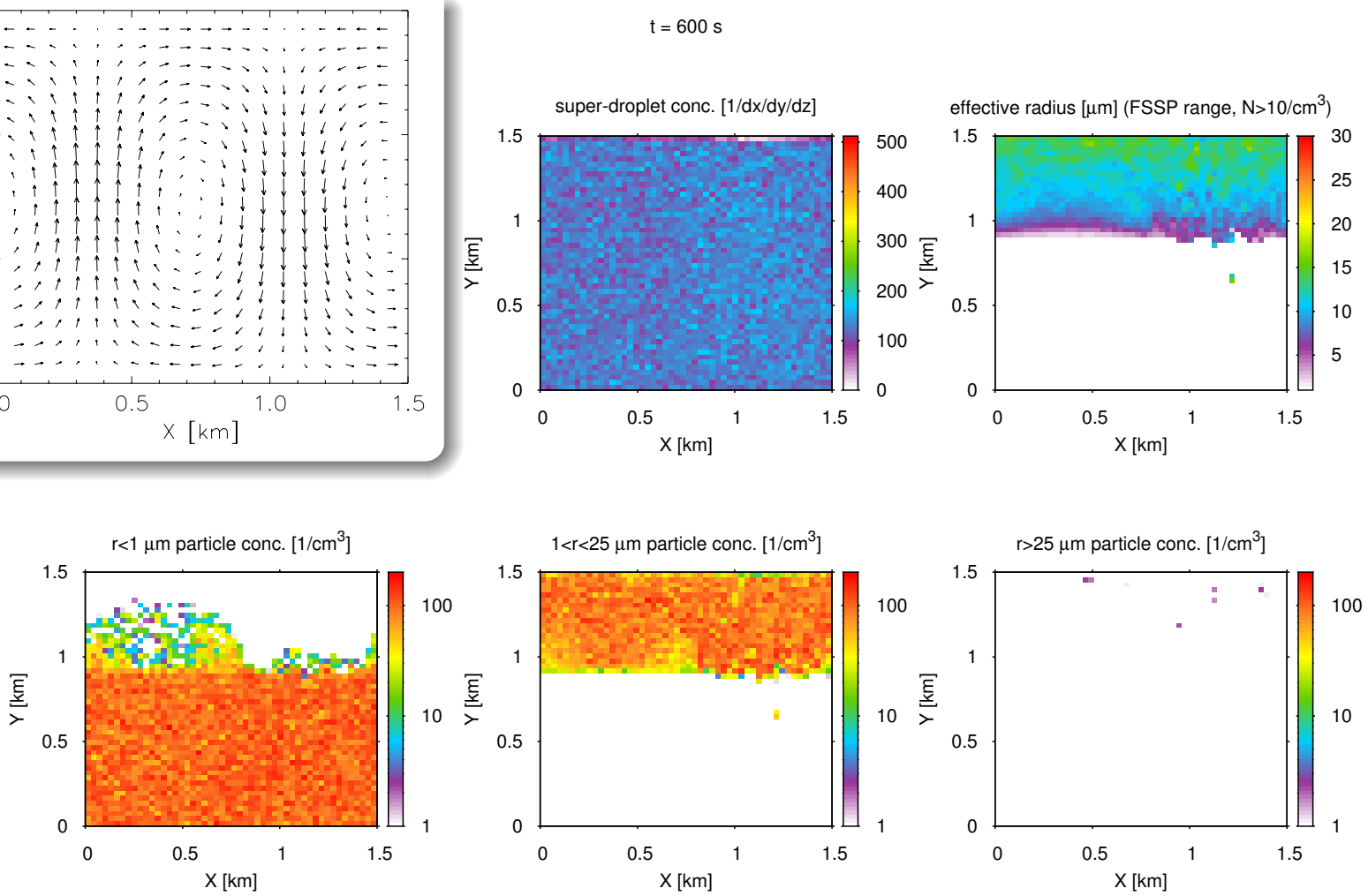




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

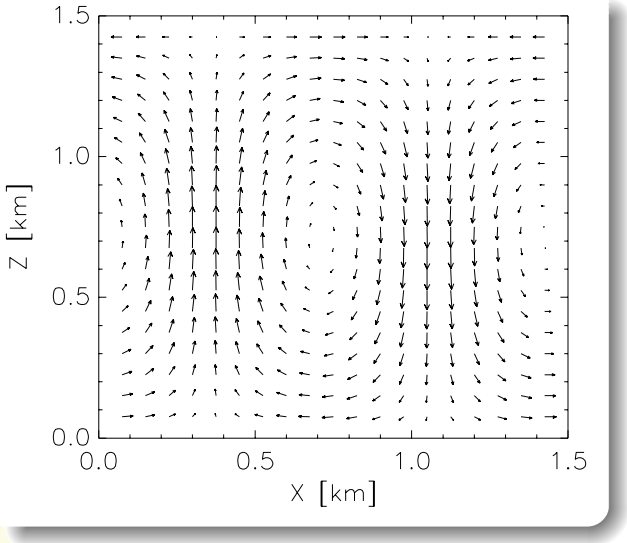
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

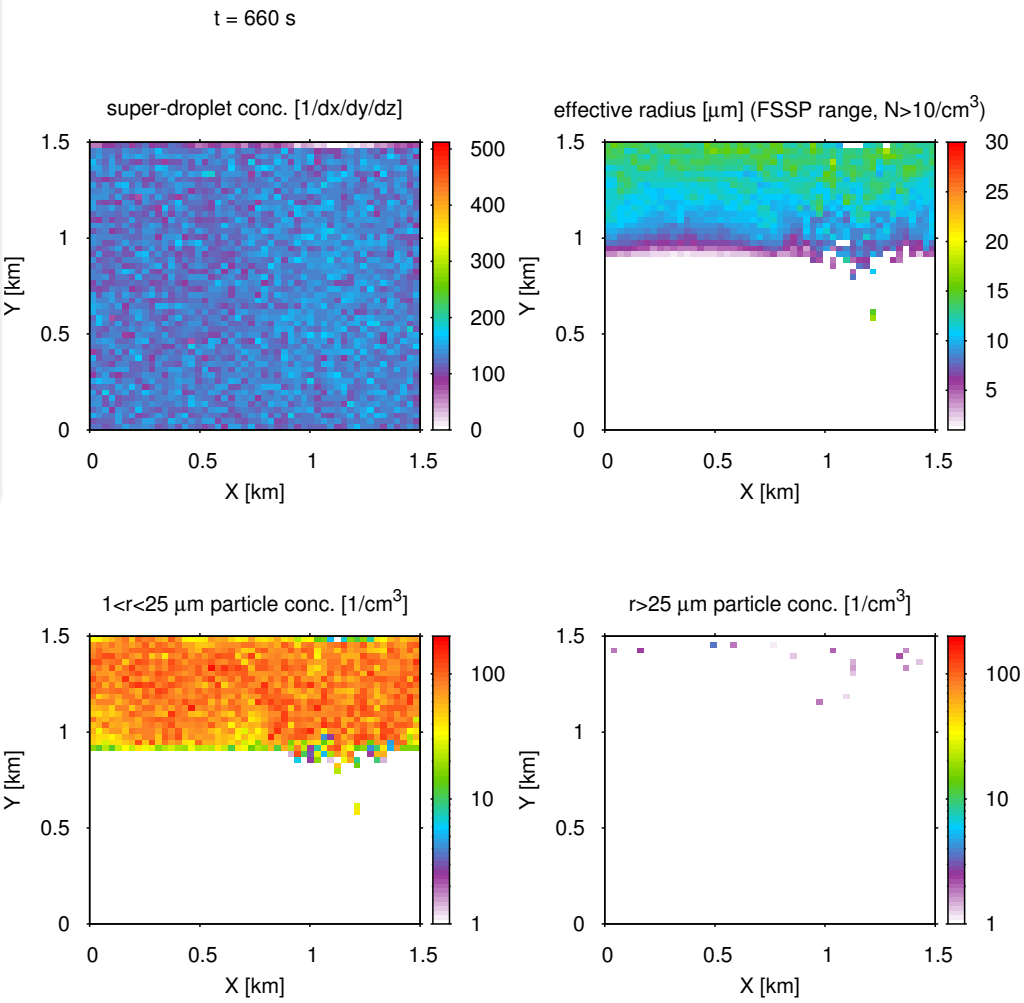




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

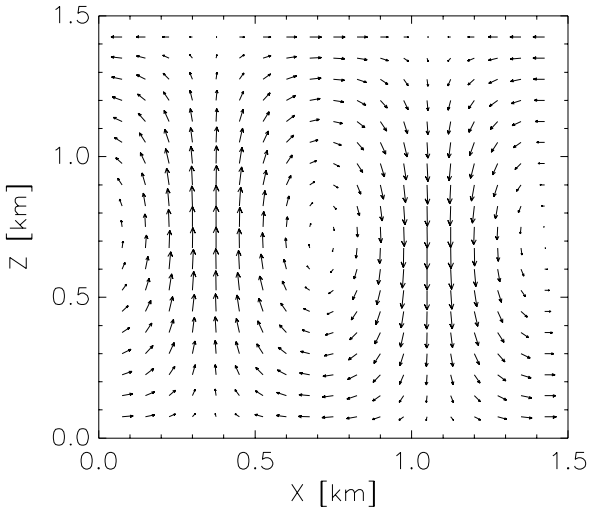
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

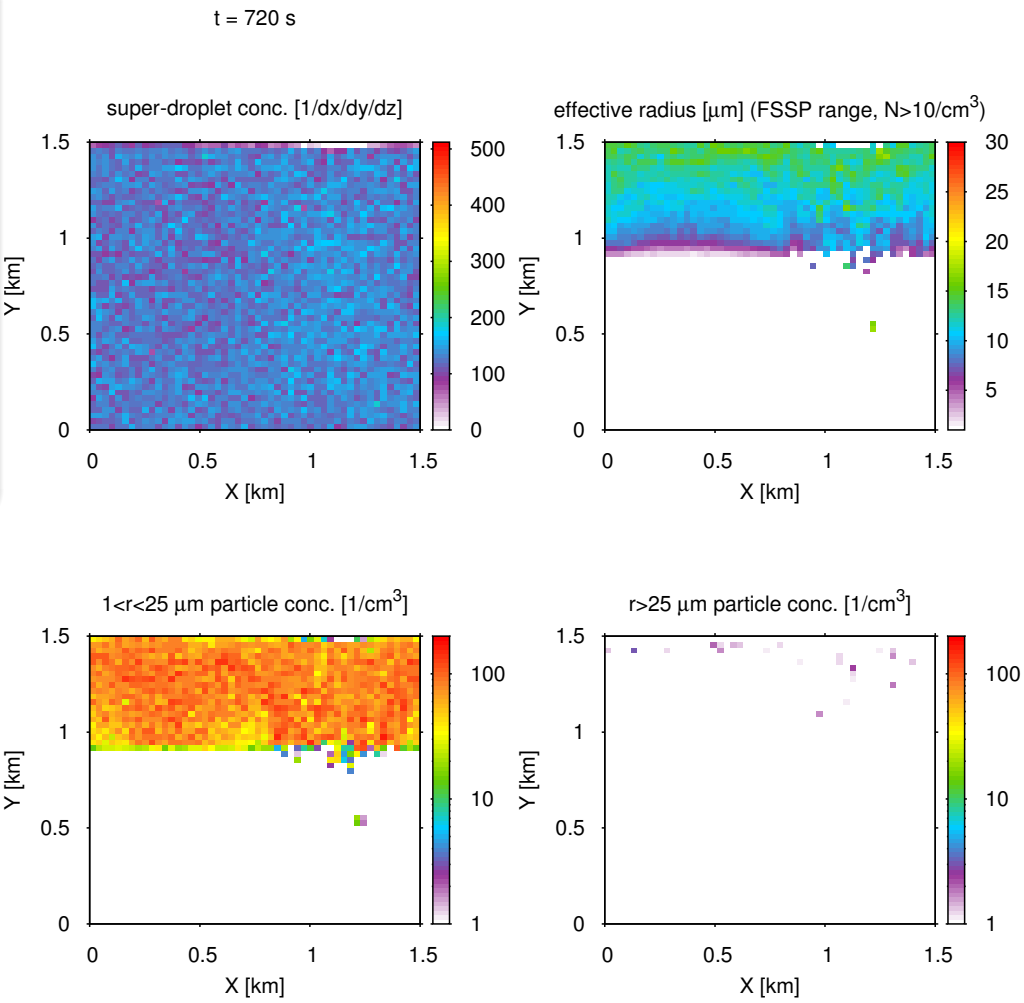




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

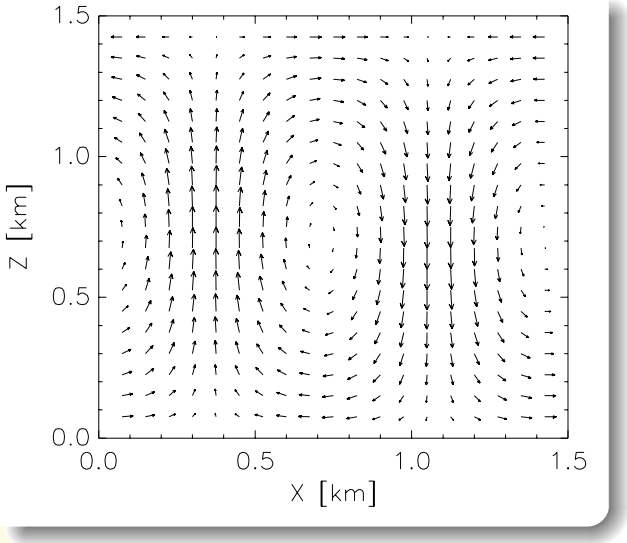
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

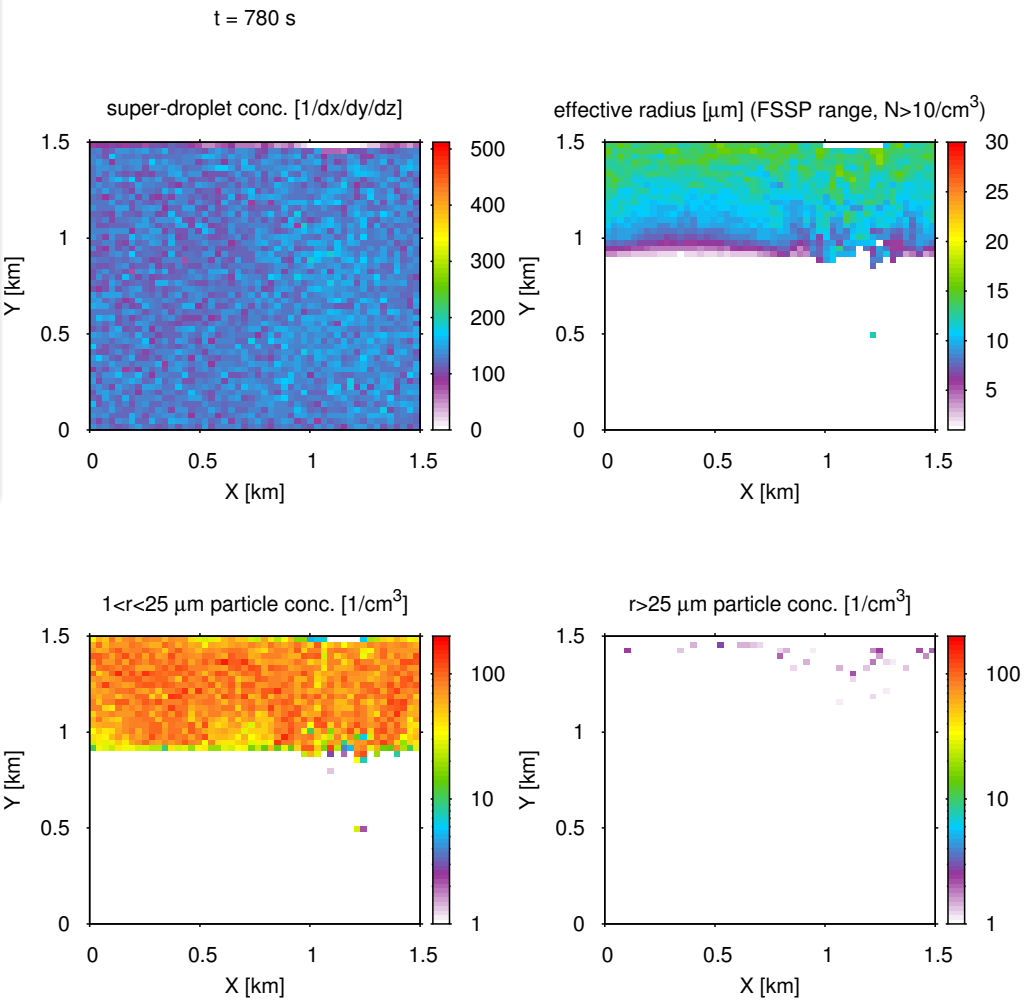




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

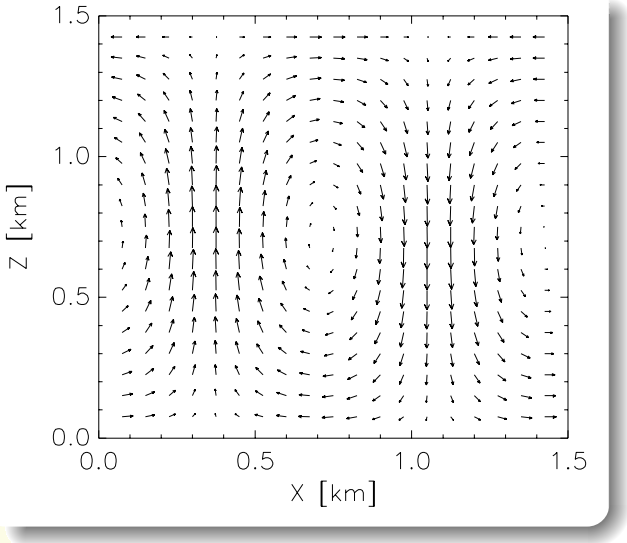
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

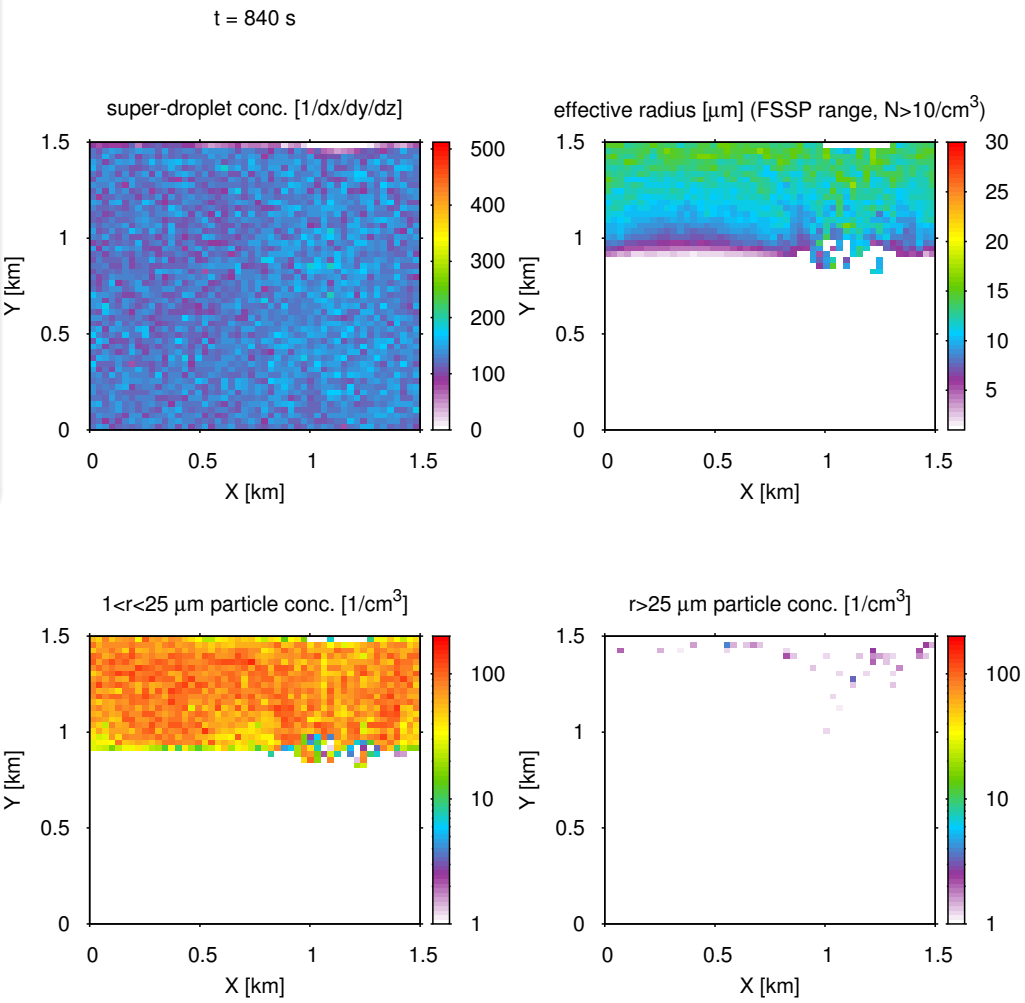




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

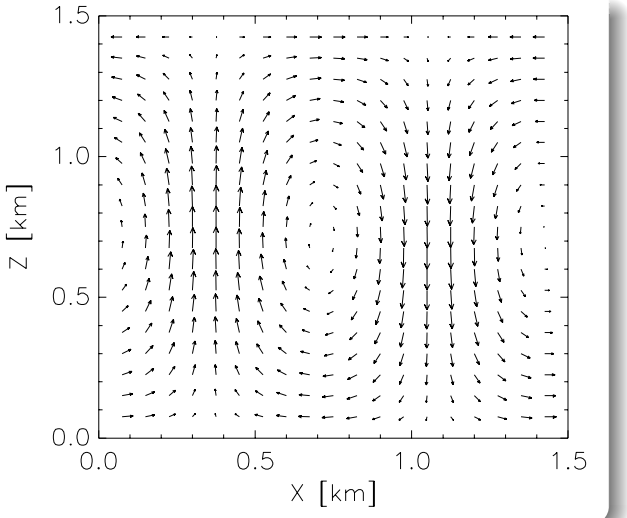
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

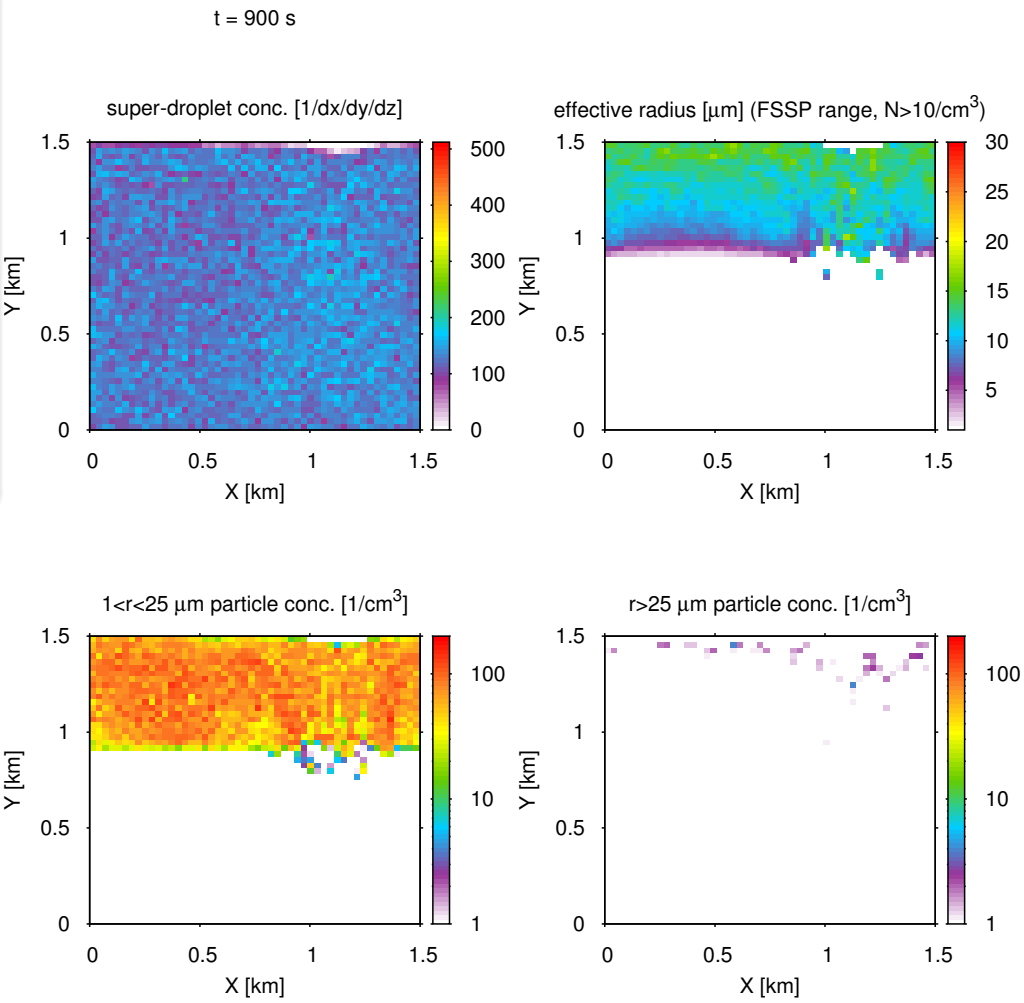




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

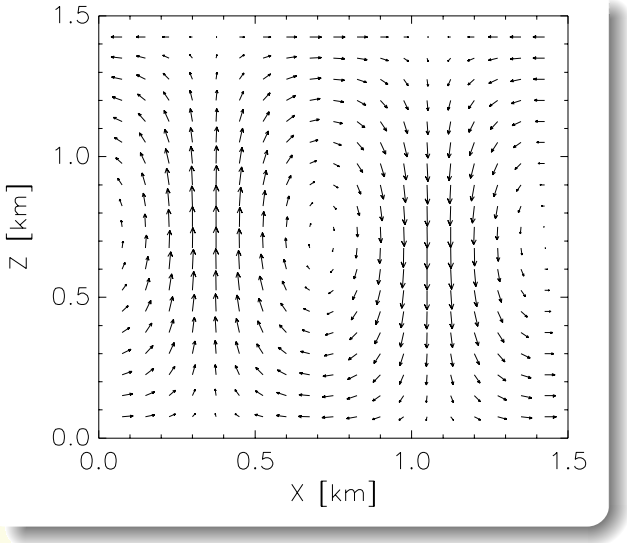
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

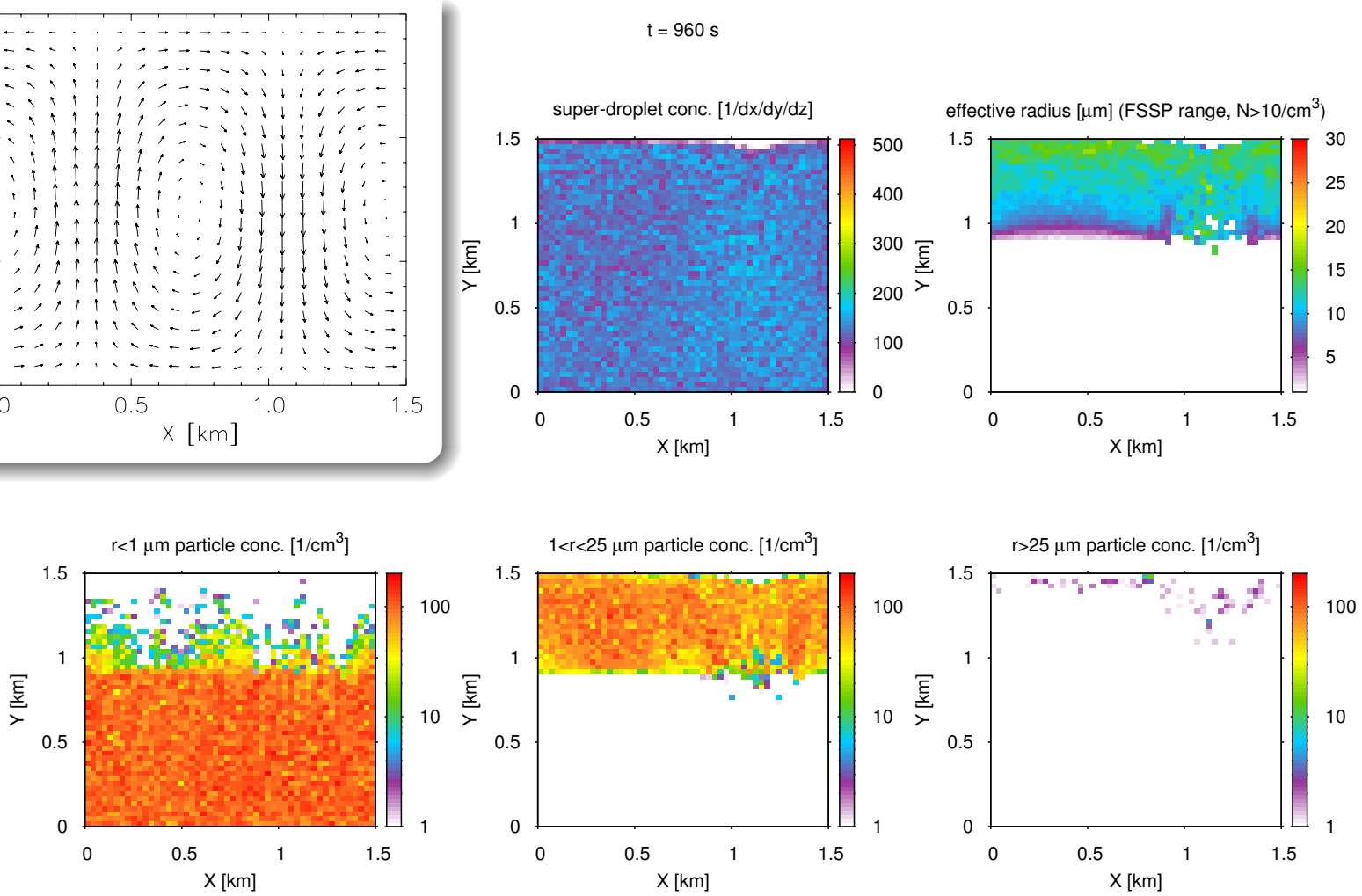




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

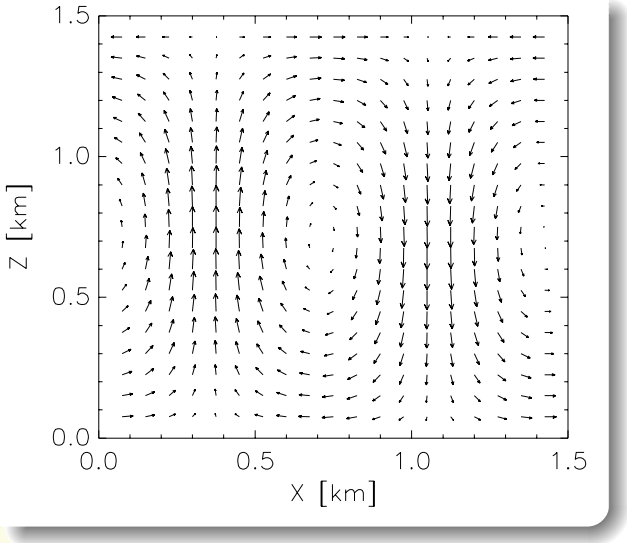
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

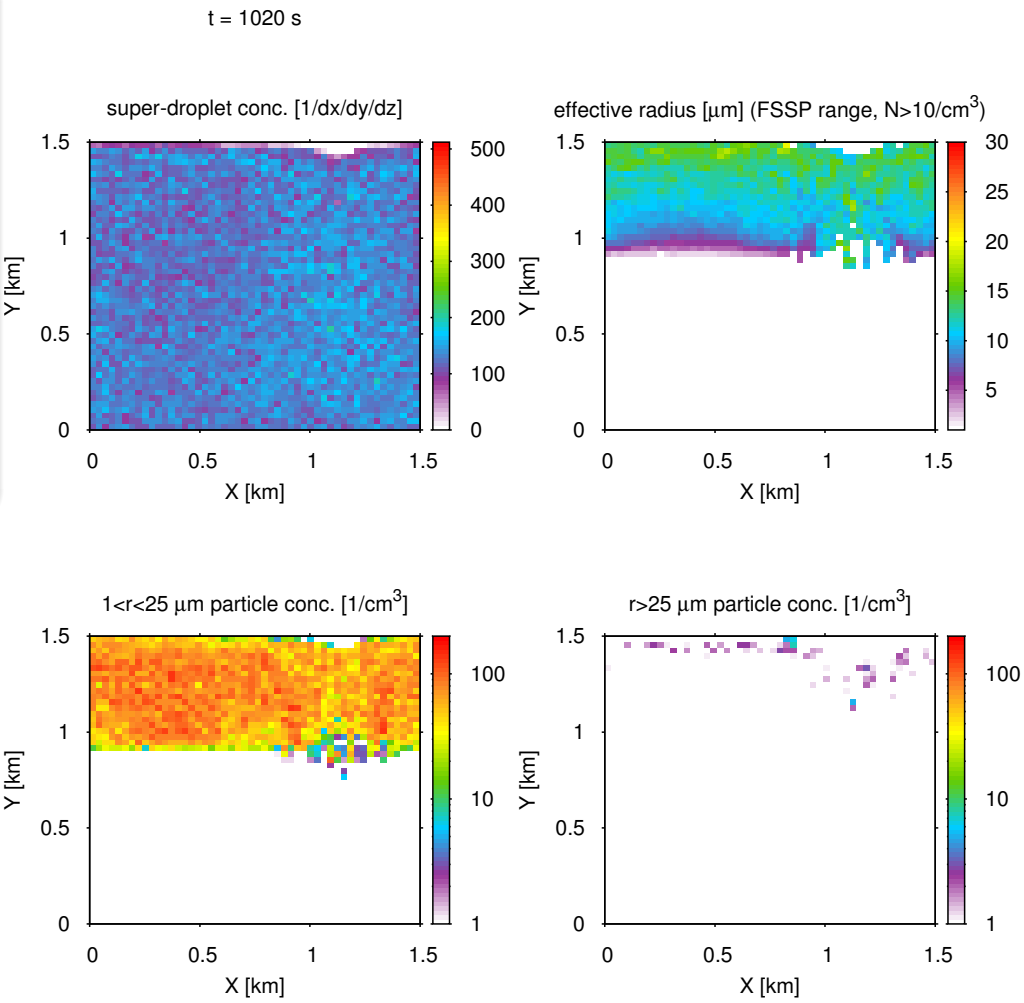




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

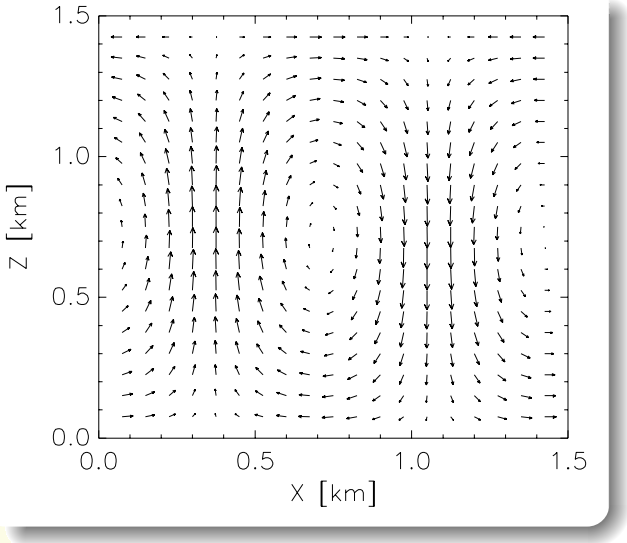
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

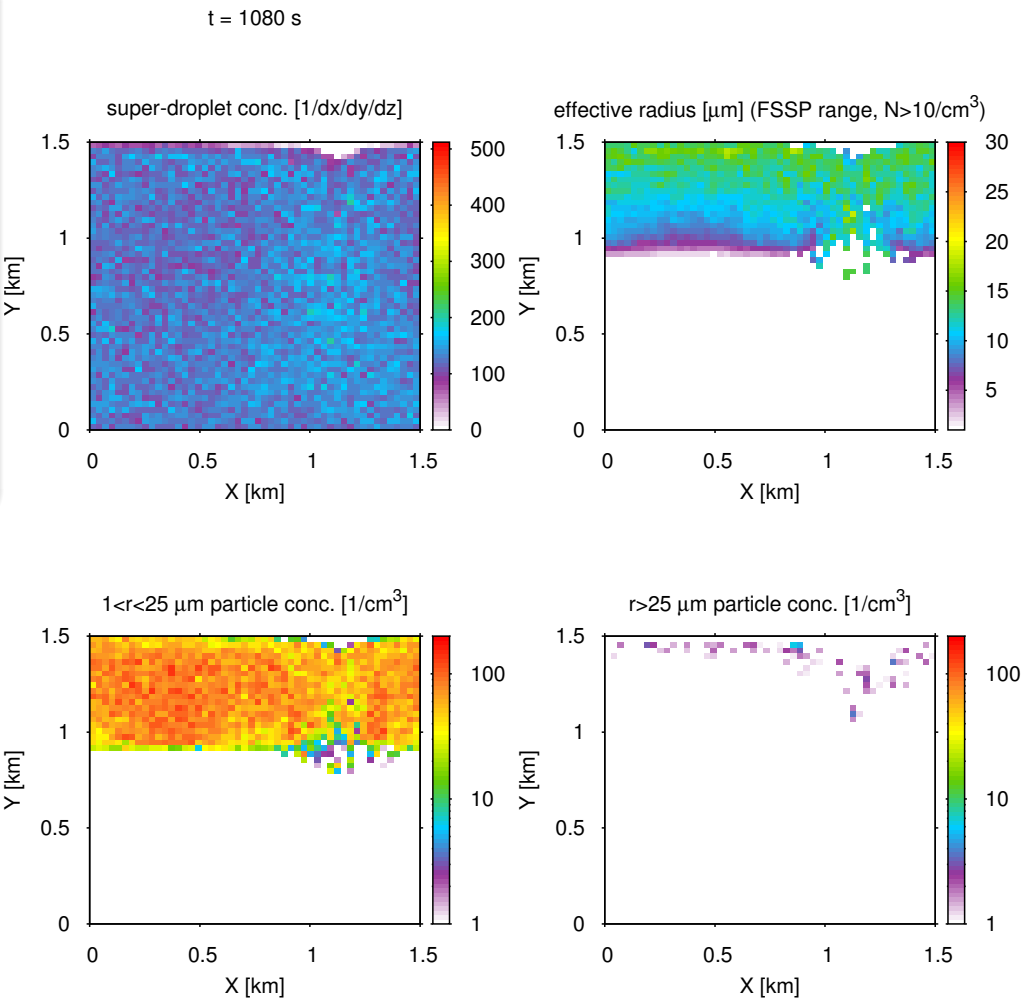




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

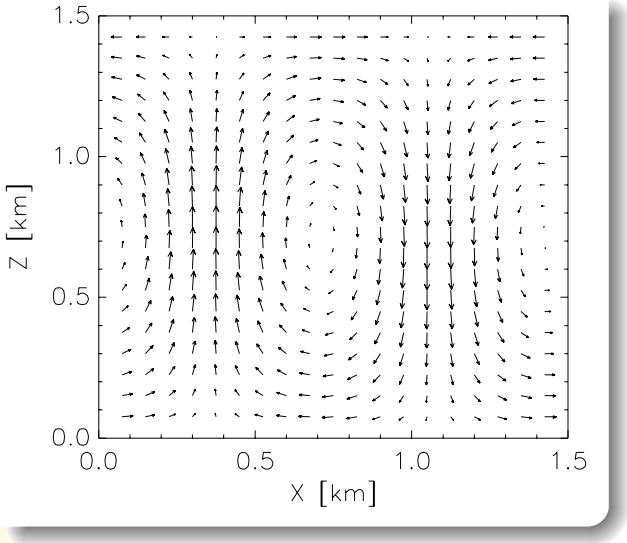
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

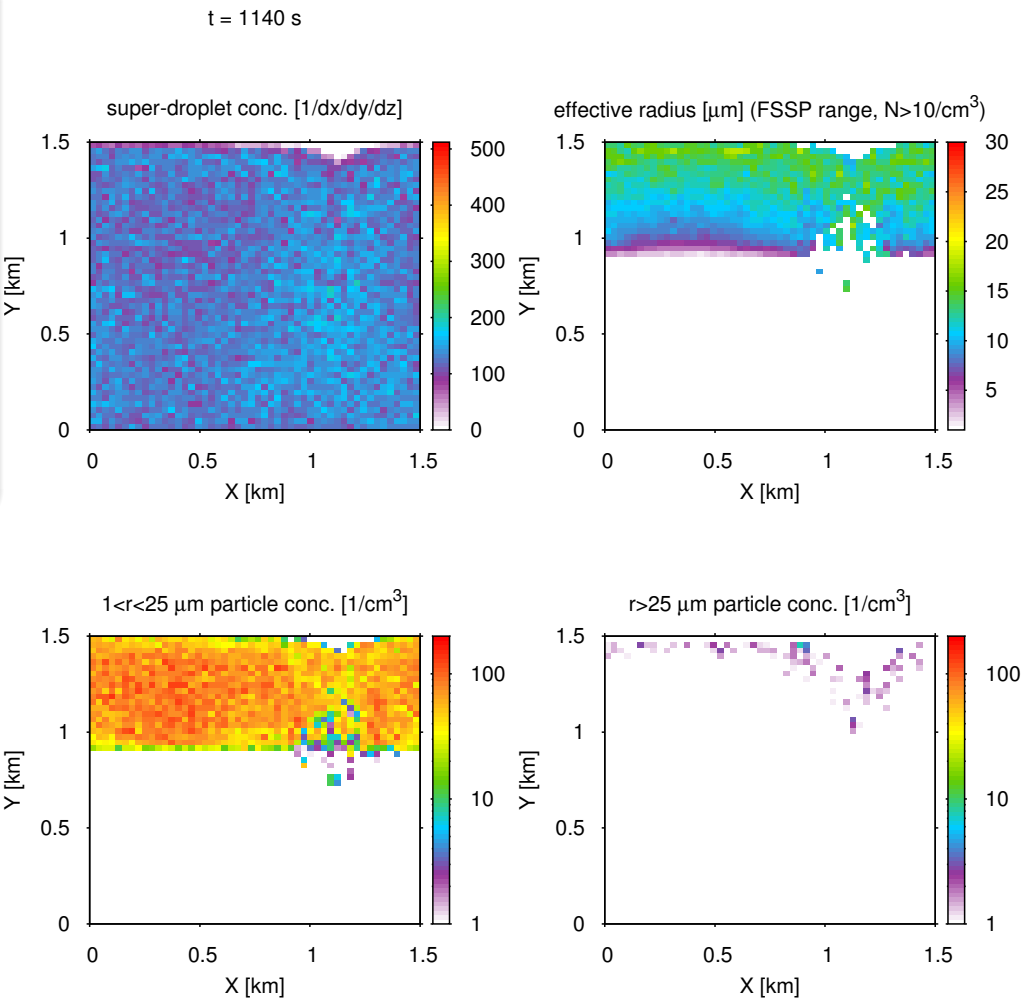




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

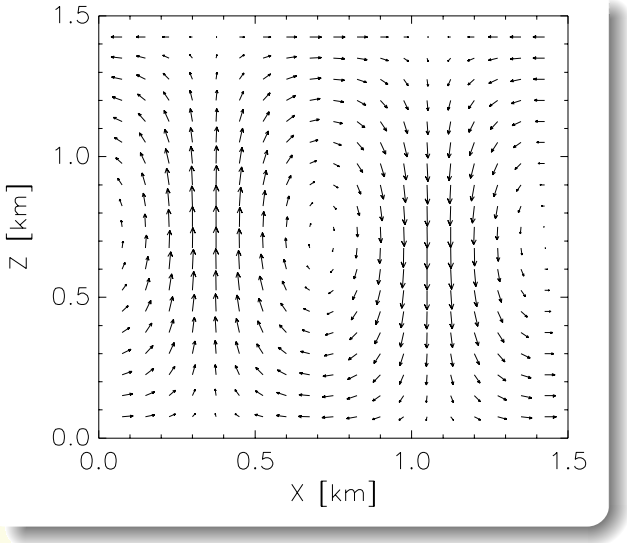
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

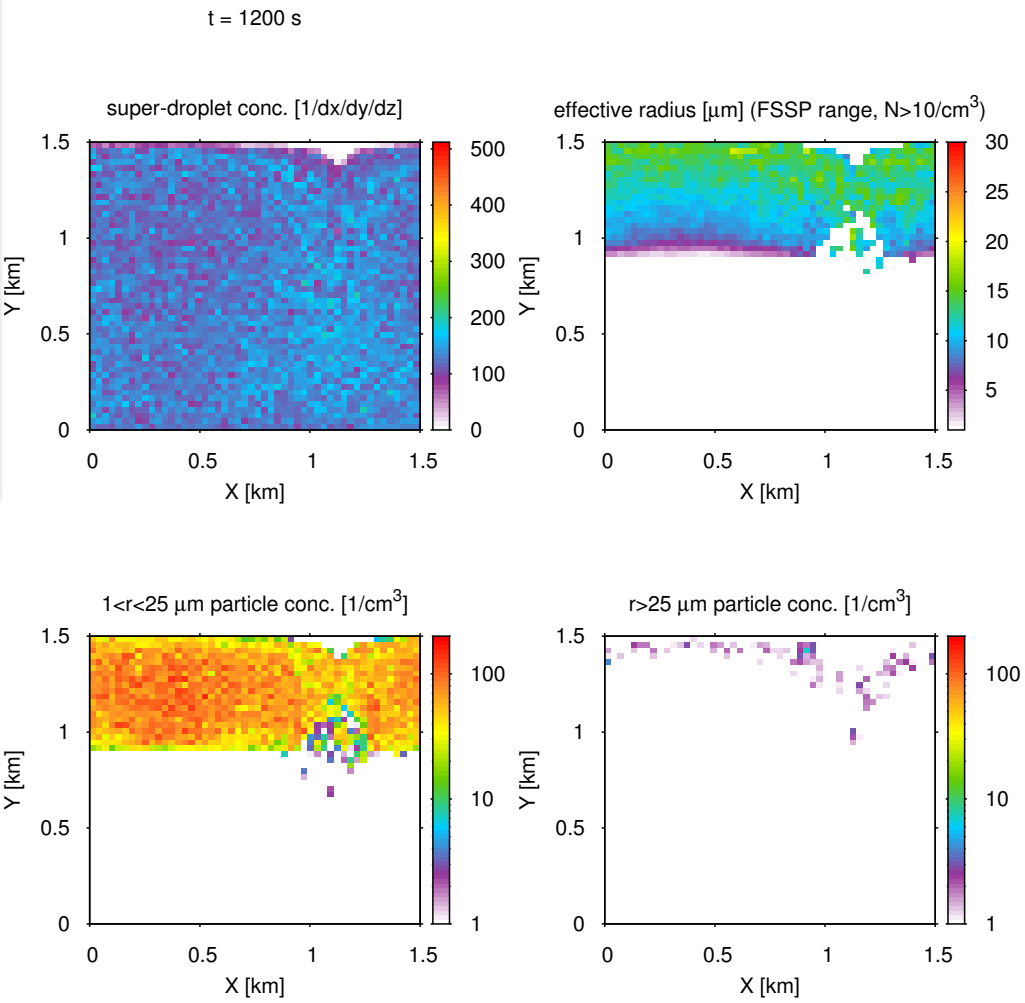




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

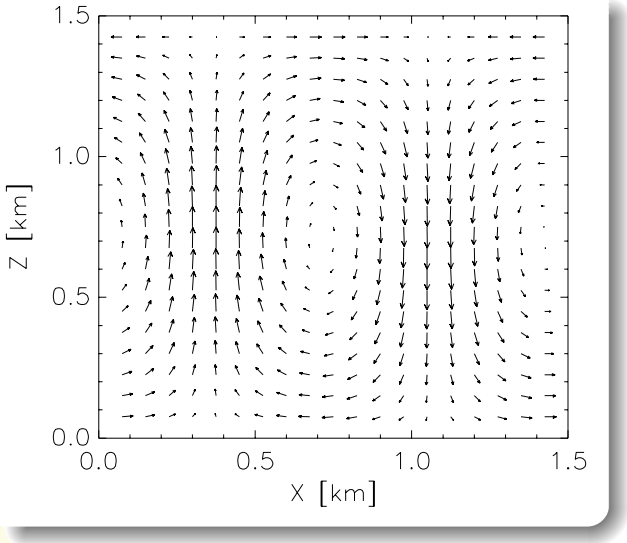
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

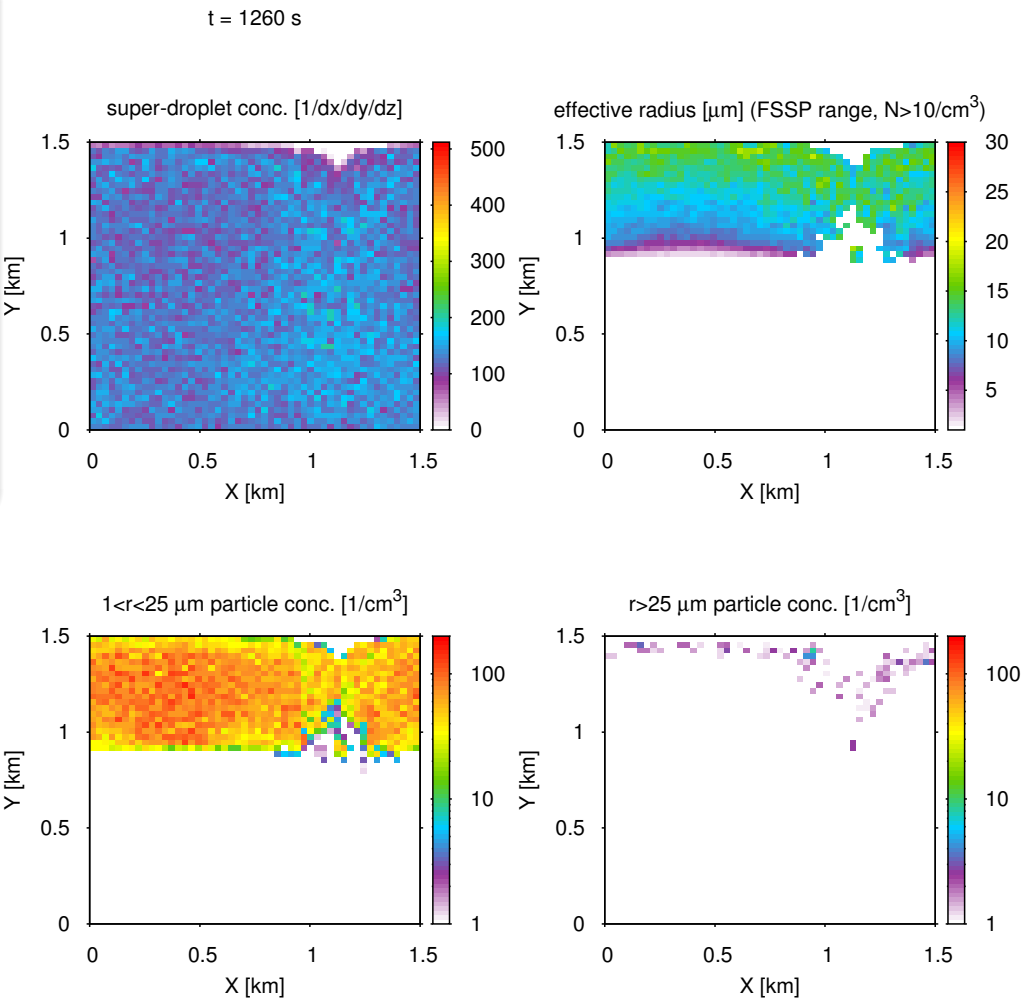




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

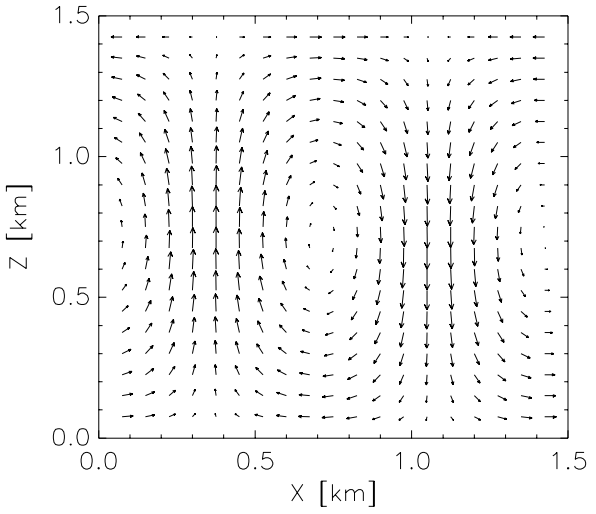
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

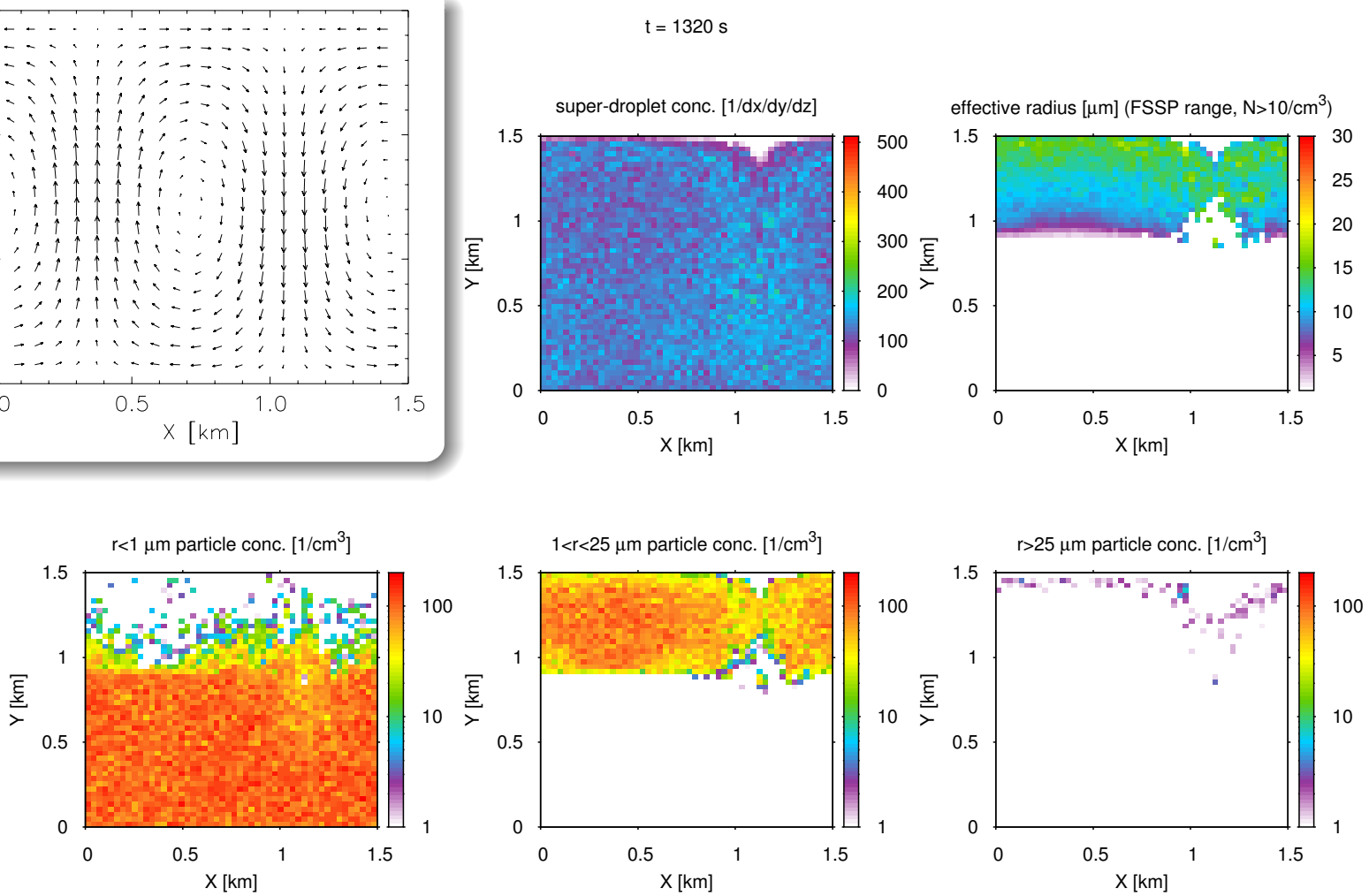




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

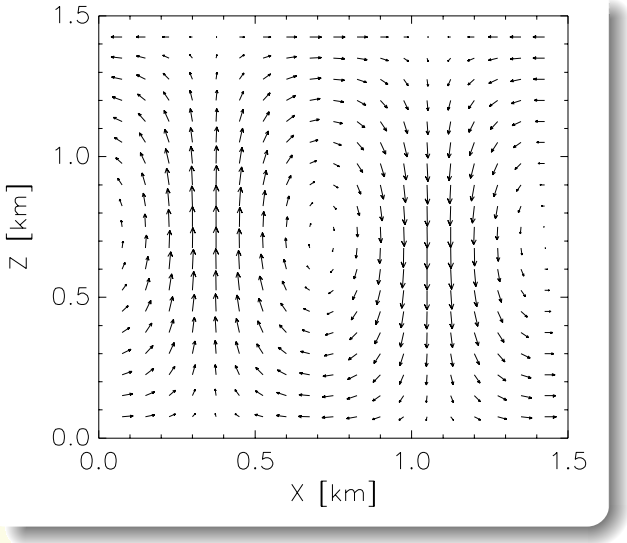
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

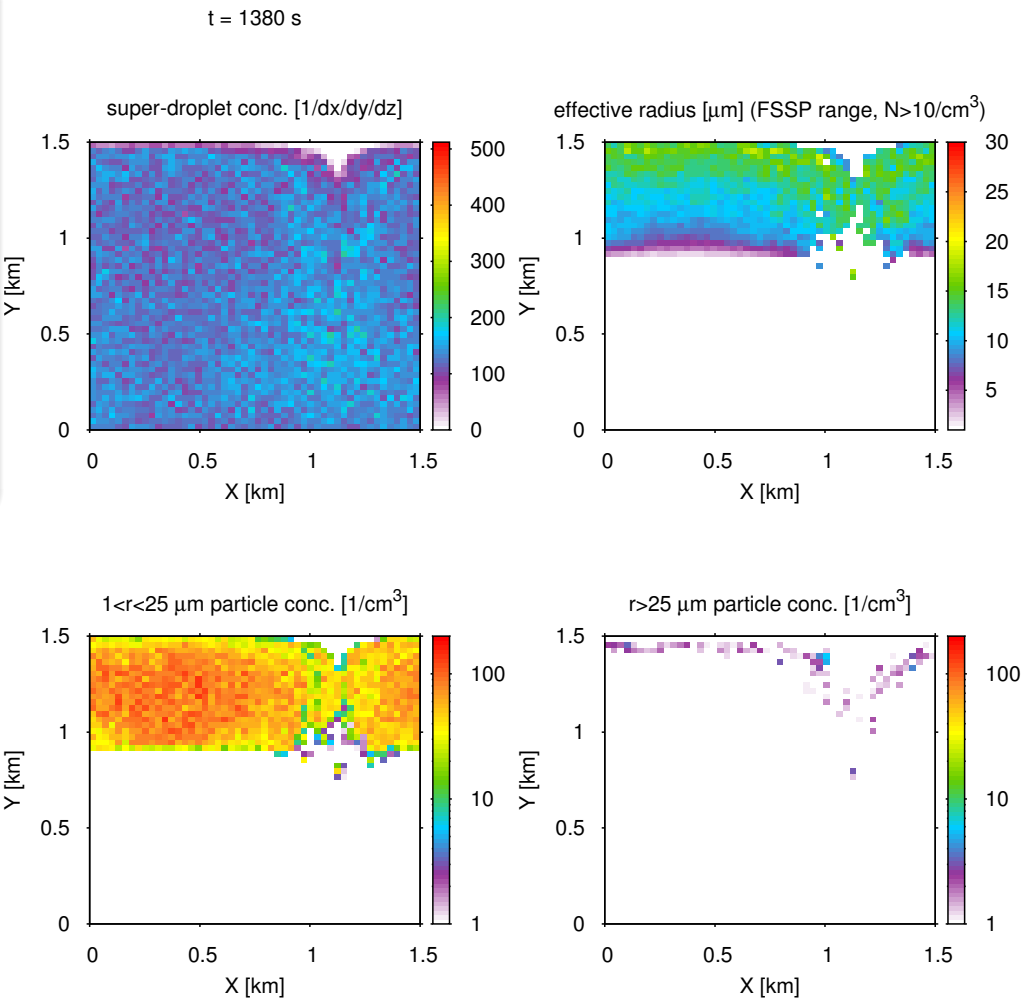




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

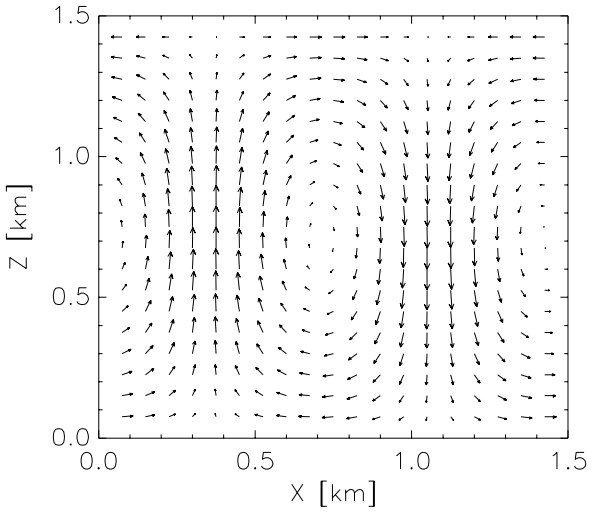
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

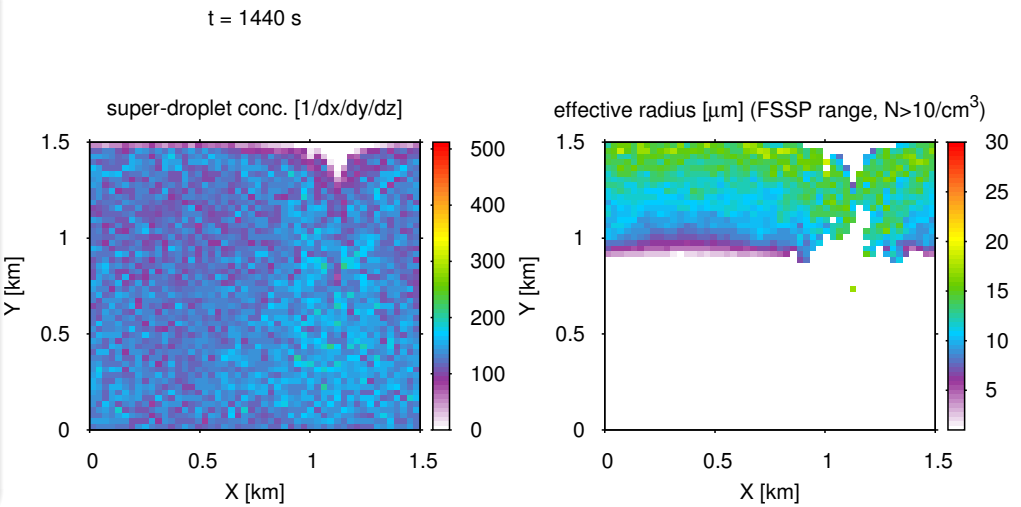


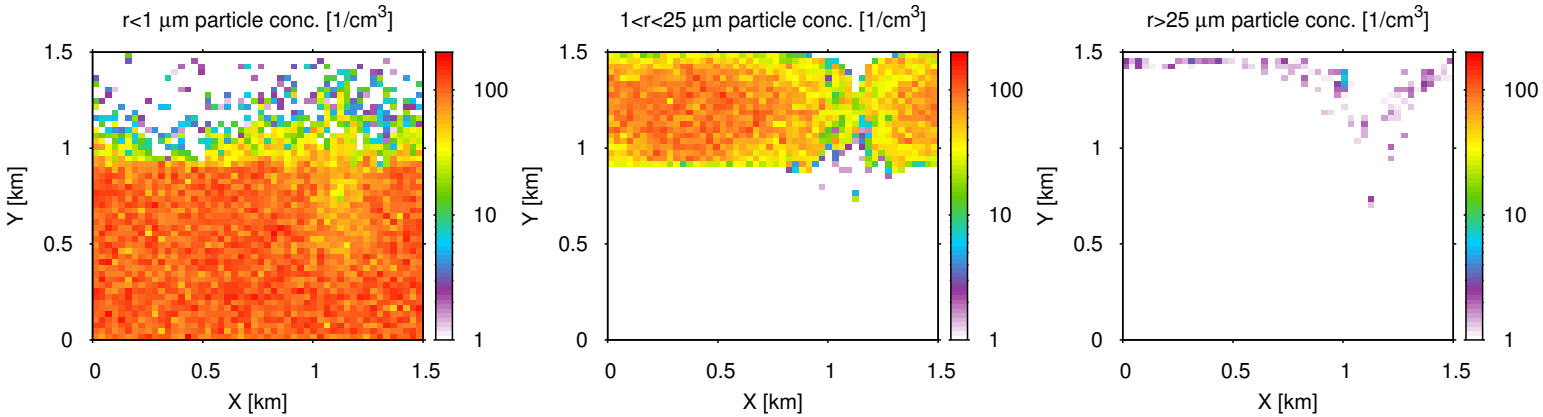


Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

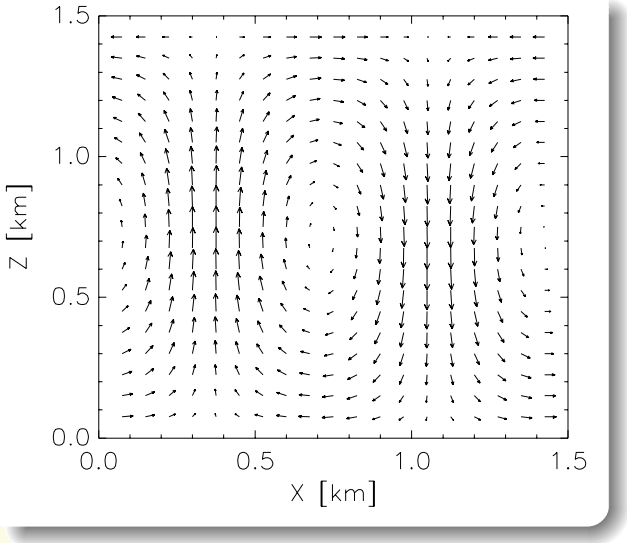


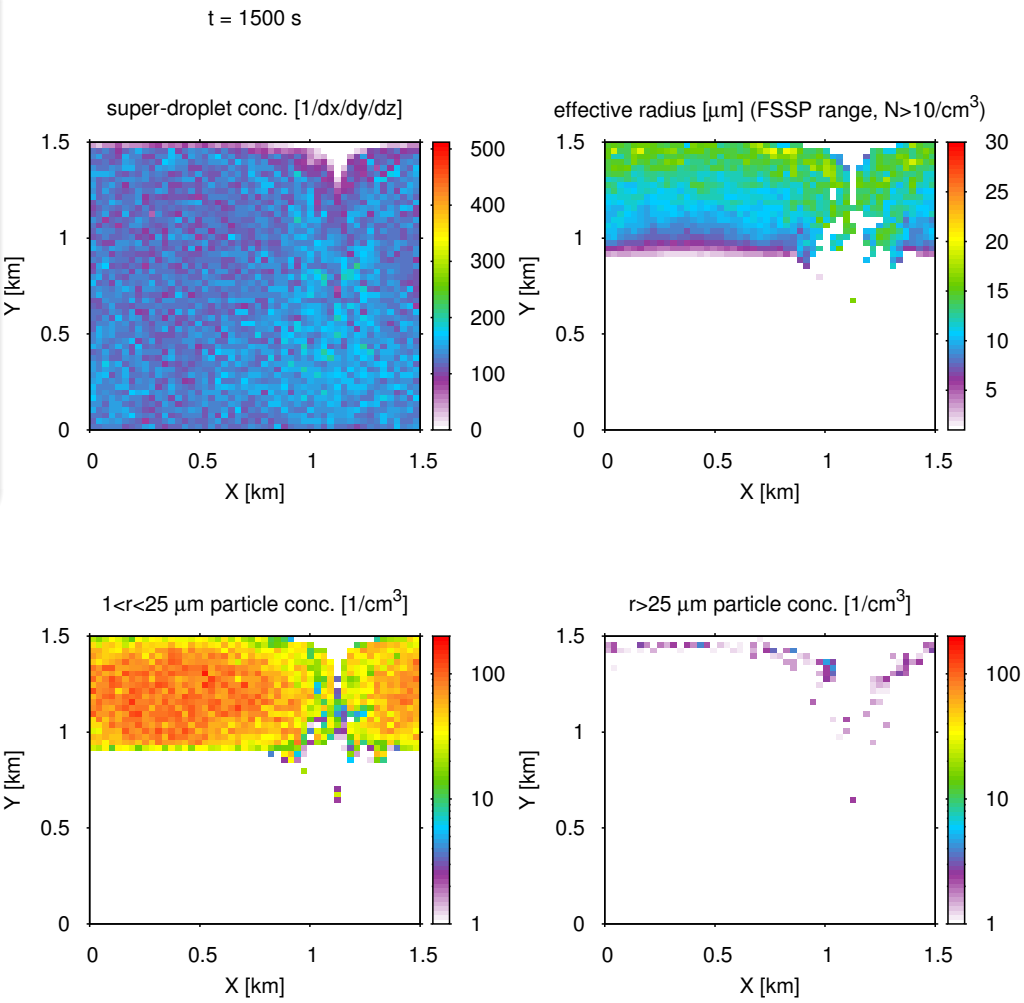




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

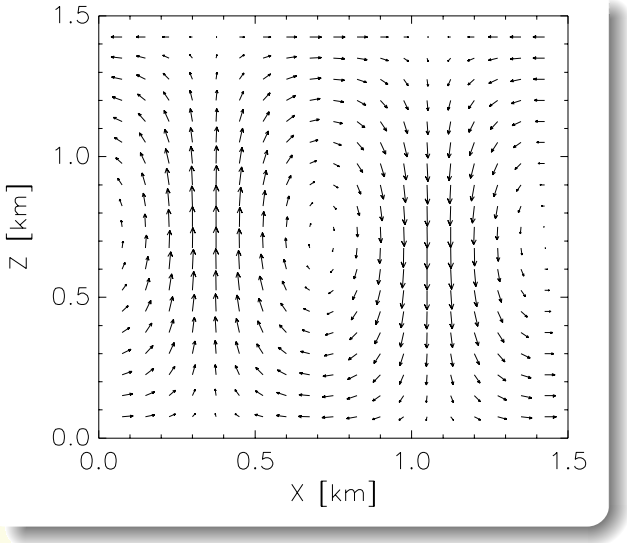
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

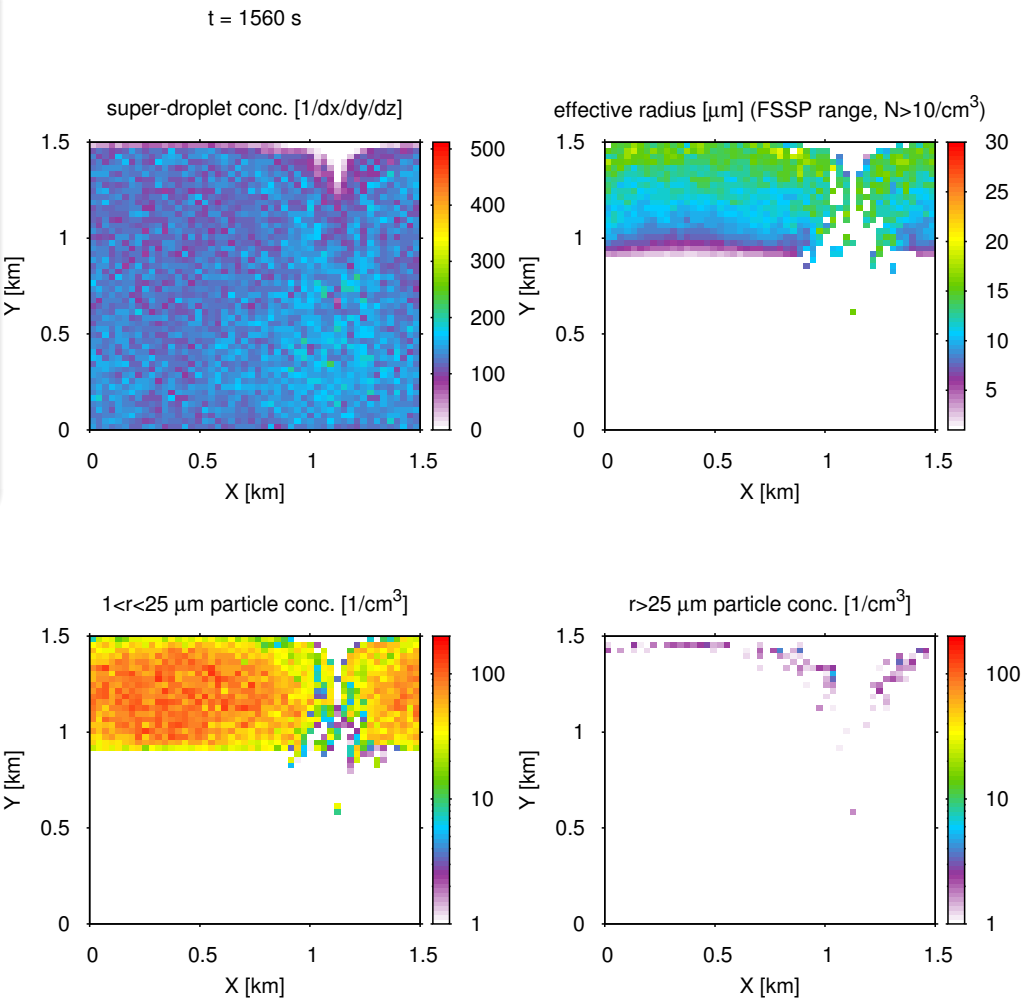




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

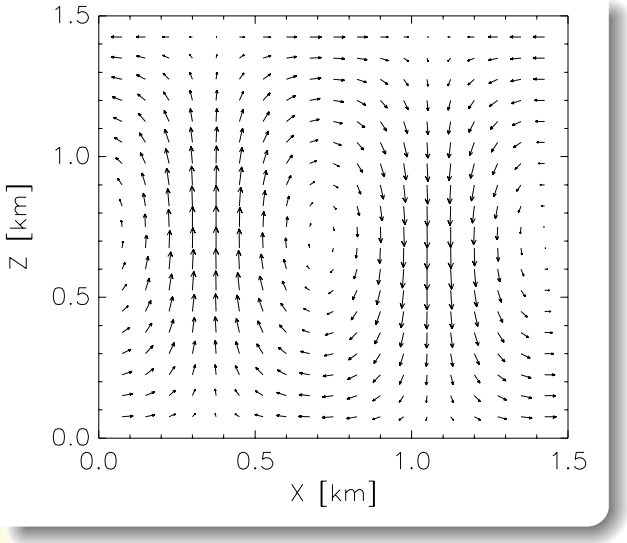
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

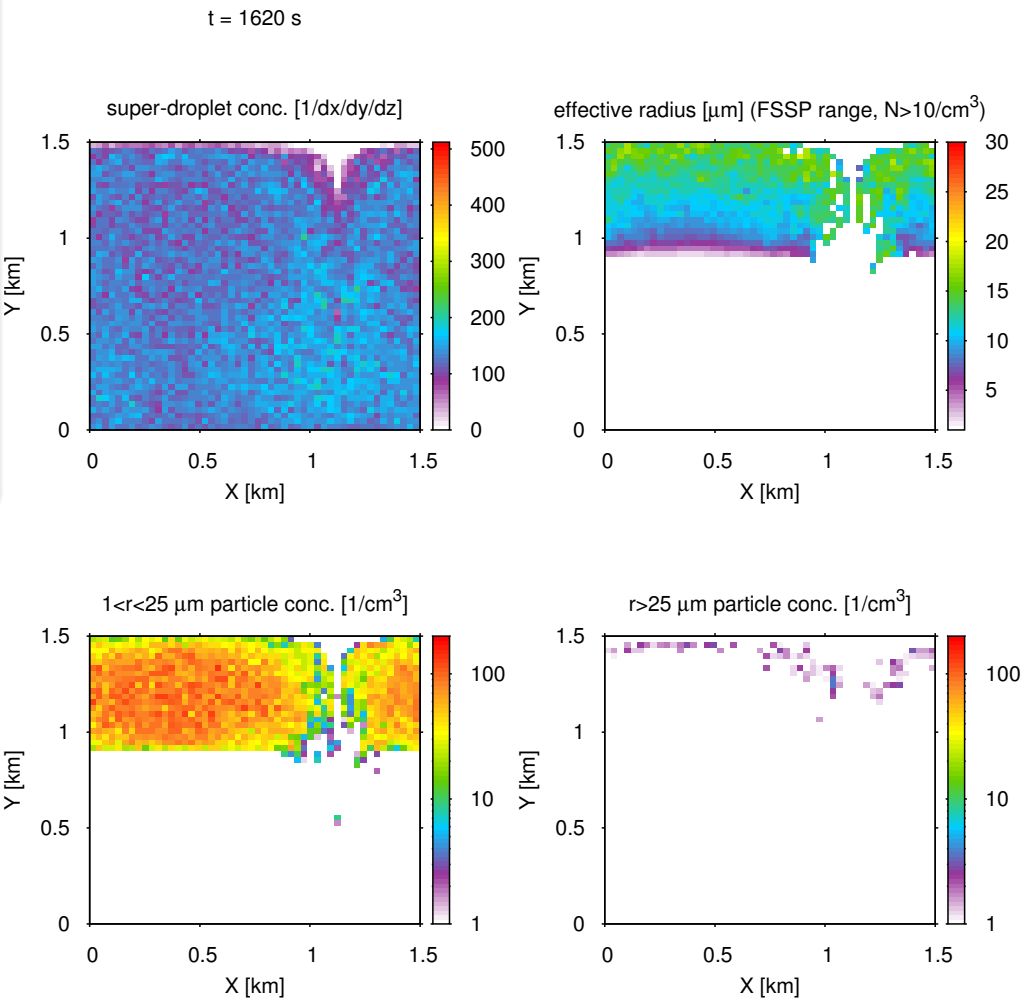




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

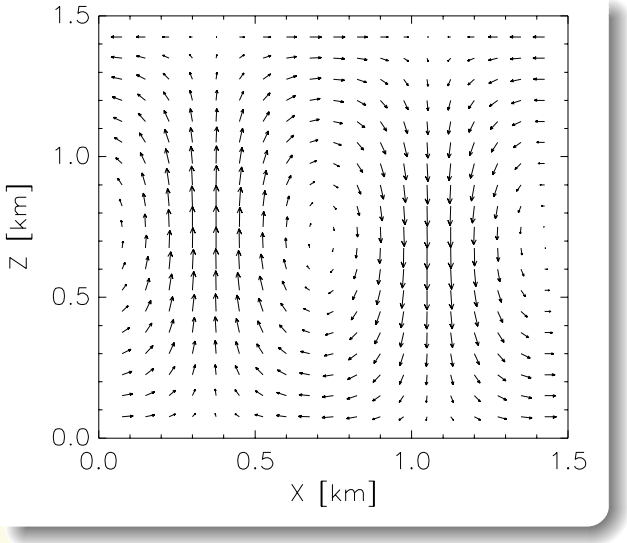
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

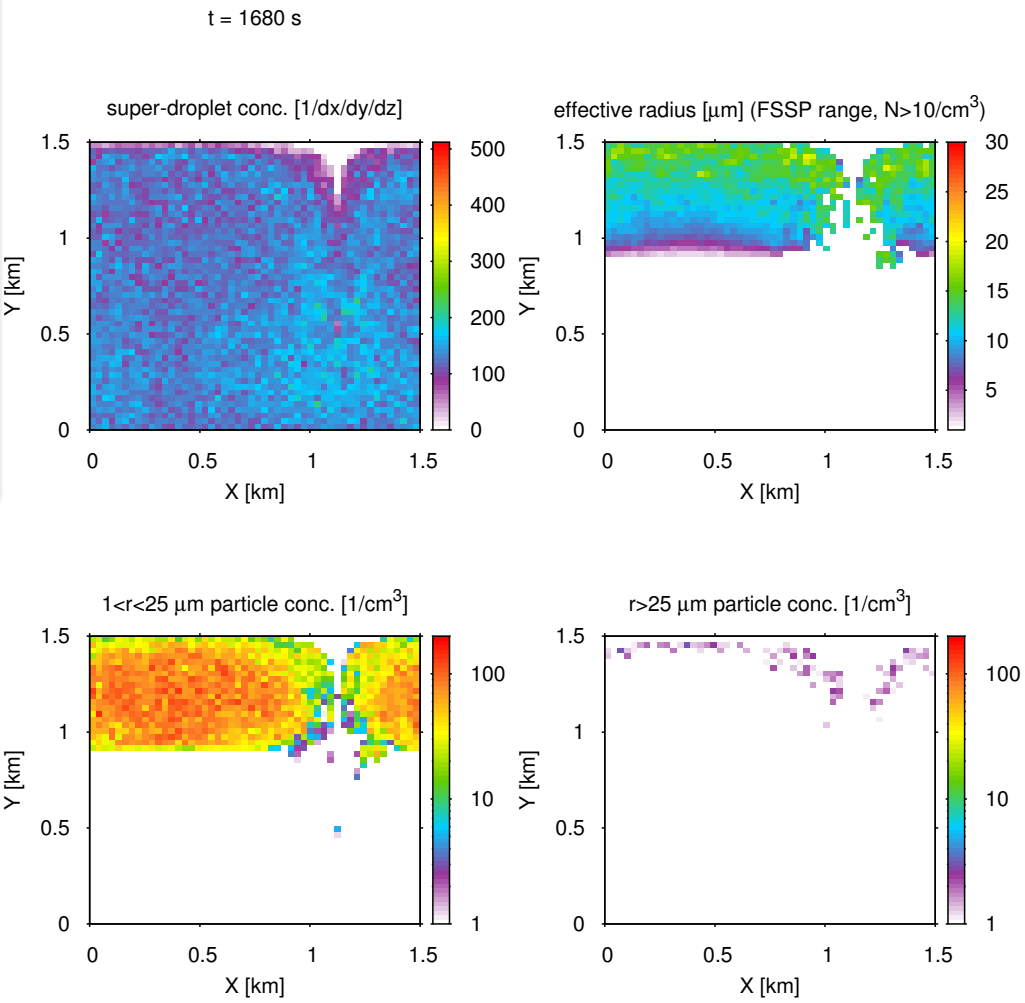




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

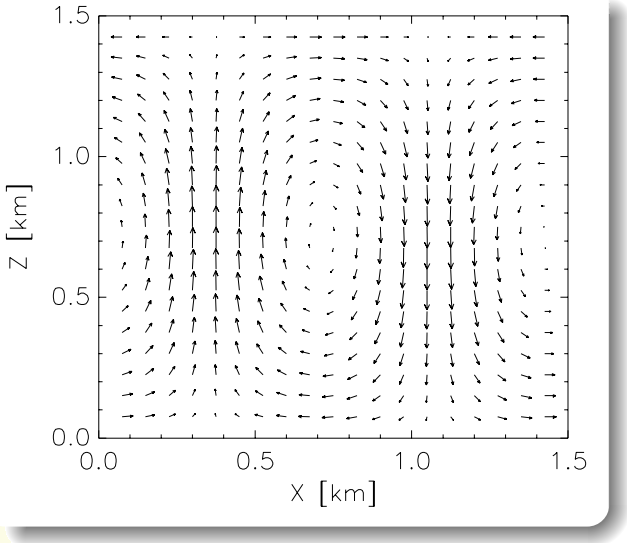
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

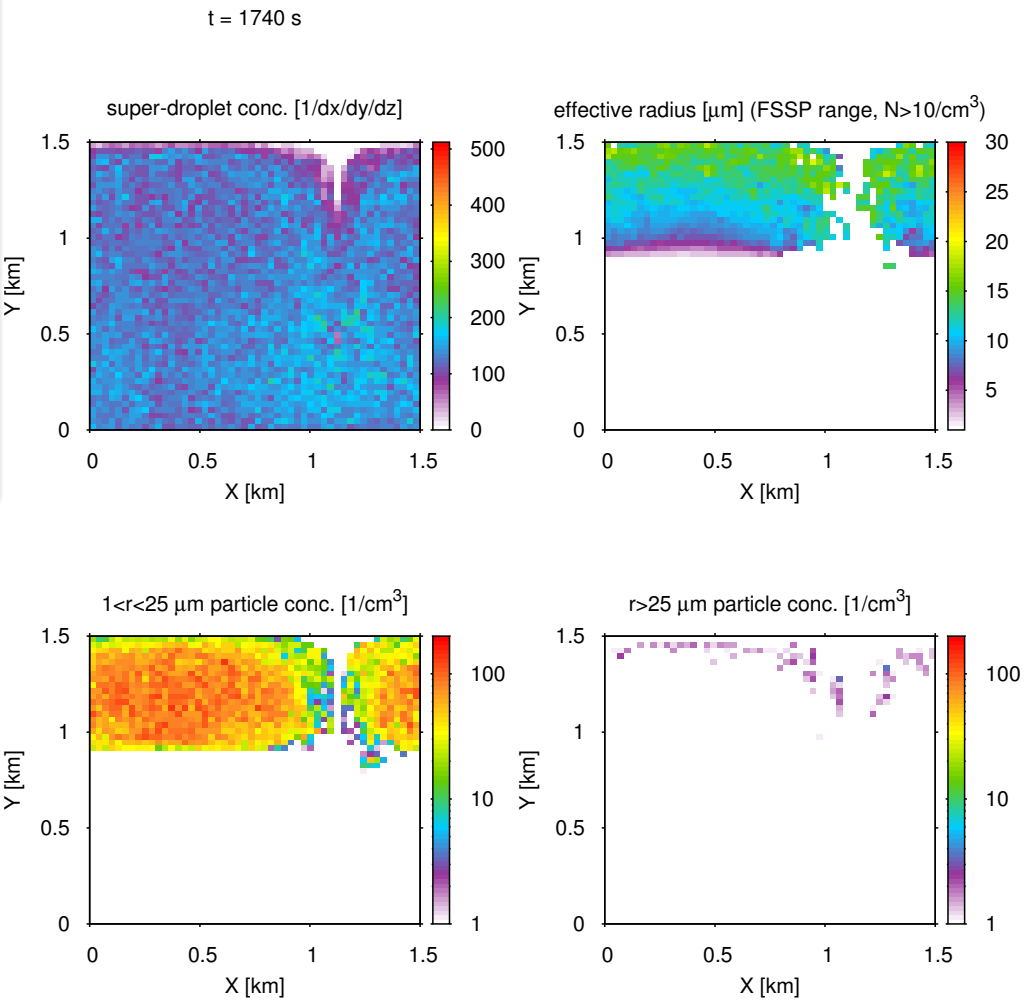




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

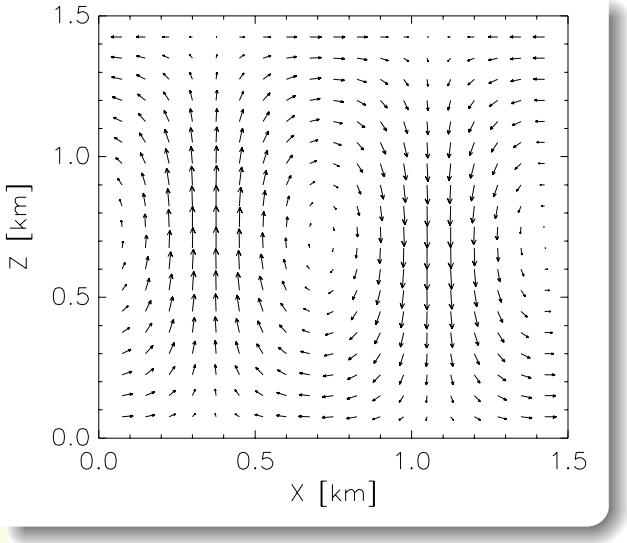
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

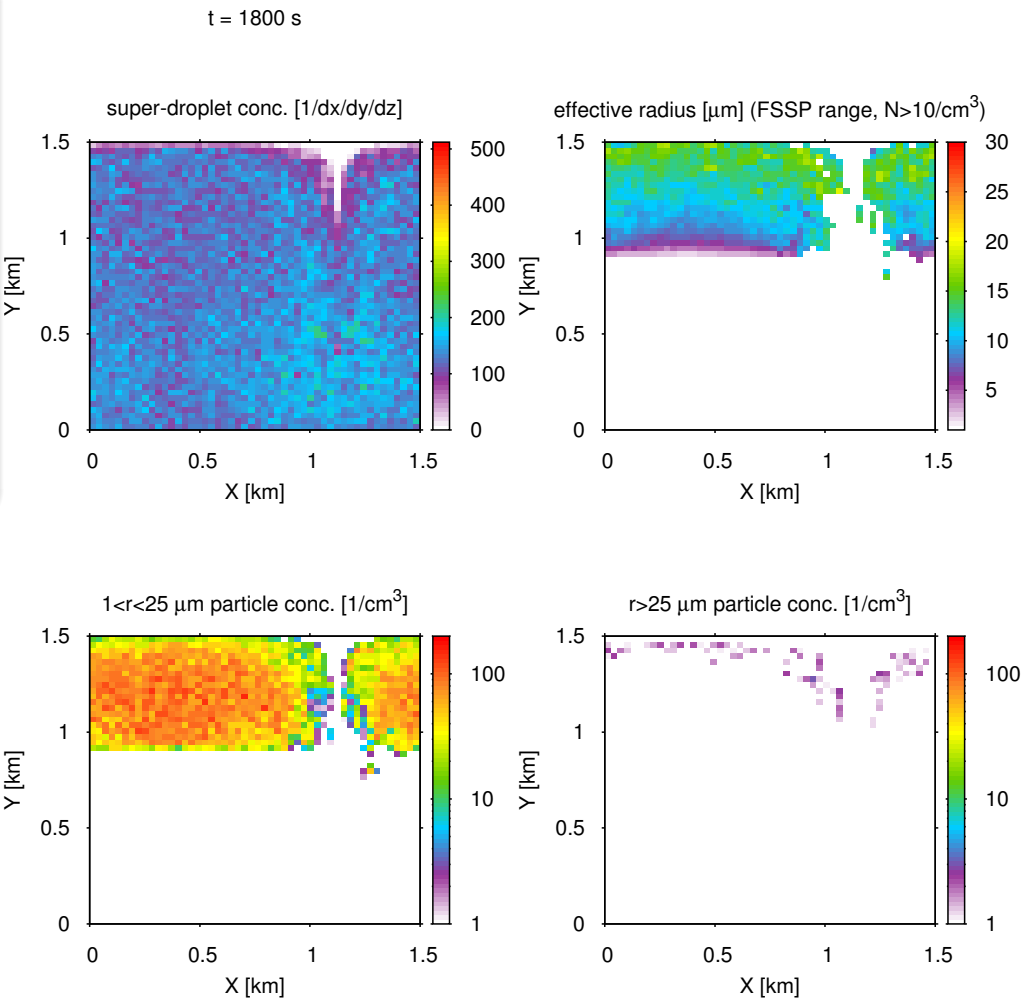




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

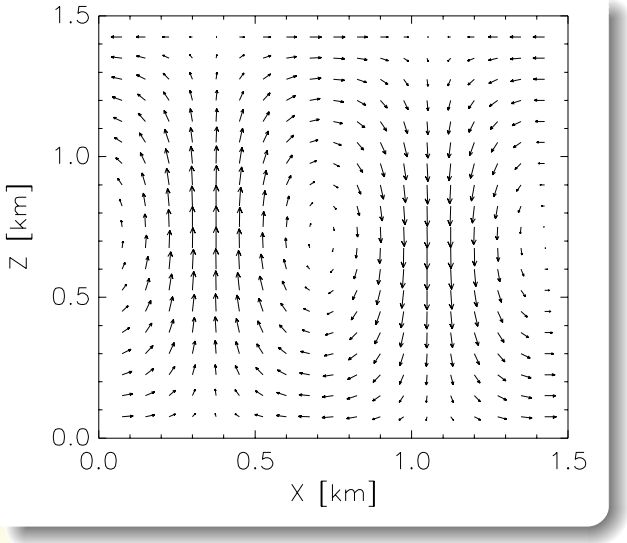
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

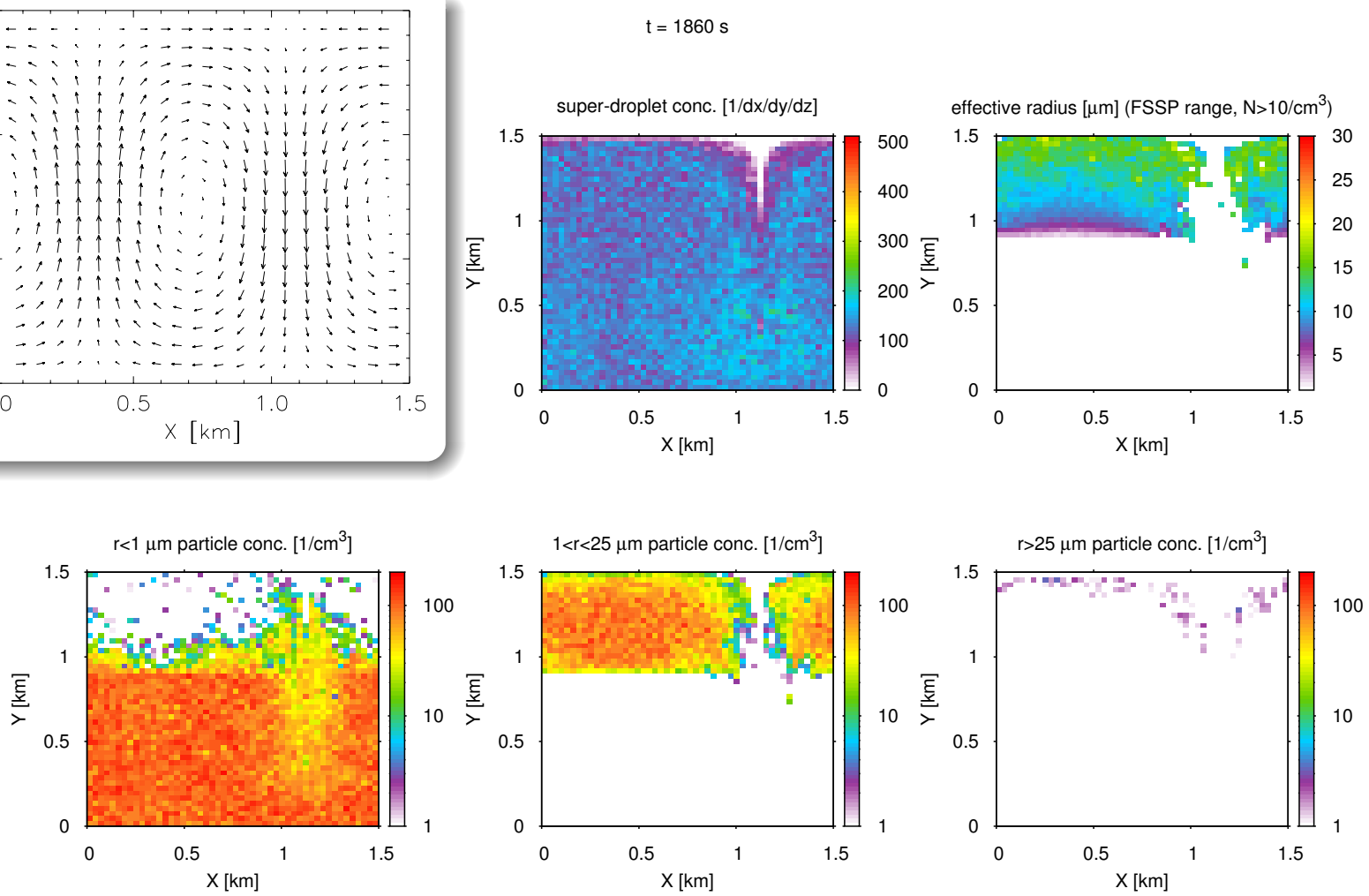




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

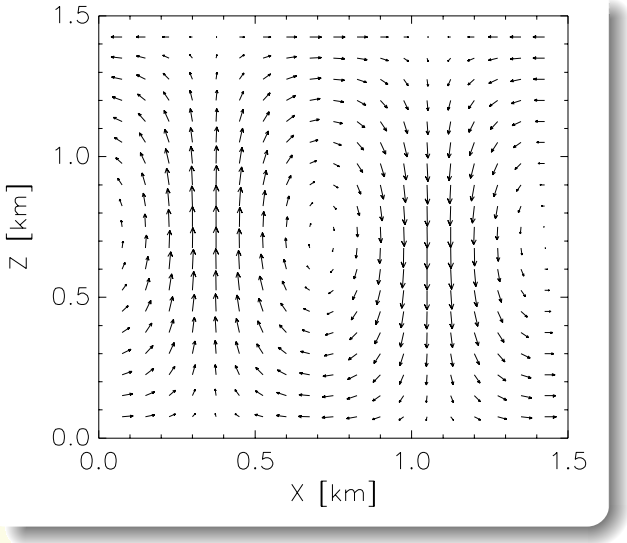
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

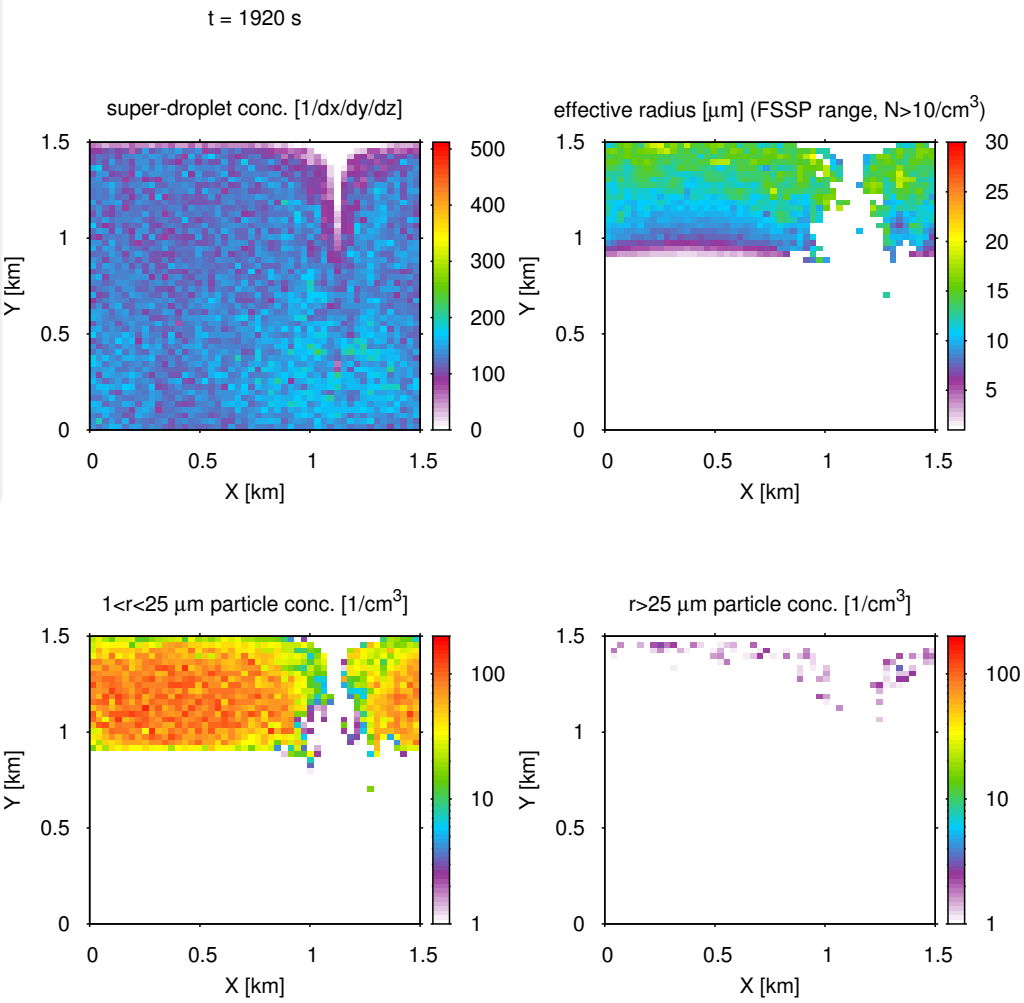




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

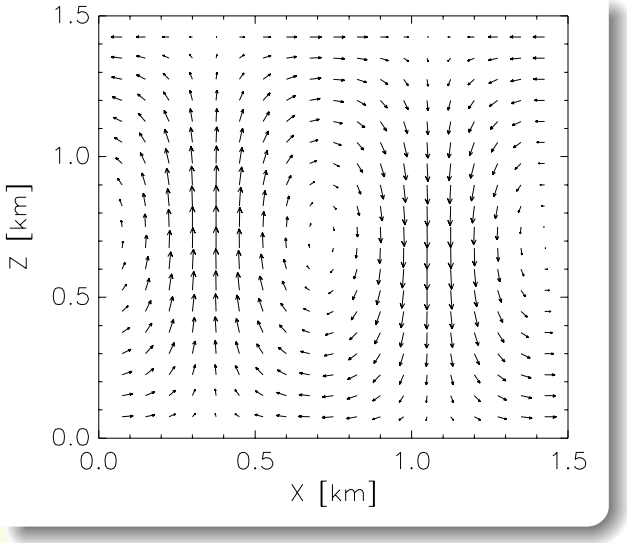
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

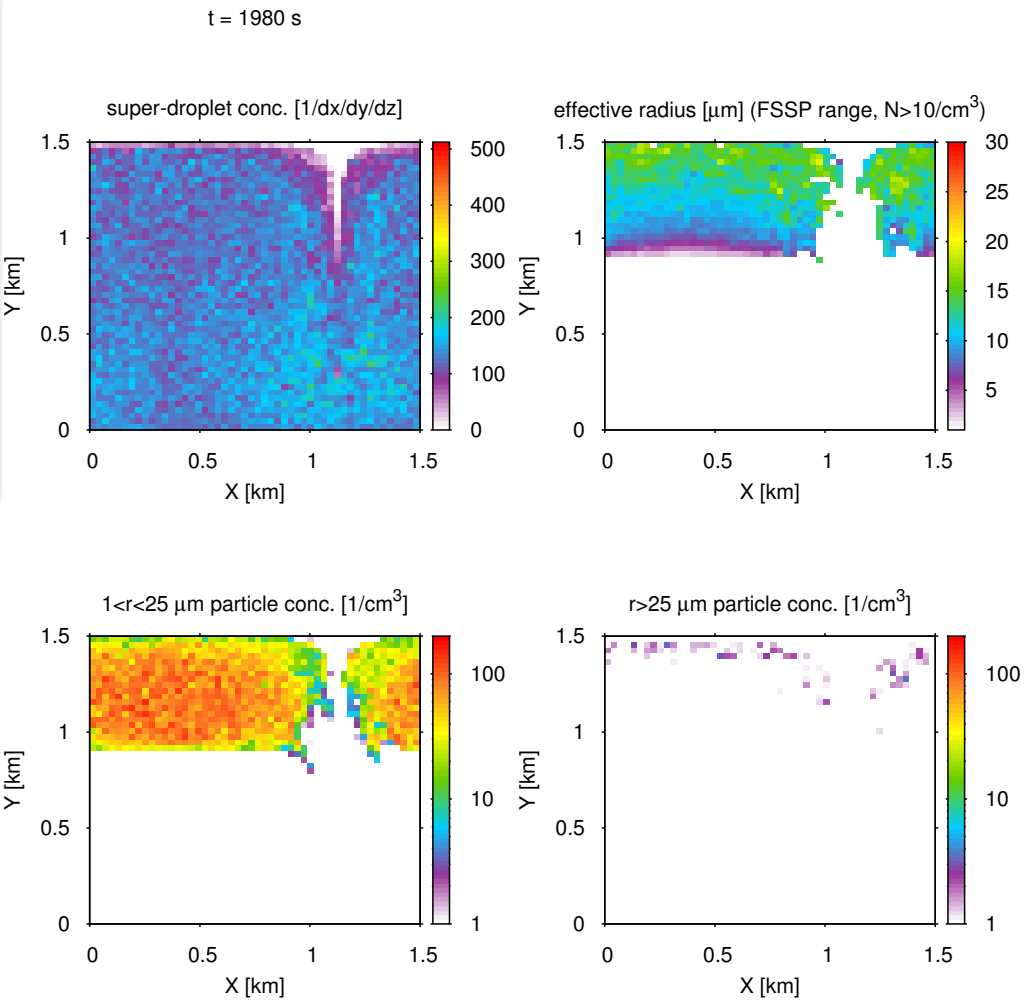




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

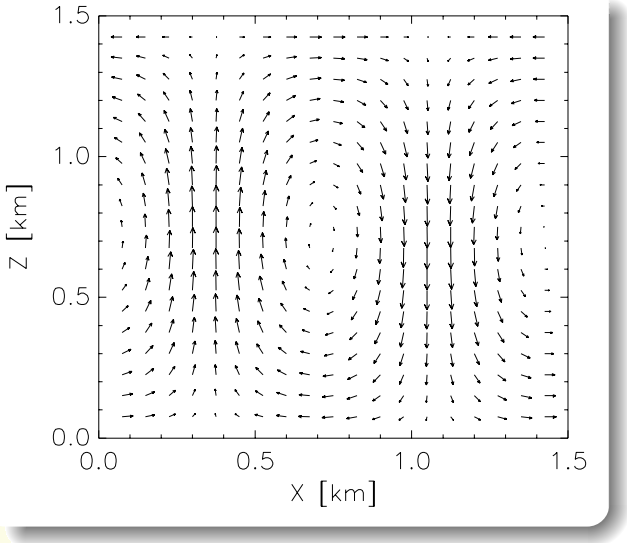
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

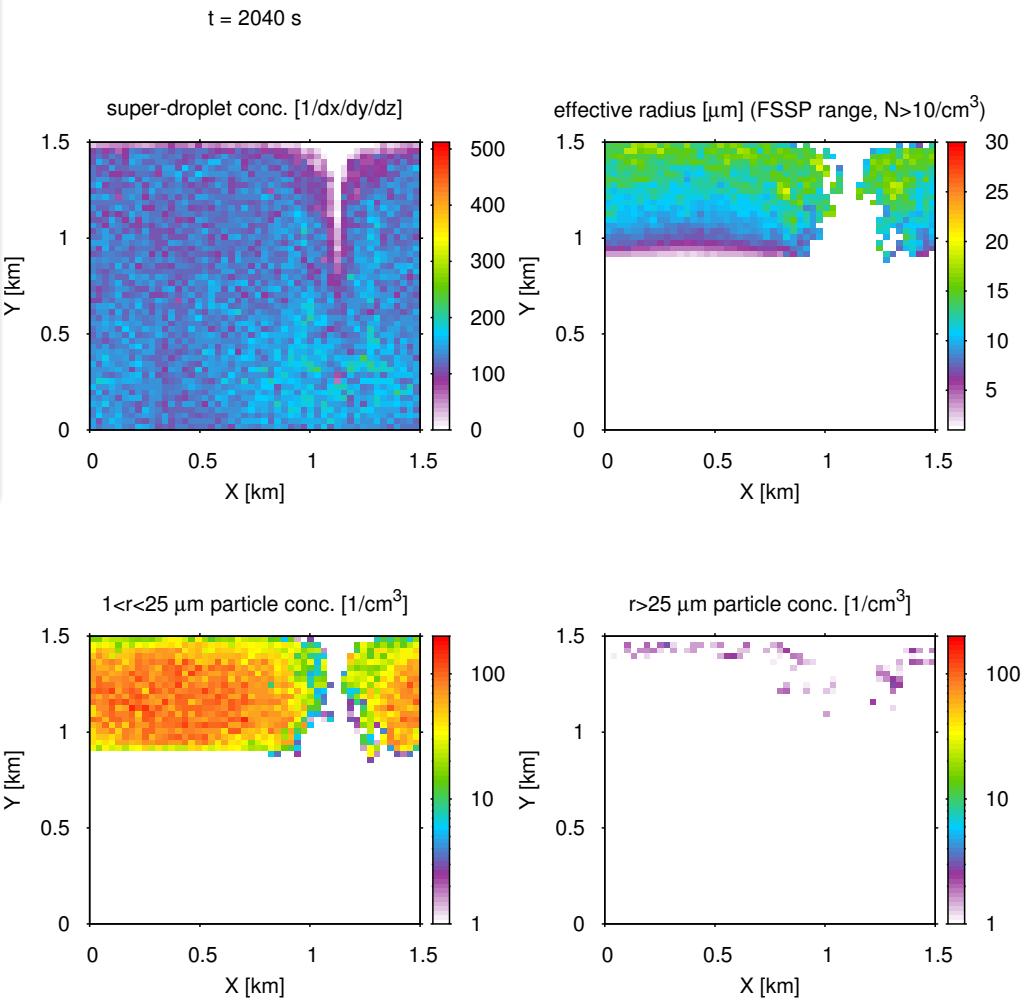




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

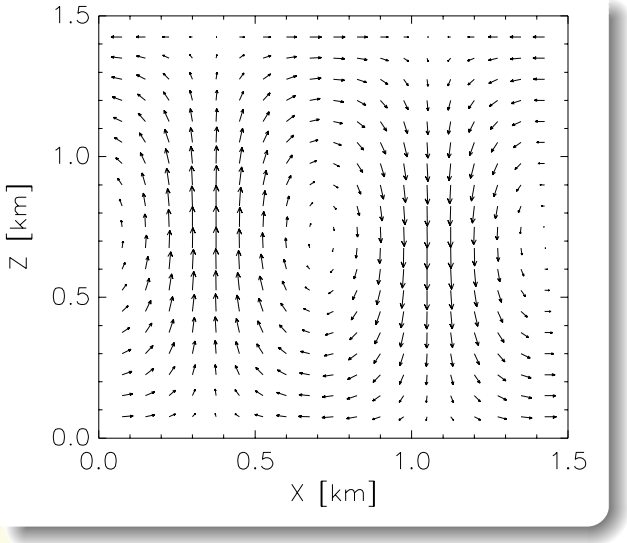
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

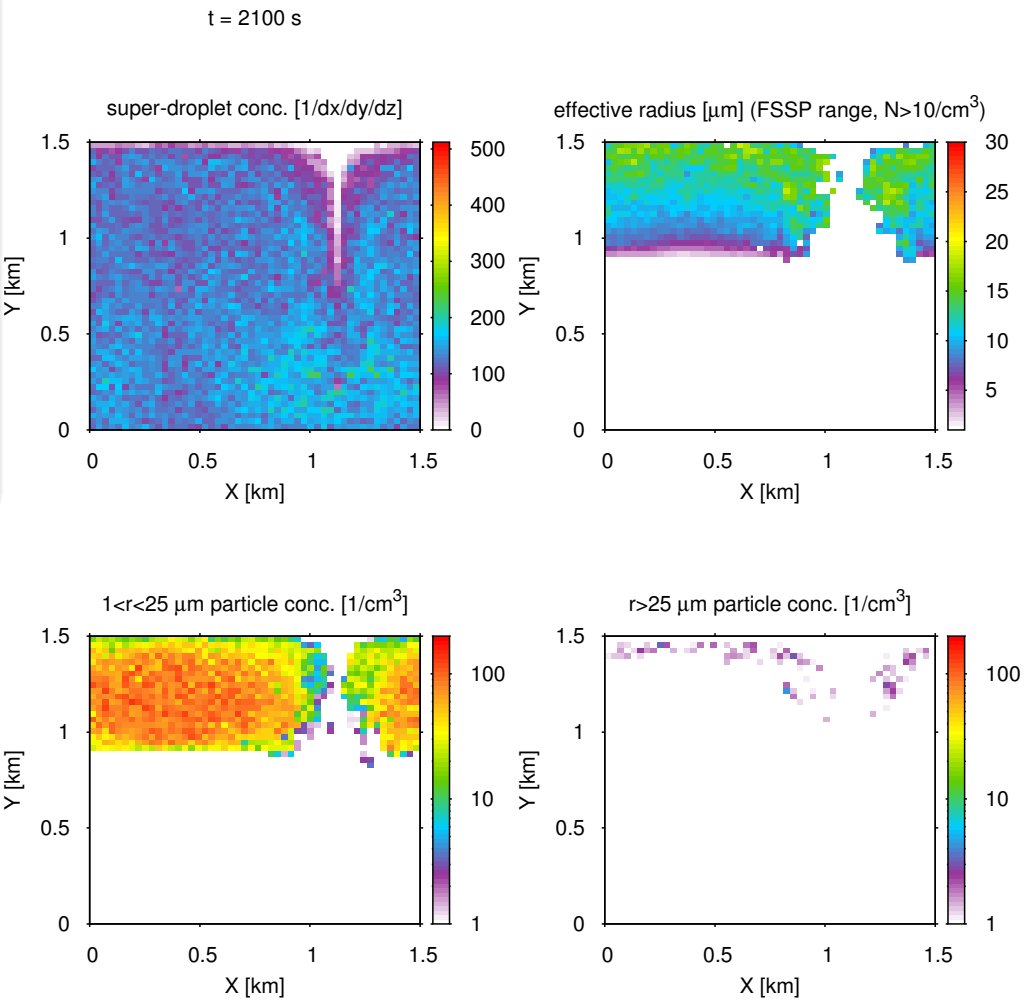




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

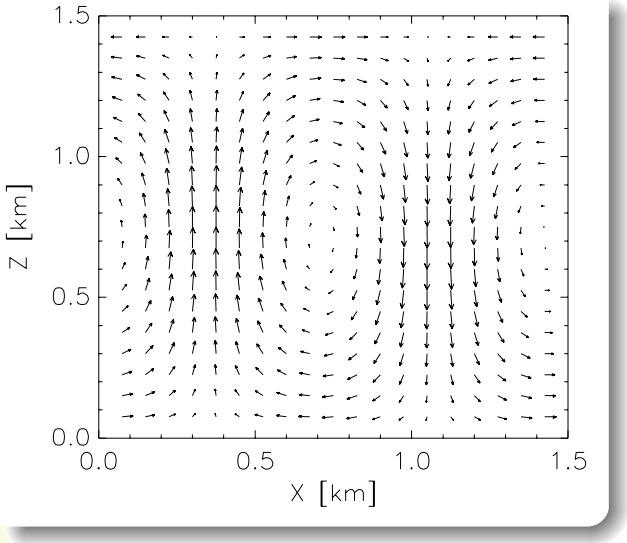
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

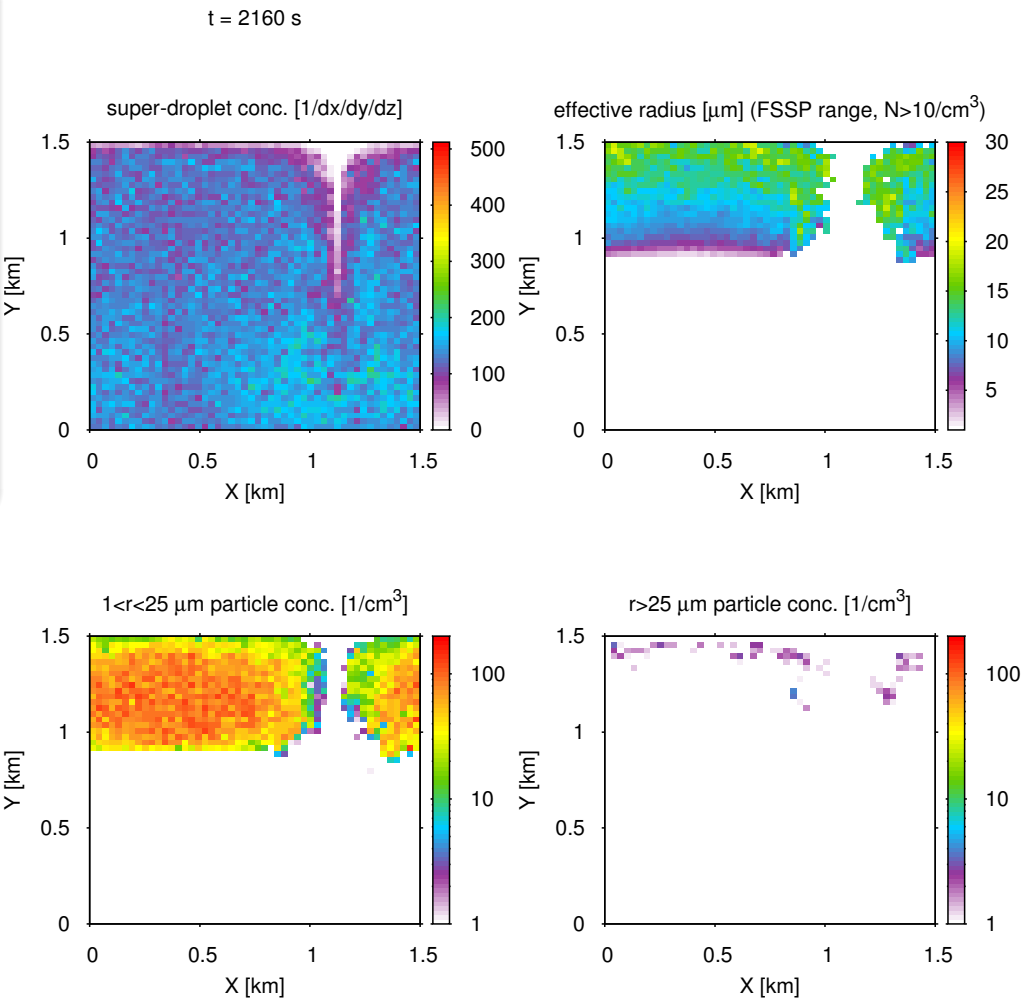




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

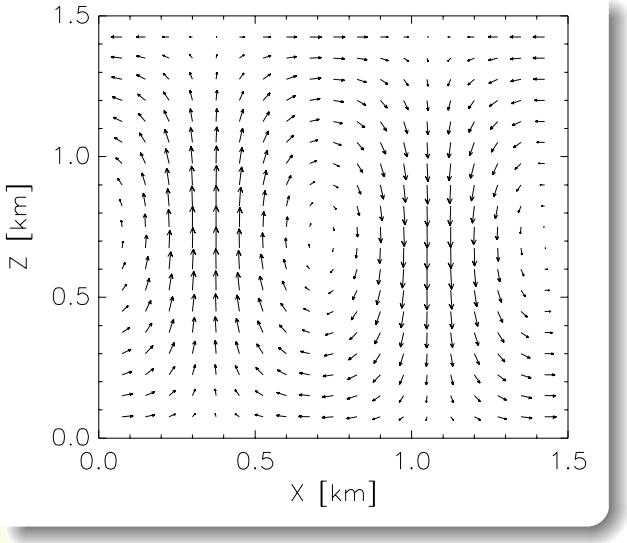
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

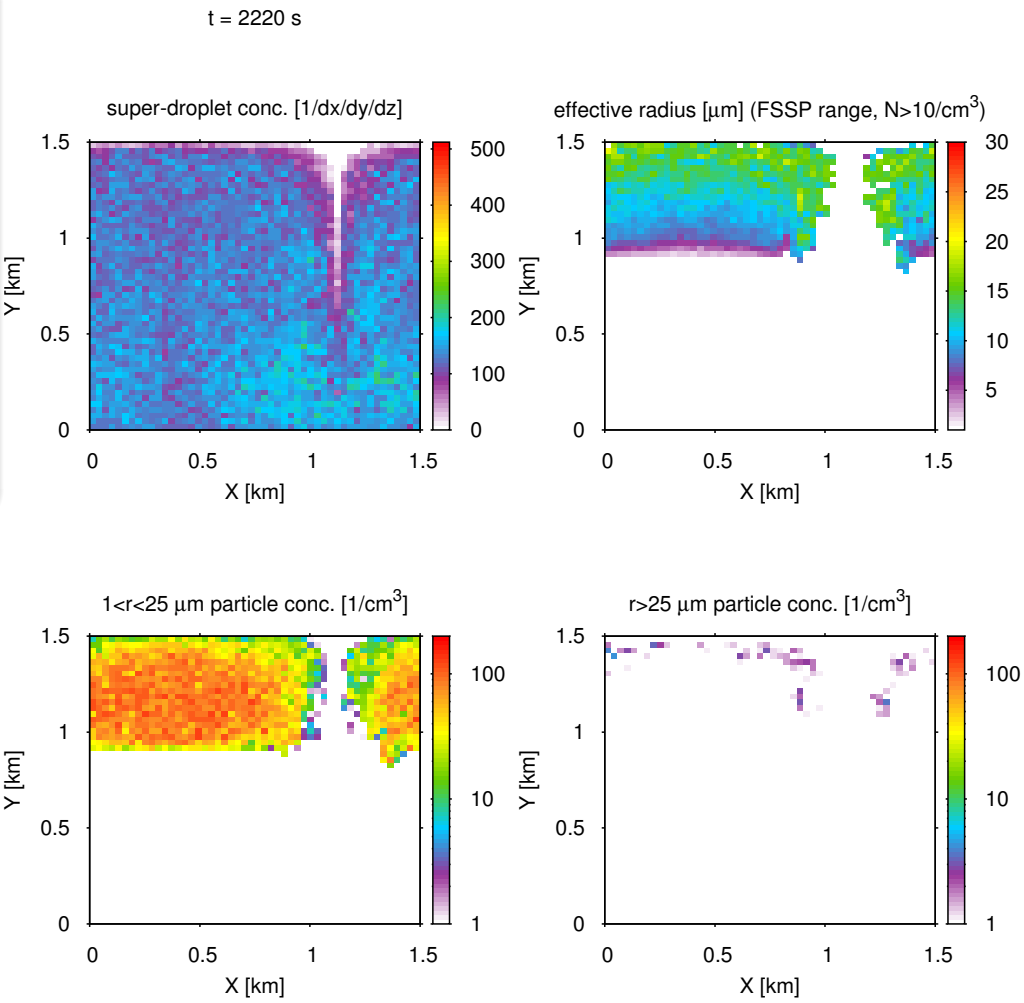




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

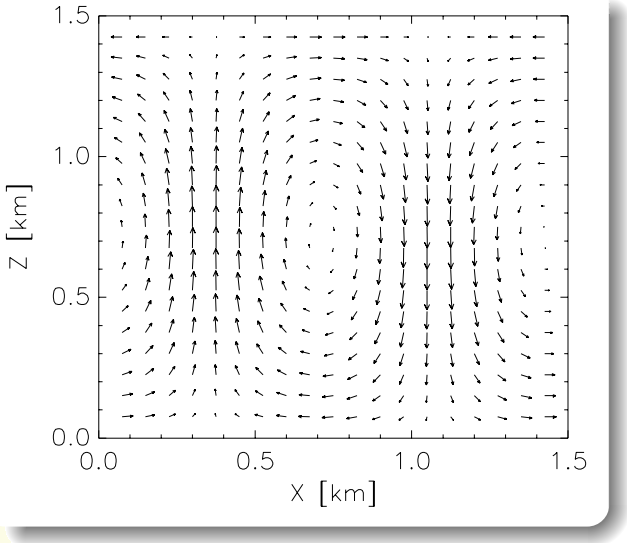
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

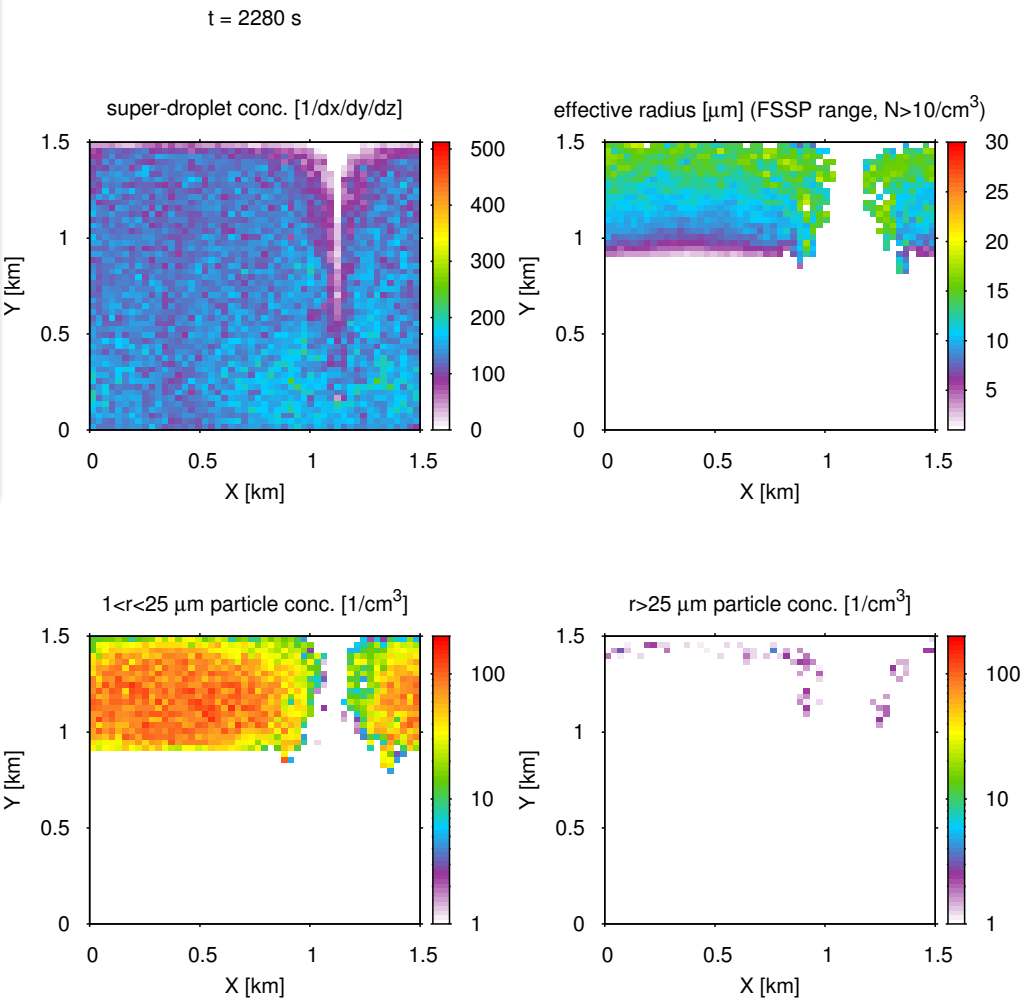




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

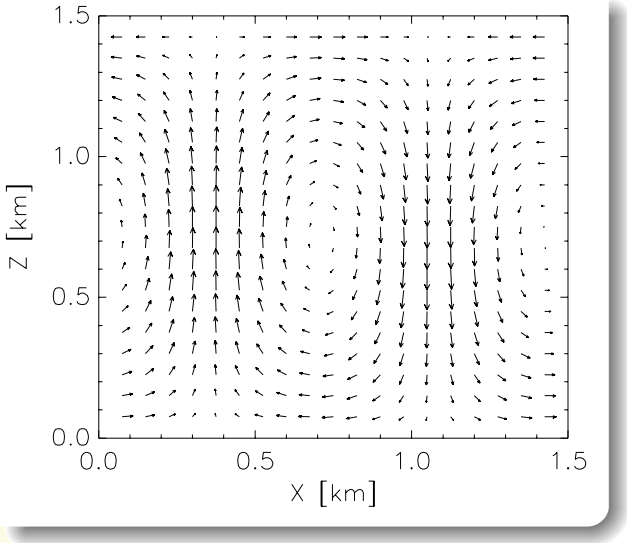
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

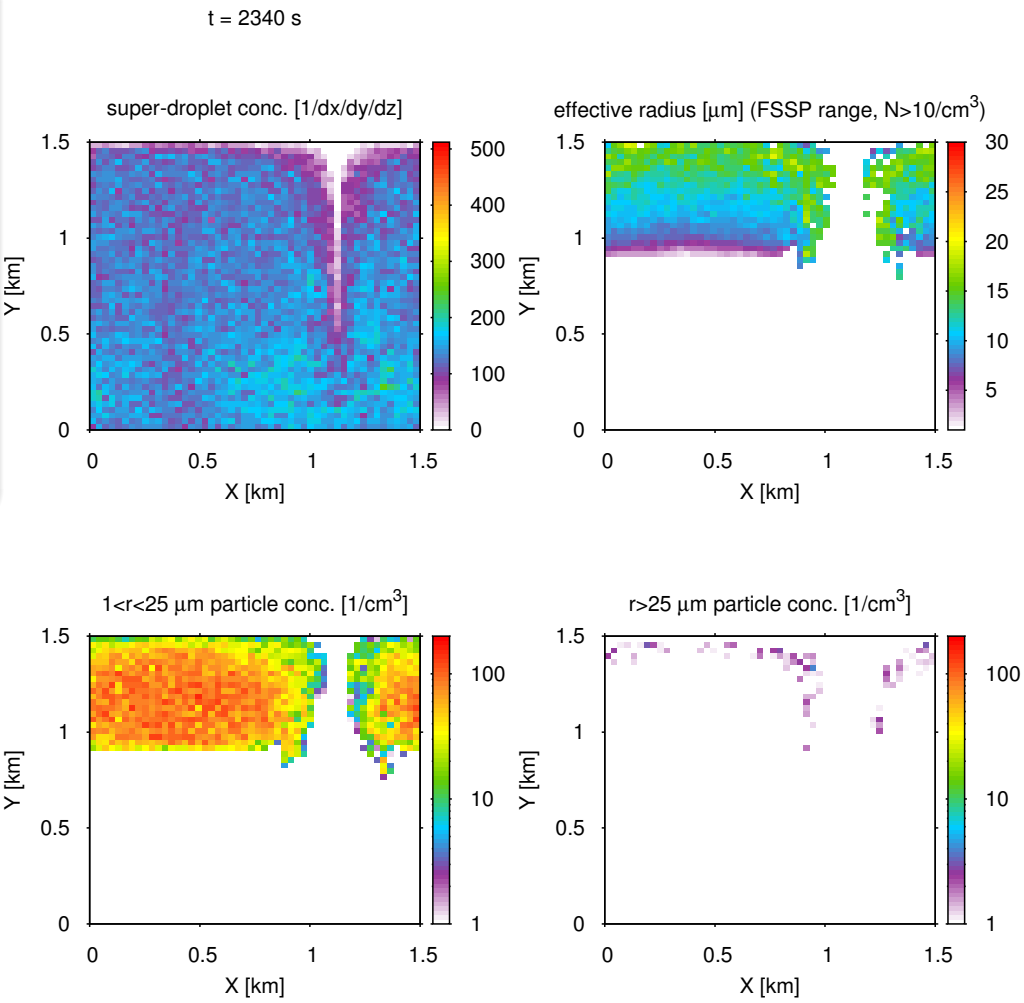




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

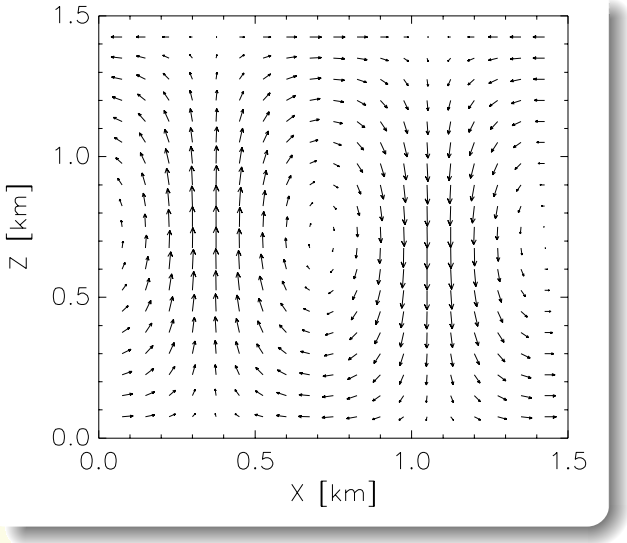
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

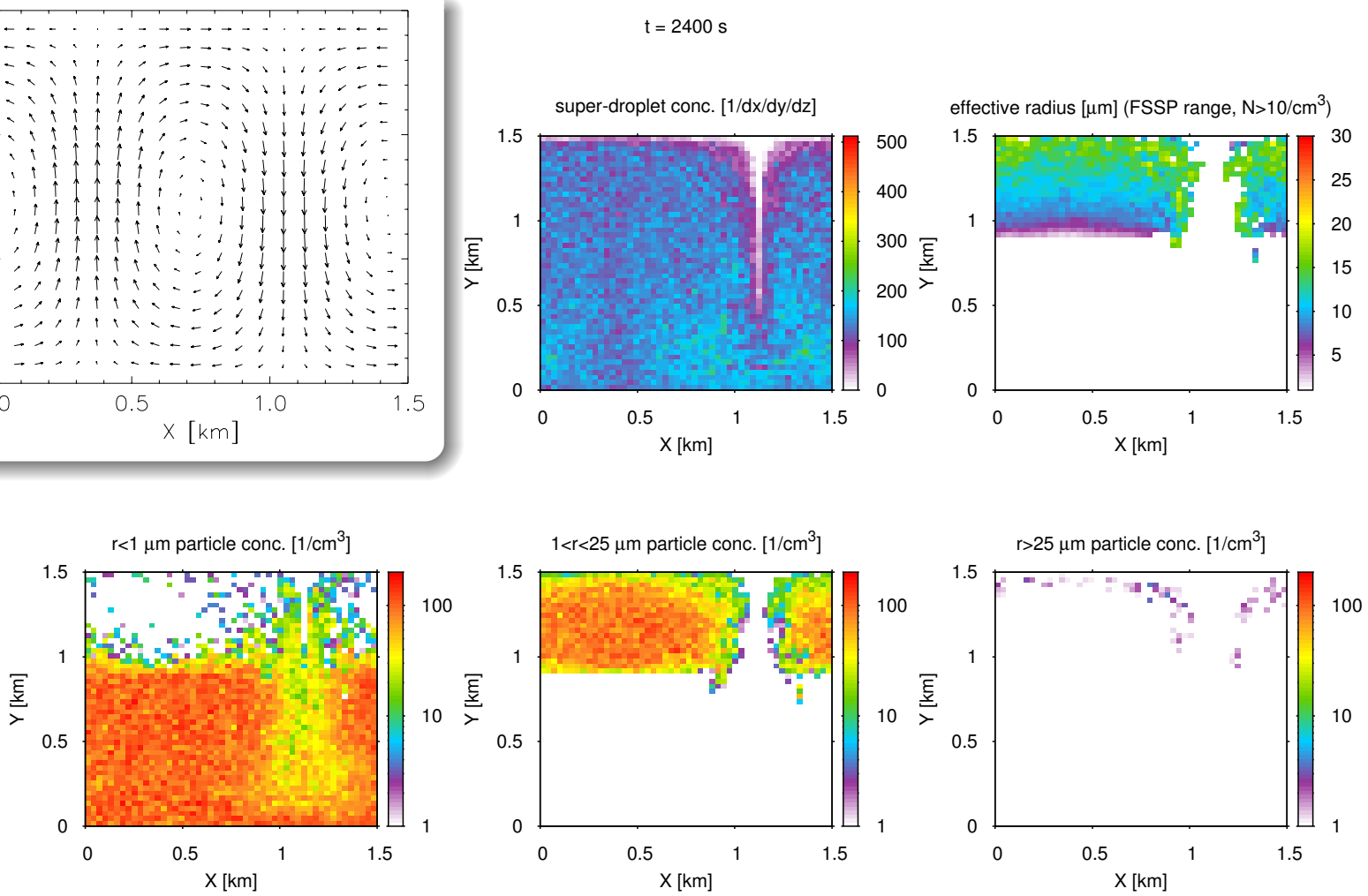




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

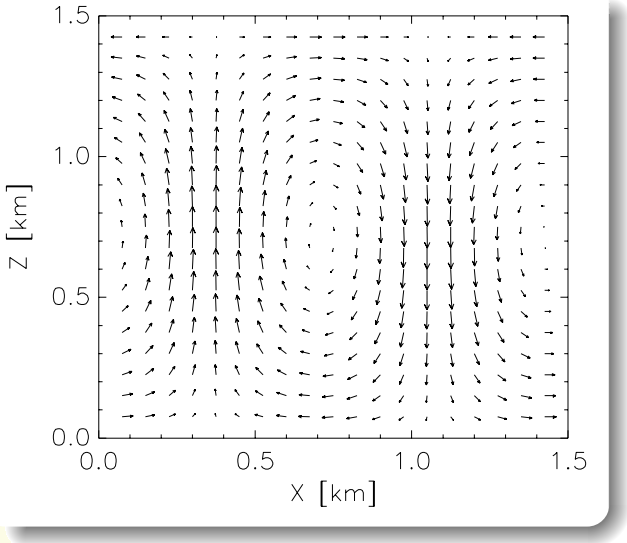
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

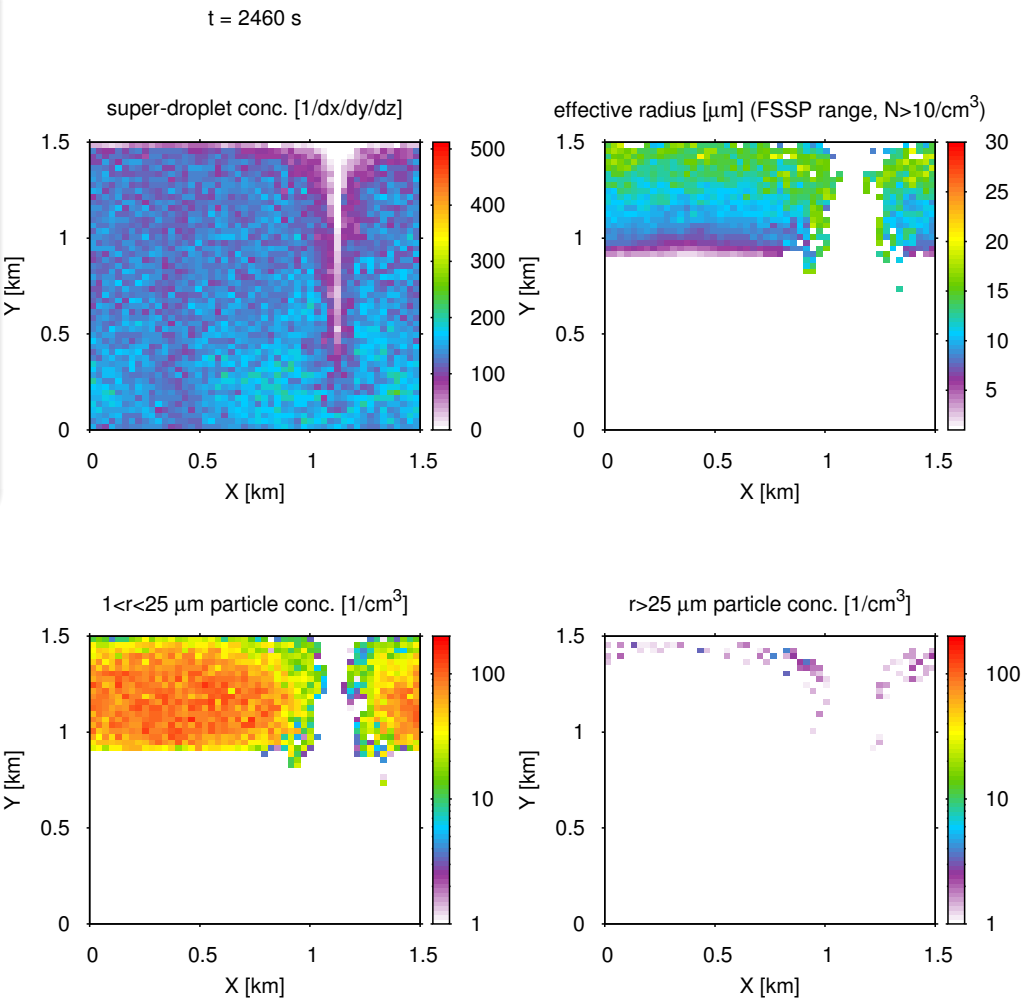




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

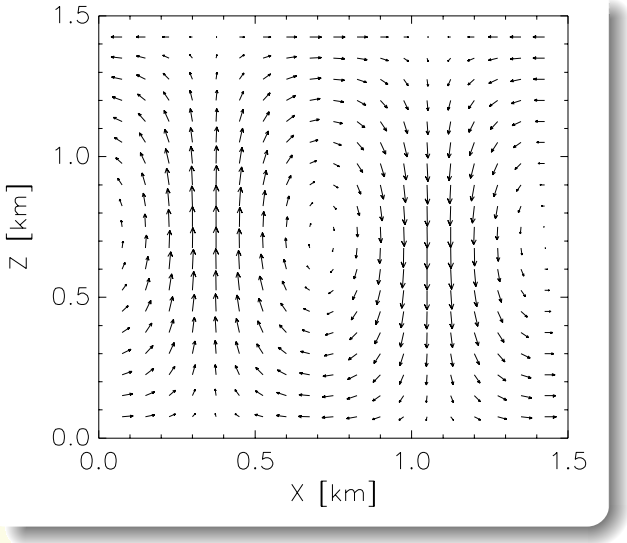
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

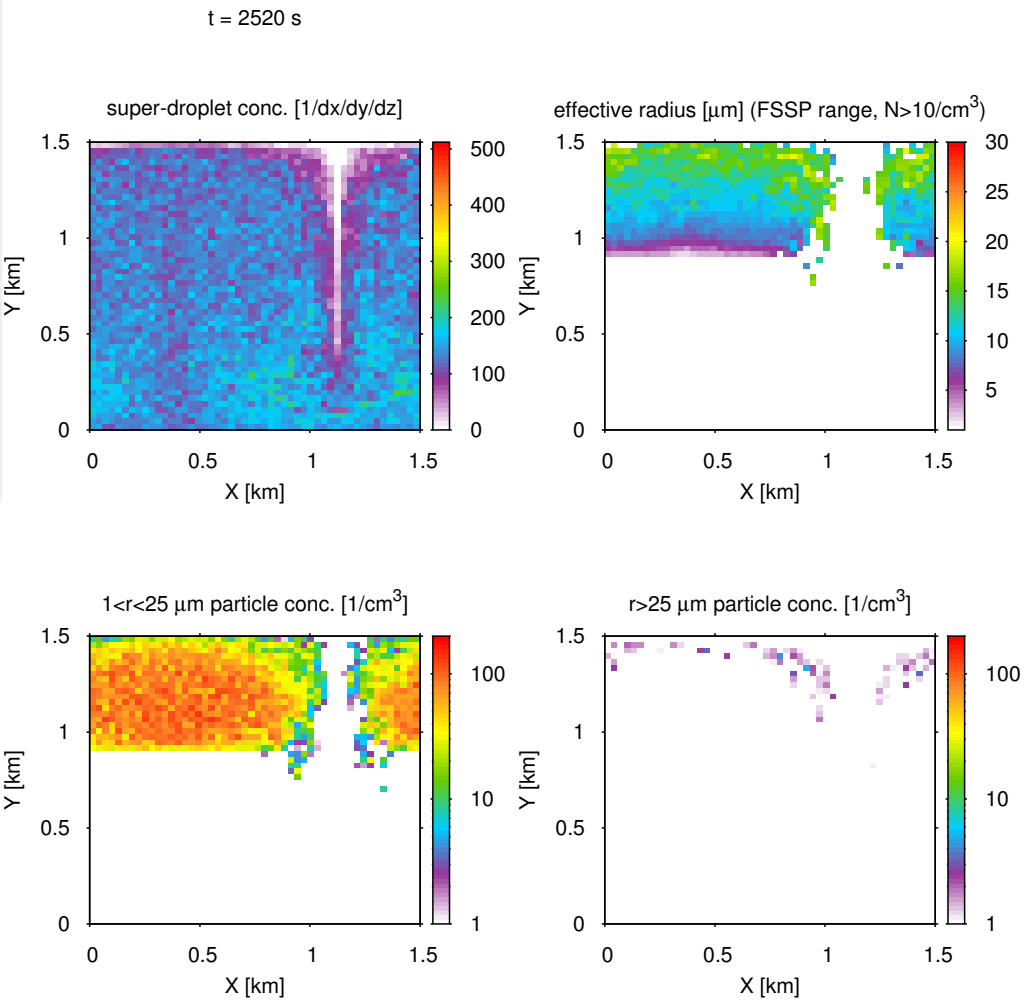




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

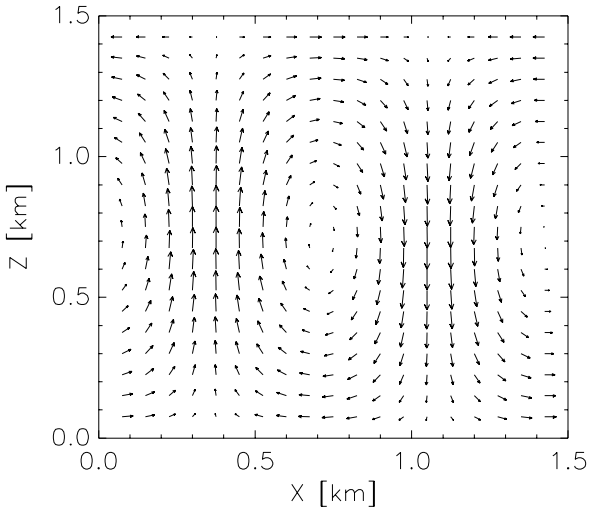
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

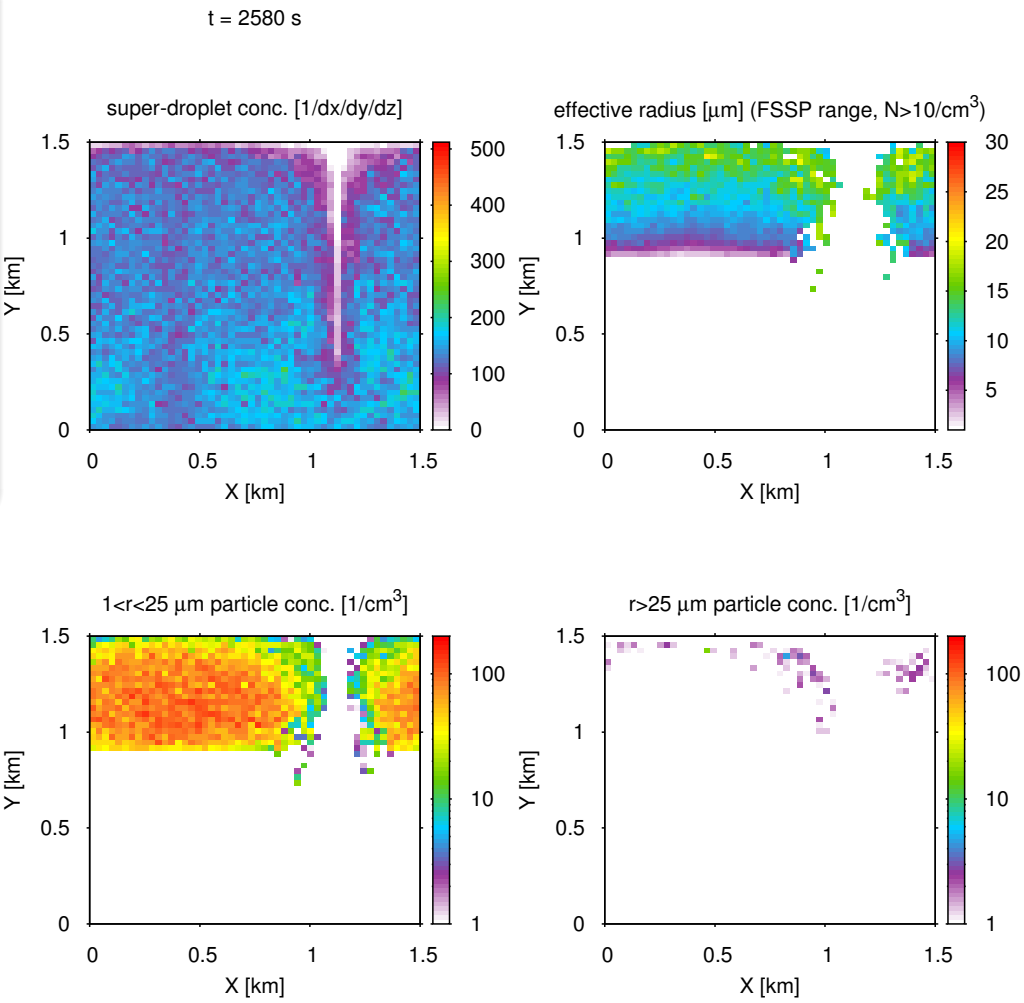




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

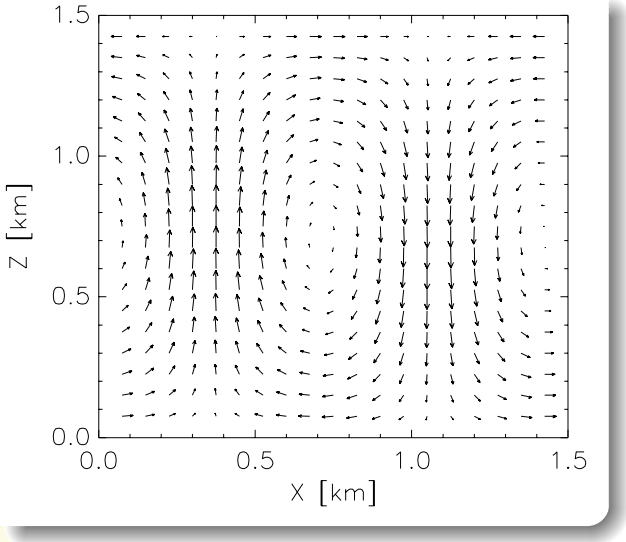
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

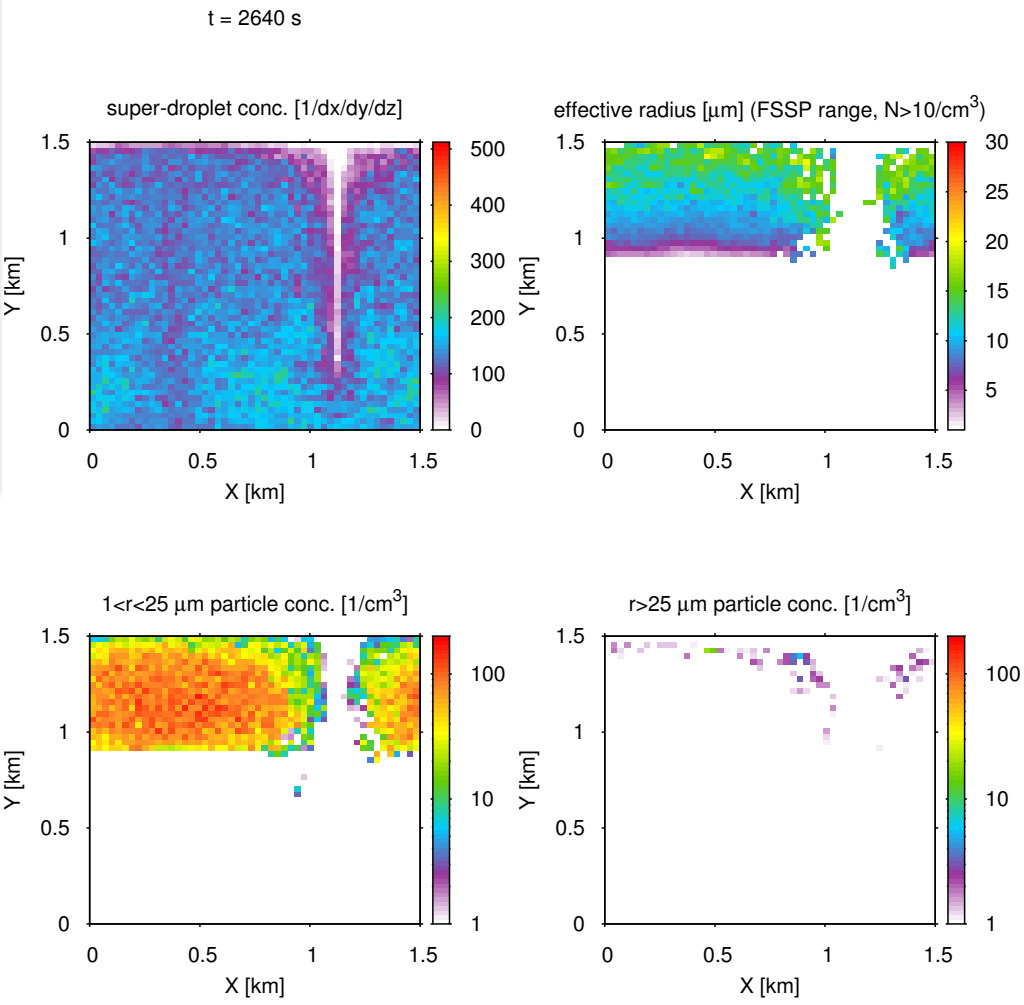




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

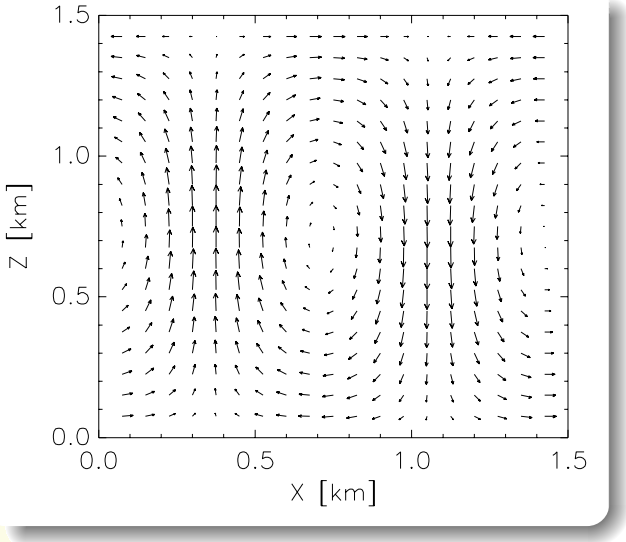
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

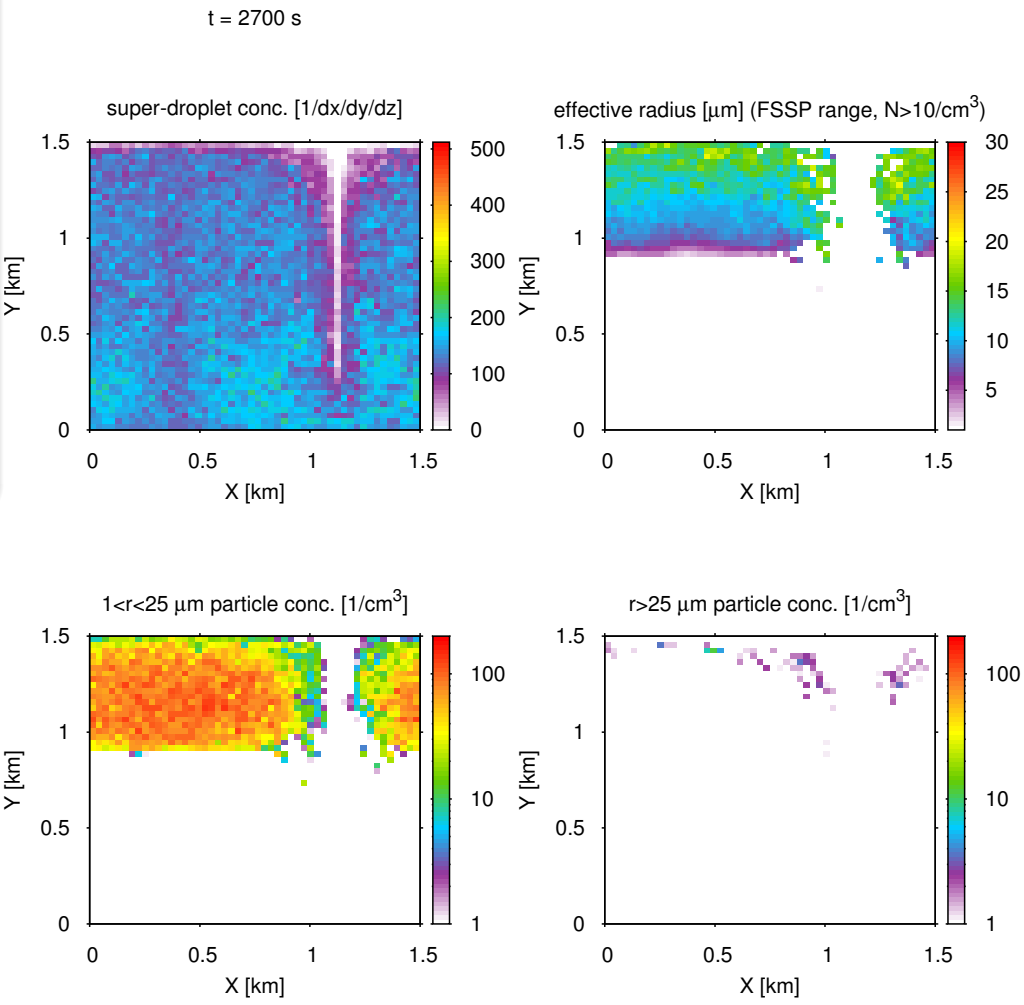




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

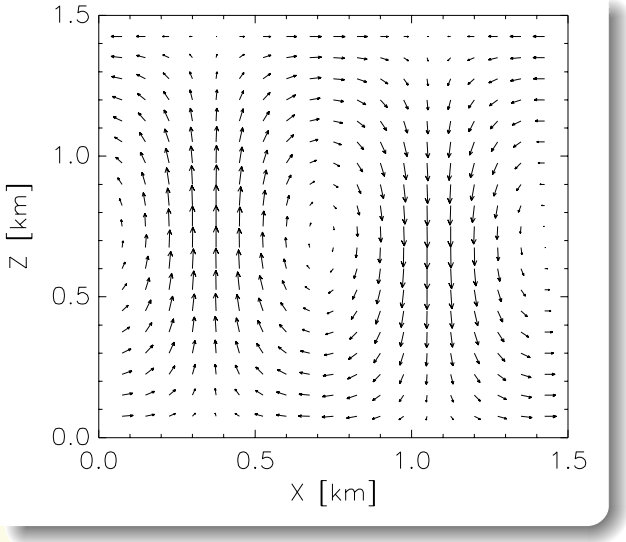
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

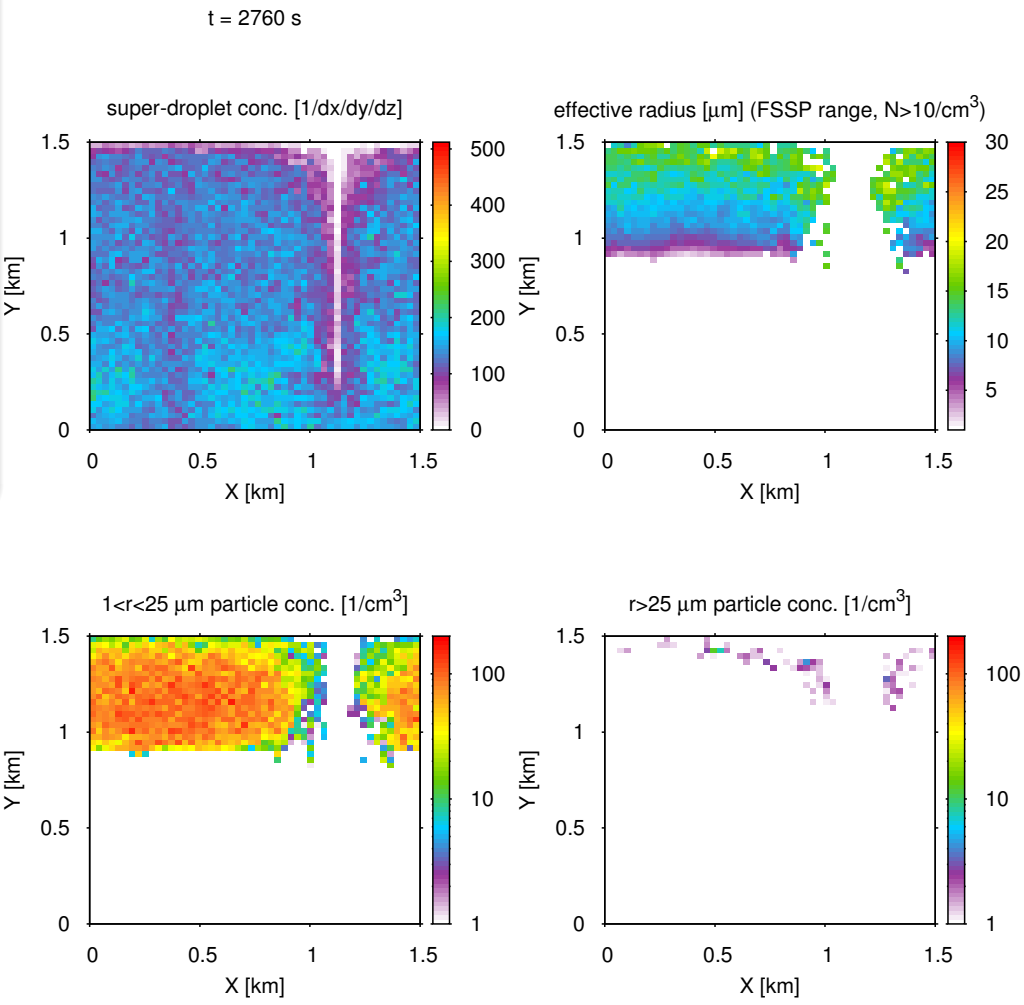




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

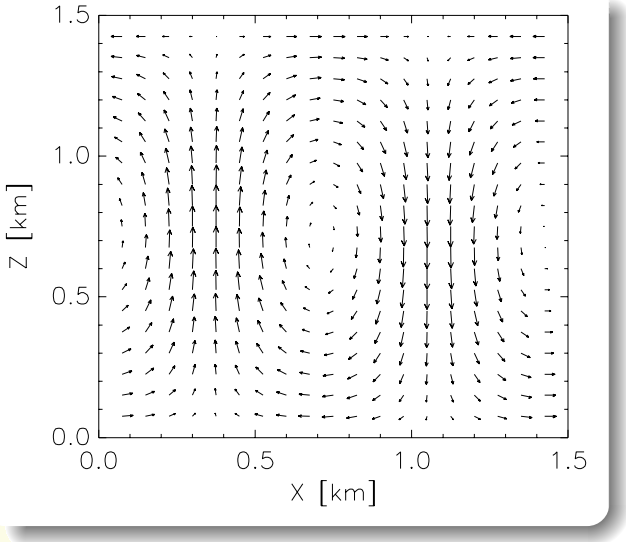
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

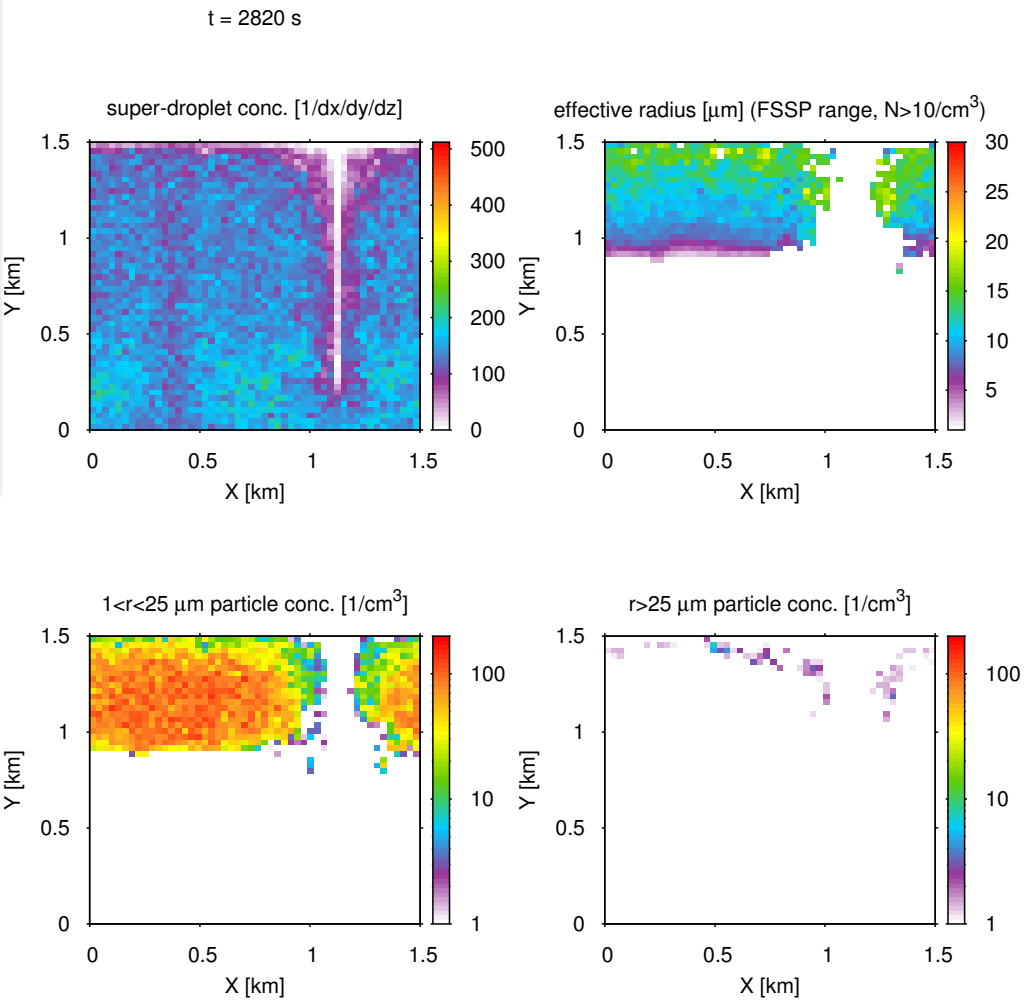




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

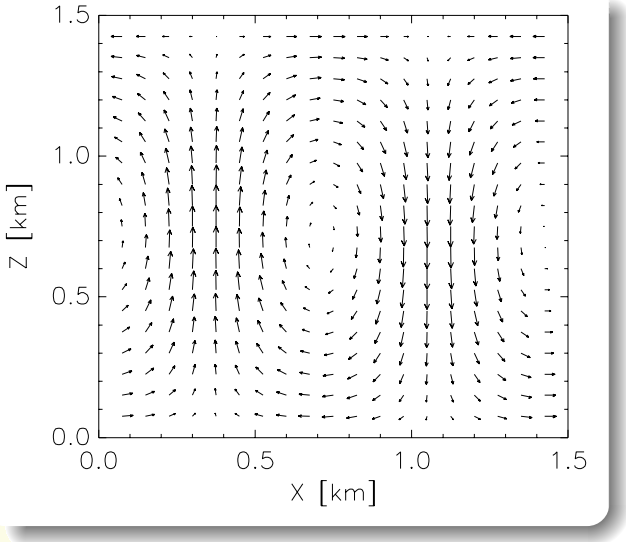
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

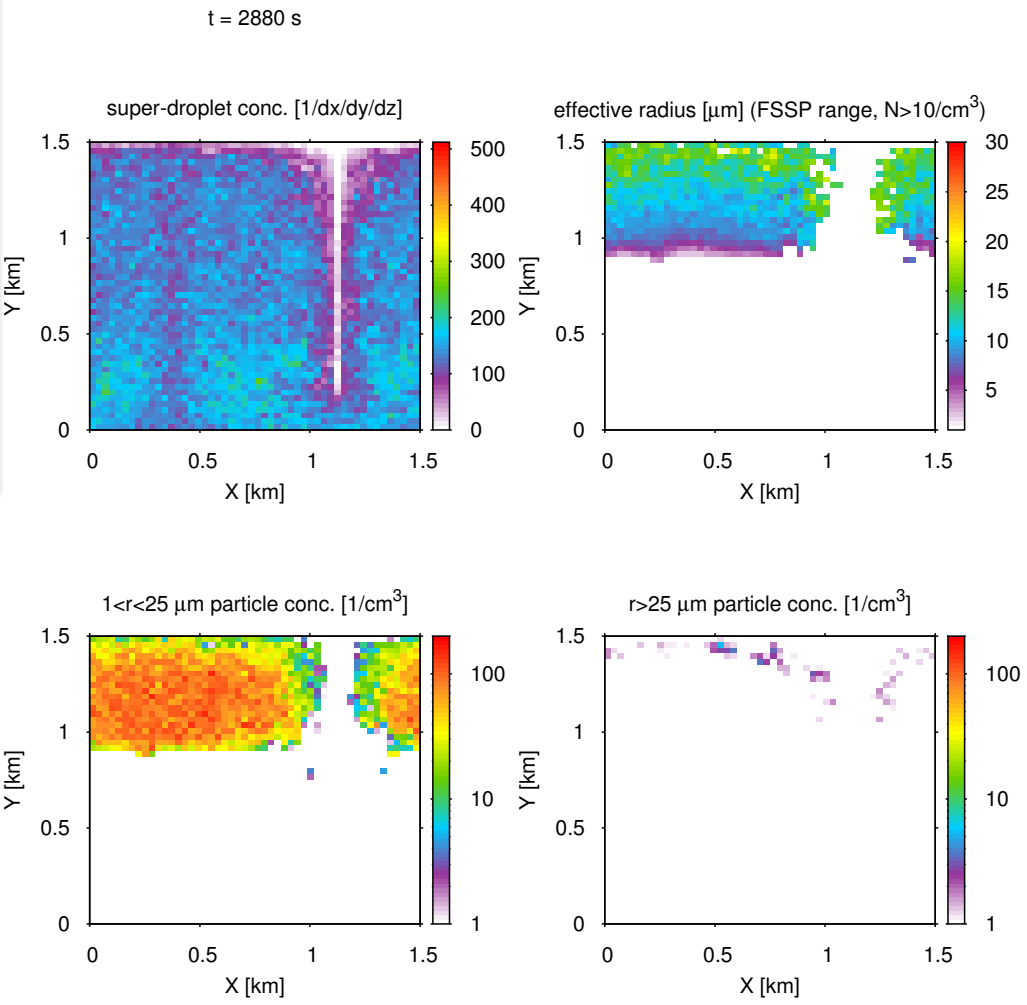




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

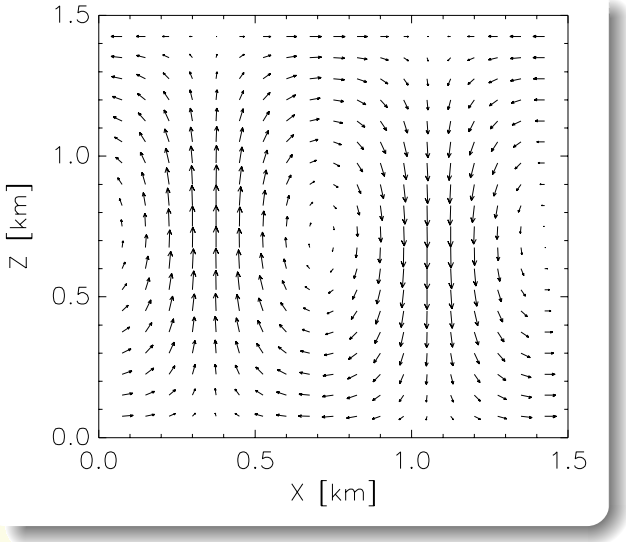
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

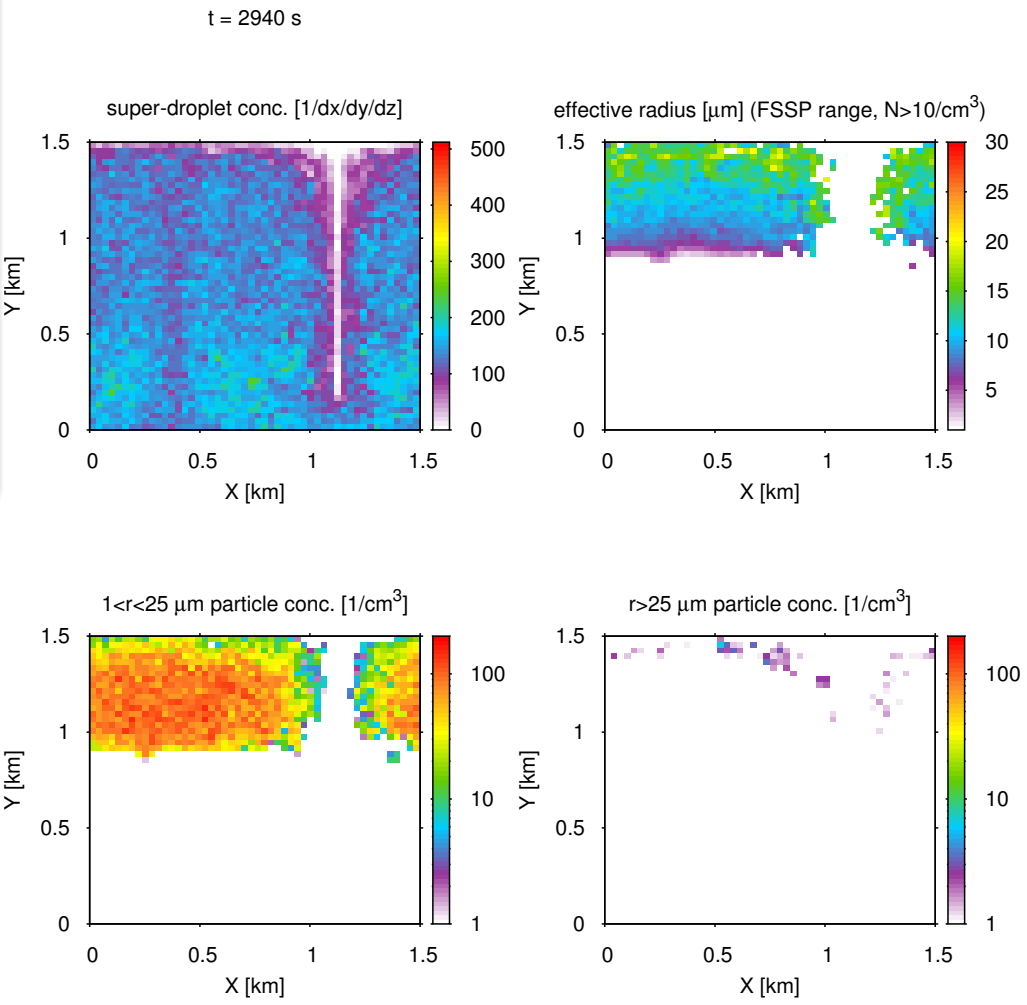




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

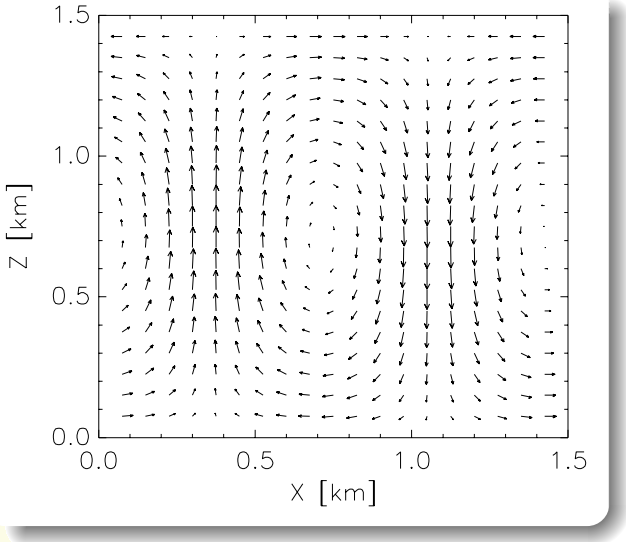
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)

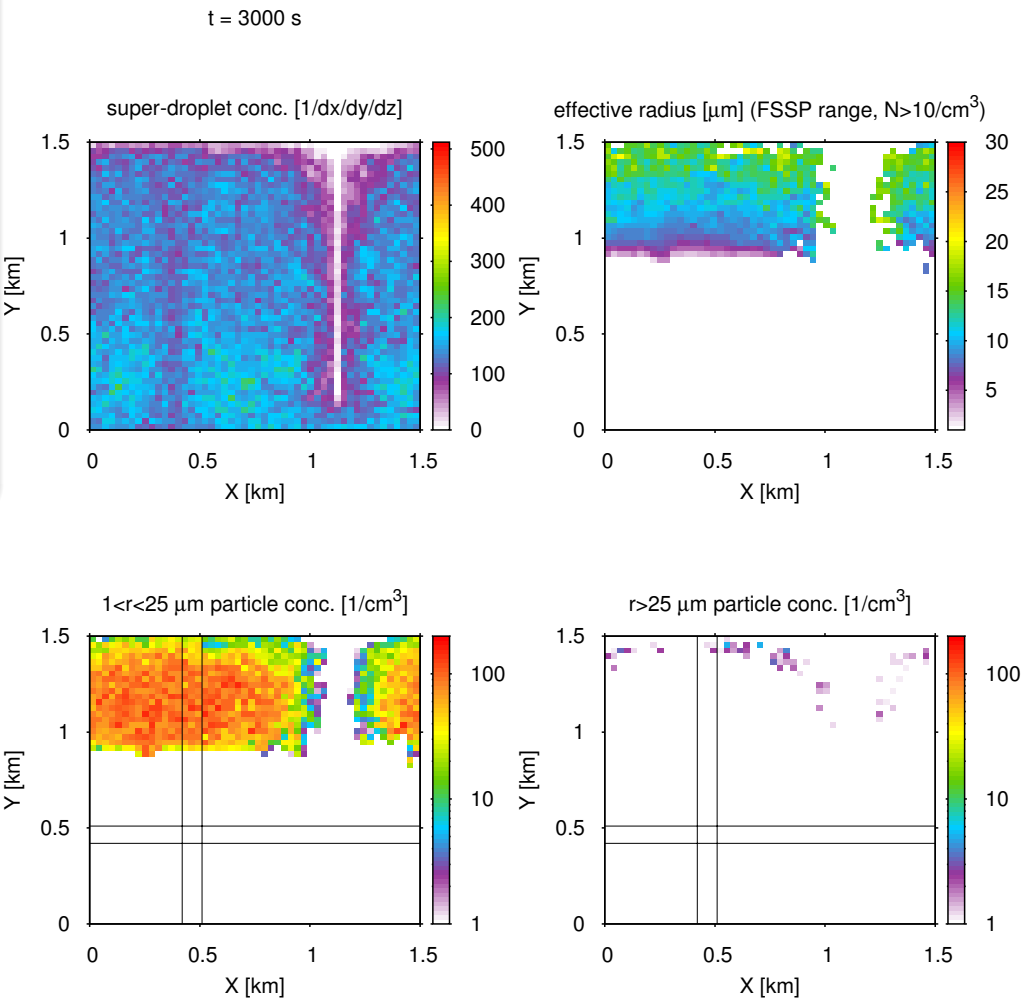




Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

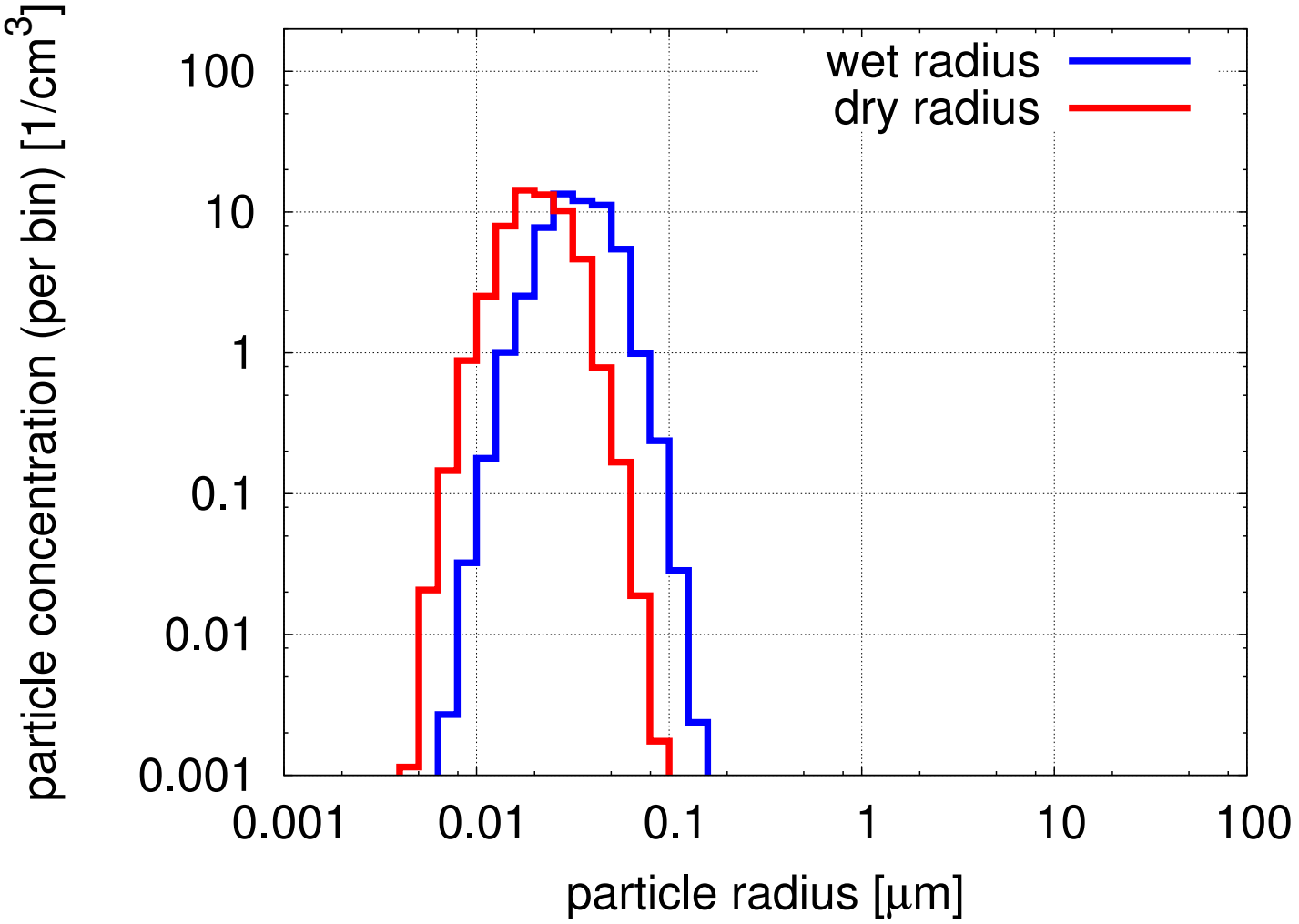
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)



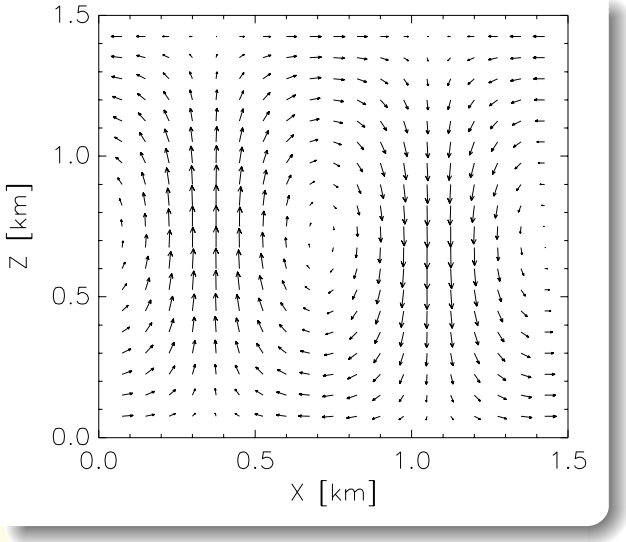


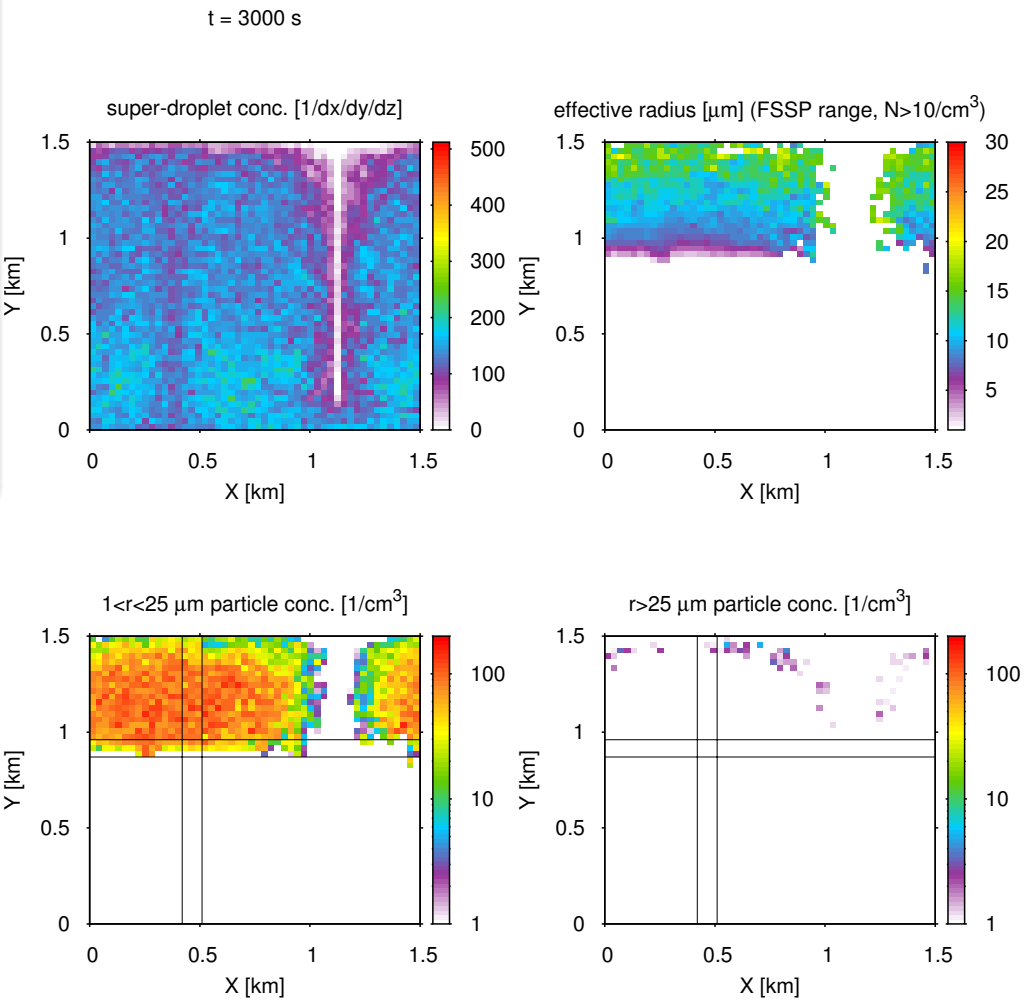
Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)



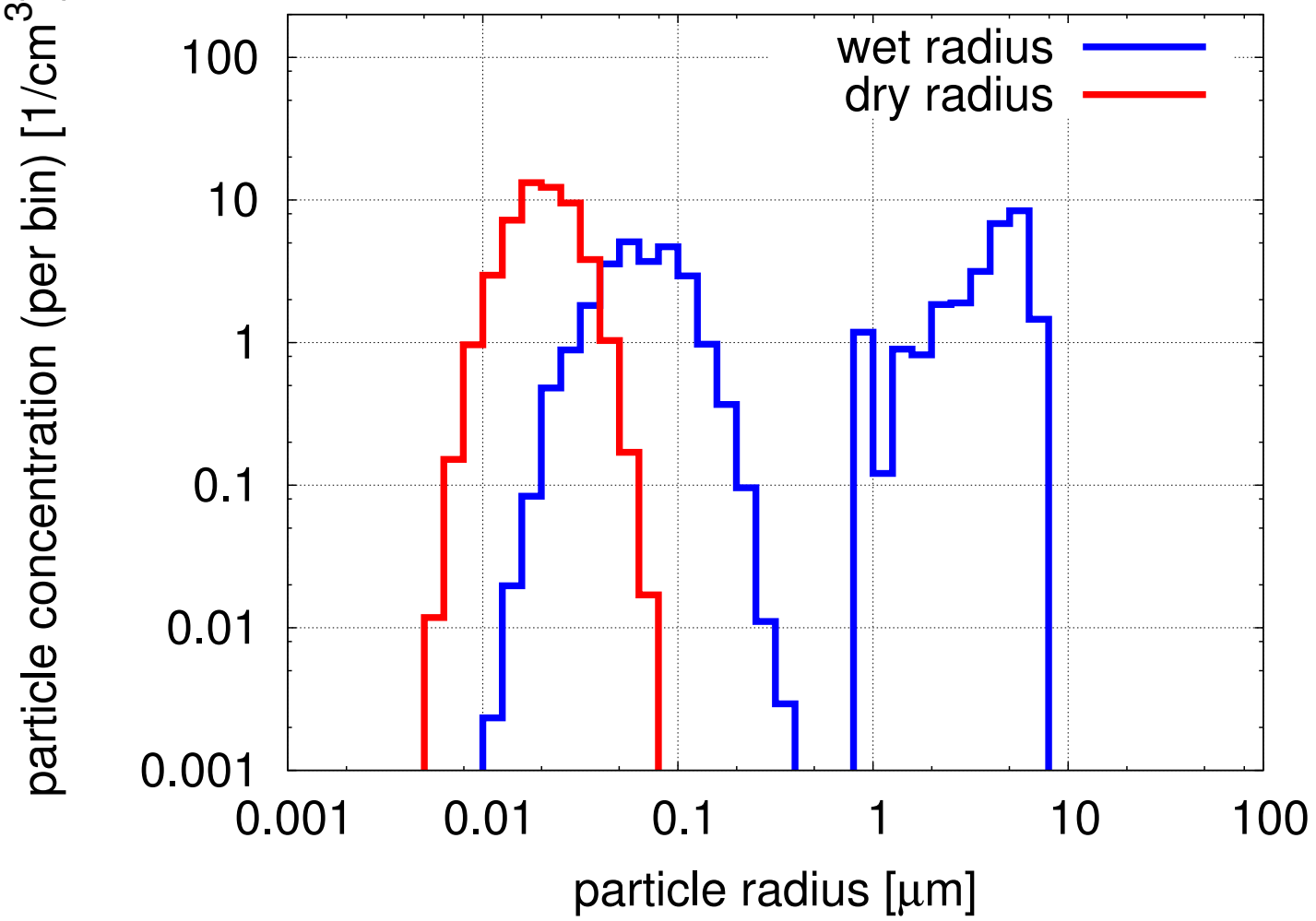
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)





Arabas, Jaruga, Pawlowska & Grabowski 2013 - artykuł w przygotowaniu

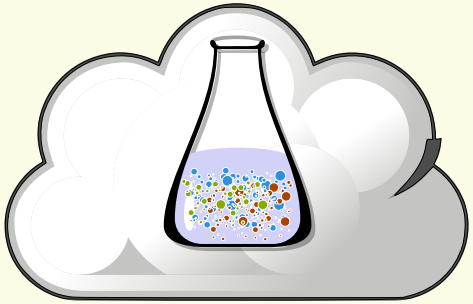
Dotychczasowe przygotowania: **icicle** (NCN PRELUDIUM 2011-13)



Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy



- aktywacja kropelek na aerozolu
- kondensacja



- zderzenia pomiędzy kropelkami
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach

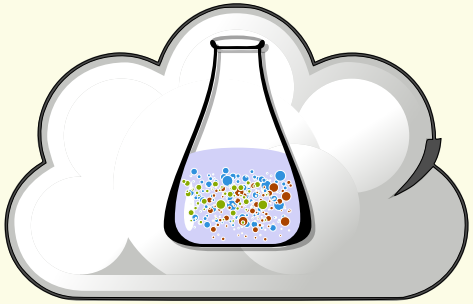


- opad
- wymywanie aerozolu
- odparowywanie kropelek

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy



- aktywacja kropelek na aerozolu ✓
- kondensacja



- zderzenia pomiędzy kropelkami
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach

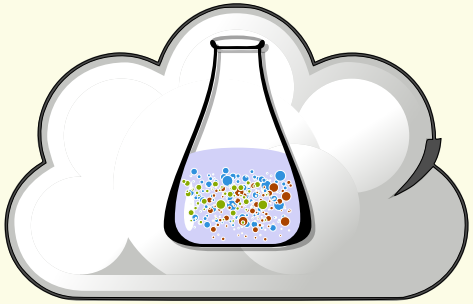


- opad
- wymywanie aerozolu
- odparowywanie kropelek



Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy







- aktywacja kropelek na aerozolu ✓
- kondensacja ✓

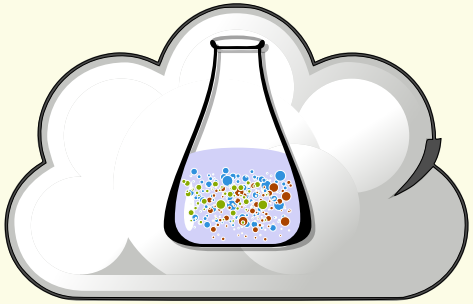
- zderzenia pomiędzy kropelkami
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach

- opad
- wymywanie aerozolu
- odparowywanie kropelek

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy



- aktywacja kropelek na aerozolu ✓
- kondensacja ✓



- zderzenia pomiędzy kropelkami ✓
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach



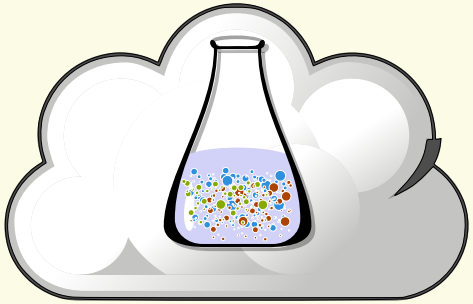
- opad
- wymywanie aerozolu
- odparowywanie kropelek



Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy



- aktywacja kropelek na aerozolu ✓
- kondensacja ✓



- zderzenia pomiędzy kropelkami ✓
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach ✓



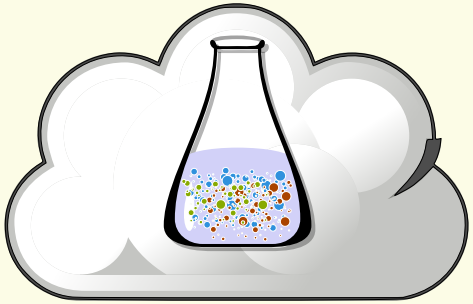
- opad
- wymywanie aerozolu
- odparowywanie kropelek



Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy



- aktywacja kropelek na aerozolu ✓
- kondensacja ✓



- zderzenia pomiędzy kropelkami ✓
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach ✓



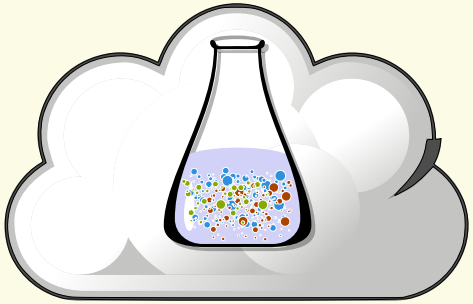
- opad ✓
- wymywanie aerozolu
- odparowywanie kropelek



Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy



- aktywacja kropelek na aerozolu ✓
- kondensacja ✓



- zderzenia pomiędzy kropelkami ✓
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach ✓

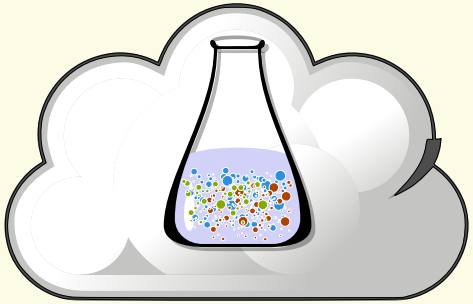


- opad ✓
- wymywanie aerozolu ✓
- odparowywanie kropelek

Oddziaływania aerozol – chmury – aerozol: procesy



- aktywacja kropelek na aerozolu ✓
- kondensacja ✓

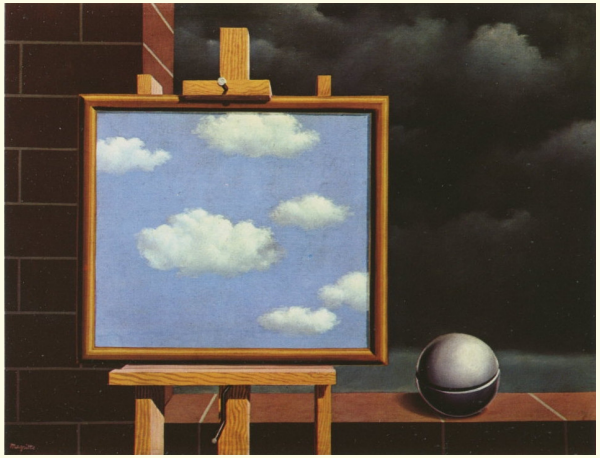


- zderzenia pomiędzy kropelkami ✓
- procesy chemiczne zachodzące w kropelkach ✓



- opad ✓
- wymywanie aerozolu ✓
- odparowywanie kropelek ✓

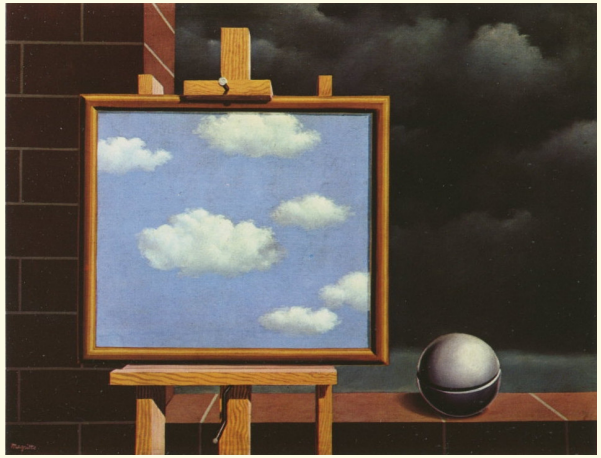
Cel projektu HARMONIA



Magritte

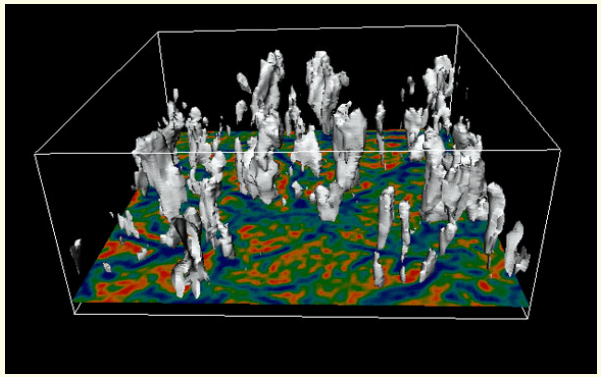
- chmury nie są dwu-wymiarowe
- oddziaływania mikrofizyki z dynamiką (w tym podskalową) są istotne

Cel projektu HARMONIA



Magritte

- chmury nie są dwu-wymiarowe
- oddziaływania mikrofizyki z dynamiką (w tym podskalową) są istotne



NCAR

cel projektu HARMONIA:
budowa trójwymiarowego modelu typu LES
z Lagranżowski opisem mikrofizyki
umożliwiającego badanie oddziaływania
aerozolu z chmurami i opadem



Plan prezentacji

– Oddziaływania aerozol - chmury - opad

– Jak opisać w modelu oddziaływanie, aerozolu chmur i opadu?

– Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie?

– Zaproszenie do współpracy

Plan prezentacji

– Oddziaływania aerozol - chmury - opad

– Jak opisać w modelu oddziaływanie, aerozolu chmur i opadu?

– Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie?

– Zaproszenie do współpracy

Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie?

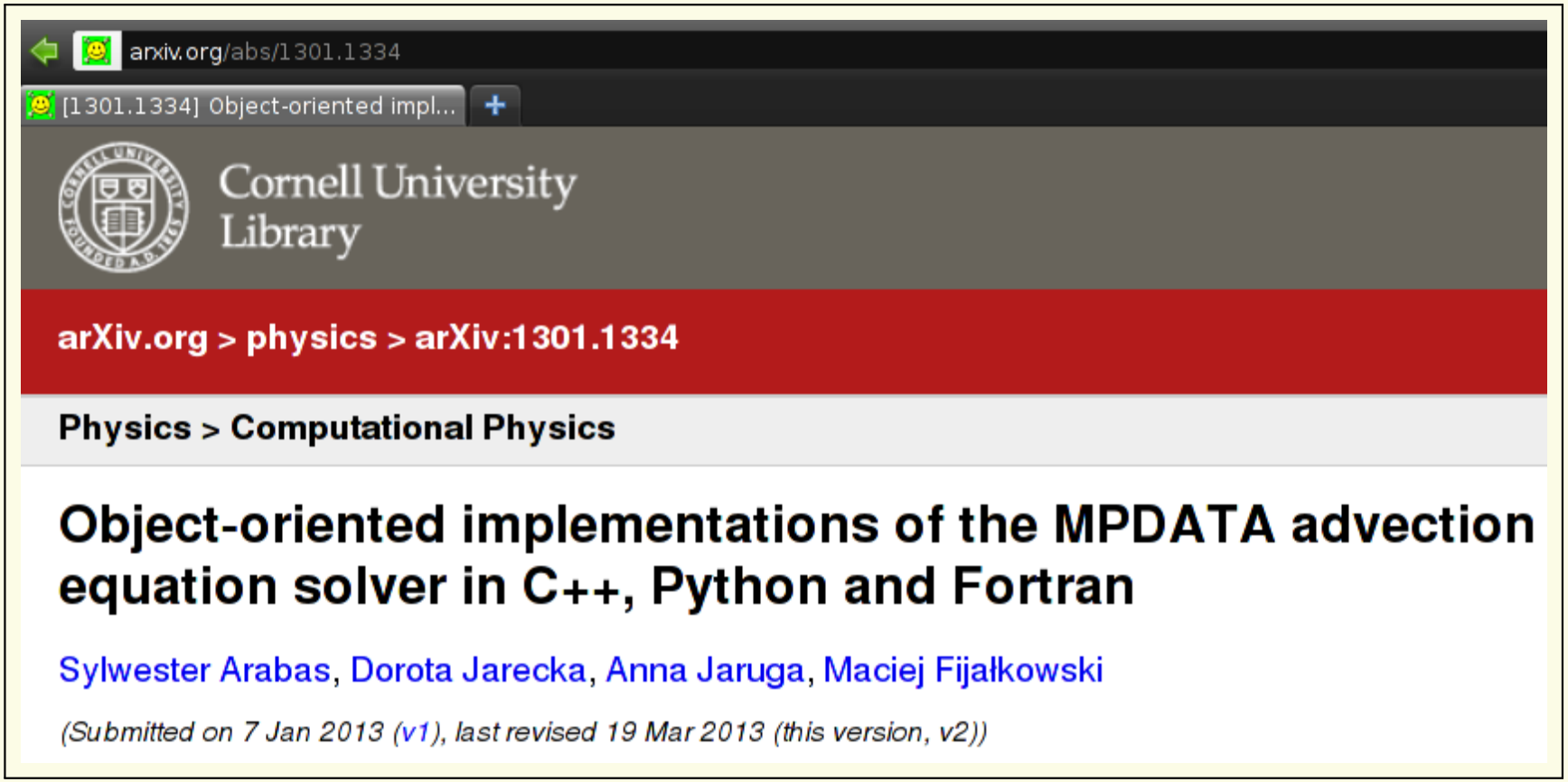
czytelny i zwięzły kod



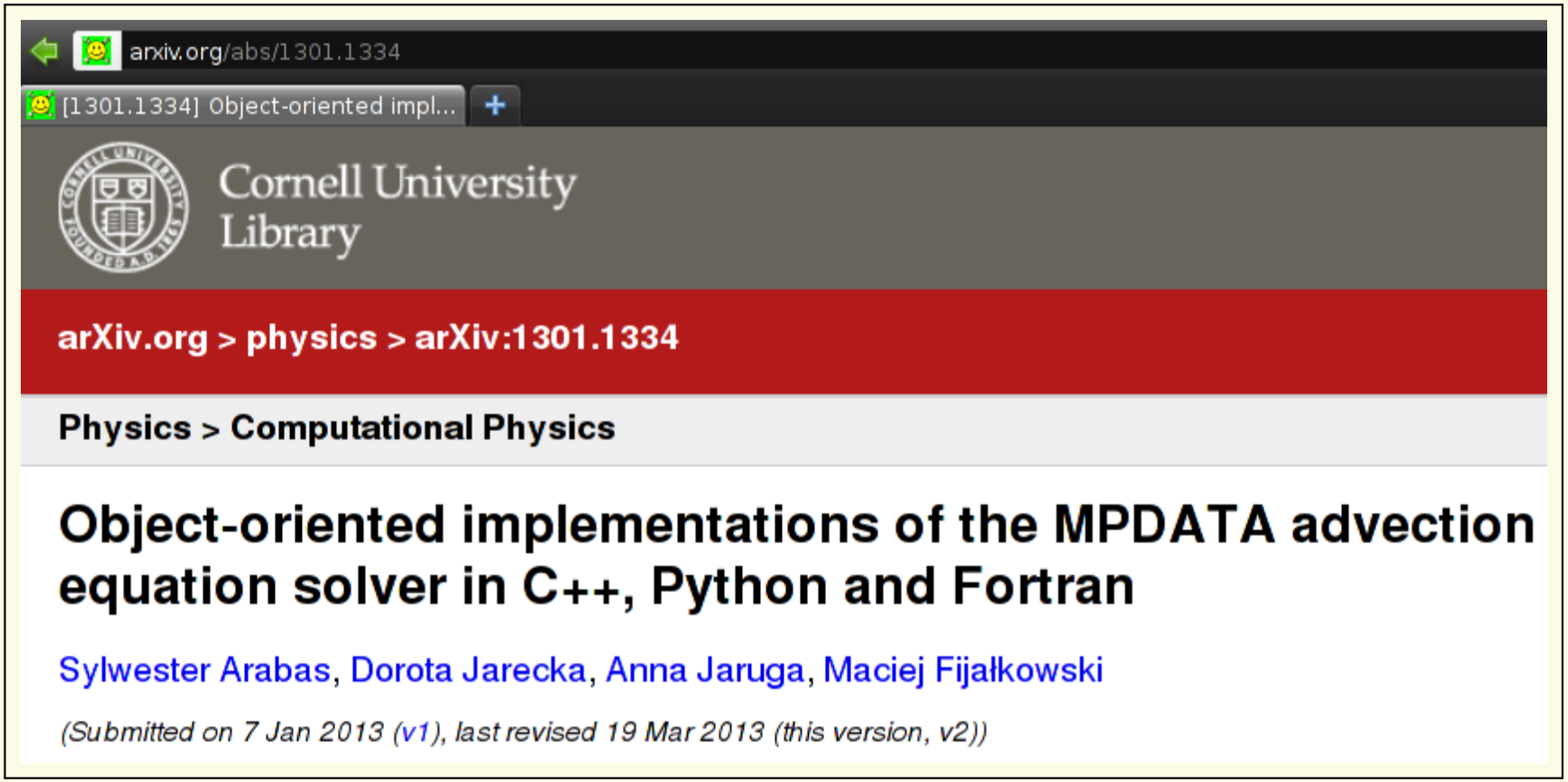
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)

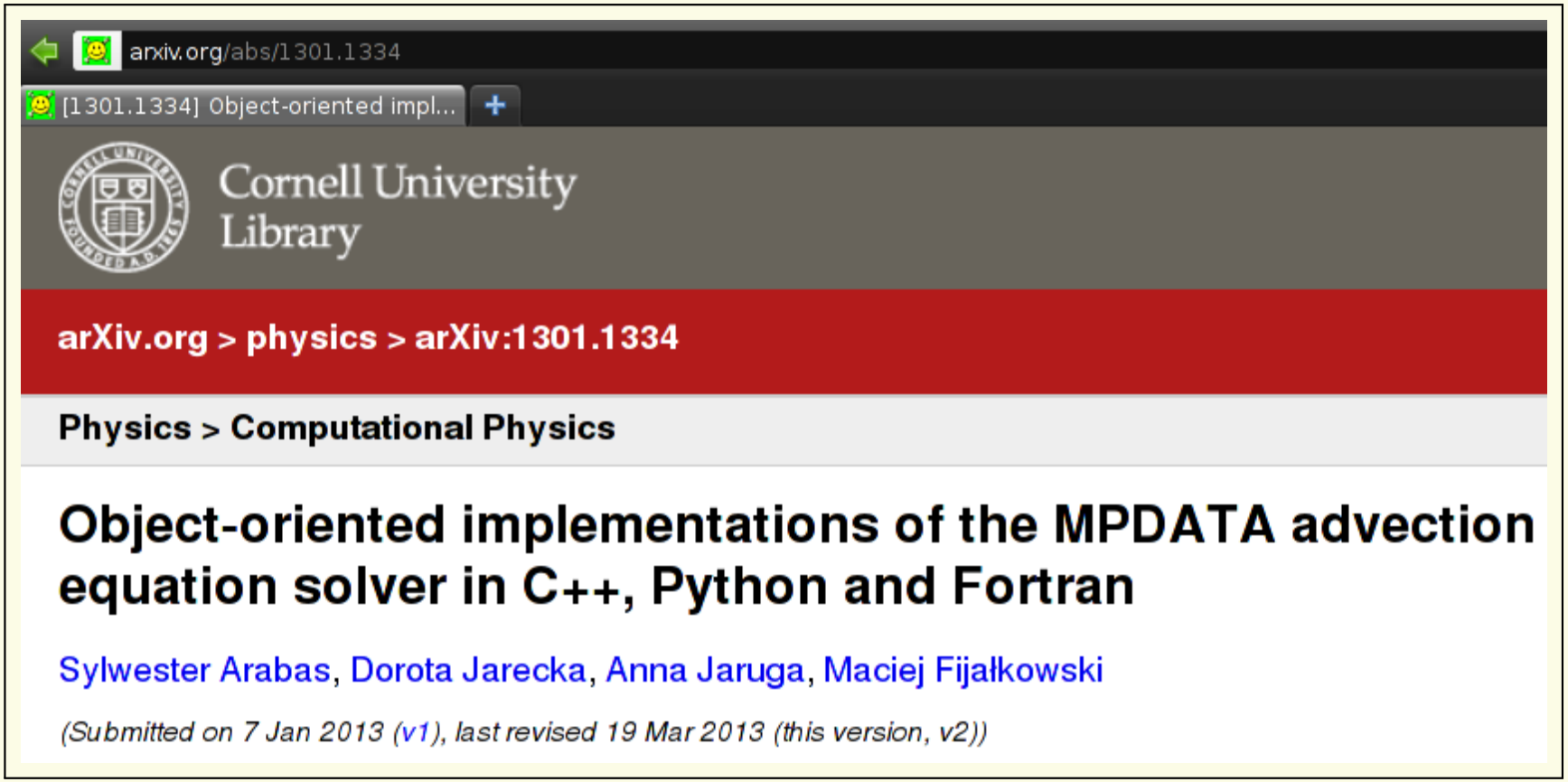


Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



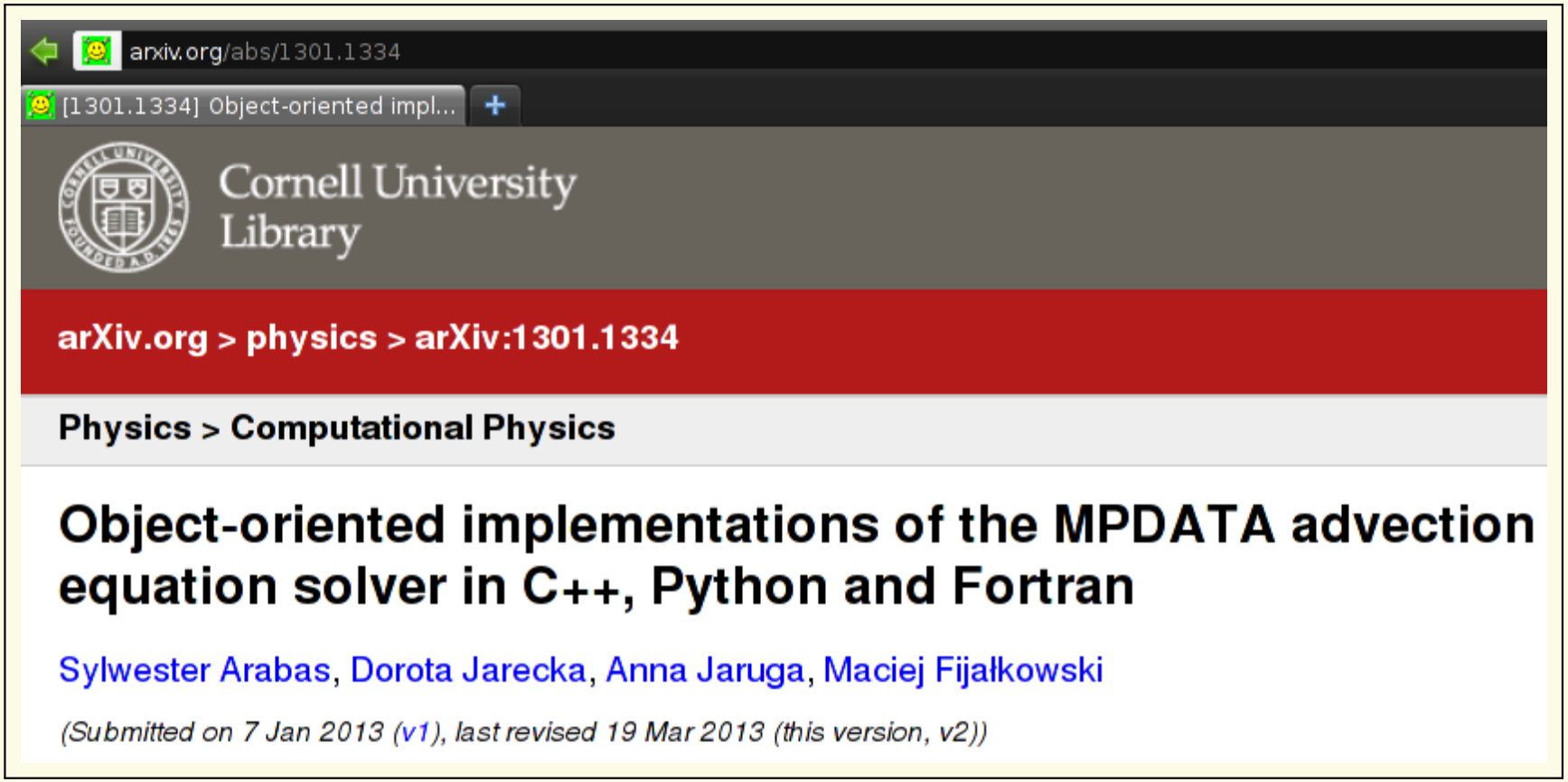
- obiektowa implementacja algorytmu MPDATA

Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



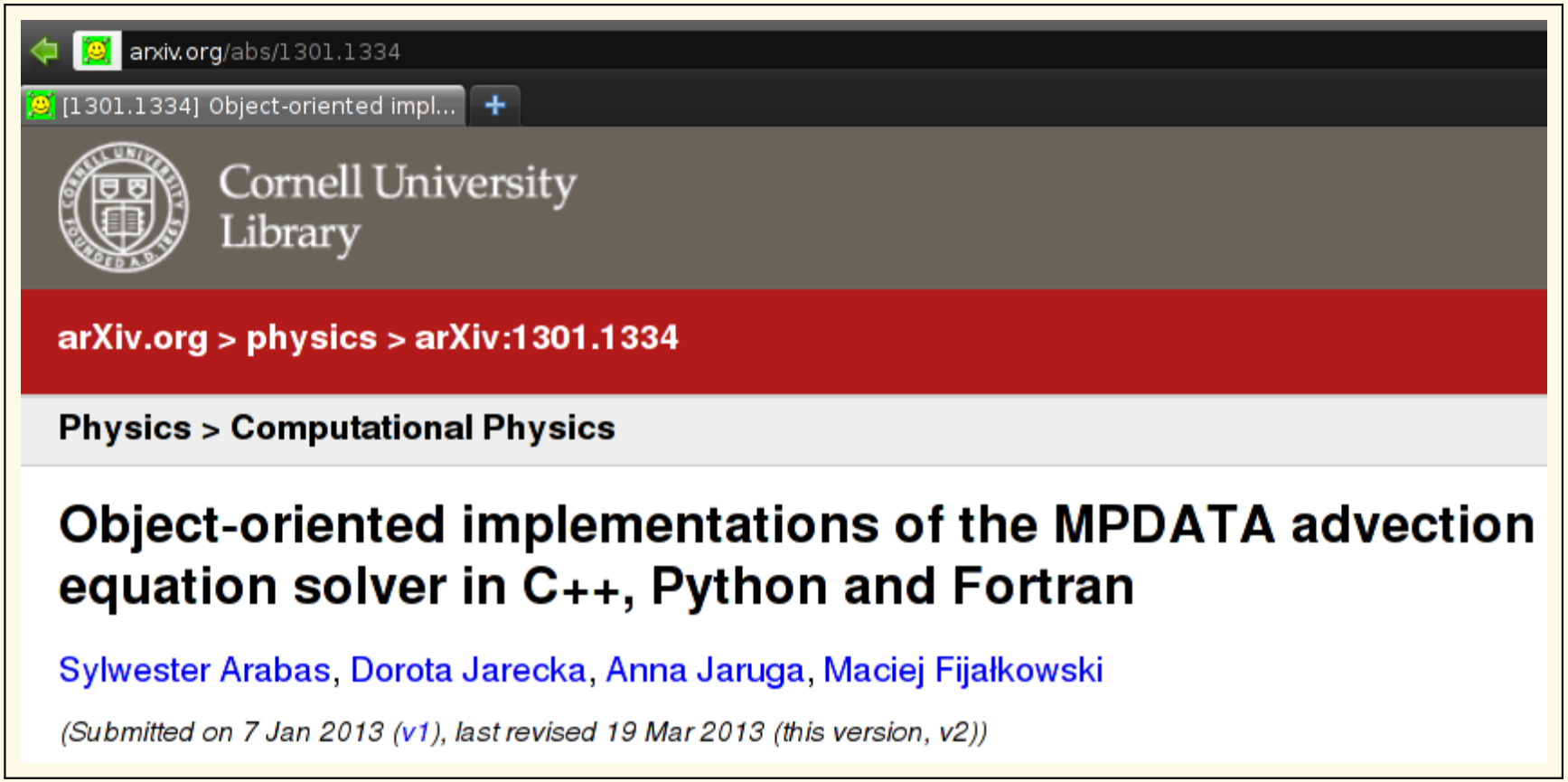
- obiektowa implementacja algorytmu MPDATA
- porównanie czytelności/zwięzłości i wydajności: C++/Python/Fortran

Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



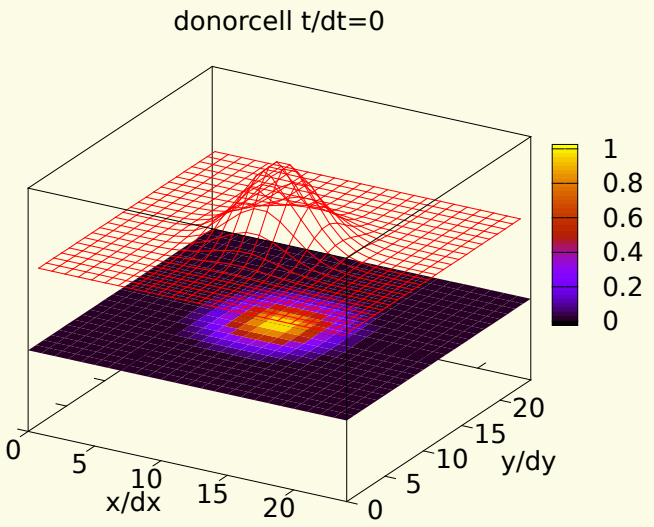
- obiektowa implementacja algorytmu MPDATA
- porównanie czytelności/zwięzłości i wydajności: C++/Python/Fortran
- w recenzji w Comp. Phys. Comm.

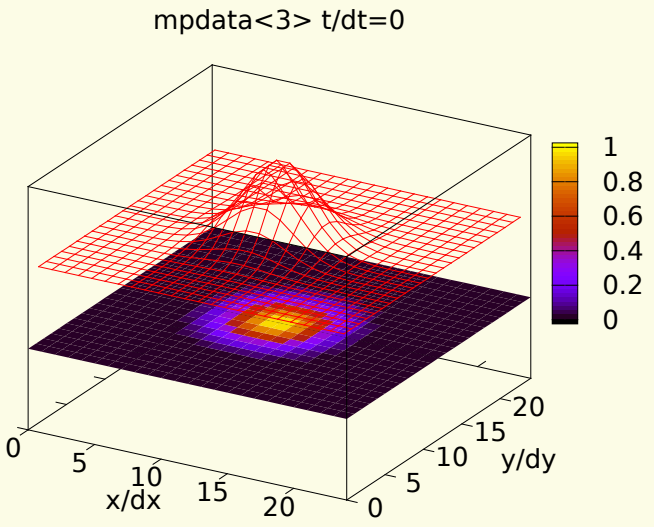
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



- obiektowa implementacja algorytmu MPDATA
- porównanie czytelności/zwięzłości i wydajności: C++/Python/Fortran
- w recenzji w Comp. Phys. Comm.
- kod (GPL): http://github.com/slayoo/mpdata/

Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)

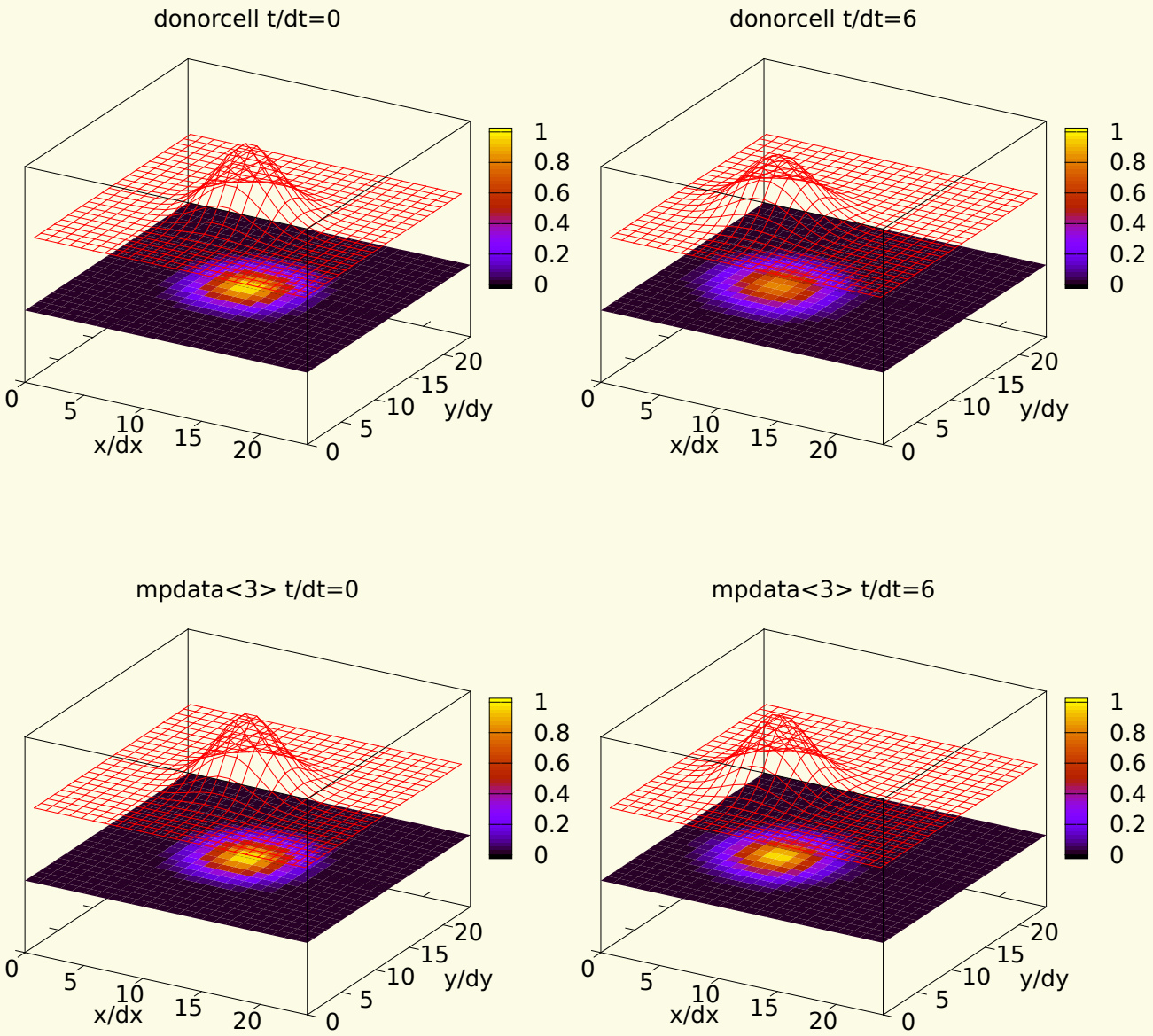




https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

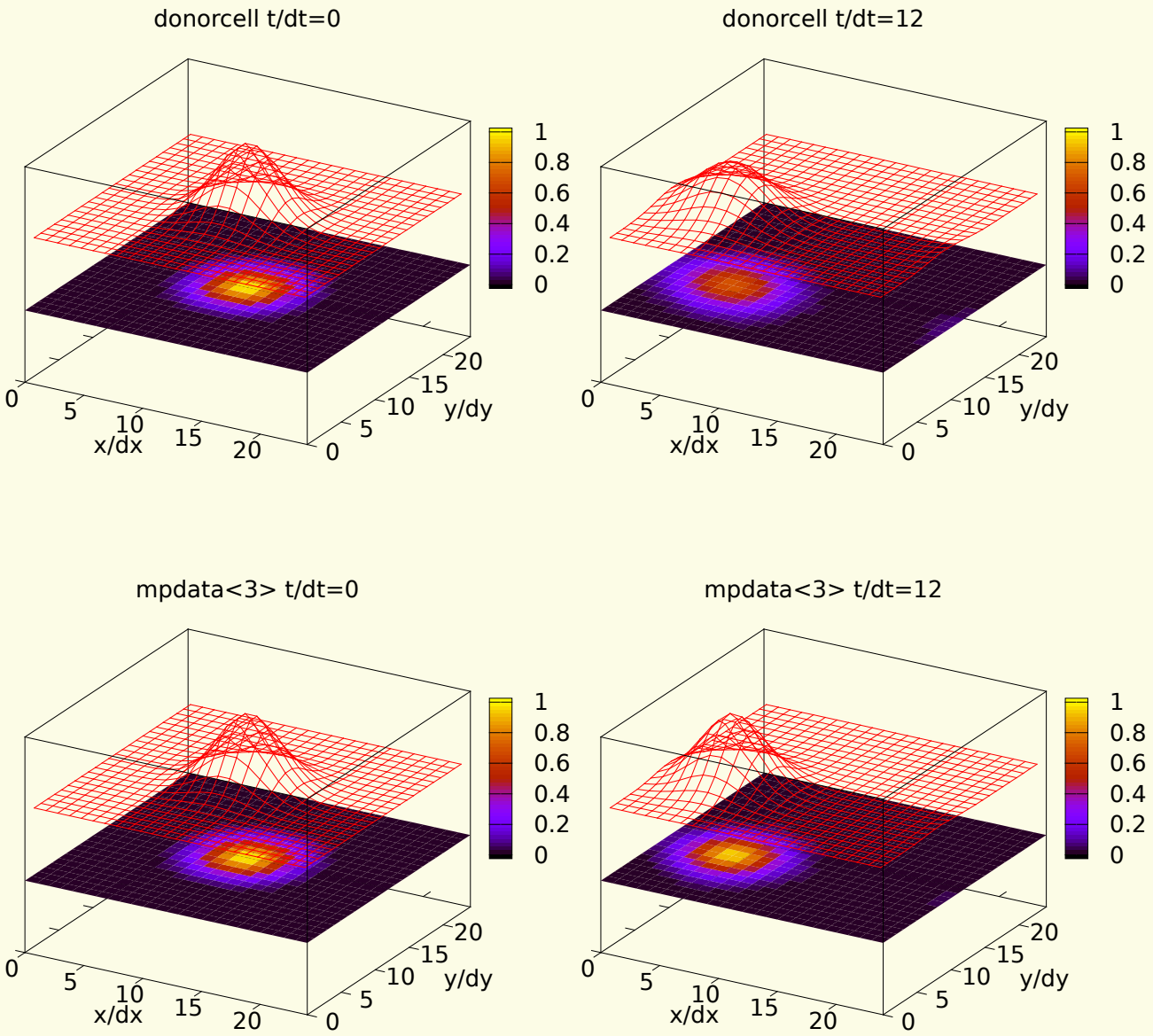


Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

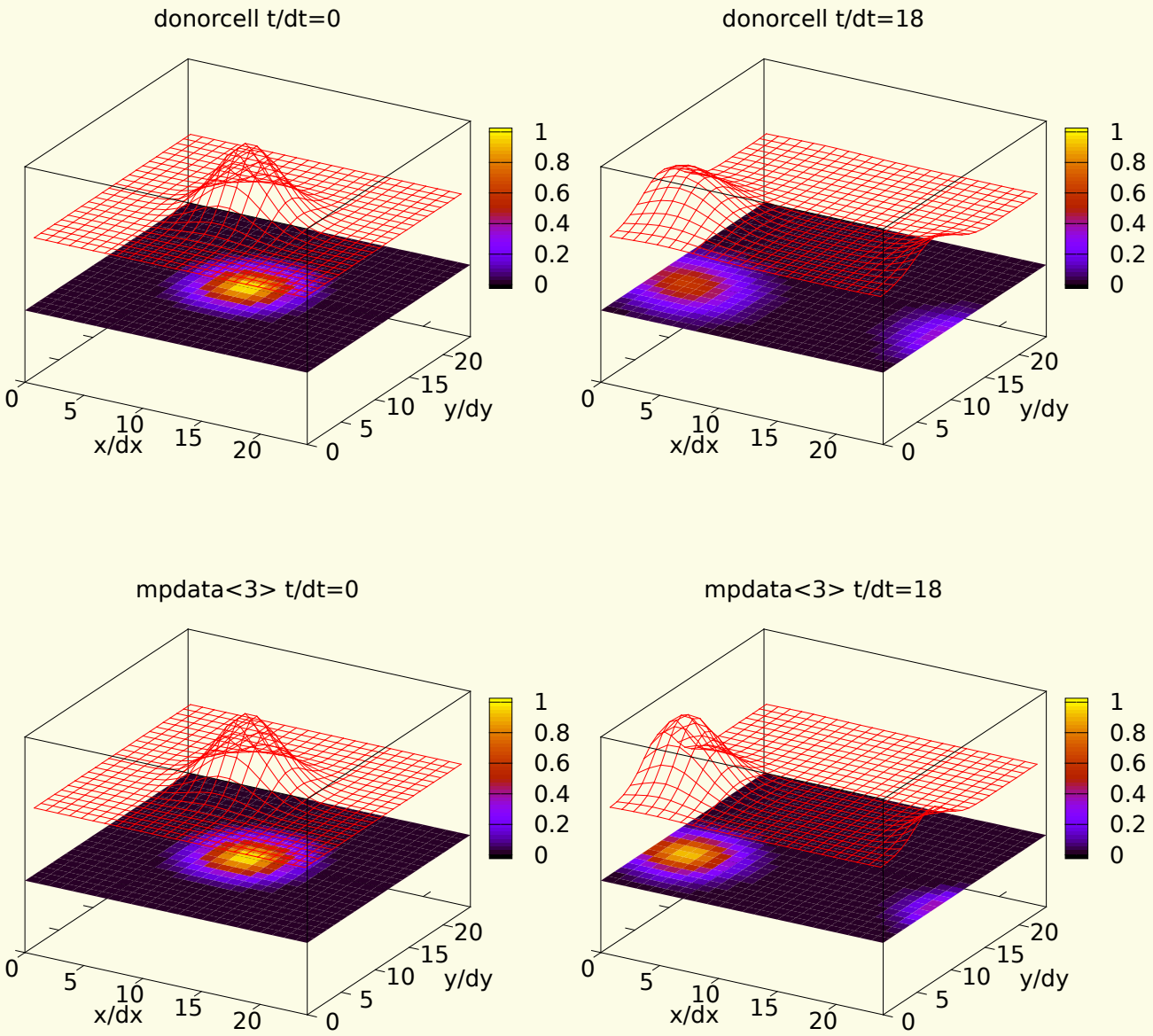
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

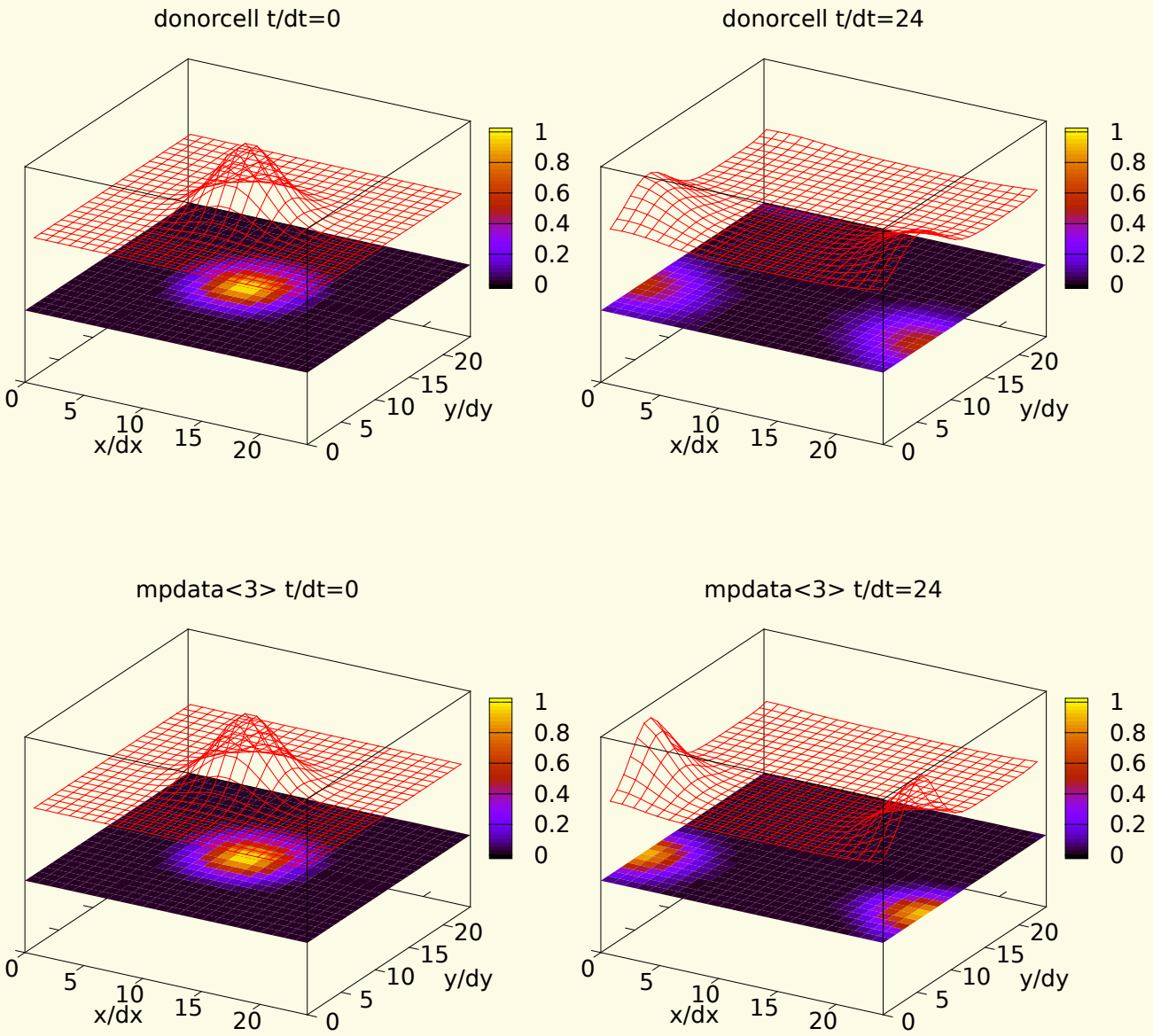
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

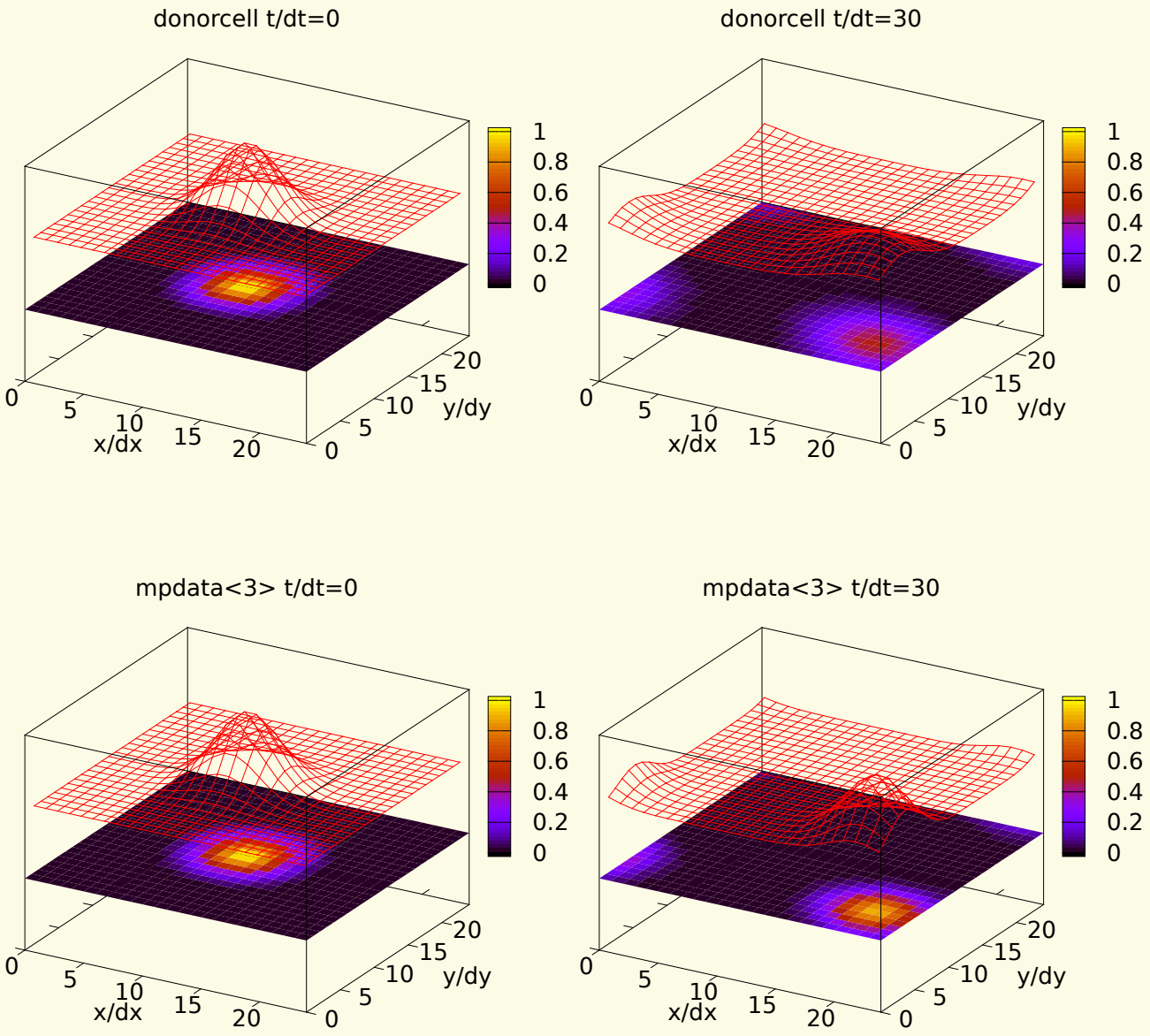
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

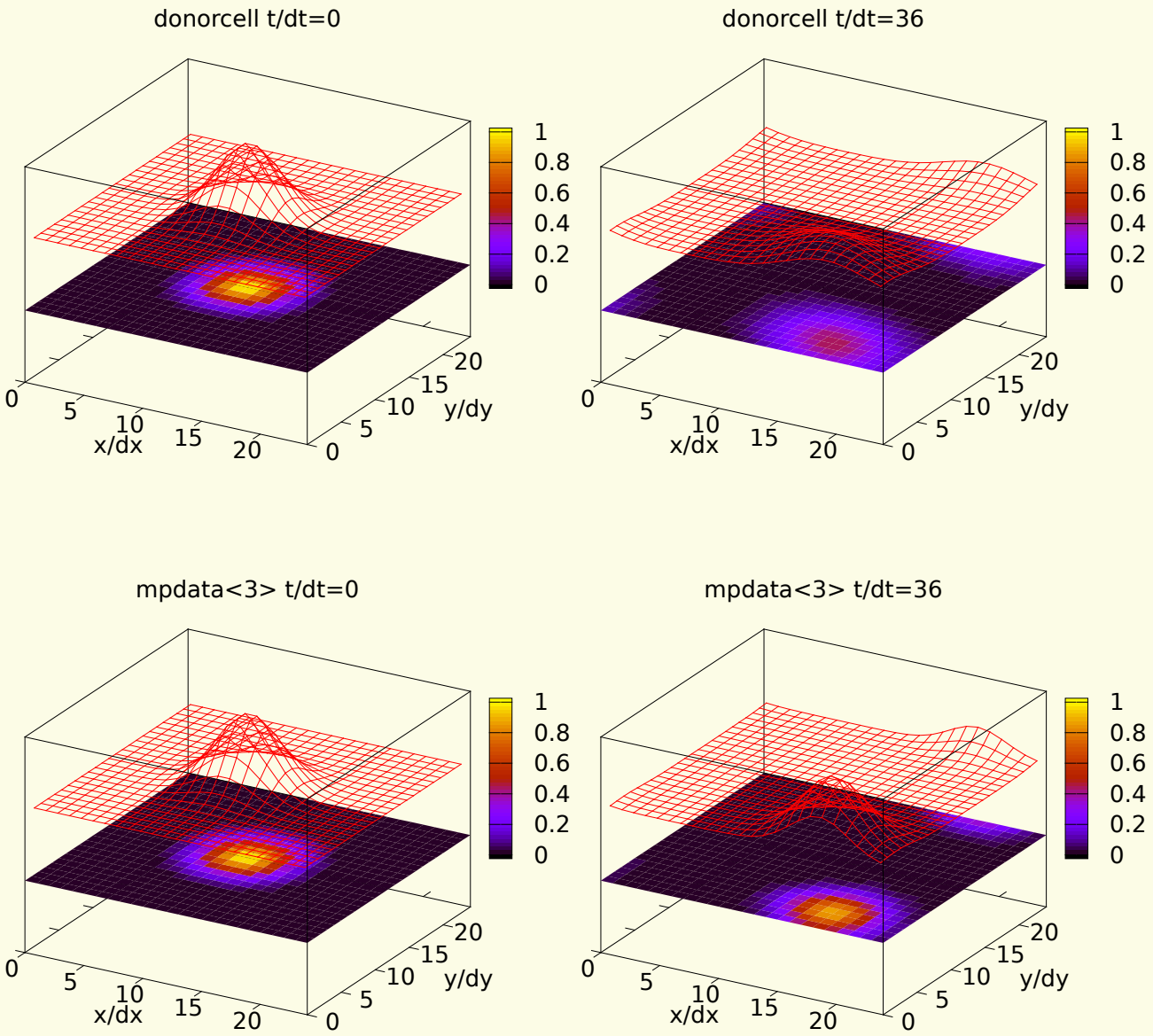
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

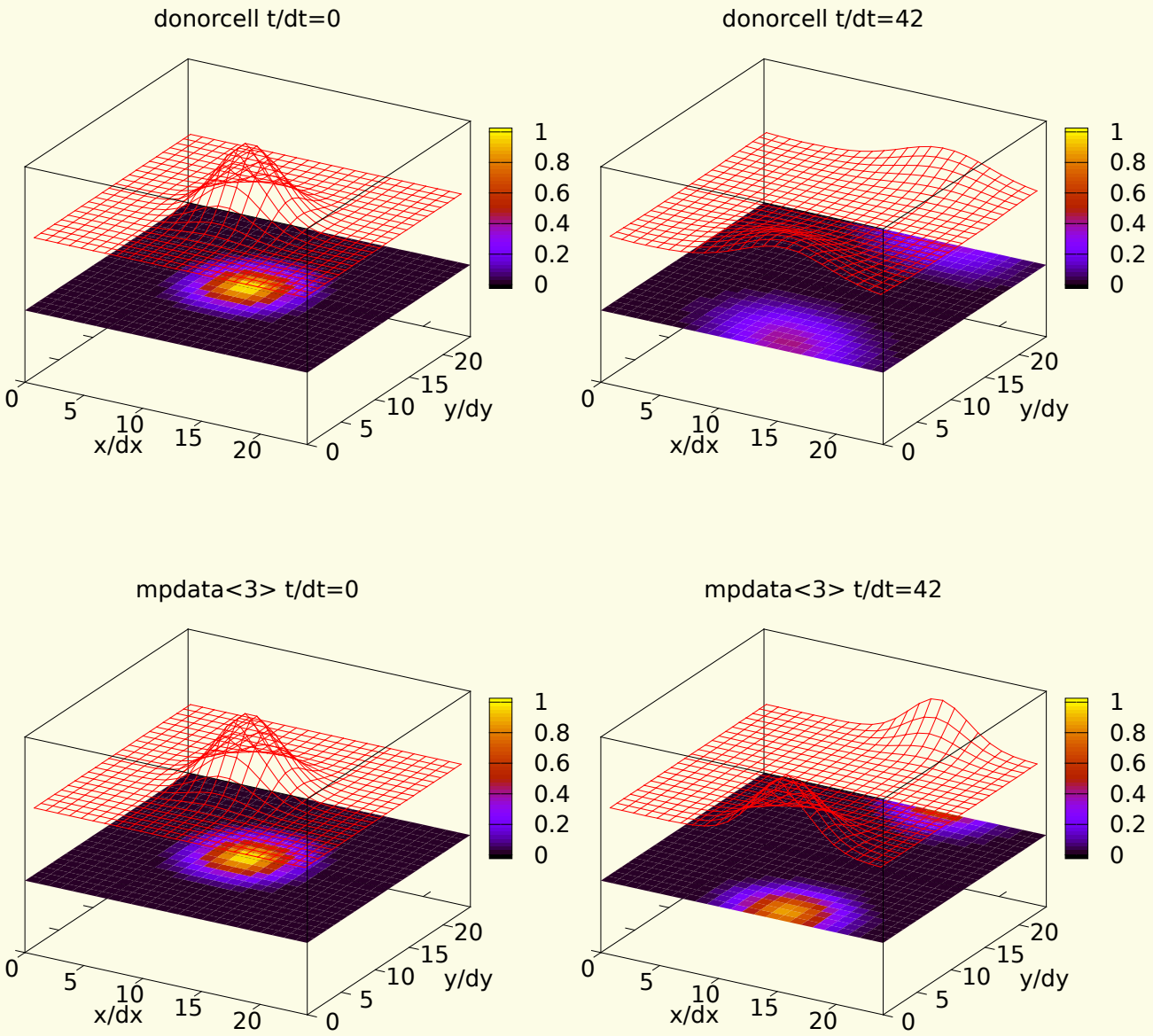
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

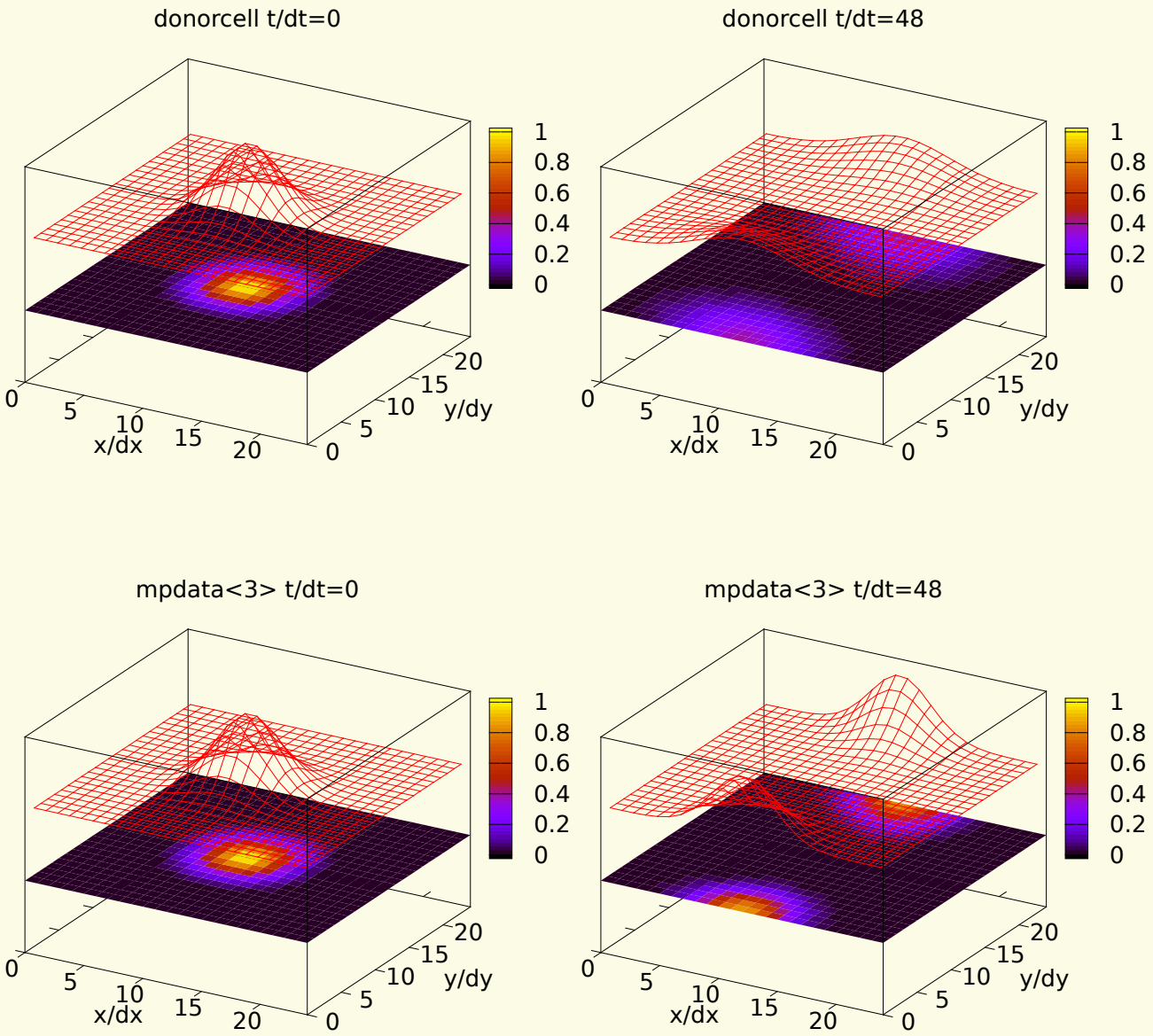
UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

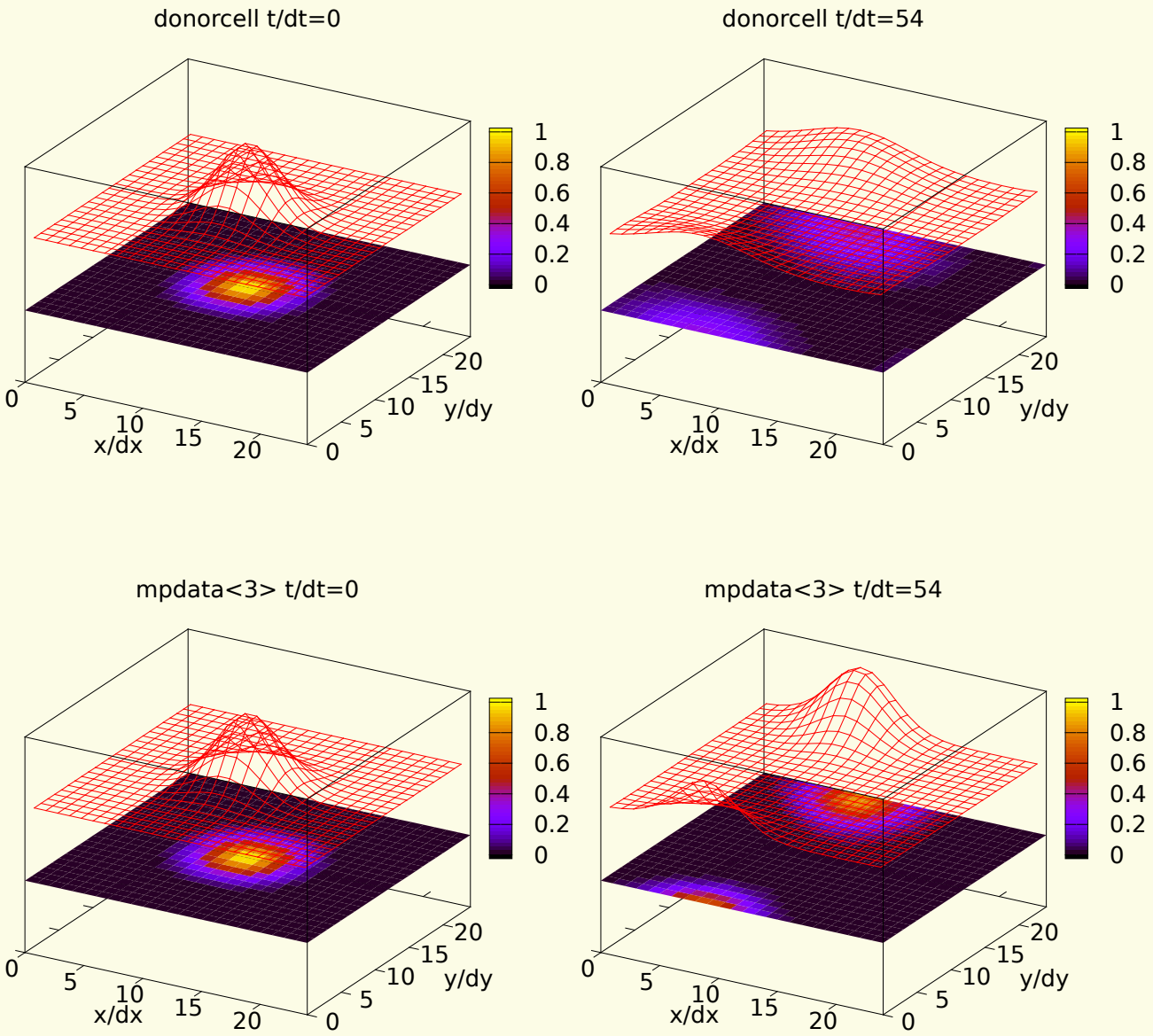
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

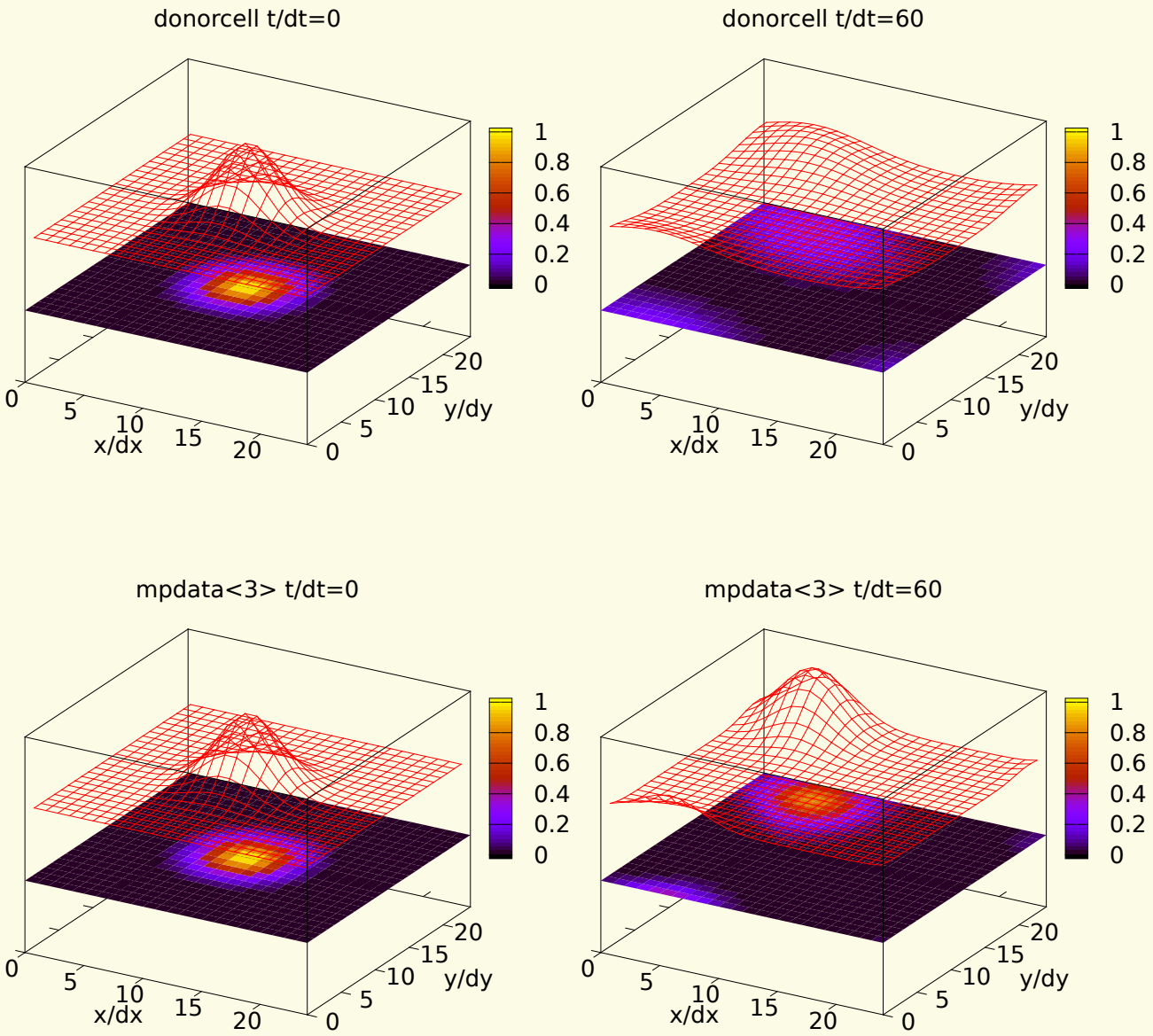
UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

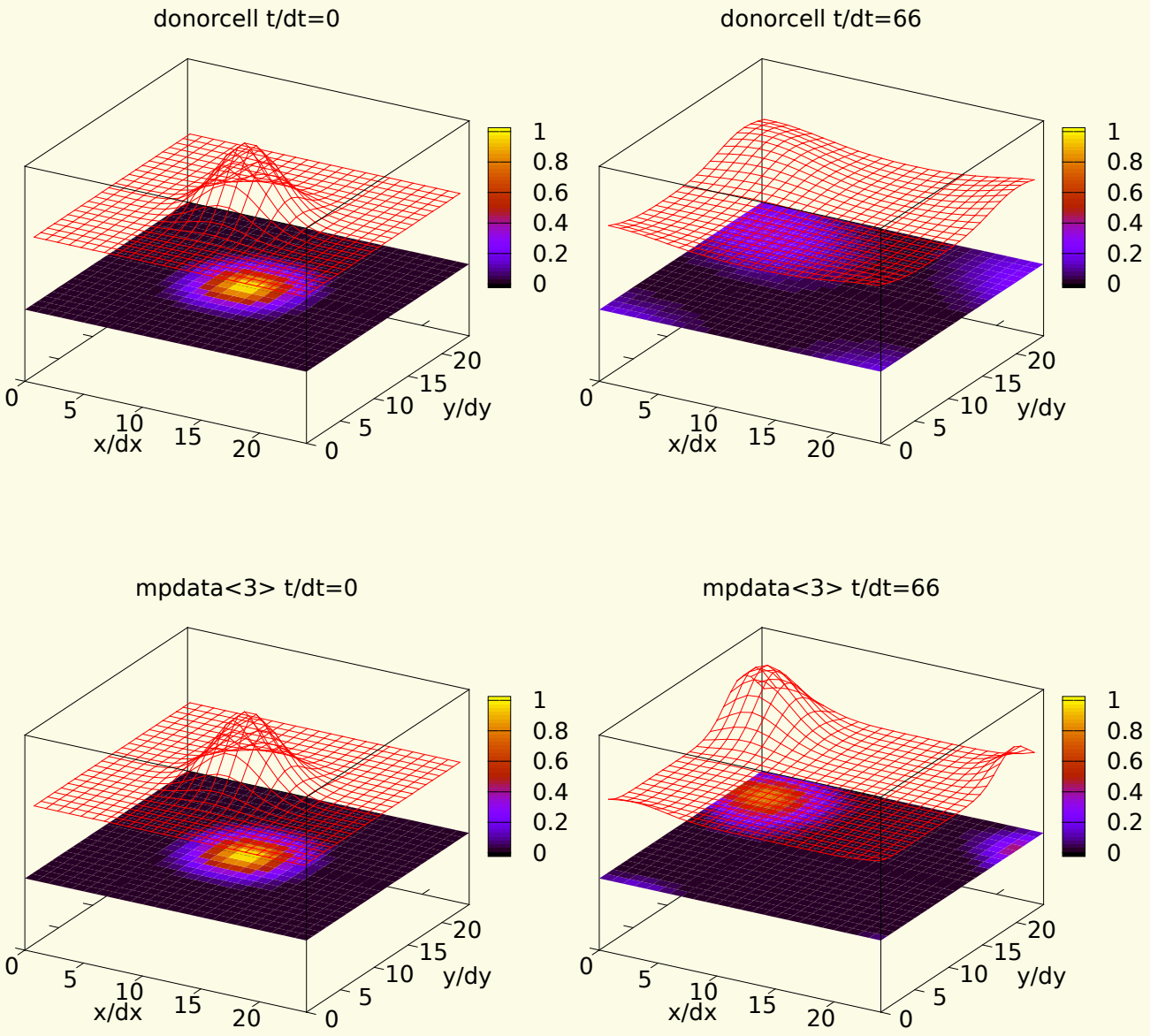
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

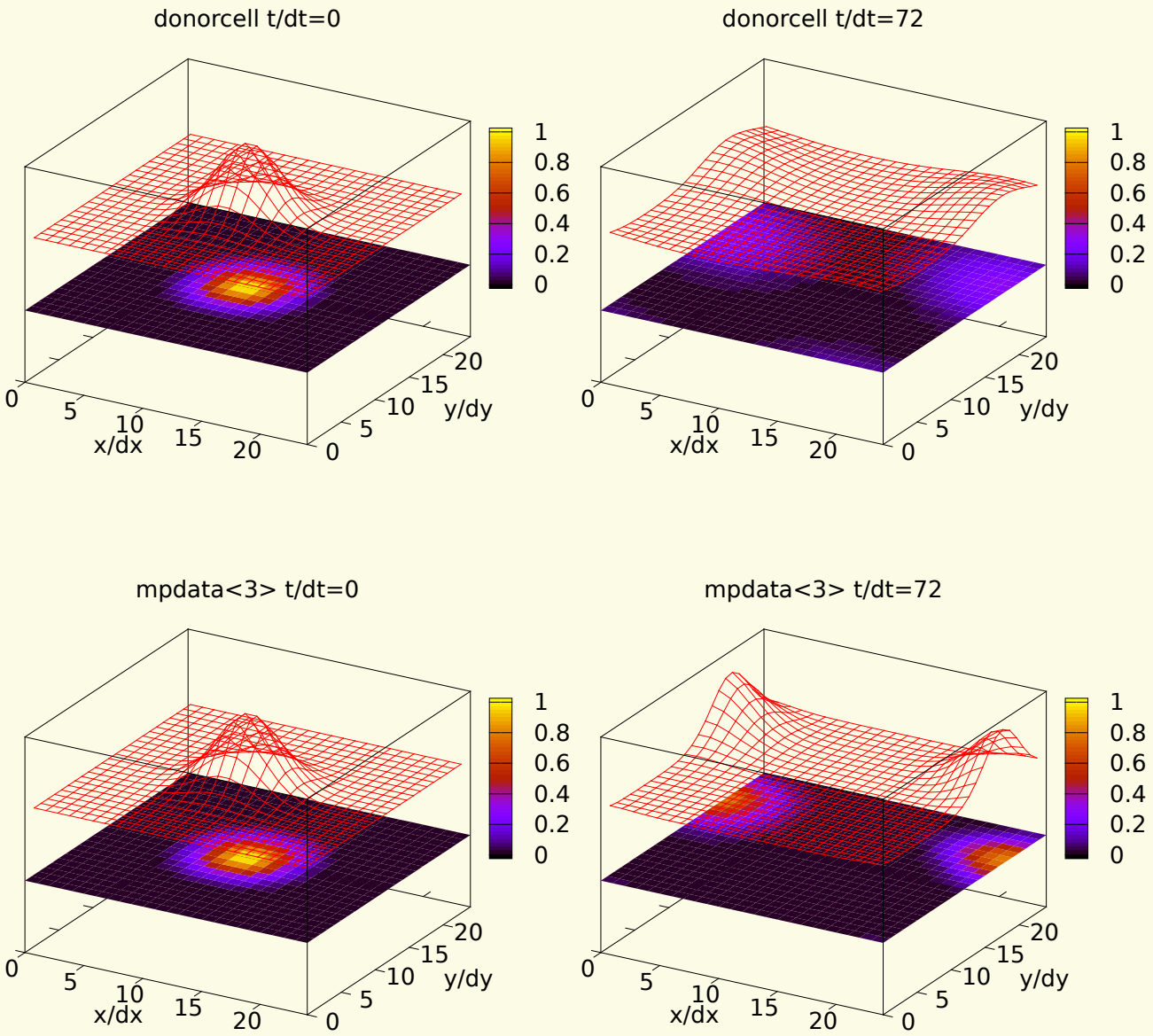
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

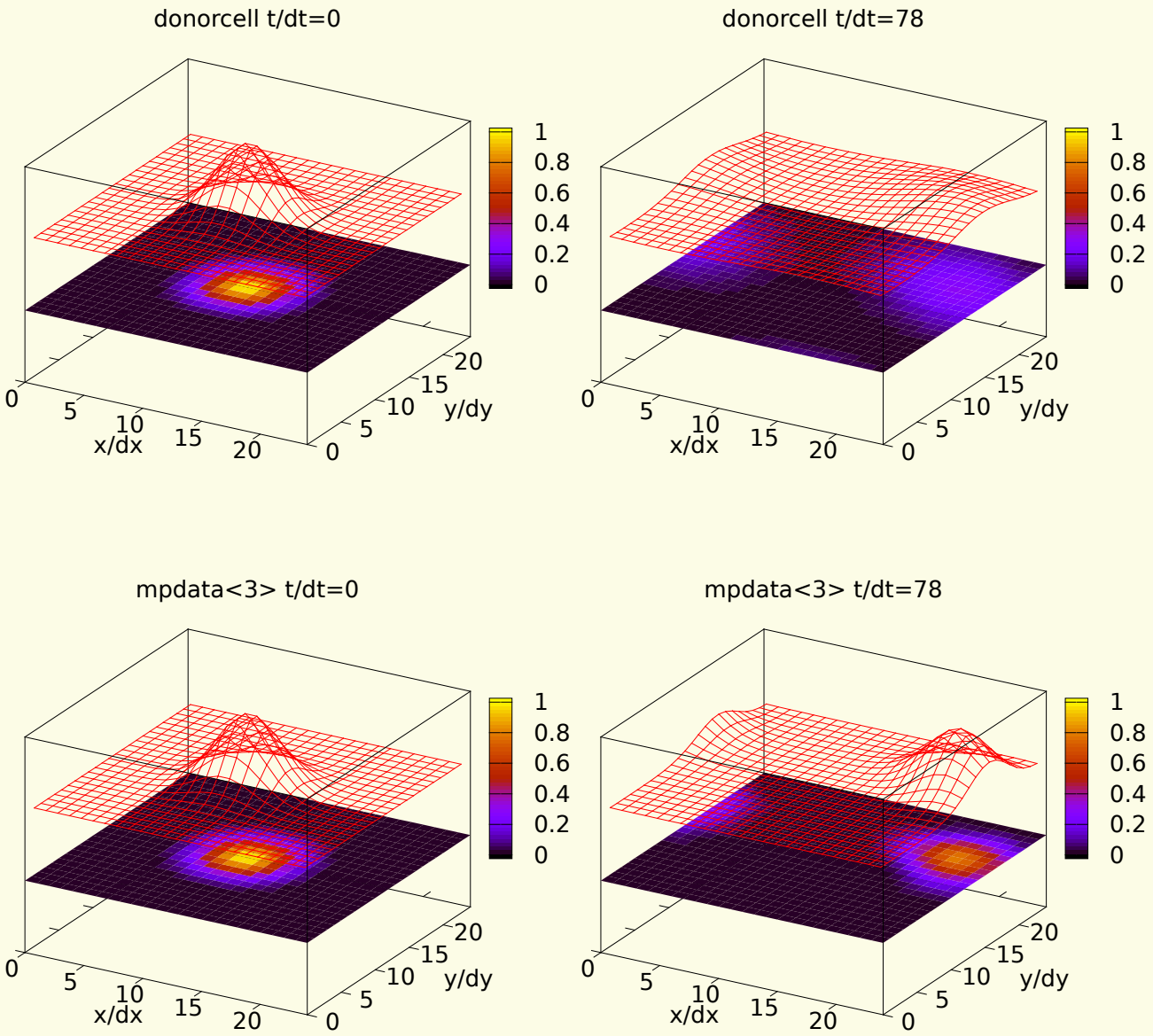
UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

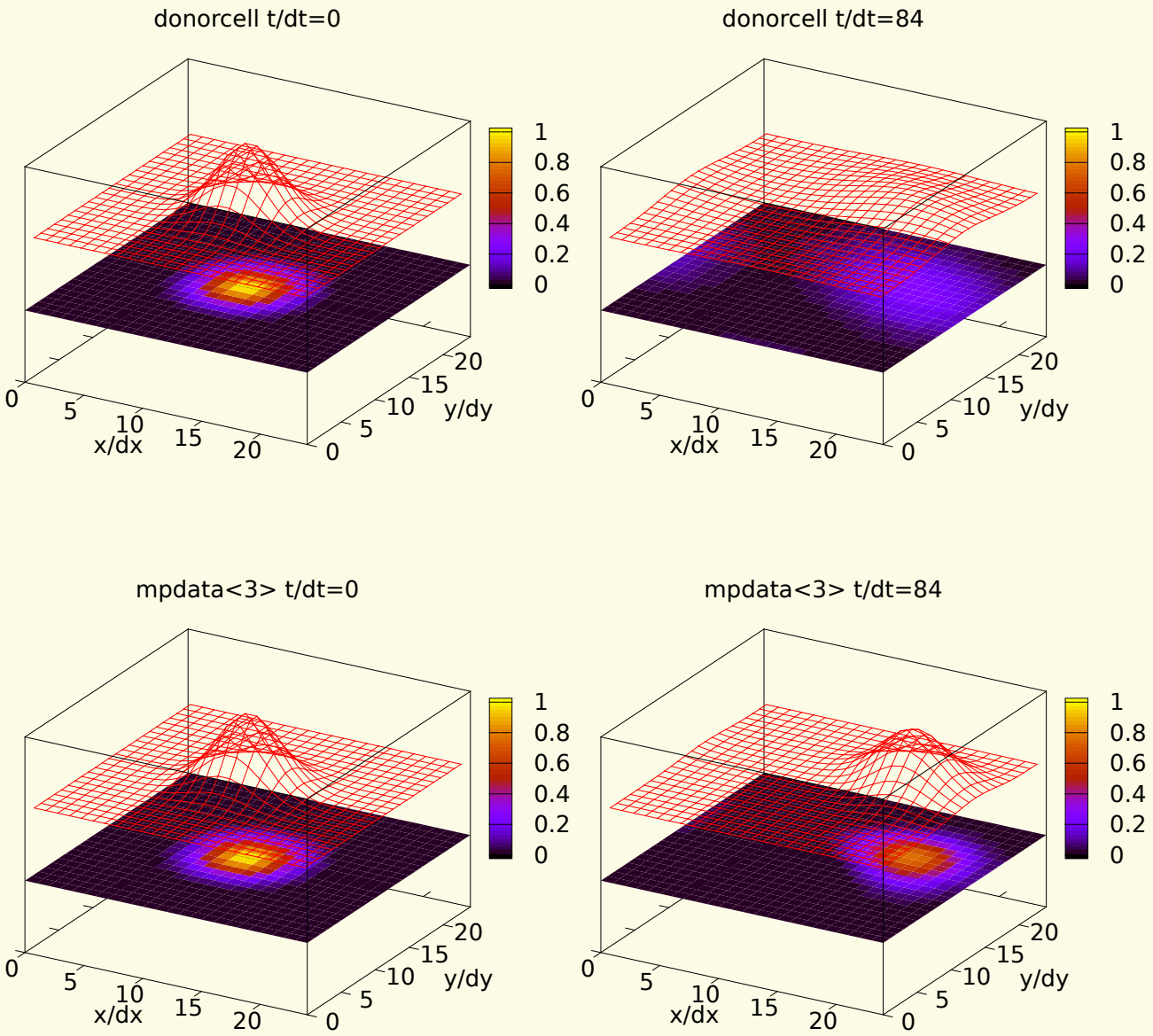
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

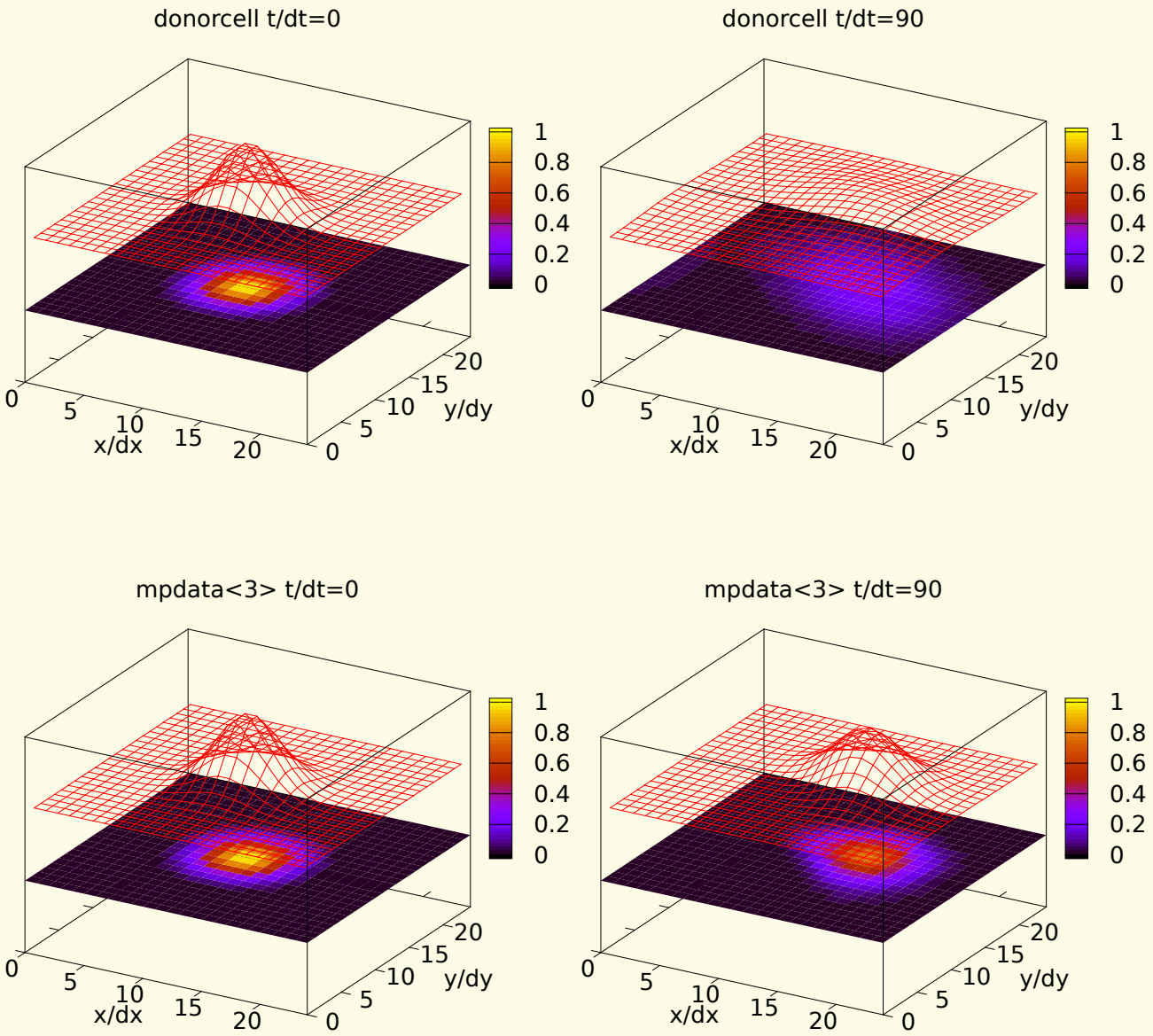
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

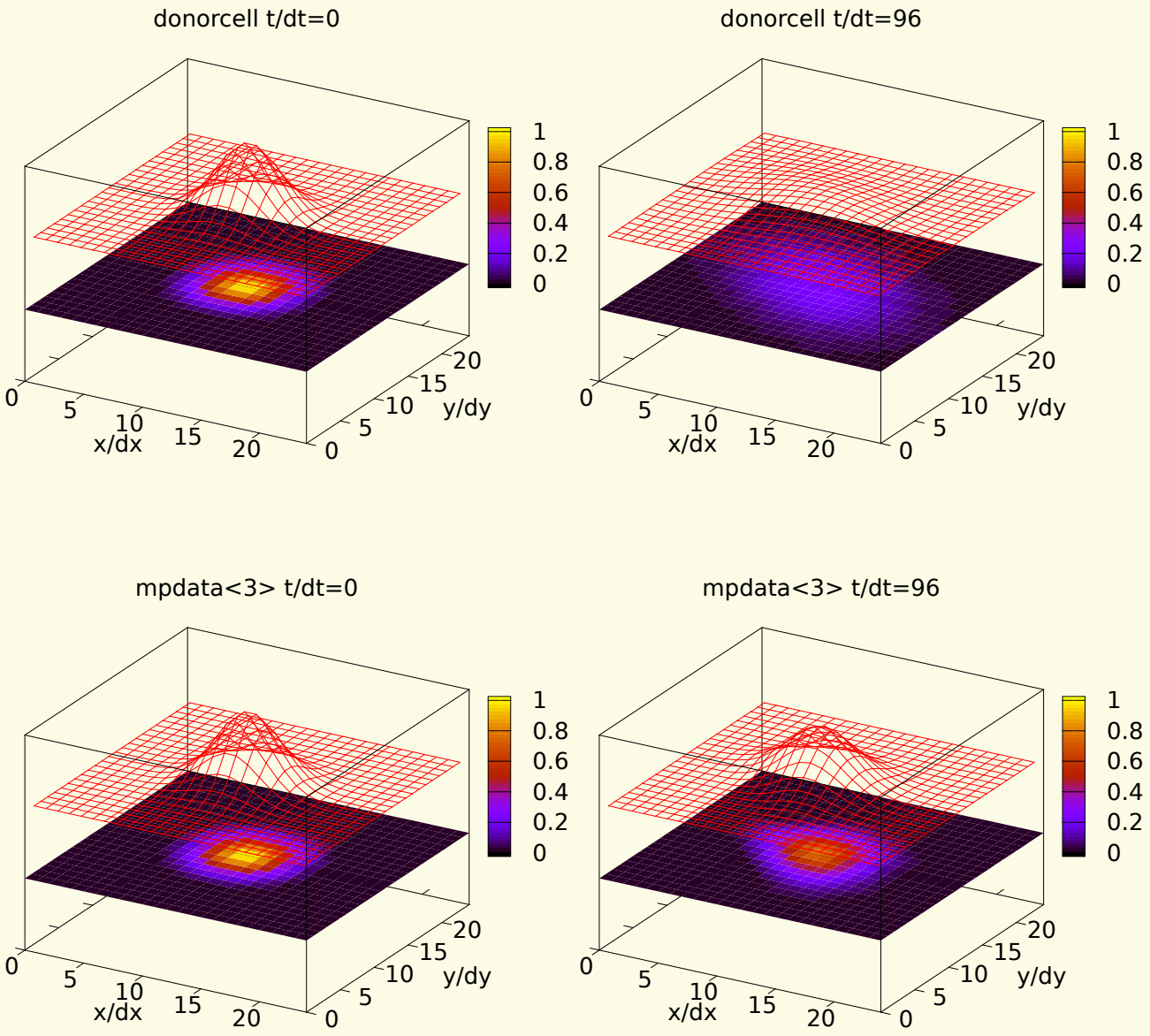
Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Dotychczasowe przygotowania: **mpdata-oop** (arXiv:1301.1334)



https://github.com/slayoo/mpdata/blob/master/paper/cpp/plot.cpp

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Odwzorowanie notacji matematycznej w kodzie: Blitz++

$$\psi_{i,j}^{[n+1]} = \psi_{i,j}^{[n]} - \sum_{d=0}^{N-1} \left(F\left[\psi_{\pi_{i,j}^d}^{[n]}, \psi_{\pi_{i+1,j}^d}^{[n]}, C_{\pi_{i+1/2,j}^d}^{[d]} \right] - F\left[\psi_{\pi_{i-1,j}^d}^{[n]}, \psi_{\pi_{i,j}^d}^{[n]}, C_{\pi_{i-1/2,j}^d}^{[d]} \right] \right)$$

(C++)

```
template<int d>
inline auto donorcell(
  const arr_t &psi, const arr_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) return_macro(
  F(
    psi(pi<d>(i,   j)),
    psi(pi<d>(i+1, j)),
      C(pi<d>(i+h, j))
  ) -
  F(
    psi(pi<d>(i-1, j)),
    psi(pi<d>(i,   j)),
      C(pi<d>(i-h, j))
  )
)
```

(C++)

```
void donorcell_op(
  const arrvec_t &psi, const int n,
  const arrvec_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) {
  psi[n+1](i,j) = psi[n](i,j)
    - donorcell<0>(psi[n], C[0], i, j)
    - donorcell<1>(psi[n], C[1], j, i);
}
```



Odwzorowanie notacji matematycznej w kodzie: Blitz++

$$\psi_{i,j}^{[n+1]} = \psi_{i,j}^{[n]} - \sum_{d=0}^{N-1} \left(F\left[\psi_{\pi_{i,j}^d}^{[n]}, \psi_{\pi_{i+1,j}^d}^{[n]}, C_{\pi_{i+1/2,j}^d}^{[d]} \right] - F\left[\psi_{\pi_{i-1,j}^d}^{[n]}, \psi_{\pi_{i,j}^d}^{[n]}, C_{\pi_{i-1/2,j}^d}^{[d]} \right] \right)$$

(C++)

```
template<int d>
inline auto donorcell(
  const arr_t &psi, const arr_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) return_macro(
  F(
    psi(pi<d>(i,   j)),
    psi(pi<d>(i+1, j)),
      C(pi<d>(i+h, j))
  ) -
  F(
    psi(pi<d>(i-1, j)),
    psi(pi<d>(i,   j)),
      C(pi<d>(i-h, j))
  )
)
```

(C++)

```
void donorcell_op(
  const arrvec_t &psi, const int n,
  const arrvec_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) {
  psi[n+1](i,j) = psi[n](i,j)
    - donorcell<0>(psi[n], C[0], i, j)
    - donorcell<1>(psi[n], C[1], j, i);
}
```

- brak pętli



Odwzorowanie notacji matematycznej w kodzie: Blitz++

$$\psi_{i,j}^{[n+1]} = \psi_{i,j}^{[n]} - \sum_{d=0}^{N-1} \left(F\left[\psi^{[n]}_{\pi^d_{i,j}}, \psi^{[n]}_{\pi^d_{i+1,j}}, C^{[d]}_{\pi^d_{i+1/2,j}} \right] - F\left[\psi^{[n]}_{\pi^d_{i-1,j}}, \psi^{[n]}_{\pi^d_{i,j}}, C^{[d]}_{\pi^d_{i-1/2,j}} \right] \right)$$

(C++)

```
template<int d>
inline auto donorcell(
  const arr_t &psi, const arr_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) return_macro(
  F(
    psi(pi<d>(i,   j)),
    psi(pi<d>(i+1, j)),
      C(pi<d>(i+h, j))
  ) -
  F(
    psi(pi<d>(i-1, j)),
    psi(pi<d>(i,   j)),
      C(pi<d>(i-h, j))
  )
)
```

(C++)

```
void donorcell_op(
  const arrvec_t &psi, const int n,
  const arrvec_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) {
  psi[n+1](i,j) = psi[n](i,j)
    - donorcell<0>(psi[n], C[0], i, j)
    - donorcell<1>(psi[n], C[1], j, i);
}
```

- brak pętli
- rozdzielenie numeryki od współbieżności



Odwzorowanie notacji matematycznej w kodzie: Blitz++

$$\psi_{i,j}^{[n+1]} = \psi_{i,j}^{[n]} - \sum_{d=0}^{N-1} \left(F\left[\psi_{\pi^d_{i,j}}^{[n]}, \psi_{\pi^d_{i+1,j}}^{[n]}, C_{\pi^d_{i+1/2,j}}^{[d]} \right] - F\left[\psi_{\pi^d_{i-1,j}}^{[n]}, \psi_{\pi^d_{i,j}}^{[n]}, C_{\pi^d_{i-1/2,j}}^{[d]} \right] \right)$$

(C++)

```
template<int d>
inline auto donorcell(
  const arr_t &psi, const arr_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) return_macro(
  F(
    psi(pi<d>(i,   j)),
    psi(pi<d>(i+1, j)),
      C(pi<d>(i+h, j))
  ) -
  F(
    psi(pi<d>(i-1, j)),
    psi(pi<d>(i,   j)),
      C(pi<d>(i-h, j))
  )
)
```

(C++)

```
void donorcell_op(
  const arrvec_t &psi, const int n,
  const arrvec_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) {
  psi[n+1](i,j) = psi[n](i,j)
    - donorcell<0>(psi[n], C[0], i, j)
    - donorcell<1>(psi[n], C[1], j, i);
}
```

- brak pętli
- rozdzielenie numeryki od współbieżności
- wzorce klas/funkcji (pi$< d >()$)
  $\rightsquigarrow$ ewaluacja w czasie kompilacji



Odwzorowanie notacji matematycznej w kodzie: Blitz++

$$\psi_{i,j}^{[n+1]} = \psi_{i,j}^{[n]} - \sum_{d=0}^{N-1} \left(F\left[\psi_{\pi^d_{i,j}}^{[n]}, \psi_{\pi^d_{i+1,j}}^{[n]}, C_{\pi^d_{i+1/2,j}}^{[d]} \right] - F\left[\psi_{\pi^d_{i-1,j}}^{[n]}, \psi_{\pi^d_{i,j}}^{[n]}, C_{\pi^d_{i-1/2,j}}^{[d]} \right] \right)$$

(C++)

```
template<int d>
inline auto donorcell(
  const arr_t &psi, const arr_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) return_macro(
  F(
    psi(pi<d>(i,   j)),
    psi(pi<d>(i+1, j)),
      C(pi<d>(i+h, j))
  ) -
  F(
    psi(pi<d>(i-1, j)),
    psi(pi<d>(i,   j)),
      C(pi<d>(i-h, j))
  )
)
```

(C++)

```
void donorcell_op(
  const arrvec_t &psi, const int n,
  const arrvec_t &C,
  const rng_t &i, const rng_t &j
) {
  psi[n+1](i,j) = psi[n](i,j)
    - donorcell<0>(psi[n], C[0], i, j)
    - donorcell<1>(psi[n], C[1], j, i);
}
```

- brak pętli
- rozdzielenie numeryki od współbieżności
- wzorce klas/funkcji ($\mathrm{pi}< d >()$)
  $\rightsquigarrow$ ewaluacja w czasie kompilacji
- implementacja połowicznych indeksów poprzez przeciążenie operatorów



Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, $\overbrace{\text{zrozumieniu i rozbudowie}}^{\text{podział kodu, użycie bibliotek}}$?



Dotychczasowe przygotowania: **libmpdata++** i **libcloudph++**

icicle

kinematyczny model chmury (2D)

zależności: libmpdata++, libcloudph++
repozytorium: github.com/slayoo/icicle



Dotychczasowe przygotowania: **libmpdata++** i **libcloudph++**

icicle

kinematyczny model chmury (2D)

zależności: libmpdata++, libcloudph++
repozytorium: github.com/slayoo/icicle

libmpdata++

solwery równań transportu

zależności: Blitz++, Boost.Thread, netCDF
repo: github.com/slayoo/libmpdataxx

libcloudph++

reprezentacja mikrofizyki (w tym lagranż.)

zależności: Boost.units, Boost.odeint, Thrust
repo: github.com/slayoo/libcloudphxx



Dotychczasowe przygotowania: **libmpdata++** i **libcloudph++**

icicle

kinematyczny model chmury (2D)

zależności: libmpdata++, libcloudph++
repozytorium: github.com/slayoo/icicle

icicles

model typu LES (3D)

zależności: libmpdata++, libcloudph++, ...

libmpdata++

solwery równań transportu

zależności: Blitz++, Boost.Thread, netCDF
repo: github.com/slayoo/libmpdataxx

libcloudph++

reprezentacja mikrofizyki (w tym lagranż.)

zależności: Boost.units, Boost.odeint, Thrust
repo: github.com/slayoo/libcloudphxx



Dotychczasowe przygotowania: **libmpdata++** i **libcloudph++**

icicle

kinematyczny model chmury (2D)

zależności: libmpdata++, libcloudph++
repozytorium: github.com/slayoo/icicle

icicles

model typu LES (3D)

zależności: libmpdata++, libcloudph++, ...

libmpdata++

solwery równań transportu

zależności: Blitz++, Boost.Thread, netCDF
repo: github.com/slayoo/libmpdataxx

libcloudph++

reprezentacja mikrofizyki (w tym lagranż.)

zależności: Boost.units, Boost.odeint, Thrust
repo: github.com/slayoo/libcloudphxx

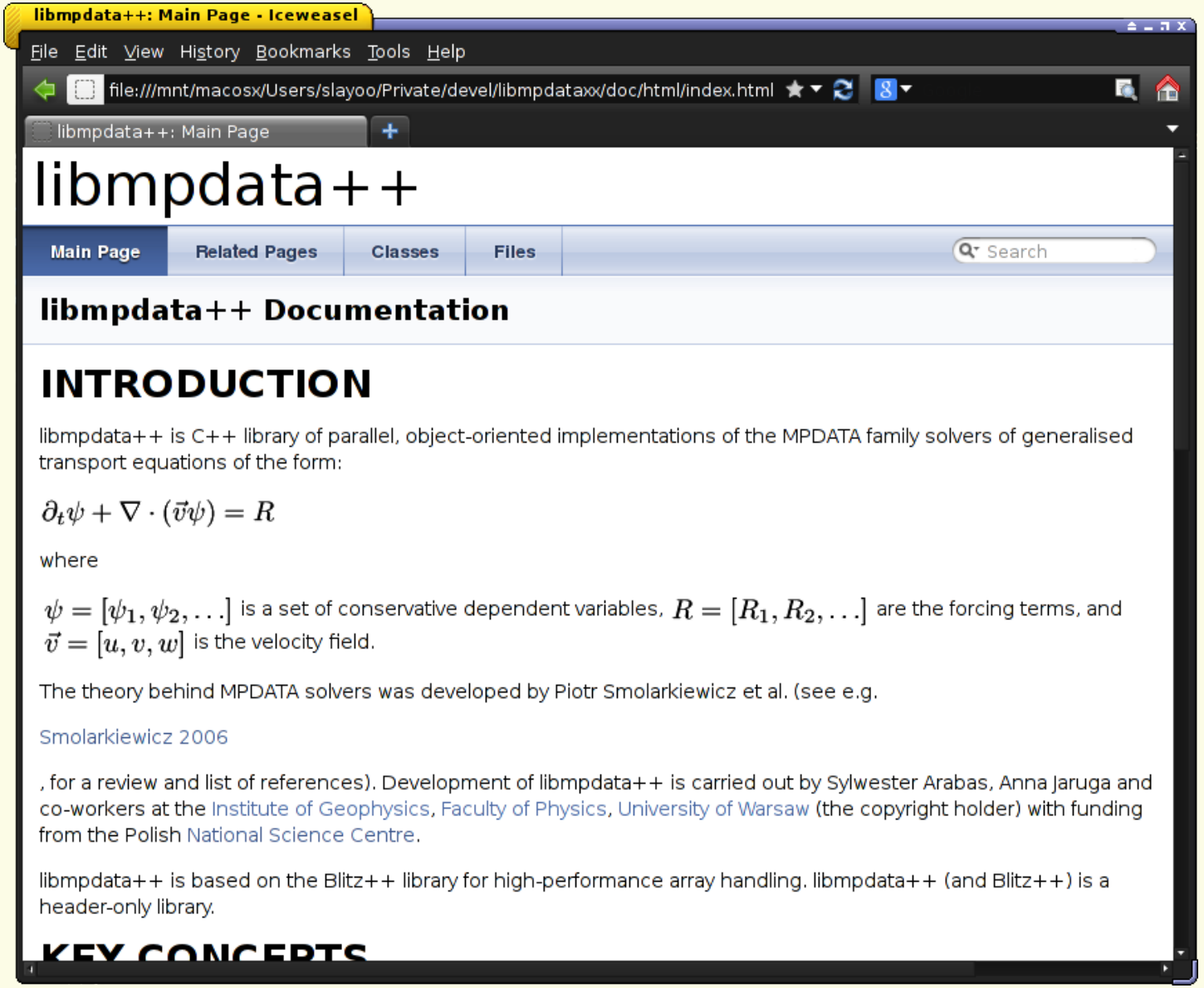
pełna separacja: numeryki, fizyki, i/o, współbieżności



Jak napisać kod modelu łatwy w $\overbrace{\text{użyciu, zrozumieniu i rozbudowie}}^{\text{dokumentacja}}$?



Budowa (i utrzymanie) dokumentacji: Doxygen



Jak napisać kod modelu łatwy w $\overbrace{\text{użyciu}}^{\text{testy (automatyczna weryfikacja}^*\text{)}}$, $\underbrace{\text{zrozumieniu i } \overbrace{\text{rozbudowie}}^{\text{testy (automatyczna weryfikacja}^*\text{)}}}_{\text{testy (przykłady użycia)}}$?

* po wprowadzeniu zmian w kodzie,
po zmianie wersji bibliotek,
przed użyciem na nowym sprzęcie



Automatyzacja testów i kompilacji: CMake

```
slayoo@skua:~/devel/libmpdataxx$ make test
Running tests...
Test project /home/pracownicy/slayoo/devel/libmpdataxx
      Start  1: test_kahan_sum
 1/10 Test  #1: test_kahan_sum ...................   Passed    0.01 sec
      Start  2: test_gnuplot-iostream_1d
 2/10 Test  #2: test_gnuplot-iostream_1d .........   Passed    1.06 sec
      Start  3: test_gnuplot-iostream_2d
 3/10 Test  #3: test_gnuplot-iostream_2d .........   Passed   33.08 sec
      Start  4: test_var_sign_2d
 4/10 Test  #4: test_var_sign_2d .................   Passed   66.27 sec
      Start  5: test_harmosc
 5/10 Test  #5: test_harmosc .....................   Passed   73.44 sec
      Start  6: test_todo_3d
 6/10 Test  #6: test_todo_3d .....................***Exception: Other  0.02 sec
      Start  7: test_bombel
 7/10 Test  #7: test_bombel ......................   Passed   17.89 sec
      Start  8: test_concurrent_1d
 8/10 Test  #8: test_concurrent_1d ...............   Passed   25.10 sec
      Start  9: test_shallow_water
 9/10 Test  #9: test_shallow_water ...............   Passed   31.59 sec
      Start 10: test_rotating_cone
10/10 Test #10: test_rotating_cone ...............   Passed   19.24 sec

90% tests passed, 1 tests failed out of 10

Total Test time (real) = 268.06 sec

The following tests FAILED:
          6 - test_todo_3d (OTHER_FAULT)
Errors while running CTest
make: *** [test] Error 8
slayoo@skua:~/devel/libmpdataxx$
```



kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie



kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie

+

wolne oprogramowanie (GNU GPL v3)



kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie



wolne oprogramowanie (GNU GPL v3)



rozproszony system kontroli wersji
wspomagający pracę w zespole, współpracę z innymi grupami,
automatyzujący proces aktualizacji programu,
dający natychmiastowy dostęp do dowolnej wersji



kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie



wolne oprogramowanie (GNU GPL v3)



rozproszony system kontroli wersji
wspomagający pracę w zespole, współpracę z innymi grupami,
automatyzujący proces aktualizacji programu,
dający natychmiastowy dostęp do dowolnej wersji



sprawdzalność wyników
możliwość recenzji kodu
przydatność do badań i dydaktyki



Plan prezentacji

– Oddziaływania aerozol - chmury - opad

– Jak opisać w modelu oddziaływanie, aerozolu chmur i opadu?

– Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie?

– Zaproszenie do współpracy

Plan prezentacji

- Oddziaływania aerozol - chmury - opad
- Jak opisać w modelu oddziaływanie, aerozolu chmur i opadu?
- Jak napisać kod modelu łatwy w użyciu, zrozumieniu i rozbudowie?
- Zaproszenie do współpracy

Wybrane zadania w projekcie / elementy modelu



Wybrane zadania w projekcie / elementy modelu

- anelastyczny rdzeń dynamiczny
  rozwiązania z EULAGa zaimplementowane na nowo w C++



Wybrane zadania w projekcie / elementy modelu

- anelastyczny rdzeń dynamiczny
  rozwiązania z EULAGa zaimplementowane na nowo w C++

- mechanizm obliczeń równoległych (wątki + MPI)
  OpenMP/Boost.Thread + Boost.MPI



Wybrane zadania w projekcie / elementy modelu

- anelastyczny rdzeń dynamiczny
  rozwiązania z EULAGa zaimplementowane na nowo w C++
- mechanizm obliczeń równoległych (wątki + MPI)
  OpenMP/Boost.Thread + Boost.MPI
- reprezentacja dynamiki podskalowej
  klasyczne rozwiązania LES + iLES



Wybrane zadania w projekcie / elementy modelu

- anelastyczny rdzeń dynamiczny
  rozwiązania z EULAGa zaimplementowane na nowo w C++
- mechanizm obliczeń równoległych (wątki + MPI)
  OpenMP/Boost.Thread + Boost.MPI
- reprezentacja dynamiki podskalowej
  klasyczne rozwiązania LES + iLES
- reprezentacja Lagranżowska mikrofizyki chmur
  z możliwością wyboru CPU/GPU (na bazie Thrust)

Wybrane zadania w projekcie / elementy modelu

- anelastyczny rdzeń dynamiczny
  rozwiązania z EULAGa zaimplementowane na nowo w C++
- mechanizm obliczeń równoległych (wątki + MPI)
  OpenMP/Boost.Thread + Boost.MPI
- reprezentacja dynamiki podskalowej
  klasyczne rozwiązania LES + iLES
- reprezentacja Lagranżowska mikrofizyki chmur
  z możliwością wyboru CPU/GPU (na bazie Thrust)
- testy modelu dla standardowych ustawień LES
  RICO, POST, BOMEX, DYCOMS, ...



Wybrane zadania w projekcie / elementy modelu

- anelastyczny rdzeń dynamiczny
  rozwiązania z EULAGa zaimplementowane na nowo w C++
- mechanizm obliczeń równoległych (wątki + MPI)
  OpenMP/Boost.Thread + Boost.MPI
- reprezentacja dynamiki podskalowej
  klasyczne rozwiązania LES + iLES
- reprezentacja Lagranżowska mikrofizyki chmur
  z możliwością wyboru CPU/GPU (na bazie Thrust)
- testy modelu dla standardowych ustawień LES
  RICO, POST, BOMEX, DYCOMS, ...
- ...

Nasz zespół

- prof. Hanna Pawłowska
- prof. Piotr Smolarkiewicz (ECMWF, Anglia)
- prof. Wojciech Grabowski (NCAR, Kolorado)
- mgr Anna Jaruga
- mgr Sylwester Arabas

- ? – student/wolny strzelec
- ? – doktorant/student
- ? – postdoc

Nasz zespół

- prof. Hanna Pawłowska
  mikrofizyka, koordynacja prac
- prof. Piotr Smolarkiewicz (ECMWF, Anglia)
- prof. Wojciech Grabowski (NCAR, Kolorado)
- mgr Anna Jaruga
- mgr Sylwester Arabas

- ? – student/wolny strzelec
- ? – doktorant/student
- ? – postdoc

Nasz zespół

- prof. Hanna Pawłowska
  mikrofizyka, koordynacja prac
- prof. Piotr Smolarkiewicz (ECMWF, Anglia)
  dynamika, turbulencja, numeryka
- prof. Wojciech Grabowski (NCAR, Kolorado)

- mgr Anna Jaruga

- mgr Sylwester Arabas

- ? – student/wolny strzelec

- ? – doktorant/student

- ? – postdoc

Nasz zespół

- prof. Hanna Pawłowska
  mikrofizyka, koordynacja prac
- prof. Piotr Smolarkiewicz (ECMWF, Anglia)
  dynamika, turbulencja, numeryka
- prof. Wojciech Grabowski (NCAR, Kolorado)
  mikrofizyka
- mgr Anna Jaruga
- mgr Sylwester Arabas

- ? – student/wolny strzelec
- ? – doktorant/student
- ? – postdoc

Nasz zespół

- prof. Hanna Pawłowska
  mikrofizyka, koordynacja prac
- prof. Piotr Smolarkiewicz (ECMWF, Anglia)
  dynamika, turbulencja, numeryka
- prof. Wojciech Grabowski (NCAR, Kolorado)
  mikrofizyka
- mgr Anna Jaruga
  mikrofizyka, chemia, dynamika, programowanie
- mgr Sylwester Arabas

- ? – student/wolny strzelec
- ? – doktorant/student
- ? – postdoc

Nasz zespół

- prof. Hanna Pawłowska
  mikrofizyka, koordynacja prac
- prof. Piotr Smolarkiewicz (ECMWF, Anglia)
  dynamika, turbulencja, numeryka
- prof. Wojciech Grabowski (NCAR, Kolorado)
  mikrofizyka
- mgr Anna Jaruga
  mikrofizyka, chemia, dynamika, programowanie
- mgr Sylwester Arabas
  mikrofizyka, programowanie, architektura kodu

- ? – student/wolny strzelec
- ? – doktorant/student
- ? – postdoc

Nasz zespół

- prof. Hanna Pawłowska
  mikrofizyka, koordynacja prac
- prof. Piotr Smolarkiewicz (ECMWF, Anglia)
  dynamika, turbulencja, numeryka
- prof. Wojciech Grabowski (NCAR, Kolorado)
  mikrofizyka
- mgr Anna Jaruga
  mikrofizyka, chemia, dynamika, programowanie
- mgr Sylwester Arabas
  mikrofizyka, programowanie, architektura kodu

- ? – student/wolny strzelec
  numeryka, programowanie (w tym równoległe)
- ? – doktorant/student

- ? – postdoc

Nasz zespół

- prof. Hanna Pawłowska
  mikrofizyka, koordynacja prac
- prof. Piotr Smolarkiewicz (ECMWF, Anglia)
  dynamika, turbulencja, numeryka
- prof. Wojciech Grabowski (NCAR, Kolorado)
  mikrofizyka
- mgr Anna Jaruga
  mikrofizyka, chemia, dynamika, programowanie
- mgr Sylwester Arabas
  mikrofizyka, programowanie, architektura kodu

- ? – student/wolny strzelec
  numeryka, programowanie (w tym równoległe)
- ? – doktorant/student
  fizyka, programowanie
- ? – postdoc

Nasz zespół

- prof. Hanna Pawłowska
  mikrofizyka, koordynacja prac
- prof. Piotr Smolarkiewicz (ECMWF, Anglia)
  dynamika, turbulencja, numeryka
- prof. Wojciech Grabowski (NCAR, Kolorado)
  mikrofizyka
- mgr Anna Jaruga
  mikrofizyka, chemia, dynamika, programowanie
- mgr Sylwester Arabas
  mikrofizyka, programowanie, architektura kodu

- ? – student/wolny strzelec
  numeryka, programowanie (w tym równoległe)
- ? – doktorant/student
  fizyka, programowanie
- ? – postdoc
  oddziaływanie aerozol-chmury-opad

Dziękujemy za uwagę!

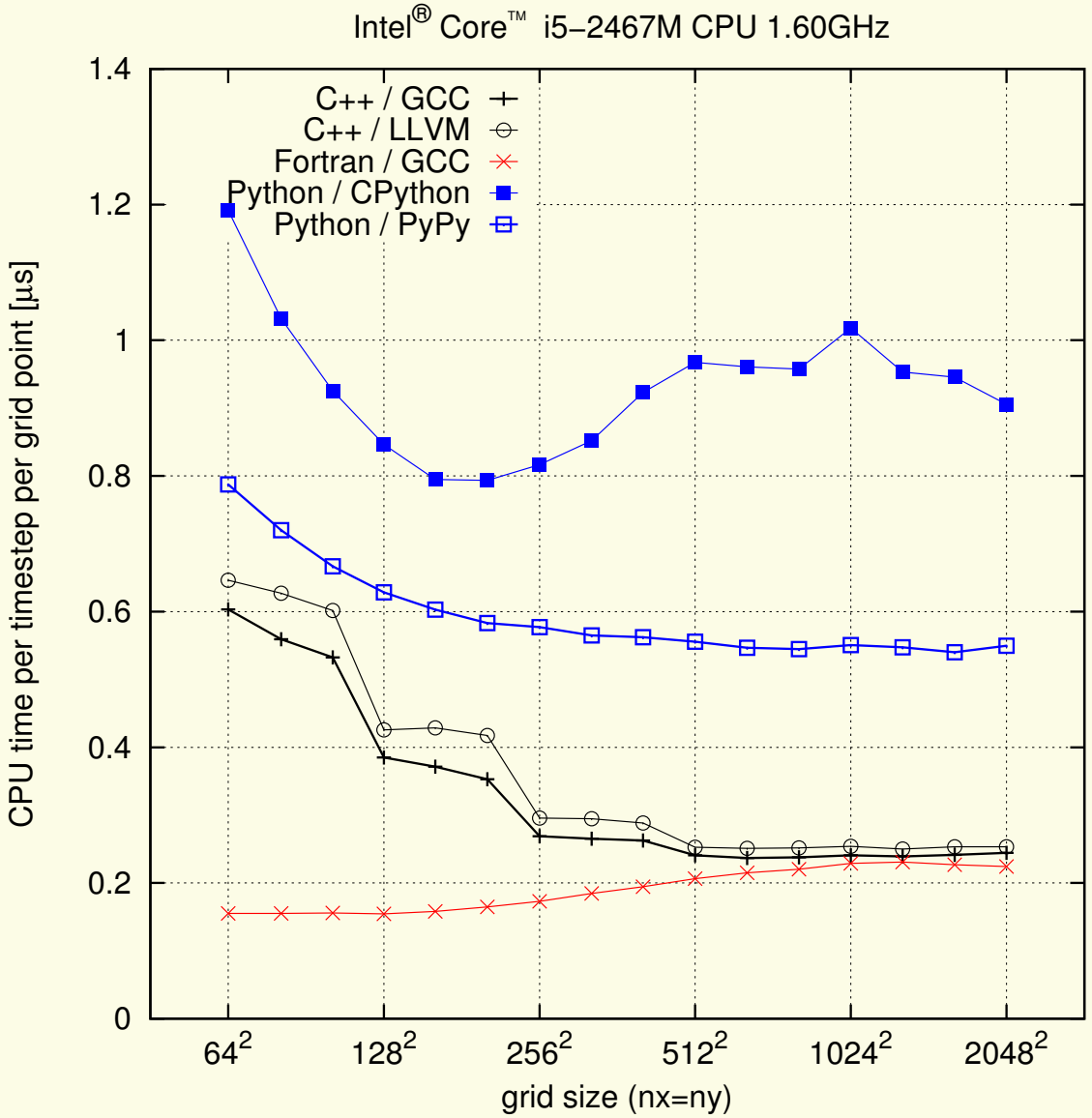
Kontakt:
hanna.pawlowska, ajaruga, sarabas
@igf.fuw.edu.pl

Finansowanie:

- NCN-PRELUDIUM 2011/01/N/ST10/0183
- NCN-HARMONIA 2012/06/M/ST10/00434

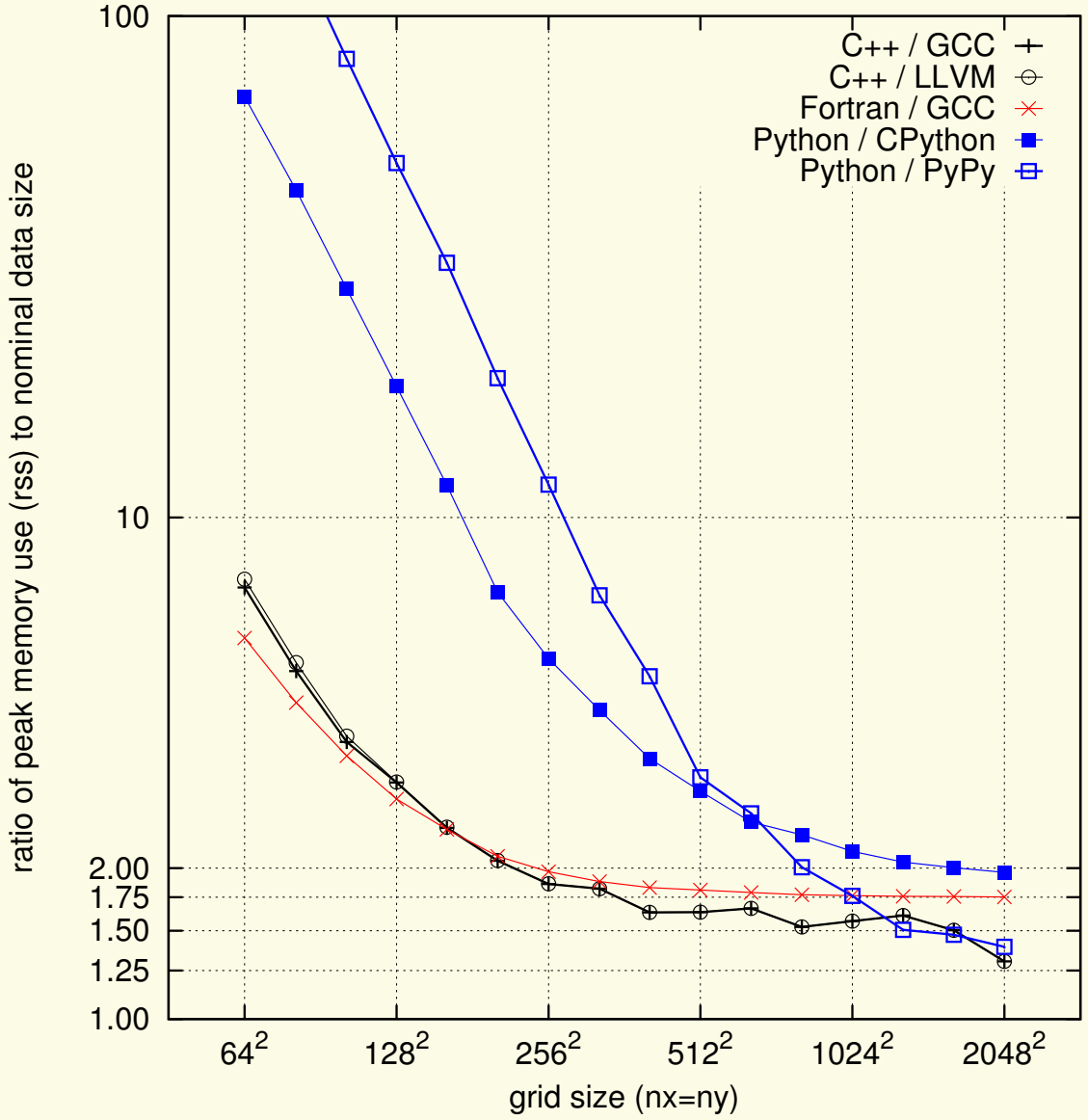


arXiv:1301.1334 – mpdata-oop / wydajność





arXiv:1301.1334 – mpdata-oop / wydajność





Boost.units - przykład

parametryzacja κ-Köhler

```
/// @brief activity of water in solution
/// (eqs. 1,6) in @copydetails Petters_and_Kreidenweis_2007
template <typename real_t>
quantity<si::dimensionless, real_t> a_w(
  quantity<si::volume, real_t> rw3,
  quantity<si::volume, real_t> rd3,
  quantity<si::dimensionless, real_t> kappa
)
{
  return (rw3 - rd3) / (rw3 - rd3 * (real_t(1) - kappa));
}
```

http://boost.org/doc/libs/release/libs/units/



Zalety podejścia lagranżowskiego

- opis mikrofizyki z punktu widzenia cząstek:



Zalety podejścia lagranżowskiego

- opis mikrofizyki z punktu widzenia cząstek:
  - prawa fizyczne aplikowane do cząstek a nie oczek siatki (np. dyfuzja pary w powietrzu wokół kropli)



Zalety podejścia lagranżowskiego

- opis mikrofizyki z punktu widzenia cząstek:
  - prawa fizyczne aplikowane do cząstek a nie oczek siatki (np. dyfuzja pary w powietrzu wokół kropli)



Zalety podejścia lagranżowskiego

- opis mikrofizyki z punktu widzenia cząstek:
  - prawa fizyczne aplikowane do cząstek a nie oczek siatki (np. dyfuzja pary w powietrzu wokół kropli)

- łatwość dodawania nowych atrybutów



Zalety podejścia lagranżowskiego

- opis mikrofizyki z punktu widzenia cząstek:
  - prawa fizyczne aplikowane do cząstek a nie oczek siatki (np. dyfuzja pary w powietrzu wokół kropli)
- łatwość dodawania nowych atrybutów
  - przydatne gdy np. chcemy dodać reakcje chemiczne zachodzące w kropelkach



Zalety podejścia lagranżowskiego

- opis mikrofizyki z punktu widzenia cząstek:
  - prawa fizyczne aplikowane do cząstek a nie oczek siatki (np. dyfuzja pary w powietrzu wokół kropli)
- łatwość dodawania nowych atrybutów
  - przydatne gdy np. chcemy dodać reakcje chemiczne zachodzące w kropelkach
- siatka podąża za rozwiązaniem

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Zalety podejścia lagranżowskiego

- opis mikrofizyki z punktu widzenia cząstek:
  - prawa fizyczne aplikowane do cząstek a nie oczek siatki (np. dyfuzja pary w powietrzu wokół kropli)
- łatwość dodawania nowych atrybutów
  - przydatne gdy np. chcemy dodać reakcje chemiczne zachodzące w kropelkach
- siatka podąża za rozwiązaniem
  - brak dyfuzji numerycznej

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

Zalety podejścia lagranżowskiego

- opis mikrofizyki z punktu widzenia cząstek:
  - prawa fizyczne aplikowane do cząstek a nie oczek siatki (np. dyfuzja pary w powietrzu wokół kropli)
- łatwość dodawania nowych atrybutów
  - przydatne gdy np. chcemy dodać reakcje chemiczne zachodzące w kropelkach
- siatka podąża za rozwiązaniem
  - brak dyfuzji numerycznej
  - dobra rozdzielczość tam gdzie jej potrzebujemy

UNIVERSITAS VARSOVIENSIS

definicja makra preprocesora return_macro() (C++11)

```
#define return_macro(expr) \
  -> decltype(safeToReturn(expr)) \
  { return safeToReturn(expr); }
```



Super-Droplet Method example (Arabas & Shima 2012)

- example application to 3D LES (the "RICO" set-up):

Arabas & Shima 2012, arXiv:1205.3313 (accepted to JAS)

