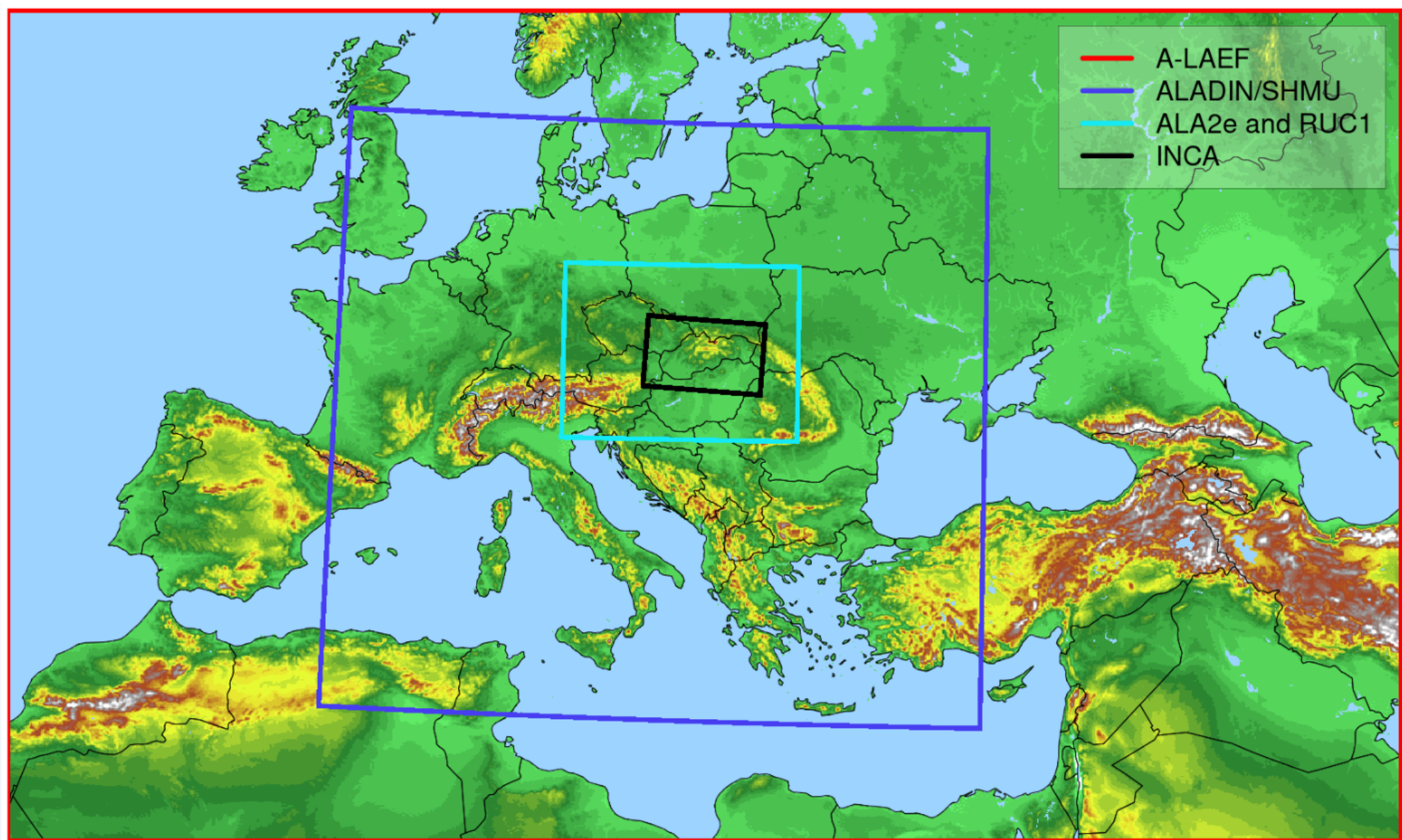


Vývoj a prevádzka numerických modelov na ohraničenej oblasti na SHMÚ začala už v 90. rokoch minulého storočia v spolupráci s medzinárodnými konzorciami ALADIN (ACCORD) a RC LACE. V súčasnosti sa operatívne používajú deterministický model ALADIN/SHMU a ansámbový systém A-LAEF, ktoré sú hydrostatické a počítajú sa na doménach pokrývajúcich rôzne časti Európy vyobrazených na obr. 1 (horizontálne rozlíšenie 4.5 resp. 4.8 km). Nehydrostatický model ALA2e s rozlíšením 2 km je určený na upresnenie vstupov do chemicko-transportného modelu CMAQ a pre vydávanie predpovedí a výstrah na SHMÚ. Zároveň sa testuje model s cyklom zrýchlenej aktualizácie (RUC/SHMU) s rozlíšením 1 km pre účely veľmi krátkodobej predpovede počasia a nowcastingu. Do tohto modelu vstupujú najčerstvejšie dáta z prízemných meraní ako aj z vyšších vrstiev atmosféry a výpočet sa púšťa každú hodinu. Všetky vyššie uvedené systémy používajú fyzikálnu parametrizáciu a kanonickú konfiguráciu s názvom ALARO-1 (Termonia et al., 2018) so sofistikovanými schémami pre modelovanie vplyvu vertikálne mohutnej konvekcie, turbulencie a mikrofyziky.

Výstupy z numerických predpovedných modelov počasia poskytujeme ďalším odborným pracoviskám SHMÚ, kde sú použité pri príprave predpovedí počasia (synoptika, letecká meteorológia), alebo vstupujú do iných modelov (hydrologických, kvality ovzdušia). Naše údaje ďalej slúžia na vytváranie dedikovaných produktov pre interných aj externých odberateľov, napr. pre cestárske modely, modely pre predpoveď šírenia rádioaktívnych látok, predikciu spotreby elektrickej energie a pod. V ostatnom čase tiež naše historické numerické predpovede poskytujú vstupné dáta pre rôzne pilotné projekty na tréning umelej inteligencie.

V súčasnosti zameriavame naše aktivity na skvalitnenie výstupov numerických modelov na predpovedanie extrémnych javov. Okrem základných meteorologických parametrov ako teplota, vlhkosť, vietor a zrážky pripravujeme viaceré diagnostické parametre. Spomedzi nich predpoveď zaťaženia elektrických vedení pri výskyte ľadovice alebo lepkavého snehu (obr. 2), maximálneho subgridového vetra (obr. 3), predpovede dohľadnosti alebo indexov pre výskyt nebezpečnej konvekcie. Nové verzie modelu umožňujú aktiváciu nových sofistikovaných fyzikálnych schém. Testy v situáciách s intenzívnymi búrkami ukazujú, že mikrofyzika – obzvlášť parametrizácia krúpok – môže hrať podstatnú úlohu pri zosilnení výtokov a predpovedí silných nárazov vetra (obr. 6). V experimentálnom štádiu sú predpovede modelov v hektometrickom rozlíšení (250 m – 750 m), ktoré sa testujú aj v spolupráci s hydrologickou predpovednou službou a ich výstupy sa skúšali v hydrologických modeloch (HBV). Verejnosti sme predstavili novú modernú vizualizáciu bodových meteorologických predpovedí formou interaktívnych epsgramov (obr. 5). Tieto zobrazujú aj informáciu o neistote numerických predpovedí.



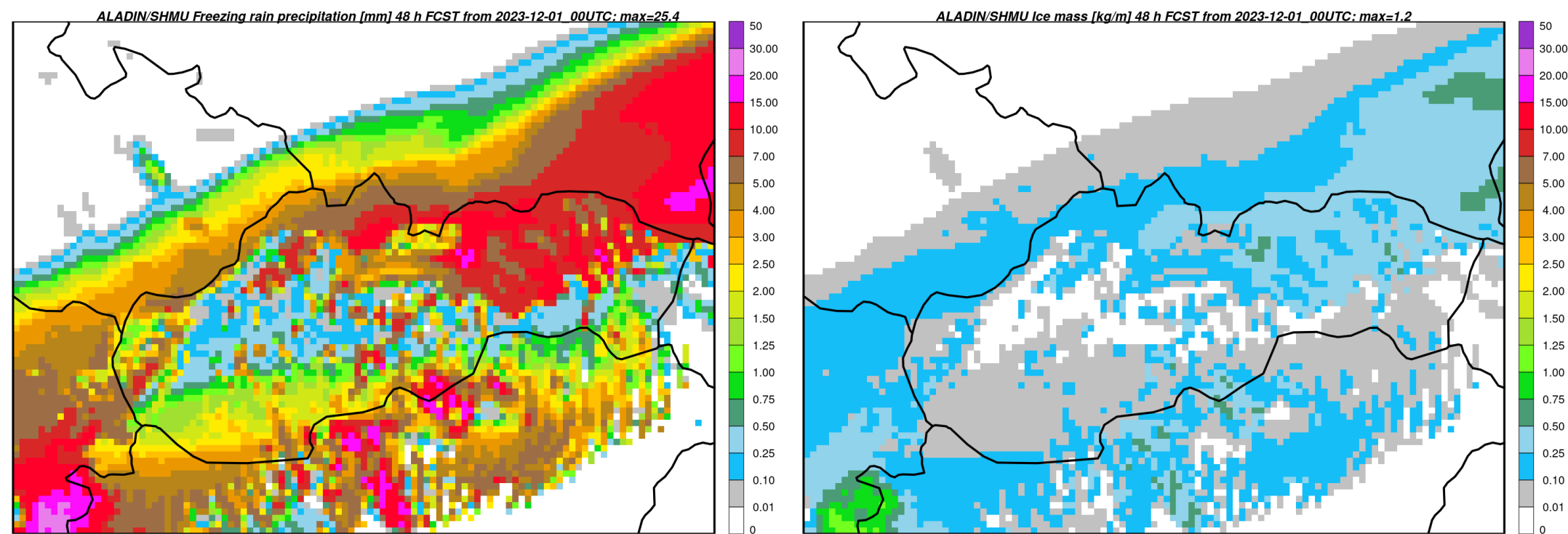
Obr. 1: Vizualizácia domén jednotlivých systémov

Operatívne numerické predpovedné systémy na SHMÚ

	A-LAEF	ALADIN/SHMU	ALA2e	RUC1/ALA1
status	operatívny (spoločné pre RC LACE)	operatívny	operatívny	testovací
verzia kódu	CY40T1bf07+	CY46t1bf07	CY43T2bf11	CY46t1bf07
fyzika	ALARO-1vB (multifyzika + surface SPPT)	ALARO-1vB	ALARO-1vB	ALARO-1vB
priestorové rozlíšenie	4.8 km	4.5 km	2.0 km	2.0 km
počet bodov	1250 x 750	625 x 576	512 x 384	1024 x 768
vertikálne hladiny	60	63	87	87
časový krok	180s	180s	90s	30s
frekvencia predpovede	00, 12 UTC	00, 06, 12, 18 UTC	00, 12 UTC	každú hodinu
dĺžka predpovede	72h	78h / 72h / 72h / 60h	72h	12h
riadiaci model	ECMWF ENS, 6h (c903@cy48r2, s časovým oneskorením, TCC)	ARPEGE, 3h (long & short cut-off)	ECMWF 3h (s časovým oneskorením)	ARPEGE, 1h (s časovým oneskorením, SCC)
asimilácia povrchových polí	ensemble surface data assimilation (ESDA) na základe CANARI	CANARI	A-LAEF CNTRL init downscaling	CANARI
asimilácia atmosférických polí	spectral blending pomocou DFI	spectral blending pomocou DFI + 3D-Var	A-LAEF CNTRL init downscaling	3D-Var
inicializácia	žiadna	žiadna	DFI	DFI
HPC	Atos Sequana XH2000 AMD (ECMWF), 8128 uzlov	NEC HPC – 240 uzlov, 6230 Intel Xeon Gold scalable processors (Cascade Lake), Omni-Path, Linux	NEC HPC – 240 uzlov, 6230 Intel Xeon Gold scalable processors (Cascade Lake), Omni-Path, Linux	NEC HPC – 240 uzlov, 6230 Intel Xeon Gold scalable processors (Cascade Lake), Omni-Path, Linux
využitých uzlov	85	40	40	40

Parametrizácia usadených zrážok na elektrických vedeniach

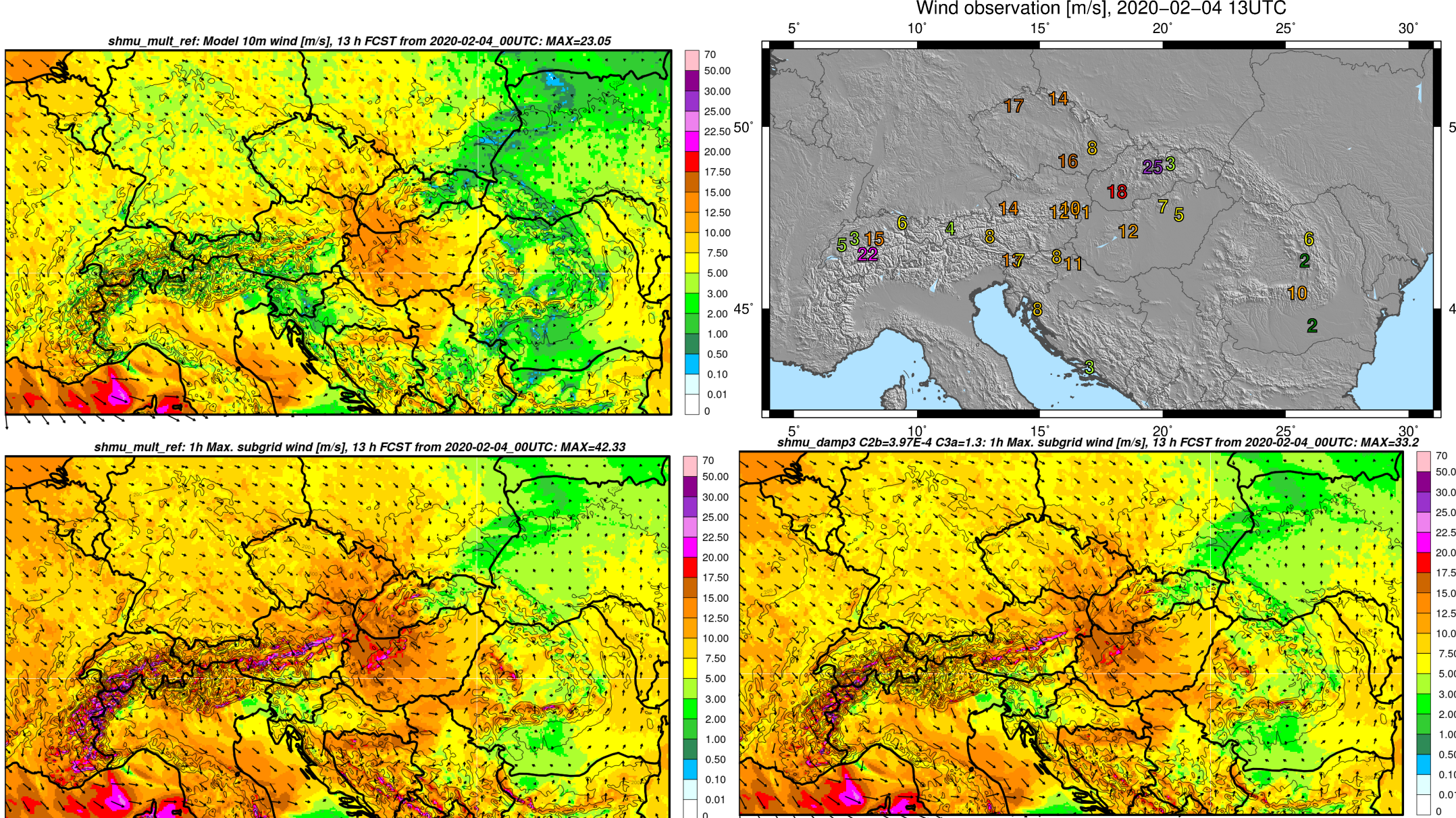
Za účelom upresnenia intenzity vytvárania snehových a ľadových usadenín na elektrických vedeniach veľmi vysokého a zvlášť vysokého napätia bola vytvorená parametrizácia, ktorá odhaduje nielen zrážky v tejto forme, ale aj následné (maximálne možné) zaťaženie. Toto zaťaženie je výsledkom komplexných procesov (zrážky, teplota vzduchu, rýchlosť vetra, krútenie elektrického vedenia pod vplyvom vetra a pod.), ktoré schéma výpočtu berie do úvahy (Somfalvi-Tóth a Simon, 2023).



Obr. 2: 48 h predpoveď kumulovaných zrážok vo forme mrznúceho dažďa (vľavo, v mm) a maximálneho možného zaťaženia elektrického vedenia (vpravo, v kg/m - platí pre vedenia veľmi vysokého alebo zvlášť vysokého napätia) z ALADIN/SHMU na obdobie 1. 12. 2023, 00 UTC – 3. 12. 2023, 00 UTC.

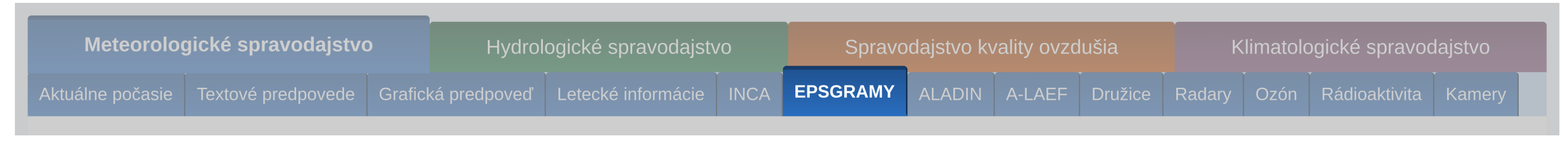
Parametrizácia maximálneho subgridového vetra

V numerických modeloch s horizontálnym rozlíšením okolo 4 km – 5 km sú stále veľké rozdiely medzi modelovou a reálnou orografiou, v dôsledku čoho býva rýchlosť vetra v gridových bodoch často podhodnotená voči pozorovaniam, najmä v horských polohách. V numerickom modeli je možné prostredníctvom niektorých parametrov (napr. turbulentná kinetická energia, TKE) odhadnúť, aká by bola rýchlosť vetra alebo nárazy vetra pri vyššom rozlíšení (napr. 250 m – 300 m), t.j. v subgridovom priestore súčasných operatívnych modelov.

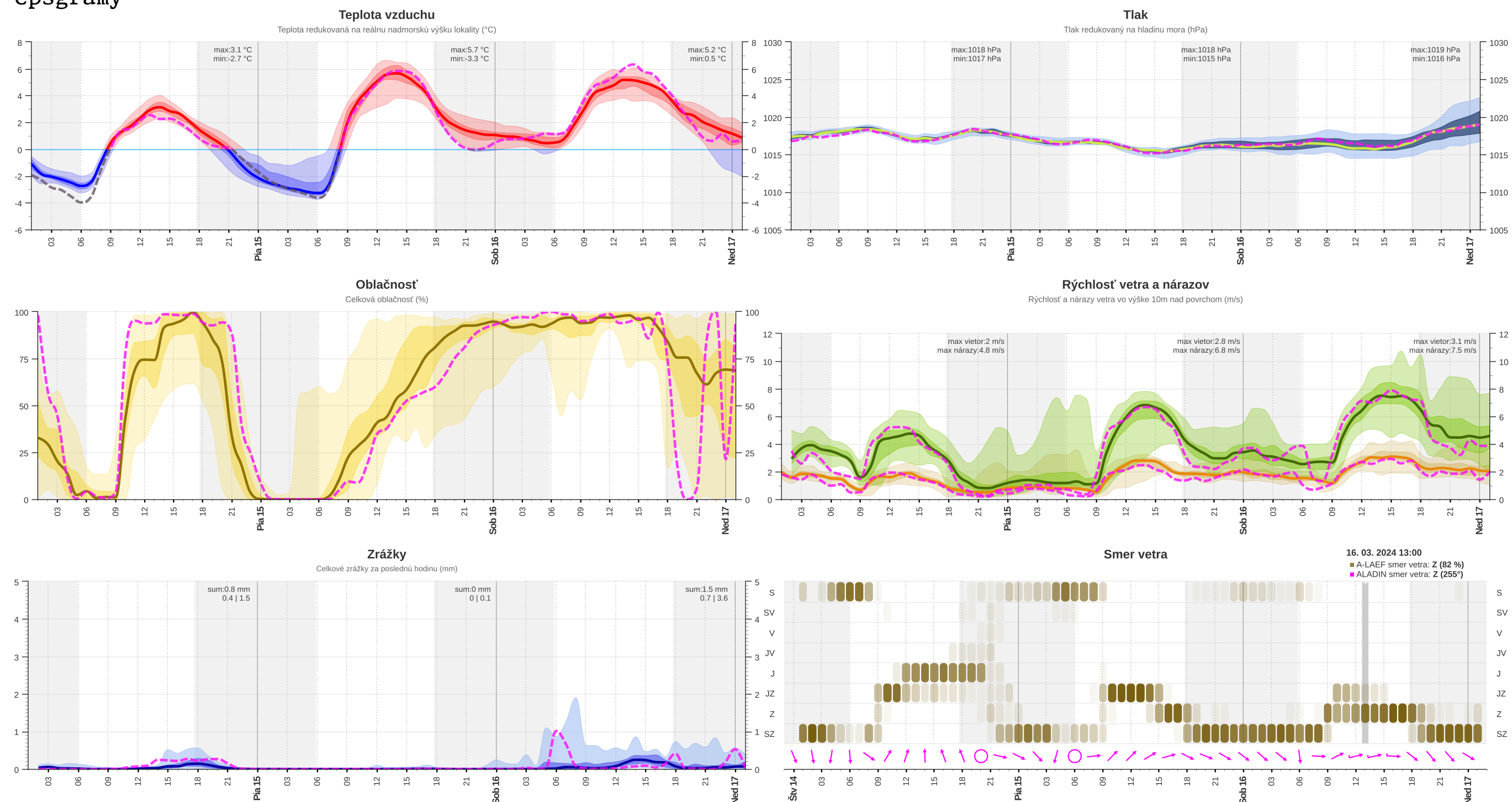


Obr. 3: 13 h predpoveď vetra v 10 m (m/s, šípky a farebná škála) z modelu ALADIN/SHMU z behu modelu zo 4. 2. 2020, 00 UTC. Vľavo hore: štandardný výstup počítaný pre gridové body, vľavo dole: maximálny vietor v subgridovom priestore, vpravo hore: rýchlosť vetra pozorovaná na niektorých meteorologických stanicích, vpravo dole: maximálny vietor v subgridovom priestore po odladení vzhľadom na pozorovania.

Zobrazenie modelovej predpovede na interaktívnych epsgramoch



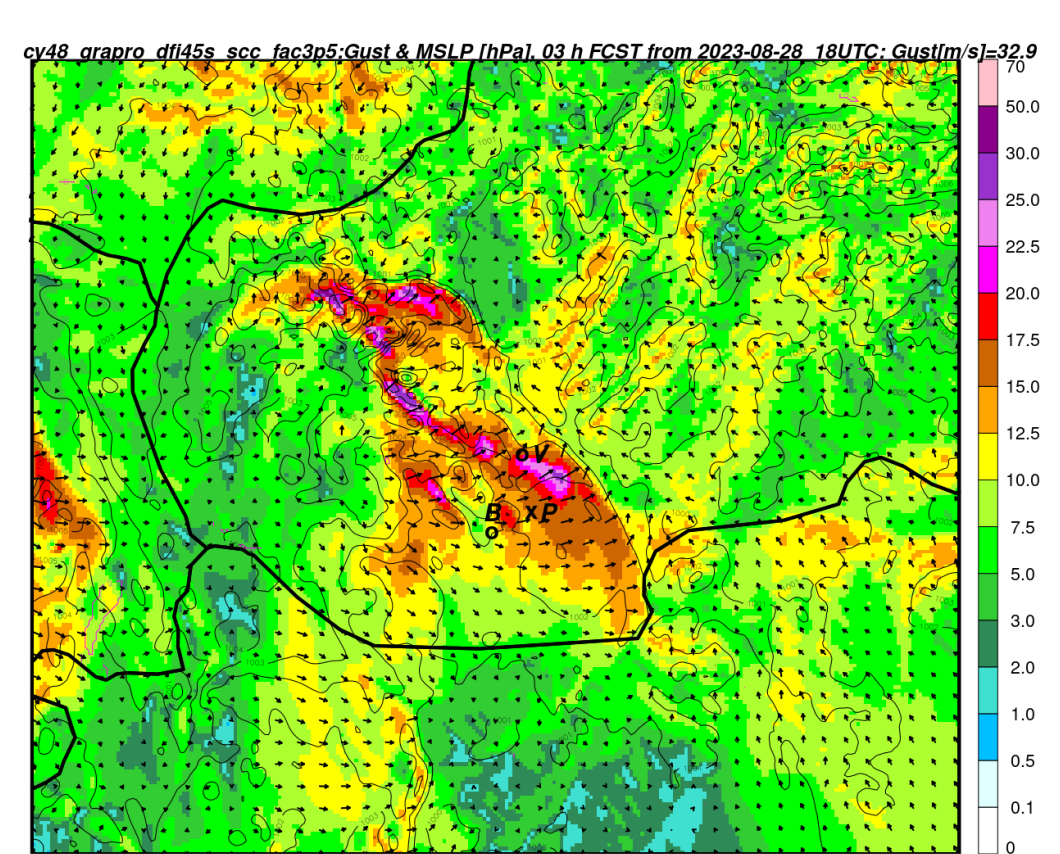
Obr. 4: Poloha odkazu na nové zobrazenie v rámci menu webu SHMÚ. Zobrazenie je dostupné na adrese www.shmu.sk/sk/?page=1&id=meteo_epsg



Obr. 5: Ukážka epsgramov pre vybrané meteorologické prvky. V ľavom stĺpci zhora teplota vzduchu, celková oblačnosť, celkové zrážky. V pravom stĺpci zhora atmosférický tlak, rýchlosť vetra a nárazov, smer vetra. V grafoch je farebnými plochami vyjadrený rozptyl predpovede – tmavšia plocha kvartily, svetlejšia plocha minimum a maximum ansámbovej predpovede systému A-LAEF (Belluš, Tudor a Abellan, 2022). V prípade smeru vetra je tmavšou boxu vyjadrená pravdepodobnosť výskytu. Prerušovanou čiarou je zobrazená predpoveď z deterministického modelu ALADIN/SHMU

Experimentálna predpoveď nárazov vetra z modelu s vysokým rozlíšením

V experimentoch pre vývoj modelu s cyklom zrýchlenej aktualizácie (RUC/SHMU) s rozlíšením 1 km sa ukázalo, že pri použití parametrizácie krúpok bude možné presnejšie predpovedať nárazy vetra v prípadoch s vertikálne mohutnou konvekciou. Vo výtokoch studeného vzduchu z oblastí búrok sme zaznamenali nárast rýchlosti nárazov vetra až o 10 m/s, napríklad v situácii z 28. 8. 2023, keď boli zaznamenané veľké škody vetrom na viacerých miestach juhozápadného Slovenska (Podhájska, Vrábľa a pod.).



Obr. 6: 3 h predpoveď nárazov vetra (m/s, farebná škála) a prízemného tlaku vzduchu redukovaného na hladinu mora (čiary, hPa) pre experimentálny beh modelu s 1 km rozlíšením (doména RUC1) z 28. 8. 2023, 18 UTC. Písmená B, P, V znázorňujú polohu sídel Bánov, Podhájska, Vrábľa, kde boli v tomto období pozorované veľké škody vetrom v dôsledku búrkovej činnosti.

Referencie

Belluš, Martin, Martina Tudor a Xavier Abellan (júl 2022). *The mesoscale ensemble prediction system A-LAEF*. eng. doi: 10.21957/xa927ug5k0. URL: <https://www.ecmwf.int/node/20453>.
 Somfalvi-Tóth, Katalin a André Simon (2023). "Extreme Value Analysis and Modelling of Wet Snow Accretion on Overhead Lines in Hungary". In: *Atmosphere* 14.1. issn: 2073-4433. doi: 10.3390/atmos14010081. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4433/14/1/81>.
 Termonia, P. et al. (2018). "The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1". In: *Geoscientific Model Development* 11.1, s. 257–281. doi: 10.5194/gmd-11-257-2018. URL: <https://gmd.copernicus.org/articles/11/257/2018/>.