

# PREVISIONI METEOROLOGICHE STAGIONALI E MODELLI COLTURALI PER LA PREVISIONE DI RESA DEL FRUMENTO IN EMILIA-ROMAGNA

F. Tomei<sup>1</sup>, V. Pavan<sup>1</sup>, G. Villani<sup>2</sup>, F. Ventura<sup>2</sup>, V. Marletto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ARPA Emilia-Romagna, Servizio Idro-Meteo-Clima, viale Silvani 6, 40122 Bologna (Italy)

<sup>2</sup> Università di Bologna, Facoltà di Agraria, Viale Fanin 50, 40127 Bologna (Italy)

## Abstract

Arpa-Simc ha sviluppato e convalidato un sistema sperimentale di previsione delle rese del frumento, con anticipo di 2-3 mesi dalla raccolta. La catena previsionale si basa su un modello di bilancio idrico accoppiato ad un modello di crescita colturale, alimentati con dati meteorologici giornalieri (temperature, precipitazioni e profondità di falda) osservati sino al giorno della previsione. Da questa data in avanti i dati osservati vengono sostituiti da un insieme di serie sintetiche prodotte da un generatore di dati meteorologici alimentato con i dati climatici della zona di riferimento e con previsioni stagionali operative globali di tipo multi-model ensemble, opportunamente regionalizzate presso il Servizio. Le previsioni per la stagione 2008-09 mostrano che, ove non si presentino situazioni avverse che possano causare gravi danni prima della raccolta (allettamento, stretta da caldo o gravi malattie), nella zona di Cadriano e per estensione nella pianura bolognese, le rese dovrebbero essere comprese tra 6,7 e 7,7 t/ha, con una probabilità del 60%.

## Materiali e metodi

La metodologia sperimentale di previsione è articolata in diverse fasi operative. I contenuti idrici del terreno e lo sviluppo colturale vengono simulati attraverso il modello accoppiato C/W, costituito da un modello di bilancio idrico (CRITERIA, sviluppato presso Arpa-Simc) e da un modello di crescita colturale (WOFOST, sviluppato in Olanda e modificato presso Arpa-Simc). Il sistema C/W (Marletto *et al.*, 2007) è alimentato con dati meteorologici giornalieri (temperature, precipitazioni e profondità di falda) ed è stato calibrato sui dati osservati di resa del frumento provenienti dall'azienda sperimentale di Cadriano (BO), gestita dalla facoltà di Agraria di Bologna, che si può considerare rappresentativa dei terreni della pianura bolognese.

Occorre sottolineare che il modello non è in grado di simulare gli effetti di malattie o allettamento, deve quindi essere considerato come un previsore per gli anni regolari inserendo a posteriori un fattore di correzione del -20% rispetto alle rese simulate negli anni caratterizzati da forti avversità (che rappresentano circa un terzo del campione). Successivamente per ottenere una distribuzione statistica previsionale di resa vengono utilizzati i dati osservati sino al giorno della previsione, ovvero sino a 2 o 3 mesi prima della raccolta. Da questa data in avanti, i dati sono costituiti da un insieme di serie sintetiche generate mediante un *weather generator* alimentato con i dati climatici della zona di riferimento e con le previsioni stagionali operative globali di tipo multi-model ensemble EuroSip prodotte presso il Centro Europeo Ecmwf (Stockdale *et al.*, 2008) e opportunamente calibrate e regionalizzate presso il Servizio, usando la versione MOS dello schema di calibrazione e *downscaling* descritto in Pavan *et al.* (2005) (ECMWF Special Project SPIT-SPIA). La previsione finale ad alta risoluzione per ogni modello globale consiste in un insieme di 11 mappe di anomalia trimestrale sull'Italia settentrionale per un gruppo di indici climatici locali che prevedono le precipitazioni cumulate, la frequenza dei giorni piovosi, le temperature minime e massime e la differenza media di temperatura tra giorni secchi e giorni piovosi. Le previsioni stagionali operative per i tre modelli globali (ECMWF, UK Met Office,

Météo-France) sono disponibili dal 1987 ad oggi. Inoltre, alla luce del ruolo determinante che riveste la profondità di falda ipodermica e la risalita capillare nel calcolo del bilancio idrico e nella crescita colturale, è stata studiata presso Arpa-Simc un'equazione previsionale empirica (1) che stima la profondità di falda attraverso due componenti, la prima climatologica e la seconda correlata alle precipitazioni pregresse. La climatologia viene elaborata dai dati osservati ed espressa in forma sinusoidale (2); le variazioni rispetto a questa sono correlate alle anomalie di precipitazione nei giorni precedenti (3) ricercando il periodo che ottimizza tale correlazione.

$$F = F_c + \Delta F_p \quad [1]$$

$$F_c = \bar{F} - 0,5 \text{sen}\left(2\pi \frac{g + S}{365}\right) A \quad [2]$$

$$\Delta F_p = k \frac{\sum_{g=1}^n (p_g - \bar{p}_g)}{n} \quad [3]$$

Nel sito di Cadriano (di cui si hanno a disposizione 30 anni di dati piezometrici osservati) si è osservato che la correlazione migliore si ha su un periodo di 140 giorni; per ulteriori approfondimenti sulla (1) si rimanda a Tomei *et al.* (2009).

## Risultati

In primo luogo è stata sottoposta a validazione la capacità del modello C/W di simulare le rese del frumento, utilizzando i dati meteorologici e di falda osservati.

La figura 1 mostra il confronto tra i dati di produzione osservati nelle parcelle maggiormente fertilizzate (150, 200 e 250 kg N/ha) dell'azienda sperimentale di Cadriano e le rese simulate con il modello accoppiato C/W per il periodo che va dal 1987 al 1999. Negli anni 1988, 1989,

1991, 1995 e 1999 le rese prodotte dal modello sono state decurtate del 20% per considerare gli effetti dei danni alle colture che, come sopra accennato, non vengono simulati dal modello (Tomei *et al.*, 2008).

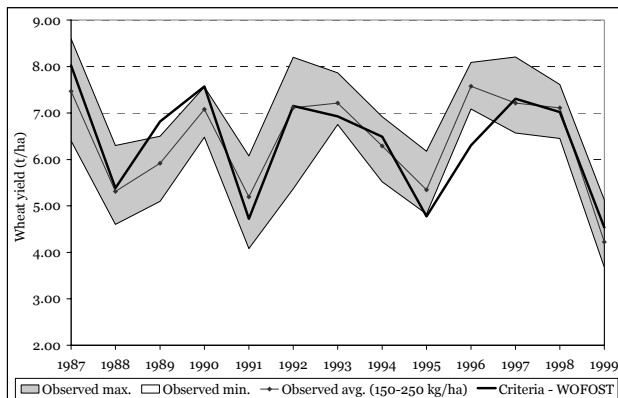


Fig.1 – Confronto tra le rese simulate dal modello C/W e decurtate negli anni avversi (linea nera spessa) con la distribuzione delle rese osservate nel sito di Cadriano (fascia grigia).  $R^2=0,77$  tra le rese C/W e la mediana delle osservazioni (linea grigia sottile).

La metodologia previsionale precedentemente descritta è stata poi testata sottoponendola ad *hindcast* nel periodo dal 1987 al 1999 utilizzando i dati osservati sino a fine Aprile e le serie sintetiche di dati meteorologici e di profondità della falda ipodermica prodotte grazie alle previsioni stagionali per il trimestre Maggio-Giugno-Luglio (MGL). I risultati di questa analisi sono presentati in figura 2, la correlazione tra la mediana della distribuzione di resa prevista e la mediana della distribuzione osservata presenta  $R^2=0,45$ .

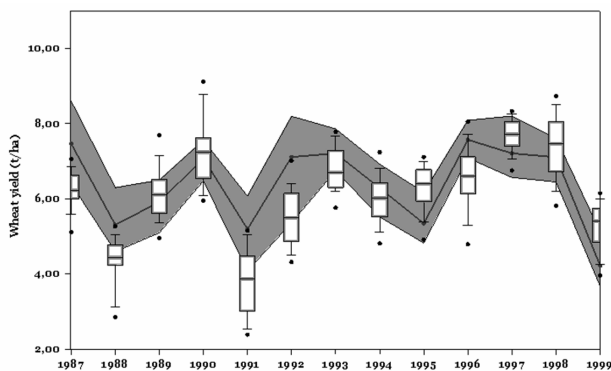


Fig. 2 - Confronto tra rese osservate a Cadriano (fascia grigia) e previste (boxplot) utilizzando le previsioni stagionali per il trimestre MGL.

A partire da quest'anno Arpa-Simc utilizza tale procedura per un servizio sperimentale di previsione di resa del frumento. La figura 3 mostra le previsioni effettuate a fine aprile per la stagione 2008-09 nel sito di Cadriano, utilizzando dati meteorologici osservati sino al 27 Aprile e le previsioni stagionali operative globali regionalizzate per il trimestre MGL. Il grafico in esame permette di osservare che le rese si dovrebbero attestare con una probabilità del 60% nell'intervallo tra -5% e +10% dalla media degli anni standard. Va sottolineato che la serie di

dati raccolti sul sito è stata suddivisa in due classi: la prima raggruppa le annate regolari, nella seconda rientrano invece gli anni che presentano situazioni anomale di forte danneggiamento. Da questa suddivisione emerge che la distribuzione di frequenza delle rese negli anni regolari presenta una mediana pari a circa 7 tonnellate per ettaro, mentre negli anni avversi si osserva una mediana di 5,7 t/ha. Pertanto, qualora non si presentino danni prima della raccolta ci si può ragionevolmente attendere una resa, nella zona di Cadriano, compresa tra 6,7 e 7,7 t/ha, con una probabilità del 60%. Questa previsione va ridotta del 20% in caso di avversità notevoli prima della raccolta.

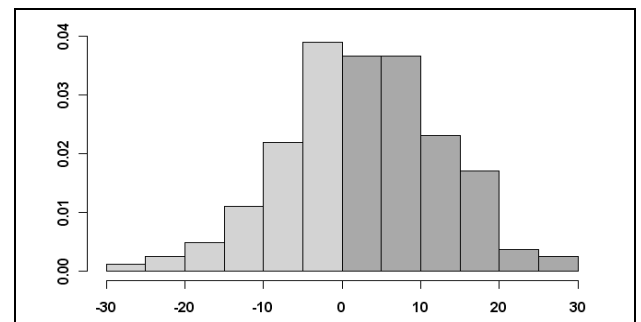


Fig.3 - Distribuzione delle variazioni di resa [%] rispetto alla media degli anni regolari, per la stagione 2008-09, nel sito di Cadriano, utilizzando le previsioni stagionali operative globali regionalizzate (trimestre MGL).

## Conclusioni

I risultati sin qui ottenuti indicano che è possibile costruire una catena operativa previsionale di resa del frumento per un sito che presenti una buona disponibilità di dati pregressi (dati meteorologici, profondità di falda e rese osservate). Il sistema utilizza le previsioni stagionali regionalizzate di anomalia rispetto alla climatologia del sito per la generazione di serie sintetiche di dati giornalieri. A partire da queste è possibile generare una previsione di andamento del livello di falda ipodermica ed infine determinare una distribuzione probabilistica delle rese del frumento con il modello accoppiato C/W. Il passo successivo che Arpa-Simc intende compiere è estendere la procedura su scala territoriale.

## Ringraziamenti

Parte del lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto europeo ENSEMBLES.

## Bibliografia

- Marletto V., Ventura F., Fontana G., Tomei F., 2007. Wheat growth simulation and yield prediction with seasonal forecasts and a numerical model. *Agricultural and forest meteorology* 147, pp.71-79
- Pavan V. et al., 2005. Downscaling of DEMETER winter seasonal hindcasts over Northern Italy. *Tellus*, 57A:424-434
- Stockdale T., Doblas Reyes F.J., Ferranti L., 2000. EUROSIP: multi-model seasonal forecasting. *ECMWF Newsletter* No. 118
- Tomei et al., 2008. Seasonal weather predictions and crop modelling for wheat yield forecasting in Northern Italy, *European Society for Agronomy Congress Proceedings, Bologna 15-19 September 2008*
- Tomei et al., 2009. Sviluppo di un'equazione empirica per la stima e la previsione del livello piezometrico utilizzando dati pregressi e anomalie nelle precipitazioni. *Atti convegno AIAM 2009, Sassari 15-17 Giugno 2009*