Extrém Forecast Indexek

Az elmélet és egy gyakorlati példa: **a 2016.06.18-i észak-moldvai jégverés**

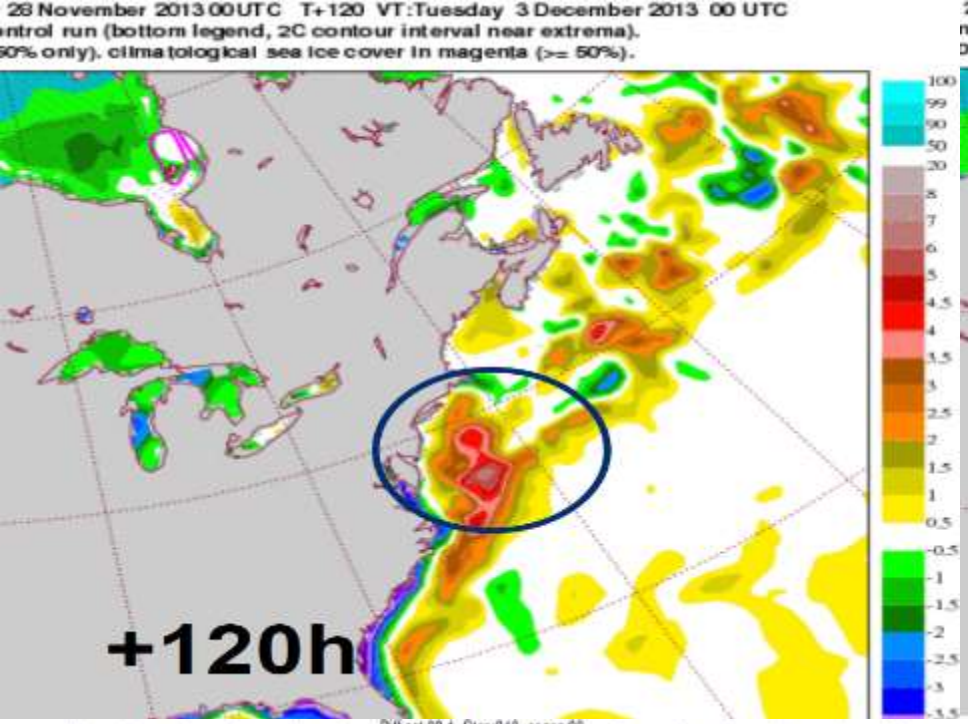
ECMWF továbbképzés 2018 ősz
Salavec Péter
EÉFO/RMO
2019

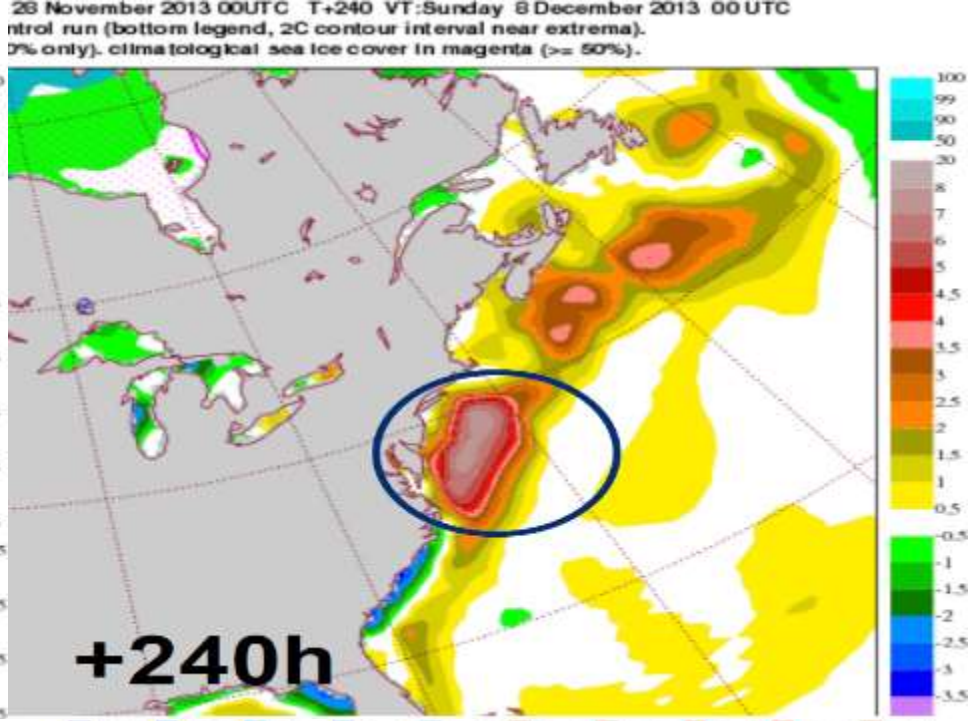
Extrém Forecast Index (EFI)

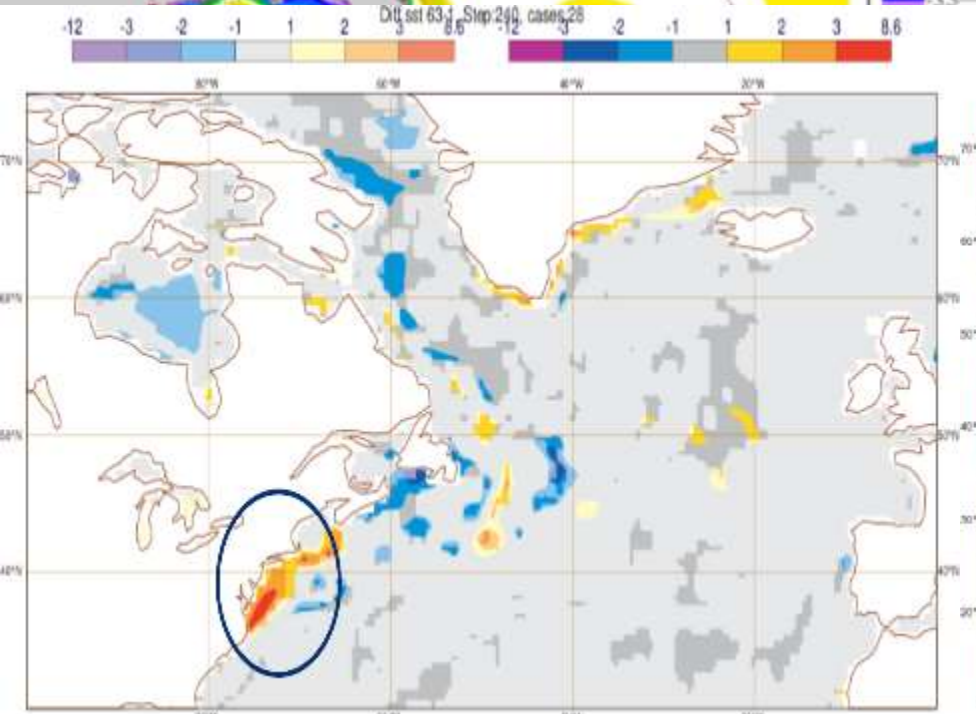
- A következők előrejelzésére használható:
  - Adott elem extremitásának mértéke
  - Rekord bekövetkezésének valószínűsége
  - Szinoptikusi szemszögből: anomális események bekövetkezése
- EPS-ből statisztikai módszerekkel áll elő
  - A modellklímát hasonlítja össze az aktuális EPS kimenettel: ha az EPS extrém a modellklímához képest, az időjárás is extrém lehet a valós klímához képest.
  - Két paraméter: EFI és SOT
    - EFI: Extreme Forecast Index – extr. valószínűsége
    - SOT: Shift Of Tails – extr. mértéke

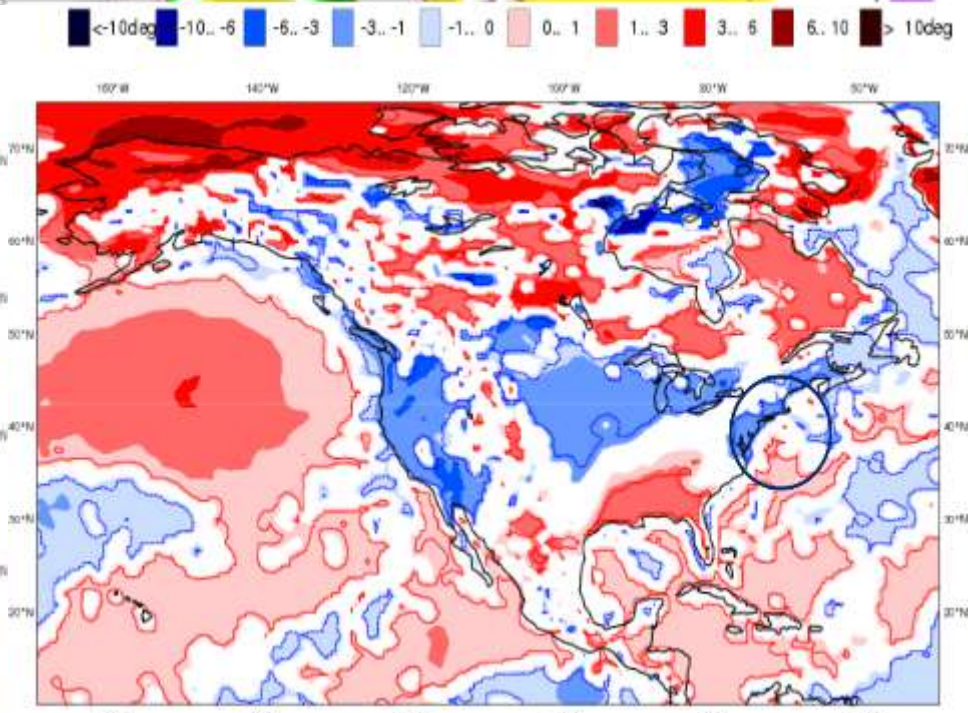
Modellklíma

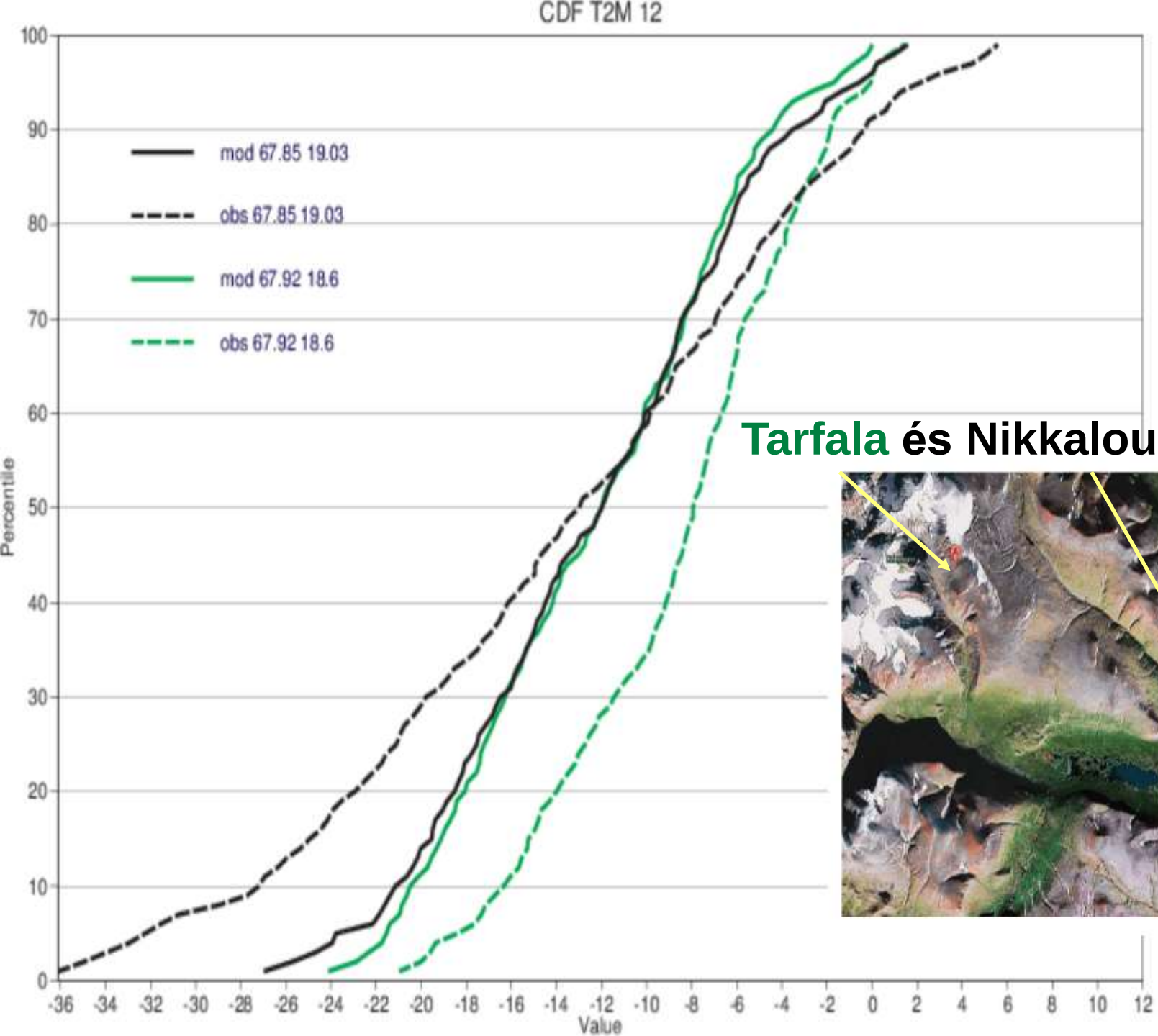
- Reforecast-ok:
  - Hetente 2x a köv. 45napra az elmúlt 20 évben.
    - Pl. ha ma dec. 2. van, akkor az elmúlt 20 év dec. 2-áinak ERA-Interim adataiból 20 db futás indul.
    - A mai napig ellátó összes reforecastot használják a modellklíma előállítására, amit az előző 45 napban indítottak.
    - Összesen 9 futtatás * 20 év * (10 EPS-tag + Control) = 1980.
  - A futások az aktuális modellciklussal történek
    - Így a modell (aktuális napra, időszakra vonatkozó) klimatológiája előállítható
    - A modell szisztematikus hibáinak felderítésére is alkalmas (Lokális hatások, állandó sziszt. hibák, modell drift)
- Modellklíma
  - A reforecast statisztikai jellemzői:
    - Valószínűségi eloszlások: „hány futás adott egy adott értéknél kisebbet?”


28 November 2013 00UTC T+120 VT:Tuesday 3 December 2013 00 UTC
ntrol run (bottom legend, 2C contour interval near extrema).
50% only). climatological sea ice cover in magenta (>= 50%).
+120h

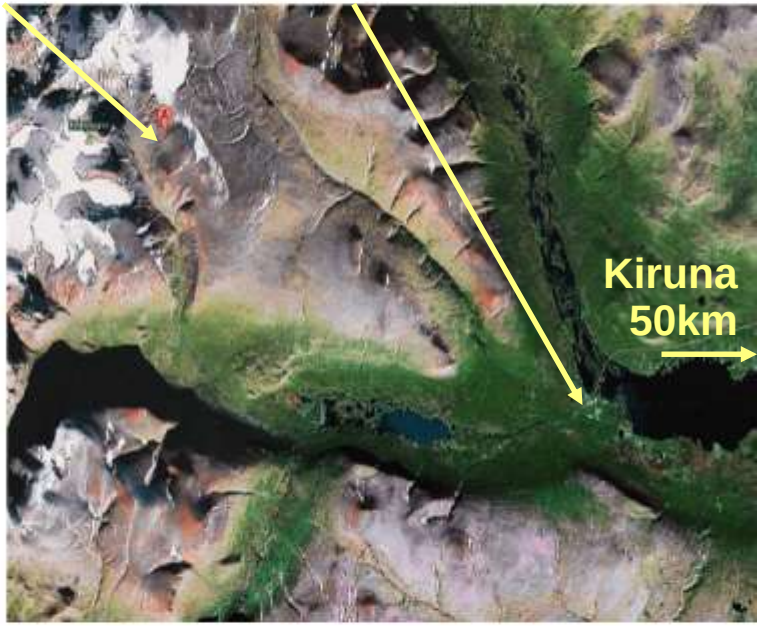

28 November 2013 00UTC T+240 VT:Sunday 8 December 2013 00 UTC
ntrol run (bottom legend, 2C contour interval near extrema).
7% only). climatological sea ice cover in magenta (>= 50%).
+240h


Diff sst 63 1 Step 240 cases 28


<-10deg
-10.. -6
-6.. -3
-3.. -1
-1.. 0
0.. 1
1.. 3
3.. 6
6.. 10
> 10deg



Tarfala és Nikkaloukta T2m



Extreme Forecast Index

- A modellklíma és az aktuális EPS eloszlás közötti különbség egy mérőszáma
  - Nem kell küszöbértékeket előre definiálni, ami hely- és időfüggő lehet (pl. rekordok)
  - Küszöbérték átlépének valószínűsége mellett annak mértékének előre jelzésére is jó
    - Pl: T>32°C?

Tagok, melyek az alábbi értéket adják	A	B
20°C	20	5
30°C	10	25
35°C	15	15
40°C	5	5

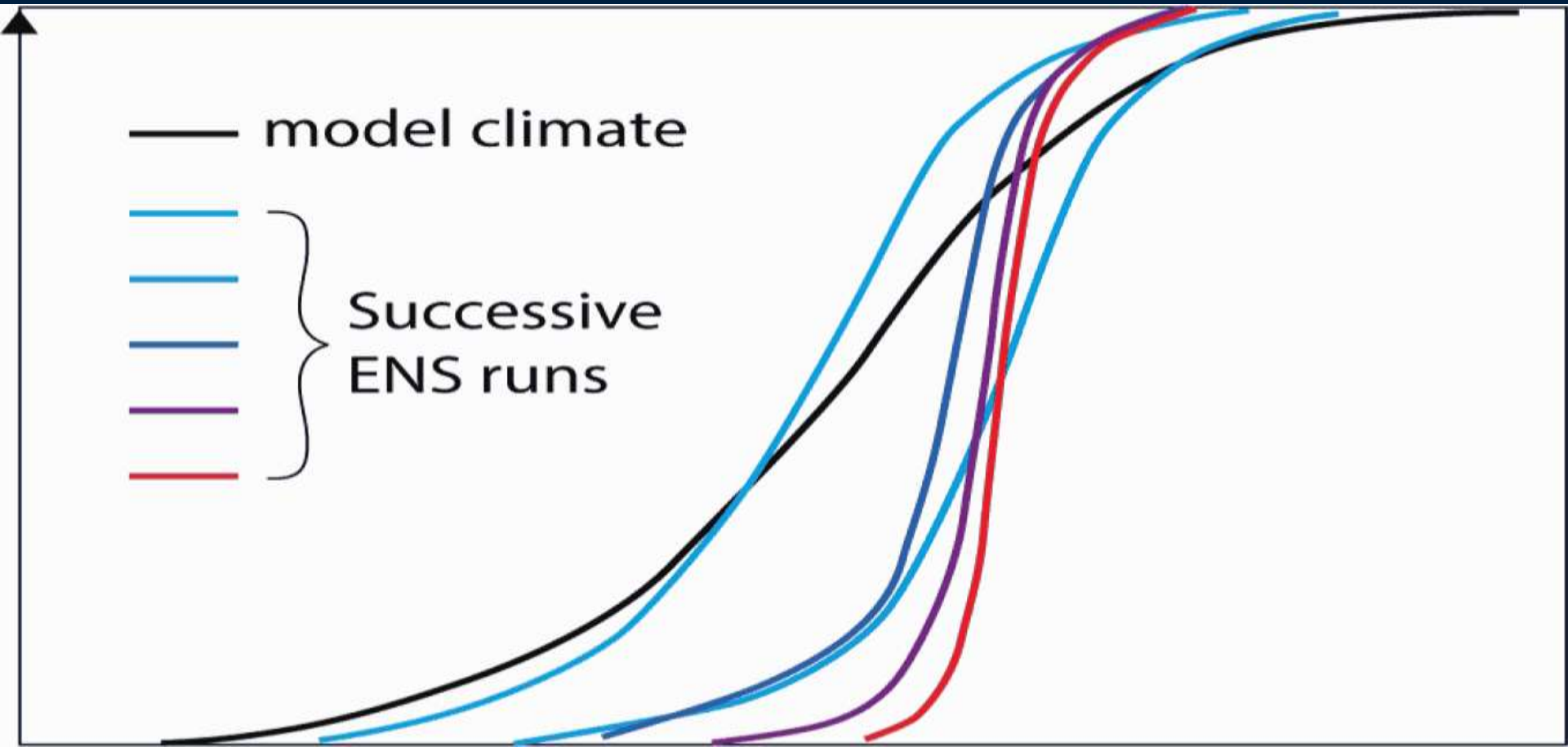
Extreme Forecast Index

$$EFI = \frac{2}{\pi} \int_{C(x)=0}^{1} \frac{C(x) - F(x)}{\sqrt{C(x)\left(1 - C(x)\right)}} dC(x)$$

- **A modellklíma *C* és az aktuális EPS futás *F* eloszlás közötti különbség súlyozott Stieltjes-integrálja**
  - **A súly a modellklíma szélein végtelen, közepén 2 (félkör reciproka).**
  - **Nem veszi figyelembe az aktuális futás extrémen túli értékeit**
  - **Értéke -1 és +1 között lehet.**
- **Az EFI érték, mint valószínűségi változó**
  - **Az EFI önmagában csak egy szám, matematikai értelemben nem tekinthető valószínűségi változónak, mégis valószínűséget mér.**
  - **Az EFI négyzetének eloszlása a Kolmogorov-axiómákat kielégíti.**
  - **Előjeles valószínűség, az előjel az extrémum előjelét adja meg.**
  - **A Stieltjes-Integrállal disztribúciókra általánosítható a momentum: a met. Elemek eloszlás-paramétereinek becsült hibáiból EFI hiba(?).**

Extreme Forecast Index

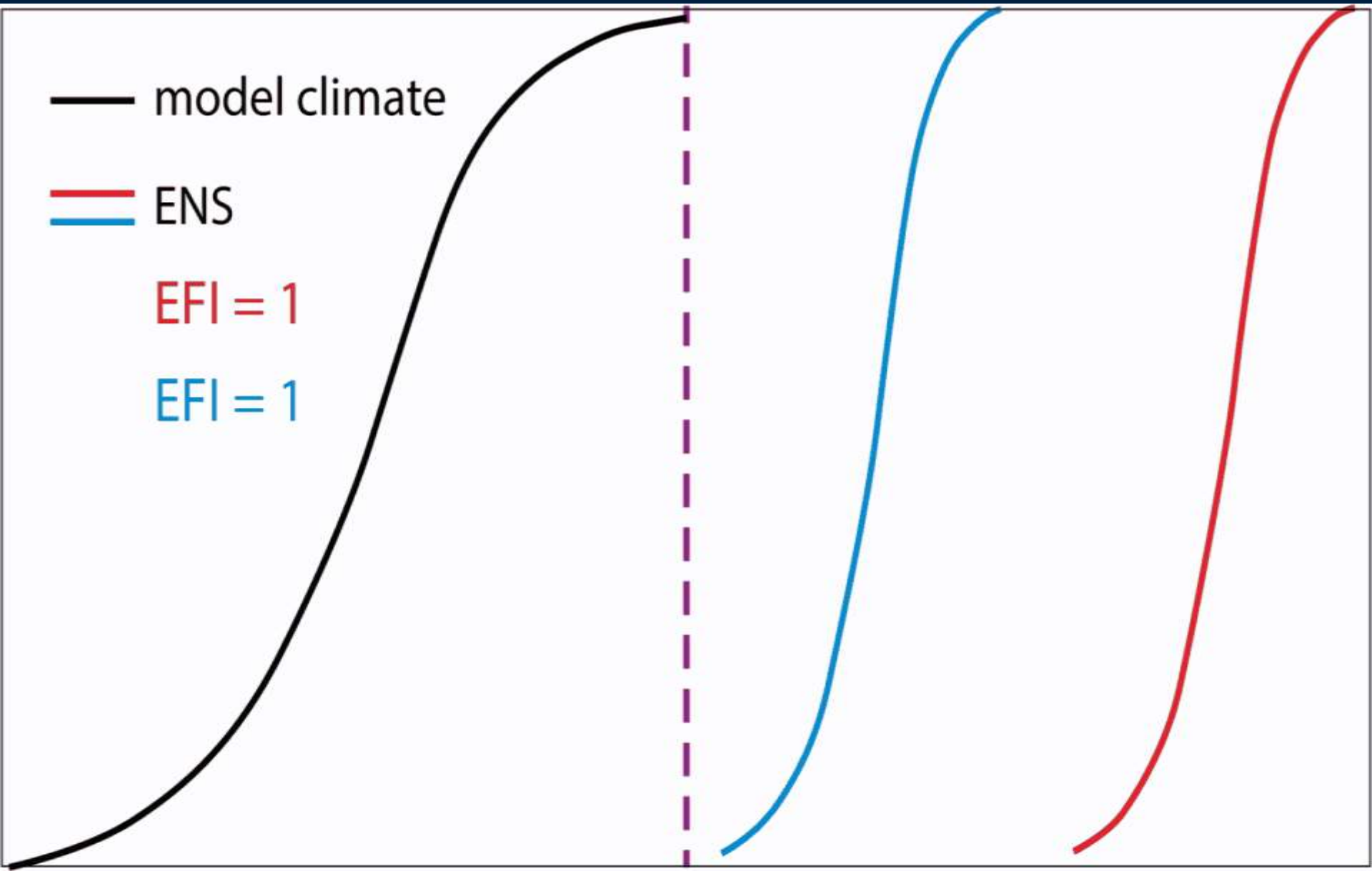
- **EPS valószínűségi eloszlás normál viselkedése:**
  - **Hosszú futásidőre kb. a modellklímához hasonlónak kell lennie.**
  - **Eltolódások mértékének a következő futásokban csökkennie kell.**
  - **Az eloszlás közepének egyre meredekebbnek kell lennie.**



Extreme Forecast Index

- Hátrányok
  - A hatásról nem mond semmit
    - Pl. 2mm csapadék sivatagban
  - Fontos az elmúlt időszak időjárása
    - Pl. erős csapadék telített/száraz talajnál
  - Fontos a környezet állapota
    - Pl. szélvihar, amikor vannak/nincsenek levelek
  - Nem ad pontosabb információt a modell kimenet pontosságánál
    - Pl. rács alatti jelenségek: konvekció stb.
    - Ha rossz a modell(futás), az EFI is félre fog vezetni
  - Nem mondja meg, mennyire extrém az extrém
    - A Stieltjes-integrál csak 0 és 1 között
    - Erre találták ki a Shift Of Tails-t.

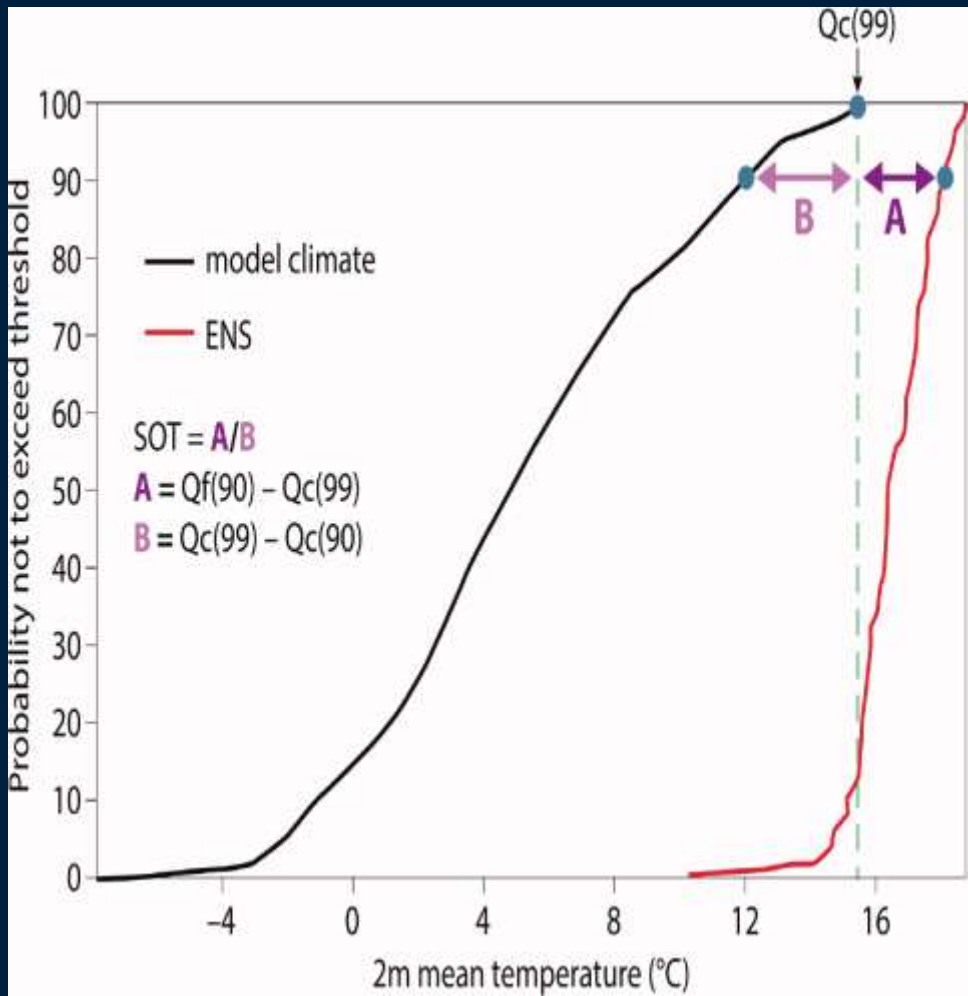
Shift Of Tails



Shift Of Tails

$$SOT = \frac{x|_{F(x)=q} - x|_{C(x)=Q}}{x|_{C(x)=Q} - x|_{C(x)=q}} \quad Q > q$$

- **Felső és alsó létezik**
  - Az alsót csak T-re használják: *Q*<*q* (extrém száraz idő???)
- **Felső: Q=99%, q=90%**
- **Alsó: Q=1%, q=10%**
- **A „farkaknak” a modellklíma végétől vett távolságainak az aránya**
- **Pozitív esetben legalább *q* tag ad extrémet**
- **A kérdéses változó mérték-egységében van kifejezve**



Shift Of Tails

- Bizonytalansági tényezők
  - Nagy SOT kis EFI mellett is lehet
    - Az extrém tagok nagyon extrémek, de a bekövetkezés bizonytalansága még mindig nagy
    - Hosszú futásidőknél gyakori
  - Kis SOT nagy EFI mellett is lehet
    - Sok az extrém tag, de nem nagyon extrém, a bekövetkezés nagyon valószínű
    - Rövid futásidőknél gyakori
  - Térben
    - Az EFI max-a jelöli ki azt a területet, ahol az extrém esemény bekövetkezése a legvalószínűbb
    - A SOT max-a jelöli ki azt a területet, ahol az időjárás a legextrémebb forgatókönyvet produkálhatja
    - A kettő általában nincs fedésben (ekkor a legnehezebb felkészülni a várható következményekre)

EFI és SOT operatív előállítása

- Intervallumra szóló értékek határánkénti adatok alapján:
  - Összeg (pl. csapadék mennyiség, típusok)
  - Átlag (pl. T, szél)
  - Extrémum (pl. max. széllökés, max CSH)
- Paraméterek:
  - 2m T, össz. csap, 10m átlagszél, 10m max. lökés, 2m Tmin, 2m Tmax, össz. lehulló hó, max. tengerhullám magasság, CAPE, Capeshear

$$CSH = \underbrace{\left|\underline{v}(925hPa) - \underline{v}(500hPa)\right|}_{\text{Wind shear}} \underbrace{\sqrt{g \cdot \max_{z_0 \in (SFC,350hPa)} \int_{z=LFC(z_0)}^{EL} \frac{\theta_e' - \overline{\theta}_e}{\overline{\theta}_e} dz}}_{\text{MUCAPE}}$$

EFI és SOT operatív előállítása

- 24h intervallum: T, csap, W, Wg, Tmin, Tmax, hó, hullám
  - 00UTC-kor 00/24-től 144/168-ig
  - 12UTC-kor 12/36-tól 156/180-ig
- 72h intervallum: T, csap, W
  - 00UTC-kor 00/72-től 144/216-ig
  - 12UTC-kor 12/84-től 156/228-ig
- 120h intervallum: T, csap, W
  - 00UTC-kor 00/120-tól 240/360-ig
  - 12UTC-kor 12/132-től 108/228-ig és 240/360
- 240h intervallum: T, csap W
  - 00 és 12UTC-kor 00/240
- 360h intervallum: T, csap, W
  - 00UTC-kor 00/360

http://www.ecmwf.int/en/forecasts/charts/catalogue/efi
http://wrep.ecmwf.int/forecaster
http://www.ecmwf.int/en/forecasts/charts/interactive-charts

Verifikáció

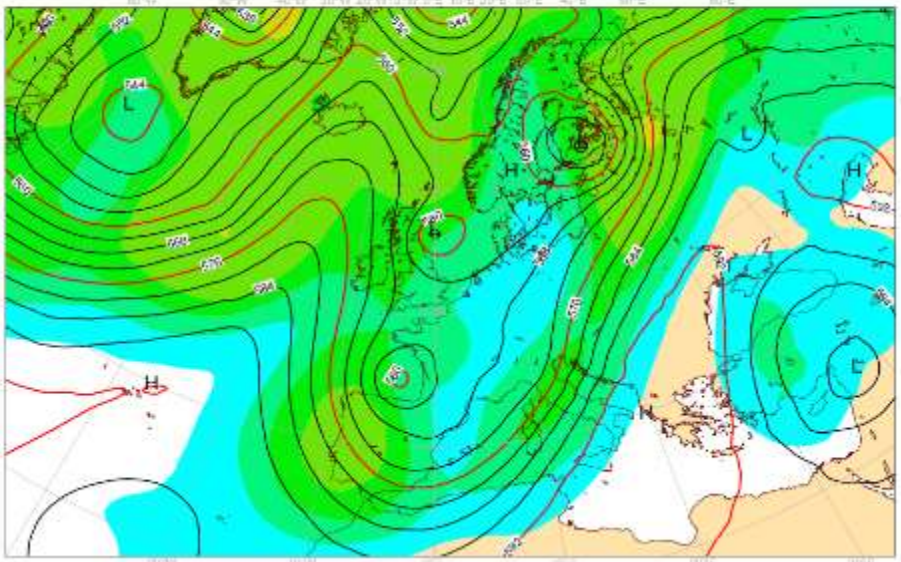
- A dokumentációk sok helyen pontatlanok.
- **Európára a GTS-beli synop-ok alapján: T, csap, W**
- **Extrém esemény: 15 év észlelt klímájának 95%-os kvantilisét meghaladó érték.**
  - **NODE!!! Az EFI nem mondja meg, hogy ezt meghaladjuk-e.**
- **ROC görbék (a *HIT* a *FAR* függvényében):**
  - **A *HIT* és a *FalseAlarmRatio* nincsenek korrektül definiálva.**
  - **ROCA: a ROC alatti terület.**
  - **EFI Skill Score: 2*ROCA-1 (–1 és +1 között)**
- **Eredmények: A T-re pontosabb az EFI, mint a másik kettőre (éves átlagban 0,9 vs. 0,75)**
- **Problémák:**
  - **Modellklíma-eloszlás farkai zajosak (kevés a reforecast elemszám)**
  - **Modellhibák zavarják a modellklímát (ami így futásidő-függő)**
  - **Szezonális trendek zavarják az EFI-t (pl. tavasszal hosszú futásidőre a modellklímából egy hideg hét kikerül, egy meleg bekerül)**

Gyakorlat

- **Gyakvezér: Ivan Conevszki**
- **ESTOFEX-stílusú konvektív előrejelzés Európára**
  - **Előrejelzendő nap: 2016.06.18.**
  - **2016.06.12-től minden nap a 00UTC-s adatokból**
    - Minden napunkon reggel és délután is volt egy 45 perces előadás és egy 90 perces gyakorlat, **minden gyakorlaton egy-egy nap reggeli előrejelző szolgálatát szimuláltuk a 6 résztvevővel.**
  - **Használható adatok:**
    - **850hPa hőmérséklet (Determinisztikus, EPS átlag és szórás)**
    - **500hPa geopotenciál (Determinisztikus, EPS átlag és szórás)**
    - **CAPE és CAPESHEAR EFI és SOT**
    - **„Convective hazards” by Ivan**
      - (automatikus ESTOFEX-stílusú térkép, adott kategóriákhoz a CAPE EFI és az EPS csapadék valószínűség adott értékei lettek rendelve, amit mindkettőnek át kellett lépnie az adott kategória mejelenéséhez)
    - **Tengerszinti légnyomás és 24h csapadékösszeg (Determiniszt.)**
    - **1mm feletti 24h Csapadékösszeg valószínűsége (Determiniszt.)**

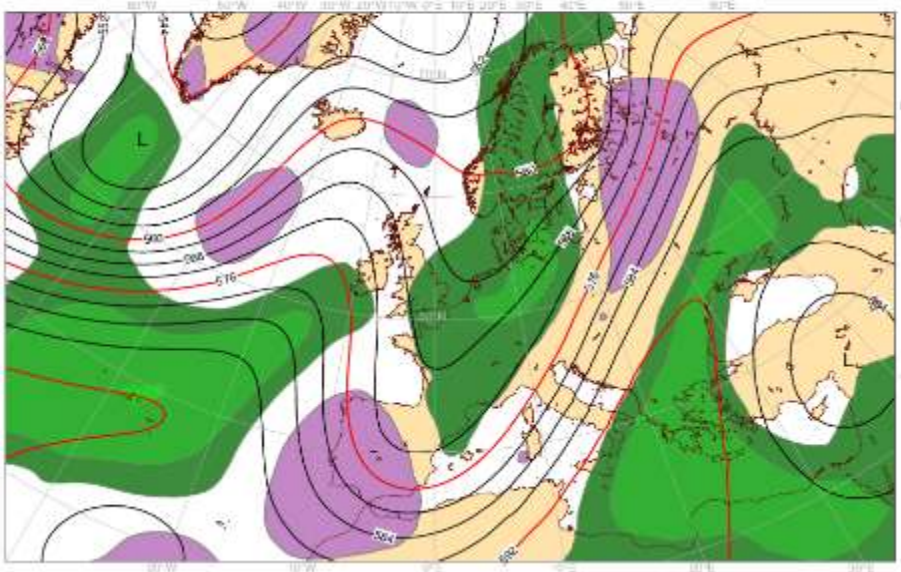
Sun 12 Jun 2016 00UTC @ECMWF Forecast T+156 VT: Sat 18 Jun 2016 12UTC
Geopotential at 500 hPa High-Resolution Forecast and Standard Deviation (shaded)

2 3 4 5 8 10 12 14 16 20 50



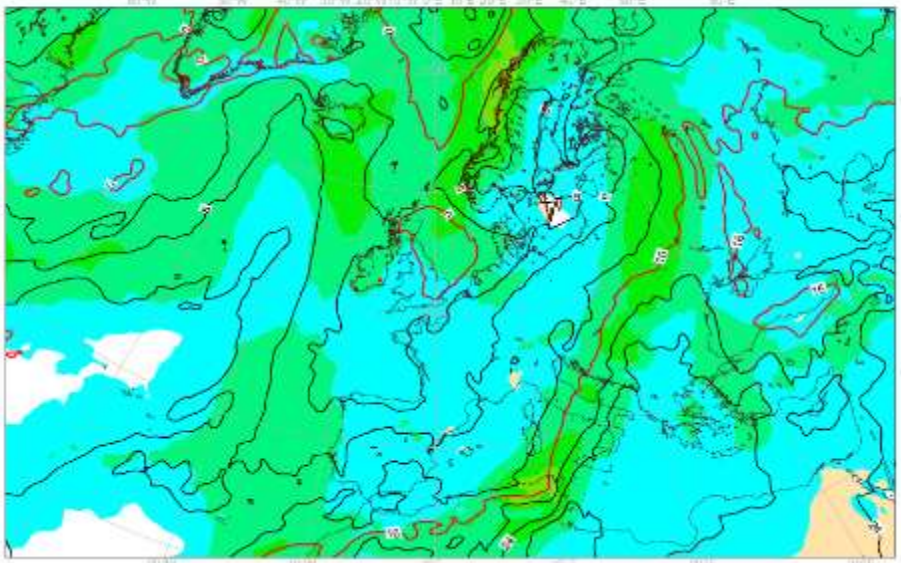
Sun 12 Jun 2016 00UTC @ECMWF Forecast T+156 VT: Sat 18 Jun 2016 12UTC
Geopotential at 500 hPa Ensemble Mean and Normalized Standard Deviation (shaded)

0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.2 1.8 2.5 5 8 15



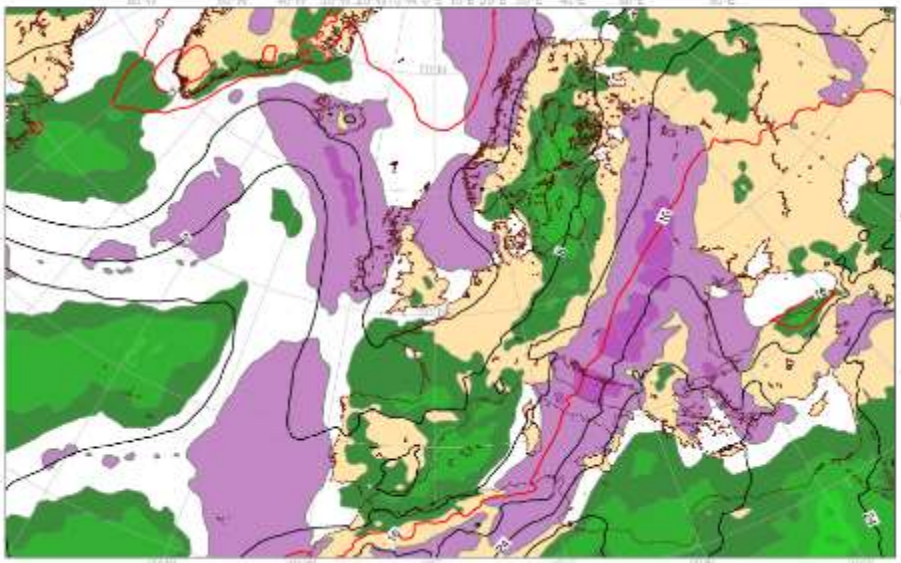
Sun 12 Jun 2016 00UTC @ECMWF Forecast T+156 VT: Sat 18 Jun 2016 12UTC
Temperature at 850 High-Resolution Forecast and Standard Deviation (shaded)

1 2 3 4 5 6 8 12 16 20 25



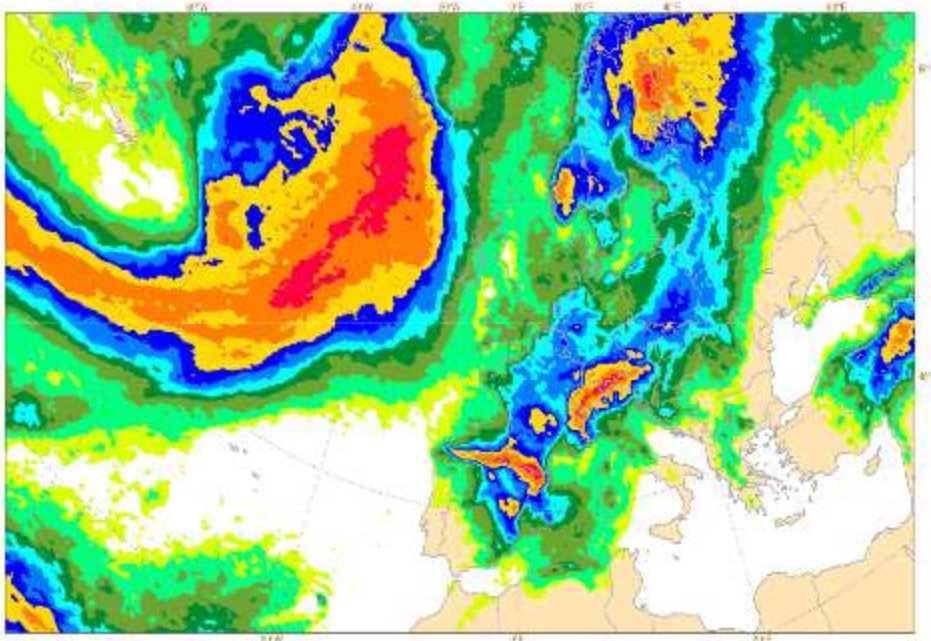
Sun 12 Jun 2016 00UTC @ECMWF Forecast T+156 VT: Sat 18 Jun 2016 12UTC
Temperature at 850 Ensemble Mean and Normalized Standard Deviation (shaded)

0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.2 1.8 2.5 5 8 15



Sun 12 Jun 2016 00UTC @ECMWF Probability of precipitation > 1mm VT: Sat 18 Jun 2016 00UTC - Sun 19 Jun 2016 00UTC 144-168h

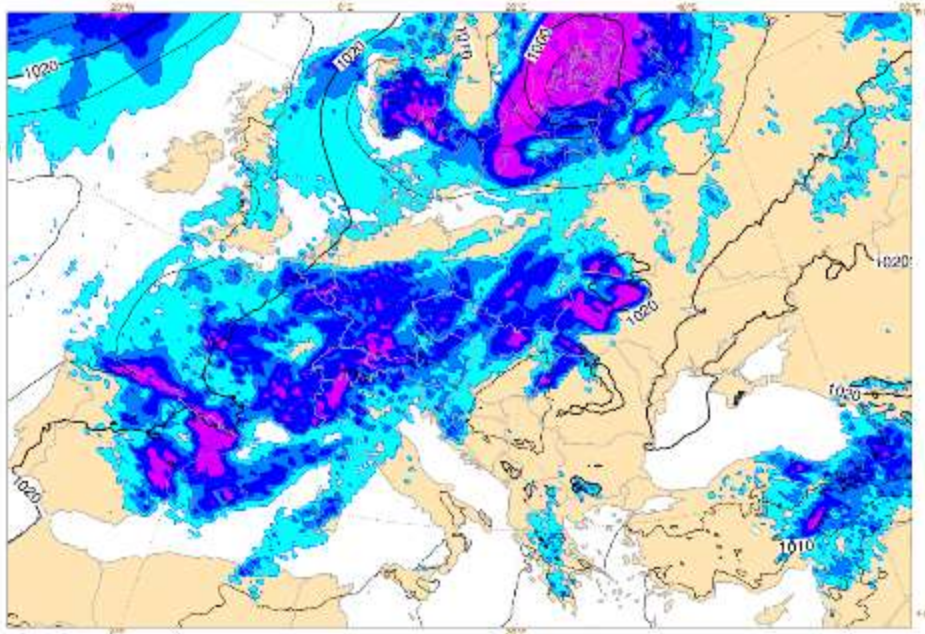
5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



Sunday 12 June 2016 00UTC @ECMWF HRES T+156 VT: Saturday 18 June 2016 12UTC

Surface: Mean sea level pressure/24hr Accumulated precipitation(VT-12h/VT+12h)

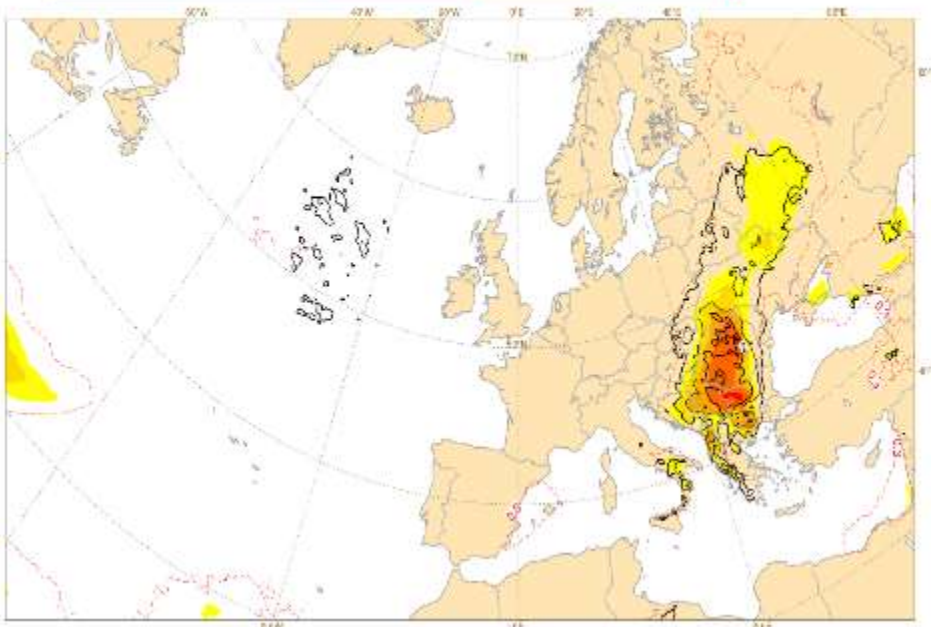
0.5 2 4 10 25 50 100 250



Sun 12 Jun 2016 00UTC @ECMWF exper = 1 VT: Sat 18 Jun 2016 00UTC - Sun 19 Jun 2016 00UTC 144-168h

Extreme forecast index and Shift of Tails (black contours 0,1,2,5,8) for: CAPE

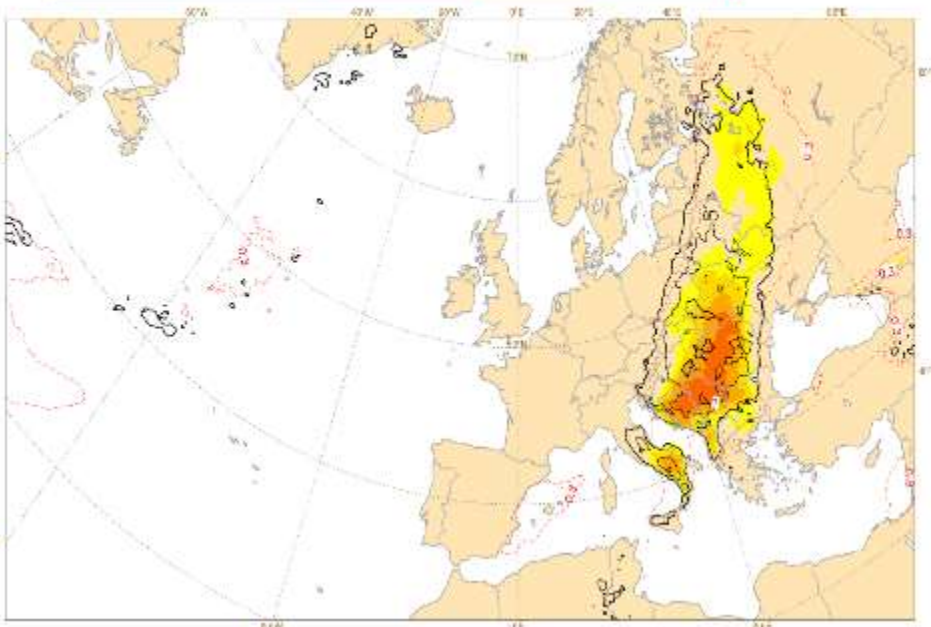
0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1



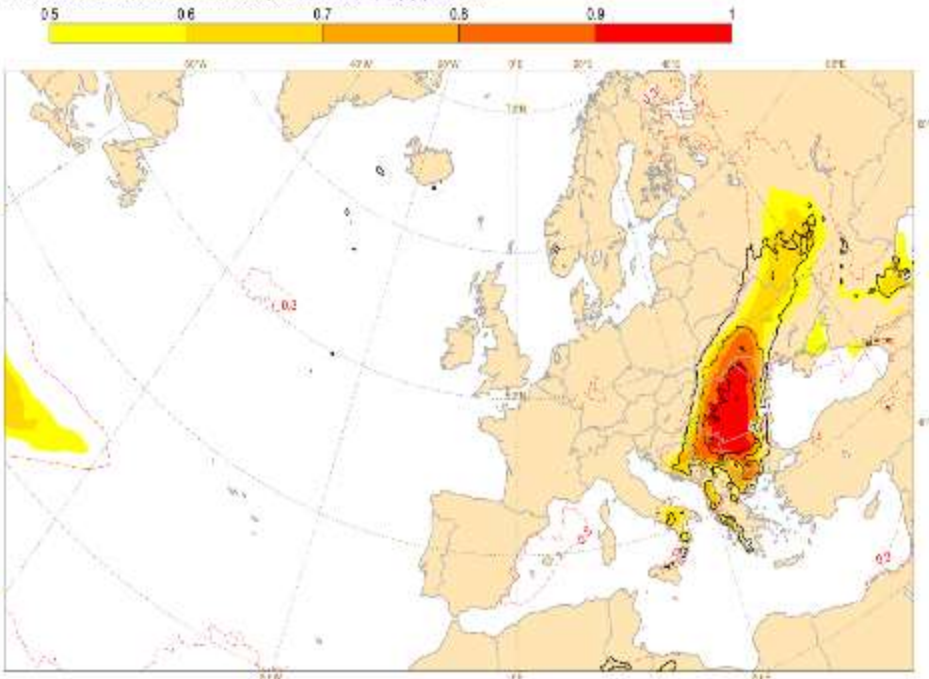
Sun 12 Jun 2016 00UTC @ECMWF exper = 1 VT: Sat 18 Jun 2016 00UTC - Sun 19 Jun 2016 00UTC 144-168h

Extreme forecast index and Shift of Tails (black contours 0,1,2,5,8) for: CAPESHEAR

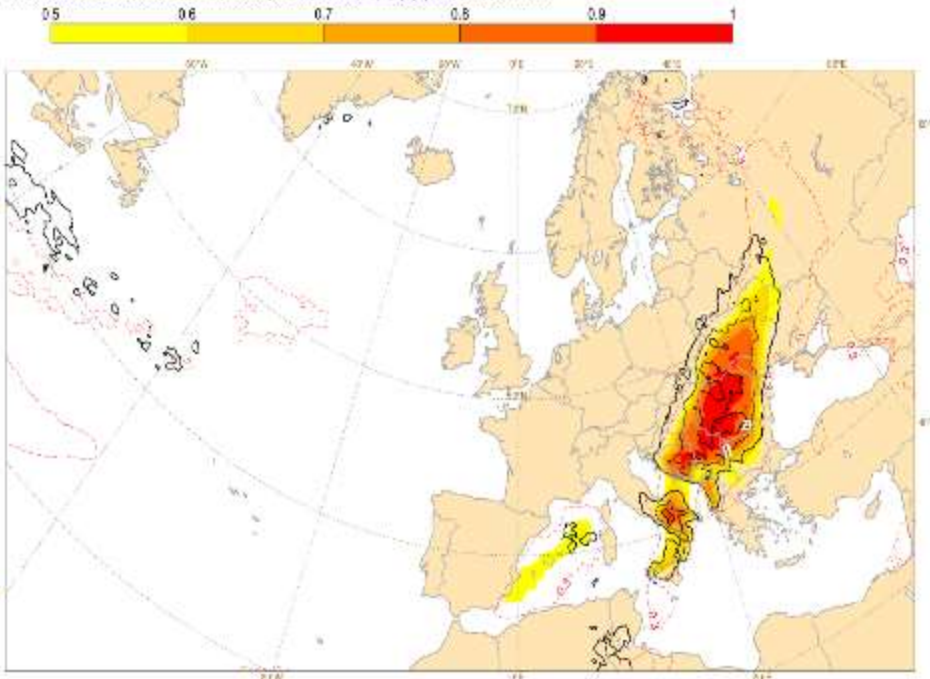
0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1



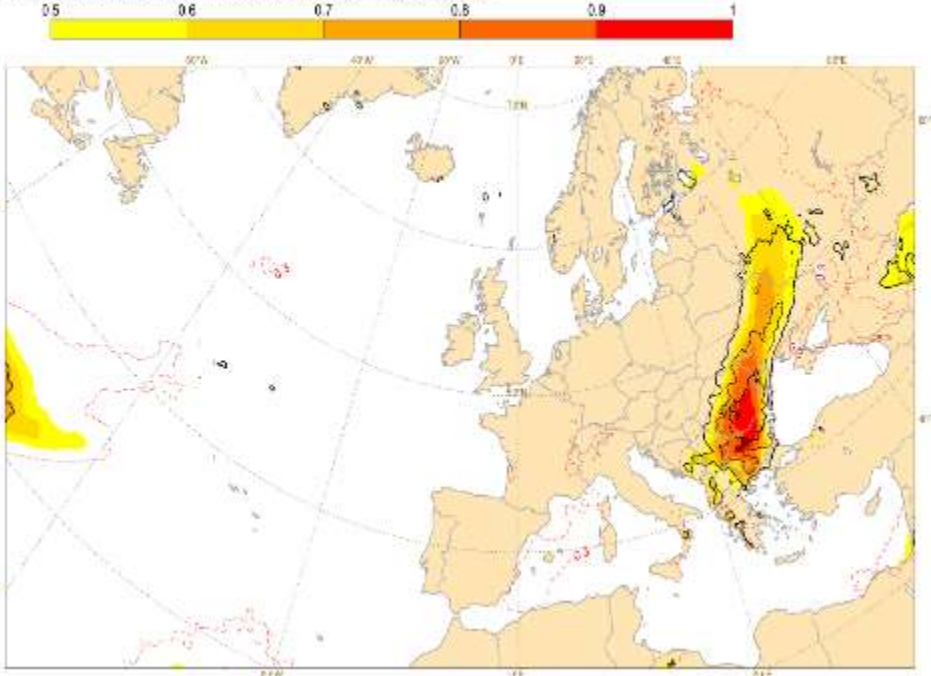
Mon 13 Jun 2016 00UTC @ECMWF expver = 1 VT: Sat 18 Jun 2016 00UTC - Sun 19 Jun 2016 00UTC 120-144h
Extreme forecast index and Shift of Tails (black contours 0,1,2,5,8) for: CAPE



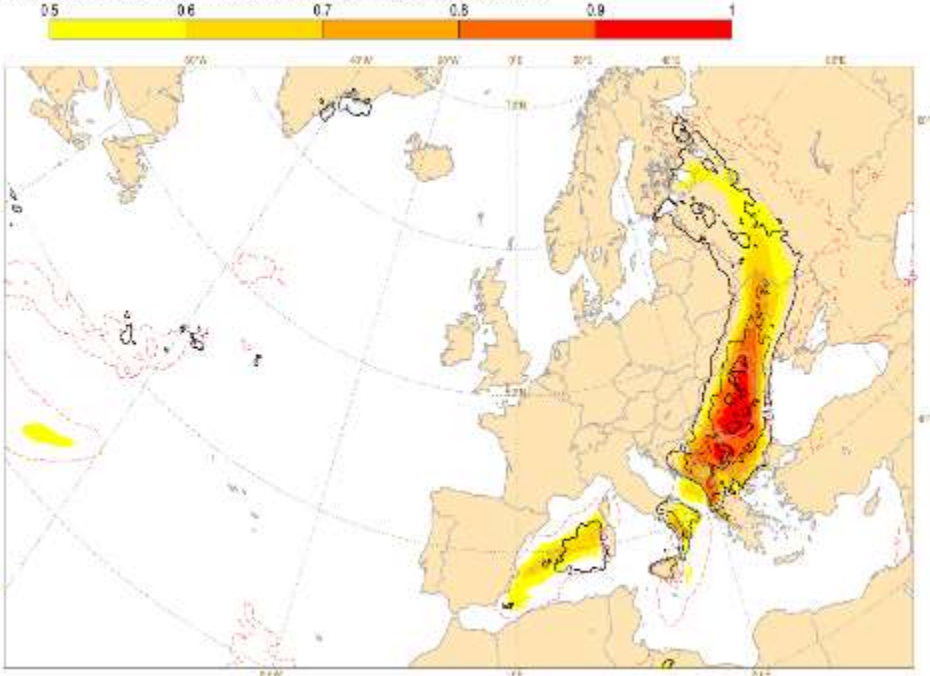
Mon 13 Jun 2016 00UTC @ECMWF expver = 1 VT: Sat 18 Jun 2016 00UTC - Sun 19 Jun 2016 00UTC 120-144h
Extreme forecast index and Shift of Tails (black contours 0,1,2,5,8) for: CAPESHEAR



Tue 14 Jun 2016 00UTC @ECMWF expver = 1 VT: Sat 18 Jun 2016 00UTC - Sun 19 Jun 2016 00UTC 96-120h
Extreme forecast index and Shift of Tails (black contours 0,1,2,5,8) for: CAPE

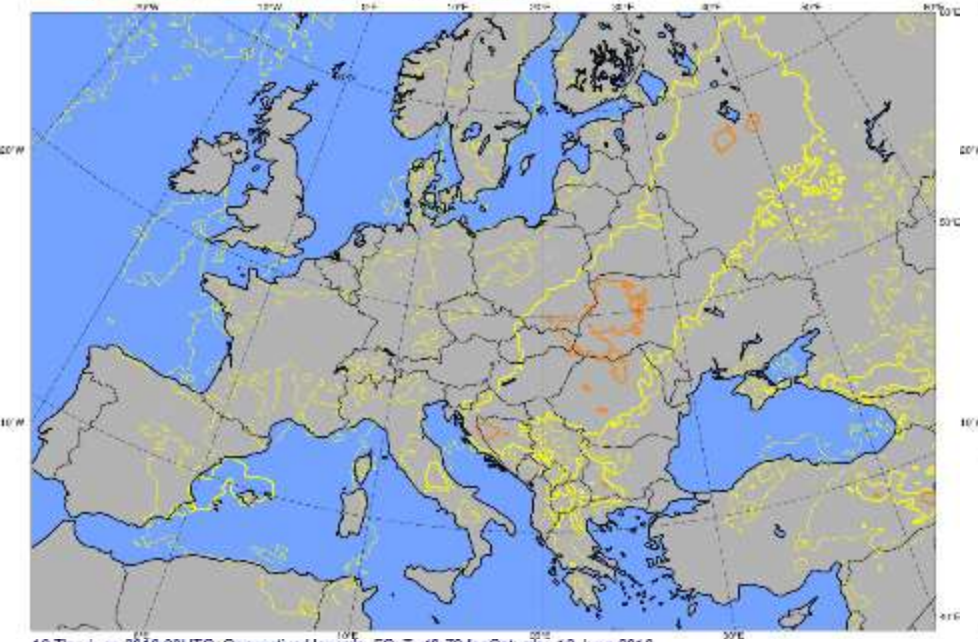


Tue 14 Jun 2016 00UTC @ECMWF expver = 1 VT: Sat 18 Jun 2016 00UTC - Sun 19 Jun 2016 00UTC 96-120h
Extreme forecast index and Shift of Tails (black contours 0,1,2,5,8) for: CAPESHEAR



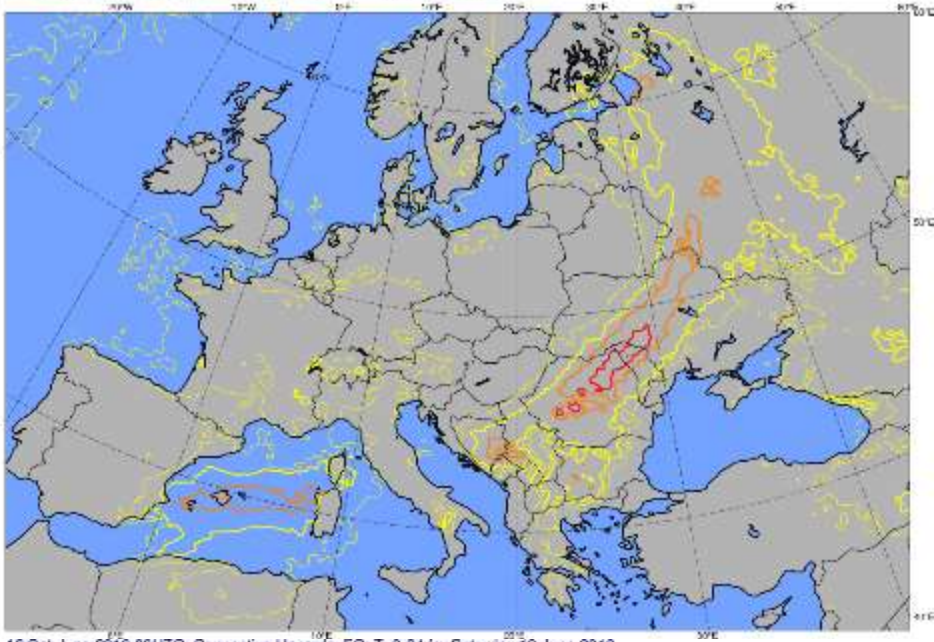
12 Sun June 2016 00UTC; Convective Hazards, FC: T+144-168 for Saturday 18 June 2016

CVIC: Easy - efi > 0.05, PoP > 50%; Slight risk - efi > 0.4, PoP > 10%; Moderate risk - efi > 0.6, PoP > 40%
High risk - efi > 0.8, PoP > 60%; Very high risk - efi > 0.95, PoP > 80%



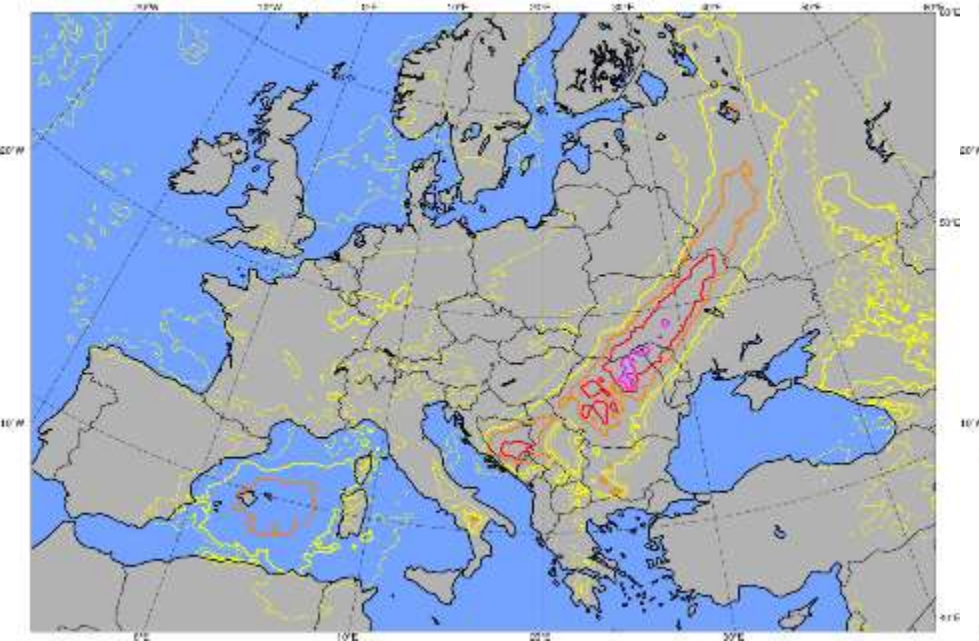
14 Tue June 2016 00UTC; Convective Hazards, FC: T+96-120 for Saturday 18 June 2016

CVIC: Easy - efi > 0.05, PoP > 50%; Slight risk - efi > 0.4, PoP > 10%; Moderate risk - efi > 0.6, PoP > 40%
High risk - efi > 0.8, PoP > 60%; Very high risk - efi > 0.95, PoP > 80%



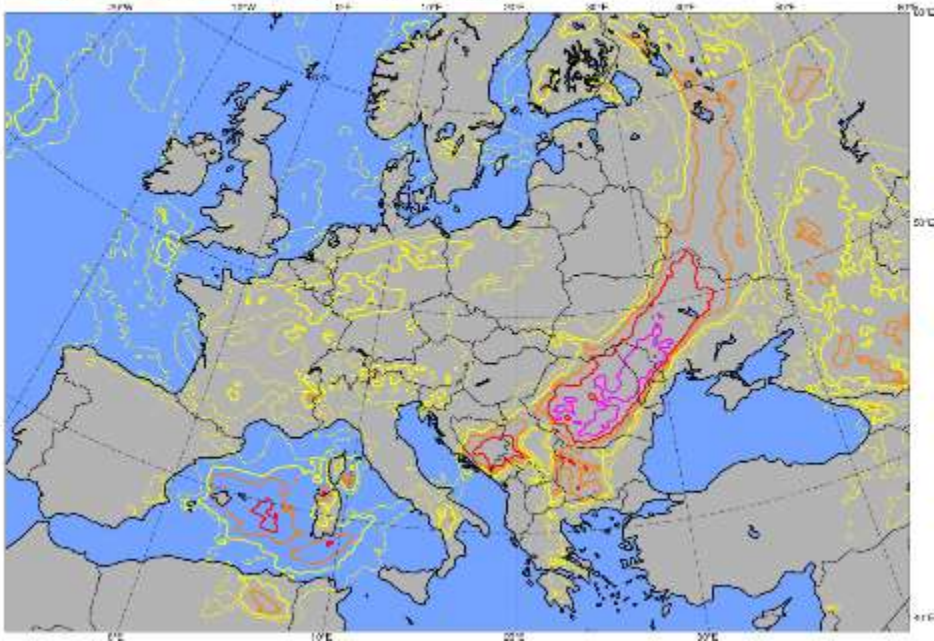
16 Thu June 2016 00UTC; Convective Hazards, FC: T+48-72 for Saturday 18 June 2016

CVIC: Easy - efi > 0.05, PoP > 50%; Slight risk - efi > 0.4, PoP > 10%; Moderate risk - efi > 0.6, PoP > 40%
High risk - efi > 0.8, PoP > 60%; Very high risk - efi > 0.95, PoP > 80%

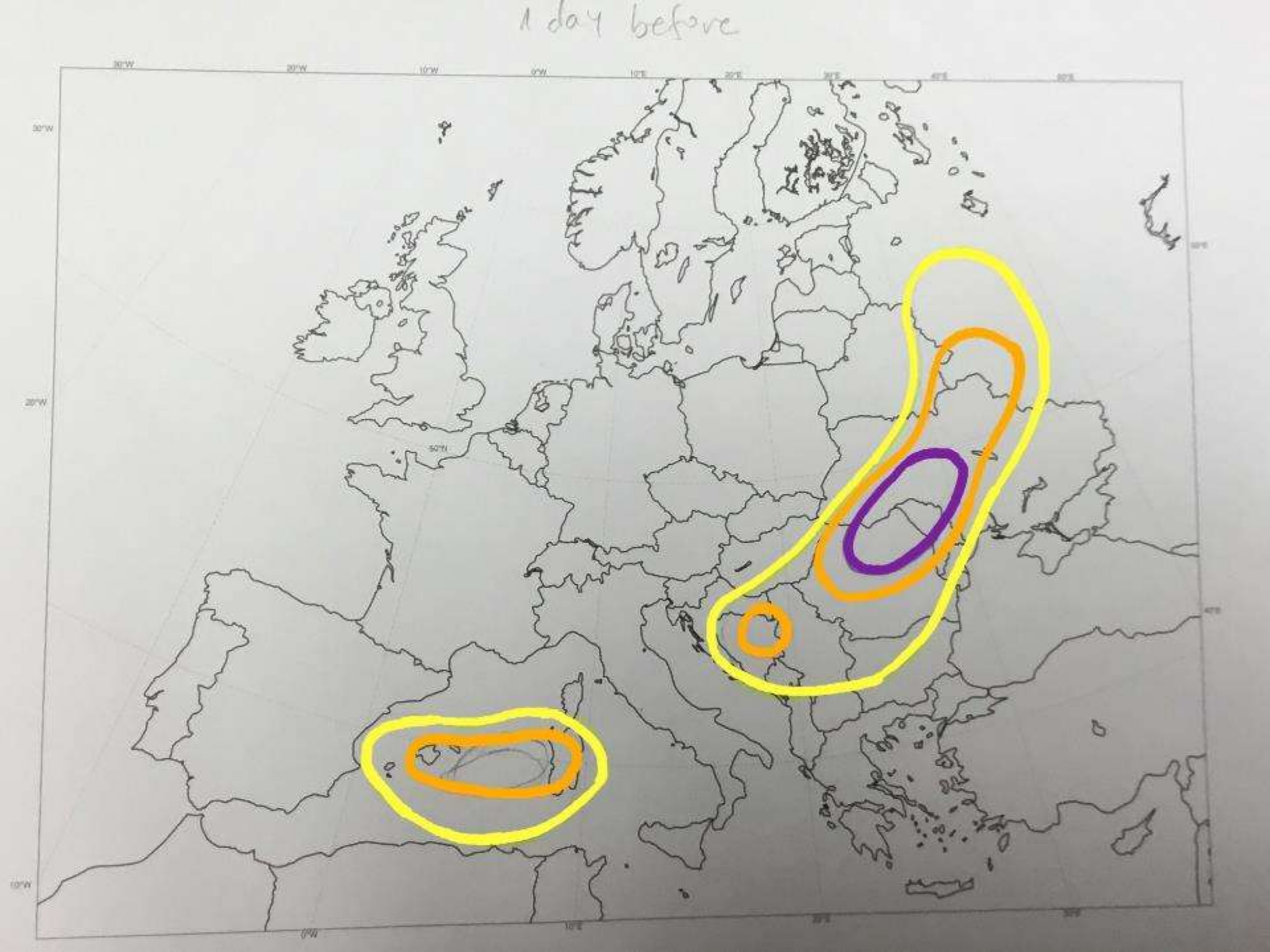


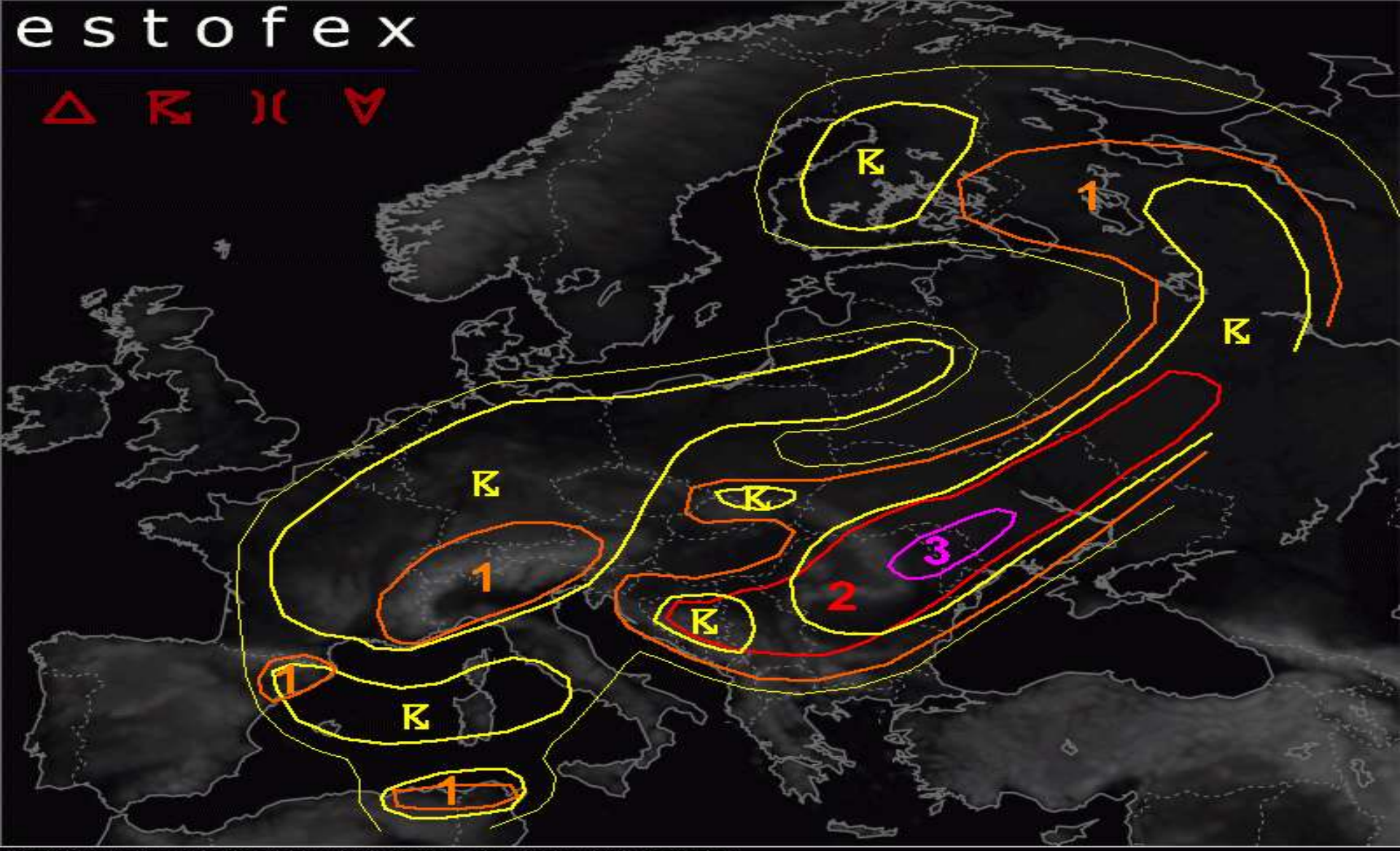
18 Sat June 2016 00UTC; Convective Hazards, FC: T+0-24 for Saturday 18 June 2016

CVIC: Easy - efi > 0.05, PoP > 50%; Slight risk - efi > 0.4, PoP > 10%; Moderate risk - efi > 0.6, PoP > 40%
High risk - efi > 0.8, PoP > 60%; Very high risk - efi > 0.95, PoP > 80%



1 day before



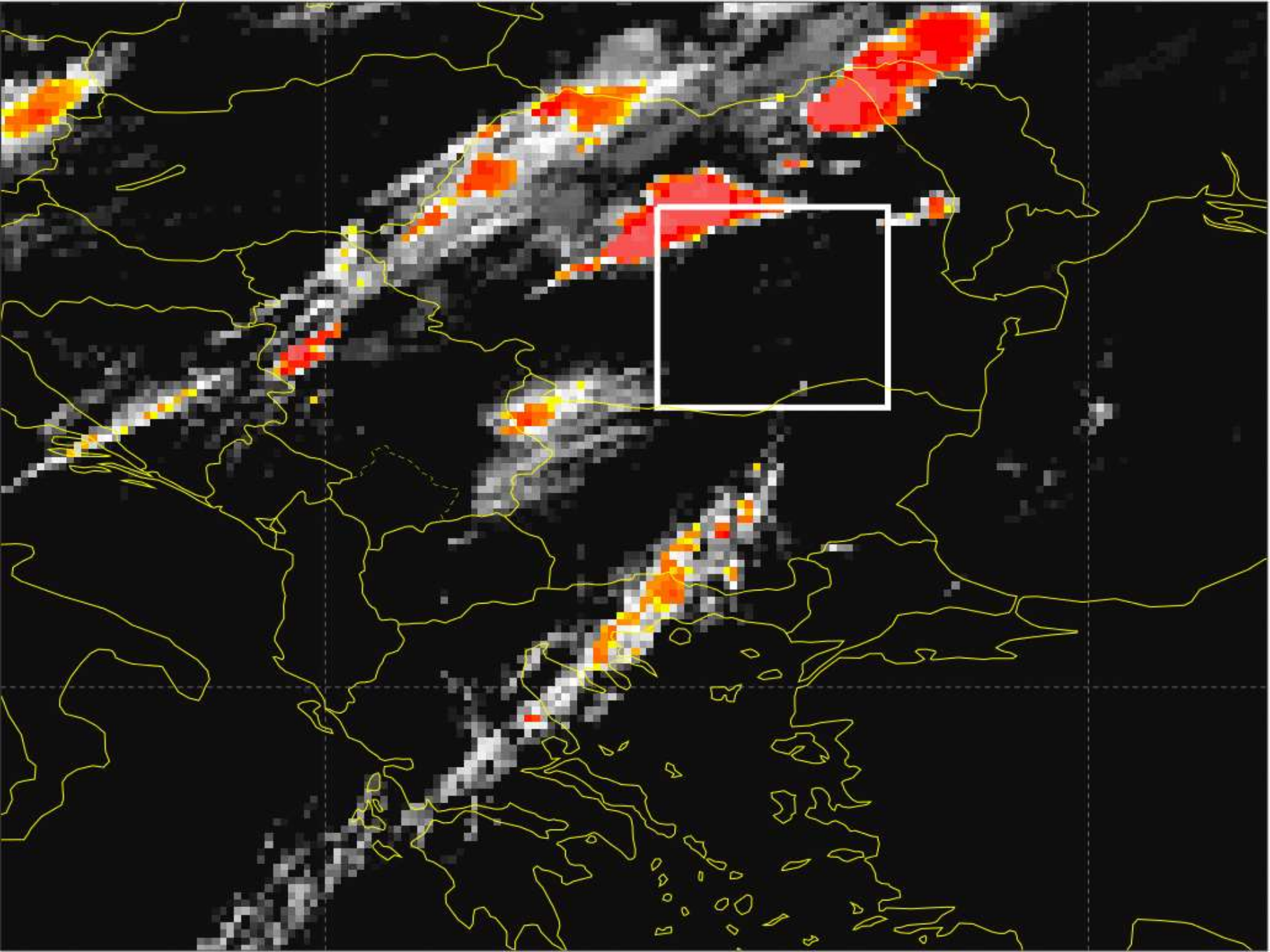


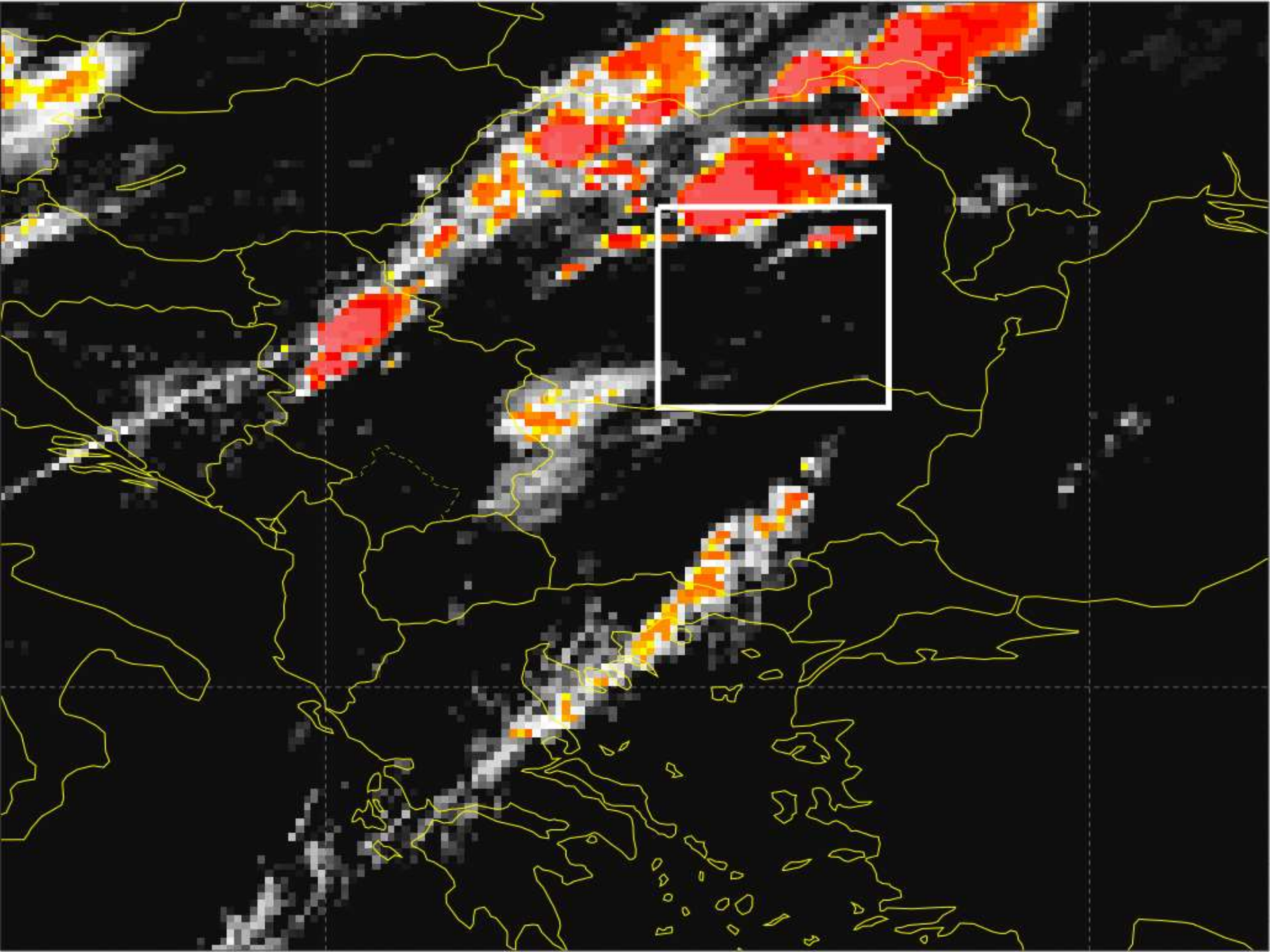
Storm Forecast valid Sat 18 Jun 2016 06:00 – Sun 19 Jun 2016 06:00 UTC
Issued: Sat 18 Jun 2016 06:09 UTC. Forecaster: TASZAREK/PISTOTNIK
Reported severe weather is plotted on the above map, source: www.eswd.eu (courtesy of ESSL)
Legend: tornadoes (red); heavy rain (cyan); large hail (green); severe winds (yellow)

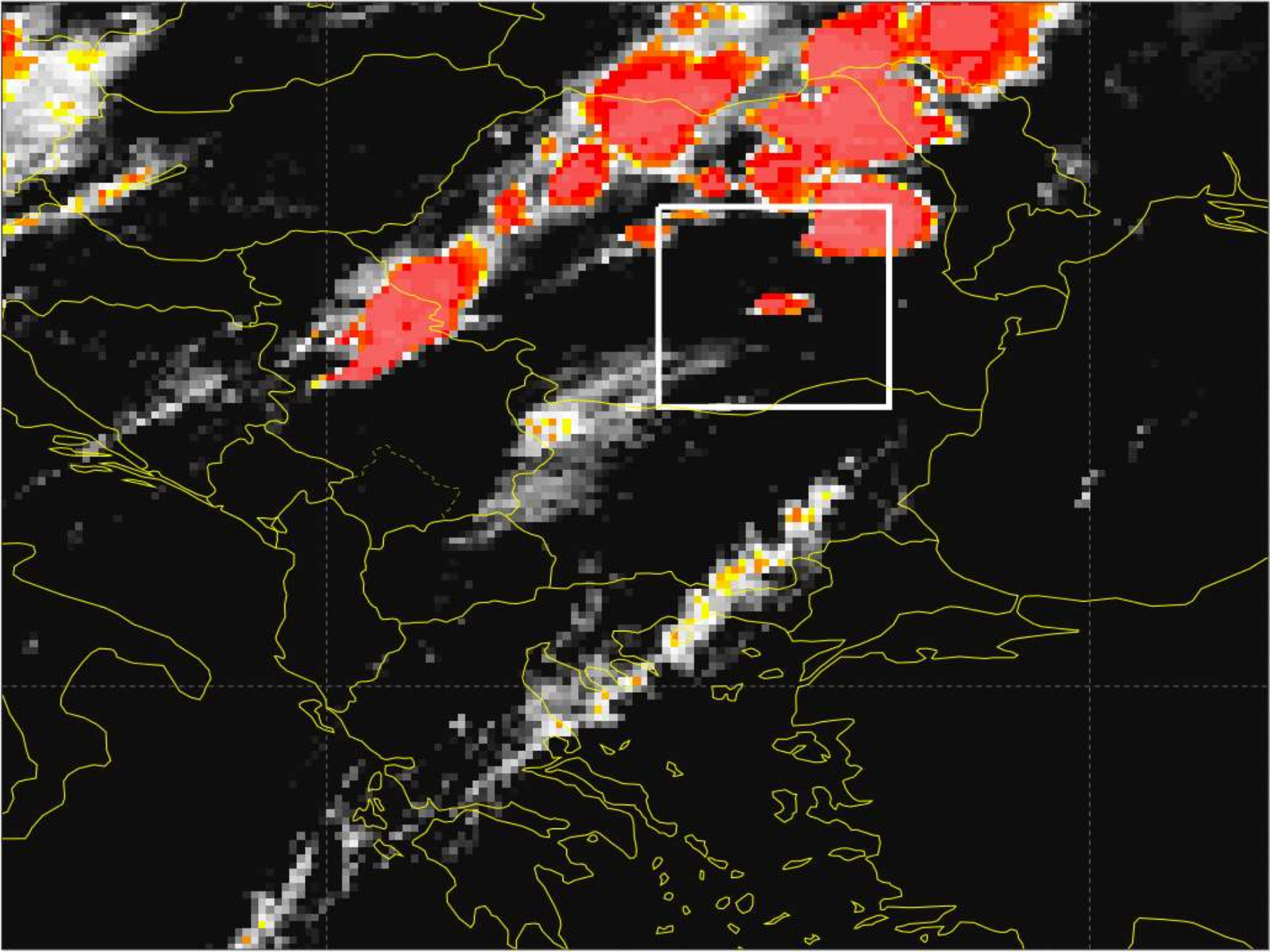
(C) ESTOFEX

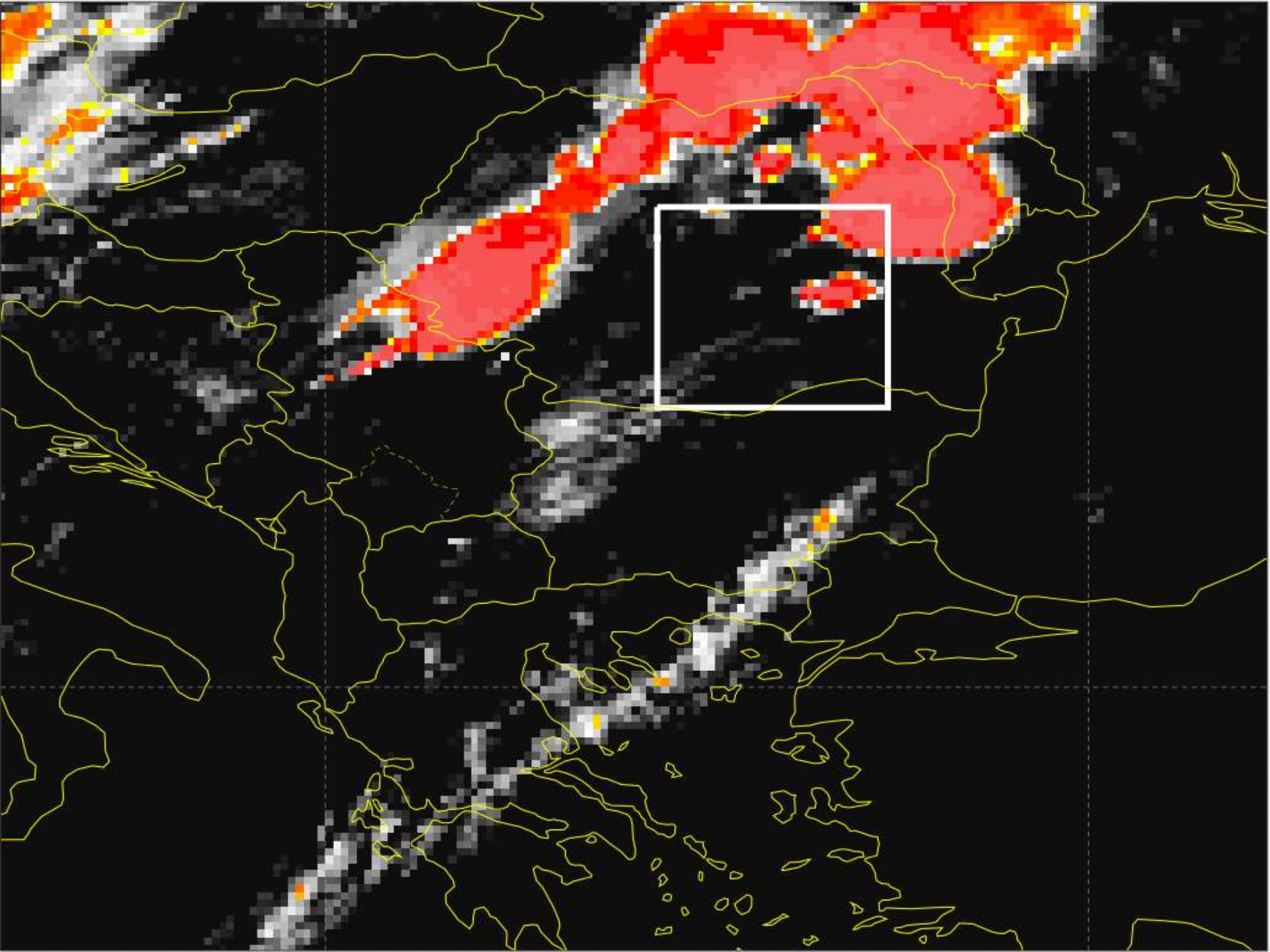
probability of occurrence
within 40 km of a point

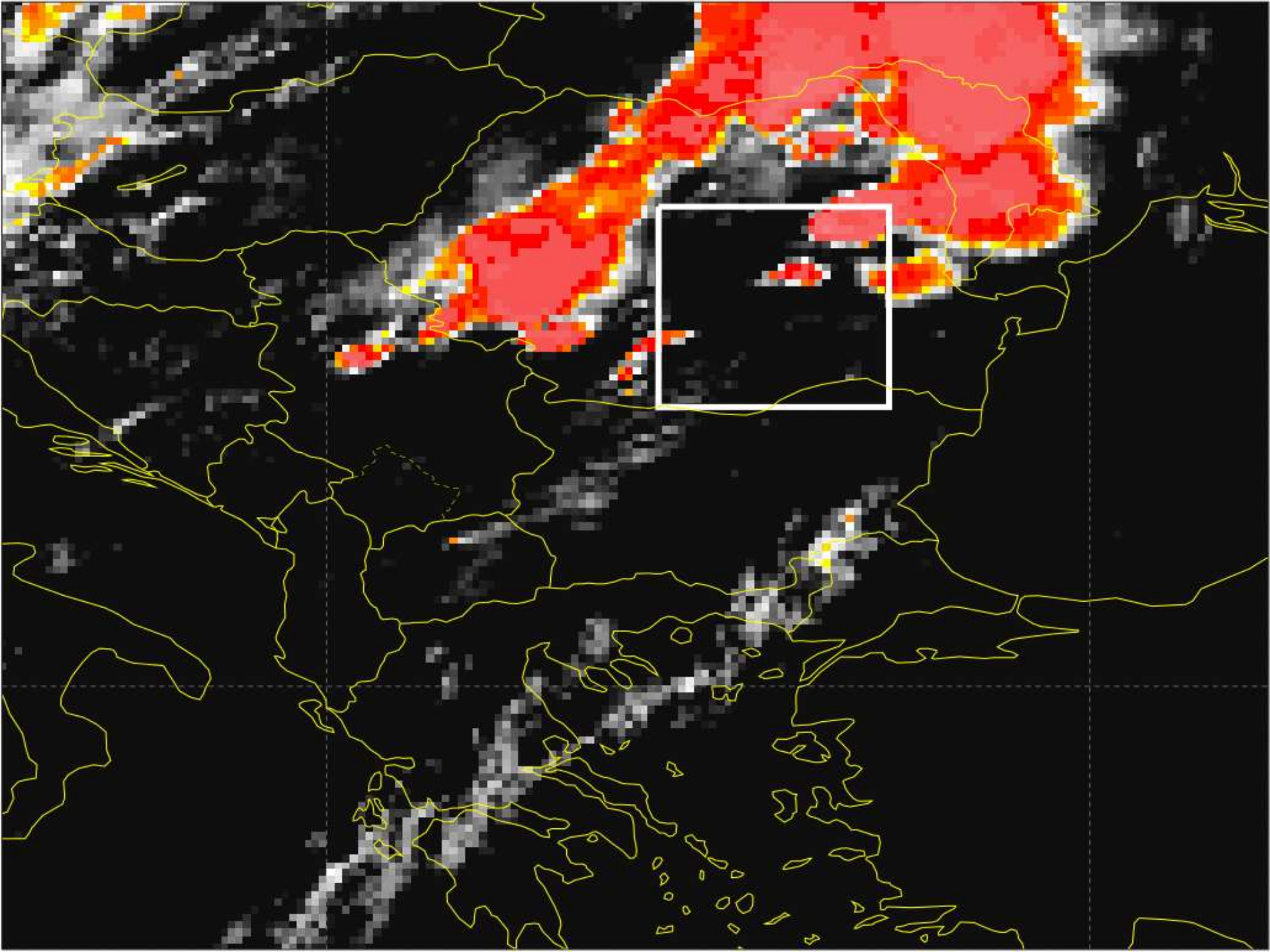
- 5 % severe
- level 1
- 15 % severe
- level 2
- 15 % extremely severe
- level 3
- 50%
- 15% lightning

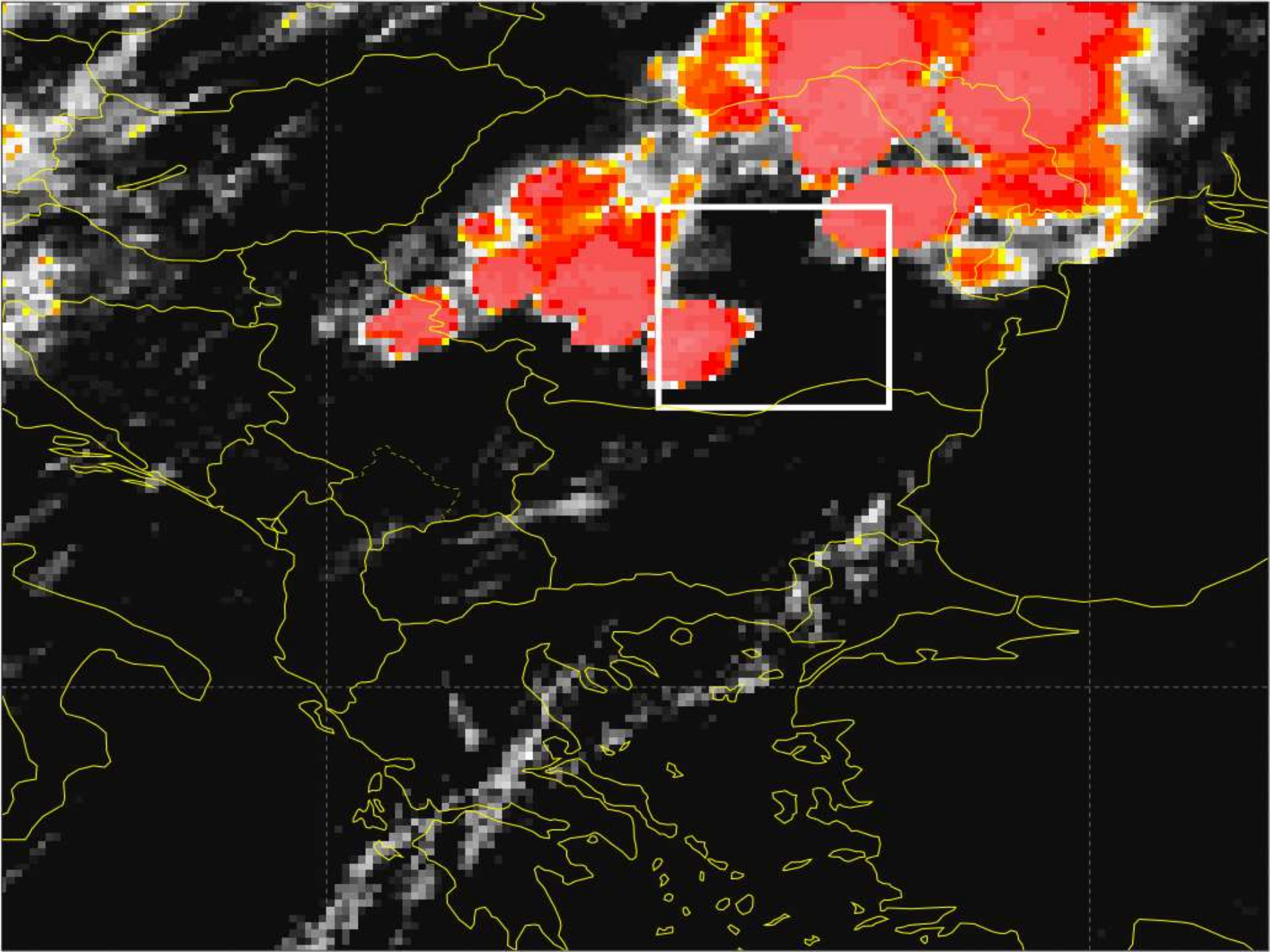


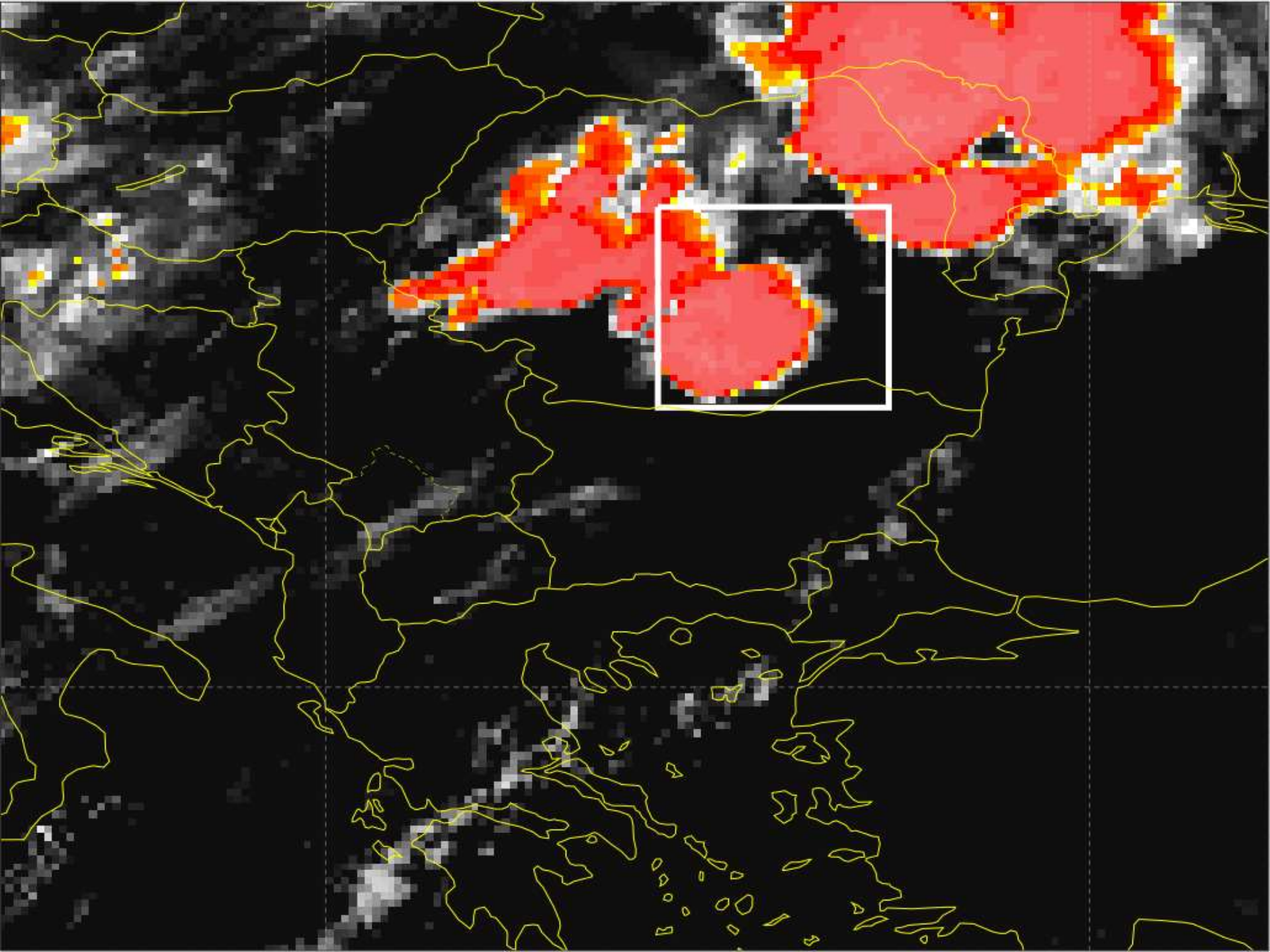


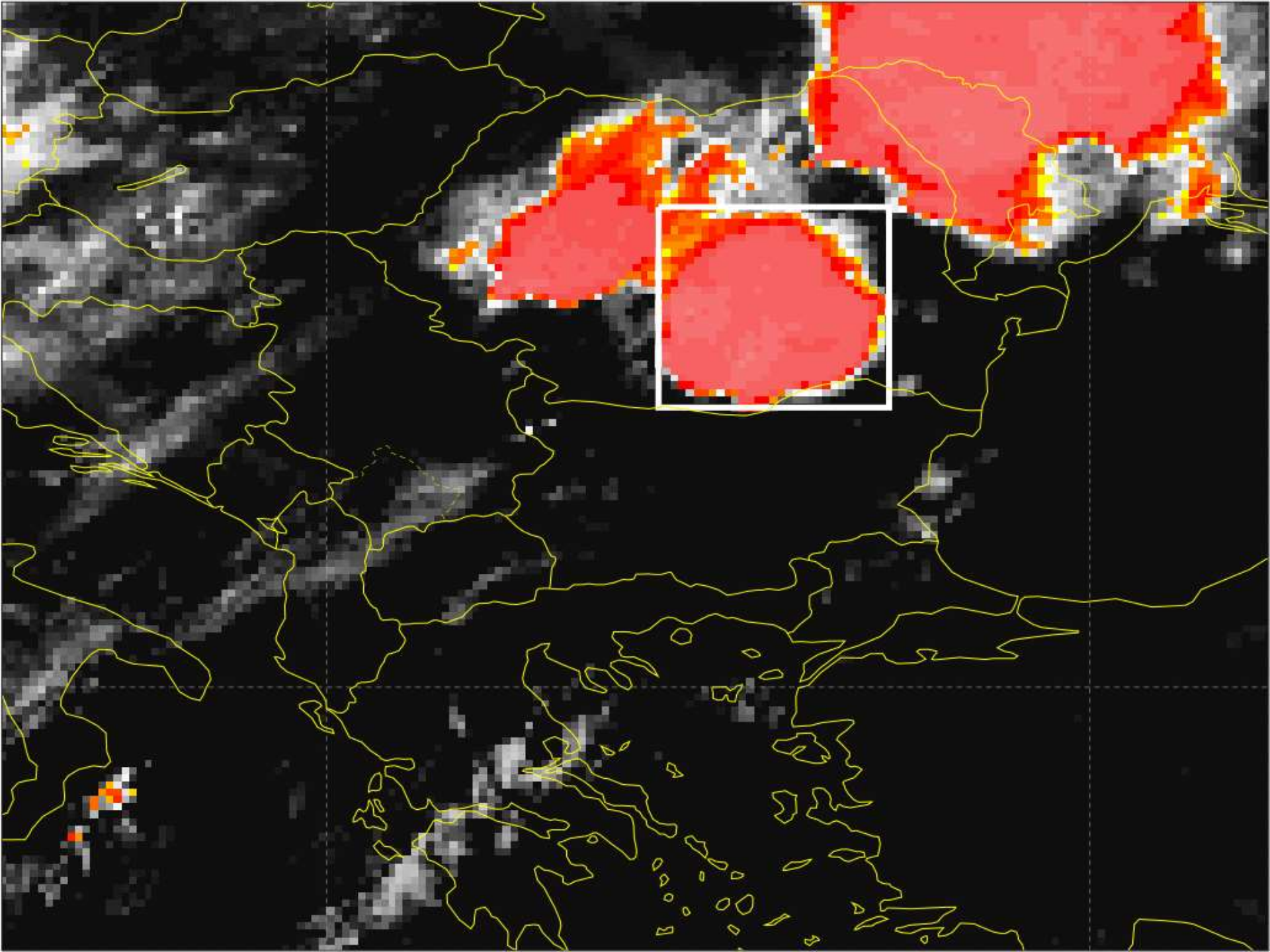








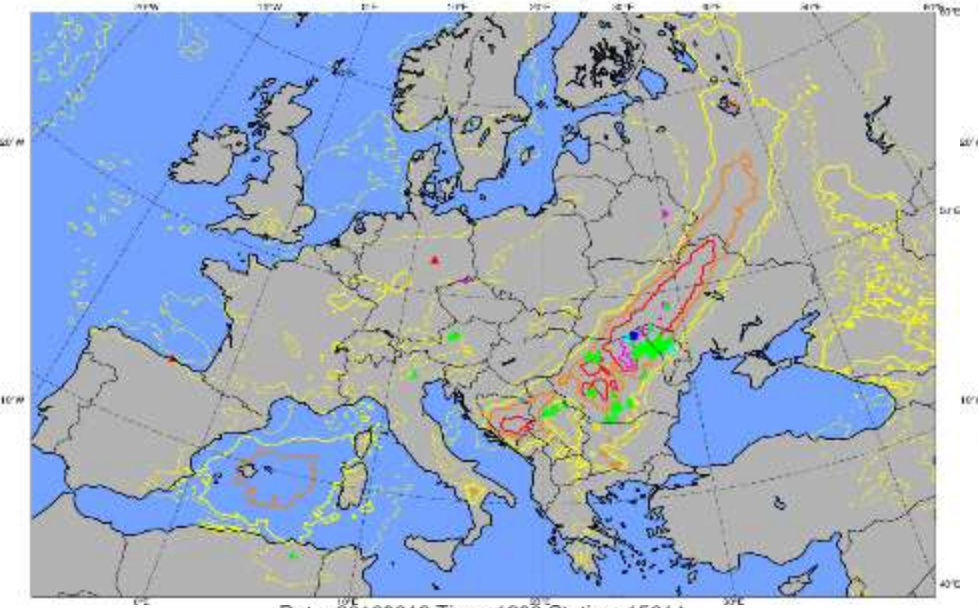




16 Thu June 2016 00UTC, Convective Hazards, FC: T+48-72 for Saturday 18 June 2016
Number of reports: 115

Slight risk - eff > 0.1, PoP > 10%; Slight risk - eff > 0.4, PoP > 10%; Moderate risk - eff > 0.6, PoP > 40%
High risk - eff > 0.8, PoP > 60%; Very high risk - eff > 0.95, PoP > 80%

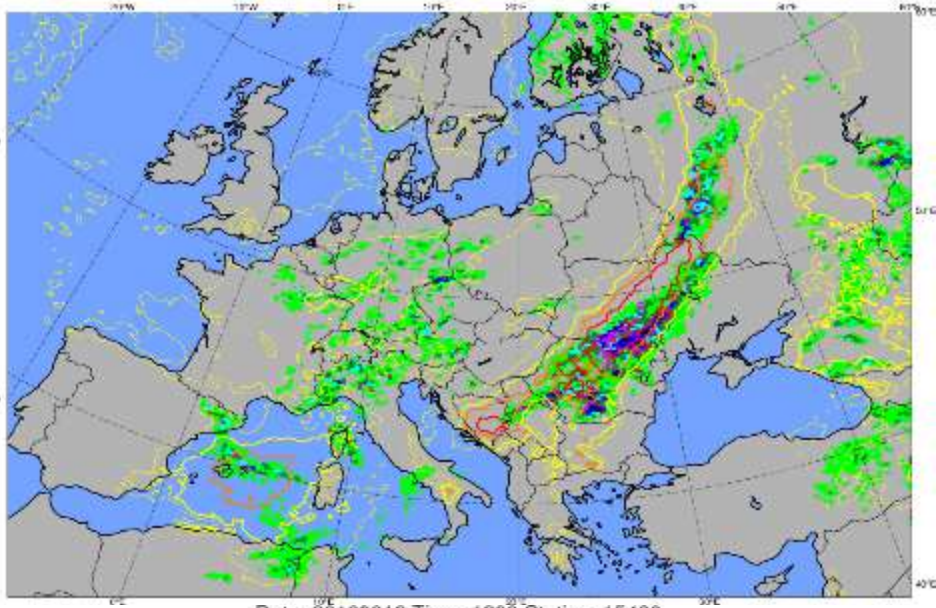
▲ tornado ▲ hail ■ severe wind ♦ lightning ■ heavy rain



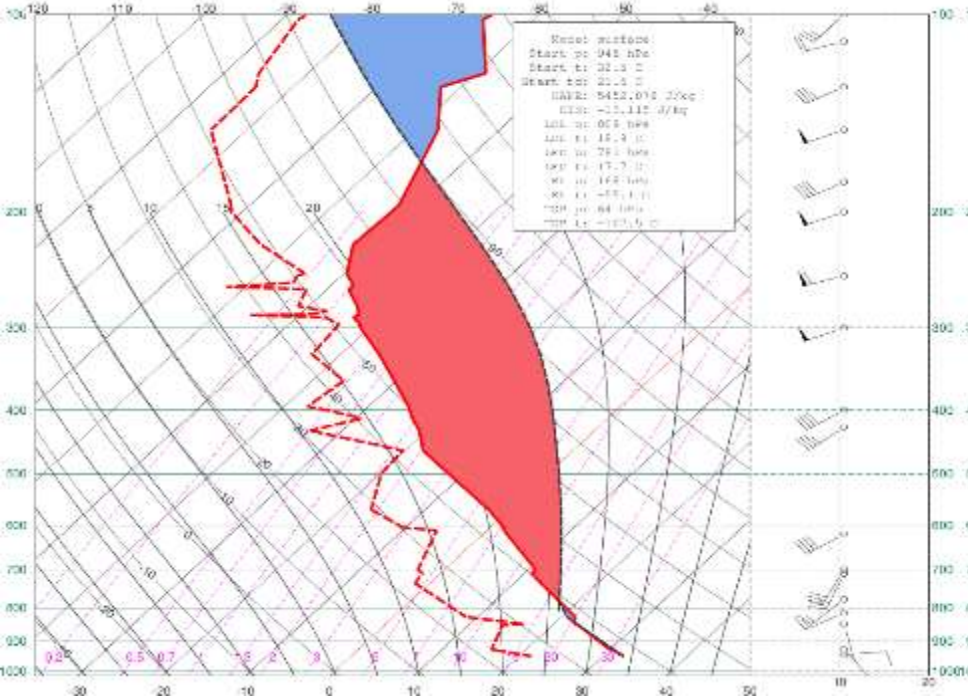
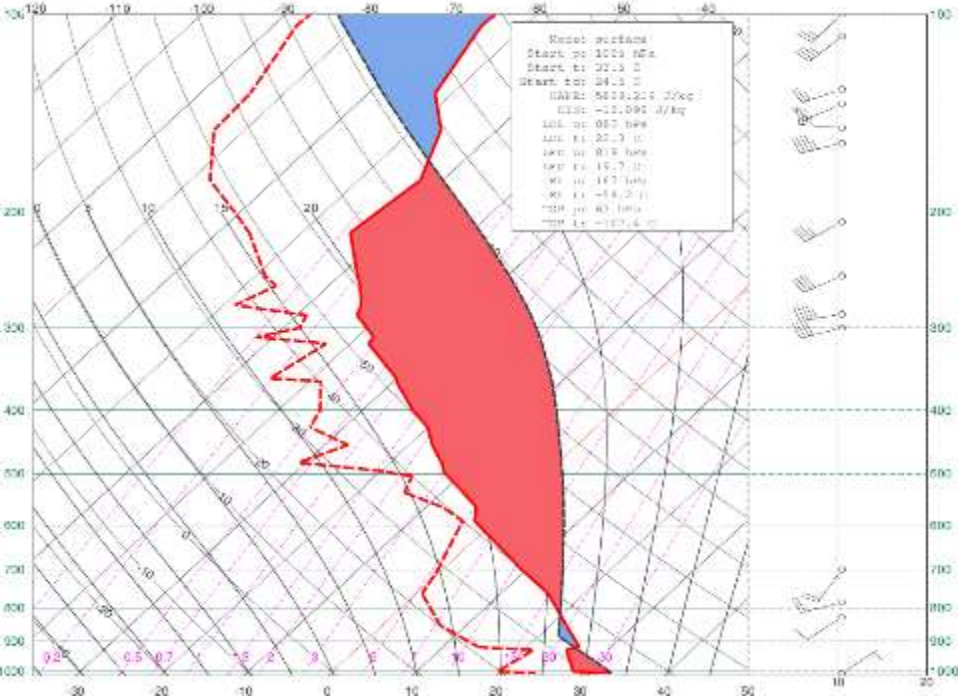
16 Thu June 2016 00UTC, Convective Hazards, FC: T+48-72 for Saturday 18 June 2016
ATDnet Lightning density for Saturday 18 June 2016

Slight risk - eff > 0.1, PoP > 10%; Slight risk - eff > 0.4, PoP > 10%; Moderate risk - eff > 0.6, PoP > 40%
High risk - eff > 0.8, PoP > 60%; Very high risk - eff > 0.95, PoP > 80%

0.01 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 1 20
strikes per km² a day



Date: 20160618 Time: 1200 Station: 15614



Date: 20160618 Time: 1200 Station: 15420