



Državni  
hidrometeorološki  
zavod



---

# Numeričko mezoskalno modeliranje na DHMZ-u

Kristian Horvath, DHMZ  
i modelari DHMZ-a

[kristian.horvath@cirus.dhz.hr](mailto:kristian.horvath@cirus.dhz.hr)

---

Primjena atmosferskih modela u zaštiti okoliša i ljudi  
27. studeni 2014, Kraš auditorium, Zagreb

# Razvoj istraživačkog modeliranja na DHMZ-u

---

## Povijest meteorološkog modeliranja na DHMZ-u

- 1980-: Diagnostički hidrostatički linearni i nelinearni modeli (na poticaj Vesne Jurčec)
- 1995-: ALADIN - Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational (Meteo France + 15-ak zemalja)
- 2003-: MM5 - Mesoscale Model 5 (Pennsylvania State University / National Center for Atmospheric Research, SAD)
- 2005-: COAMPS – Coupled Ocean Atmosphere Mesoscale Prediction System (U.S. Navy, SAD)
- 2007-: WRF - Weather Research and Forecasting (National Center for Atmospheric Research/National Oceanic and Atmospheric Administration, SAD)
- 2011-: ARPS – Advanced Regional Prediction System (U.Oklahoma, SAD)

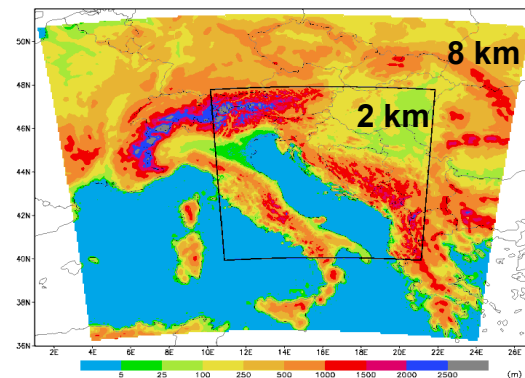
## Numeričko modeliranje na DHMZ-u danas

- Operativno (prognoza vremena): ALADIN model
- Istraživačko: WRF, COAMPS, ARPS, MM5
- Specijalističke studije: Mikroskalni modeli (WaSP)

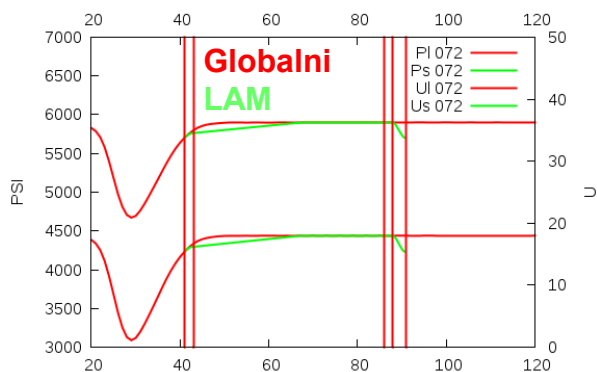
# Istraživačko modeliranje: 1D modeli

## Gniježđenje modela

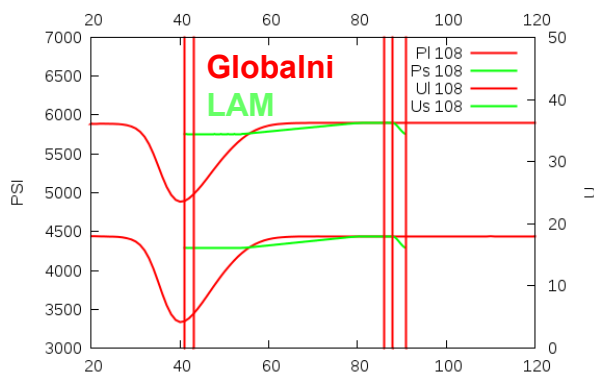
- Kratkoročna prognoza vremena se zasniva na gniježđenju globalnih i mezoskalnih modela
- Primjer: Ulazak brzne ciklone u naše područje (LAM područje)
- Pod kojim uvjetima ciklona neće biti prepoznata u lateralnim rubnim uvjetima odnosno mezoskalnoj prognozi vremena?



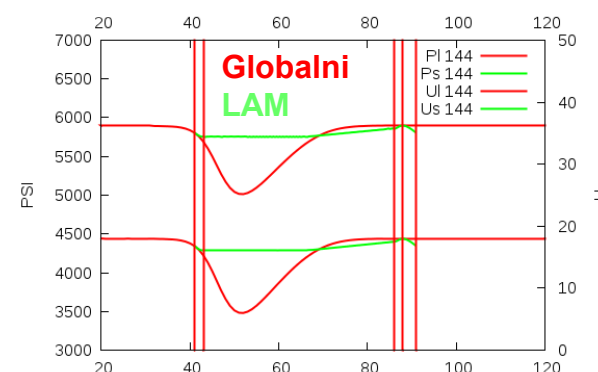
Davies 3h coupling +03h



Davies 3h coupling +04.5h



Davies 3h coupling +06h



Tudor et al., više radova

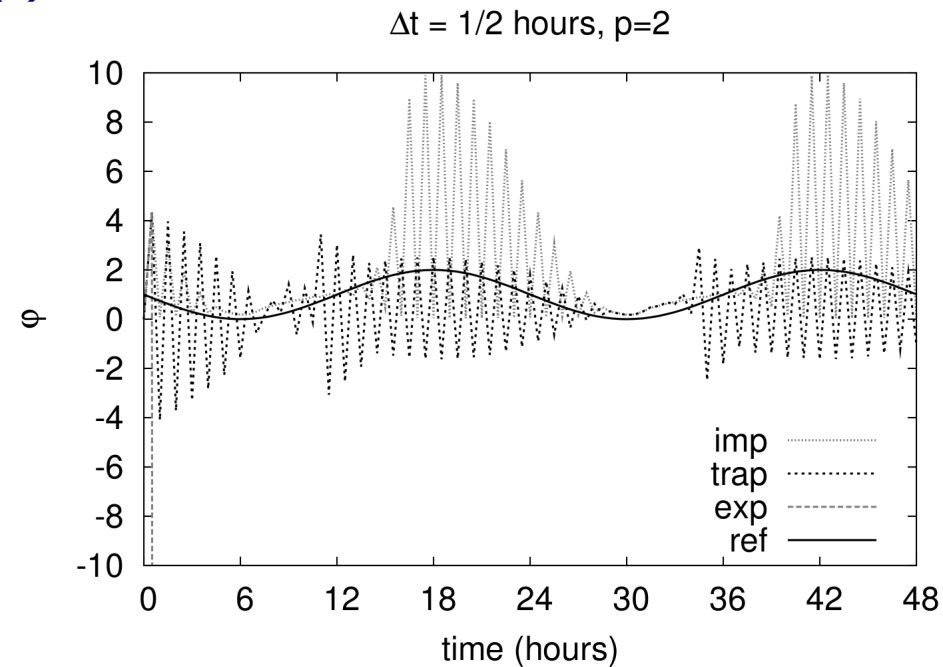
# Istraživačko modeliranje: 1D modeli

## Stabilnost numeričkih rješenja

- Ovisnost o nelinearnosti problema
- Nelinearnost se kontrolira pomoću parametra  $p$ , a intenzitet fizikalnog forsiranja funkcijom  $D(t)$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = -K\varphi^{p+1}(t) + D(t)$$

$$\frac{\varphi^{t+\Delta t} - \varphi^t}{\Delta t} = -K(\varphi^t)^p (\beta\varphi^{t+\Delta t} + (1-\beta)\varphi^t) + D^t$$



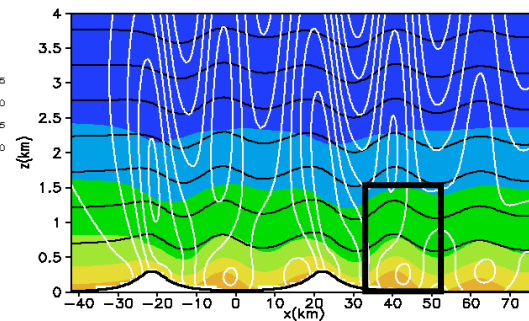
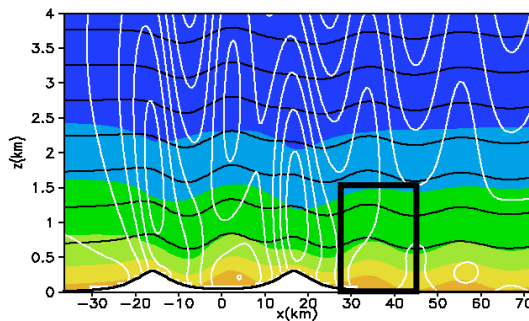
Tudor et al., više radova



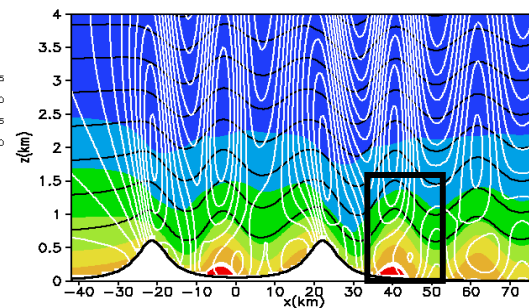
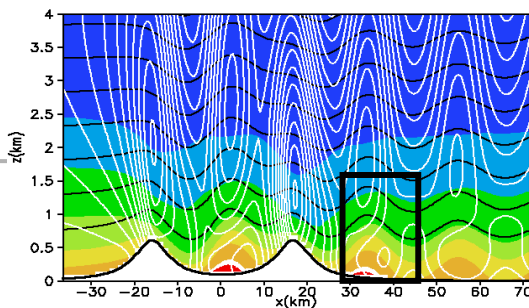
# Istraživačko modeliranje: 2D modeli

## Dinamika strujanja preko 2D orografije

- Nelinearni planinski valovi u stratificiranom fluidu
- 2D idealizirane COAMPS simulacije
- Planinski valovi i rotori: ovisnost o navjetrinskom profilu atmosfere (vjetar, stabilnost) i orografiji



Konstruktivna interferencija

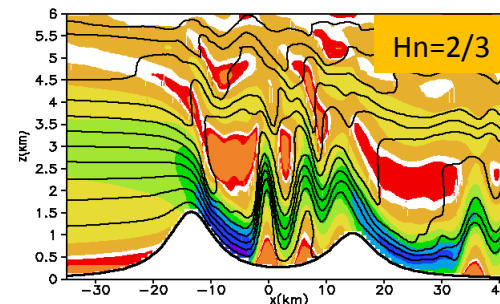
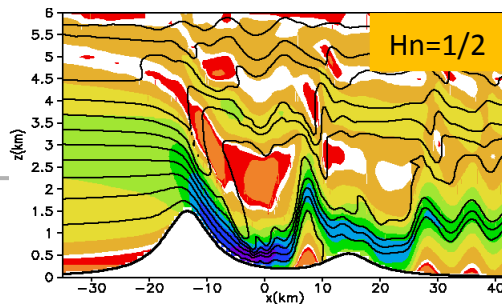
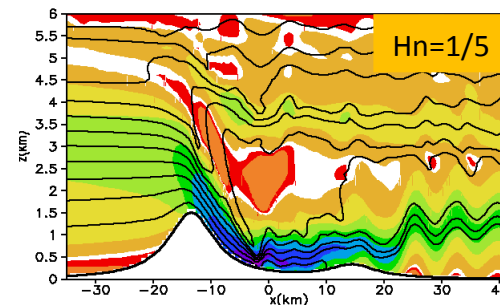
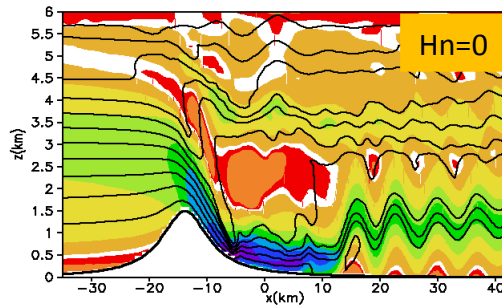
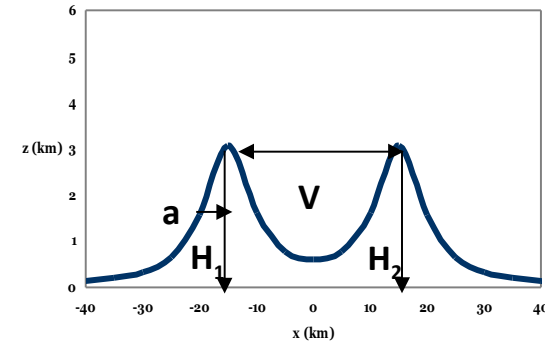


Stiperski et al.,  
više radova

# Istraživačko modeliranje: 2D modeli

## Dinamika strujanja preko 2D orografije

- Nelinearniji režim sličan buri
- Ovisno o ulaznim profilima, visini sekundarne planine i širini doline, mijenja se jačina strujanja, točka separacije graničnog sloja, jačina rotora itd.

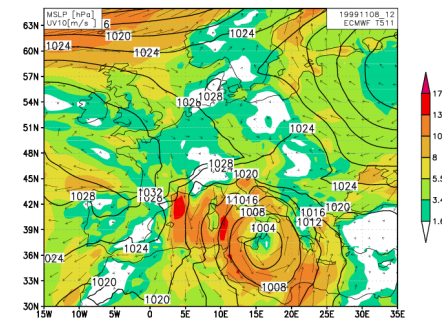
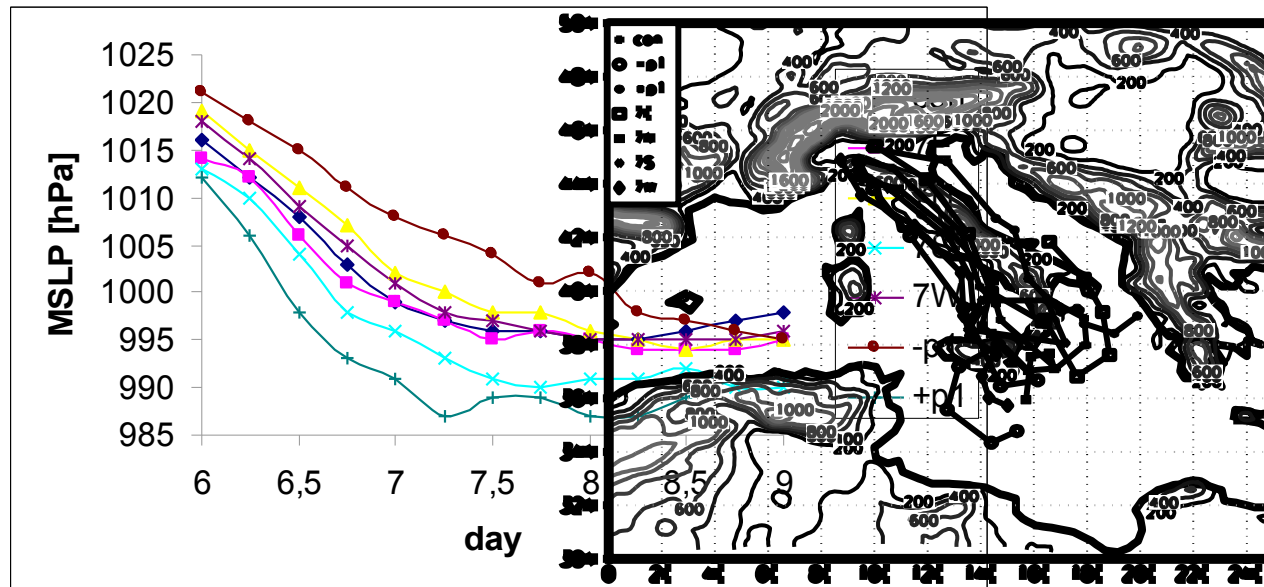
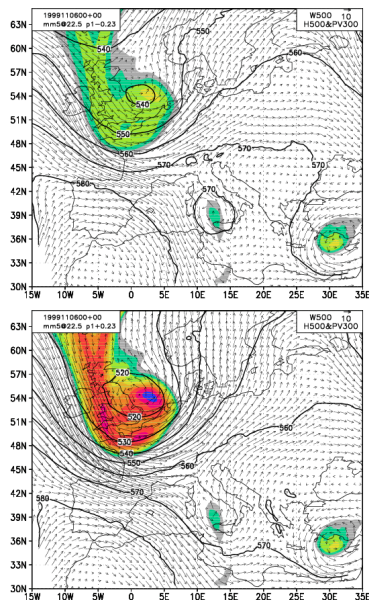


Stiperski et al.,  
više radova

# Istraživačko modeliranje: 3D modeli

## Analiza ciklonalnih poremećaja

- MM5/WRF testovi osjetljivosti na:
  - Intenzitet i položaj visinske doline
  - Orografske utjecaje
  - Prizemne tokove

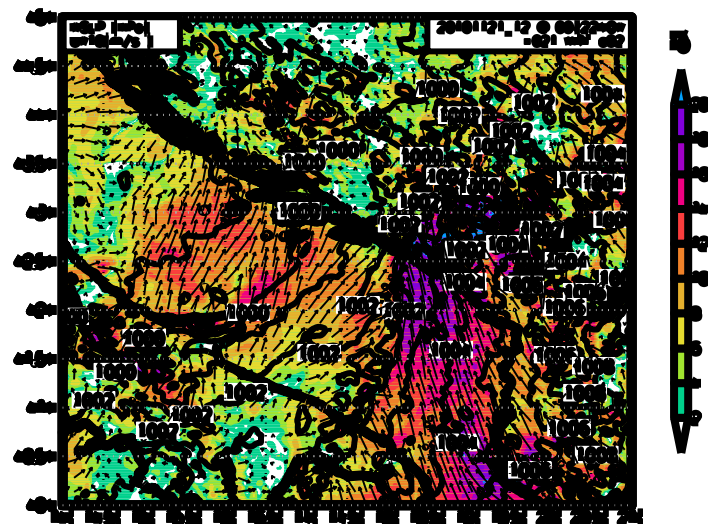
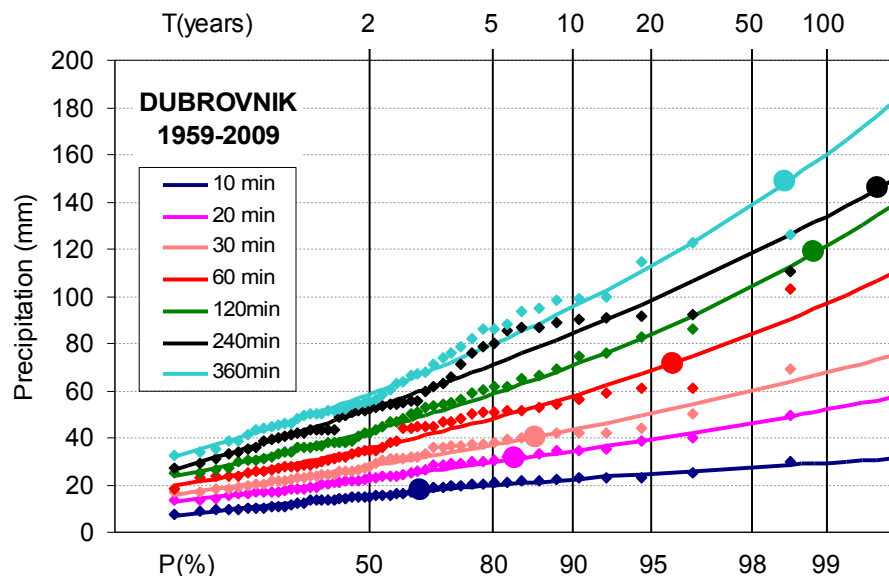


Horvath et al., više radova

# Istraživačko modeliranje: 3D modeli

## Analiza jake i ekstremne oborine

- Pr. Dubrovnik 22.11.2010. 141.5 mm/4h, Rijeka 12.9.2012. 250 mm/24h (>100 godina povratni period)
- Analiza WRF modelom: Združeno djelovanje prizemne zone konvergencije, visinske doline, orografije i tokova iz mora

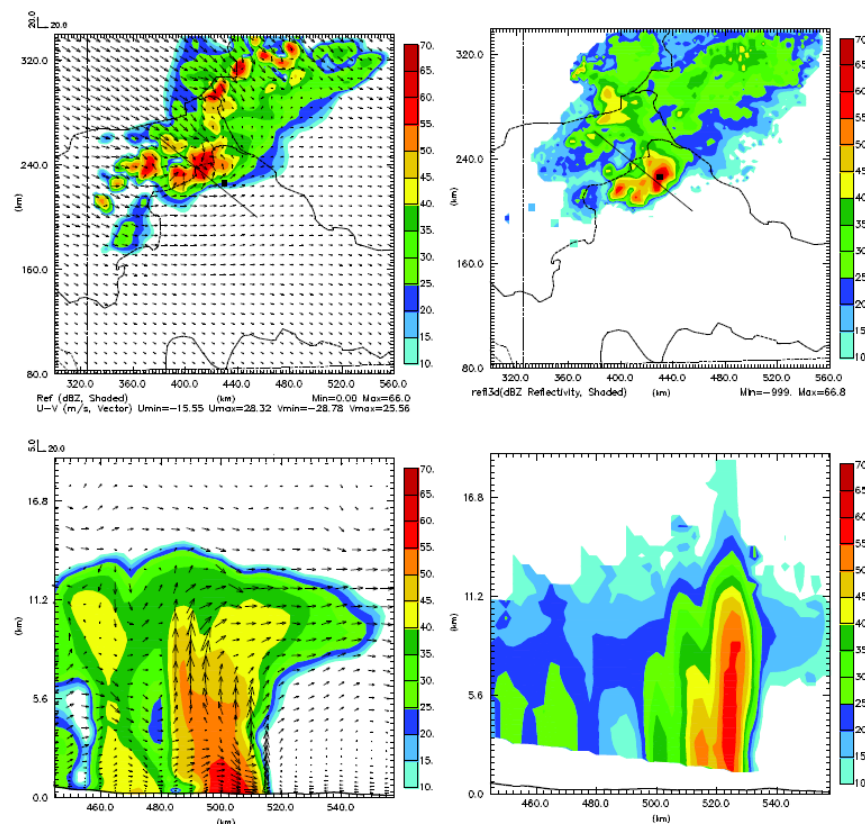


Picek et al., više radova

# Istraživačko modeliranje: 3D modeli

## Asimilacija podataka na konvektivnim skalama

- Testiranje korištenja SYNOP i radarskih podataka za numeričku prognozu konvektivne oluje 24.6.2008. u Hrvatskoj
- ARPS model: 24,8,2.5 km
- Najbolji rezultat dobiva se asimilacijom podataka i na 8km (SYNOP) i na 2 km (radar)



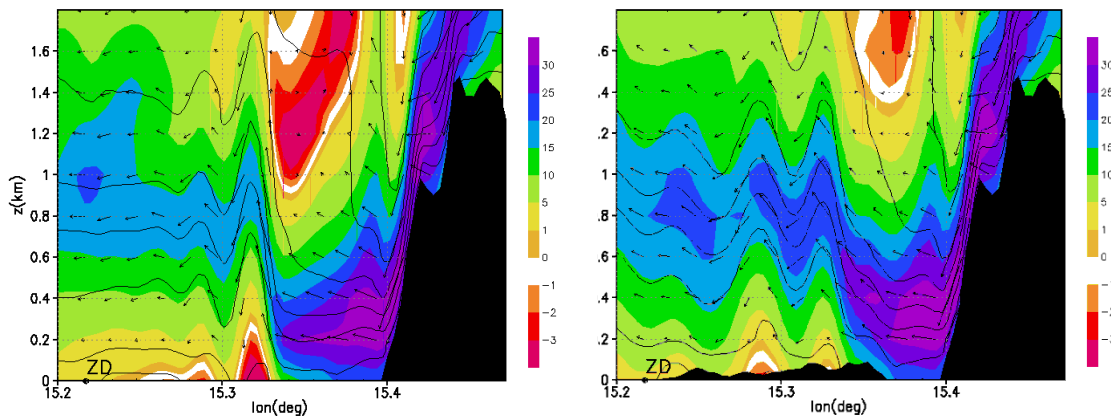


# Istraživačko modeliranje: 3D modeli

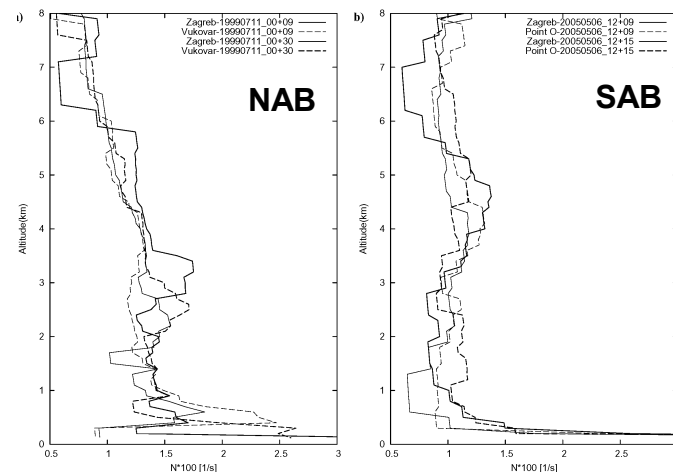
## Analiza bure

- Analiza bure duž Jadrana s naglaskom na razlike (Kvarner, Maslenica, Split, Makarska)
- ALADIN, COAMPS, WRF modeli

**Sr. Jadran**  
(mala sekundarna orografija značajno mijenja strujanje)



Omjer visine sloja bure i planine bitan parametar

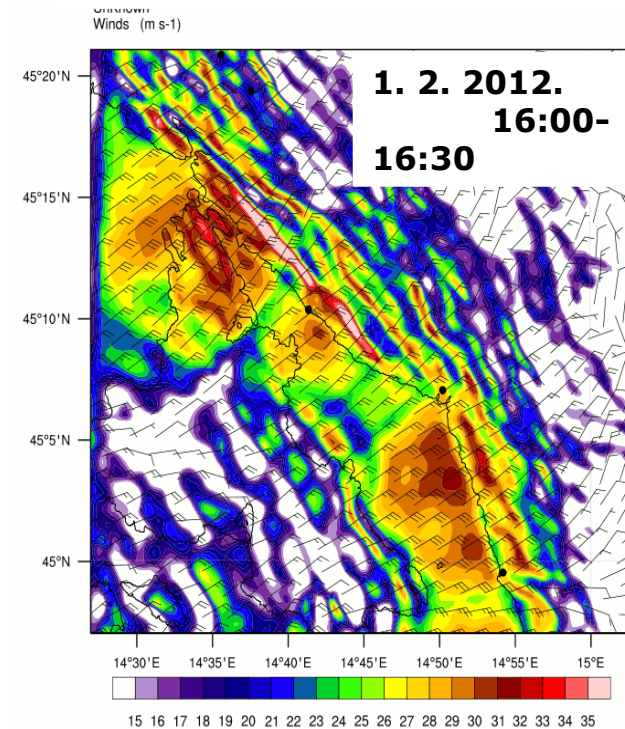
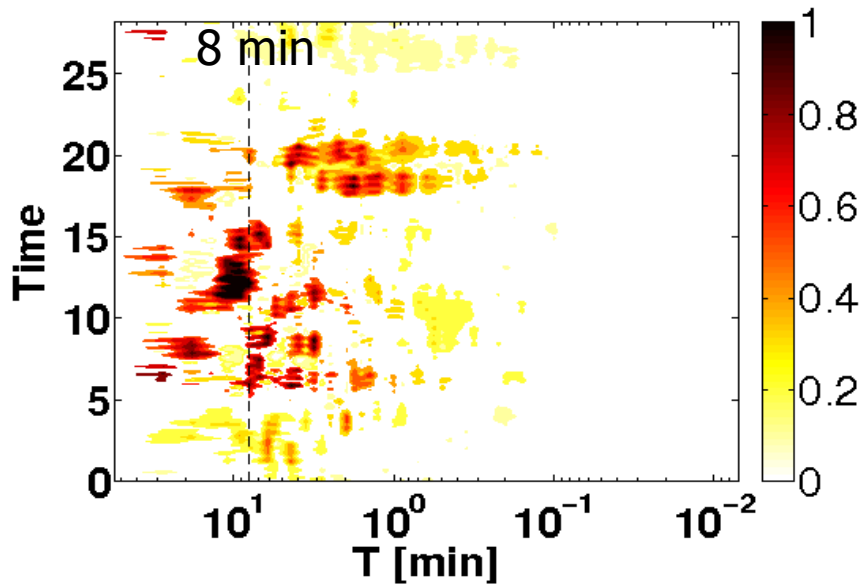


# Istraživačko modeliranje: 3D modeli

## Analiza procesa u buri: pulsacije

- Naglasak na submezoskalne procese
- WRF model (dx=333m)
- Plan: WRF-LES (dx=33m)

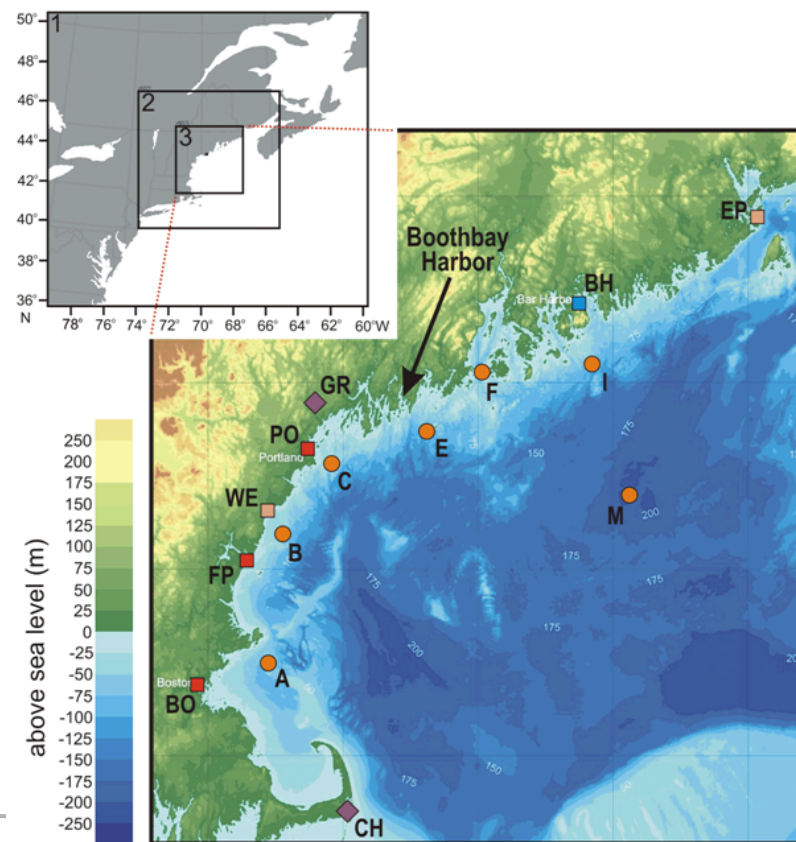
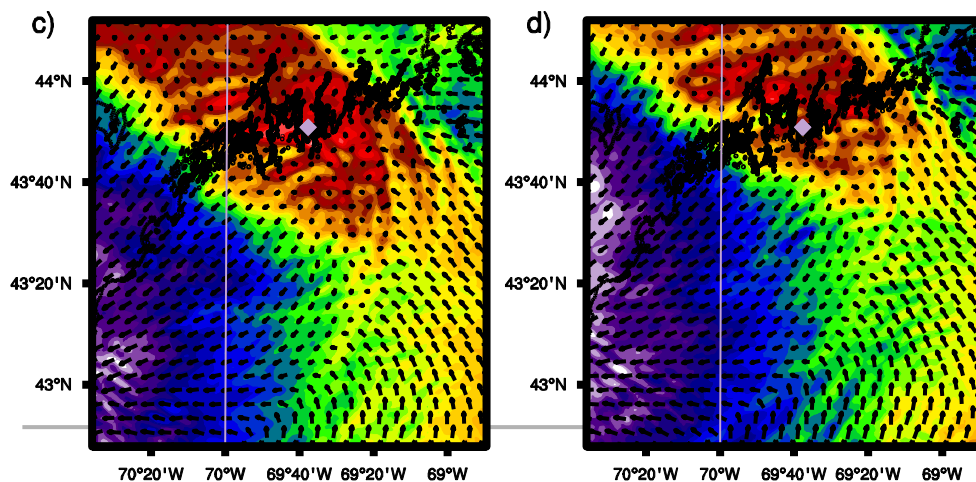
Pometeno 40m streamwise,  $f^*S(f)$



# Istraživačko modeliranje: 3D modeli

## Meteorološki tsunamiji: studija za NOAA-u

- Tsunamiji uzrokovani meteorološkim poremećajem (ITV, Cb) i uvjetima za njegovo očuvanje
- Mogu doseći valove amplitude  $> 6$  m, česti i u Jadranu
- Izazov za modeliranje (WRF) zbog malih skala (nekoliko min i km)



Primjena atmosferskih modela u zaštiti okoliša i ljudi  
27. studeni 2014, Kraš auditorium, Zagreb

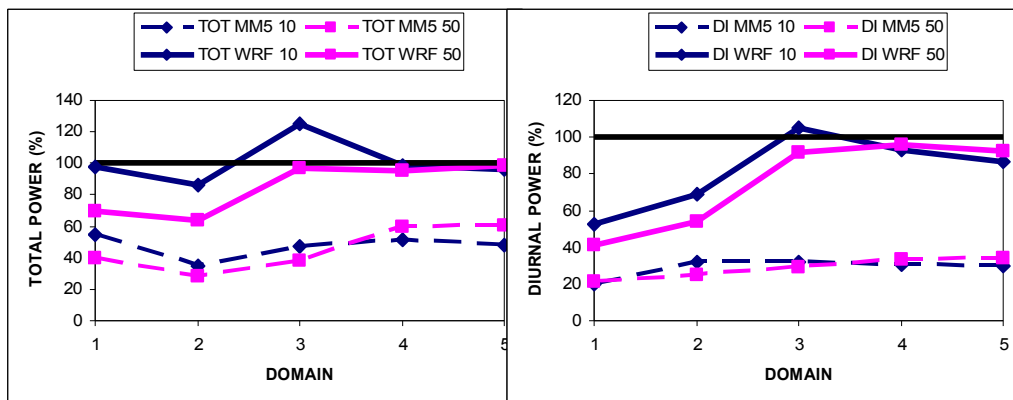
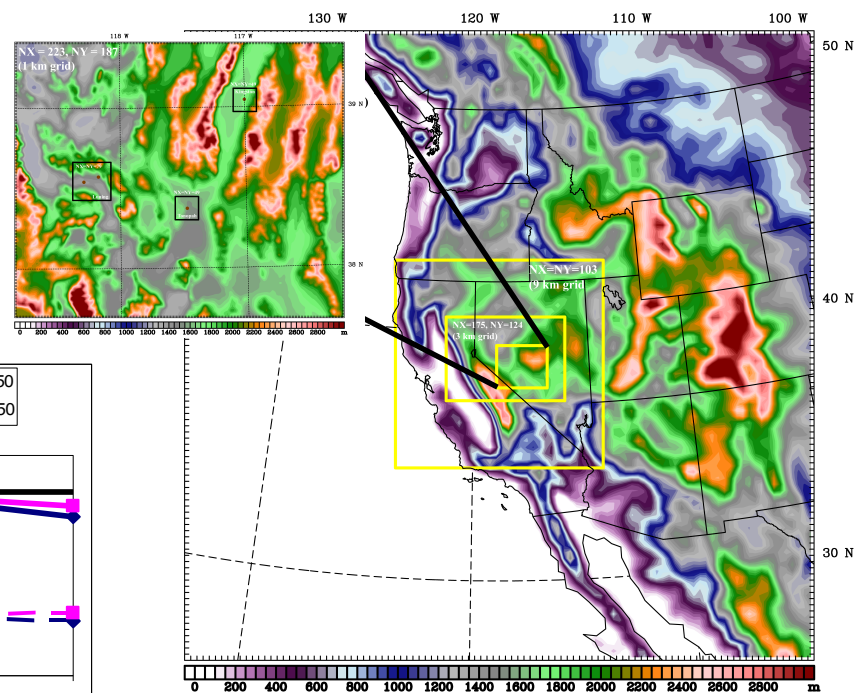
Horvath et al., više radova



# Istraživačko modeliranje: 3D modeli

## Lokalni režim vjetra: studija za NREL, DoE

- Korištenjem mezoskalnih modela simulirati resurse vjetra u Nevadi, SAD
- MM5 i WRF na  $dx=27/9/3/1$  km i 333 m, verifikacija na 50-m stupovima
- Preporuka: WRF,  $dx=1$  km



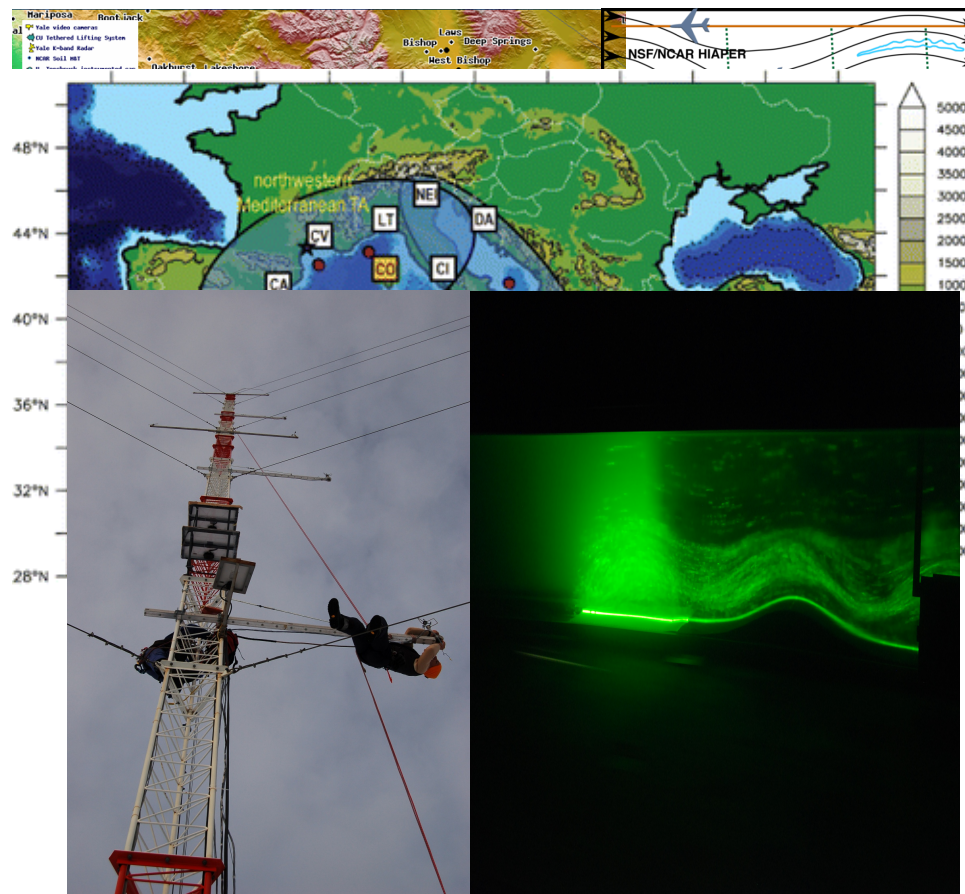
Horvath et al., više radova

Primjena atmosferskih modela u zaštiti okoliša i ljudi  
27. studeni 2014, Kraš auditorium, Zagreb

# Istraživačko modeliranje: 3D modeli

## Mjerenja

- Stručno modeliranje zahtijeva i intenzivno korištenje mjerenja
- Istraživačke mjerne kampanje:
  - 1. ALPEX, procesi u Alpama
  - 2. MAP, procesi u Alpama
  - 3. T-REX, analiza planinskih valova i rotora, SAD, 2006
  - 4. Hymex, hidrološki ciklus u Sredozemlju, 2010-2020, SOP1 u 2012: 400 setova podataka, 15 zemalja, 55 PhD studenata
  - 5. WINDEX/BORA, submezoskalni procesi i turbulencija u buri, Pometeno brdo, 2010
  - 6. Hydralab, planinski valovi i rotori, vodeni tank, 2014



# Umjesto zaključka

---

- Istraživački numerički modeli korišteni na DHMZ-u (WRF-ARW, COAMPS, ARPS, MM5) su moćan alat za istraživanja atmosferskih procesa, komplementaran istraživačkim mjerenjima
- Istraživačke simulacije često zahtijevaju velike računalne resurse
- U istraživačkom modeliranju često se zalazi u područja (npr. procesi, modelske postavke) koja nisu dobro poznata ili testirana ni od koga (npr. WRF-ARW ima zaposlena samo 2 full-timera!)
- Poznavanje ograničenja i nedostataka modela obično je proporcionalno iskustvu i stručnosti u njegovu korištenju

HVALA NA PAŽNJI!

# Numerički modeli

