



81. Latvijas Universitātes
starptautiskā zinātniskā
konference 2023



Skaitliskās
modelēšanas
institūts

Zemā līmeņa strūklu automātiska identificēšana atmosfērā Kurzemes piekrastē

Maksims Pogumirskis, Tija Sīle

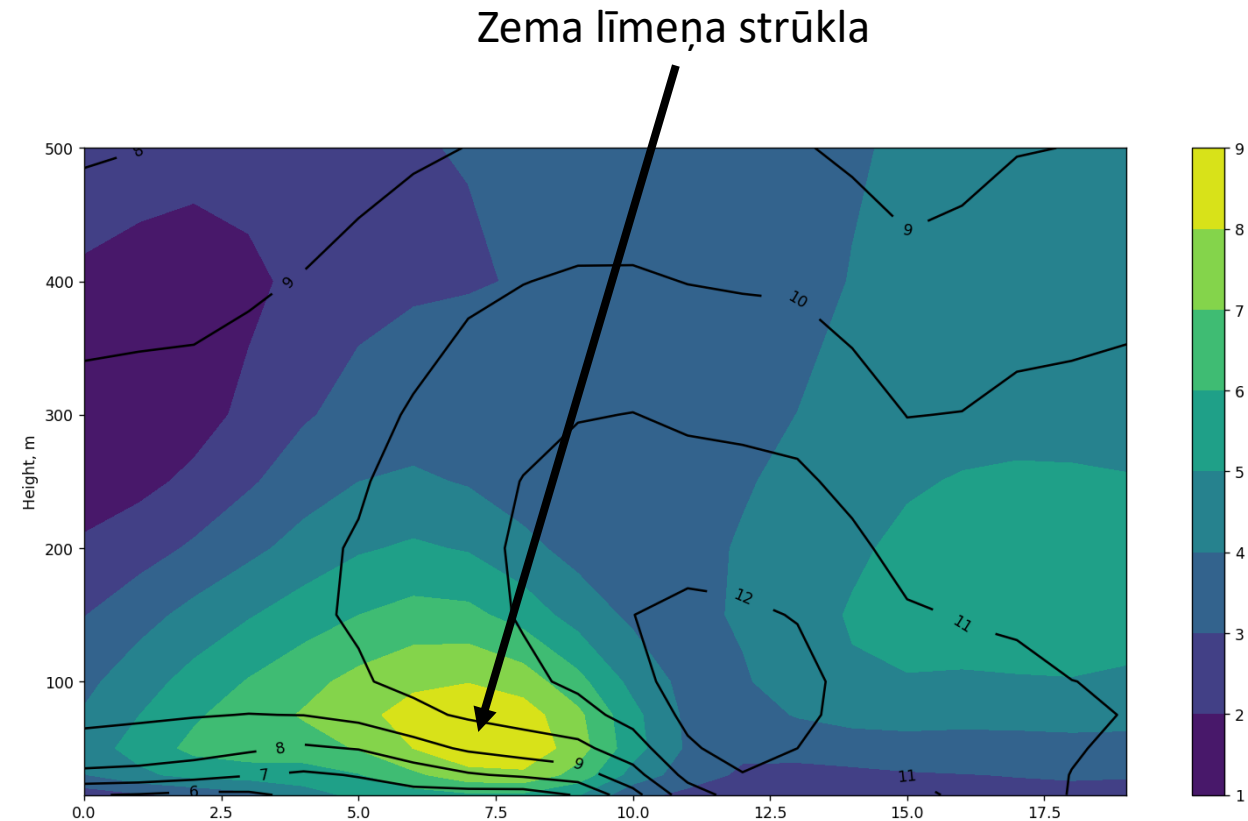
Zema līmeņa strūklas

- Tipiska situācija – logaritmiskais vēja profils

$$u \sim \log(z)$$

u – vēja ātrums, z – augstums

- Zema līmeņa strūklas – vēja ātruma maksimums zemākajos atmosfēras slāņos
- Tipiski maksimums vairāku simtu metru augstumā
- Kurzemes piekrastē – maksimums tipiski zemākajos 100 metros
- Zināmi vairāki mehānismi, kas izraisa zema līmeņa strūklas



Atmosfēras vertikālais šķēsgriezums.
Ar krāsu attēlots vēja ātrums.
Melnās līnijas – temperatūras līmeņlīnijas.

Zema līmeņa strūklu nozīme

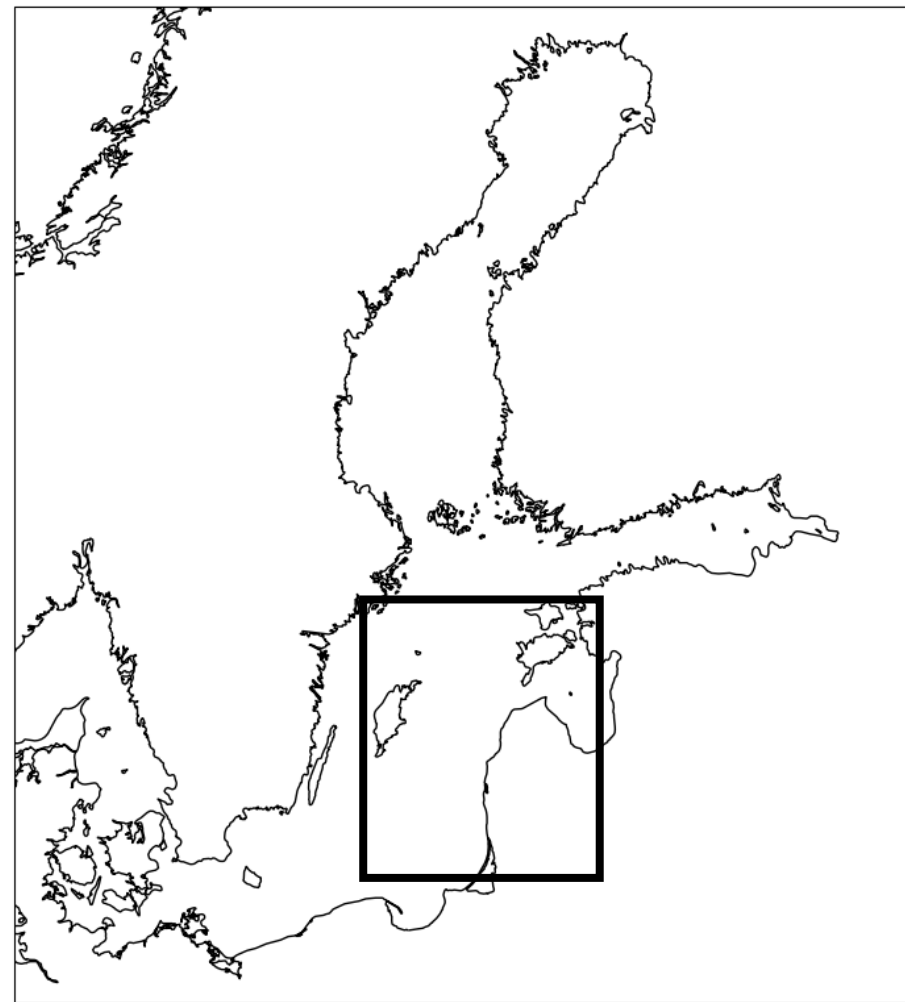
- Enerģētika
 - Lielāks vēja ātrums vēja turbīnas plaknē palielina enerģijas produkciju
 - Nevienmērīga slodze uz rotora spārniem var radīt turbīnu bojājumus
- Ietekmē laikapstākļus jūras piekrastes teritorijās
- Ietekmē jūras hidrodinamisko stāvokli
 - Glābšanas darbi
 - Piesārņojuma izplatīšanās

Mērķi

- Raksturot zema līmeņa strūklu klimatoloģiju Kurzemes piekrastē
- Sistemātiski identificēt zema līmeņa strūklu mehānismus

Izmantotie dati

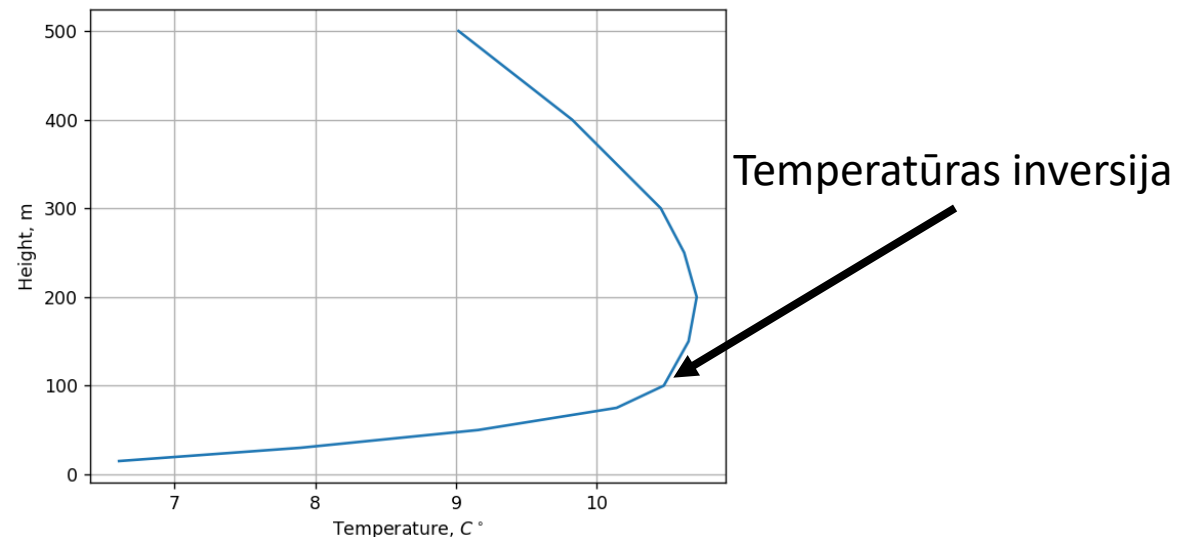
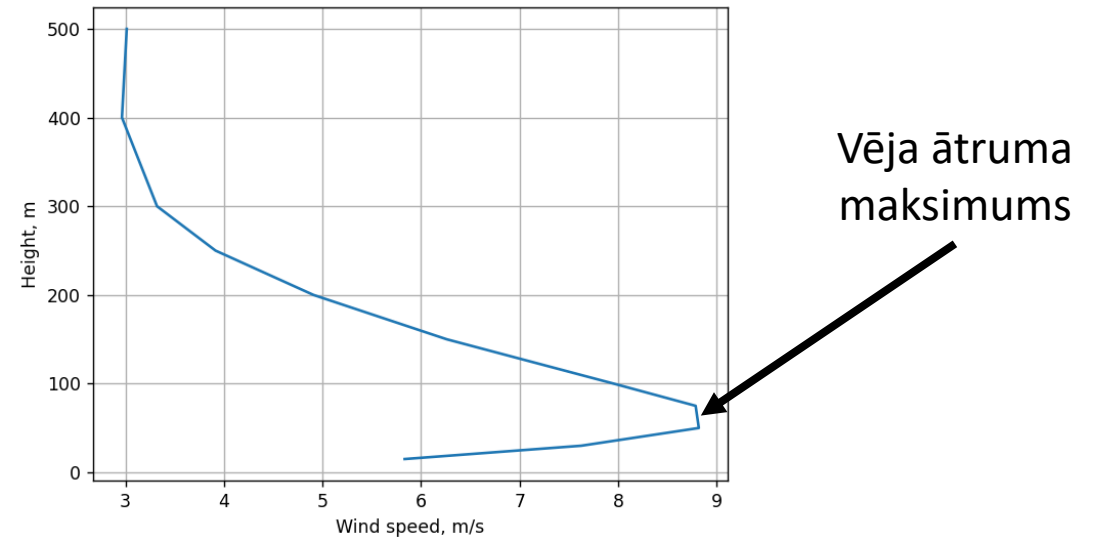
- UERRA reanalīze
(modelis, kurā asimilēti novērojumu dati)
- Laika periods no 1977. līdz 2017. gadam
- 6h laika izšķirtspēja (00, 06, 12 un 18 UTC)
- 11x11km horizontālā izšķirtspēja
- 12 vertikālie līmeņi augstumā starp 10m un 500m



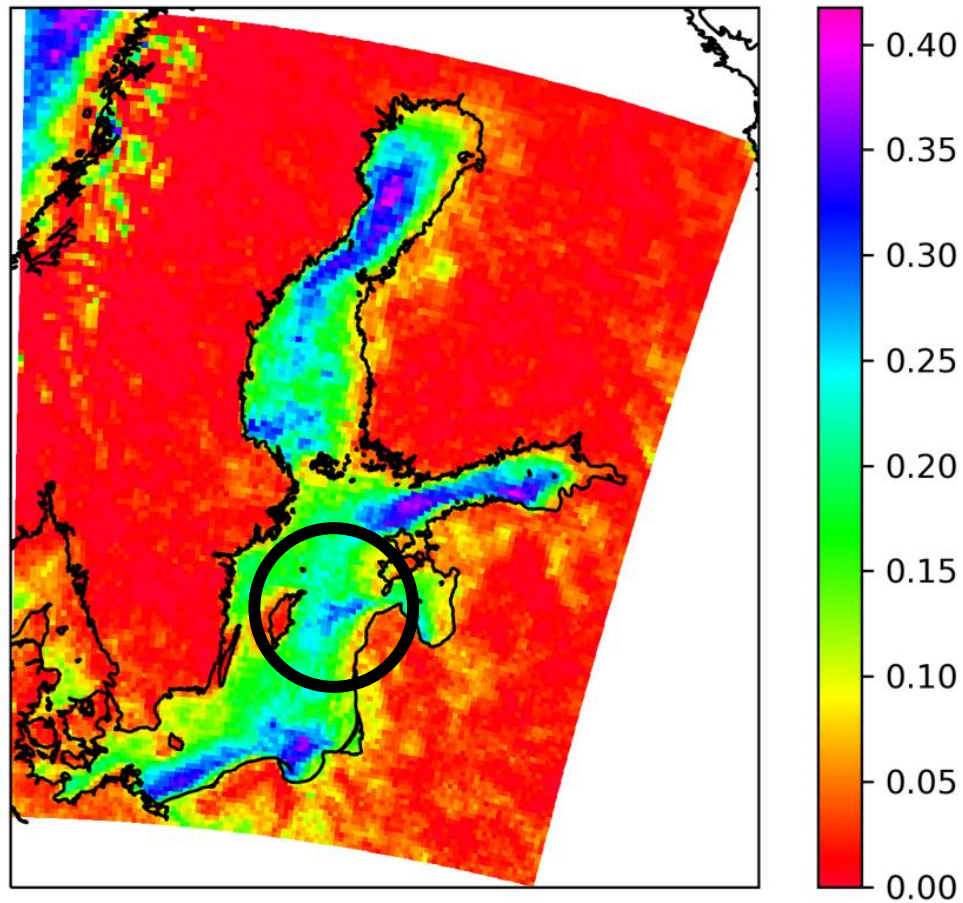
Apskatītais reģions

Algoritms zema līmeņa strūklu identificēšanai

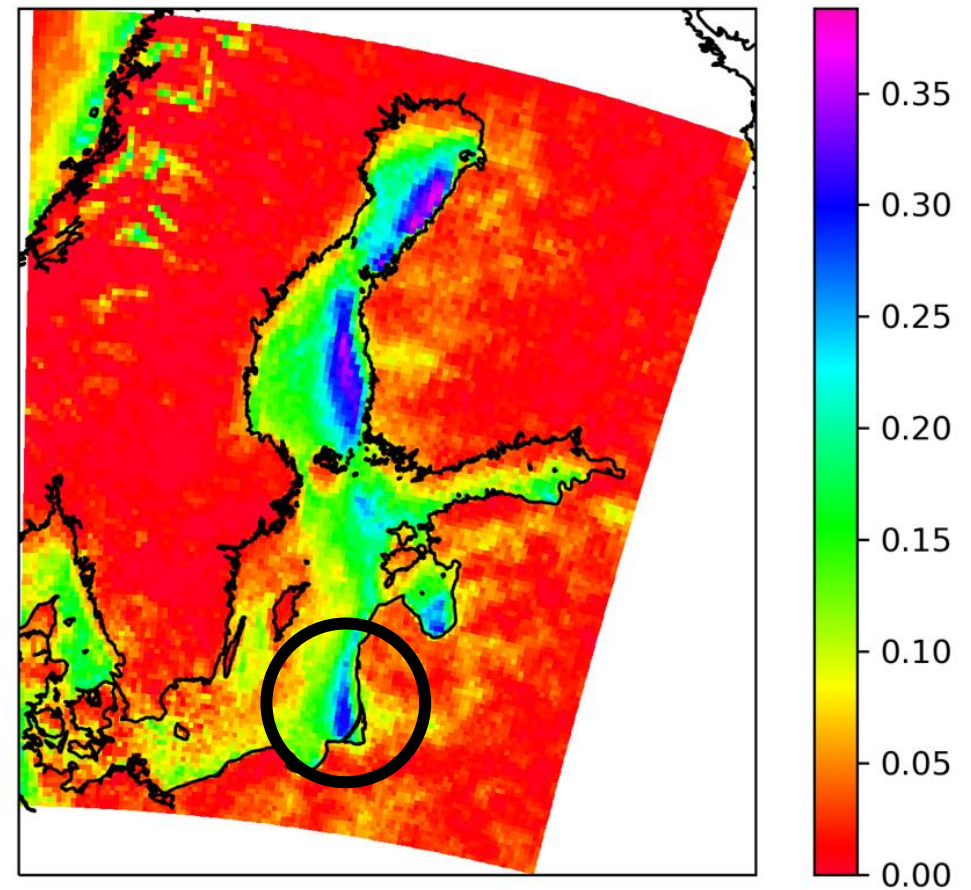
- Plaši izmantots literatūrā
- Meklē:
 - Vēja ātruma maksimums zemākajos 150m (bet ne modeļa zemākajā līmenī)
 - Temperatūra vēja ātruma maksimuma augstumā ir zemāka, nekā temperatūra divus modeļa līmeņus augstāk (lai varētu identificēt temperatūras inversiju)
 - Temperatūras maksimums nav modeļa zemākajā līmenī
- Aprēķina zema līmeņa strūklu relatīvo biežumu katrā modeļa režģa šūnā
- Gadījumi grupēti pēc vēja virziena un gada mēneša



Zema līmeņa strūklu īpatsvars pie konkrēta vēja virziena



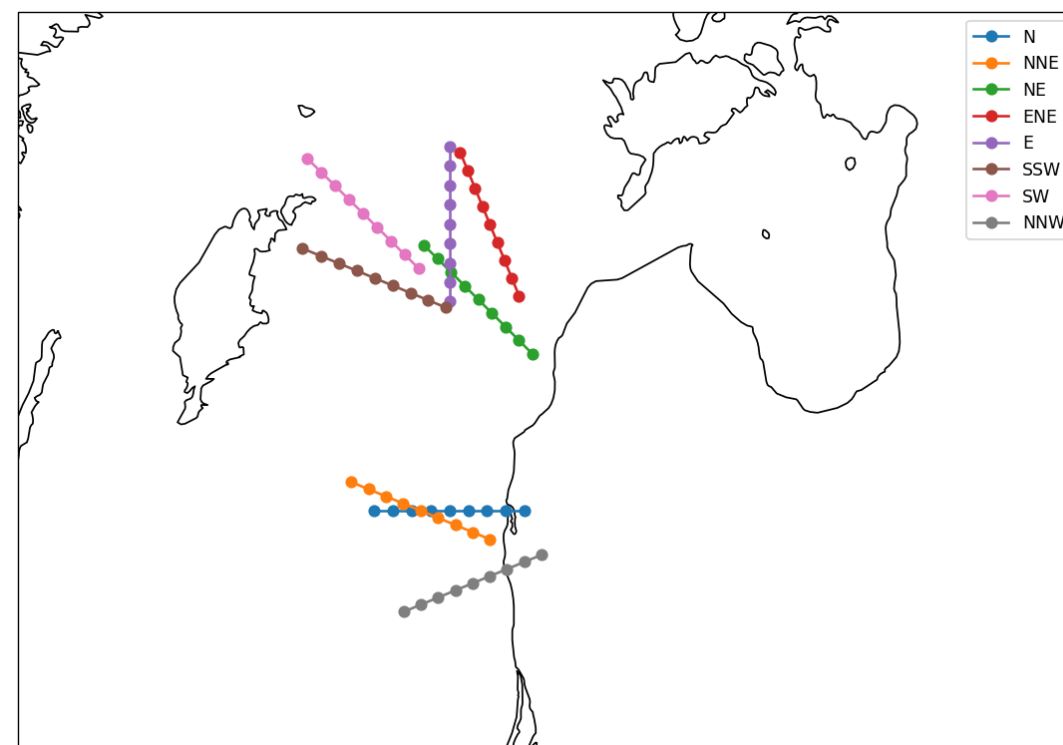
Zema līmeņa strūklu īpatsvars jūnijā gadījumos, kad pūš austrumu-ziemeļaustrumu vējš.



Zema līmeņa strūklu īpatsvars jūnijā gadījumos, kad pūš ziemeļu vējš.

Atmosfēras vertikālie šķērsriezumi

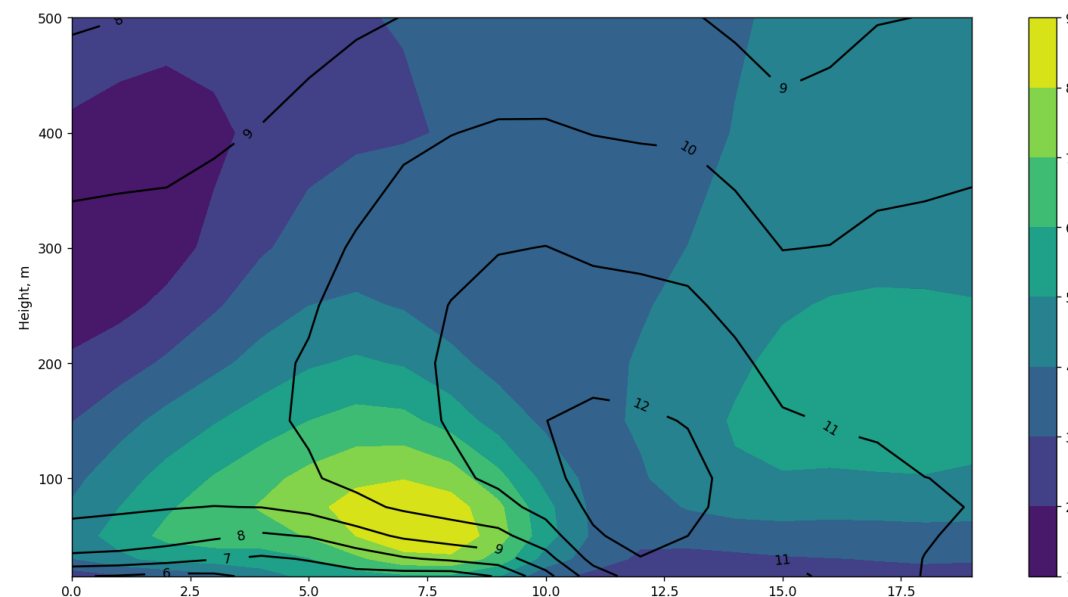
- Algoritms ļāva identificēt galvenās zema līmeņa strūklu trajektorijas, taču tas maz pasaka par zema līmeņa strūklu mehānismiem
- Manuāli izvēlēti atmosfēras vertikālie šķērsriezumi, kuros bieži ieplūst zemo līmeņu strūklas
- Temperatūra, vēja ātrums un atmosfēras spiediens interpolēti uz jaunā režģa
- Uz interpolētajiem atmosfēras šķērsriezumiem pielietota **Principiālo Komponentu Analīze**



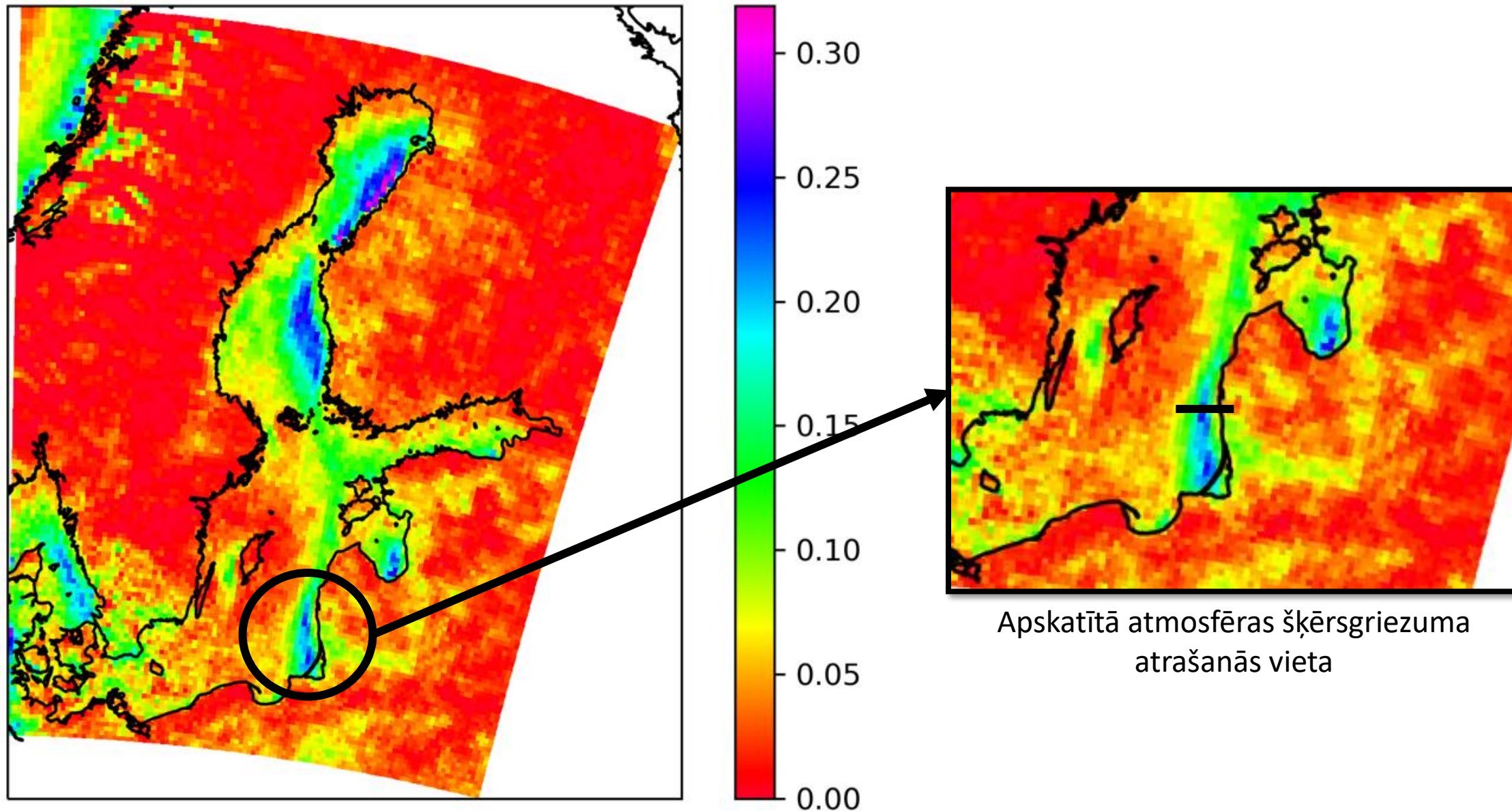
Apskatīto atmosfēras vertikālo šķērsriezumu atrašanās vietas

Principiālo komponenteņu analīze (PCA)

- Atmosfēras vertikālajā šķērsgriezumā meteoroloģiskie parametri ir telpiski korelēti
- PCA ļauj identificēt galvenās meteoroloģisko parametru telpiskās sakarības
- Pielieto PCA atsevišķi katram šķērsgriezumam, katram meteoroloģiskajam parametram atsevišķi
 - Vēja ātrums
 - Ģeostrofiskā vēja ātrums
 - Ģeostrofiskis vējš – spiediena gradienta un Koriolisa spēki līdzsvarā
 - Temperatūra
- Katram šķērsgriezumam apskatīti tikai gadījumi, kad vēja virziens ir perpendikulāri tiem

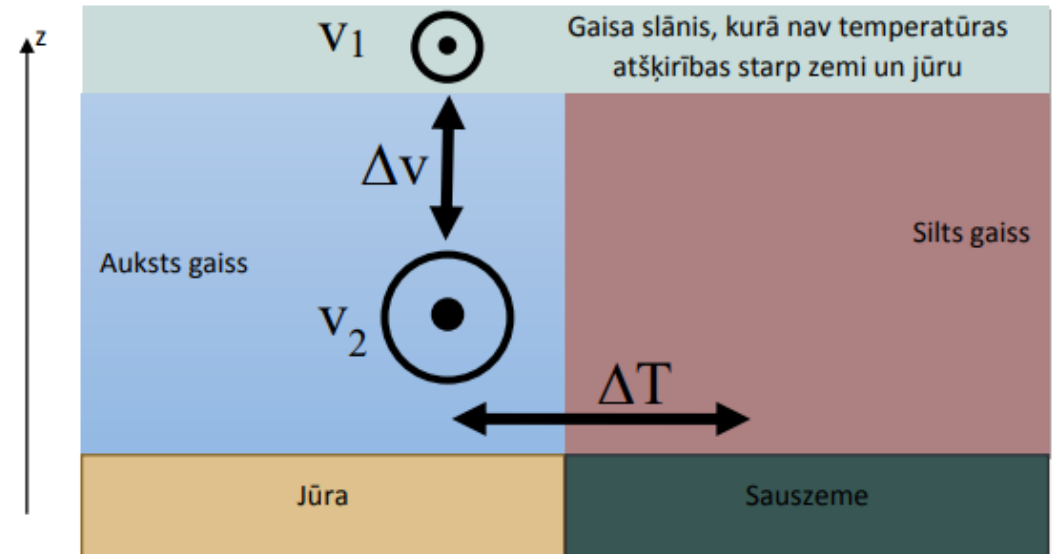


Piekrastes zema līmeņa strūkļas



Termālā vēja sakarība

- Vasarā pa dienu gaiss virs sauszemes uzsilst ātrāk, nekā virs jūras
- Lielāks temperatūras gradients horizontālā virzienā izraisa lielāku ģeostrofiskā vēja ātruma gradientu vertikālā virzienā
- Berzes dēļ vēja ātruma maksimums nav pie pašas Zemes virsmas



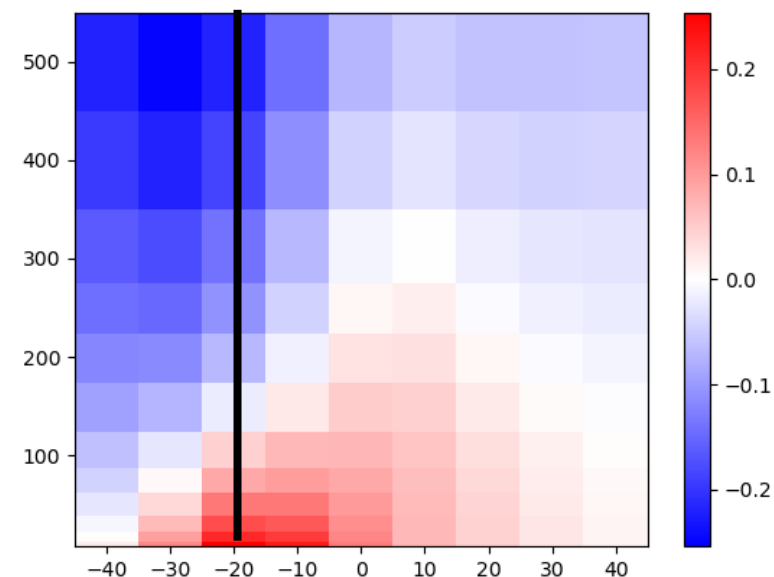
$$\frac{\partial v}{\partial z} = \frac{g}{fT} \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_p$$

$$\frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{g}{fT} \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_p$$

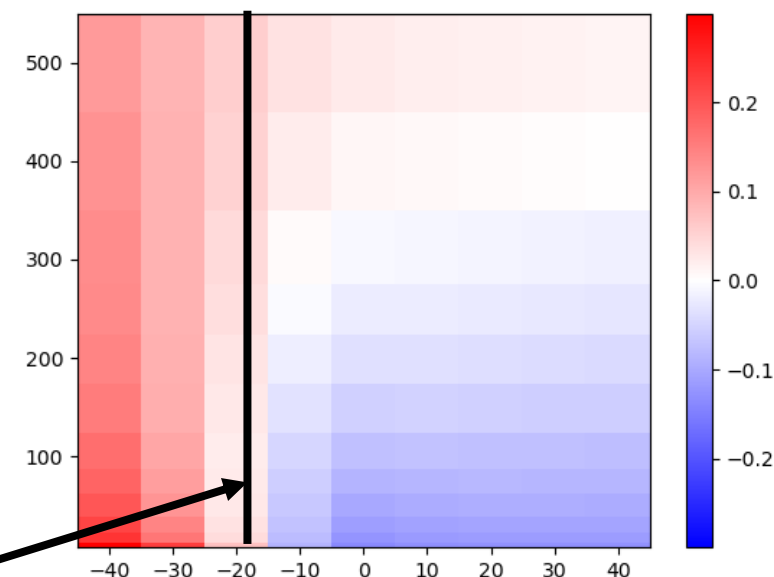
PCA rezultāti

- Lielāka temperatūras starpība starp jūru un sauszemi korelēta ar lielāku ģeostrofiskā vēja ātrumu piekrastē apakšējos modeļa līmeņos
- Sakarība ir izteikta no aprīļa līdz septembrim pulksten 12:00 UTC

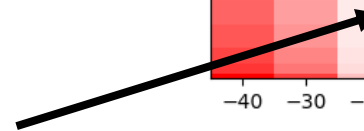
Ģeostrofiskā vēja ātrums



Temperatūra

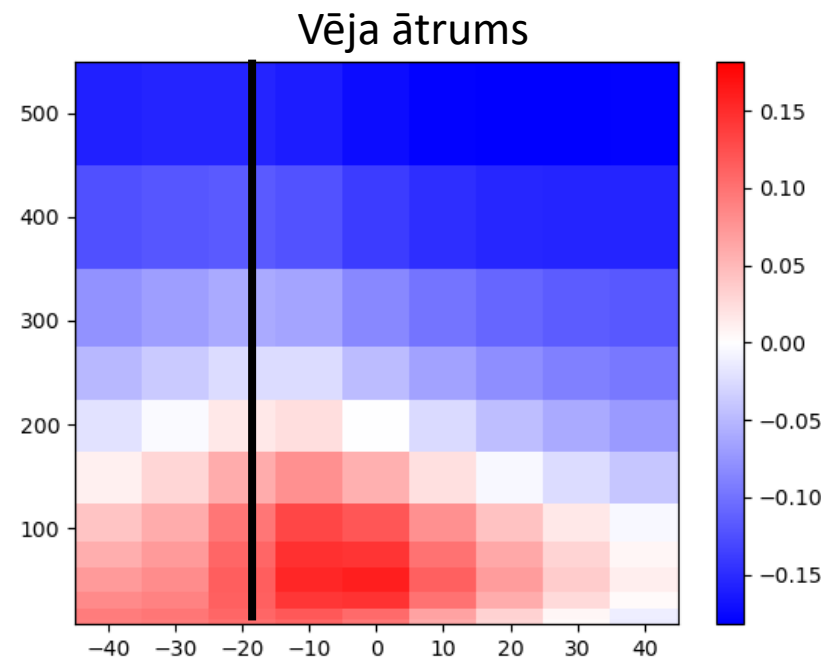
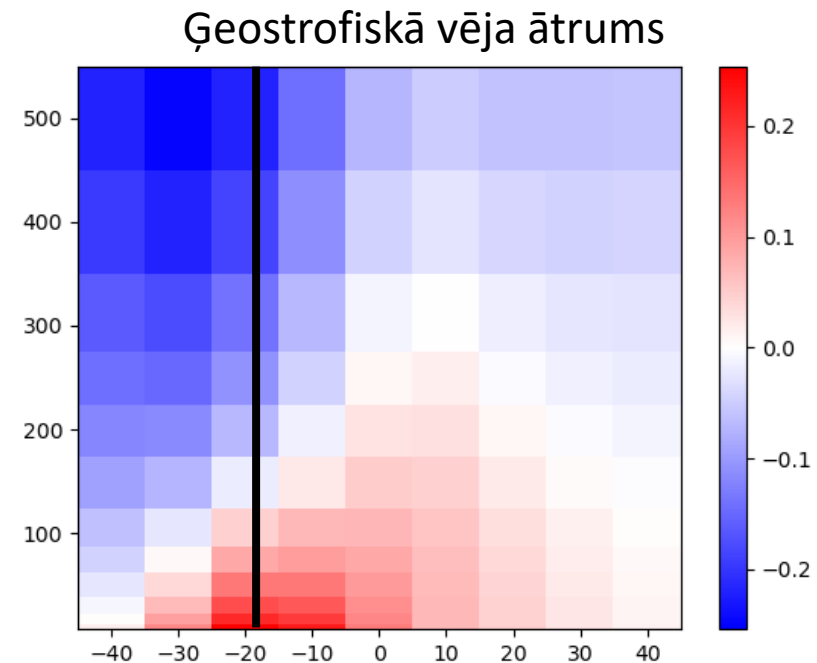


Krasta līnija

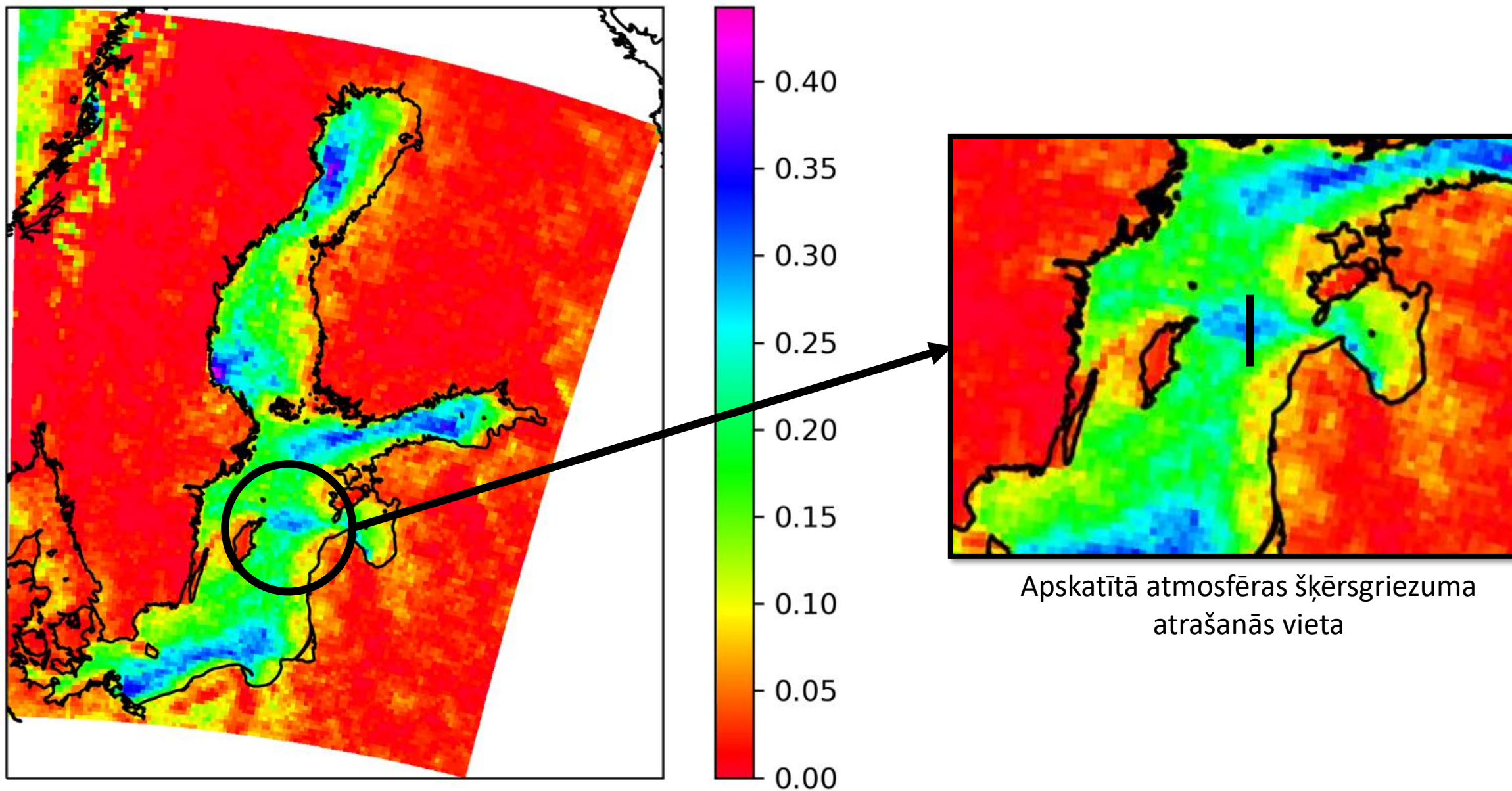


PCA rezultāti

- Ģeostrofiskā vēja ātrums piekrastē, zemākajos modeļa līmeņos korelēts ar vēja ātrumu 30–100m augstumā
- PCA identificētās sakarības izskaidrojamas ar termālā vēja mehānismu

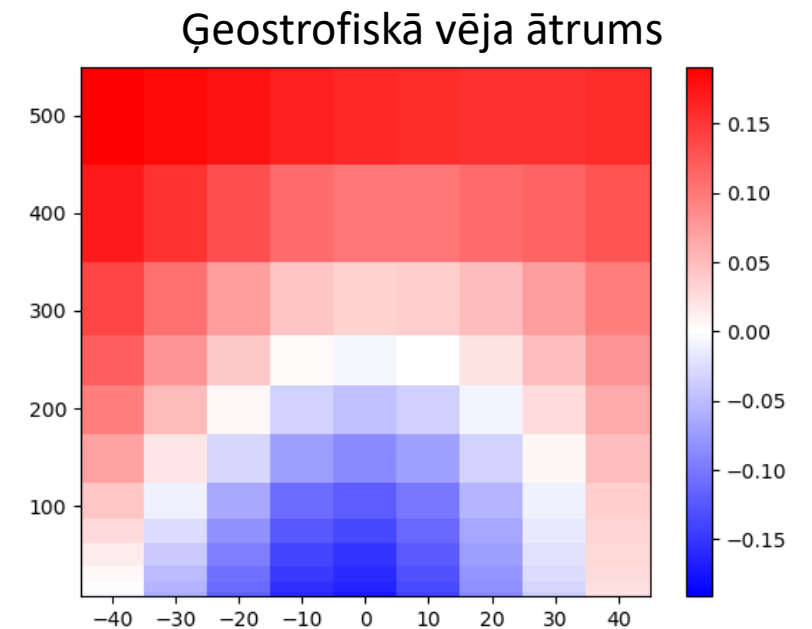
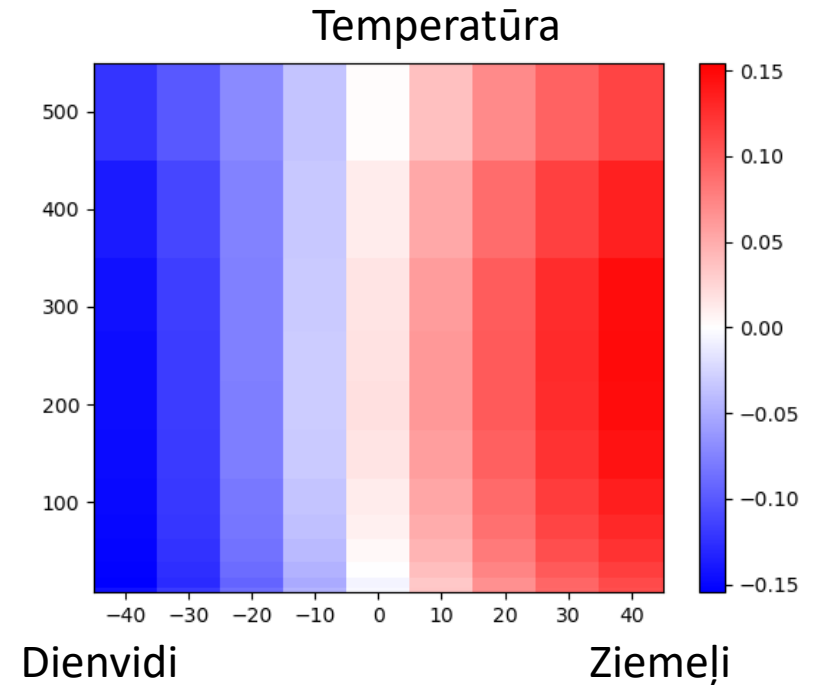


Zema līmeņa strūklas



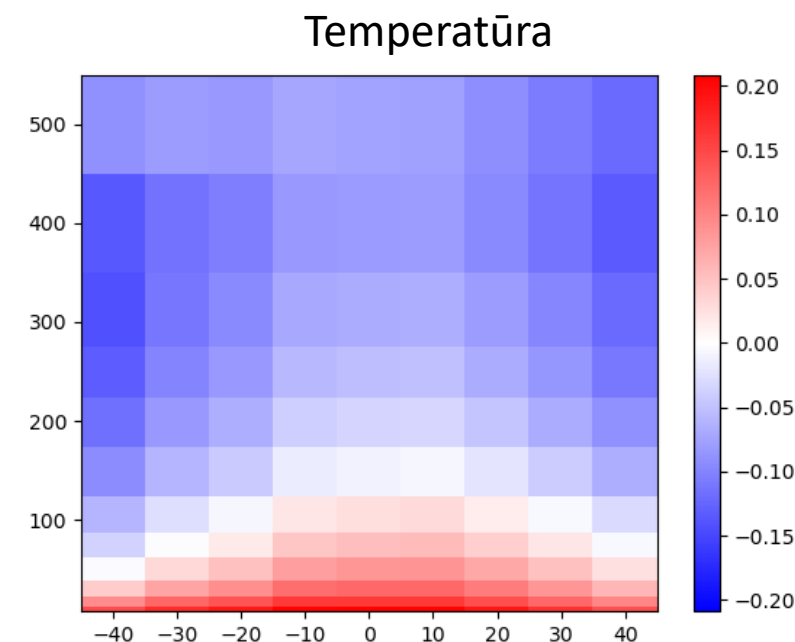
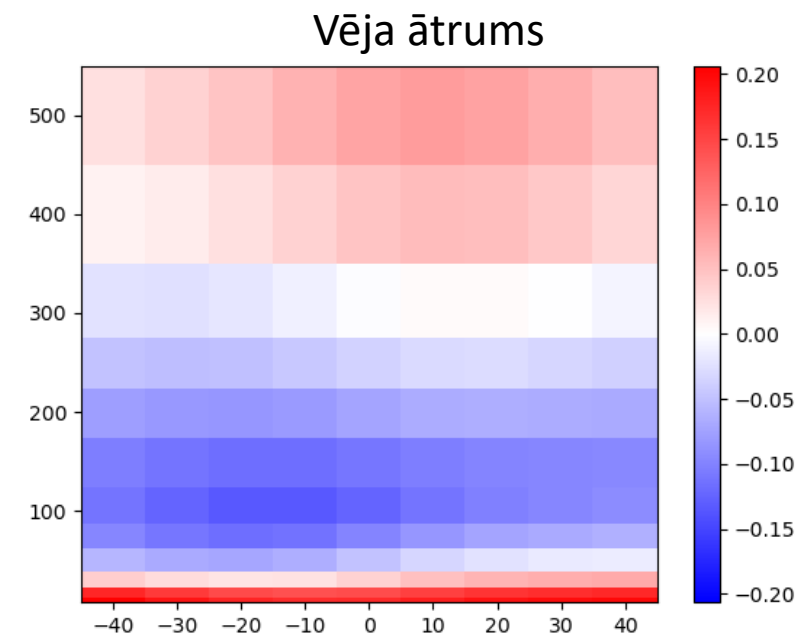
Termālā vēja mehānisms

- Temperatūras gradients korelēts ar ģeostrofiskā vēja ātrumu pie jūras virsmas
- Šajā gadījumā ģeostrofiskā vēja ātruma maksimums pie jūras virsmas korelēts ar temperatūras gradientu virzienā no ziemeļiem uz dienvidiem
- Temperatūras gradients nav tieši saistīts ar piekrastes tuvumu
- Šajā gadījumā parādībai nav izteikta diennakts vai sezonālā cikla



PCA rezultāti

- Vēja ātruma maksimums $\approx 100\text{m}$ augstumā korelēts ar zemāku temperatūru apakšējos slāņos (temperatūras inversiju)
- Mehānisms:
 - Temperatūras inversijas dēļ atmosfēra kļūst stabila
 - Samazinās turbulenta berzes spēks
 - Sinoptiskā spiediena gradienta dēļ pieaug vēja ātrums
- Parādība novērojama no marta līdz septembrim, īpaši izteikta nakts stundās



Secinājumi

- Zema līmeņu strūklu atpazīšanas algoritms, grupējot gadījumus atkarībā no vēja virziena ļāva identificēt galvenās zema līmeņu strūklu trajektorijas Kurzemes piekrastē
- PCA ļāva identificēt galvenās meteoroloģisko parametru telpiskās sakarības, kas tika sasaistītas ar literatūrā aprakstītajiem zema līmeņa strūklu mehānismiem
- Pētījums tiks turpināts, fokusējoties uz pilnīgāku zema līmeņa strūklu mehānismu izprašanu
- Reanalīzē identificētos zema līmeņa strūklu gadījumus būtu nepieciešams verificēt ar satelīta novērojumu datiem

Paldies par uzmanību!
Jautājumi?