

## Report meteo di riscontro *wind day*

Piano contenente le prime misure di intervento per il risanamento della qualità dell'aria nel quartiere Tamburi (TA) per gli inquinanti PM10 e benzo(a)pirene ai sensi del D.lgs.155/2010 art. 9 comma 1 e comma 2 (rev. luglio 2012).

**N. 6/2021**  
**VI Bimestre**

1

Autori: Dott. A.Tateo Dott.ssa M. Menegotto	Rev. 0  15/02/2022
Servizio Agenti Fisici della Direzione Scientifica	

## Sommario

1. Premessa.....	2
2. Elenco <i>wind day</i> sesto bimestre 2021 .....	3
3. Commenti e grafici dei dati.....	5
4. Conclusioni VI bimestre .....	9
5. Aggiornamento confronto modelli .....	10
APPENDICE: Modalità e tecniche di valutazione delle previsioni dei <i>wind day</i> .....	11

## 1. Premessa

Con deliberazione di Giunta Regionale n. 1944 del 2/10/2012 è stato approvato il “Piano contenente le prime misure di intervento per il risanamento della qualità dell’aria nel quartiere Tamburi (TA) per gli inquinanti PM10 e benzo(a)pirene ai sensi del D.lgs.155/2010 art. 9 comma 1 e comma 2” (di seguito Piano). In tale Piano sono stati definiti i *wind day*, ovvero giornate caratterizzate da particolari condizioni meteorologiche che determinano un impatto negativo sulla qualità dell’aria nel quartiere Tamburi di Taranto, con particolare riferimento al PM10 ed al benzo(a)pirene [B(a)p].

Il *wind day* nasce da uno studio sui dati storici relativi all’anno 2011 di PM10 e B(a)p registrati dalla centralina di rilevamento della qualità dell’aria di via Machiavelli a Taranto (q.re Tamburi) e dei dati meteorologici registrati presso la centralina ARPA di San Vito (Taranto), da cui era emerso che sotto determinate condizioni di vento (direzione dal quadrante di Nord-Ovest e velocità oltre 7 m/s rilevati presso la stazione di San Vito), si assisteva ad un incremento delle concentrazioni dei due inquinanti nel solo quartiere Tamburi, con un effetto anche sul numero di superamenti legali per il PM10 (media giornaliera di concentrazione > 50 µg/m<sup>3</sup>). Ciò era dovuto alla vicinanza del sito all’area industriale. Uno studio successivo, effettuato con il sistema modellistico previsionale di qualità dell’aria SKYNET presente presso il DAP di Brindisi e afferente al Centro Regionale Aria, aveva permesso di individuare e selezionare parametri di previsione meteorologica direttamente riferibili alle situazioni critiche di impatto sulla qualità dell’aria evidenziate dai dati storici.

Per tutto ciò, in ottemperanza al Piano di risanamento, ARPA Puglia comunica la previsione di un *wind day* con 48 ore di preavviso alle aziende individuate dal Piano. Queste ultime, ai sensi del Piano e in corrispondenza del *wind day*, sono tenute ad attuare una serie di interventi volti a ridurre le emissioni di inquinanti in atmosfera.

Fino al 31/12/2014 le previsioni erano affidate all’Ufficio di Modellistica del Centro Regionale Aria, che acquisiva le previsioni da ditta esterna riprocessandole con il sistema SKYNET.

Dal 01/01/2015 l’Agenzia ha internalizzato la catena di previsione dei *wind day*, affidando l’attività al Servizio Agenti Fisici della Direzione Scientifica di ARPA (di seguito SAF). Il SAF basò i criteri di previsione *wind day* sul modello meteorologico COSMO eseguito dal Sistema Idro-Meteo-Clima (SIMC) di ARPA Emilia Romagna (EMR) coprente un intervallo temporale di tre giorni e caratterizzato da una risoluzione spaziale di 7km (COSMO-I7) con condizioni iniziali e al contorno fornite dal modello globale ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecasting). Inoltre per l’individuazione delle allerte veniva utilizzato a corredo il modello americano WRF inizializzato con le condizioni iniziali e al contorno fornite dal modello americano GFS (Global Forecast System), implementato e gestito

internamente all’Agenzia. Grazie all’internalizzazione si ottenne un miglioramento delle performance del sistema previsionale. L’algoritmo basato sulle previsioni COSMO-I7 accoppiato con il modello WRF è dettagliato nel documento “Nuovo criterio di identificazione dei Wind Days e criterio per la verifica ex-post” reperibile al link [https://www.arpa.puglia.it/moduli/output\\_immagine.php?id=4609](https://www.arpa.puglia.it/moduli/output_immagine.php?id=4609). L’utilizzo congiunto di entrambi i modelli, COSMO-I7 e WRF, consisteva fondamentalmente nell’avere come riferimento principale il modello COSMO-I7 e, nel caso di previsioni borderline o di assenza della previsione di quest’ultimo, gli operatori del SAF prendevano in considerazione le previsioni del modello WRF. Nel documento appena citato si riporta anche il criterio per la verifica ex-post delle performance della previsione *wind day*, secondo il quale l’affidabilità del modello viene testata a posteriori mediante l’utilizzo dei dati misurati presso la stazione meteo ARPA sita presso la centralina di monitoraggio della qualità dell’aria di San Vito (TA). Le condizioni che determinano l’esito positivo della previsione (verifica ex-post) sono: direzione del vento nell’intervallo  $[270^{\circ} \pm 2^{\circ} - 0^{\circ} \pm 2^{\circ}]$  e velocità superiore a 7 m/s con persistenza oraria superiore o uguale a 3 ore (la soglia reale impostata per la verifica è di 6.7m/s per includere nella decisione l’incertezza di misura caratteristica dell’anemometro utilizzato nella misura  $[7 \pm 0.3 \text{ m/s}]$ ).

Dal 01/06/2018 è online il nuovo algoritmo di previsione dei *wind days* basato sulla più recente versione “M5” del modello COSMO fornito dal Servizio Idro-Meteo-Clima di ARPA EMR, secondo quanto stabilito da specifico protocollo di intesa tra le due Agenzie. L’utilizzo di differenti previsioni meteorologiche ha richiesto l’utilizzo di un nuovo criterio di allerta *wind day*. A differenza del criterio precedente, il nuovo criterio più performante si basa sul solo modello COSMO M5 sia per l’allerta che la conferma/revoca. Il nuovo algoritmo è descritto nel documento “Criterio di identificazione dei Wind Days Revisione 2018” consultabile al link [https://www.arpa.puglia.it/moduli/output\\_immagine.php?id=4608](https://www.arpa.puglia.it/moduli/output_immagine.php?id=4608).

Sulla base degli output modellistici previsionali a +72 ore, il SAF provvede a diramare le allerte, che possono essere oggetto di revoca il giorno successivo, sulla base delle previsioni a +48 ore, in genere più affidabili. Per maggiori informazioni, si può consultare la documentazione presente al link [https://www.arpa.puglia.it/pagina2831\\_wind-days.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina2831_wind-days.html) e l’allegato al presente report.

Per la verifica ex-post della previsione si utilizza l’algoritmo sopra descritto.

## 2. Elenco *wind day* sesto bimestre 2021

Nel sesto bimestre 2021 si sono osservati n. 10 giorni con caratteristiche di *wind day* (secondo il criterio di verifica ex-post riportato a pag. 4 del documento “Nuovo criterio di identificazione dei *Wind Days* – rev 0 del 02/01/2015”). Dei 10 eventi osservati n.7 sono stati correttamente allertati e vengono classificati come “veri positivi” (per le definizioni si veda l’appendice allegata al presente report). Pertanto si conteggiano n. 3 “falsi negativi”. Le allerte in totale sono state in numero di 8 per cui una viene conteggiata come “falso positivo”. Inoltre si sono verificata n. 2 revoche di allerta sulla base delle previsioni a 48 ore di cui una ha dato origine a uno dei 3 “falsi negativi”).

Rispetto al sesto bimestre del 2020, il numero di *wind days* osservati in questo bimestre oggetto del report risulta essere più che raddoppiato.

Nel periodo di riferimento si è verificata una situazione *borderline* (19/11/2021), caratterizzata da sole 3 ore di valori della velocità del vento di poco superiore al valore di riferimento, che ha dato origine a uno dei “falsi negativi”.

L’unico falso positivo (allerta non verificata a posteriori) riguarda il giorno 08/12/2021: i modelli hanno previsto, per il giorno in questione, la coda dell’evento relativo al giorno precedente (*wind day* allertato e verificato, si veda grafico in figura 4).

In Tabella 1 si riporta la lista aggiornata delle allerte e dei *wind days* verificati ex-post, unitamente all’esito della verifica ex-post.

Nel paragrafo 3 sono commentati gli eventi corredati da grafici degli andamenti dei parametri velocità del vento, direzione del vento e precipitazione registrati presso la stazione di San Vito (analisi dei dati considerando l’ora legale).

Tabella 1: Lista delle allerte e dei *wind days* verificati nel 2021 (aggiornamento al sesto bimestre 2021)

BIMESTRE	Data	Allerta	Esito verifica *
1°	13/01/2021	✓	FP
	16/01/2021	✓	VP
	18/01/2021	✓	FN
	26/01/2021	✓	VP
	27/01/2021	✓	VP
	13/02/2021	✓	VP
	14/02/2021	✓	VP
	15/02/2021	✓	VP
2°	16/02/2021		FN
	10/03/2021	✓	FP
	11/03/2021	✓	VP
	15/03/2021	✓	VP
	16/03/2021	✓	VP
	17/03/2021	✓	VP
	21/03/2021	✓	VP
	22/03/2021	✓	VP
	23/03/2021	✓	VP
	24/03/2021	✓	VP
	04/04/2021	✓	FP
3°	08/04/2021		FN
	14/04/2021	✓	FP
4°	20/05/2021		FN
	14/06/2021	✓	VP
5°	15/07/2021	✓	FP
	22/09/2021		FN
	23/09/2021	✓	FP
	12/10/2021	✓	VP
	14/10/2021	✓	VP
	15/10/2021	✓	VP
6°	16/10/2021	✓	FP
	19/11/2021		FN
	30/11/2021	✓	VP
	04/12/2021	✓	VP
	07/12/2021	✓	VP
	08/12/2021	✓	FP
	12/12/2021	✓	VP
	13/12/2021	✓	VP
	14/12/2021		FN
	17/12/2021	✓	VP
18/12/2021		FN	
	30/12/2021	✓	VP

\*VP = vero positivo; FP= falso positivo; FN=falso negativo. Per la definizione consultare l’allegato al presente report

### 3. Commenti e grafici dei dati

- *Prima decade di Novembre 2021 (riferimento grafico: figura 1).*

Nel periodo in esame non si sono registrati *wind days*; coerentemente il modello non ha previsto allerte.

- *Seconda decade di Novembre 2021 (riferimento grafico: figura 2).*

Nel periodo in esame si è registrato n.1 *wind day* (19 Novembre) non correttamente allertato (tipo borderline).

- *Terza decade di Novembre 2021 (riferimento grafico: figura 3).*

Nel periodo in esame si è registrato n.1 *wind day* (30 Novembre) correttamente allertato.

- *Prima decade di Dicembre 2021 (riferimento grafico: figura 4).*

Nel periodo in esame si sono registrati n. 2 *wind days* (4 e 7 Dicembre) entrambi correttamente allertati. Nello stesso periodo si è registrata una allerta non verificata ex-post (08/11/2021, classificato come “falso positivo”).

- *Seconda decade di Dicembre 2021 (riferimento grafico: figura 5)*

Nel periodo in esame si sono registrati n. 5 *wind days* di cui n.3 correttamente allertati (12, 13 e 17 Dicembre) e n.2 non correttamente allertati (14 e 18 Dicembre) il primo dei quali è stato soggetto a revoca sulla base delle previsioni a +48 ore.

- *Terza decade di Dicembre 2021 (riferimento grafico: figura 6).*

Nel periodo in esame si è registrato n.1 *wind day* (30 Dicembre) correttamente allertato.

Figura 1: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa.

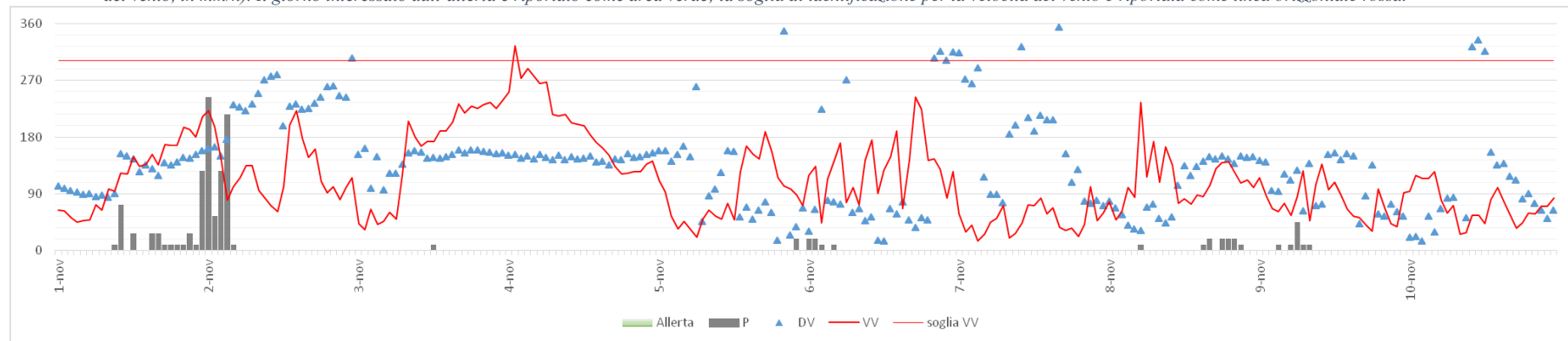


Figura 2: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa. Il giorno cerchiato in verde riguardano un caso borderline conteggiato come FN.

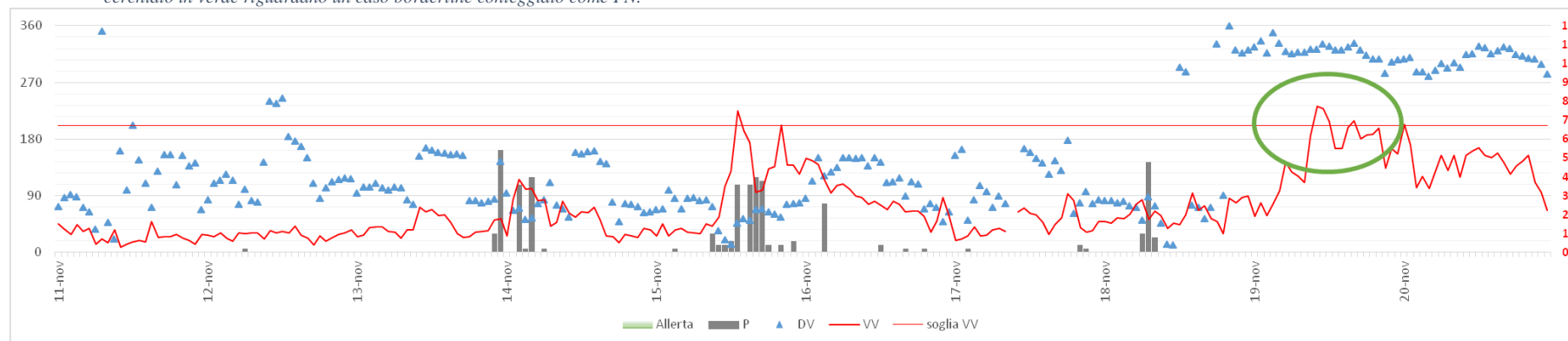


Figura 3: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa

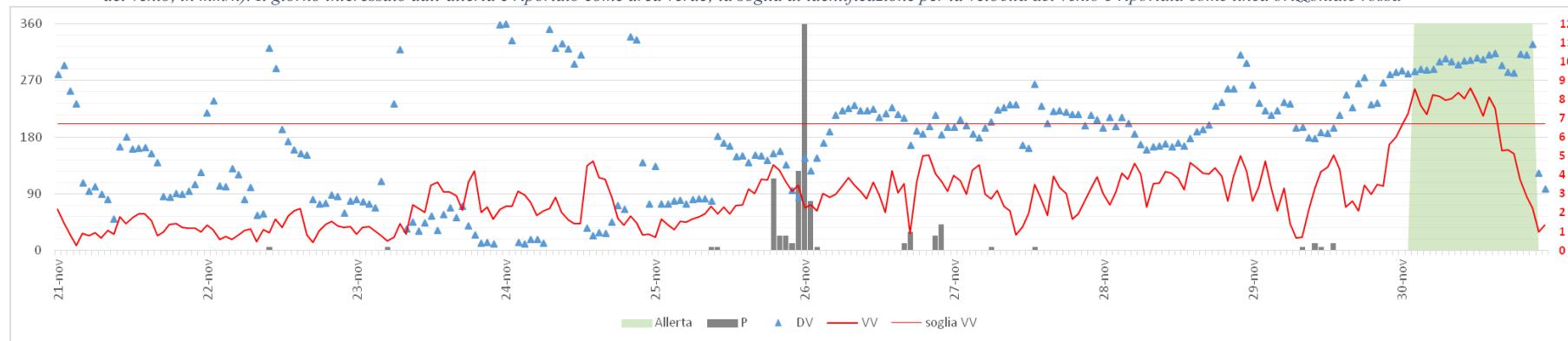


Figura 4: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa. Il giorno cerchiato in rosso riguardano una allerta errata contegiata come FP.

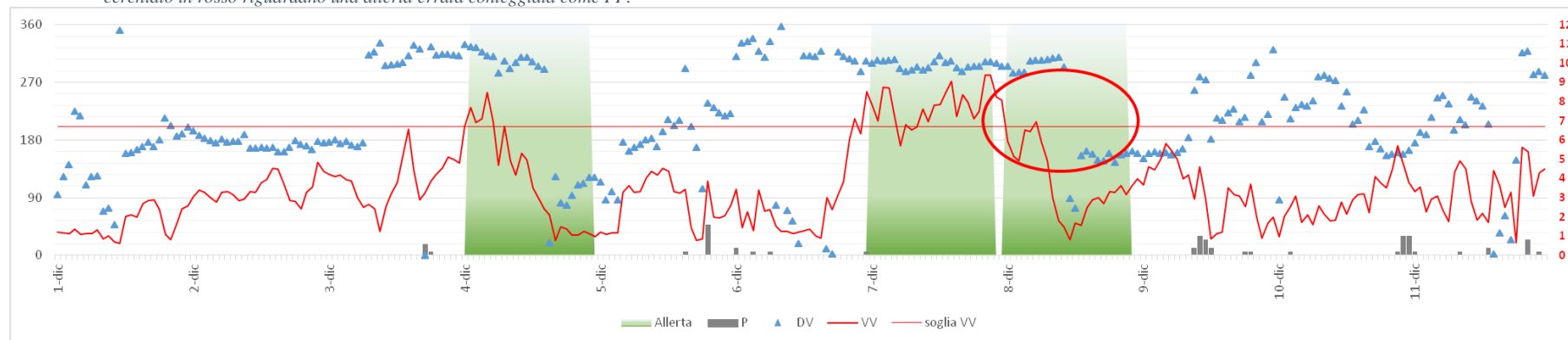


Figura 5: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa. I due giorni cerchiati in verde riguardano due mancate allerte contegiate come FN.

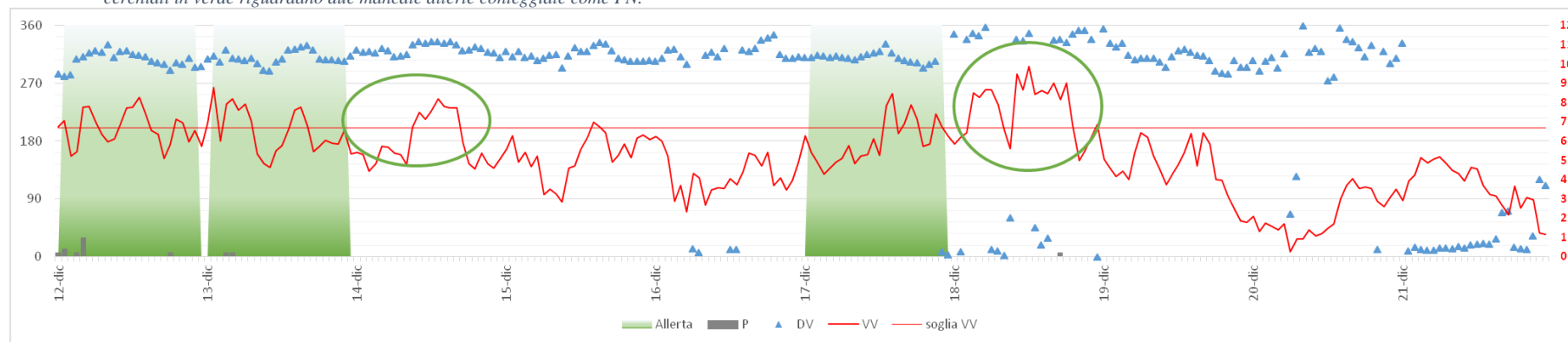
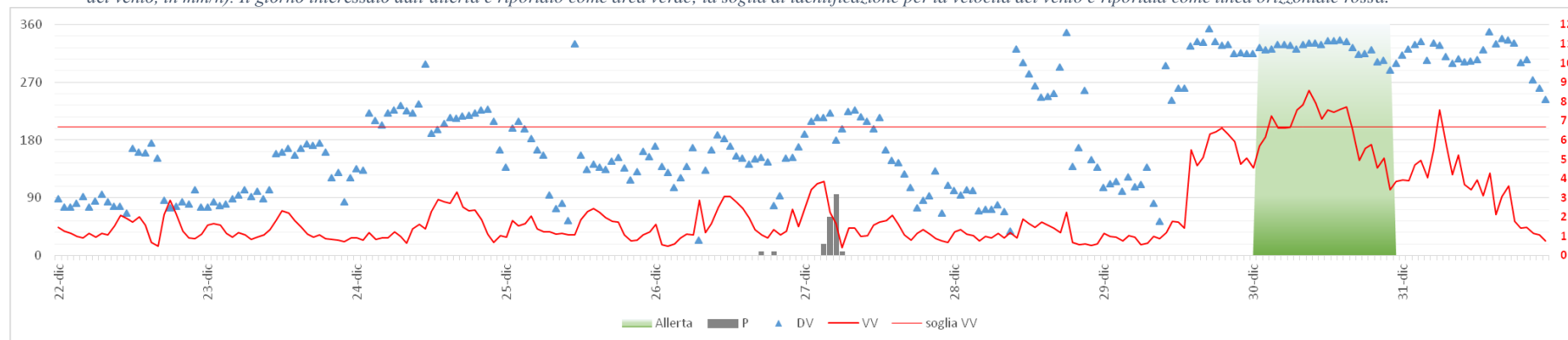


Figura 6: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa.





#### 4. Conclusioni VI bimestre

Nel sesto bimestre 2021 si sono osservati n.10 giorni con caratteristiche di *wind day* (secondo il criterio di verifica ex post riportato a pag. 4 del documento “Nuovo criterio di identificazione dei *Wind Days* – rev 0 del 02/01/2015”) di cui n. 7 correttamente allertati. Nel periodo di riferimento si conta n.1 allerta non verificata a posteriori e conteggiata come “falso positivo” (08/12/2021) e n.3 mancate allerte conteggiate come “falso negativo” (19 Novembre, 14 e 18 Dicembre). Nel periodo in questione si sono verificate n.2 revoche di allerta sulla base delle previsioni a 48 ore delle quali n.1 corretta.

In tabella 2 si riporta la tabella di contingenza totale aggiornata (rif. Tabella 3 paragrafo 4, report n. 6 del 2018), contenente i dati a partire dal 03/01/2015, avvio della internalizzazione delle previsioni, fino al 31/12/2021, accompagnata dalla stima degli indicatori statistici di performance (descritti in appendice).

Tabella 2: Tabella di contingenza aggiornata dal 03/01/2015 al 31/12/2021 (\*)

TOTALE		Osservati		TOTALE
		Wind Days	Non WD	
Previsti	Wind Days	179 (Veri Positivi)	42 (Falsi Positivi)	221
	Non WD	59 (Falsi Negativi)	2185 (Veri Negativi)	2244
	TOTALE	238	2227	2465
		Sensibilità (POD)		0,75
		Specificità		0,98
		Valore predittivo positivo (SR)		0,81
		BIAS = (VP+FP)/(VP+FN)		0,93
		Threat Score		0,64

(\*) Tabella aggiornata per analisi statistica di performance (riferimento paragrafo 4, tabella 3 del report VI bimestre 2018)

## 5. Aggiornamento confronto modelli

A partire da giugno 2018 le previsioni degli eventi Wind Days vengono ottenute col nuovo criterio di identificazione dei wind days secondo quanto riportato nel documento “Criterio di identificazione Wind Days – Revisione 2018” (consultabile al link [https://www.arpa.puglia.it/pagina2831\\_wind-days.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina2831_wind-days.html)) il quale utilizza il nuovo modello COSMO\_M5 in sostituzione del modello COSMOI7 combinato col modello WRF.

Il nuovo criterio presentava delle performance migliori rispetto al criterio fino ad allora utilizzato garantendo un maggiore bilanciamento degli indicatori di sensibilità (POD) e Success Ratio, con un BIAS stimato pari circa all'unità (per le definizioni si veda l'appendice al presente report).

A conclusione del 2021, avendo a disposizione 3 anni di previsioni wind days con il nuovo modello COSMO M5, si è effettuato l'aggiornamento del confronto delle performance in analogia con quanto effettuato nel 2018 per il modello COSMO I7 (rif. Report Novembre-Dicembre 2018 [https://www.arpa.puglia.it/pagina2980\\_wind-days-report-meteo.html](https://www.arpa.puglia.it/pagina2980_wind-days-report-meteo.html)).

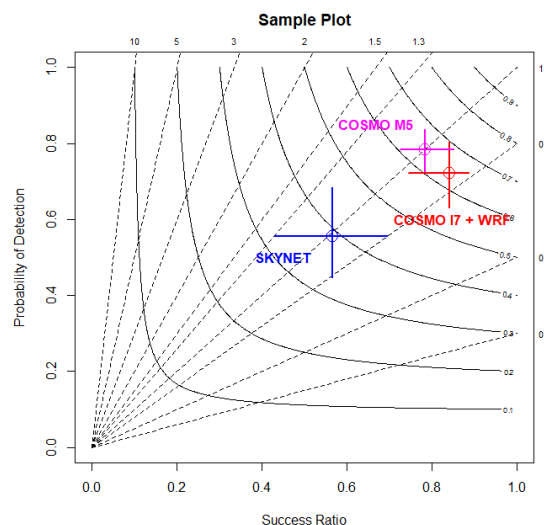
In figura 7 vengono riportati in sintesi gli indicatori POD, SR, BIAS e TS per i blocchi di previsioni che riguardano le performance delle previsioni per i tre modelli utilizzati:

- SKYNET: fino al 31/12/2014 previsioni affidate all'Ufficio di Modellistica del Centro Regionale Aria, che acquisiva le previsioni da ditta esterna riprocessandole con il sistema SKYNET;
- COSMOI7-WRF: dal 01/01/2015 al 31/05/2018, a seguito della internalizzazione della catena di previsione dei *wind day* si è utilizzato il modello COSMO I7 associato al modello WRF;
- COSMO M5: dal 01/06/2018 è online il nuovo algoritmo di previsione dei wind days basato sulla più recente versione “M5” del modello COSMO, fornito dal Servizio Idro-meteo-clima di ARPA Emilia Romagna, che costituisce il modello di riferimento nazionale per la Protezione Civile Nazionale.

In particolare si riporta il Categorical Performance Diagram (Roebber, P.J., 2009: Visualizing multiple measures of forecast quality. *Wea. Forecasting*, 24, 601–608) di confronto tra il criterio SKYNET (2013 - 2014), il criterio basato su COSMOI7+WRF (dataset 2015 - 2017) e il nuovo criterio basato sul modello COSMO\_M5 (giugno 2018 - dicembre 2021) da cui si evince, oltre all'evidente miglioramento a seguito della internalizzazione delle previsioni a partire dal 2015, che il nuovo sistema basato su COSMO\_M5 ha come effetto quello di bilanciare i POD e SR, con un BIAS tendente all'unità.

10

Figura 7: Categorical Performance Diagram: confronto tra SKYNET, COSMOI7+WRF e COSMO-M5



## APPENDICE: Modalità e tecniche di valutazione delle previsioni dei *wind day*

La previsione dei *wind day* è di tipo “*dichotomous forecast*”. L’analisi di questa tipologia di variabile “dicotomica” viene comunemente effettuata mediante l’utilizzo delle tabelle di contingenza, la cui descrizione è riportata in tabella A-1, compilabili mediante la stima di quattro variabili (Hits, False alarm, Misses, Correct nulls) descritte in figura A-1.

Figura A-1: Diagramma che mostra HITS (H), FALSE ALARM (F) e MISSES (M) per variabili dicotomiche

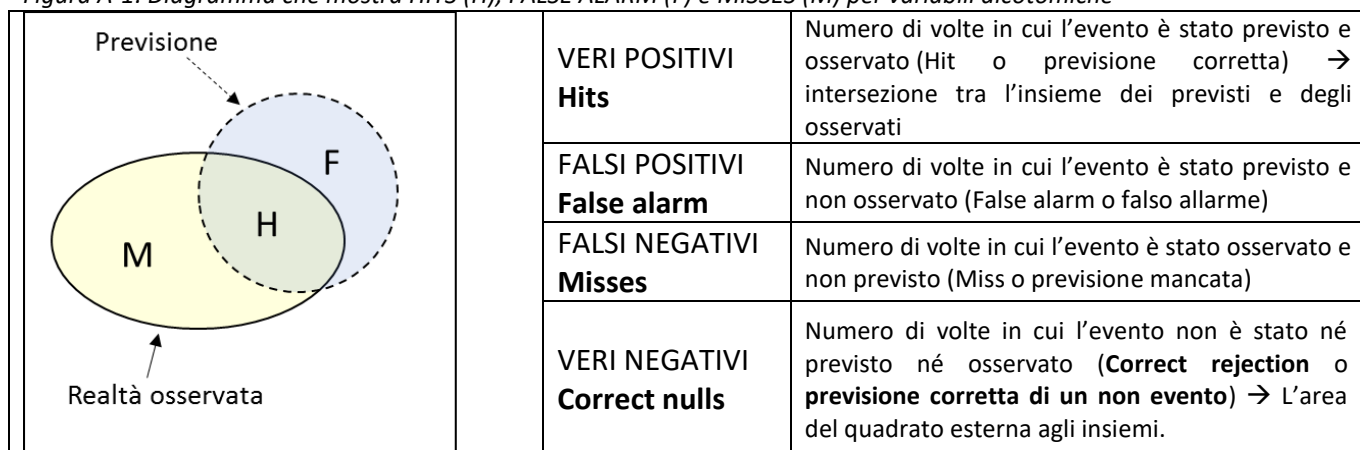


Tabella A-1: Definizione della Tabella di contingenza 2x2

		Wind day Osservati	
		SI	NO
Wind day PREVISTI	SI	<b>VERI POSITIVI (VP)</b>	<b>FALSI POSITIVI (FP)</b>
	NO	<b>FALSI NEGATIVI (FN)</b>	<b>VERI NEGATIVI (VN)</b>

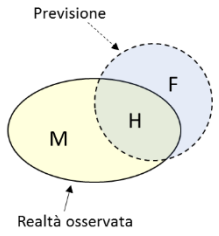
Dalle tabelle di contingenza è possibile estrarre le seguenti informazioni:

- Eventi TOTALI: VP+FP+FN+VN
- Eventi WIND DAY OCCORSI: VP+FN
- Eventi NON WIND DAY OCCORSI: FP+VN
- Eventi WIND DAY PREDETTI: VP+FP
- Eventi NON WIND DAY PREDETTI: FN+VN

Gli indicatori statistici utili nella stima delle performance di sistemi previsionali di variabili dicotomiche sono di seguito elencati e descritti.

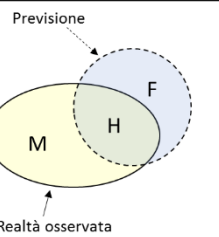
• **Sensibilità (PROBABILITY OF DETECTION – POD)**

Rappresenta la percentuale dei Wind Day osservati, previsti correttamente dal criterio. Tale coefficiente esprime la capacità del criterio di identificare i reali Wind Day. Può assumere valori compresi tra 0 e 1, con valori ottimali che tendono all'unità.

$POD = VP / (VP + FN)$		<p>Sottoinsieme H diviso l'insieme delle osservazioni (H+M)</p>
------------------------	--	---

• **Valore predittivo positivo (SUCCESS RATIO)**

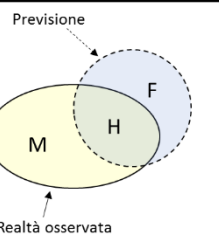
Rappresenta la percentuale dei Wind Day previsti ed effettivamente osservati. Può assumere valori compresi tra 0 e 1, con valori ottimali che tendono all'unità.

$SR = VP / (VP + FP)$		<p>Sottoinsieme H diviso l'insieme delle previsioni (H+F)</p>
-----------------------	---	---

12

• **Specificità**

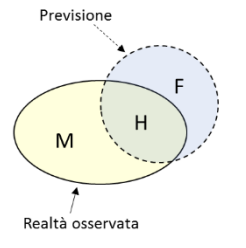
Rappresenta la percentuale dei NON Wind Day, previsti dal criterio e confermati dalle osservazioni. Tale indice rappresenta la capacità del modello di identificare i NON Wind Day. Poiché in un anno si verificano molti più giorni di "NON Wind Day" rispetto a quelli di "Wind Day", questo indicatore presenta valori molto prossimi all'unità non apportando, dunque, informazione utile e significativa ai fini dell'interpretazione dei risultati. Può assumere valori compresi tra 0 e 1, con valori ottimali che tendono all'unità.

<p>Specificità: <math>VN / (VN + FP)</math></p>		<p>Area esterna agli insiemi diviso la stessa più F</p>
---	--	---

• **BIAS**

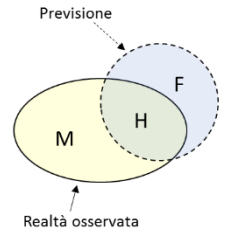
Rapporto tra la frequenza delle previsioni e la frequenza degli eventi osservati. Il valore ottimale è 1: valori inferiori a 1 indicano una tendenza delle previsioni a sottostimare gli eventi, al contrario, valori maggiori di 1 una tendenza a sovrastimarli.

Si fa presente che questo indicatore non valuta la corrispondenza tra i *wind day* previsti e quelli osservati, ma solo la frequenza relativa, ovvero valuta se il numero di chiamate è comparabile con il numero di volte in cui l'evento è stato osservato.

$\text{BIAS} = \frac{VP+FP}{VP+FN}$		<p>Somma dei sottoinsiemi H+F diviso somma dei sottoinsiemi H+M</p>
-------------------------------------	--	---

• **Threat Score o Critical Success Index**

Esprime quanto i *wind day* previsti corrispondano ai *wind day* osservati; il suo valore ottimale è 1. Questo indicatore, al contrario della specificità, non tiene conto dei veri negativi, superandone, in questo contesto, la scarsa utilità.

$\text{TS} = \frac{VP}{VP+FP+FN}$		<p>Sottoinsieme H diviso somma dei sottoinsiemi H+F+M</p>
-----------------------------------	--	---