D.G. Territorio, urbanistica, difesa del suolo e Città Metropolitana

D.d.s. 27 marzo 2018 - n. 4346
Approvazione della «Metodologia di stima dei volumi idrici ad uso irriguo, in attuazione della d.g.r. n. 6035/2016».

IL DIRIGENTE DELLA STRUTTURA
PROGRAMMAZIONE INTERVENTI E CONSORZI DI BONIFICA

Visti:

- il decreto del Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali 31 luglio 2015 «Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo»;
- la d.g.r. 19 dicembre 2016, n. 6035, «Approvazione della disciplina regionale dei criteri e delle modalità di quantificazione dei volumi derivati ed utilizzati ad uso irriguo, delle restituzioni al reticolo idrografico e dei rilasci alla circolazione sotterranea, nonché le modalità di acquisizione e trasmissione dei dati al Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura (S.I.G.R.I.A.N.) e del relativo aggiornamento periodico, in attuazione dell'articolo 33, comma 2 bis, del regolamento regionale 2/2006»;
- il documento tecnico «Metodologie di stima dei volumi irrigui (prelievi, utilizzi e restituzioni)» del Tavolo permanente per il monitoraggio dei volumi irrigui (art. 3 d.m. Mipaaf 31 luglio 2015);

Rilevato che il paragrafo 12 dell'allegato 1 alla d.g.r. n. 6035/2016 stabilisce che Regione Lombardia, in coerenza con le «Metodologie di stima dei volumi idrici ad uso irriguo» di cui sopra, con successivo provvedimento dirigenziale definirà, per i casi in cui non sussista l'obbligo di misura o nelle more dell'installazione degli strumenti di misura, le metodologie per la stima dei volumi d'acqua utilizzati che riguardano unicamente gli utilizzi, le restituzioni e i rilasci;

Visto il documento «Metodologia di stima dei volumi idrici ad uso irriguo», predisposto con il supporto di U.R.B.I.M. Lombardia ed il Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali dell'Università degli Studi di Milano che contiene una metodologia di quantificazione dei volumi idrici derivati e utilizzati ad uso irriguo, delle restituzioni al reticolo idrografico e dei rilasci alla circolazione sotterranea nonché una metodologia di valutazione del fabbisogno irriguo;

Considerato che con l'approvazione della metodologia sopra richiamata si attua quanto previsto dalla d.g.r. n. 6035/2016;

Ritenuto che la suddetta metodologia dovrebbe essere utilizzata da tutti i soggetti tenuti alla stima dei volumi idrici utilizzati a scopo irriguo, come previsto dalla d.g.r. n. 6035/2016, anche nelle more dell'installazione degli strumenti di misura previsti dalla medesima d.g.r.;

Considerato che i contenuti del documento «Metodologia di stima dei volumi idrici ad uso irriguo» sono stati condivisi con i competenti uffici della Direzione Generale Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile;

Ritenuto altresì opportuno che, al fine di mettere a disposizione una base comune di valutazione a tutti i soggetti interessati dagli adempimenti di cui alla d.g.r. 6035/2016, sia reso annualmente disponibile il risultato dell'elaborazione della stima dei fabbisogni irrigui secondo la metodologia illustrata nel suddetto documento;

Ritenuto di approvare la «Metodologia di stima dei volumi idrici ad uso irriguo», di cui all'Allegato 1, in accordo con la Direzione Generale Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile;

Dato atto che il presente provvedimento rientra tra le competenze della Struttura «Programmazione interventi e consorzi di bonifica», individuate dalla d.g.r. 29 aprile 2013, n. 89, come aggiornate dalla d.g.r. 31 maggio 2016, n. 5227;

Vista la l.r. 7 luglio 2008 n. 20 «Testo unico delle leggi regionali in materia di Organizzazione e Personale» e i provvedimenti organizzativi della X Legislatura;

DECRETA

1. di approvare la «Metodologia di stima dei volumi idrici ad uso irriguo», in attuazione della d.g.r. n. 6035/2016», di cui all'Allegato 1, parte integrante e sostanziale del presente atto;

2. di disporre che la suddetta metodologia sia utilizzata da tutti i soggetti tenuti alla stima dei volumi idrici utilizzati a scopo irriguo, come previsto dalla d.g.r. n. 6035/2016, anche nelle more dell'installazione degli strumenti di misura previsti dalla medesima d.g.r.;

3. di disporre che al termine di ogni stagione irrigua saranno messi a disposizione i risultati del calcolo del fabbisogno irriguo secondo la metodologia illustrata in Allegato 1;

4. di disporre la pubblicazione del presente decreto sul Bollettino Ufficiale di Regione Lombardia.

Il dirigente
Diego Terruzzi

Allegato 1 – Metodologia di stima dei volumi idrici ad uso irriguo, in attuazione della d.g.r. n. 6035/2016

Premessa

In recepimento del Decreto Mipaaf 31 luglio 2015 "Approvazione delle linee guida per la regolamentazione da parte delle Regioni delle modalità di quantificazione dei volumi idrici ad uso irriguo", Regione Lombardia ha approvato la disciplina dei criteri e delle modalità di quantificazione dei volumi derivati ed utilizzati ad uso irriguo, delle restituzioni al reticolo idrografico e dei rilasci alla circolazione sotterranea (d.g.r n. 6035 del 19 dicembre 2016). La stessa delibera contiene anche le modalità di acquisizione e trasmissione dei dati a S.I.G.R.I.A.N., il Sistema Informativo Nazionale per la Gestione delle Risorse Idriche in Agricoltura, e del relativo aggiornamento periodico.

L'allegato alla delibera riporta: *i)* gli obblighi di misura o di stima dei prelievi irrigui, degli utilizzi, delle restituzioni e dei rilasci, *ii)* le disposizioni specifiche relative ai nuovi prelievi, restituzioni ed utilizzi e *iii)* gli strumenti idonei per la misurazione o le metodologie di stima.

Gli obblighi di stima, come indicato ai Paragrafi 6 e 7 dell'allegato al d.g.r. n. 6035, si applicano ai casi in cui non sussista l'obbligo di misura, o nelle more dell'adempimento all'obbligo stesso, e più in dettaglio prevedono:

- calcolo di una stima dei volumi irrigui utilizzati, su base almeno mensile, per tutti i distretti irrigui con superficie superiore a 1.000 ha per cui non è fatto obbligo di misura (distretti alimentati da molteplici canali a superficie libera in cui nessuna terna di canali raggiunge l'80% della dotazione irrigua complessiva del distretto);
- calcolo di una stima dei volumi come al punto precedente per le aree soggette ad auto-approvvigionamento, sostituendo al distretto irriguo le aree irrigate dal corpo idrico oggetto di concessione (fatti salvi gli obblighi di misura delle portate derivate);
- calcolo di una stima dei volumi complessivamente rilasciati verso la circolazione idrica sotterranea nell'arco del periodo irriguo per ogni distretto irriguo, sulla base della misura o della stima dei volumi immessi, dei volumi restituiti in corpi idrici superficiali e dei volumi evaporati dal suolo e traspirati dalla vegetazione.

Il presente documento descrive le metodologie di riferimento per la stima dei volumi idrici nei casi sopraelencati, in linea con quanto già delineato nel documento di indirizzo dal titolo "Metodologie di stima dei volumi irrigui (prelievi, utilizzi e restituzioni)" redatto dal Tavolo permanente per la quantificazione dei volumi irrigui istituito dal Mipaaf.

Il documento è articolato in tre parti:

- Parte I – Metodologia per la stima dei volumi utilizzati in testa ai distretti irrigui;
- Parte II – Metodologia per la stima dei volumi utilizzati per auto-approvvigionamento;
- Parte III – Metodologia per la stima delle restituzioni al reticolo idrografico e dei rilasci alla circolazione sotterranea.

Il documento è inoltre corredato da un Allegato che illustra una metodologia per la stima dei fabbisogni irrigui colturali, la cui quantificazione è determinante ai fini del calcolo dei volumi utilizzati e rilasciati. La metodologia si basa sull'applicazione di un modello idrologico spazialmente distribuito, il modello IdrAgra, sviluppato dal Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali dell'Università degli Studi di Milano, che consente di ottenere una stima del fabbisogno irriguo locale in una determinata porzione di territorio tenendo conto della variabilità spaziale delle caratteristiche ambientali.

I. Metodologia per la stima dei volumi utilizzati in testa ai distretti irrigui

Per tutti i distretti irrigui con superficie superiore a 1.000 ha per cui non è fatto obbligo di misura o nelle more di installazione degli strumenti di misura, e per i distretti con superficie inferiore a 1.000 ettari (per i quali non vige l'obbligo di misura in testa al distretto), la metodologia di stima dei volumi utilizzati su base mensile prevede:

I. Suddivisione dell'area del distretto in unità elementari di simulazione (celle) di dimensioni tali da garantire che le condizioni meteorologiche, pedologiche, di uso del suolo e di metodo irriguo siano sufficientemente omogenee all'interno di ogni cella.
II. Applicazione di un modello di bilancio idrologico per la stima del fabbisogno irriguo colturale, $FI_{j,m}$ [mm mese^{-1}], in ogni mese *m* della stagione irrigua e per ogni generica cella *j* in cui è stato suddiviso il distretto.
III. Attribuzione di un valore di efficienza di applicazione al campo, $e_{a,j}$ [-], a ognuna delle celle che costituiscono il distretto, sulla base dei valori di riferimento per i diversi metodi irrigui riportate in Tabella 1. Per il reperimento di informazioni relative al metodo adottato nelle diverse celle si rimanda all'Allegato, Par. 2.6.
IV. Stima di un valore di efficienza della rete di distribuzione all'interno del distretto, e_d [-], sulla base di ragionevoli e documentate valutazioni, anche di carattere empirico.
V. Calcolo del volume utilizzato in testa al distretto nel mese *m*, $\hat{V}_{d,m}$ [m^3 mese^{-1}], secondo l'Equazione 1:

$$\hat{V}_{d,m} = 10 \cdot \sum_{j=1}^{N} \frac{FI_{j,m}}{e_{a,j} e_d} \cdot A_j \qquad \textbf{(1)}$$

dove N è il numero totale di celle comprese nel distretto, A_j [ha] è la superficie della cella, mentre 10 è un fattore di conversione per ottenere il volume irriguo in m^3.

Tabella 1– Valori di riferimento[1] per le efficienze di applicazione e_a dei diversi metodi irrigui

Metodo	Efficienza di applicazione
Sommersione	0.15 – 0.25*
Scorrimento	0.40 – 0.50
Infiltrazione laterale da solchi	0.55 – 0.60
Aspersione	0.70 – 0.80
Goccia	0.85 – 0.90

*adattato rispetto al valore originario (<0.25)

In Allegato, al termine del presente documento, è illustrata una metodologia per la stima del fabbisogno irriguo colturale giornaliero in forma distribuita su celle quadrate di superficie costante, basata sul modello IdrAgra[2] già ampiamente utilizzato in ambito regionale, insieme con le basi dati territoriali utilizzabili per la sua applicazione. I risultati dell'applicazione della metodologia saranno resi disponibili da Regione Lombardia su base mensile e per celle di superficie pari a 250 x 250 m^2 al termine di ciascuna stagione irrigua e potranno essere direttamente utilizzati per gli adempimenti previsti dalla d.g.r. n. 6035/2016.

II. Metodologia per la stima dei volumi utilizzati per auto-approvvigionamento

La metodologia per la stima dei volumi utilizzati per auto-approvvigionamento fa riferimento a quanto descritto per la stima dei volumi utilizzati in testa al distretto (Parte I), fatta eccezione per alcune modifiche riportate di seguito:

I. Individuazione delle aree ad auto-approvvigionamento mediante sottrazione delle aree ad irrigazione collettiva (strati vettoriali dei comizi con irrigazione collettiva prodotti nell'ambito del progetto ISIL-1[3]) dallo strato informativo relativo alle sole aree irrigue, prodotto a partire dalla banca dati dell'uso e copertura del suolo DUSAF 5.0.
II. Accorpamento delle aree individuate in funzione dei confini comunali.

[1] Tavolo permanente per la quantificazione dei volumi irrigui (articolo 3 del D.M. MIPAAF 31 luglio 2015) – Metodologie di stima dei volumi irrigui (prelievi, utilizzi e restituzioni)
[2] Gandolfi et al. (2011) IdrAgra technical manual. Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali – Sezione Idraulica Agraria. Università degli Studi di Milano.
[3] URBIM Lombardia & UNIMI-DiSAA - Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia (2016) ISIL - Indagine sui Sistemi Irrigui della Lombardia - Relazione Finale.

III. Estrazione dal Catasto Utenze Idriche (CUI) dei dati relativi alle derivazioni concesse in ciascun comune.
IV. Attribuzione delle aree individuate al corpo idrico da cui avviene il prelievo, secondo i dati eventualmente disponibili. Nei casi in cui siano presenti più derivazioni e non si disponga di alcuna informazione su come attribuire le aree irrigue ai diversi corsi d'acqua, ogni criterio di ripartizione è evidentemente del tutto arbitrario; per semplicità si consideri quindi una ripartizione paritetica tra le diverse fonti.
V. Suddivisione delle aree accorpate per comune e corpo idrico con una griglia a maglie regolari, come descritto alla Parte I.I.
VI. Applicazione di un modello idrologico spazialmente distribuito per la stima del fabbisogno irriguo colturale mensile, $Fl_{j,m}$, di ogni cella, come descritto alla Parte I.II.
VII. Attribuzione di un valore di efficienza di applicazione al campo, e_{ap} alle celle, come descritto alla Parte I.III.
VIII. Assegnazione di un'efficienza di distribuzione e_d unitaria, in virtù dell'ipotesi di perdite di distribuzione trascurabili.
IX. Calcolo del volume irriguo mensile per comune e per corpo idrico all'interno del comune secondo l'Equazione 1**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riportata alla Parte I.V, dove la sommatoria è estesa alle *N* celle comprese nelle area servita dal corpo idrico all'interno del territorio comunale considerato.

Si noti che l'attendibilità delle stime prodotte è da ritenersi buona se si considerano i volumi totali a scala comunale, tralasciato l'accorpamento per corpo idrico, mentre decresce significativamente se si valutano i volumi suddivisi per singolo corpo idrico nei casi in cui l'assenza di informazioni circa la ripartizione tra le diverse fonti richieda l'introduzione di assunzioni arbitrarie.

III. Metodologia per la stima delle restituzioni al reticolo idrografico e dei rilasci alla circolazione sotterranea

Per ogni distretto irriguo è previsto il calcolo di una stima dei volumi complessivamente rilasciati verso la circolazione idrica sotterranea nell'arco dell'intera stagione irrigua, sulla base dei volumi immessi, dei volumi restituiti, dei volumi evaporati dal suolo e traspirati dalla vegetazione. Come indicato nel documento di indirizzo "Metodologie di stima dei volumi irrigui (prelievi, utilizzi e restituzioni)", risulta difficile stimare separatamente i volumi restituiti al reticolo superficiale e quelli rilasciati nel sottosuolo in assenza di misurazione diretta di quelli restituiti o di complessi modelli di simulazione di quelli rilasciati.
Disponendo di serie almeno giornaliere di misure delle portate in ingresso al distretto, è tuttavia possibile stimare, in prima approssimazione, la somma delle due componenti nell'arco dell'intera stagione irrigua, $\hat{V}_{rr,s}$ [m^3 stagione^{-1}], mediante l'Equazione 2:

$$\hat{V}_{rr,s} = V_{d,s} - \sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} FI_{j,m} \cdot A_j \quad \textbf{(2)}$$

dove M è il numero di mesi compreso nella stagione irrigua, N è il numero totale di celle comprese nel distretto, , $V_{d,s}$ [m^3 stagione^{-1}] è il volume in ingresso al distretto nell'intera stagione irrigua calcolato a partire dalla misure di portata, $FI_{c,m}$ [mm mese^{-1}] è il fabbisogno irriguo colturale della cella j nel mese m stimata nel modo descritto alla Parte I.II .

Una stima separata di rilasci e restituzioni può essere immediatamente ottenuta qualora siano disponibili misure delle restituzioni che hanno luogo nell'arco della stagione irrigua, ricavando i primi, in modo del tutto ovvio, per differenza tra $\hat{V}_{rr,s}$ e le restituzioni misurate. Attualmente non sono disponibili misure sistematiche delle restituzioni nei distretti regionali, tuttavia, con il completamento della raccolta dati prevista dal progetto ISIL (Indagine sui Sistemi Irrigui della Lombardia) e con il progredire dell'implementazione del regolamento il numero di distretti con misure sia delle portate in ingresso sia di quelle restituite è destinato a crescere.

Nel caso, invece, in cui non sia disponibile alcuna misura di portata, in ingresso o restituite, è possibile ottenere una stima del complesso rilasci e restituzioni unicamente a partire da una stima del volume utilizzato in testa al distretto $\hat{V}_{d,s}$ [m^3 stagione^{-1}], calcolata sommando i volumi mensili stimati nel modo descritto nella Parte I. In tali condizioni, il complesso di rilasci e restituzioni può essere quindi ottenuto mediante la seguente equazione:

$$\hat{V}_{rr,s} = \hat{V}_{d,s}\left(1 - e_a \cdot e_d\right) \quad \textbf{(3)}$$

dove i valori delle efficienze di applicazione, e_a (valore medio distrettuale), e di distribuzione e_d, come già detto, devono essere assegnati sulla base di ragionevoli e documentate valutazioni, anche di carattere empirico.
Nel caso, infine, di irrigazione per auto-approvvigionamento, si può assumere che le restituzioni ai corpi idrici e le perdite di distribuzione siano trascurabili, pertanto la componente dei rilasci può essere stimata in funzione dell'efficienza del metodo irriguo mediante l'equazione (3), con $e_d = 1$.

Allegato

1. Descrizione del modello IdrAgra

Il modello IdrAgra[4] è un modello idrologico spazialmente distribuito che permette di simulare gli scambi di acqua nel sistema suolo-coltura-atmosfera di un determinato territorio, tenendo in considerazione la variabilità delle caratteristiche ambientali del territorio stesso. Per tale motivo, il territorio viene suddiviso da una griglia a maglie regolari in un numero di unità (celle) sufficientemente omogenee rispetto alle caratteristiche meteorologiche, pedologiche, di uso del suolo e di metodo irriguo (la dimensione di *default* delle celle è 250x250 m^2). Per ogni cella viene individuato un volume di controllo, che si estende dalla superficie del suolo sino alla profondità esplorata dagli apparati radicali delle colture, a cui si applica il bilancio idrologico (Figura 1).

Figura 1 – Raffigurazione delle unità in cui viene suddiviso il territorio (sinistra) e del volume di controllo a cui si applica il bilancio idrologico (destra). Frecce blu indicano flussi in entrata al volume di controllo, frecce azzurre flussi in uscita.

Per poter calcolare i flussi in entrata e in uscita dal volume di controllo, IdrAgra necessita di una serie di dati in ingresso, tra cui anche informazioni legate alla coltura presente (e.g. durata delle diverse fasi fenologiche, valore dei parametri colturali nel corso della stagione etc.), pertanto il modello comprende anche un modulo per il calcolo della crescita colturale oltre al modulo per il calcolo del bilancio idrico (2).

I paragrafi seguenti riportano una breve descrizione dei due principali moduli di calcolo, il modulo del bilancio idrico nel sistema suolo-coltura e il modulo di crescita colturale; per una trattazione più dettagliata delle formule implementate si rimanda al manuale tecnico del modello.

[4] Gandolfi et al. (2011) IdrAgra technical manual. Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali – Sezione Idraulica Agraria. Università degli Studi di Milano.

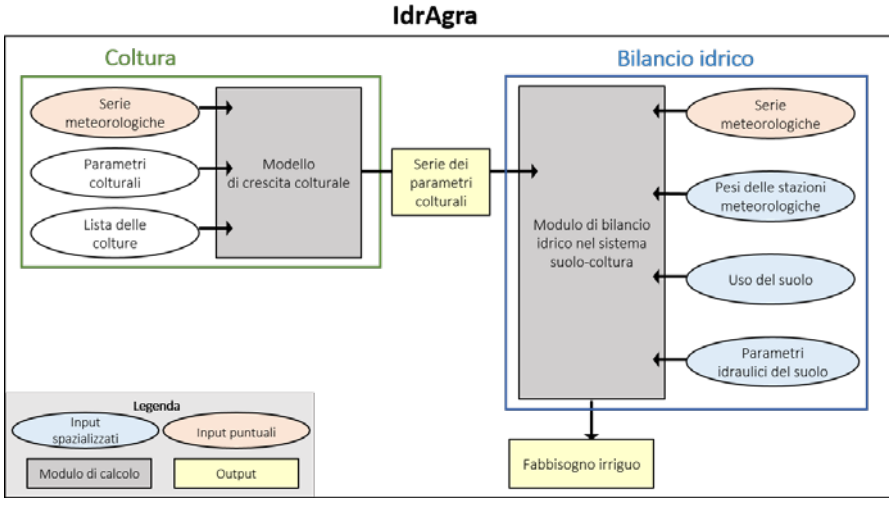

Figura 2 – Schema dei dati in ingresso e in uscita ai due moduli di calcolo di IdrAgra

1.1. Bilancio idrologico del suolo

Con riferimento ad una generica cella, IdrAgra suddivide il volume di controllo in una zona più superficiale – sede dei processi di scorrimento superficiale, infiltrazione ed evaporazione – e una zona sottostante – sede dei processi di traspirazione, percolazione profonda e risalita capillare – per le quali calcola i termini in ingresso e in uscita, applicando equazioni di bilancio idrico a scala oraria (Figura 1).

Per il calcolo del bilancio idrologico è innanzitutto necessario che a ciascuna cella siano assegnati i valori giornalieri delle grandezze meteorologiche. Poiché esse vengono fornite al modello come serie puntuali di dati, i.e. serie rappresentative della località in cui sono state rilevate, IdrAgra effettua una spazializzazione delle serie meteorologiche, prendendo come riferimento le cinque stazioni più vicine alla cella e adottando una media pesata rispetto all'inverso del quadrato della distanza. In tal modo si assume che gli andamenti meteorologici di una cella siano uguali alla media degli andamenti meteorologici registrati nelle cinque stazioni più vicine, con maggiore importanza data alle stazioni più prossime alla cella e minore a quelle più distanti, poiché i pesi sono proporzionali all'inverso del quadrato della distanza tra le stazioni e la cella.

I termini di evaporazione e traspirazione potenziali sono determinati a partire dal calcolo dall'evapotraspirazione di riferimento giornaliera di una coltura standard come descritto nel quaderno FAO no.56[5], adottando il metodo del doppio coefficiente colturale (K_{cb} e K_e) con cui si separano i contributi di traspirazione (K_{cb}) e di evaporazione da suolo nudo (K_e). La traspirazione effettiva, diversa da quella potenziale in presenza di contenuti idrici del suolo inferiori a quello ottimale, è calcolata tenendo conto di un coefficiente riduttivo di stress come descritto nel

[5] Allen RG et al. (1998) Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper, 56, p.174.

quaderno FAO no.56. Il tasso di evaporazione effettiva è invece dipendente dal valore assunto da K_e, che tiene conto del tasso di evaporazione massimo, del contenuto idrico del suolo e dalla frazione di suolo bagnata non coperta da vegetazione.

Per il calcolo della pioggia efficace, IdrAgra si avvale della formula di Von Hoyningen-Hüne (1983)[6] che esprime l'aliquota di pioggia intercettata dall'apparato fogliare in funzione di parametri caratteristici della copertura fogliare quali l'indice di area fogliare (LAI).

La precipitazione, dopo aver eventualmente subito una parziale intercettazione dagli apparati fogliari, può infiltrare nel terreno o allontanarsi generando del deflusso superficiale. Il fenomeno del deflusso superficiale, che dipende dalla pendenza, dalle caratteristiche del suolo, dall'uso del suolo e dal contenuto di umidità, è molto modesto in aree pianeggianti, ma può assumere un certo rilievo in aree con pendenze più elevate. IdrAgra pertanto prevede modulo di calcolo della quota di acqua che genera deflusso superficiale basato sul metodo del Curve Number proposto dal Soil Conservarion Service degli Stati Uniti (USDA-SCS, 1972[7]).

Il flusso di percolazione, sia esso quello in uscita dallo strato evaporativo verso lo strato traspirativo, che quello in uscita dallo strato traspirativo verso il sottosuolo, è calcolato in funzione della conducibilità idraulica dello strato e dell'umidità del suolo secondo la funzione proposta da Brooks and Corey (1964)[8]. In presenza in falda a piccola soggiacenza, IdrAgra include nei termini del bilancio anche il contributo dato dalla risalita capillare, che dipende dalla profondità di falda, dal contenuto idrico del suolo e dal flusso evapotraspirativo potenziale come suggerito dalla relazione di Liu et al. (2006)[9].

Infine, la stima del termine di irrigazione è funzione del deficit idrico presente il giorno precedente nello strato traspirativo. In particolare, il modello verifica se lo scostamento tra il contenuto idrico alla capacità di campo e quello effettivo nella zona traspirativa supera un'aliquota prefissata dell'acqua prontamente disponibile; in caso positivo, il modello impone un intervento irriguo con volume di adacquamento pari al volume necessario per riportare il contenuto idrico dello strato traspirativo alla capacità di campo.

1.2. Crescita colturale

Il modulo di crescita colturale permette di calcolare la durata delle fasi di sviluppo della pianta e il corrispondente andamento delle grandezze legate alla crescita

[6] Von Hoyningen-Hüne, J., 1983. Die Interception des Niederschlags in landwirtschaftlichen Beständen. In Einfluss der Landnutzung auf den Gebietswasserhaushait. (Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., DVWK; H. 57). Hamburg und Berlin: Paul Parey, pp. 1–53.

[7] USDA - Soil Conservation Service (1972) National engineering handbook, Section 4, Hydrology. Chapter 10. Soil Conserv. Serv., Washington, D. C.

[8] Brooks R & Corey A (1964) Hydraulic properties of porous media. Hydrology Papers, Colorado State University, 3(March), p.37.

[9] Liu Y, Pereira LS & Fernando RM (2006) Fluxes through the bottom boundary of the root zone in silty soils: Parametric approaches to estimate groundwater contribution and percolation. Agricultural Water Management, 84(1–2: 27–40.

colturale quali il coefficiente colturale (K_{cb}), l'indice di area fogliare (LAI), l'altezza colturale e la profondità radicale.

La data di semina della coltura viene stabilita a partire da una data minima di semina, verificando che la temperatura media dell'aria, valutata come media su una finestra temporale di cinque giorni, sia superiore alla temperatura minima di semina specifica della coltura simulata. La lunghezza dei diversi stadi è anch'essa funzione delle condizioni termiche ed è legata al raggiungimento di somme termiche prestabilite, secondo il modello dei gradi giorno (McMaster & Wilhelm, 1997)[10]. Tale modello si basa sull'assunzione che il tasso di sviluppo delle specie vegetali è correlato alle temperature a cui è soggetta la pianta nel corso della stagione di crescita. Un esempio dell'effetto di diverse condizioni termiche sulla lunghezza degli stadi di sviluppo è mostrata in Figura 3.

Nel calcolo dell'accumulo di gradi giorno, il modello tiene inoltre in considerazione sia il processo di vernalizzazione per quelle specie vegetali che necessitano di basse temperature a promuovere la fioritura, sia l'eventuale sensibilità al fotoperiodo (i.e. l'influenza delle ore di luce sullo sviluppo della pianta).
Il modello richiede quindi una serie di parametri in ingresso per simulare correttamente la lunghezza delle diverse fasi; i principali riguardano la temperatura minima per la semina, la temperatura di base e la temperatura massima per lo sviluppo colturale, i parametri che regolano la risposta a vernalizzazione e fotoperiodo, nonché le somme termiche richieste per il completamento di ciascuna fase. In aggiunta a queste informazioni, devono inoltre essere specificati i valori di K_{cb}, LAI, altezza della pianta e profondità radicale corrispondenti a ciascuna somma termica. Una volta definiti questi valori, il modulo di calcolo effettua un'interpolazione lineare dei valori, così da ottenere l'andamento completo delle serie.

[10] McMaster GS, Wilhelm WW (1997) Growing degree-days: one equation, two interpretations. Agricultural and Forest Meteorology 87: 291-300.

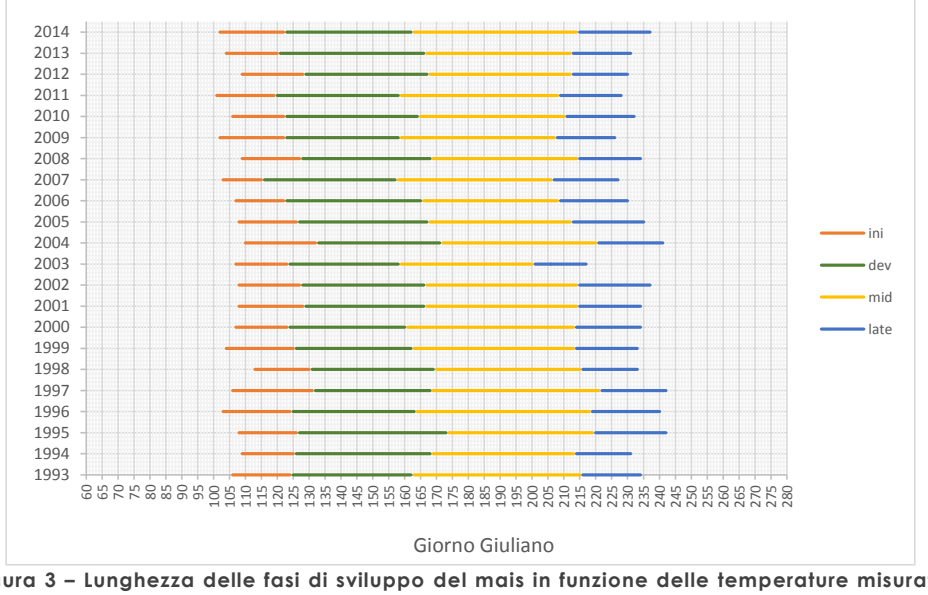

Figura 3 – Lunghezza delle fasi di sviluppo del mais in funzione delle temperature misurate alla stazione di Landriano (per i significati delle diciture 'ini', 'dev', 'mid' e 'late' si rimanda al quaderno FAO no.56)

2. Banche dati utilizzate per le stime

Di seguito si riporta una breve trattazione delle banche dati disponibili per il territorio lombardo, utilizzate per le stime dei fabbisogni irrigui colturali con il modello IdrAgra.

2.1. Dati di portata

I dati di portata misurati alla testa del distretto sono attinti dalla banca dati costituita nell'ambito dei progetti ISIL-1[11], che viene mantenuta costantemente aggiornata grazie alla prosecuzione delle attività promossa dal progetto ISIL-2 (in corso).

2.2. Dati agro-meteorologici

Per le serie giornaliere di dati meteorologici, il modello utilizza le informazioni raccolte in 21 stazioni meteo gestite da ARPA Lombardia, selezionate poiché la loro dislocazione sul territorio permette di raggiungere un'adeguata rappresentazione della variabilità delle condizioni meteorologiche in ambito regionale (Figura 4, Tabella 2).

[11] URBIM Lombardia & UNIMI-DiSAA - Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agroenergia (2016) ISIL - Indagine sui Sistemi Irrigui della Lombardia - Relazione Finale.

Figura 4 – Dislocazione delle stazioni selezionate nella pianura lombarda

Tabella 2 – Identificativo delle stazioni e rispettive collocazioni

ID ARPA	Nome stazione	Prov.	Quota (m)	Posizione (indirizzo)
100	Milano - Lambrate	MI	120	Via Casoria, parco Lambro – acquedotto
106	Varzi	PV	500	Varzi - loc. Nivione
109	S.Angelo Lodigiano	LO	60	via Mulino 3 - c/o Ist. cerealicoltura
110	Palidano di Gonzaga	MN	22	strada Begozzo 9 - c/o ITA Strozzi
114	Landriano	PV	88	Landriano, Cascina Marianna 1
123	Cavenago d'Adda	LO	67	Caviaga - cascina Casoni
125	Castello d'Agogna	PV	106	Castello d'Agogna, SP26, c/o Ente Nazionale Risi
126-127	Casatenovo prato-tetto	LC	360	via Monteregio 13, c/o casa di riposo
132	Bergamo - Stezzano	BG	211	via Stezzano 24
134	Bargnano	BS	93	Corzano di Bargnano, via Silvio Pellico
136	Persico Dosimo	CR	44	SP40 km14 - c/o ist. Agrario Stanga
137	Rivolta d'Adda	CR	102	Cascina La Quercia, c/o Ist. Spallanzani

140	Motta Visconti	MI	100	via A. de Gasperi, c/o campo sportivo comunale
147	Milano - Parco Nord	MI	142	Cinisello Balsamo, parco nord
150	Pieve S. Giacomo	CR	39	Pieve S.Giacomo, loc. Silvelletta
557	Lonate Pozzolo	VA	204	Lonate Pozzolo, SS 527/SP 40
595	Filago - via Don Milani	BG	190	Filago - via Don Milani
653	Brescia - via Ziziola	BS	125	Brescia, via Ziziola
656	Gambara	BS	47	Gambara, via Parma
671	Mantova - Tridolino	MN	22	Mantova - Tridolino - SP n°30
1211	Castronno	VA	379	Castronno, via Belvedere [VS Lurago - CO]

2.3. Uso del suolo

Le informazioni relative al tipo di colture presenti sul territorio proviene dalle carte dell'utilizzo agricolo annuale elaborate da ERSAF Lombardia a partire dai dati di utilizzo del suolo (investimenti colturali) per singola particella catastale per annata agraria considerata (fonte SIARL), dai perimetri delle particelle catastali disponibili per annata agraria considerata (fonte SIARL) e dai dati Uso e Copertura del Suolo DUSAF (fonte Regione Lombardia e ERSAF).

Rispetto alle mappe originarie di ERSAF, viene poi eseguita un post elaborazione per suddividere la classe colturale "Mais" nelle classi "Mais da granella" e "Silomais e mais ceroso", che sono caratterizzate da una diversa lunghezza del ciclo colturale e dunque determinano una differente distribuzione temporale dei fabbisogni irrigui. Tale distinzione è fatta a partire dalle informazioni disponibili per il 2004, anno in cui è nota la ripartizione percentuale delle due classi rispetto al totale dell'area a mais su base comunale. Sulla base del dato relativo al 2004, l'uso del suolo viene rielaborato suddividendo il mais nelle due classi secondo una distribuzione casuale all'interno del comune che ne mantiene inalterate le proporzioni.

2.4. Parametri colturali

I parametri colturali legati alle caratteristiche fisiologiche della pianta, come la temperatura minima di semina, le temperature per lo sviluppo colturale e i parametri che regolano la risposta a vernalizzazione e fotoperiodo sono tratti da letteratura specifica per ciascuna coltura. Per quanto riguarda le somme termiche, esse sono state calibrate considerando la lunghezza media degli stadi in specie cresciute in contesti agricoli del nord Italia, prendendo come riferimento Narciso et al. (1992)[12]. I valori di K_{cb} sono invece tratti dal quaderno FAO no.56, applicando le correzioni suggerite per condizioni climatiche diverse da quelle di riferimento che prevedono clima subumido e velocità del vento moderata. Le stime ottenute sono state poi confrontate con i valori di K_{cb} riportati in alcuni studi relativi alle aree della Pianura

[12] Narciso G, Ragni P, Venturi A (1992) Agrometeorological aspects of crops in Italy, Spain and Greece. A summary review for common and durum wheat, barley, maize, rice, sugar beet, sunflower, soya bean, rape, potato, tobacco, cotton, olive and grape crops. Joint Research Centre.

Padana, i quali sostanzialmente confermano i valori FAO corretti (differenze dell'ordine del 15% che rientrano nel margine di incertezza delle misure condotte in campo). Infine, per i valori di LAI, altezza colturale e profondità radicale sono stati presi come riferimento dati di letteratura rilevanti per l'area di studio.

2.5. Caratteristiche idrauliche dei suoli

I parametri che descrivono il comportamento idraulico dei suoli (i.e. contenuti idrici specifici -saturazione, capacità di campo, punto di appassimento-, conducibilità idraulica satura e altri parametri legati ai processi di percolazione e risalita capillare) sono ricavati a partire dalla carta pedologica 1:250,000 realizzata da ERSAF. La stima del comportamento idraulico dei suoli, di difficile misura in caso di applicazioni su larga scala, viene quindi ottenuta applicando di funzioni di pedotrasferimento che richiedono in ingresso i valori di sabbia, limo, argilla, scheletro e carbonio organico. In aggiunta a queste informazioni, la carta pedologica permette anche di definire il gruppo idrologico, necessario per il calcolo del deflusso superficiale.

2.6. Metodi irrigui

Informazioni legate ai metodi irrigui adottati sono indispensabili per la stima delle efficienze di adacquamento, che consentono di calcolare il fabbisogno irriguo al campo nelle diverse unità di simulazione. Per le aree già coperte dal progetto ISIL, corrispondenti a buona parte dei territori direttamente gestiti dai Consorzi di Bonifica, sono utilizzabili i dati resi disponibili dalla banca dati del progetto. Per le rimanenti aree una fonte di dati utilizzabili, con alcune elaborazioni, è rappresentata dal censimento ISTAT 2010, che riporta le superfici irrigate con ciascun metodo aggregate a livello comunale.