

AGROMETEOROLOGIA E PREVISIONI STAGIONALI: IL PROGETTO DEMETER

Agricultural meteorology and seasonal forecasting: the Demeter project

Vittorio Marletto, Luca Criscuolo, Stefano Marchesi
Arpa Emilia-Romagna,, Servizio Meteorologico Regionale
e-mail: vmarletto@smr.arpa.emr.it

Riassunto

L'Unione Europea ha recentemente finanziato un progetto triennale di ricerca denominato Demeter (capofila il Centro Meteorologico Europeo, ECMWF) dedicato alla costruzione di un sistema multimodello per le previsioni stagionali ed alla sua verifica meteorologica ed applicativa. In questo articolo descriviamo succintamente il nostro ruolo nel progetto del quale facciamo parte in veste di potenziali utilizzatori finali delle previsioni stagionali stesse.

Abstract

The European Union recently financed a three-year research project named Demeter, lead by the ECMWF and aiming at the establishment and test of a multi-model seasonal forecasting system. This paper describes our activities in the framework of Demeter, where we act as end-users.

Introduzione

Da qualche tempo alcuni centri meteorologici rendono disponibili previsioni stagionali, spesso accessibili da Internet. Per esempio il Centro Meteorologico Europeo sul sito www.ecmwf.int mette a disposizione delle carte come quella qui raffigurata (Fig. 1). In alternativa si possono consultare le mappe fornite dal International Research Institute for Climate Prediction e diffuse anche dal LAMMA (www.lamma.rete.toscana.it). Si tratta di prodotti sperimentali - quello europeo per esempio è diffuso per le sole zone equatoriali - fondati sull'accoppiamento tra la modellistica atmosferica e quella oceanografica, che fanno seguito ai recenti

sviluppi scientifici (Cane, 2000) in merito alla previsione di fenomeni climatici di tipo ENSO (El Niño Southern Oscillation).

L'interesse generale per previsioni stagionali affidabili è notevole, date le evidenti ricadute economiche e sociali che esse avrebbero. Limitandoci al solo campo agricolo, i possibili impieghi delle previsioni stagionali spaziano in effetti dalle valutazioni sui rischi di stagioni anomale per le irrigazioni e per altre operazioni agronomiche alle previsioni di resa delle colture, alle decisioni sulle scelte varietali e sulle semine alle previsioni di fioritura e di emissione dei pollini allergenici, alle previsioni sui prezzi delle derrate agricole e così via.

L'Unione Europea ha recentemente approvato e finanziato il progetto

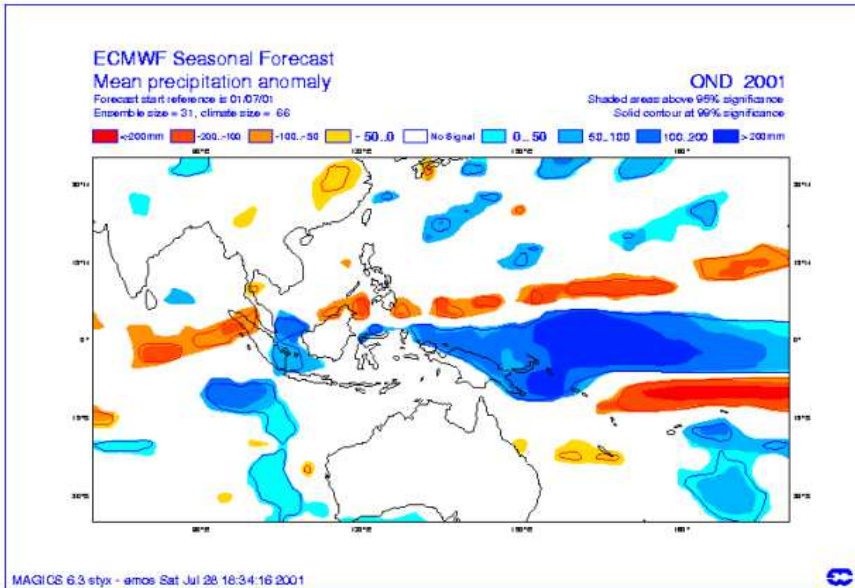


Figura 1. Esempio di previsione stagionale fornita del Centro Meteorologico Europeo di Reading. I dati si riferiscono all'area equatoriale tra Oceano Indiano e Pacifico e sono espressi come scarti delle precipitazioni dalla media. La previsione, emessa in luglio, riguarda l'ultimo trimestre del 2001.

Demeter (Development of a European Multimodel Ensemble system for seasonal to interannual prediction) nell'ambito del 5° Programma Quadro di ricerca e sviluppo. Obiettivo di Demeter è lo sviluppo di un ben convalidato sistema multimodello per le previsioni a lungo termine (da stagionali a interannuali). Aspetto fondamentale del progetto è stabilire la pratica utilità di un tale sistema, in particolare nei settori agricolo e sanitario. A questo scopo ben sei diversi modelli globali completi accoppiati atmosfera-oceano esistenti in Europa sono in corso di installazione al ECMWF. L'uso di un siffatto sistema multimodello consentirà di tener conto delle incertezze nella formulazione dei modelli per la valutazione delle previsioni stagionali probabilistiche. Capofila del progetto è Tim Palmer, dell'ECMWF, ma il progetto annovera undici altri partecipanti provenienti da sei Paesi. Il progetto, iniziato nell'aprile 2000 si concluderà a marzo del 2003 e fa seguito ad un progetto precedente (Palmer et al., 2000) denominato Provost (Prediction of climate variations on seasonal and inter-annual timescales). Sulla base dei risultati di Provost si ritiene che solo un tale sistema multimodello possa fornire previsioni stagionali affidabili. Il sistema DEMETER sarà provato sul passato usando per confronto la base di dati ERA-15 (poi ERA-40) per le condizioni iniziali e per la convalida (Gibson et al., 1997).

DEMETER produrrà un ampio insieme (ensemble) di retrovisioni (hindcast) a sei mesi. Dato che il risultato di una previsione numerica è spesso molto sensibile alle piccole variazioni nelle condizioni atmosferiche iniziali (Fig. 2), per misurare l'incertezza introdotta da questa sensibilità viene fatto un certo numero di previsioni numeriche, inizializzando ciascuna di esse con una variazione sulle condizioni atmosferiche osservate. Le previsioni così ottenute costituiscono collettivamente l'insieme e individualmente vengono chiamate membri d'insieme. L'insieme di previsioni permette quindi una valutazione della probabilità d'una gamma di risultati, riflettente le incertezze nelle circostanze iniziali. Nel progetto Demeter ogni modello produrrà nove membri dell'insieme, quattro volte l'anno e per 30 anni. Saranno quindi disponibili $6 \times 9 \times 4 \times 30 = 6480$ previsioni numeriche semestrali globali con risoluzione orizzontale di un grado

e mezzo. Ulteriori notizie sul progetto sono disponibili sul sito www.ecmwf.int/research/demeter/index.

Il progetto DEMETER si articola in sette diversi sottoprogetti (workpackages) e il nostro gruppo dà il suo contributo al quinto sottoprogetto, dedicato al collegamento tra le previsioni stagionali e i modelli degli utilizzatori finali.

Le rianalisi

La partecipazione del nostro gruppo di lavoro all'interno del progetto DEMETER in qualità di "utenti finali" delle previsioni generate dal sistema multimodello per le previsioni a lungo termine, che vanno dalla scala stagionale a quella interannuale, comporta in questa fase del progetto una particolare attenzione all'utilizzazione di dati provenienti da un modello atmosferico di circolazione generale per l'uso di applicazioni specifiche nei settori agricolo e sanitario.

Questo tipo di attività rende necessaria un'analisi preliminare legata

Spazio delle fasi semplificato

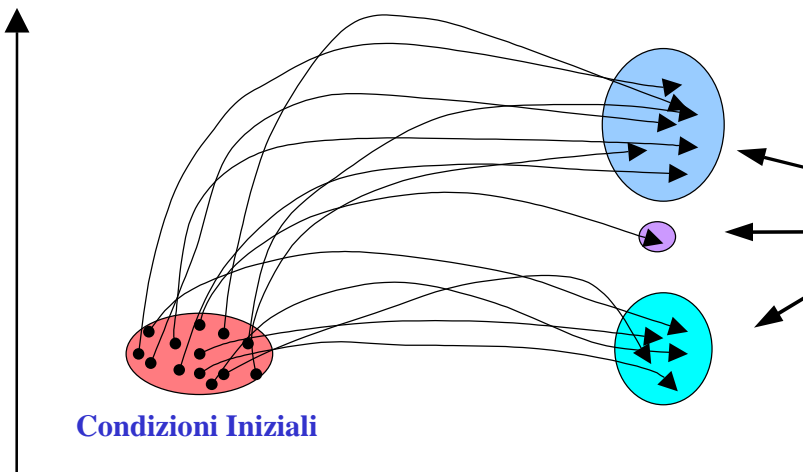


Figura 2. Questo schema introduce la tecnica delle previsioni d'insieme (ensemble forecasting). Le condizioni iniziali vengono opportunamente perturbate e il modello evolve verso diversi scenari possibili con diversi livelli di probabilità (a cura di Chiara Marsigli).

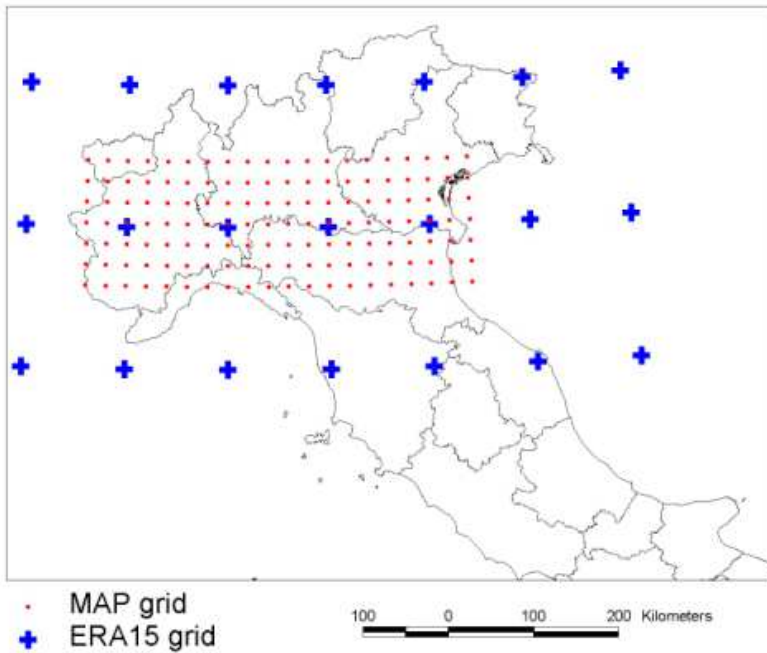


Figura 3. Posizione dei punti del grigliato ERA-15 utilizzati per i confronti e posizione dei punti del grigliato in cui sono interpolate le osservazioni di precipitazione ottenute dal MAP Data Centre.

al controllo dei dati che vengono prodotti da un sistema di questo tipo, allo scopo di verificarne la potenzialità d'uso. Aspetto fondamentale del progetto, infatti, è legato proprio al tentativo di stabilire l'utilità pratica di un tale sistema, ad esempio nel settore agricolo. In quest'ambito, varie sono le problematiche legate all'uso delle previsioni stagionali; tra queste, un aspetto fondamentale è dovuto alla bassa risoluzione spaziale con cui tali previsioni vengono prodotte, certamente inadeguata all'utilizzo diretto all'interno di modelli di tipo agrometeorologico. Risulta, pertanto, essenziale valutare da un punto di vista qualitativo se le informazioni contenute

in queste previsioni sono sufficientemente valide e possono pertanto essere utilizzate in applicazioni specifiche.

Il set di dati individuato per avere indicazioni legate a questa problematica è costituito dalle rianalisi¹ effettuate dal Centro Meteorologico Europeo (ECMWF) denominate ERA-15. Il modello atmosferico usato per effettuare tali rianalisi è del tipo T106L31; il

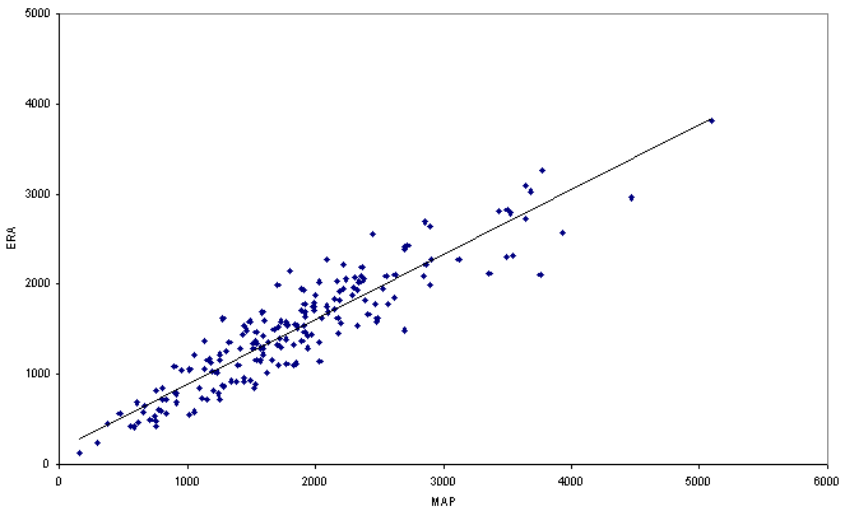


Figura 4. Distribuzione delle coppie di precipitazioni mensili osservate (MAP Data Centre) ed ottenuta dalle rianalisi ERA-15, sommate su tutti i punti della Fig. 3, relativamente al quindicennio 1979-1993. Viene rappresentata anche la retta di regressione lineare tra i due insiemi di dati (coefficiente di correlazione $\rho = 0.92$; coefficiente angolare $m = 0.72$).

¹ Per analisi si intende la ricostruzione del campo di una variabile meteorologica in tempo quasi reale; le rianalisi vengono invece prodotte a posteriori, utilizzando tutti i dati e i nuovi metodi resisi nel frattempo disponibili.

periodo temporale preso in considerazione per effettuare i confronti che vengono brevemente descritti nel seguito ricopre la quasi totalità dei dati ERA-15, in particolare dal 01/01/1979 al 31/12/1993. L'area su cui sono stati incentrati i confronti viene mostrata nella Fig. 3, nella quale viene presentata la distribuzione geografica dei punti del grigliato ERA-15 utilizzati.

Allo stesso tempo, sono stati reperiti alcuni insiemi di osservazioni di precipitazione e di temperatura minima e massima; la scelta di tali grandezze meteorologiche è stata dettata proprio dalla loro rilevanza primaria per applicazioni di carattere agrometeorologico. La maggiore densità di tali osservazioni ha reso necessario effettuare un cambiamento di scala (upscaling) di tali dati in modo da riportarli alla risoluzione più bassa su cui sono disponibili i dati del modello.

Per quanto riguarda il campo di precipitazione, sono stati confrontati sia i valori giornalieri che quelli cumulati mensilmente. Per quanto riguarda i primi, la correlazione relativa sul periodo temporale precedentemente indicato non risulta particolarmente significativa: infatti, si arriva ad un coefficiente $\rho = 0.55$ su un singolo nodo del grigliato, nella migliore delle ipotesi.

D'altra parte, per la precipitazione cumulata mensilmente, è possibile mettere in evidenza che l'andamento temporale di questo campo presenta una notevole somiglianza tra i dati ERA e le osservazioni riportate sul grigliato del modello. Tale somiglianza riguarda anche l'andamento sui singoli nodi del grigliato stesso, in cui è presente un valore del coefficiente di correlazione $\rho > 0.75$ in oltre l'80% dei nodi. Nella Fig. 4 viene riportata la distribuzione delle coppie di precipitazione mensile ERA a confronto con le osservazioni, che fornisce una correlazione complessiva pari a $\rho = 0.92$. Dalla stessa figura, si nota, comunque, che i valori ricavati dai dati ERA sottostimano sistematicamente la precipitazione osservata. Tale comportamento è quasi certamente riconducibile alla rappresentazione orografica dell'arco alpino nel modello, aspetto che risulta di primaria importanza per una corretta determinazione del campo di precipitazione. Infatti, l'orografia del modello alla risoluzione prima indicata risulta nel complesso estremamente smussata e, nella maggior parte dei casi, non realistica, specialmente

in un'area come la regione alpina che presenta rilevanti variazioni topografiche su distanze orizzontali relativamente piccole.

Uno sviluppo successivo di questo lavoro riguarderà un confronto tra le temperature massima e minima giornaliere, in modo da avere ulteriori informazioni sulla valutazione della bontà di dati ottenuti da un modello atmosferico.

Le applicazioni agrometeorologiche

Il Servizio meteorologico regionale dell'ARPA Emilia-Romagna (SMR) ha sviluppato diversi progetti sul controllo dell'ambiente agricolo della regione; in effetti ARPA ha una funzione di studio, di protezione e previsione del sistema ambiente-territorio, quindi nell'ambito delle proprie competenze agrometeorologiche fin dagli anni '90 SMR ha sviluppato un proprio modello matematico per la valutazione del bilancio idrico del terreno applicabile al territorio regionale e denominato CRITERIA (Marletto et al., 1993). L'idea era di realizzare un prodotto basato sui moderni ritrovati della modellistica dei suoli che fosse però accessibile agli utenti non specializzati che operano ad esempio presso i poderi sperimentali o in altre istituzioni pubbliche e private; questo è stato possibile inerendo il modello matematico complesso nell'ambito di un'interfaccia facile da usare che fornisce i risultati sotto forma di mappe e grafici. Oggi esistono due versioni di CRITERIA, una geografica e l'altra sperimentale chiamata "Banco di Prova".

Durante gli ultimi anni, a fianco della valutazione del bilancio idrico del terreno, ha assunto importanza anche la valutazione numerica della produzione delle colture sul territorio regionale. Di conseguenza SMR ha deciso di inserire i modelli di crescita colturale nel sistema Banco di Prova. A questo scopo sono stati selezionati due modelli: CropSyst (Stockle, Nelson, 1994), di realizzazione americana, e WOFOST (WORLD FOOD STUDIES, Supit et al., 1994) sviluppato in Olanda.

Per quanto riguarda quest'ultimo, dopo aver analizzato la struttura logica della versione 7.1 (Fig. 5), in particolare le procedure di crescita potenziale e limitata da stress idrico, abbiamo estratto le

principali funzioni dal codice originale in Fortran e le abbiamo inserite nel modello CRITERIA, scritto in MS Visual Basic.

Una volta integrato il nuovo sistema CRITERIA-WOFOST sono stati effettuati una serie di test di verifica sul comportamento generale del nuovo sistema di simulazione. Il confronto dei risultati fra la versione originale di WOFOST e quella tradotta ed integrata nel sistema CRITERIA ha evidenziato soltanto lievi differenze numeriche imputabili probabilmente all'arrotondamento nei processi di calcolo numerico.

In CRITERIA sono stati creati in questo modo due compartimenti intercomunicanti tra loro: quello del calcolo del bilancio idrico nel suolo e quello per la simulazione della crescita della coltura secondo WOFOST. I due compartimenti sono interconnessi attraverso le variabili del LAI (indice di area fogliare) e della profondità radicale, provenienti dal compartimento della crescita, e da quelle della

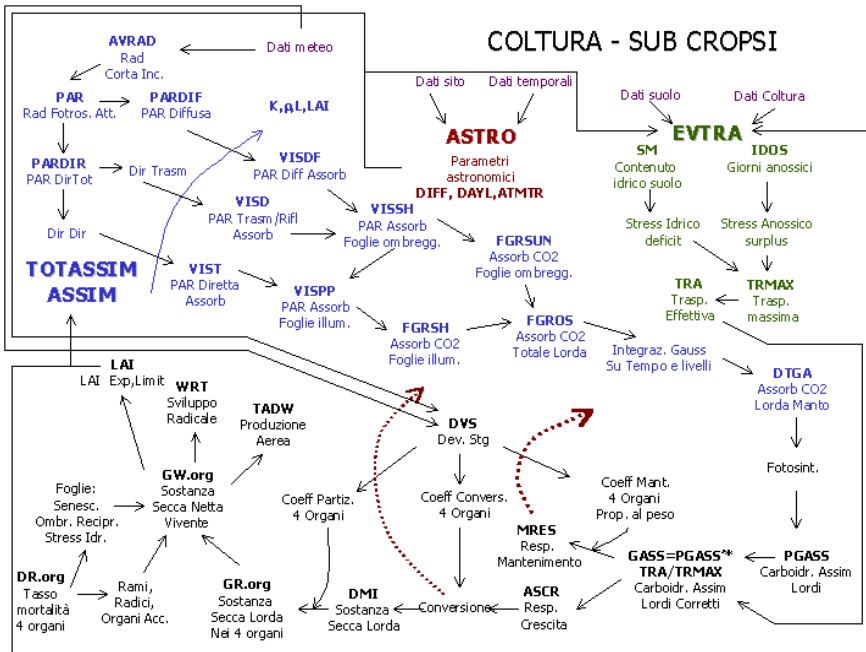


Figura 5. WOFOST, schema del flusso interno del modello relativamente all'accrescimento. Ogni sigla piccola corrisponde ad una variabile mentre le sigle più grandi si riferiscono a funzioni o routine (a cura di Luca Crisculo).

traspirazione, del contenuto idrico nel suolo e dell'eventuale stress idrico, provenienti invece dal bilancio idrico.

La versione di CRITERIA integrata con WOFOST sembra riprodurre correttamente la variabilità interannuale dei livelli di produzione con valori numerici simulati che sembrano in buon accordo con le osservazioni regionali. Anche se i due modelli sono stati testati separatamente per scopi specifici (Ungaro et al., 2000, Boogard et al., 1998), una calibrazione più specifica del nuovo modello è ancora da fare. I parametri colturali attualmente usati sono in effetti quelli forniti con WOFOST 7.1 ed anche se questi parametri sono specifici per alcune colture italiane ed utilizzati presso il Centro Comune di Ricerche di Ispra (Genovese e Montanarella, 2000), una calibrazione sulla scala regionale sembra indispensabile.

Il nuovo sistema può potenzialmente condurre alla realizzazione di uno strumento avanzato non soltanto per la simulazione del bilancio idrico regionale dell'acqua del terreno, ma anche per la previsione delle rese alla scala regionale. SMR, in effetti, partecipa nel progetto europeo DEMETER come utente finale delle previsioni stagionali: il ruolo svolto in questo progetto sarà appunto quello di valutare le potenzialità applicative delle previsioni stagionali accoppiate con modelli agrometeorologici come CRITERIA e WOFOST.

Conclusioni

Com'è noto i bollettini meteorologici possono anche essere espressi in forma probabilistica. Per esempio: "c'è una probabilità del 70% di pioggia per domani". Alle scadenze più lunghe (da mensile a stagionale) le previsioni sono molto più incerte: da qualsiasi punto di partenza il sistema climatico potrebbe evolversi in modi differenti e la diffusione delle possibili risposte aumenta col tempo. I sistemi stagionali di previsione prendono in considerazione questa incertezza con la tecnica delle previsioni d'insieme. I risultati sono espressi in termini di probabilità. Per esempio: "c'è una probabilità del 60% che la pioggia media stagionale sarà sopra il livello normale e una probabilità del 40% che sarà al di sotto del normale". Per le previsioni stagionali i livelli di probabilità sono considerati più utili rispetto a una previsione deterministica perché una previsione stagionale deterministica ha una grande incertezza e anche perché la

previsione probabilistica aiuta l'utente a decidere sul da farsi fornendo informazioni sui rischi di determinati eventi.

L'uso delle previsioni stagionali non è banale a causa della scala spaziale con cui vengono prodotte (1,5 ° x 1,5 °), a causa della loro natura probabilistica, che cozza con la natura prevalentemente deterministica dei modelli e dei metodi impiegati dagli utilizzatori (p.e. dagli agrometeorologi) e forse soprattutto a causa della mancanza di un chiaro modello del tipo costi/perdite per la gestione del rischio, nel quale incorporare le previsioni stagionali (Palmer et al., 2000).

In sostanza per arrivare ad un impiego operativo delle previsioni climatiche è necessario collaborare con gli esperti di downscaling, valutare l'impatto delle prove di previsione stagionale sul passato (ERA-15, ERA-40) sulle prestazioni dei nostri modelli applicativi, e procedere alla costruzione di adeguati sistemi per la valutazione dei rischi, capaci di incorporare informazioni probabilistiche, il che implica una collaborazione più stretta con la modellistica economica.

Bibliografia

Boogard H.L., van Diepen C.A., Rotter R.P., Cabrera J.M.C.A., van Laar H.H, 1998. User's guide for WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Centre 1.5. Tech. Doc. 52, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands.

Cane M., 2000. Understanding and predicting the world's climate system. In: Hammer G.L., Nicholls N., Mitchell C., (eds.) 2000. Applications of seasonal climate forecasting in agricultural and natural ecosystems. Kluwer, The Netherlands, 469 pp.

Genovese G., Montanarella L., 2000. La domanda di agrometeorologia delle istituzioni di ricerca dell'Unione Europea. Associazione Italiana di Agrometeorologia, Atti di AIAM 2000, 11-24.

Gibson J.K., Kallberg P., Uppala S., Hernandez A., Nomura A., Serrano E., 1997. ERA description. ECMWF Re-analysis project description report series 1, 72 p.

Marletto V., Zinoni F., Filippi N., Angelelli A., Laruccia N., Lega P., Tonelli T. 1993. CRITERIA: an integrated geo-graphical system for soil water monitoring. Atti del IX Symposium Pesticide Chemistry, Mobility and Degradation of Xenobiotics, Piacenza 12-13 october 1993, 695-706.

Palmer T.N., Brankovic C., Richardson D.S., 2000. A probability and decision-model analysis of Provost seasonal multi-model ensemble integrations. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 126: 2013-2033.

Stockle C.O., Nelson R., 1994. CropSyst, cropping systems simulation model. User's Manual, Dep. of BSE, WSU, Pullman, WA, USA.

Supit L., A.A. Hooijer, C.A. Van Diepen (eds.), 1994. System description of the WOFOST 6.0 crop simulation model implemented in CGMS, vol.1. JRC European Commission.

Ungaro F., Van Soetendael M., Calzolari C., Zinoni F., Marletto V., Busoni E., Guermandi M., 2000. Calibrazione e verifica di modelli matematici per la simulazione del bilancio idrico nei suoli dell'Emilia-Romagna. Atti del convegno nazionale "L'agrometeorologia per il monitoraggio dei consumi idrici", Sassari, 3-4 novembre 1999. IMAes, ERSAT, CeSIA. Pag: 339-348.