

# POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio**

Tesi di Laurea Magistrale

## **Valutazione dei volumi irrigui e dell'impronta idrica delle coltivazioni a scala globale**



**Relatore**

Prof.ssa Stefania TAMEA

**Candidato**

Marta SPINOGLIO

Marzo 2020



## Ringraziamenti

Desidero ringraziare la prof.ssa Stefania Tamea, per la sua costante disponibilità, i suoi consigli e la sua preziosa collaborazione nella realizzazione del presente lavoro.

Un grazie ai compagni con cui ho condiviso questo importante percorso universitario, per esserci supportati e sopportati a vicenda. Un particolare ringraziamento va alla mitica Terry e alla mia insostituibile omonima.

Alle mie amiche di sempre, Arianna e Roberta immancabilmente presenti.

Ai miei fratelli Pietro e Francesco, che a modo loro mi sono stati accanto.

A Saverio che, nonostante la lontananza, è riuscito ad essermi vicino dandomi la giusta grinta e la giusta forza e rendere questi mesi ricchi di amore e felicità.

Un grazie particolare va a mia mamma, Raffaella. Grazie per tutti gli sforzi che ha fatto, per avermi dato la dovuta determinazione e il giusto coraggio per affrontare ogni situazione e per aver sempre creduto in me.

*Marta*



## Abstract - italiano

L'agricoltura è il settore che più consuma acqua al mondo e il 70% dei prelievi di acqua è destinato all'irrigazione. La variazione delle precipitazioni dovuta al cambiamento climatico e le attuali abitudini di vita dell'uomo, collegate a un notevole spreco di acqua e all'eccessivo consumo di prodotti che necessitano grandi quantità di volumi idrici per la produzione, fanno sì che le riserve idriche diminuiscano in modo allarmante, tanto da creare complesse problematiche nella gestione di questa risorsa naturale e difficoltà a soddisfare il fabbisogno idrico in tutti i settori, primo fra tutti l'agricoltura. Il fabbisogno idrico di una coltura coincide con l'evapotraspirazione in assenza di stress idrico e per soddisfarlo è spesso necessario somministrare artificialmente una quantità di acqua come integrazione agli apporti naturali. La scarsità di acqua, infatti, può causare una diminuzione della produzione e della resa delle coltivazioni, con una conseguente perdita economica per gli agricoltori e una perdita di cibo disponibile per l'uomo. Si deve quindi puntare a un migliore utilizzo dell'acqua implementando una gestione efficace dell'irrigazione, specifica per le diverse tipologie di colture e i diversi Paesi del mondo, in modo da preservare e gestire in modo ottimale questa risorsa, evitandone gli sprechi. Un migliore utilizzo futuro deve basarsi sulla conoscenza dell'uso presente e passato.

La conoscenza dell'estensione dei terreni irrigati e dei volumi di acqua utilizzata è importante per la valutazione dell'uso e della gestione della risorsa idrica. In questo lavoro, sono stati presi in considerazione i volumi di prelievi di acqua destinata alle colture e le superfici, irrigate e coltivate, considerando la variazione spaziale (per Paese), la variazione temporale e la suddivisione per coltura. Sono stati raccolti dati da più fonti così da creare un database dei volumi irrigui. Successivamente si è eseguita un'analisi temporale evidenziando l'evoluzione dei volumi irrigui e delle aree irrigate. Grazie ad un'ipotesi semplificativa, si è poi stimato il volume irriguo per tipo di coltura a livello di Paese ed infine, i valori di volume irriguo vengono confrontati con l'impronta idrica blu ( $WF_{blue}$ ).

Grazie all'integrazione di diverse banche dati, si è potuto creare un unico database dei volumi irrigui, espressi in milioni di metri cubi, per 255 Paesi del mondo nel periodo 1970-2016. Tramite il test t-Student si è studiato il trend delle serie temporali evidenziando una tendenza di aumento per le aree attrezzate per l'irrigazione e una diminuzione di prelievi idrici per molti Paesi. Successivamente si è stimata, per un anno specifico, la quantità di acqua necessaria per l'irrigazione delle 23 colture principali ricavate dal database di MIRCA. Questa stima è stata possibile calcolarla ipotizzando un'uniforme altezza di irrigazione, ovvero il rapporto tra il volume irriguo totale del Paese e l'area attrezzata per l'irrigazione. Infine, partendo dal database delle impronte idriche unitarie del Water Footprint Network, riferito al periodo 1996-2005, si sono potuti calcolare i valori di impronta idrica blu per le 23 colture e per i diversi Paesi del mondo, considerando la produzione delle diverse colture. Questi valori sono stati poi confrontati con i volumi irrigui calcolati precedentemente in modo da trarre alcune considerazioni riguardanti l'affidabilità dei dati e il problema di stress idrico in diversi Paesi.

## Abstract - english

Agriculture is the most water consuming sector in the world and 70% of water withdrawals are for irrigation. The variation in rainfall due to climate change and current human living habits, linked to considerable water wastage and excessive consumption of products that require large volumes of water for production, mean that water reserves are decreasing alarmingly, creating complex problems in the management of this natural resource and difficulties in meeting water needs in all sectors, first and foremost agriculture. The water requirements of a crop coincide with evapotranspiration in the absence of water stress, and to meet them it is often necessary to supply artificially a quantity of water as a supplement to natural inputs. Water scarcity, in fact, can cause a decrease in crop production and yield, with a consequent economic loss for farmers and a loss of food available to humans. It is therefore necessary to aim at a better use of water by implementing an effective management of irrigation, specific for the different types of crops and the different countries of the world, in order to preserve and manage this resource in an optimal way, avoiding waste. Better future use must be based on knowledge of present and past use.

Knowledge of the extent of irrigated land and the volumes of water used is important in assessing water use and management. In this work, the volumes of water abstracted for crops and the areas irrigated and cultivated were considered, taking into account spatial variation (by country), time variation and crop breakdown. Data were collected from several sources in order to create a database of irrigated volumes. Subsequently, a time analysis was carried out highlighting the evolution of irrigated volumes and irrigated areas. Thanks to a simplified hypothesis, the irrigation volume by crop type was then estimated at country level and finally, the irrigation volume values were compared with the blue water footprint (WFblue).

Thanks to the integration of several databases, it was possible to create a single database of irrigation volumes, expressed in millions of cubic meters, for 255 countries worldwide in the period 1970-2016. Through the t-Student test, the trend of the time series was studied, showing an increasing trend for areas equipped for irrigation and a decrease in water withdrawals for many countries. Subsequently it was estimated, for a specific year, the amount of water needed for irrigation of the 23 main crops obtained from the MIRCA database. This estimate could be calculated by assuming a uniform irrigation height, i.e. the ratio between the total irrigation volume of the country and the area equipped for irrigation. Finally, starting from the Water Footprint Network's unitary water footprint database, referring to the period 1996-2005, it was possible to calculate the blue water footprint values for the 23 crops and for the different countries of the world, considering the production of the different crops. These values were then compared with the previously calculated irrigation volumes in order to draw some considerations regarding the reliability of the data and the water stress problem in different countries.

## Indice

Ringraziamenti	I
Abstract - italiano	III
Abstract - english	IV
Indice delle figure	VII
Indice delle tabelle	X
Indice degli acronimi	XI
Introduzione	1
Capitolo 1 Presentazione dei dati	3
1.1 Analisi dei database	3
1.2 Analisi comparativa	25
Capitolo 2 Metodi e dati: superfici irrigate e volumi irrigui	26
2.1 Creazione del database dei volumi irrigui e delle aree attrezzate per l'irrigazione	26
2.2 Analisi statistica delle serie temporali	29
2.3 Metodo per la stima dei volumi irrigui per coltura	30
Capitolo 3 Metodi e dati: impronta idrica	33
3.1 L'impronta idrica e l'agricoltura	33
3.2 Come calcolare l'impronta idrica	36
3.3 Calcolo dell'impronta idrica blu	37
Capitolo 4 Analisi dei risultati: aree irrigate e volumi irrigui	39
4.1 Andamento delle serie temporali	39
4.1.1 Risultati del test-T per i volumi irrigui	39
4.1.2 Risultati del test-T per le aree equipaggiate per l'irrigazione	42
4.1.3 Confronto tra volumi irrigui e aree equipaggiate per l'irrigazione	45
4.2 MIRCA e AQUASTAT: confronto dei volumi irrigui per tipo di coltura	48
Capitolo 5 Analisi dei risultati: confronto tra impronta idrica e volumi irrigui	52
5.1 Confronto per tipo di coltura	55
5.2 Approfondimento sulla Colombia	60
5.3 Analisi dell'efficienza	65
5.3.1 Paesi con problema di stress idrico	67
Conclusione	72
Bibliografia	75



## Indice delle figure

<i>Figura 1.1 Calendario delle colture irrigate – Esempio (Italia)</i> .....	6
<i>Figura 1.2 Scheda dell'area d'irrigazione – Esempio (Italia)</i> .....	8
<i>Figura 1.3 Estratto del sito AQUAMAPS</i> .....	9
<i>Figura 1.4 Area attrezzata per l'irrigazione, espressa come % della superficie totale delle celle della griglia (GMIA v.5), fonte immagine: [5]</i> .....	10
<i>Figura 1.5 UAA, AEI e AAI per gli anni 2005 e 2016 (EUROSTAT)</i> .....	10
<i>Figura 1.6 Acqua prelevata per l'agricoltura in m<sup>3</sup> (EUROSTAT)</i> .....	11
<i>Figura 1.7 Estratto di MAPSPAM – Raccolto del grano irrigato per l'anno 2005</i> .....	12
<i>Figura 1.8 Esempio di calendario delle colture (840005 - United States of America, California)</i> .....	14
<i>Figura 1.9 Estratti di MIRCA di AEI e AHI per Paese</i> .....	14
<i>Figura 1.10 Supplemento S3, estratto di dati (HID)</i> .....	16
<i>Figura 1.11 Supplemento S5, estratto di mappe (HID)</i> .....	17
<i>Figura 1.12 Valori di AAI in ettari (OECD)</i> .....	17
<i>Figura 1.13 Valori di AEI in ettari (OECD)</i> .....	18
<i>Figura 1.14 Evidenziata la voce di prelievo di acqua per l'irrigazione (OECD)</i> .....	18
<i>Figura 1.15 Estratto file WORLD BANK</i> .....	19
<i>Figura 1.16 Esempio di suddivisione in zone agro-ecologiche</i> .....	20
<i>Figura 1.17 Area irrigata (ICID)</i> .....	20
<i>Figura 1.18 Tipo di irrigazione (ICID)</i> .....	21
<i>Figura 2.1 Scatter plot IWW – Norvegia</i> .....	27
<i>Figura 2.2 Scatter plot IWW - Spagna e Turchia</i> .....	27
<i>Figura 2.3 Scatter plot IWW - Danimarca</i> .....	27
<i>Figura 2.4 Scatter plot di AEI, a livello di Paese - FAO e OECD</i> .....	28
<i>Figura 2.5 Esempio di Calendario delle colture di AQUASTAT – Colombia</i> .....	32
<i>Figura 3.1 Impronta idrica della produzione agricola nel periodo 1996-2005, in mm/anno e in 5 minuti d'arco, fonte immagine: [26]</i> .....	34

<i>Figura 3.2 Contributo delle diverse colture all'impronta idrica totale, 1996-2005. Fonte immagine: [27].....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3.3 Impronta idrica blu nel periodo 1996-2005, in mm/anno e in 5 minuti d'arco, fonte immagine: [26].....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4.1 Test-T superato per IWW - Italia.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 4.2 Test-T superato per IWW - Spagna .....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 4.3 Test-T superato per IWW – USA .....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4.4 Rappresentazione spaziale dei risultati ottenuti dal test-T per il database IWW .....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4.5 Test-T non superato per IWW, trend negativo – Australia.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4.6 Test-T non superato per IWW, trend negativo – Francia.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 4.7 Test-T non superato per IWW, trend negativo – Romania .....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 4.8 Test-T non superato per AEI, trend positivo - Francia.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 4.9 Test-T non superato per AEI, trend positivo - Italia .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4.10 Test-T non superato per AEI, trend negativo - Giappone.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4.11 Test-T non superato per AEI, trend negativo - Polonia .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4.12 Rappresentazione spaziale dei risultati ottenuti dal test-T per il database AEI .....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 4.13 Rappresentazione spaziale dei risultati ottenuti dal test-T per il database AEI riferiti agli stessi paesi in cui vi sono risultati del test per il database IWW .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 4.14 Andamento crescente di AEI e decrescente di IWW - Francia .....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 4.15 Andamento crescente di AEI e decrescente di IWW - Germania .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 4.16 Andamento crescente di AEI e decrescente di IWW - Romania.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 4.17 Valori di IWW per le colture, confronto MIRCA e AQUASTAT - Ecuador. 50</i>	
<i>Figura 4.18 Valori di IWW per le colture, confronto MIRCA e AQUASTAT – Zimbabwe .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 5.1 Andamento globale del confronto volume irriguo e impronta idrica totale a scala di Paese.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 5.2 Estratto dell'andamento globale del confronto volume irriguo e impronta idrica totale a scala di Paese .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 5.3 Andamento dei volumi irrigui a scala globale – GRANO .....</i>	<i>55</i>

<i>Figura 5.4 Mappa globale dell'impronta idrica blu (mm/a) - GRANO, fonte immagine: [25].....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 5.5 Andamento dei volumi irrigui a scala globale – MAIS .....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 5.6 Mappa globale dell'impronta idrica blu (mm/a) – MAIS, fonte immagine: [25] .....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 5.7 Andamento globale di impronta idrica e volume irriguo a livello di coltura...57</i>	<i>57</i>
<i>Figura 5.8 Andamento dei valori di efficienza medi per le 23 colture a scala di Paese 59</i>	<i>59</i>
<i>Figura 5.9 Andamento dei valori di AEI - Colombia, fonte: FAOSTAT .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 5.10 Andamento di AAI rispetto ad AEI - Colombia, fonte: FAOSTAT .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 5.11 Andamento precipitazioni medie annue dei distretti colombiani, anni 2011 e 2013.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 5.12 Confronto tra i volumi irrigui per tipo di coltura calcolati con l'altezza irrigua e con la produzione – Colombia .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 5.13 Rappresentazione spaziale dei risultati di efficienza ottenuti .....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 5.14 Istogramma di frequenza dei valori di efficienza .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 5.15 Livello di stress idrico per Paese (%) nel periodo 2000-2015, fonte immagine: [32].....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 5.16 Rappresentazione spaziale dei risultati di efficienza maggiore di 1.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 5.17 Distribuzione globale dell'indice di aridità, fonte immagine: [36].....</i>	<i>70</i>

## Indice delle tabelle

<i>Tabella 1 Elenco dei database .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabella 2 Risultato del test-T .....</i>	<i>30</i>
<i>Tabella 3 Impronta idrica per i principali Paesi, fonte immagine: [27].....</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 4 Paesi con trend significativo - database di IWW.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 5 Risultati dei Paesi con trend significativo per il database di IWW – database AEI .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 6 Paesi aventi per lo stesso anno, i valori di IWW per entrambi i database....</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 7 Estratto dal file dei volumi irrigui e delle impronte idriche per tipo di coltura – Italia e Marocco.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabella 8 Valori di <math>\eta</math> medio e massimo per le 23 colture, per tutti i Paesi .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabella 9 Valori di impronta idrica per le sei colture prese in esame - Colombia.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabella 10 Calcolo dei nuovi volumi irrigui per tipo di coltura -Colombia.....</i>	<i>64</i>

## Indice degli acronimi

AEI	Area Equipped for Irrigation
AAI	Area Actually Irrigated
AIH o AHI	Area of Irrigated crops Harvested
IWR	Irrigation Water Requirement
IWW	Irrigation Water Withdrawal
FAO	Food and Agriculture Organization
GMIA	Global Map of Irrigation Areas
SPAM	Spatial Production Allocation Model
IFPRI	International Food Policy Research Institute
MIRCA	Monthly Irrigated and Rainfed Crop Areas
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
AI	Altezza irrigua o altezza d'irrigazione
WF	Water Footprint
WSI	Water Stress Index
IA	Indice di aridità



## Introduzione

Il presente elaborato è frutto di una ricerca e analisi di dati riguardanti l'utilizzo dell'acqua nel settore agricolo. L'acqua è un elemento essenziale nella vita dell'uomo, ma è anche essenziale per la produzione agricola e la sicurezza alimentare. Il 2,5% dell'acqua sulla Terra è acqua dolce, di cui circa il 68% concentrata nei ghiacciai e la restante parte contenuta nelle falde acquifere e nei corpi idrici superficiali; è proprio quest'ultima parte di acqua che viene prelevata e utilizzata per scopi irrigui. L'irrigazione richiede grandi quantità di acqua tali da rendere il settore agricolo il principale consumatore di questa risorsa al mondo. La quantità di acqua da somministrare alle piante con l'irrigazione può essere stimata con la conoscenza dell'evapotraspirazione, ovvero la quantità di acqua persa dal suolo per evaporazione e dalle piante per traspirazione. Quando la riserva idrica del suolo scende al di sotto di un determinato limite, l'irrigazione reintegra le perdite. Un utilizzo razionale dell'acqua in agricoltura può significare tecniche irrigue più efficienti e la conoscenza del fabbisogno idrico per tipo di coltura, ovvero lo studio dell'impronta idrica finalizzato al raggiungimento di una resa ottimale. La diminuzione della disponibilità di acqua può avere un impatto negativo sulla produttività delle terre coltivate e quindi a una diminuzione della resa.

L'aumento della popolazione, il conseguente incremento del consumo di prodotti e l'intensificarsi degli effetti del cambiamento climatico, stanno minacciando sempre di più la sicurezza di questa risorsa. Più di 2 miliardi di persone in tutto il mondo vive in Paesi soggetti al problema di stress idrico, dove il prelievo di acqua supera le risorse rinnovabili di un determinato bacino idrico. L'agricoltura irrigua è uno dei principali sottosectori che, se non gestita in modo efficiente, può causare scarsità di acqua in diverse zone del mondo.

Lo scopo di questa tesi di laurea è stato quello di analizzare e approfondire i quantitativi di acqua utilizzati per l'irrigazione e l'impronta idrica blu. I dati presi in considerazione sono principalmente riferiti a due variabili: la superficie irrigata e il prelievo di acqua destinata all'irrigazione delle colture. La tesi si compone di 5 capitoli. Nella prima parte, dopo alcune definizioni iniziali, si analizzano le diverse fonti di dati e i relativi database riferiti alle variabili suddette, alla loro variazione temporale ed ai (alla suddivisione) dati riferiti al tipo di coltivazione. Dopo la presentazione dei diversi database, si passa al secondo capitolo in cui viene descritta l'elaborazione dei dati. Tutte le analisi sono effettuate su scala globale e quindi a livello di Paese. La prima variabile è il prelievo di acqua destinata all'irrigazione, della quale si è creato un nuovo

database unendo diverse fonti. Successivamente si creato un altro database sulle aree equipaggiate per l'irrigazione, tenendo conto dei dati di FAOSTAT. Per mezzo del test-T di Student è stato possibile effettuare un'analisi statistica delle serie temporali di entrambi i nuovi database. Infine, grazie ai dati di aree irrigate per le diverse coltivazioni e calcolando un valore di altezza di irrigazione media per il Paese, si è potuto creare un terzo database dei volumi irrigui per le principali colture alimentari. Nel terzo capitolo si presenta il concetto di impronta idrica e in particolare l'importanza dell'impronta idrica blu nell'agricoltura. Con i dati disponibili si è calcolato il valore di impronta idrica blu tenendo conto dell'impronta idrica unitaria e delle rese delle colture. Il capitolo quattro delinea in modo più dettagliato i risultati del test statistico, realizzando un confronto tra i Paesi che hanno mostrato un aumento dell'area irrigata ma una diminuzione dei prelievi idrici. In seguito, si sono confrontati due database in cui vi è una coincidenza di dati di volumi irrigui a livello di coltivazione. L'ultimo capitolo mette in relazione i valori di impronta idrica blu calcolati e i volumi irrigui; il loro rapporto, espresso come un'efficienza, ha consentito di fare alcune considerazioni sul problema dello stress idrico. Si è inserito un approfondimento sulla Colombia, volto a verificare l'ipotesi effettuata dell'altezza irrigua, calcolando dei nuovi valori di volumi irrigui e di impronta idrica. Dopo la conclusione vi è un'appendice contenente una rassegna completa dei risultati che consentono di comprendere l'analisi effettuata.

# Capitolo 1 Presentazione dei dati

## 1.1 Analisi dei database

In questo primo capitolo vengono presentati i database oggetto del presente lavoro di tesi. È stata fatta una ricerca globale sui dati inerenti all'irrigazione in agricoltura, in particolare sono state valutate le superfici, i volumi di acqua e i diversi tipi di colture.

Alcune definizioni iniziali:

**Area attrezzata per l'irrigazione** (AEI - Area Equipped for Irrigation): area attrezzata per fornire acqua alle colture; rappresenta la porzione di territorio degli Enti irrigui su cui insistono le infrastrutture e su cui è organizzato il servizio d'irrigazione. Comprende le aree attrezzate per l'irrigazione a controllo totale o parziale, le aree attrezzate di pianura e le aree attrezzate per l'irrigazione a pioggia ma non comprende le zone umide, i fondivalle e le aree non attrezzate per la recessione delle inondazioni. L'area equipaggiata per l'irrigazione è maggiore della superficie effettivamente irrigata.

**Area attrezzata a pieno controllo per l'irrigazione** ( $AEI_{full}$  - Area Equipped for full control Irrigation): area totale data dalla somma dell'irrigazione superficiale, dell'irrigazione a pioggia e dell'irrigazione localizzata.

**Superficie effettivamente irrigata** (AAI - Area Actually Irrigated): parte di terreno irriguo a controllo totale o parziale che viene realmente irrigato in un dato anno. Spesso, una parte dell'area attrezzata non viene irrigata per vari motivi: mancanza d'acqua, assenza di agricoltori, degrado del territorio, eventuali danni alle infrastrutture, problemi organizzativi, ecc. AAI si riferisce solo alle aree catastali fisicamente usate. I terreni irrigati che vengono coltivati più di una volta all'anno vengono contati solamente una volta.

**Area effettivamente irrigata a pieno controllo** ( $AAI_{full}$  - Area Actually Irrigated for full control): porzione di area attrezzata per l'irrigazione a controllo totale che viene effettivamente irrigata, in un dato anno. Si riferisce alle aree fisiche.

**Superficie delle colture irrigue raccolte** (AIH - Area of Irrigated crops Harvested): superficie annuale in cui vi è stato effettivamente il raccolto delle colture irrigate. La superficie irrigua che è coltivata due volte all'anno viene conteggiata due volte, quindi si ha sempre che quest'area è maggiore o uguale all'area effettivamente irrigata. La superficie attrezzata per l'irrigazione (AEI), arida o gestita come terra pluviale, non viene conteggiata come AIH. Pertanto, l'AIH è più piccola dell'AEI quando solo una piccola frazione dell'AEI è effettivamente irrigata e l'intensità colturale dell'irrigazione

dei raccolti sono bassi. L'AIH è più grande dell'AEI se una gran parte dell'AEI è effettivamente utilizzata per l'irrigazione e se in aggiunta l'intensità di coltivazione sui terreni irrigati è alta.

***Richiesta di acqua per l'irrigazione*** (IWR – Irrigation Water Requirement): quantità d'acqua al netto delle precipitazioni e dell'umidità del suolo necessaria per la normale produzione delle colture. Corrisponde al fabbisogno netto di acqua per l'irrigazione in modo da garantire che la coltura riceva il fabbisogno idrico per arrivare al raccolto. Può essere indicata in termini mensili, stagionali o annuali, o per un periodo di coltivazione e viene espressa in termini volumetrici (m<sup>3</sup>/tempo).

***Prelievo di acqua per l'irrigazione*** (IWW – Irrigation Water Withdrawal): quantità annuale di acqua prelevata per l'irrigazione. Nel database di AQUASTAT il prelievo d'acqua per l'irrigazione rientra nel prelievo d'acqua per l'agricoltura, insieme al prelievo d'acqua per il bestiame (abbeveraggio e pulizia) e prelievo di acqua per l'acquacoltura. Può includere le risorse di acqua dolce rinnovabile, l'acqua proveniente dall'estrazione di acque sotterranee rinnovabili o il prelievo di acque sotterranee fossili, l'uso diretto di acqua di drenaggio agricolo, l'uso diretto di acque reflue (trattate) e l'acqua desalinizzata. La quantità di acqua prelevata per l'irrigazione supera di gran lunga l'uso consuetudinario dell'irrigazione perché durante la sua distribuzione, dalla sua fonte alle colture, si possono avere notevoli perdite. Il termine "rapporto del fabbisogno idrico" (a volte chiamato anche "efficienza dell'irrigazione") è usato per indicare il rapporto tra il fabbisogno netto di acqua per l'irrigazione o il fabbisogno idrico delle colture, che è il volume d'acqua necessario per compensare il deficit tra la potenziale evapotraspirazione e le precipitazioni effettive durante il periodo di crescita della coltura, e la quantità d'acqua prelevata per l'irrigazione, incluse le perdite.

Qui di seguito vengono analizzati i singoli database e le relative variabili che sono state elaborate e successivamente, tramite una tabella, si elencano le relative pagine web delle banche dati.

La prima fonte presa in considerazione è stata la FAO (The Food and Agriculture Organization). La FAO è l'organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura che guida gli sforzi internazionali per sconfiggere la fame; cerca di aiutare i Paesi in via di sviluppo e i Paesi in transizione a migliorare e rendere più sostenibile l'agricoltura, la selvicoltura e la pesca con sistemi più efficienti e assicurare a tutti una sicurezza alimentare. All'interno di questa organizzazione dell'ONU vi sono differenti database relativi alla sicurezza alimentare e all'agricoltura. I database che sono stati presi in considerazione per questo studio sono FAOSTAT, AQUASTAT e GMIA.

Grazie al database FAOSTAT [1] si sono potuti scaricare i dati inerenti alla superficie di terreno (ha) attrezzata per l'irrigazione per tutti i Paesi membri della FAO, per il periodo dal 1961 al 2017, tenendo conto che alcuni dati sono ufficiali mentre altri dati sono stimati. Riguardo la superficie effettivamente irrigata, il dato disponibile si riferisce solo ad anni specifici pertanto l'elaborazione di questa variabile non è completa. Un ulteriore dato importante è stato il prelievo di acqua utilizzato per l'agricoltura rispetto al prelievo totale di acqua negli altri settori; la variabile, espressa in valore percentuale, è riferita a tutti i Paesi membri della FAO ma solo per alcuni anni specifici. Gli altri dati disponibili per ogni Paese sono stati: la produzione (t), la resa (hg/ha) e la superficie effettivamente raccolta (ha) per diversi tipi di coltura. Il periodo di riferimento è dal 1961 al 2017.

Il database AQUASTAT [2] riporta le statistiche globali sulle acque a livello nazionale, con particolare attenzione all'irrigazione e all'acqua agricola. Al fine di effettuare analisi approfondite, il programma Aquastat raccoglie dati provenienti da diverse fonti, tra cui risorse idriche nazionali, piani generali di irrigazione, statistiche, annuari, relazioni tecniche della FAO, sondaggi e relazioni nazionali e internazionali messi a disposizione da centri di ricerca. La frequenza di aggiornamento di questa banca dati può variare a seconda della compilazione del questionario annuale da parte dei diversi Paesi.

I dati che sono stati scaricati per ogni Paese sono stati la richiesta di acqua per l'irrigazione, il prelievo di acqua per l'irrigazione, entrambi espressi in  $10^9 \text{ m}^3/\text{a}$  e il prelievo di acqua agricola come percentuale del prelievo totale di acqua. I valori disponibili sono riferiti a diversi anni specifici in un arco temporale che va dal 1958 al 2017. Un altro importante documento analizzato mostra, per 167 Paesi per anni specifici, il volume di acqua richiesta e prelevata espresse in  $\text{km}^3/\text{a}$ , la risorsa di acqua dolce rinnovabile ( $\text{km}^3/\text{a}$ ), la percentuale di pressione di acqua dolce dovuta all'irrigazione e il fabbisogno d'acqua (rapporto tra la richiesta di acqua e la quantità di acqua prelevata per l'irrigazione, espresso quindi in percentuale). Questo documento è stato estratto dal report "Irrigation water requirement and water withdrawal by country" di Novembre 2012.

Altre variabili scaricate dal database sono state l'area effettivamente irrigata e l'area effettivamente irrigata a pieno controllo, con dati disponibili in anni specifici dal 1988 al 2017. Sempre di questo database sono disponibili i **calendari delle colture irrigue** (Irrigated Crop Calendar); strumento che fornisce informazioni sul tipo di colture coltivate in una determinata area, nonché sulle pratiche agronomiche e sui cicli

colturali. Questi calendari sono stati preparati per le colture irrigue solo a livello nazionale sulla superficie attrezzata per l'irrigazione a pieno controllo effettivamente irrigata. Le superfici coltivate indicate sono quelle irrigue raccolte, che possono essere maggiori della superficie attrezzata per l'irrigazione a controllo totale effettivamente irrigata quando l'intensità colturale (cropping intensity) è superiore al 100 per cento, ossia quando le condizioni climatiche consentono più di un ciclo colturale all'anno sulla stessa area. I calendari vengono preparati per un anno specifico per il quale sono disponibili i dati e, come si può vedere dalla Figura 1.1, forniscono informazioni sull'area irrigata dove effettivamente c'è stato il raccolto ( $AH_{full}$ ), sull'area effettivamente irrigata ( $AAI_{full}$ ), sulla superficie equipaggiata per l'irrigazione ( $AEI_{full}$ ), sulla percentuale della superficie effettivamente irrigata rispetto a quella attrezzata per l'irrigazione ed infine l'intensità del raccolto (cropping intensity), ovvero la frazione di superficie coltivata che viene raccolta, calcolata come rapporto tra le superfici irrigue raccolte e la superficie attrezzata per l'irrigazione a pieno controllo effettivamente coltivata.

Per tre grandi Paesi in cui l'irrigazione è relativamente intensa (Cina, India e Stati Uniti d'America), i calendari delle colture irrigate sono stati preparati per zone subnazionali (nord, sud, ovest, est) in modo da riflettere più da vicino le variazioni climatiche. Al contrario, le nove piccole isole delle Piccole Antille caraibiche (CARL) sono state riunite in un unico calendario delle colture a causa dei limitati dati disponibili. Queste divisioni geografiche o raggruppamenti sono dettagliati nei rispettivi calendari delle colture.

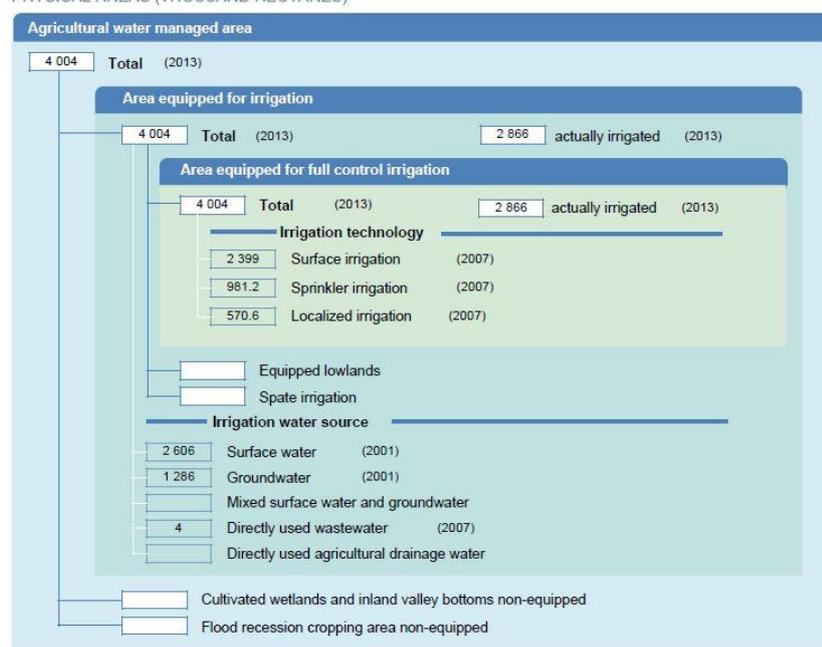
ITALY		2007												
Irrigated crop calendar		Irrigated area 1000 ha	Crop area as percentage of the full control equipped and actually irrigated area by month											
Irrigated crops			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Wheat	118	4	4	4	4	4							4	4
Rice	241					9	9	9	9					
Maize	736					28	28	28	28	28				
Vegetables	226					8	8	8	8	8				
Fruit	384	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Citrus	123	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Grapes	197	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Soybeans	85					3	3	3	3	3				
Sunflower	20					1	1	1	1	1				
Olives	120	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Potatoes	31					1	1	1	1	1				
Sugar beet	96				4	4	4	4	4	4				
Fodder temporary	100	4	4	4	4								4	4
Fodder permanent	189	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<b>Harvested irrigated crop area [<math>AH_{full}</math>]</b>	<b>2 666</b>	<b>46</b>	<b>46</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>96</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>46</b>	<b>46</b>
<b>Area equipped for full control irrigation actually irrigated [<math>AAI_{full}</math>]</b>	<b>2 666</b>													
<b>Cropping intensity (%) = <math>100 \times [AH_{full}]/[AAI_{full}]</math></b>	<b>100</b>													
<b>Area equipped for full control irrigation [<math>AEI_{full}</math>]</b>	<b>3 951</b>													
<b>% of full control equipped actually irrigated = <math>100 \times [AAI_{full}]/[AEI_{full}]</math></b>	<b>67</b>													
<b>Total area equipped for irrigation [<math>AEI_{tot}</math>]</b>	<b>3 951</b>													

Figura 1.1 Calendario delle colture irrigate – Esempio (Italia)

Oltre a questi calendari, all'interno di AQUASTAT le informazioni relative alla superficie vengono fornite anche in altri modi:

- tabelle che mostrano le aree equipaggiate per l'irrigazione, le aree effettivamente irrigate e le aree in cui vi è stato raccolto riferendosi a un'irrigazione a pieno controllo suddivise per zone geografiche dei diversi continenti;
- tabelle che mostrano le aree irrigate in cui vi è stato raccolto per diversi tipi di colture suddivise per zone geografiche dei diversi continenti;
- tabelle con i dati di superfici utilizzate per i diversi tipi di irrigazione (di superficie, localizzata o a pioggia) per i diversi Paesi riferiti ad un anno specifico (*Allegato 1*);
- schede delle aree d'irrigazione (Irrigation Area Sheet) (Figura 1.2) in cui, per un anno specifico e per tutti i Paesi, vengono indicati gli ettari di area fisica utilizzati in quel determinato Paese per l'agricoltura irrigua, tra cui l'area equipaggiata per l'irrigazione e quella effettivamente irrigata, l'area sotto il pieno controllo dell'irrigazione specificando il tipo di irrigazione (di superficie, a pioggia o localizzata) e la fonte del prelievo di acqua (superficiale o sotterranea). Oltre all'area fisica sono indicati gli ettari di superficie in cui vi è stato raccolto, suddivisi per tipo di coltura, temporanea o permanente.

## PHYSICAL AREAS (THOUSAND HECTARES)



## HARVESTED AREAS (THOUSAND HECTARES)



Figura 1.2 Scheda dell'area d'irrigazione – Esempio (Italia)

Sono stati sviluppati da AQUASTAT degli strumenti geospaziali per supportare le valutazioni globali e regionali relative all'acqua e all'agricoltura. I due dispositivi presi in esame sono AQUAMAPS e GMIA.

AQUAMAPS [3] è un programma online che si basa sul catalogo GeoNetwork della FAO da cui recupera dati e metadati. Attraverso questo strumento è possibile esplorare e scaricare le informazioni spaziali nel formato GIS su diversi set di dati riguardanti le risorse idriche e la gestione dell'acqua per l'agricoltura (i bacini idrologici, i fiumi, le dighe, le aree di irrigazione (Figura 1.3), le precipitazioni, l'aridità, l'evapotraspirazione e l'umidità del suolo).



Figura 1.3 Estratto del sito AQUAMAPS

GMIA (Global Map of Irrigation Areas) [4] è una mappatura digitale globale delle aree irrigue. La prima versione è stata pubblicata nel 1999 da Stefan Siebert e Petra Döll e consisteva di una mappa raster con una risoluzione di  $0,5^\circ$  per  $0,5^\circ$  contenente la percentuale dell'area equipaggiata per l'irrigazione intorno al 1995. Successivamente è stata migliorata la copertura GIS globale grazie a una cooperazione stabilita tra l'Università di Francoforte, l'Università di Bonn e la Divisione Terra e Acqua della FAO. Questa nuova collaborazione ha permesso di aumentare la risoluzione spaziale della mappa a 5 minuti d'arco (circa 10 km all'equatore) e l'ultima versione di questa mappa globale è la numero 5. In questa ultima versione, l'area totale attrezzata per l'irrigazione su scala globale è di 307,6 milioni di ettari, di cui 255,2 milioni di ettari (83%) sono stati effettivamente irrigati intorno al 2005. Un'alta percentuale di aree attrezzate per l'irrigazione è localizzata in India settentrionale, in Pakistan, in Cina, in Egitto, in Sudan e in alcune parte degli Stati Uniti d'America, grazie ai più importanti bacini fluviali del mondo. Una percentuale minore è distribuita in quasi tutte le zone più popolate del mondo. Oltre a questi dati sono presenti altre informazioni riguardanti la percentuale dell'area attrezzata per l'irrigazione che è stata effettivamente irrigata (Figura 1.4) e le percentuali dell'area attrezzata per l'irrigazione che viene irrigata con acque sotterranee o acque superficiali. [5]

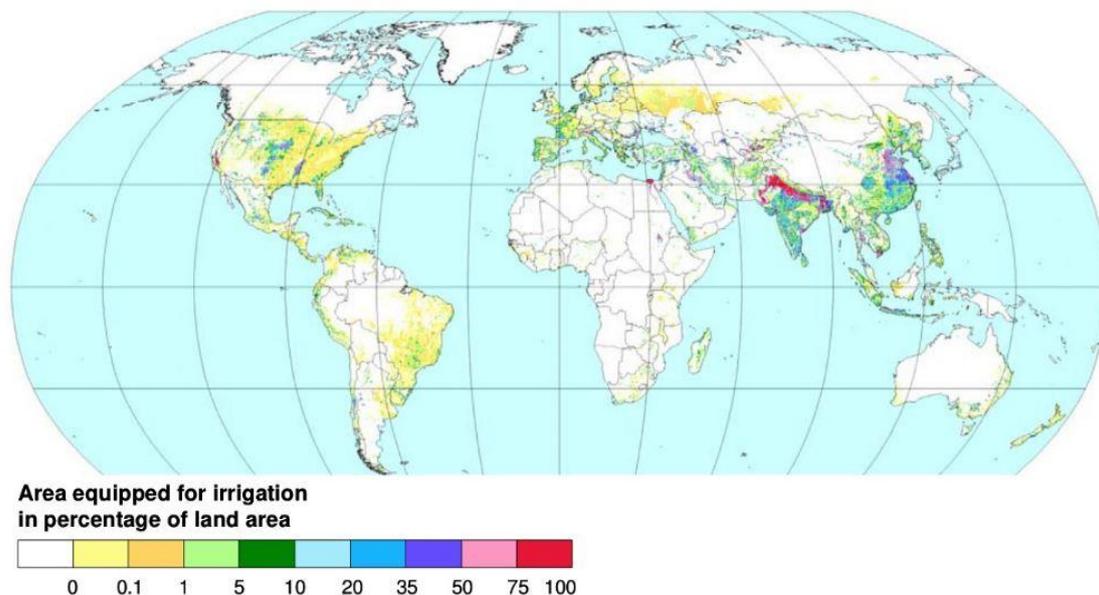


Figura 1.4 Area attrezzata per l'irrigazione, espressa come % della superficie totale delle celle della griglia (GMIA v.5), fonte immagine: [5]

Oltre ai database della FAO, sono state prese in considerazioni altre fonti. Una di queste è l'EUROSTAT [6], ufficio statistico dell'Unione Europea responsabile della pubblicazione di statistiche in diversi ambiti, tra cui l'agricoltura, e di indicatori di qualità a livello europeo per consentire confronti fra Paesi e regioni. I dati di nostro interesse sono stati: i valori percentuali dell'area equipaggiata per l'irrigazione e dell'area effettivamente irrigata sul totale dell'area utilizzata per l'agricoltura (UAA) per gli anni 2005, 2007, 2010, 2013 e 2016; la superficie (ha) irrigata e attrezzata per l'irrigazione e l'area utilizzata per l'agricoltura, per gli anni 1995, 2005 e 2016 (Figura 1.5); i valori, in milioni di metri cubi (m<sup>3</sup>), di acqua (dolce e sotterranea) prelevata per uso agricolo (Figura 1.6).

	UAA total		Irrigable area				Irrigated area			
	2005	2016	2005	2016	2005	2016	2005	2016	2005	2016
	(ha)		(ha)		(% of UAA)		(ha)		(% of UAA)	
Belgium	1.385.580	1.354.240	21.710	24.110	1.6	1.8	3.380	10.280	0.2	0.8
Bulgaria	2.729.390	4.468.500	111.600	135.870	4.1	3.0	53.650	92.780	2.0	2.1
Czechia	3.557.790	3.455.410	47.030	45.850	1.3	1.3	17.320	24.990	0.5	0.7
Denmark	2.707.690	2.614.600	448.950	217.770	16.6	8.3	261.720	145.470	9.7	5.6
Germany	:	16.715.320	:	676.400	:	4.0	:	451.730	:	2.7
Estonia	:	995.100	:	2.730	:	0.3	:	1.930	:	0.2
Ireland	4.219.380	4.883.640	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0
Greece	3.983.790	4.553.840	1.593.780	1.352.280	40.0	29.7	1.312.650	1.074.930	32.9	23.6
Spain	24.855.130	23.229.720	3.765.130	3.637.650	15.1	15.7	3.364.530	3.076.670	13.5	13.2
France	27.590.940	27.814.180	2.706.480	2.690.700	9.8	9.7	1.696.370	1.366.510	6.1	4.9
Croatia	:	1.562.980	:	29.670	:	1.9	:	16.070	:	1.0
Italy	12.707.850	12.598.150	3.972.670	4.113.150	31.3	32.6	2.613.420	2.549.830	20.6	20.2
Cyprus	151.500	111.930	45.850	38.140	30.3	34.1	33.310	23.490	22.0	21.0
Latvia	1.701.680	1.930.880	700	670	0.0	0.0	0	590	0.0	0.0

Figura 1.5 UAA, AEI e AAI per gli anni 2005 e 2016 (EUROSTAT)

WAT_PROC	Water abstraction for agriculture									
WAT_SRC	Fresh surface and groundwater									
UNIT	Million cubic metres									
GEO/TIME	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Belgium	39.10	40.20			36.12	38.88	39.98	45.41		
Bulgaria	1009.12	996.27	939.35	1049.80	949.39	825.02	726.55	828.84	907.54	834.50
Czechia	33.00	40.30	36.80	39.00	43.20	44.00	48.60	54.10	47.50	46.60
Denmark	249.30	238.00	357.23	420.36	287.81	574.20	556.25	387.57	326.67	
Germany			210.90			288.05			299.65	
Estonia	4.50	4.40	4.10	4.10		4.45	4.78	4.63	4.85	5.12
Ireland										
Greece				8282.54	8282.54	8282.54	8282.54	8282.54	9041.47	
Spain	22760.00	23970.00	23360.00	23699.61	23066.79	21228.45	21963.75	20722.00	20365.00	
France	2587.90	3144.93	3033.12	3035.74	2913.10	2776.27	2114.10	3213.16	3113.09	
Croatia	6.33	10.60	8.47	0.00						
Italy										
Cyprus	111.00	141.00	149.40	164.60	171.00	167.60	148.30	165.20	170.30	167.20
Latvia	38.51	110.97	47.50	22.50	40.80	36.40	37.29	49.40	58.36	62.55

Figura 1.6 Acqua prelevata per l'agricoltura in m<sup>3</sup> (EUROSTAT)

Qui di seguito vengono analizzati due modelli globali sulla produzione delle colture: SPAM e MIRCA2000.

SPAM (Spatial Production Allocation Model) [7] è un modo efficace per mappare i modelli dettagliati della produzione agricola utilizzando dati di input molto meno specifici. Le informazioni di input (statistiche subnazionali sulla produzione vegetale, le caratteristiche del sistema di produzione vegetale, le immagini satellitari della copertura del suolo, gli strati di mappa dell'idoneità agro-ecologica specifica della coltura, l'irrigazione e la densità della popolazione rurale) sono sottoposte ad un modello di ottimizzazione che utilizza un approccio cross-entropico per generare stime plausibili della distribuzione di 42 colture e di due sistemi di produzione all'interno di unità disaggregate generando una distribuzione globale di superficie coltivata e di produzione [8]. Questo modello è usato per stimare le mappe di distribuzione globale per le colture principali, con una risoluzione di 5 minuti d'arco, riferita agli anni 2000, 2005 e 2010, Paese per Paese, in tutto il mondo [9]. Il processo di ottimizzazione (General Algebraic Modeling System – GAMS, 2010) stima le aree fisiche (ha) per pixel per coltura, le superfici coltivate per tipo di coltura, la produzione (ton) e la resa (kg/ha) per quattro sistemi di produzione (irrigated, high input rainfed, low input rainfed and subsistence) (Figura 1.7).

I risultati dello SPAM sono stati ampiamente utilizzati all'interno e all'esterno dell'IFPRI (International Food Policy Research Institute). Il modello e i suoi risultati sono gli elementi chiave della ricerca sul cambiamento globale dell'organizzazione, tra cui il programma HarvestChoice, il lavoro sul cambiamento climatico e la definizione di priorità regionali di ricerca e sviluppo all'interno dell'IFPRI per l'Africa orientale e occidentale.

Disponendo di informazioni a griglia sulla distribuzione delle colture e sui sistemi di produzione, è possibile mappare un dettaglio molto più fine di quello che le normali statistiche nazionali o subnazionali sulle colture consentirebbero. La maggiore conoscenza dei sistemi di produzione agricola e delle strategie di sostentamento associate, che i dati disaggregati per spazio forniscono, può costituire la base delle strategie di sviluppo rurale.

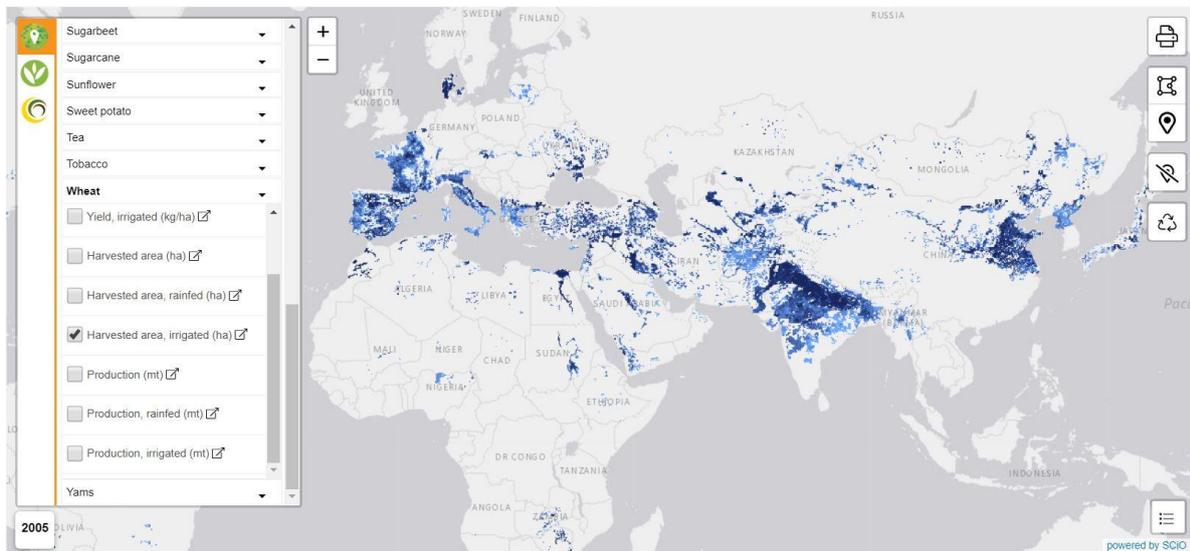


Figura 1.7 Estratto di MAPSPAM – Raccolto del grano irrigato per l'anno 2005

MIRCA2000 (Monthly Irrigated and Rainfed Crop Areas) [10], [11] è un database globale che fornisce i dati delle aree irrigate e delle aree pluviali per 26 classi di colture: le colture selezionate sono costituite da tutte le principali colture alimentari (grano, riso, mais, orzo, segale, miglio, sorgo, soia, girasole, patate, manioca, canna da zucchero, barbabietola da zucchero, palma da olio, colza, arachidi, legumi, agrumi, palma da datteri, uva/vite, cacao, caffè), colture che consumano molta acqua (cotone), e altre colture non specificate (colture perenni, erbe foraggere e colture annuali).

MIRCA è il primo set di dati globali riguardante l'uso del suolo agricolo che comprende la multi-coltura, coprendo sia Paesi grandi che piccoli e anche le isole in tutto il mondo [12]. La serie di dati si riferisce al periodo 1998-2002 e vengono specificati i calendari delle 26 colture per 402 entità territoriali e griglie di aree con una risoluzione spaziale di 5 minuti d'arco; si tratta del primo modello in cui viene fatta la distinzione tra le aree irrigate e pluviali con questa risoluzione molto dettagliata. In questo studio le colture sono considerate irrigate se sono coltivate su aree dotate di infrastrutture per l'irrigazione e ricevono acqua almeno una volta durante la stagione di coltivazione [13].

Il set di dati comprende quattro sottoinsiemi di dati principali, ciascuno per le 26 colture sia interessate dall'irrigazione che soggette alle precipitazioni:

- i **calendari delle colture** (Condensed Crop Calendar), dove per ogni Paese e per tutti i tipi di colture e per specie differenti viene mostrata l'area in cui effettivamente vi è stato il raccolto (AHI) e il periodo interessato durante l'anno dalla semina alla raccolta (Figura 1.8). Questi calendari sono stati compilati principalmente dalle statistiche nazionali, dalle banche dati e dai rapporti FAO e sono state utilizzate informazioni subnazionali per Cina, India, USA, Brasile, Argentina, Indonesia e Australia;
- l'**elenco dei periodi di coltivazione** (Cropping Period List) in cui viene fornita per ogni cella della griglia, per ogni coltura irrigata e per ogni relativa specie, la superficie coltivata in ettari e, in aggiunta, il mese della semina e quello del raccolto (i dati sono disponibili in 5 e in 30 minuti d'arco);
- le **griglie di coltivazione mensile** (Monthly Growing Area Grids) in cui ciascuna delle 4320 x 2160 celle a griglia contiene i valori della superficie coltivata (ha) per ogni mese dell'anno, con una risoluzione spaziale di 5 minuti d'arco; l'ordine delle celle è da nord a sud e da ovest a est;
- le **griglie di superficie massima mensile** (Maximum Monthly Growing Area Grids) riportano per ogni cella di griglia il massimo delle superfici di coltivazione mensili entro l'anno. Queste ultime due griglie consentono una visualizzazione geografica per ogni tipo di coltura.

In Figura 1.9 sono indicati, per Paese, i valori di area equipaggiata per l'irrigazione (ha) e la relativa area in cui vi è stato il raccolto (ha/a).

Unit Code	Crop Class <sup>a</sup>	Number of SC	SC1 Area	SC1 Start	SC1 End	SC2 Area	SC2 Start	SC2 End	SC3 Area	SC3 Start	SC3 End	SC4 Area	SC4 Start	SC4 End
840005	1	2	98723.06	9	6	38363.79	4	8						
840005	2	1	226418.38	4	9									
840005	3	1	215015.15	4	10									
840005	4	1	18769.72	4	9									
840005	5	1	51.80	4	9									
840005	6	1	24.28	4	9									
840005	7	1	6222.04	4	9									
840005	8	0												
840005	9	1	6218.40	4	9									
840005	10	1	19512.73	4	10									
840005	11	0												
840005	12	0												
840005	13	1	22532.90	3	9									
840005	14	0												
840005	15	1	33.18	4	9									
840005	16	1	8.90	4	9									
840005	17	1	23414.30	4	10									
840005	18	1	138423.94	1	12									
840005	19	0												
840005	20	1	360532.82	1	12									
840005	21	1	281116.10	4	11									
840005	22	0												
840005	23	0												
840005	24	1	660482.18	1	12									
840005	25	1	705988.67	1	12									
840005	26	4	26964.20	4	9	5134.65	4	10	207412.72	3	6	207412.72	7	10

<sup>a</sup>MIRCA2000 crop classes: 1, wheat; 2, maize; 3, rice; 4, barley; 5, rye; 6, millet; 7, sorghum; 8, soybeans; 9, sunflower; 10, potatoes; 11, cassava; 12, sugarcane; 13, sugar beet; 14, oil palm; 15, rape seed; 16, groundnuts; 17, pulses; 18, citrus; 19, date palm; 20, grapes; 21, cotton; 22, cocoa; 23, coffee; 24, other perennial; 25, fodder grasses; 26, other annual. SC, subcrop.

Figura 1.8 Esempio di calendario delle colture (840005 - United States of America, California)

**Tab. B 1 Entity list with number of 5-minute grid cells, area equipped for irrigation (AEI), annual area of irrigated crops harvested (AIH), maximum of monthly irrigated area (MMIA), sorted by entity code, areas in ha**

Entity code	Entity name	Number of grid cells per entity	AEI [ha]	AIH [ha yr <sup>-1</sup> ]	MMIA [ha]
4000	Afghanistan	9004	3,199,070	1,912,918	1,468,453
8000	Albania	623	340,000	180,000	180,000
12000	Algeria	32770	569,418	570,447	513,510
16000	American Samoa	2680	0	0	0
20000	Andorra	8	150	150	150
24000	Angola	28705	80,000	42,000	35,000
28000	Antigua and Barbuda	15600	130	130	130
31000	Azerbaijan	2507	1,453,318	730,129	730,010
32001	Argentina_Buenos Aires	16037	176,500	166,483	166,482
32002	Argentina_Catamarca	1308	64,304	61,676	61,676
32003	Argentina_Chaco	1308	7,550	7,544	7,544
32004	Argentina_Chubut	7137	34,449	18,148	18,148
32005	Argentina_Cordoba	2306	93,835	93,835	93,834
32006	Argentina_Corrientes	1181	68,000	59,014	59,014
32007	Argentina_Entre Rios	1078	109,000	71,736	71,736
32008	Argentina_Formosa	975	11,513	4,002	4,001

Figura 1.9 Estratti di MIRCA di AEI e AIH per Paese

Le informazioni sull'evoluzione storica delle superfici irrigue sono molto limitate, ma sono necessarie per diverse applicazioni, quali lo studio dei cambiamenti nell'idrologia e nelle risorse idriche, la produttività delle colture, i bilanci energetici superficiali. Si è pertanto preso in considerazione il dataset HID (Historical Irrigation Dataset) [14], [15] che rappresenta l'estensione dell'area attrezzata per l'irrigazione (AEI) dal 1900 al 2005 con una risoluzione di 5 minuti d'arco. Sono stati utilizzati due database come riferimento iniziale, HYDE e EARTHSTAT.

HYDE (History Database of the Global Environment) presenta le serie temporali della popolazione e dell'uso del suolo degli ultimi 12.000 anni e altri indicatori come il PIL, il valore aggiunto, il bestiame, le superfici e le rese agricole, i consumi privati, le emissioni di gas serra e i dati sulla produzione industriale solo riferiti al secolo scorso. Il set di dati HYDE è stato sviluppato sulla base di due mappe di ponderazione. Una mappa di ponderazione era basata su immagini satellitari e mostrava l'estensione delle terre coltivate nel 2000, mentre la seconda mappa è stata sviluppata considerando le aree urbane edificate, la densità di popolazione, l'idoneità del suolo per le colture, l'estensione delle zone costiere e delle pianure fluviali, la pendenza e la temperatura media annua. Per tener conto delle incertezze nell'uso storico del suolo, il database HYDE fornisce anche i limiti superiore e inferiore dei terreni coltivati e dei pascoli. Di conseguenza, sono state utilizzate tre versioni di HYDE come dati di input, la migliore congettura chiamata HYDE\_FINAL e le stime superiore e inferiore HYDE\_UPPER e HYDE\_LOWER.

L'Earthstat Global Cropland and Pasture Data (1700-2007) rappresenta una revisione completa dell'insieme storico di dati sulle terre coltivate sviluppato precedentemente presso il Center for Sustainability and the Global Environment (SAGE) dell'Università del Wisconsin-Madison [16]. Sulla base dei dati di telerilevamento e delle statistiche sull'uso del suolo, è stata creata una mappa dei terreni coltivati e dei pascoli per l'anno 2000 [16]. I cambiamenti storici (e futuri) dei terreni coltivati e dell'estensione dei pascoli sono stati poi stimati utilizzando un semplice approccio scalare che ha combinato le mappe per l'anno 2000 con le statistiche e stime storiche (e future) dell'estensione subnazionale dei terreni coltivati e dei pascoli, utilizzando lo stesso metodo di Ramankutty e Foley [17]

L'Historical Irrigation Dataset è suddiviso in sette parti:

- Supplemento S1: fonti di dati per le statistiche sull'irrigazione subnazionale utilizzate per sviluppare il set di dati storici sull'irrigazione e i metodi utilizzati per colmare le lacune di dati nelle statistiche riportate per ogni Paese e fase temporale;
- Supplemento S2: unità amministrativa utilizzata nel set di dati storici di irrigazione per collegare le celle della griglia alle unità statistiche subnazionali per ogni fase di tempo con risoluzione di 5 minuti d'arco;
- Supplemento S3: area attrezzata per l'irrigazione per unità statistica subnazionale (AEI\_SU) (Figura 1.10);

- Supplemento S4: illustrazione della procedura per ridurre l'AEI per unità statistica subnazionale (AEI\_SU) a celle a griglia sulla base di una descrizione dettagliata di sette esempi;
- Supplemento S5: AEI negli otto prodotti a griglia del set di dati storici sull'irrigazione (HID) per l'anno 1900 presentate su scala globale e per due aree ristrette selezionate, Stati Uniti occidentali e Asia meridionale (Figura 1.11);
- Supplemento S6: confronto tra una carta globale che mostra in gran parte e in modo interspaziale i terreni irrigati (Highsmith, 1965; A, B) e AEI come percentuale della superficie coltivata nel 1960 (AEI\_HYDE\_FINAL\_IR; C, D);
- Supplemento S7: sviluppo di otto serie temporali in base al diverso database utilizzato (HYDE e EARTHSTAT) tenendo conto sia delle statistiche regionali dell'irrigazione che dell'uso storico della terra. I dati sono disponibili per gli anni 1900, 1910, 1920, 1930, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1985, 1985, 1990, 1995, 2000 e 2005 con una risoluzione di 5 minuti d'arco.

I dati sono forniti come griglie ASCII e in formato netcdf.

COUNTRY	CODE	COUNTRY_ID	AEI_1900	AEI_1910	AEI_1920	AEI_1930	AEI_1940	AEI_1950	AEI_1960
Hungary	HUN	102	20.000	21.429	22.857	24.286	25.714	37.600	77.063
Iceland	ISL	110	0	0	0	0	0	0	0
India	IND	105	17.788.222	24.088.511	27.832.474	29.851.389	33.775.041	20.721.670	26.668.361
Indonesia	IDN	103	1.397.143	1.545.714	1.867.826	2.363.478	2.859.130	3.354.783	3.898.011
Iran	IRN	108	1.200.000	1.794.351	2.388.702	2.983.053	3.577.403	4.171.754	4.766.105
Iraq	IRQ	109	403.230	452.510	501.790	551.080	600.360	820.310	1.224.444
Ireland	IRL	107	5.000	3.750	2.500	1.250	0	0	0
Israel	ISR	111	15.000	21.400	27.800	34.200	40.600	47.000	136.000
Italy	ITA	112	1.300.000	1.407.143	1.625.000	1.875.000	2.115.626	2.271.883	2.428.139
Jamaica	JAM	113	6.480	8.477	10.972	13.468	15.964	18.526	21.684
Japan	JPN	116	2.731.306	2.833.659	2.960.281	3.079.127	3.004.240	2.877.200	3.127.600
Jordan	JOR	115	10.000	11.222	12.444	13.667	14.889	20.344	30.031
Kazakhstan	KAZ	118	1.206.294	1.206.294	1.407.834	1.465.292	1.812.959	2.446.946	2.825.003
Kenya	KEN	119	5.000	6.475	7.951	9.426	10.902	12.377	13.852

Figura 1.10 Supplemento S3, estratto di dati (HID)

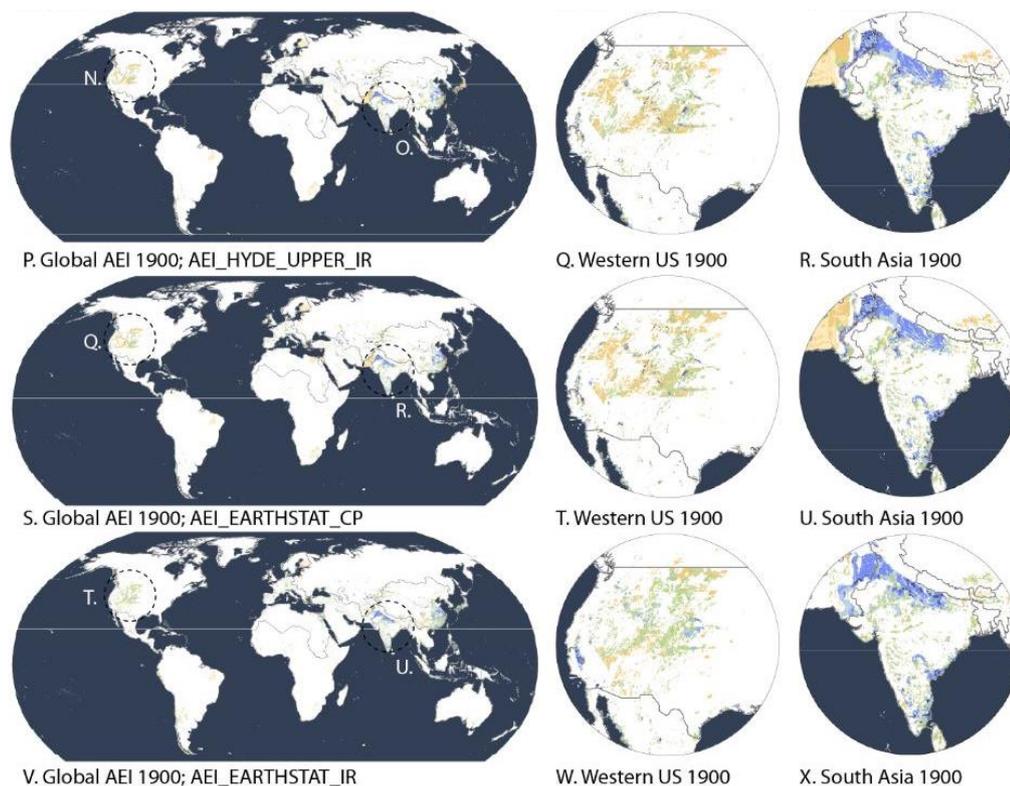


Figura 1.11 Supplemento S5, estratto di mappe (HID)

Un altro database che contiene informazioni sulla superficie di area attrezzata per l'irrigazione e area effettivamente irrigata, è OECD (The Organisation for Economic Cooperation and Development) [18]. L'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico è un'organizzazione internazionale che vuole stabilire norme per una politica migliore per i 36 Paesi membri che hanno in comune un'economia di mercato. Oltre ai valori di AAI (Figura 1.12) e AEI (Figura 1.13), per il periodo temporale dal 1990 al 2017, sono disponibili i valori del prelievo di acqua per l'irrigazione in milioni di metri cubi (Figura 1.14).

	Time	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Country</b>	<b>Environmental indicator</b>									
Australia	Water use,	..	..	..	..	..	..	..	..	..
	Total agricultural water withdrawals, million m3	12159.0	14685.0	13307.0	15503.0	..	..	..	16660.0	15033.0
	Total freshwater withdrawals, million m3	..	18575.0	21142.0	19875.0	22186.0	24071.0	..	..	..
	Share of agriculture in total freshwater withdrawals, %	..	79.1	62.9	78.0	..	..	..	..	..
	Irrigation,	..	..	..	..	..	..	..	..	..
	<b>Irrigated area, Hectares AAI</b>	..	..	..	..	2057000.0	..	..	..	2506000.0
	Share of irrigated area in total agricultural area, %	..	..	..	..	0.4	..	..	..	0.5
	Irrigation freshwater withdrawals, million m3	..	10538.0	..	..	17957.0	..	..	..	12396.0
	Share of irrigation freshwater withdrawals in total agricultural water withdrawals, %	..	71.8	..	..	..	..	..	..	82.5
	Irrigation water application rates, Megalitres per hectare of irrigated land	..	..	..	..	8.7	..	..	..	4.9

Figura 1.12 Valori di AAI in ettari (OECD)

Indicator		Irrigable area AEI									
Country	Unit	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Australia	Hectares	..	..	..	..	..	2400000	..	..	..	..
Austria	Hectares	..	..	..	..	..	96140	..	96260	..	..
Belgium	Hectares	17880	..	..	20870	..	21950	..	35110	..	..
Canada	Hectares	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Chile	Hectares	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Czech Republic	Hectares	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Denmark	Hectares	426520	..	..	455030	..	480520	..	476000	..	..
Estonia	Hectares	10382	10150	9381	7997	5501	5263	4806	4247	3305	3221
Finland	Hectares	..	..	..	..	..	87890	..	85000	..	..
France	Hectares	2099700	..	..	2415240	..	2510410	..	2698650	..	..
Germany	Hectares	482000	482000	482000	485000	485000	485000	485000	485000	485000	485000
Greece	Hectares	1130570	..	..	1233380	..	1235300	..	1276740	..	..
Hungary	Hectares	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Iceland	Hectares	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ireland	Hectares	0	..	..	0	..	0	..	0	..	..
Israel	Hectares	..	..	..	..	..	..	..	194000	..	..
Italy	Hectares	3857710	..	..	3648480	..	..	..	3639100	..	..
Japan	Hectares	3043000	..	..	3128000	..	..	..	..	..	..

Figura 1.13 Valori di AEI in ettari (OECD)

		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>AUSTRIA</b>	Irrigation water withdrawals (million m3)	50.00	50.00	53.15	64.79	65.20	67.50	67.14
	Irrigation groundwater withdrawals (million m3)	50.00	50.00	53.10	64.79	65.20	67.50	67.14
	Irrigation area (hectares)				46.000.00			
	Irrigation water application rates (Megaliters per hectare of irrigated land)	12.50	12.50	13.29				
<b>AUSTRALIA</b>	Irrigation water withdrawals (million m3)			10.538.50			17.956.97	
	Irrigation groundwater withdrawals (million m3)							
	Irrigation area (hectares)					2.057.000.00		
	Irrigation water application rates (Megaliters per hectare of irrigated land)					8.73		
<b>BELGIUM</b>	Irrigation water withdrawals (million m3)				2.80	3.50	3.60	4.20
	Irrigation groundwater withdrawals (million m3)				2.65	3.02	3.37	3.74
	Irrigation area (hectares)	18.000.00	18.000.00	18.000.00	24.000.00	30.000.00	35.000.00	40.000.00
	Irrigation water application rates (Megaliters per hectare of irrigated land)				0.12	0.12	0.10	0.11

Figura 1.14 Evidenziata la voce di prelievo di acqua per l'irrigazione (OECD)

Si è anche tenuto in considerazione il database della Banca Mondiale (World Bank) [19] riguardo le percentuali del prelievo annuale di acqua dolce per l'agricoltura rispetto al prelievo totale di acqua dolce nei vari settori (Figura 1.15) e la percentuale di area agricola irrigata rispetto al totale dei terreni agricoli. L'arco temporale considerato va dal 1965 al 2016. La Banca Mondiale è una delle maggiori fonti di finanziamento e di conoscenza per i Paesi in via di sviluppo; supporta l'implementazione di progetti a sostegno della sicurezza alimentare, del ripristino delle fonti idriche per migliorare la produzione agricola e della nutrizione dei piccoli produttori.

	Internal renewable freshwater resources		Annual freshwater withdrawals				Water productivity	People using at least basic drinking water services		
	Flows	per capita	billion cu. m	% of Internal resources	% for agriculture	% for industry	% of domestic	GDP/water use	Urban	Rural
	billion cu. m	cu. m		2014	2015	2015	2015	2015	% of urban population	% of rural population
	2014	2014	2015	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Afghanistan	47.2	1,439	..	..	..	..	..	..	89.0	53.5
Albania	26.9	9,311	1.3	4.9	39	18	43	7	92.5	89.9
Algeria	11.3	288	7.8	69.4	59	5	36	22	95.4	88.7
American Samoa	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Andorra	0.3	3,984	..	..	..	..	..	..	100.0	100.0
Angola	148.0	5,498	..	0.5	..	..	..	..	63.3	23.5
Antigua and Barbuda	0.1	526	0.0	8.5	16	22	63	265	..	..
Argentina	292.0	6,794	37.7	12.9	74	11	15	12	99.6	100.0
Armenia	6.9	2,360	3.3	42.9	90	4	6	4	99.2	98.5

Figura 1.15 Estratto file WORLD BANK

Per la zona dell'Africa sub-sahariana è stato trovato HarvestChoice [20], iniziativa di ricerca, che genera informazioni per aiutare a guidare gli investimenti strategici in agricoltura volti a migliorare il benessere dei Paesi poveri dell'Africa subsahariana attraverso un'agricoltura più produttiva e redditizia. L'iniziativa è coordinata dall'International Food Policy Research Institute (IFPRI) e dall'Università del Minnesota. Comprende oltre 750 indicatori biofisici e socioeconomici, molti dei quali possono essere facilmente espansi su scala globale.

HarvestChoice estrae dati dalle più recenti fonti da database globali, dalla letteratura, da indagini nazionali sulle famiglie e da censimenti dell'agricoltura. Comprende mappe, set di dati, documenti di lavoro, country briefs, strumenti orientati all'utente e modelli spaziali ed economici progettati per rispondere alle esigenze di investitori, politici e analisti di ricerca che stanno lavorando per migliorare l'approvvigionamento alimentare delle popolazioni povere del mondo. HarvestChoice armonizza i dati in un database standardizzato e geo-tagged, chiamato informalmente "CELL5M" (una matrice di 5 celle a griglia ad arco-minuto). I dati che sono stati scaricati (Figura 1.16) riguardano le aree irrigate in ettari per l'anno 2005; ogni Paese viene diviso in cinque zone agro-ecologiche (arida, semi-arida, subumida, umida e altopiani tropicali).

Country Boundaries	Agro-Ecological Zones (5 Class)	Irrigated Cropland Area (ha, 2005)
Angola	Arid	0
Angola	Semi-Arid	55486
Angola	Sub-Humid	2915
Angola	Humid	0
Angola	Tropical Highlands	16299
Burundi	Sub-Humid	12012
Burundi	Humid	41
Burundi	Tropical Highlands	8365
Benin	Semi-Arid	1762
Benin	Sub-Humid	10818
Burkina Faso	Arid	106
Burkina Faso	Semi-Arid	14309
Burkina Faso	Sub-Humid	10348

Figura 1.16 Esempio di suddivisione in zone agro-ecologiche

Oltre ad AQUASTAT, un altro database in cui vi sono informazioni sul tipo di irrigazione è reso disponibile dalla Commissione Internazionale per l'Irrigazione e il Drenaggio (ICID) [21]. L'ICID (International Commission on Irrigation and Drainage), fondata nel 1950, è un'organizzazione non governativa, scientifica, che lavora nel campo dell'irrigazione, del drenaggio e della gestione delle inondazioni per promuovere una gestione sostenibile dell'acqua utilizzata in agricoltura. La commissione è composta da 78 Paesi, coprendo circa il 95% dell'area irrigua di tutto il mondo. Le informazioni disponibili nel database riguardano la superficie irrigata in milioni di ettari (Figura 1.17) e la tipologia di irrigazione a livello di superficie (Figura 1.18), cioè micro-irrigazione (micro-irrigation) o irrigazione a pioggia (sprinkler irrigation) [22].

Sl. No.	Region	Irrigated Area (million ha)	% of Irrigated Area
1	Developed Countries	51.761	16.808
2	Emerging/Developing Countries	245.873	79.841
3	Least Developed Countries	10.321	3.351
	<b>TOTAL</b>	<b>307.955</b>	<b>100</b>

Figura 1.17 Area irrigata (ICID)

No.	Country Category	Total Irrigated area (Mha)	Sprinkler irrigation	Micro Irrigation	Total sprinkler and micro irrigation	% of total irrigated area	% Sprinkler	% Micro Irrigation	% Total sprinkler and micro irrigation
1	Developed Countries	45.932	196,08,642	47,65,694	243,74,336	53.07	51.32	33.07	46.32
2	Emerging/ Developing Countries	184.699	185,48,878	96,40,703	281,89,581	15.26	48.55	66.89	53.57
3	Least Developed Countries	1.275	47,693	5,730	58,423	4.58	0.12	0.04	0.11
	<b>Total</b>	<b>231.906</b>	<b>382,05,213</b>	<b>144,12,127</b>	<b>526,22,340</b>	<b>22.69</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Figura 1.18 Tipo di irrigazione (ICID)

Come anticipato precedentemente, si è realizzata una tabella (Tabella 1) in cui sono schematizzati tutti i database prima descritti. Si riporta il nome del database, il relativo link grazie al quale si può accedere alla pagina web dedicata, la variabile che si considera e la corrispondente scala spaziale (di Paese o di Regione), i Paesi interessati, la variazione temporale (periodo di tempo in cui sono disponibili i dati, se anni specifici o un periodo continuativo), presenza della suddivisione in base ai diversi tipi di coltura, presenza di eventuali altri dati complementari e infine presenza di informazioni sulla tipologia di irrigazione (superficiale, a pioggia o localizzata).

Tabella 1 Elenco dei database

<b>DATABASE</b>	<b>Variabile</b>	<b>Scala spaziale</b>	<b>Aree considerate</b>	<b>Variazione temporale</b>	<b>Tipo di coltura</b>	<b>Dati complementari</b>	<b>Tipo di irrigazione</b>
<b>FAOSTAT</b>	Land area equipped for irrigation (1000 ha) <sup>1</sup>	Country	FAO's countries	1961-2017	No	No	No
	Area harvested (ha), production (ton) and yield (hg/ha) <sup>2</sup>	Country	FAO's countries	1961-2017	Yes	No	No

<sup>1</sup> <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/EL>

<sup>2</sup> <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>

AQUASTAT <sup>3</sup>	Irrigation water requirement, Irrigation water withdrawal (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /year) and Agricultural water withdrawal (%)	Country	200 Countries	1958-2017 (specific years)	No	No	No
	Harvested irrigated crop area (1000 ha), area equipped for irrigation (%), 1000 ha)	Country	200 Countries	1987-2014 (specific years)	Si	No	No
	Area equipped for full control irrigation, actually irrigated and Area equipped for irrigation, actually irrigated (1000 ha)	Country	180 Countries	1988-2017 (specific years)	No	No	No
	Area Equipped for full control irrigation (1000 ha)	Country	180 Countries	1988-2017 (specific years)	No	No	No
	Irrigation Water requirement (km <sup>3</sup> /yr, %) and withdrawal (km <sup>3</sup> /yr) <sup>4</sup>	Country and region	167 Countries	Specific years	No	Total actual renewable freshwater resources (km <sup>3</sup> /yr), Pressure on freshwater resources due to irrigation (%)	No
AQUASTA-GMIA	AEI (1000 ha) (map) and Irrigation areas sheet <sup>5 6</sup>	Country and region	FAO's countries	Specific years	No	No	Yes (sprinkler, surface, localized)
	Area equipped for irrigation and area actually irrigated <sup>7</sup>	Region and Country	191 Countries	2000-2008 (specific years)	No	Detailed per continent and country <sup>8</sup>	No
	Area actually irrigated (ha) and area equipped for irrigation <sup>9</sup>	Country	220 Countries	2000-2010 (specific years)	No	No	No

<sup>3</sup> <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>

<sup>4</sup> <http://www.fao.org/aquastat/en/data-analysis/irrig-water-use/tables-references/>

<sup>5</sup> <http://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/maps>

<sup>6</sup> [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/index.stm)

<sup>7</sup> <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index10.stm>

<sup>8</sup> [https://www.lap.uni-bonn.de/research/downloads/gmia/siebert\\_et\\_al\\_2013\\_gmia5](https://www.lap.uni-bonn.de/research/downloads/gmia/siebert_et_al_2013_gmia5)

<sup>9</sup> <http://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/global-maps-irrigated-areas/map-quality/>

<b>AQUASTAT-AQUAMaps</b>	Percentage of irrigated area serviced by groundwater; GMIA v5 <sup>10</sup>	Global map 5 arc-min	200 Countries	—	No	Land cover classification ONLINE MAP <sup>11</sup>	No
<b>EUROSTAT</b> <sup>12</sup>	Irrigable and irrigated area (%)	Region and Country	European countries and their regions	2005, 2007, 2010, 2013, 2016	No	Tables, graphs, map <sup>13</sup>	No
	Irrigable and irrigated area (ha)	Country	European countries	1995,2016	No	No	No
<b>HARVEST CHOICE</b> <sup>14</sup>	Irrigated area (ha)	Country	sub-Saharan African	2005	No	Agro-ecological zones (5 class)	No
	Irrigated area (ha)	5 arc-min	sub-Saharan African	2005	Yes	No	No
<b>MAP-SPAM</b> <sup>15</sup>	Harvested Area, Physical Area, Yield, Production, Value of Production	5 arc-min	World	2000, 2005, 2010	Yes, 20 crop classes	No	No
<b>MIRCA2000</b> <sup>16</sup>	Condensed Crop calendar for irrigated crops, Area Actually Irrigated (ha), Harvested area (ha, %) and monthly growing area	Country, region 5 arc-min	World	2000 (1998-2002)	Yes, 26 crop classes	No	No
<b>HID</b> <sup>17</sup>	Area equipped for irrigation	Country, region 5 arc-min	World	1900-2005 (every 10 years; from 1980 every 5 years)	No	Irrigation area divided into arid regions, humid or sub-humid regions and humid and sub-humid rice production system	No
<b>ICID</b> <sup>18</sup>	Irrigated area (ha)	Country	78 countries member	1993-2018 (specific years)	No	No	Yes (sprinkler and micro)

<sup>10</sup> <http://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/aquamaps/>

<sup>11</sup> <http://www.fao.org/nr/water/aquamaps/index.html>

<sup>12</sup> [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=aei\\_ef\\_ir&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=aei_ef_ir&lang=en)

<sup>13</sup> <https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tai03&plugin=1>

<sup>14</sup> <https://www.ifpri.org/project/harvestchoice>

<sup>15</sup> <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/PRFF8V>

<sup>16</sup> [http://www.uni-frankfurt.de/45218031/data\\_download?](http://www.uni-frankfurt.de/45218031/data_download?)

<sup>17</sup> <https://mygeohub.org/publications/8/2>

<sup>18</sup> [https://www.icid.org/icid\\_data.html](https://www.icid.org/icid_data.html)

	Irrigation water withdrawal (m <sup>3</sup> ), Irrigation groundwater withdrawal (m <sup>3</sup> ) <sup>19</sup>	Country	30 countries of World	1990-2005	No	Irrigation water application rates (Megaliters per hectare of irrigated land) and Water quality	No
<b>OECD</b>	Irrigated area (ha) <sup>20</sup>	Country	34 countries	1990-2010 (specific years)	No	No	No
	Area Equipped for Irrigation (ha) <sup>20</sup>	Country	37 countries	1990-2018	No	No	No
<b>WORLD BANK</b>	Annual freshwater withdrawals for agriculture (% of total freshwater withdrawal) <sup>21</sup>	Country	World's countries	1965-2016 (specific year)	No	No	No
	Agricultural irrigated land (% of total agricultural land) <sup>22</sup>	Country	World's countries	2001-2016 (specific year)	No	No	No



5 arc-min = 10 x 10 km grid-cell resolution

1. area irrigated with water from non-conventional sources expressed as percentage of total area equipped for irrigation (gmia\_v5\_aeinc\_pct\_aei\_asc)
2. area irrigated with surface water expressed as percentage of total area equipped for irrigation (gmia\_v5\_aeism\_pct\_aei\_asc)
3. area irrigated with groundwater expressed as percentage of total area equipped for irrigation (gmia\_v5\_aeigw\_pct\_aei\_asc)
4. area actually irrigated expressed as percentage of area equipped for irrigation (gmia\_v5\_aai\_pct\_aei\_asc)
5. area equipped for irrigation expressed in hectares per cell (gmia\_v5\_aei\_ha\_asc)
6. area equipped for irrigation expressed as percentage of total area (gmia\_v5\_aei\_pct\_asc)

<sup>19</sup> <https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?QueryName=520&QueryType=View>

<sup>20</sup> <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=77296>

<sup>21</sup> <https://data.worldbank.org/indicator/ER.H2O.FWAG.ZS>

<sup>22</sup> <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.IRIG.AG.ZS>

## 1.2 Analisi comparativa

Le principali variabili di questo lavoro di ricerca sono tre.

La prima variabile è la **superficie irrigata**, studiata in termini di area attrezzata per l'irrigazione (AEI), area effettivamente irrigata (AAI) e area in cui vi è stato il raccolto (AHI). Il valore di superficie in ettari permette di eseguire delle analisi più interessanti rispetto al valore dato in percentuale e con l'utilizzo dei dati raster sarà poi possibile fare delle considerazioni a livello di distribuzione geografica globale e ottenere dei buoni risultati grazie alla risoluzione spaziale di 5 minuti d'arco. L'uso dei GIS per analizzare i modelli di produzione e produttività offre la possibilità di capire come la geografia influisce sull'agricoltura. Il miglioramento della comprensione spaziale dei sistemi di produzione agricola consente di indirizzare meglio le politiche e gli investimenti per lo sviluppo agricolo e rurale, aumentando la sicurezza alimentare e la crescita con un impatto ambientale minimo.

La seconda variabile è il **volume di acqua**, inteso come fabbisogno idrico della coltura e come prelievo di acqua destinata all'irrigazione. Il valore preso in considerazione per questo lavoro riguarda il prelievo idrico, espresso in milioni di metri cubi per anno; come per le superfici, il valore in percentuale non è ottimale per il nostro studio. I livelli di utilizzo dell'acqua variano in modo significativo in tutto il mondo ed esiste una grande varietà di prelievo d'acqua; questo può dipendere da diversi fattori tra cui il clima, la latitudine, il terreno, i fabbisogni delle colture e l'importanza del settore agricolo in quel determinato Paese. Inoltre, è importante tenere conto che l'acqua che viene prelevata non è la stessa quantità di acqua che raggiunge la coltura, questo perché tra il prelievo, il trasporto e l'effettiva irrigazione vi possono essere delle perdite notevoli; di conseguenza l'acqua che viene prelevata dovrebbe essere maggiore dell'acqua che una determinata coltura richiede, ovvero del suo fabbisogno idrico.

La terza variabile è il **tipo di coltura**. Le colture prese in considerazione dai database sono le principali colture per l'alimentazione umana e animale nei vari Paesi. I dati disponibili riguardano la superficie espressa in ettari suddivisa in area effettivamente irrigata e area in cui vi è stato il raccolto, la produzione espressa in tonnellate e la resa della coltura espressa in kg/ha. Le colture considerate in questo studio sono ricavate dal database di MIRCA2000.

Grazie ai database trovati, è possibile eseguire delle elaborazioni, relazionando queste tre variabili e ricoprendo gran parte del territorio mondiale, nonostante alcuni Paesi abbiano un numero limitato o nullo di dati.

## Capitolo 2 Metodi e dati: superfici irrigate e volumi irrigui

### 2.1 Creazione del database dei volumi irrigui e delle aree attrezzate per l'irrigazione

Il primo obiettivo di questo lavoro è stato quello di eseguire un'analisi temporale sui dati dell'irrigazione in agricoltura su scala globale. Il primo passo riguarda la creazione di un nuovo database che raccoglie i dati del prelievo di acqua per l'irrigazione (IWW). Il prelievo di acqua per l'irrigazione supera ampiamente il fabbisogno irriguo a causa di significative perdite nella distribuzione e nell'applicazione. Anche se disponibile per alcuni Paesi, le cifre del prelievo di acqua per l'irrigazione sono facilmente confondibili con quelle del prelievo di acqua agricola. L'acqua agricola viene utilizzata per l'irrigazione, i pesticidi, le applicazioni esterne e i fertilizzanti, il raffreddamento delle colture (per esempio, l'irrigazione leggera) e il controllo del gelo. Inoltre, in assenza di misurazioni dirette e a causa della complessità di metodi di valutazione, i dati del prelievo di acqua per l'irrigazione non sono sempre affidabili. Queste difficoltà spiegano la limitata disponibilità di dati a livello nazionale [23].

I primi due database presi in considerazione sono AQUASTAT e OECD che consentono di ricavare la variabile in termini di volume in m<sup>3</sup>. I dati sono stati ordinati a scala di Paese utilizzando l'elenco di 255 Paesi (*Allegato 2*). Il range temporale considerato è dal 1970 al 2016. Nel caso in cui alcuni valori si sovrappongono, in quanto presenti sia nel database di AQUASTAT che di OECD, si è analizzata la differenza tra i medesimi. Grazie anche al diagramma a dispersione si è potuto vedere che le differenze erano minime e quindi nella scelta del valore da inserire nel nuovo database sono stati tenuti in considerazione i valori degli anni precedenti e successivi a quel anno per cercare di dare più continuità possibile.

Successivamente sono stati aggiunti i dati di EUROSTAT, che hanno permesso di implementare le informazioni del nuovo database. Si è nuovamente riscontrato la sovrapposizione di dati per i seguenti Paesi: Cipro, Danimarca, Malta, Norvegia, Paesi Bassi, Polonia, Spagna e Turchia. Per la maggior parte di questi Paesi, i dati sono quasi perfettamente allineati, si riporta un esempio riferito alla Norvegia in Figura 2.1; per Spagna, Turchia e Danimarca i valori presentano differenze più marcate (Figura 2.2 e Figura 2.3).

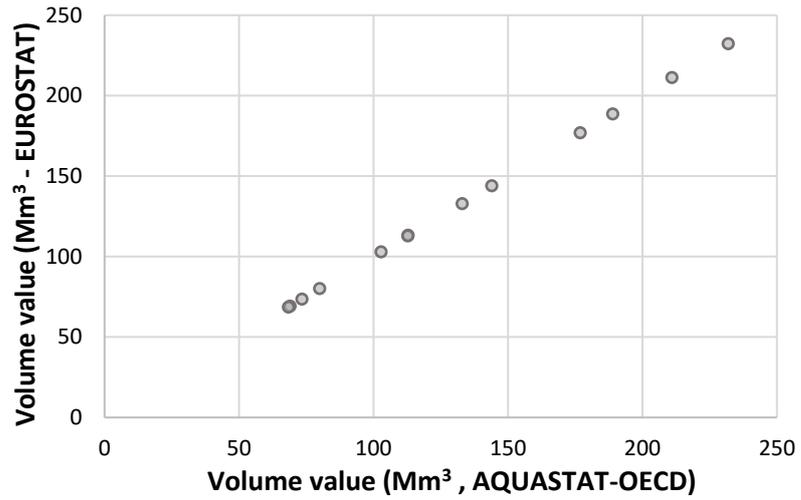


Figura 2.1 Scatter plot IWW – Norvegia

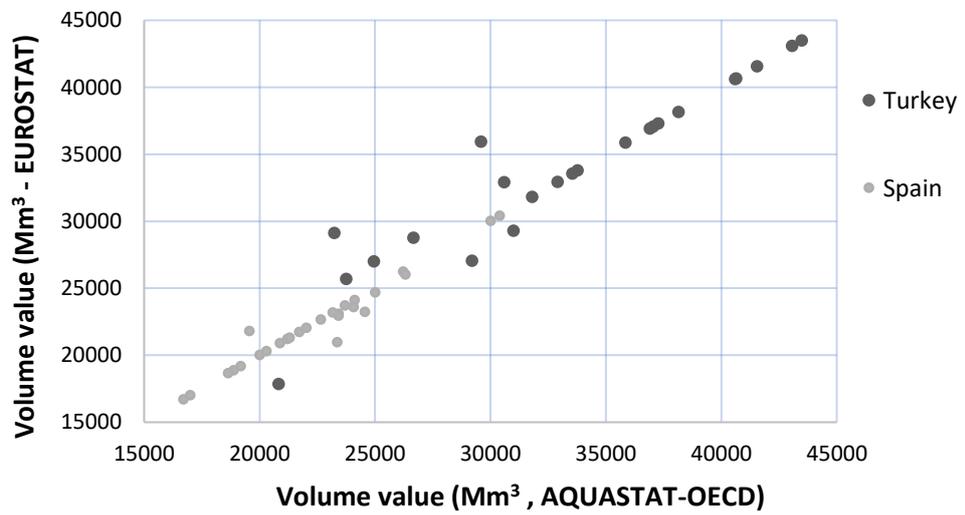


Figura 2.2 Scatter plot IWW - Spagna e Turchia

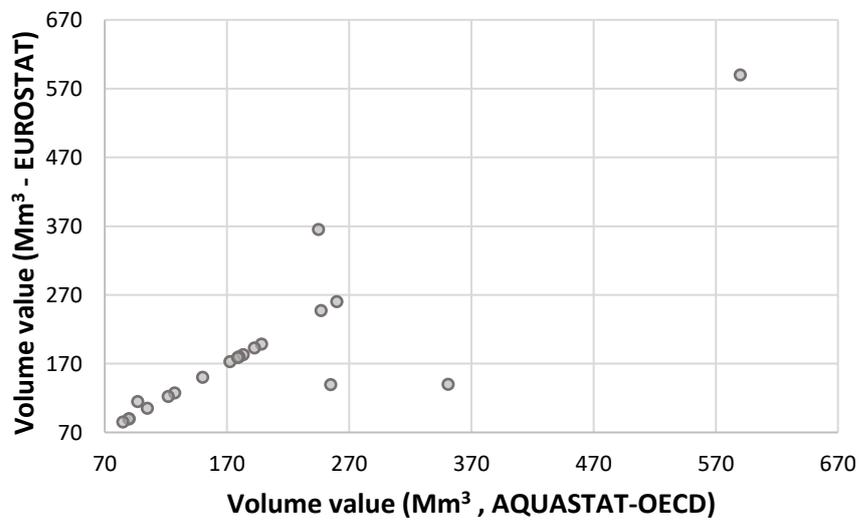


Figura 2.3 Scatter plot IWW - Danimarca

Nella scelta dei valori da inserire nel nuovo database, si è seguito il seguente criterio: se in quel dato anno non era presente alcun valore di IWW, si è aggiunto il dato di EUROSTAT; se i valori di questo database risultavano uguali a quelli precedentemente inseriti, si sono tenuti quelli già inseriti; infine, per i valori che si sovrapponevano ma erano differenti, si sono tenuti quelli precedenti, cioè quelli di AQUASTAT-OECD. Il database finale ottenuto è mostrato nell'*Allegato 3*. Purtroppo, i dati mancanti sono numerosi, sia a livello di Paese che di anno di riferimento, pertanto si può ottenere un'analisi parziale.

Con lo stesso schema è stato creato un database delle aree equipaggiate per l'irrigazione (AEI). I due database presi in considerazione sono quelli di OECD e di FAOSTAT, in quanto più completi. FAOSTAT contiene valori riferiti alla maggior parte dei Paesi dell'elenco in un arco temporale molto ampio, dal 1961 al 2017. I valori sono rilevati ufficialmente o stimati; OECD riporta valori ufficiali ma riferiti ad anni specifici tra il 1990 e il 2018.

Dall'analisi effettuata dei valori è emerso che i due database tendenzialmente hanno valori simili, tranne per il Cile per il quale si osserva una differenza di circa 4000 ettari (Figura 2.4). Per una maggior congruenza si è deciso di prendere in considerazione il database di FAOSTAT, nonostante i numerosi dati stimati. Il database finale è mostrato nell'*Allegato 4*

### AEI - FAOSTAT e OECD

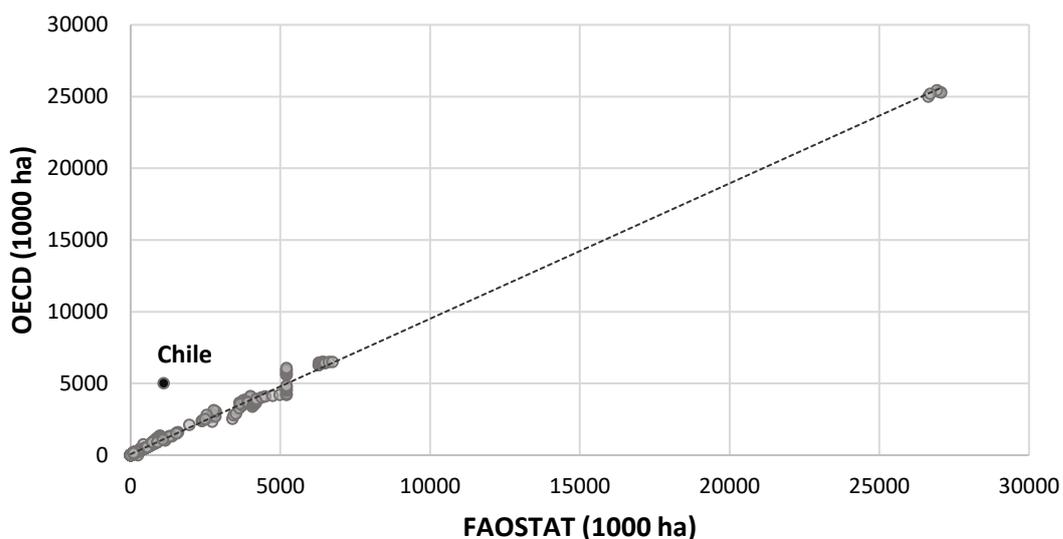


Figura 2.4 Scatter plot di AEI, a livello di Paese - FAO e OECD

## 2.2 Analisi statistica delle serie temporali

Una volta creati i due database prima descritti, si è ritenuto importante eseguire un test statistico per studiare l'evoluzione temporale delle variabili studiate. Il test eseguito è stato il test T di Student, che restituisce la significatività del trend in modo da determinare se la serie è significativamente crescente o decrescente. Il test t-Student viene frequentemente utilizzato per confrontare statisticamente l'uguaglianza delle medie di due popolazioni; in questo caso viene applicato per verificare la significatività del trend temporale, ovvero l'uguaglianza a zero del coefficiente angolare della retta interpolante la serie. Le serie devono seguire una statistica gaussiana e hanno la stessa varianza.

L'ipotesi zero di questo test è che il coefficiente angolare della retta interpolante è pari a zero, cioè il trend non è significativo. Il primo passo è stato quello di normalizzare le serie. La normalizzazione serve per poter confrontare le varie serie temporali tra di loro, annullando l'effetto dei parametri di posizione (media) e di scala (varianza). La standardizzazione dei dati è un processo di ridimensionamento della serie in modo che si abbia un valore medio pari a 0 e una deviazione standard pari a 1. Il valore z-standard viene calcolato tramite la formula (1):

$$z = \frac{x_i - u}{\sigma} \quad (1)$$

dove  $u$  è la media dei valori della serie,  $\sigma$  è la deviazione standard e  $x_i$  è il valore che si vuole standardizzare. Successivamente sono stati calcolati i valori del coefficiente angolare (pendenza) e dell'intercetta, tenendo conto che gli anni considerati (dal 1970 al 2016) rappresentano la variabile indipendente, mentre i valori standardizzati rappresentano la variabile dipendente. Per il calcolo della variabile  $t$  si utilizza la seguente formula (2):

$$t = \frac{\widehat{\beta}_1 - \beta_1}{\frac{\widehat{\sigma}}{\sqrt{S_{xx}}}} \quad (2)$$

dove il parametro  $\widehat{\beta}_1$  è la media del campione (coefficiente angolare),  $\beta_1$  è la media della popolazione (cioè il valore atteso del coefficiente angolare che è nullo per

verificare l'ipotesi zero) e il denominatore  $\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{S_{xx}}}$  rappresenta l'errore standard della media.

Una volta calcolata la variabile  $t$  con la formula (2), si è calcolato il suo valore assoluto ( $|t|$ ); quest'ultimo si è confrontato con il valore  $t_{limite}$  determinato dalla distribuzione t-Student in funzione del livello di significatività ( $\alpha = 0,05$ ) e i gradi di libertà, varianti per ciascuna serie. Il risultato del test è riportato in Tabella 2:

Tabella 2 Risultato del test-T

$ t  > t_{limite}$	Test NON superato
$ t  < t_{limite}$	Test superato

Se il test non è superato allora significa che il trend è significativo e grazie al segno della variabile  $t$ , si può affermare se è significativo crescente (segno positivo) o decrescente (segno negativo).

È stato eseguito il medesimo procedimento per entrambi i database descritti nel paragrafo precedente: i prelievi di acqua per l'irrigazione (IWW) e le aree equipaggiate per l'irrigazione (AEI).

### 2.3 Metodo per la stima dei volumi irrigui per coltura

Grazie ai due database creati di IWW (Irrigation Water Withdrawal) e di AEI (Area Equipped for Irrigation) si sono ottenuti, nel tempo e per Paese, i valori dei volumi di acqua prelevata per l'irrigazione e i valori delle superfici equipaggiate per l'irrigazione. La terza variabile importante da prendere in considerazione è il tipo di coltivazione. Mettendo in relazione queste tre variabili si è cercato di capire l'evoluzione nel tempo dell'irrigazione, per Paese e per coltura.

Inizialmente si è calcolata l'altezza irrigua ( $AI$ ):

$$AI = \frac{\text{Totale volume irriguo}}{\text{Totale area irrigata}} \quad (3)$$

dove il *Totale volume irriguo* rappresenta il valore di acqua prelevata ( $m^3$ ) in un dato anno e per un determinato Paese ricavato dal nuovo database e il *Totale area irrigata* (ha) è l'area effettivamente irrigata (AAI) o l'area in cui vi è stato

raccolto (AHI), in base ai dati disponibili. Quindi si è determinata la quantità di acqua prelevata per ciascun tipo di coltura ipotizzando che l'altezza di irrigazione sia costante per le diverse colture. In altre parole, il volume irriguo per ogni coltura è stimato in modo proporzionale alle aree coltivate:

$$V_{crop} = AAI_{crop} \cdot AI \quad (4)$$

dove  $AAI_{crop}$  è l'area effettivamente irrigata (ha) per una determinata coltura e  $AI$  è l'altezza irrigua calcolata per ogni Paese per un determinato anno di riferimento (anno in cui si ha disponibile il valore di IWW). In questo calcolo non si è tenuto conto del reale fabbisogno idrico di ogni coltura, ma si è potuto stimare un valore quantitativo medio ( $V_{crop}$ ) riferito ad ogni coltura per ogni Paese; questo dato ha permesso di creare un nuovo database che contenesse, per ogni Paese e per ogni tipo di coltura, la quantità di acqua prelevata riferita all'anno del dato del volume irriguo.

Il primo database preso in considerazione è MIRCA2000, il cui periodo temporale specifico va dal 1998 al 2002, contenente i valori delle aree effettivamente irrigate (AAI) per 26 tipi di coltura in un determinato Paese; nel caso di presenza di diverse specie della medesima coltura ("subcrop"), per esempio il grano tenero e il grano duro oppure mais da granella e mais da foraggio, si sono sommate le superfici in modo da ottenere un valore unico per tipo di coltura. Nell'ambito del periodo di riferimento si è calcolato il dato medio di volume nel caso di presenza di valori riferiti a diversi anni; diversamente si è tenuto conto dell'unico dato disponibile. Si è proceduto quindi a calcolare l'altezza irrigua e il volume di acqua prelevata per ciascuna coltura. Mettendo in relazione il database creato dei volumi irrigui e MIRCA, è stato possibile ottenere i dati riferiti a 86 Paesi su 255 presenti nell'elenco considerato. Successivamente si è integrato il nuovo database con i dati degli "Irrigated Crop Calendar" di AQUASTAT. I valori sono più dettagliati in quanto si riferiscono alla superficie irrigata in cui vi è stato il raccolto ( $AHI_{full}$ ); si è quindi calcolata l'altezza irrigua tramite il volume del database degli IWW e, mediante le aree delle colture irrigate, si è calcolato il volume per ogni coltura (Figura 2.5).

COLOMBIA		2011												Volume per crop Mm <sup>3</sup>	
Irrigated crop calendar	Area 1000 ha	Crop area as percentage of the full control actually irrigated area by month													
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Rice one	125			32	32	32	32	32							1396.46
Rice two	120								31	31	31	31	31		1347.45
Maize and other cereals one	2			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5							24.05
Maize and other cereals two	33								8	8	8	8	8	8	365.79
Vegetables one	8			2	2	2	2	2							93.62
Vegetables two	18								5	5	5	5	5	5	206.29
Fruits	14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	158.70
Plantains	2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	17.92
Potatoes	9								2	2	2	2	2	2	97.57
Coffee	9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	105.61
Cocoa	12	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	135.30
Sugarcane	168	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	1882.09
Cotton	1	0.3	0.3						0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	11.70
Tobacco	2								0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	27.46
<b>Harvested irrigated crop area [AH<sub>irrig</sub>]</b>	<b>524</b>														
<b>Area equipped for full control irrigation actually irrigated [AAI<sub>irrig</sub>]</b>	<b>394</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	
<b>Cropping intensity (%) = 100 x [AH<sub>irrig</sub>]/[AAI<sub>irrig</sub>]</b>	<b>133</b>														
<b>Area equipped for full control irrigation [AEI<sub>irrig</sub>]</b>	<b>1 087</b>														
<b>% of full control equipped actually irrigated = 100 x [AAI<sub>irrig</sub>]/[AEI<sub>irrig</sub>]</b>	<b>36</b>														
<b>Total area equipped for irrigation [AEI<sub>tot</sub>]</b>	<b>1 087</b>														
IWW (1000m3) (2011)	5870.00														
IWW (Mm3) (2011)	5 870 000														
Irrigation Intensity	11 203														

Figura 2.5 Esempio di Calendario delle colture di AQUASTAT – Colombia

Per quanto riguarda l'anno di riferimento, vi è corrispondenza tra il calendario e il valore del volume; però, per alcuni Paesi (Honduras, Jamaica, e Mongolia), nonostante vi sia una differenza di un anno tra le due variabili, si è deciso ugualmente di tenerli in considerazione.

Altra peculiarità riguarda alcune tipologie di colture che differiscono da quelle di MIRCA. Certe colture presenti nei calendari di AQUASTAT, rientrano in raggruppamenti già definiti da MIRCA, come gli ortaggi, il tabacco, le colture da olio appartengono alle colture annuali mentre la frutta e il tè fanno parte delle colture perenni.

Integrando con i valori di AQUASTAT, il database si è integrato di 51 Paesi, arrivando così a 137 Paesi. Tra questi 137 Paesi, mancano molti Paesi che forniscono un importante contributo nel mondo dell'agricoltura, in termini di quantità di acqua necessaria per l'irrigazione. Arrivati a questo punto, si è deciso di tenere in considerazione un range di differenza di anni che va dal 1990 al 2010 e, come si può vedere nel database finale (*Allegato 5*) si sono aggiunti altri valori di volume per tipo di coltura secondo tre casistiche: la prima considera il volume del file di AQUASTAT e calcola l'irrigation intensity e quindi i volumi per le diverse colture (colore azzurro nel database); la seconda considera sempre i valori dei volumi del file di AQUASTAT ma, riferendosi ad anni vicini al range temporale di MIRCA tra il 1997 e il 2005, considera le aree di quest'ultimo calcolandone quindi l'altezza d'irrigazione e il volume per tipo di coltura (colore rosa nel database); l'ultimo caso è riferito a Svizzera e Ucraina per i quali si sono utilizzati i volumi del nuovo database di IWW nonostante siano riferiti ad anni ancora più lontani dal range del periodo di MIRCA, rispettivamente 2007 e 2006 (colore arancio mattone nel database).

## Capitolo 3 Metodi e dati: impronta idrica

### 3.1 L'impronta idrica e l'agricoltura

La produzione alimentare e l'uso dell'acqua sono indissolubilmente legati. L'acqua è sempre stata il principale fattore limitante la produzione agricola in gran parte del mondo in cui le precipitazioni sono insufficienti a soddisfare la domanda di raccolto [24]. Esiste un'importante connessione tra l'acqua e la produzione di cibo che va sotto il nome di “**acqua virtuale**”, cioè l'acqua necessaria a produrre un bene di consumo o un servizio, in termini di volume di acqua dolce utilizzato nelle fasi di coltivazione, produzione e/o commercializzazione. Introdotto nel 1993 da Jhon Tony Allan, è diventato un parametro di confronto per valutare i consumi, i flussi e le variazioni temporali. Diversi fattori influiscono sulla stima di acqua virtuale, tra cui il luogo, il tipo di suolo, i fertilizzanti usati, il metodo di coltivazione e la produzione agricola. Il concetto di virtual water è stato implementato da Hoekstra introducendo quello di water footprint, ovvero di **impronta idrica**. L'acqua virtuale è la componente "nascosta" in un processo di produzione, che contribuisce all'impronta idrica totale. L'impronta idrica è un indicatore del volume totale di risorse idriche utilizzate a produrre un bene. L'impronta idrica di un Paese può essere interna o esterna: quella interna è la quantità di acqua usata da un Paese per produrre i beni e i servizi consumati dagli abitanti della nazione stessa; quella esterna si riferisce invece ai prodotti importati. L'impronta idrica di un prodotto è costituita dal volume totale, comprendente l'intera catena di produzione, di acqua dolce impiegata per produrre quel bene stesso. È impiegata nei settori domestico, industriale e agroalimentare; quest'ultimo risulta essere il più importante in termini di quantità di acqua utilizzata. L'impronta idrica varia, tuttavia, tra le diverse colture, per categoria di coltura e anche per regione di produzione. Generalmente viene espressa in litri o metri cubi. Si suddivide in tre componenti qualitative: acqua blu, verde e grigia.

L'impronta idrica blu (**WF<sub>blue</sub>**) si riferisce al volume di acqua dolce prelevato da corpi idrici superficiali e da falde acquifere; l'impronta idrica verde (**WF<sub>green</sub>**) indica l'acqua piovana che viene stoccata nel suolo o rimane nella parte superficiale del terreno o sulla vegetazione e che può essere sottratta tramite l'evaporazione o la traspirazione; l'impronta idrica grigia (**WF<sub>grey</sub>**) rappresenta il volume di acqua dolce necessario a diluire gli inquinanti fino alle concentrazioni stabilite dagli standard di qualità esistenti.

Le attività agricole sono quelle che richiedono la maggior quantità di risorse idriche considerando anche che il settore agricolo contabilizza circa l'85% del consumo globale di acqua. L'impronta idrica verde rappresenta una grande frazione nel settore agricolo, confermando la grande importanza delle precipitazioni in agricoltura. La frazione di acqua blu è più piccola e bisogna anche considerare che le regioni in cui sia ha una grande impronta di acqua blu sono spesso zone aride o semi-aride dove la scarsità d'acqua è elevata. Hoekstra e Hung, nel 2002, sono stati i primi a fare una stima globale dei consumi dell'utilizzo di acqua per un certo numero di colture per paese, ma non hanno distinto esplicitamente la componente verde dalla componente blu. Negli ultimi anni ci sono stati diversi studi che hanno tentato di separare le due componenti; nel 2011, grazie ad uno studio di M.M. Mekonnen e A.Y. Hoekstra, è stato creato un database di stime di impronte idriche di 146 colture primarie e oltre duecento prodotti derivati. Il modello è stato applicato ad una scala globale e con una risoluzione spaziale di 5 minuti d'arco riferito al periodo 1996-2005 [25]. Questo studio quantifica l'impronta idrica verde, blu e grigia tenendo conto delle condizioni locali del clima, del suolo e dell'applicazione dei fertilizzanti azotati. L'impronta idrica media per tonnellata di coltura primaria è diversa in modo significativo tra le colture e tra le regioni di produzione, questo dovuto principalmente alle differenze dei metodi di coltivazione. L'impronta idrica globale della produzione agricola nel periodo 1996-2005 è stata di 7404 Gm<sup>3</sup>/anno (78% verde, 12% blu e 10% grigio) (Figura 3.1).

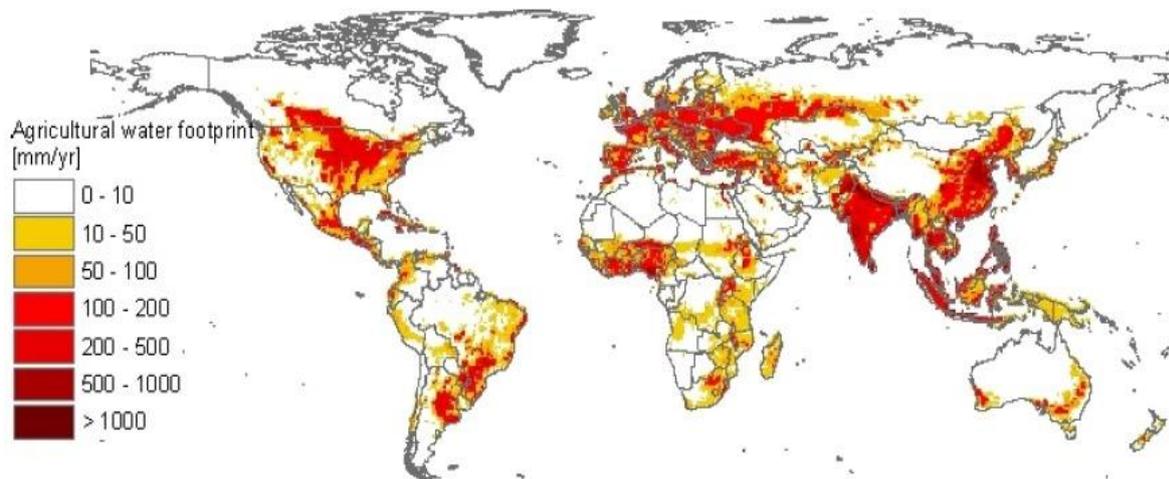


Figura 3.1 Impronta idrica della produzione agricola nel periodo 1996-2005, in mm/anno e in 5 minuti d'arco, fonte immagine: [26]

In tutti i Paesi del mondo, l'impronta idrica legata all'agricoltura richiede la quota maggiore dell'impronta idrica totale all'interno del Paese. A livello nazionale, le più grandi impronte idriche totali sono state stimate per India, Cina, USA, Brasile, Russia e

Indonesia. Questi sei Paesi rappresentano insieme circa la metà dell'impronta idrica totale globale relativa alla produzione agricola (Tabella 3).

Tabella 3 Impronta idrica per i principali Paesi, fonte immagine: [27]

Country	Water footprint of crop production ( $\text{Gm}^3 \text{ yr}^{-1}$ )			
	Green	Blue	Grey	Total
India	716.0	231.4	99.4	1047
China	623.9	118.9	223.8	967
USA	612.0	95.9	118.2	826
Brazil	303.7	8.9	16.0	329
Russia	304.8	10.4	11.6	327
Indonesia	285.5	11.5	20.9	318
Nigeria	190.6	1.1	0.6	192
Argentina	157.6	4.3	5.0	167
Canada	120.3	1.6	18.2	140
Pakistan	40.6	74.3	21.8	137
World	5771	899	733	7404

Le materie prime con impronte d'acqua relativamente grandi sono: caffè, tè, cacao, tabacco, spezie, noci, gomma e fibre. Una grande quantità di acqua è stata stimata per il grano, il riso e il mais. Per mezzo di un grafico a torta si mostra il contributo delle diverse colture all'impronta idrica totale della produzione agricola riferita per il periodo 1996-2005, secondo lo studio di Hoekstra (Figura 3.2)

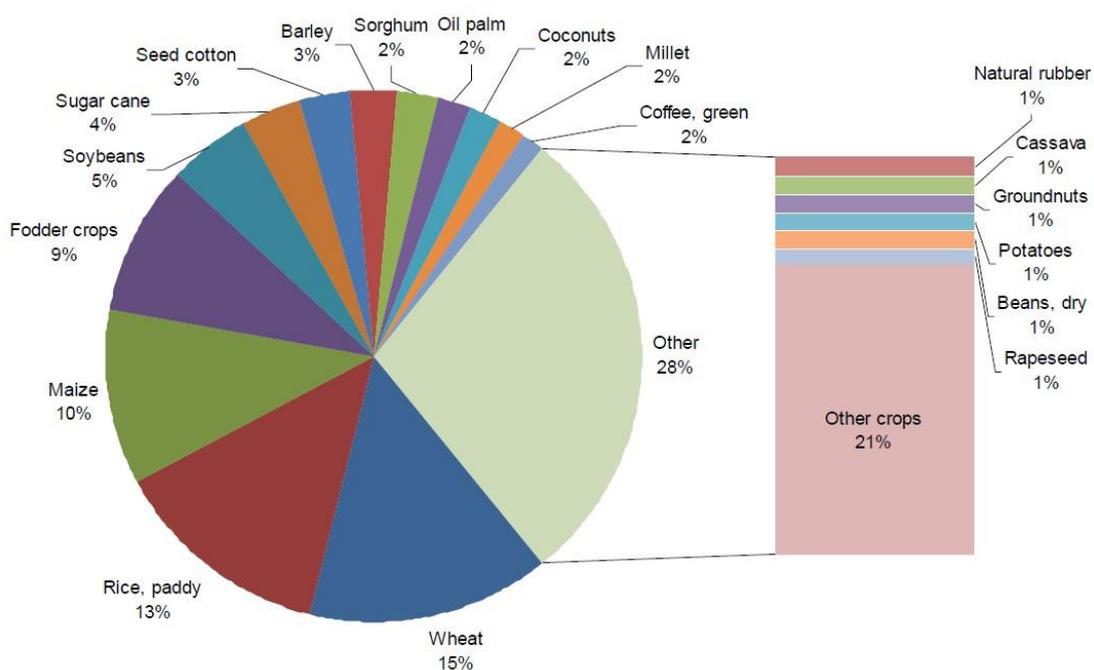


Figura 3.2 Contributo delle diverse colture all'impronta idrica totale, 1996-2005. Fonte immagine: [27]

A livello di impronta idrica blu, i valori maggiori sono stati stimati per l'India, la Cina, gli Stati Uniti d'America e il Pakistan; questi quattro Paesi rappresentano circa il 58% del totale dell'impronta idrica blu totale relativa alla produzione agricola. L'India è il Paese con la maggior impronta idrica blu all'interno del suo territorio, 243 m<sup>3</sup>/a, pari al 24% dell'impronta idrica blu globale; le principali colture che necessitano grandi quantità di acqua in questo Paese sono il grano, il riso e la canna da zucchero [26], [27]. L'impronta idrica blu media globale relativa alla produzione vegetale è stata di 899 Gm<sup>3</sup>/anno, di cui il 45% è rappresentato solamente da grano e riso.

In Figura 3.3 si presenta la mappa del mondo con la distribuzione dell'impronta idrica blu. Le regioni con una grande proporzione di acque blu si trovano, ad esempio, nella parte occidentale degli Stati Uniti, nella striscia di terra relativamente stretta lungo la costa occidentale del Sud America (Perù-Cile), nell'Europa meridionale, nel Nord Africa, nella penisola arabica, nell'Asia centrale, in Pakistan e nel nord dell'India, nel nord-est della Cina e in alcune parti dell'Australia. Questi risultati sono strettamente collegati ai risultati ottenuti a livello di bacino idrografico in cui sono state calcolate grandi impronte d'acqua per il Mississippi, il Gange, lo Yangtze, l'Indo e il Paraná [27].

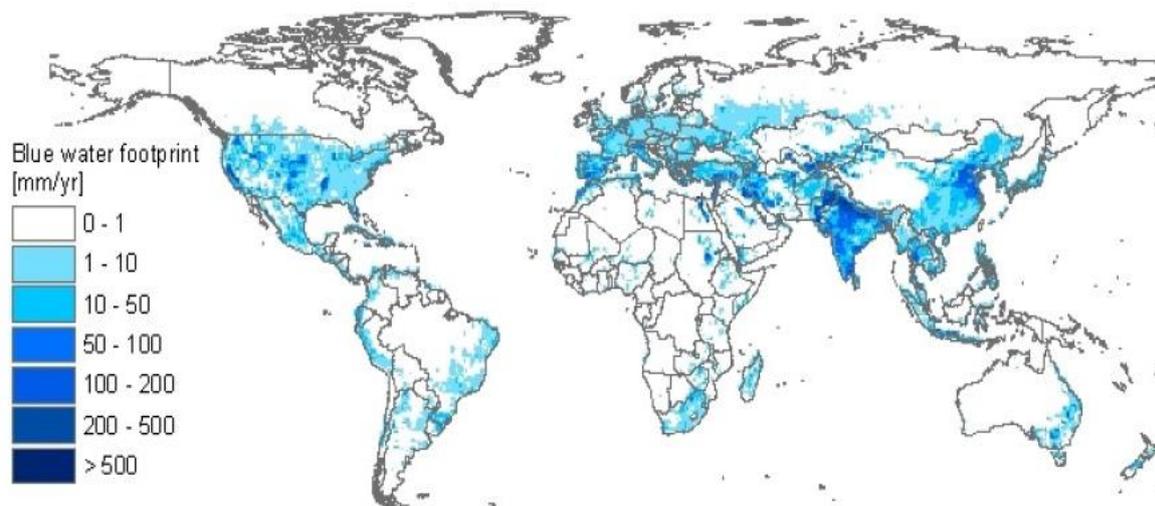


Figura 3.3 Impronta idrica blu nel periodo 1996-2005, in mm/anno e in 5 minuti d'arco, fonte immagine: [26]

### 3.2 Come calcolare l'impronta idrica

Secondo lo studio di Mekonnen e Hoekstra [27], per calcolare il valore di impronta idrica unitaria verde e blu delle colture primarie (m<sup>3</sup>/t) si deve dividere il volume totale di utilizzo di acqua verde e blu (m<sup>3</sup>/a), per la quantità prodotta di quella determinata coltura (t/a).

$$uWF_{green+blue} = \frac{WF}{P} \quad (5)$$

Dove  $uWF$  rappresenta l'impronta idrica unitaria,  $WF$  il volume totale di utilizzo e  $P$  è la produzione. È importante tenere conto della produzione totale effettiva della coltivazione in modo da ottenere una stima valida.

Di conseguenza, per calcolare l'impronta idrica in termini volumetrici, si deve tenere conto dell'impronta idrica unitaria sia verde che blu. Tuttavia, per il calcolo dell'impronta idrica blu, verrebbe automatico interpretare la quantità prodotta come un prodotto tra la resa media del Paese e l'area effettivamente irrigata ma in realtà non si deve tenere conto solamente di quest'area ma di tutta l'area coltivata. Questo è dovuto proprio alla costruzione dell'impronta idrica unitaria (5) che considera sia l'acqua verde che l'acqua blu.

Lo sviluppo di un indicatore ambientale specifico come l'impronta idrica può permettere di valutare delle soluzioni agronomiche e tecniche colturali differenti, l'utilizzo di metodi d'irrigazione più efficienti e l'impiego di coltivazioni più resistenti agli stress idrici.

### 3.3 Calcolo dell'impronta idrica blu

Si è potuto calcolare il valore di impronta idrica blu  $WF$  (6) utilizzando i valori dell'impronta idrica blu unitaria in un dato Paese, ricavata dal database di Hoekstra, moltiplicati per la produzione totale del Paese riferita alle aree irrigate e non irrigate:

$$WF_{blue} = uWF_{blue} \cdot P \quad (6)$$

dove la  $uWF$  (Unit Water Footprint) indica l'impronta idrica unitaria ( $m^3/ton$ ) per ogni tipo di coltivazione e  $P$  indica la quantità prodotta da quel determinato Paese riferita all'anno di cui si ha il dato di volume irriguo.

Per aver coerenza e una maggior congruenza con le elaborazioni precedenti, si è deciso di studiare le prime 23 colture dell'elenco di MIRCA, tralasciando quindi le colture perenni, temporanee e quelle foraggere, in quanto, a causa della diversità dei database utilizzati, non sempre vi è una corrispondenza con la catalogazione delle colture per tipologia. Si è proceduto assegnando ad ogni nominativo MIRCA, il relativo codice FAO della coltura; considerando tutti i Paesi per cui sono stati calcolati i volumi

irrigui per coltura, si è preso come anno di riferimento, l'anno relativo al dato di volume irriguo.

Il dato di impronta idrica unitaria è disponibile nel database di Hoekstra che fa riferimento al periodo dal 1996 al 2005, precedentemente argomentato. All'interno di questo database, vi sono le tre impronte, blu, verde e grigia per ogni tipo di coltura, per ogni regione di ogni Paese del mondo. Sono state prese in considerazione le impronte idriche blu (lavoro in quanto riferita alla quantità di acqua prelevata, da corpi idrici superficiali o sotterranei, utilizzata per irrigare le diverse colture) per le prime 23 colture di MIRCA riferendosi al valore medio nazionale.

Tramite il calcolo con Matlab è stato possibile ottenere il valore finale di WF per 168 Paesi. I risultati sono mostrati nell'*Allegato 6*. Essa rappresenta il fabbisogno irriguo, cioè la quantità di acqua, oltre alle precipitazioni, che deve essere applicata per compensare il fabbisogno di evapotraspirazione di una coltura senza una riduzione significativa della resa; ovvero la quantità di acqua da somministrare artificialmente con l'irrigazione per integrare gli apporti naturali fino a soddisfare il fabbisogno idrico (quantità di acqua di cui ha bisogno una coltura per fornire il risultato agronomico desiderato). Il fabbisogno idrico delle colture dipende principalmente dalla natura e dallo stadio di crescita della coltura e dalle condizioni ambientali. I diversi tipi di colture hanno esigenze di utilizzo dell'acqua diverse a seconda delle condizioni meteorologiche. Una stessa coltura può avere un diverso fabbisogno idrico in luoghi diversi dello stesso Paese; a seconda del clima, del tipo di terreno, del metodo di coltivazione e delle precipitazioni utili.

## Capitolo 4 Analisi dei risultati: aree irrigate e volumi irrigui

### 4.1 Andamento delle serie temporali

All'interno di questo paragrafo si analizzano i risultati ottenuti nel calcolo dell'analisi statistica effettuata nel paragrafo 2.2. Il test-T di Student è stato eseguito per entrambi i database creati, il database dei prelievi idrici e quelle delle aree attrezzate per l'irrigazione. Qua di seguito si mostrano i risultati ottenuti e relative considerazioni.

#### 4.1.1 Risultati del test-T per i volumi irrigui

In primo luogo, si è eseguito il test-T per il nuovo database creato di IWW. Si sono considerati i Paesi con almeno 4 valori nella serie temporale; i Paesi considerati risultavano essere solamente 35 sui 255. Dopo aver eseguito i calcoli precedentemente esposti, si è ottenuto che 16 Paesi hanno superato il test, ovvero il trend risulta essere non significativo. Si riportano i risultati in dei grafici per tre Paesi: Italia, Spagna e Stati Uniti d'America (Figura 4.1, Figura 4.2 e Figura 4.3),

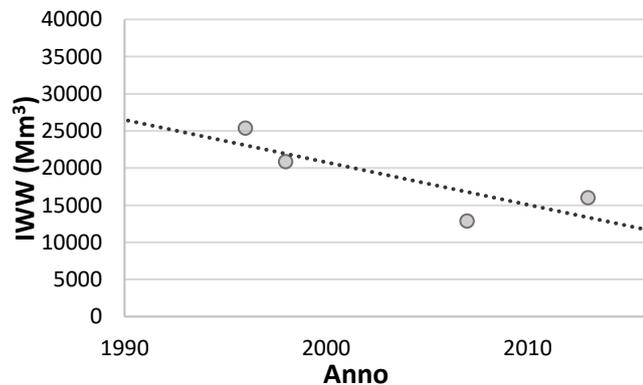


Figura 4.1 Test-T superato per IWW - Italia

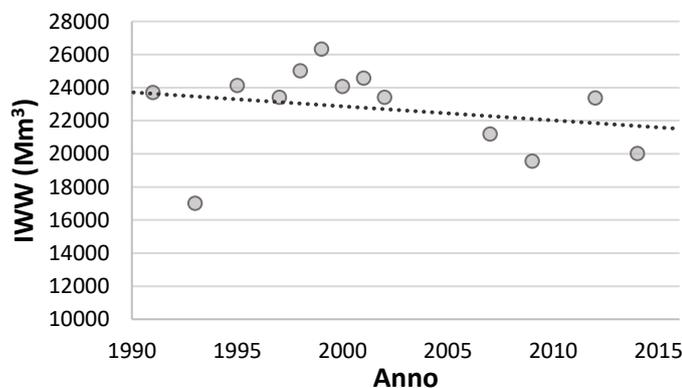


Figura 4.2 Test-T superato per IWW - Spagna

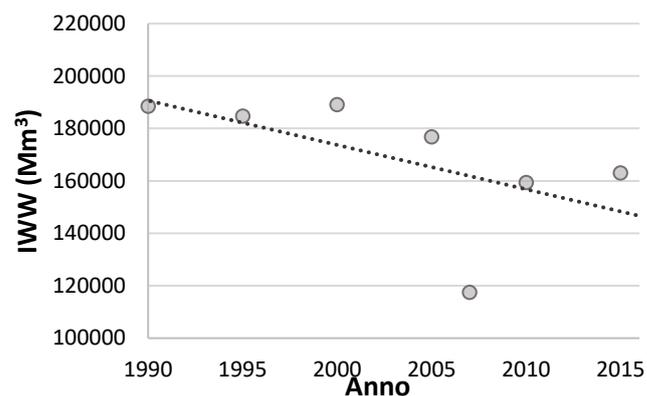


Figura 4.3 Test-T superato per IWW – USA

Per i restanti 19 Paesi il test non è stato superato; sono 13 i Paesi che hanno mostrato un trend negativo mentre 6 con un trend positivo (Tabella 4).

Tabella 4 Paesi con trend significativo - database di IWW

<b>Paesi</b>	<b>Risultato</b>
Australia	Trend significativo <b>negativo</b>
Belgium	Trend significativo <b>positivo</b>
Czech Republic	Trend significativo <b>negativo</b>
Finland	Trend significativo <b>positivo</b>
France	Trend significativo <b>negativo</b>
Germany	Trend significativo <b>negativo</b>
Greece	Trend significativo <b>positivo</b>
Hungary	Trend significativo <b>negativo</b>
Japan	Trend significativo <b>negativo</b>
Malta	Trend significativo <b>positivo</b>
Netherlands	Trend significativo <b>negativo</b>
New Zealand	Trend significativo <b>positivo</b>
Norway	Trend significativo <b>negativo</b>
Poland	Trend significativo <b>negativo</b>
Puerto Rico	Trend significativo <b>negativo</b>
Romania	Trend significativo <b>negativo</b>
Slovakia	Trend significativo <b>negativo</b>
Turkey	Trend significativo <b>positivo</b>
United Kingdom	Trend significativo <b>negativo</b>
Italy	Trend NON significativo
Spain	Trend NON significativo
United States Of America	Trend NON significativo

Grazie a un codice Matlab è stato possibile rappresentare questi risultati tramite una mappa (Figura 4.4) così da ottenere una miglior visualizzazione spaziale. I Paesi in bianco indicano la mancanza di dati nella serie temporale per effettuare il test-T, quelli rossi indicano i Paesi con un trend negativo, quelli blu presentano i Paesi con un trend positivo, mentre, i Paesi con il colore azzurro rappresentano un trend non significativo.

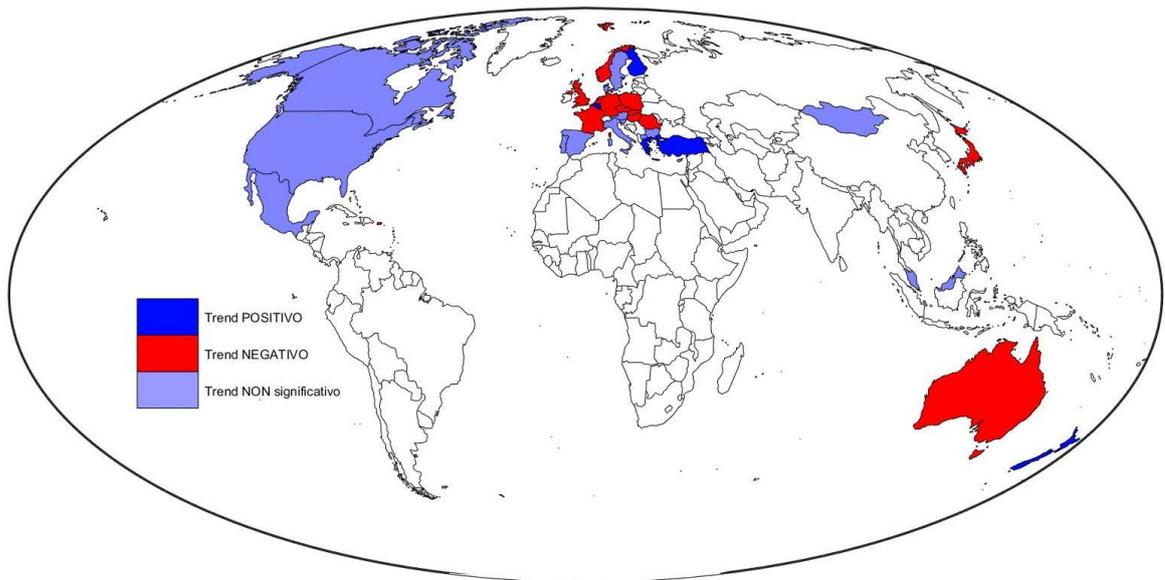


Figura 4.4 Rappresentazione spaziale dei risultati ottenuti dal test-T per il database IWW

Qua di seguito si riportano tre esempi di grafici per tre Paesi, Australia, Francia e Romania, che presentano una trend decrescente (Figura 4.5, Figura 4.6 e Figura 4.7).

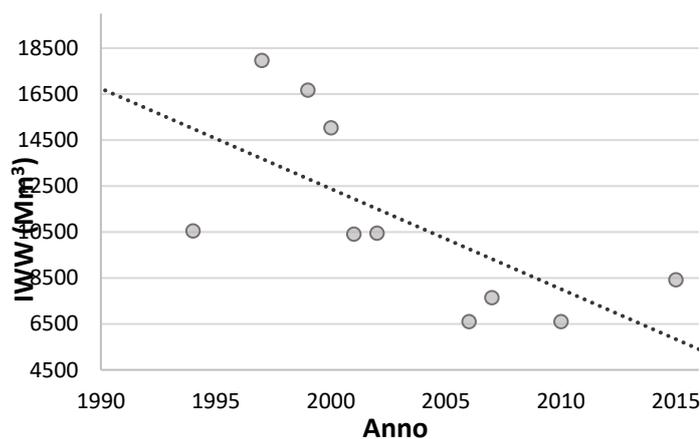


Figura 4.5 Test-T non superato per IWW, trend negativo – Australia

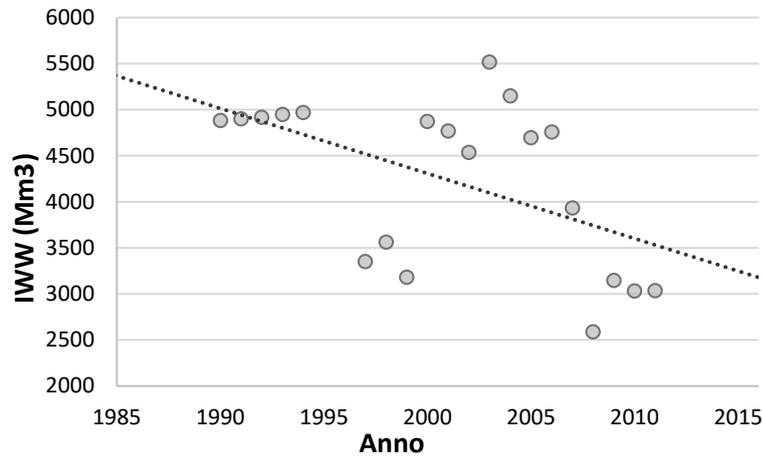


Figura 4.6 Test-T non superato per IWW, trend negativo – Francia

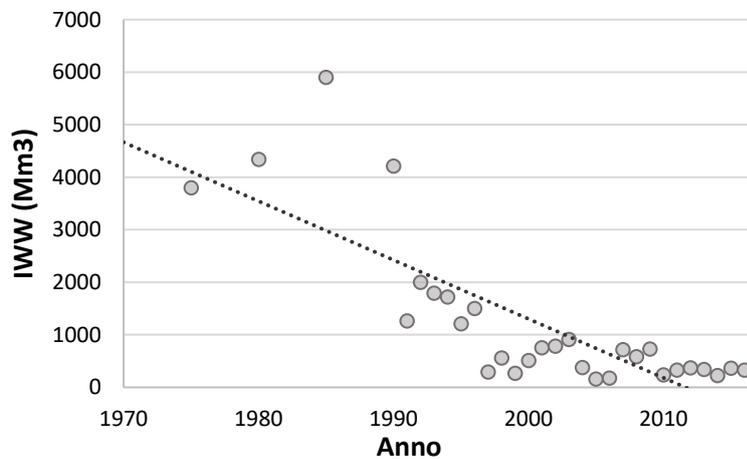


Figura 4.7 Test-T non superato per IWW, trend negativo – Romania

#### 4.1.2 Risultati del test-T per le aree equipaggiate per l'irrigazione

Allo stesso modo è stato eseguito il test t di Student per il database creato di AEI. A differenza del database sui prelievi di acqua, come già visto prima, questo database è più completo al punto che si è potuto calcolare il test-T per 180 Paesi. Di questi Paesi, dodici hanno un risultato non significativo e quindi il test non è superato. Per quanto riguarda i restanti Paesi, l'84% presenta un trend positivo crescente e il 16% mostra un andamento decrescente. In Tabella 5 si riportano gli stessi Paesi della Tabella 4 ma con i risultati riferiti alle serie temporali delle superfici attrezzate per l'irrigazione.

Tabella 5 Risultati dei Paesi con trend significativo per il database di IWW – database AEI

Country	Risultato
Australia	Trend significativo <b>positivo</b>
Belgium	Trend NON significativo
Czech Republic	Trend NON significativo
Finland	Trend significativo <b>positivo</b>
France	Trend significativo <b>positivo</b>
Germany	Trend significativo <b>positivo</b>
Greece	Trend significativo <b>positivo</b>
Hungary	Trend NON significativo
Japan	Trend significativo <b>negativo</b>
Malaysia	Trend significativo <b>positivo</b>
Malta	Trend significativo <b>positivo</b>
Netherlands	Trend NON significativo
New Zealand	Trend significativo <b>positivo</b>
Norway	Trend NON significativo
Poland	Trend significativo <b>negativo</b>
Puerto Rico	Trend significativo <b>positivo</b>
Romania	Trend significativo <b>positivo</b>
Slovakia	Trend significativo <b>negativo</b>
Turkey	Trend significativo <b>positivo</b>
United Kingdom	Trend NON significativo
Italy	Trend significativo <b>positivo</b>
Spain	Trend significativo <b>positivo</b>
United States Of America	Trend significativo <b>positivo</b>

Vengono riportati quattro grafici di esempio, Francia e Italia (Figura 4.8 e Figura 4.9) con un trend significativo positivo, Giappone e Slovacchia con un trend significativo negativo (Figura 4.10 e Figura 4.11).

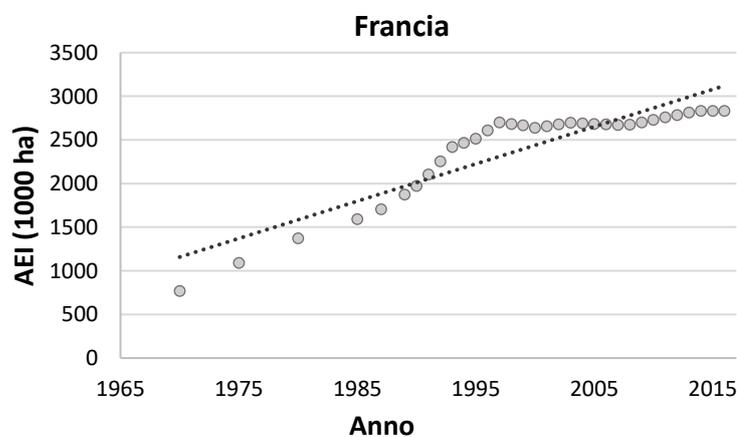


Figura 4.8 Test-T non superato per AEI, trend positivo - Francia

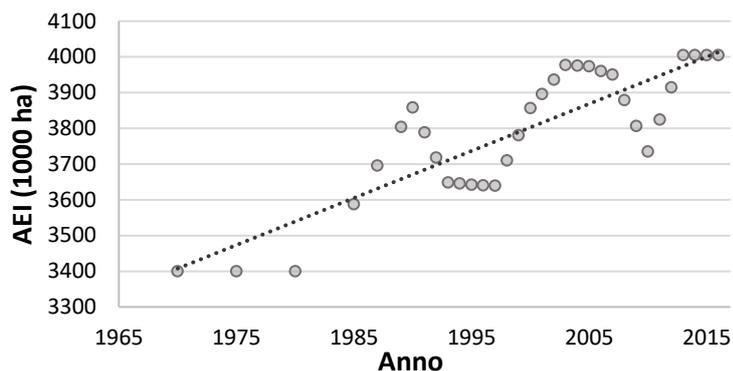


Figura 4.9 Test-T non superato per AEI, trend positivo - Italia

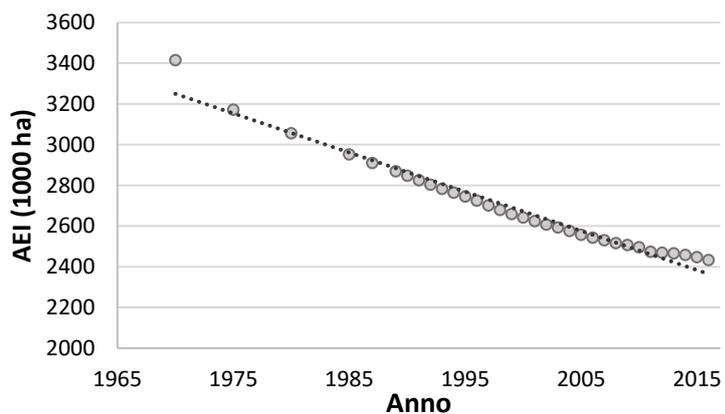


Figura 4.10 Test-T non superato per AEI, trend negativo - Giappone

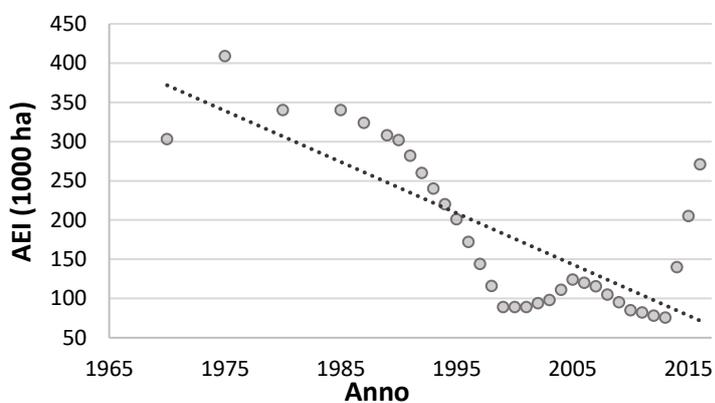


Figura 4.11 Test-T non superato per AEI, trend negativo - Polonia

Utilizzando il codice Matlab precedente, si sono rappresentati i risultati ottenuti anche per questo database. Rispetto ai risultati per le serie temporali dei prelievi idrici, questo database delle aree (Figura 4.12) ha permesso di ottenere una mappa sicuramente più completa.

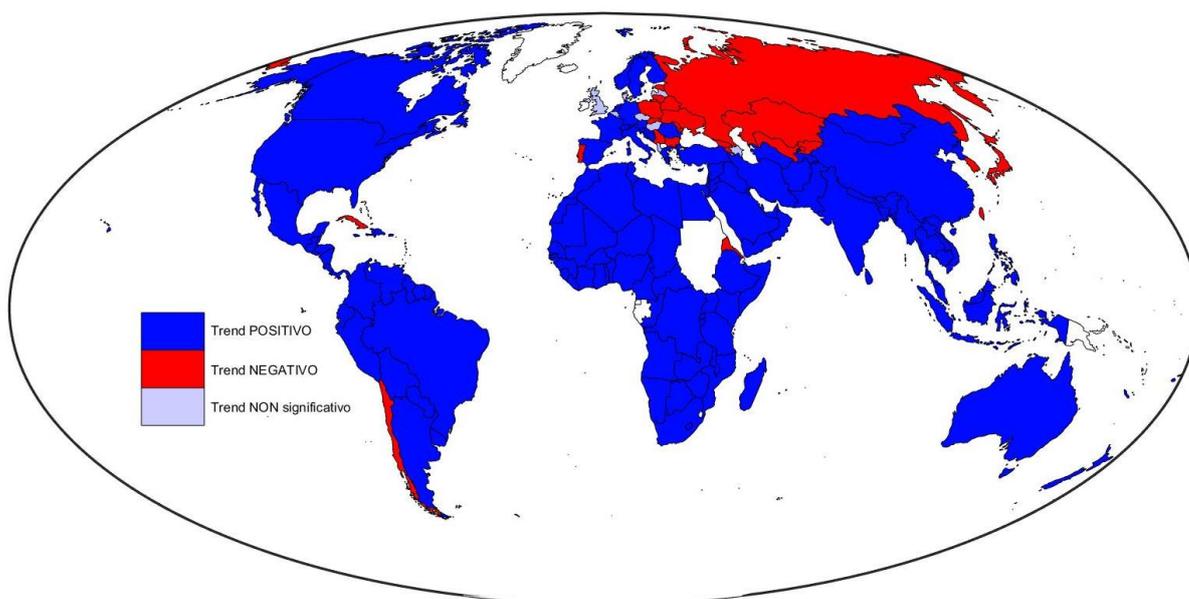


Figura 4.12 Rappresentazione spaziale dei risultati ottenuti dal test-T per il database AEI

#### 4.1.3 Confronto tra volumi irrigui e aree equipaggiate per l'irrigazione

A seguito dei risultati ottenuti dal test-T, sono stati messi a confronto i due database, relazionando così l'andamento dei prelievi di acqua con le superfici attrezzate per l'irrigazione. Si possono presentare quattro casi differenti: il Paese mostra un aumento sia di area che di volume, il Paese mostra una decrescita per entrambe le variabili oppure si potrebbe avere una diminuzione di area e un aumento di volume e in ultimo, il Paese può avere una crescita nella superficie attrezzata per l'irrigazione ma allo stesso tempo una diminuzione del volume di acqua prelevata. Gli ultimi due casi sono sicuramente i punti più critici; in questo studio, non si è mai verificato il caso di diminuzione di area e aumento di volume, invece, l'aumento di superficie e la diminuzione di volume rappresenta il caso più rilevante.

Si è realizzata un'altra mappa globale di AEI (Figura 4.13), focalizzandosi sugli stessi Paesi in cui si hanno risultati di IWW (Figura 4.4).

Mettendo a confronto queste due visualizzazioni globali, risulta che i Paesi che mostrano un aumento della superficie equipaggiata per l'irrigazione (trend positivo in blu) ma una diminuzione del prelievo di acqua (trend negativo in rosso), secondo questo studio, sono sette: Australia, Francia, Germania, Norvegia, Olanda, Porto Rico e Romania.

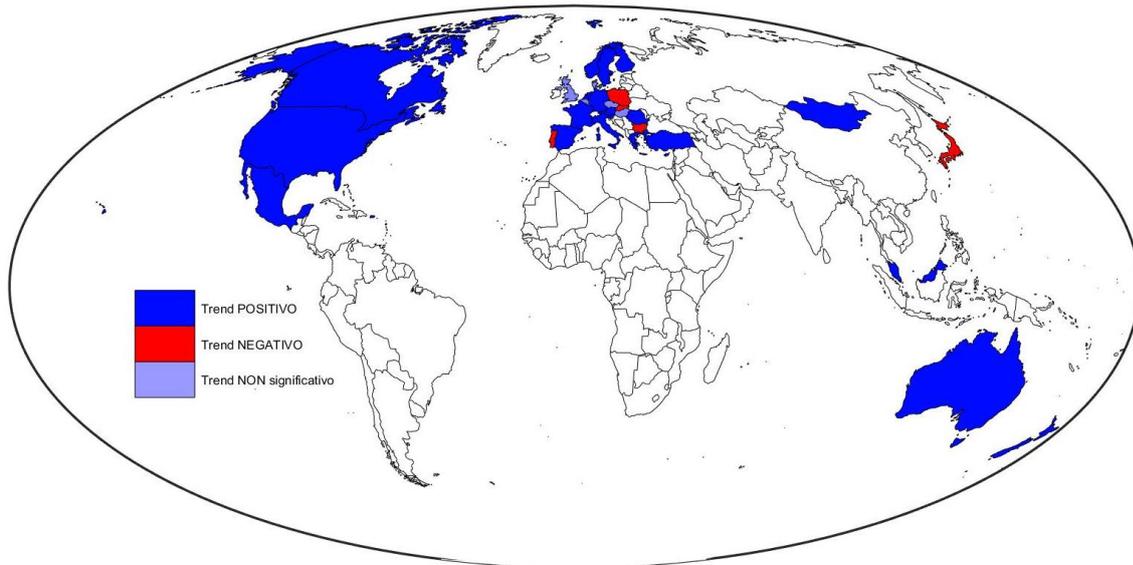


Figura 4.13 Rappresentazione spaziale dei risultati ottenuti dal test-T per il database AEI riferiti agli stessi paesi in cui vi sono risultati del test per il database IWW

Sono stati realizzati dei grafici matlab in cui si riportano sugli assi delle ordinate le due variabili, AEI e IWW, e sull'asse delle ascisse gli anni. In questo modo si ha una miglior visualizzazione dell'aumento della superficie e della diminuzione dei volumi irrigui. I volumi vengono distinti grazie a diversi colori in base alla fonte da cui sono stati scaricati (AQUASTAT, OECD, EUROSTAT). Sono riportati di seguito tre esempi: Francia (Figura 4.14), Germania (Figura 4.15) e Romania (Figura 4.16).

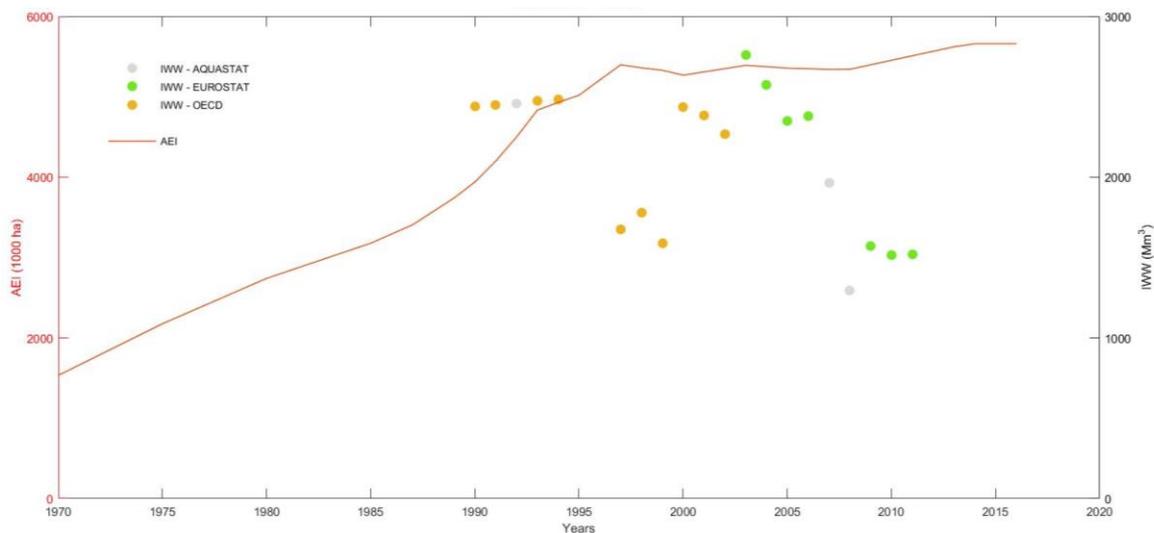


Figura 4.14 Andamento crescente di AEI e decrescente di IWW - Francia

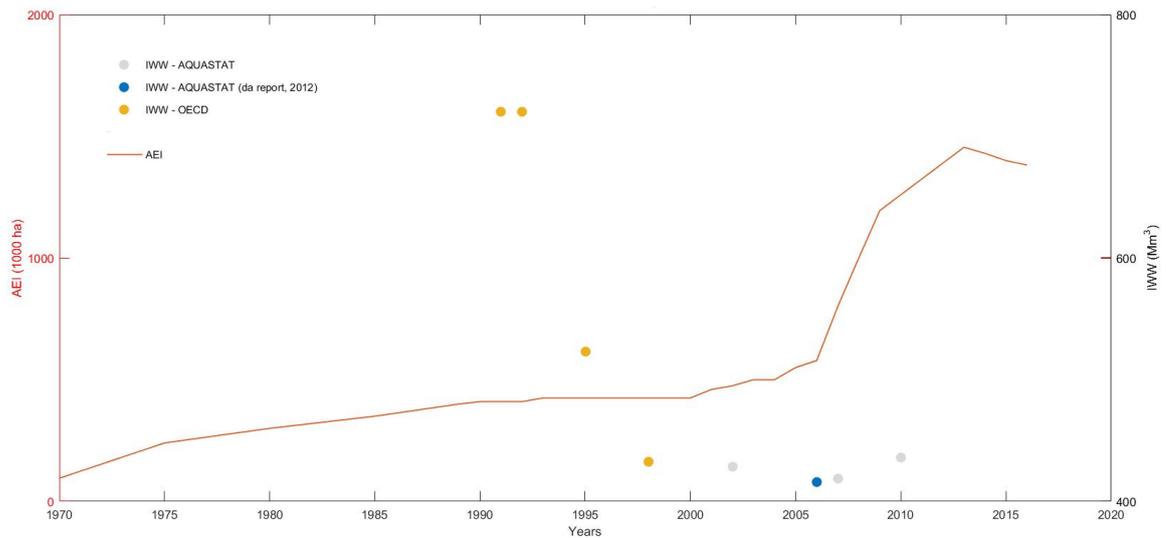


Figura 4.15 Andamento crescente di AEI e decrescente di IWW - Germania

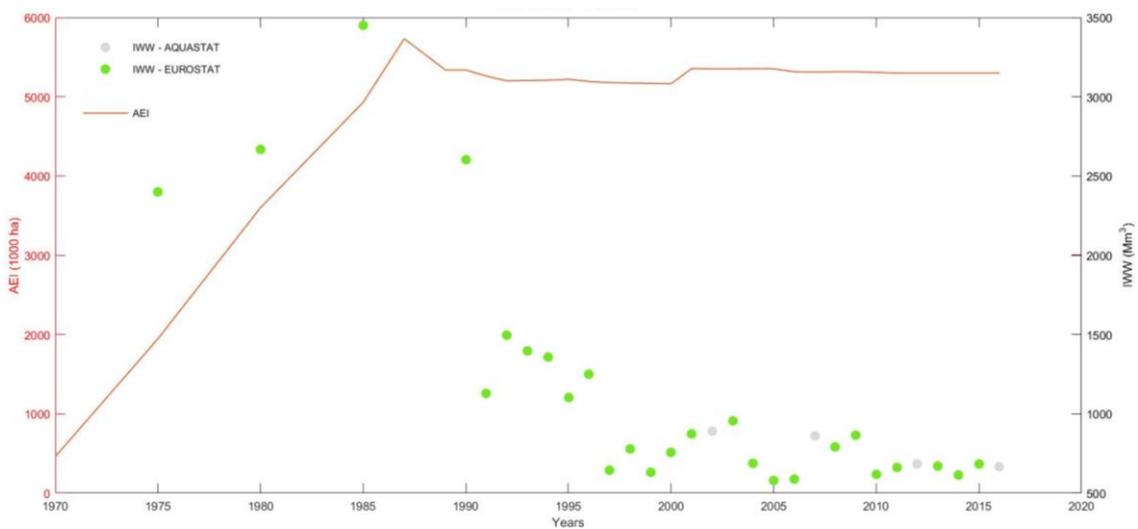


Figura 4.16 Andamento crescente di AEI e decrescente di IWW - Romania

Se si presenta un aumento di superficie attrezzata per l'irrigazione, si presuppone che vi sia anche un aumento del prelievo di acqua, ma, se ciò non avviene, può significare che il Paese abbia adottato tecniche di irrigazioni più efficienti o che sia soggetto a problemi di stress idrico. Secondo l'Istituto Mondiale delle Risorse (WRI) [28], i Paesi prima elencati non sono soggetti a un indice di stress idrico elevato; quindi, scartando questa ipotesi si potrebbe pensare che questa diminuzione del prelievo di acqua per l'irrigazione sia dovuta a una necessità di modificare le modalità di gestione dell'acqua e quindi all'adozione di sistemi irrigui più efficienti che promuovono soluzioni per un miglior controllo della domanda idrica.

Vi sono tre metodi principali per fornire acqua alle piante: irrigazione a pioggia, irrigazione di superficie e irrigazione localizzata. La scelta di un metodo piuttosto che un altro dipende da tanti fattori, quali la disponibilità idrica, il tipo di coltura, il clima, la

morfologia del terreno. Un sistema di irrigazione a pioggia o irrigazione per aspersione è costituito da una rete di tubazioni, attraverso la quale l'acqua si muove sotto pressione per poi essere convogliata alla coltura attraverso gli ugelli dell'irrigatore; i sistemi di irrigazione superficiale si basano sul principio dello spostamento dell'acqua sul terreno per semplice gravità, al fine di inumidire il terreno (per scorrimento o per sommersione); l'irrigazione localizzata è un sistema in cui l'acqua viene distribuita a bassa pressione attraverso una rete di tubazioni (irrigazione a goccia o microirrigazione e subirrigazione). Questo ultimo metodo è quello che consente di ottenere un buon risparmio idrico in quanto, rispetto a un normale sistema a goccia, non comporta perdite per evaporazione del terreno.

Secondo il database AQUASTAT [2], Australia, Francia, Germania e Porto Rico presentano un aumento nell'utilizzo dell'irrigazione localizzata in termini di area (*Allegato 1*). Nello specifico, la Francia ha subito un raddoppiamento della superficie in quindici anni, mentre la Germania un aumento di un quasi tre volte (da 1850 ha a 5000 ha). La diminuzione del volume irriguo di questi Paesi potrebbe collegarsi a questo sviluppo e miglioramento della tecnica irrigua.

#### 4.2 MIRCA e AQUASTAT: confronto dei volumi irrigui per tipo di coltura

Nella creazione del database dei volumi irrigui per tipo di coltura si è riscontrata una coincidenza di dati di prelievi idrici riferiti agli stessi anni, per alcuni Paesi. Il confronto riguarda i volumi irrigui e i volumi irrigui per tipo di coltura. Da una parte si ha il database creato di IWW e le aree effettivamente irrigate del database di MIRCA; dall'altra parte si hanno i valori di IWW presi dal report di AQUASTAT di Novembre 2012 (disponibili in [23]) con il calcolo dei volumi irrigui per tipo di coltura grazie ai valori di aree dei calendari per le colture irrigue di AQUASTAT. Si è potuto eseguire questo confronto in quanto i valori di AQUASTAT rientrano nel periodo temporale di MIRCA (1998-2002); in questo modo è stato possibile verificare la coincidenza o la differenza dei risultati ottenuti per entrambi i database.

I Paesi in esame sono: Bahrain, Botswana, Burundi, Cameroon, Chad, Djibouti, Ecuador, Etiopia, Guinea, Irlanda, Lesotho, Libya, Malawi, Mauritius, Namibia, Senegal, Swaziland, Timor-Leste, Zambia e Zimbabwe. Si riportano in Tabella 6 i dati dei volumi irrigui per ciascun Paese, sia ricavati dal report di AQUASTAT che dal nuovo database.

Tabella 6 Paesi aventi per lo stesso anno, i valori di IWW per entrambi i database

Paese	Volume da database IWW (Mm <sup>3</sup> )	Volume da file AQUASTAT (Mm <sup>3</sup> )
Bahrain	156	156
Botswana	29	29
<b>Burundi</b>	<b>200</b>	<b>65</b>
Cameroon	737	737
Chad	672.2	672.2
Djibouti	2.75	3
Ecuador	8076	8080
Etiopia	5200	5200
Guinea	292.9	292.9
Irlanda	3.3	3
Lesotho	3.8	4
Libya	3580	3580
Malawi	1166	1160
Mauritius	491	491
Namibia	144	144
Senegal	2060	2060
Swaziland	993	993
Timor-Leste	1070	1070
Zambia	1152	1150
Zimbabwe	3320	3320

Si può notare che i valori hanno un buon indice di coincidenza, solamente il Burundi, come evidenziato in tabella, presenta una notevole differenza: 200 milioni di metri cubi per il nuovo database dei prelievi di acqua rispetto ai 65 milioni di metri cubi dal file di AQUASTAT. Questa discrepanza è dovuta alla coltura del riso che, tenendo conto delle aree di MIRCA, si ottiene un volume di circa 173 milioni di m<sup>3</sup>, mentre, tenendo conto dell'area nel calendario delle colture irrigue di AQUASTAT, si ha un valore di circa 40 milioni di m<sup>3</sup>.

Così come il Burundi, anche altri Paesi presentano delle discordanze nei valori di volumi per tipo di coltura; si riportano qua di seguito dei grafici in cui si mettono in risalto le differenze:

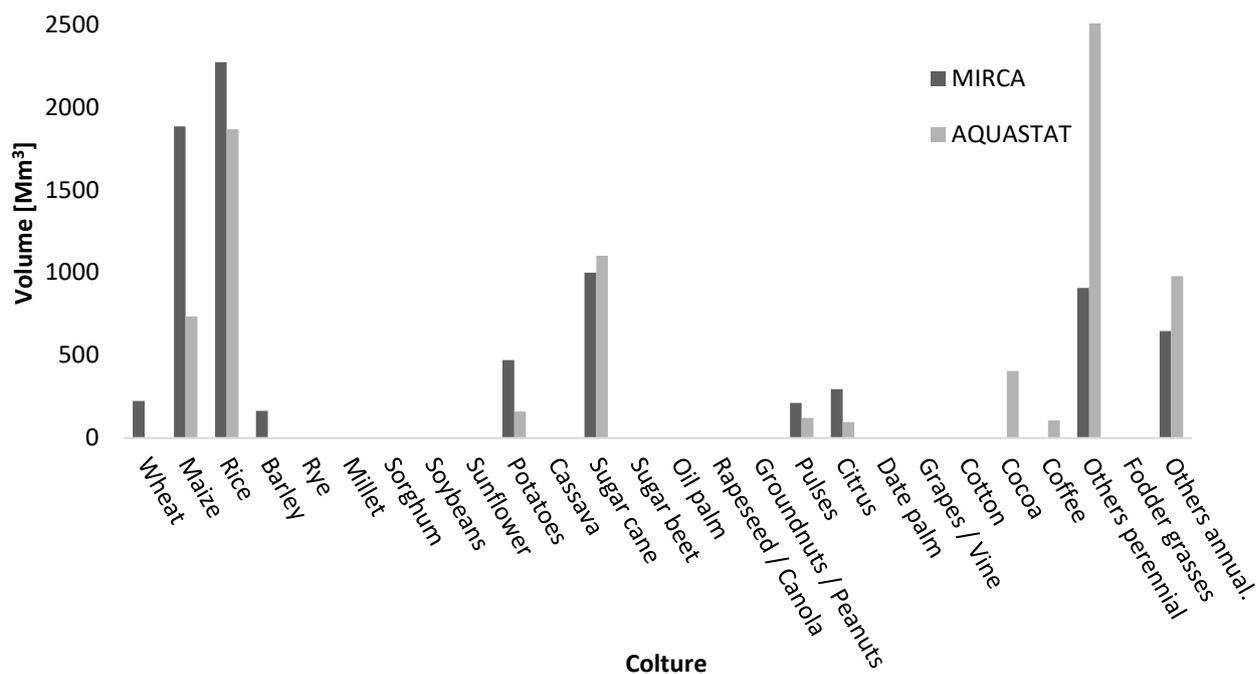


Figura 4.17 Valori di IWW per le colture, confronto MIRCA e AQUASTAT - Ecuador

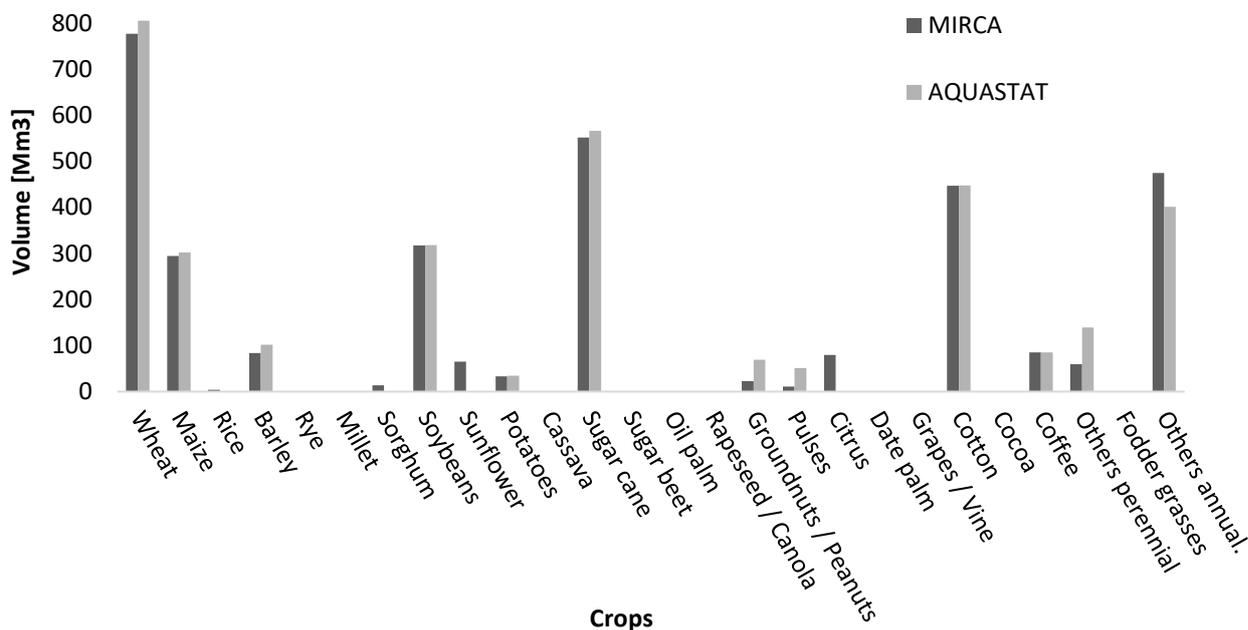


Figura 4.18 Valori di IWW per le colture, confronto MIRCA e AQUASTAT – Zimbabwe

Nel primo caso riferito all'Ecuador (Figura 4.17), la principale differenza si nota nel mais e nella voce "others perennial", che racchiude le colture perenni non elencate tra le prime 23 colture; potrebbe essere che in Ecuador, una parte del volume prelevato per il mais (secondo MIRCA), sia il completamento della parte mancante delle altre

colture perenni. Purtroppo, nei calendari di AQUASTAT non si considerano le voci di colture perenni, colture temporali ed erbe foraggere, e, in questo tipo di confronto, si mette in risalto questa differenza. Nonostante le discordanze per i valori di area per le singole colture nei database di MIRCA e dei calendari delle colture irrigue di AQUASTAT, si mostra che il valore totale dell'area in cui vi è stato il raccolto è molto simile: 686 mila ettari in MIRCA rispetto ai 666 mila ettari di AQUASTAT.

Un altro aspetto da sottolineare tra questi due database è anche quello di non aver una stessa congruenza con la presenza o meno di una determinata coltura. Nonostante l'anno di riferimento sia lo stesso (2000) vi sono queste differenze che, nel calcolo successivo dello scarto assoluto, vengono messe in risalto. Lo Zimbabwe (Figura 4.18), invece, per alcune colture mostra una lieve differenza, mentre altre presentano una buona coincidenza. Queste differenze nei valori di area irrigata per le singole colture e nella presenza di diverse tipologie di colture hanno portato ad avere discordanze in questi dati ma nel database finale dei volumi irrigui per tipo di coltura, dove era possibile, si sono presi in considerazione i dati riferiti al database MIRCA.

## Capitolo 5 Analisi dei risultati: confronto tra impronta idrica e volumi irrigui

Una volta ottenuti i valori di volume irriguo per le diverse colture riferiti ai diversi Paesi, si è potuto confrontare questi valori con i risultati ottenuti riferiti all'impronta idrica (WF), per tutti i Paesi e tutte le 23 colture di MIRCA. Come già detto prima, i risultati dei volumi irrigui per tipo di coltivazione sono stati ottenuti non tenendo conto del reale fabbisogno irriguo della coltura, ma considerando le aree irrigate delle singole colture e calcolando l'altezza irrigua (AI). Il calcolo dell'impronta idrica riferita alle singole colture è un modo per cercare di capire l'affidabilità dei calcoli precedenti e tranne alcune considerazioni. Le due variabili non rappresentano proprio lo stesso concetto, WF rappresenta il volume di acqua che sarebbe necessario alla pianta per evitare lo stress idrico, mentre, il volume irriguo è la quantità di acqua prelevata per l'irrigazione in quel determinato Paese. Quest'ultima variabile non quantifica il volume di acqua che effettivamente arriva alla pianta, vi sono a monte le perdite d'acqua che si dovrebbe tenere in considerazione. Si è deciso di procedere con questo confronto cercando di cogliere il fattore di scala e ottenere una buona proporzione tra i due risultati. In Tabella 7 si mostra un estratto del confronto tra le due variabili riportando due Paesi come esempio, l'Italia e il Marocco.

Tabella 7 Estratto dal file dei volumi irrigui e delle impronte idriche per tipo di coltura – Italia e Marocco

Colture		Volume per coltura (Mm <sup>3</sup> )	WF calcolati (Mm <sup>3</sup> )	Volume per coltura (Mm <sup>3</sup> )	WF calcolati (Mm <sup>3</sup> )
		Italia		Marocco	
15	Wheat	810.99	120.10	2784.36	1355.01
27	Rice	1719.22	543.37	46.33	37.70
44	Barley				
56	Maize	6161.05	1093.58	1117.94	713.38
71	Rye				
79	Millet				
83	Sorghum			14.99	6.64
116	Potatoes	215.38	94.18	288.63	47.27
125	Cassava				
156	Sugar cane			175.43	122.56
157	Sugar beet	663.63	147.82	565.27	270.69
211	Pulses			280.39	11.03
236	Soybeans	639.90	118.18		
242	Groundnuts / Peanuts			74.97	58.40
254	Oil palm				
267	Sunflower	116.07	31.17	216.66	139.92
270	Rapeseed / Canola				
328	Cotton			59.23	0.42
512	Citrus	925.06	0.78	583.26	5.42
560	Grapes / Vine	1487.03	286.48	359.37	312.29
577	Date palm			277.99	277.24
656	Coffee				
661	Cocoa				
TOT.		12738.32	2435.67	6844.81	3357.97

Come si può notare dalla tabella, il valore complessivo del volume irriguo e dell'impronta idrica in Italia è molto diverso e questo si riflette su tutte le colture; il riso richiede grandi volumi di acqua ma rispetto alle altre colture è quello che ha una minor differenza tra il volume e l'impronta idrica. Invece, gli agrumi presentano una differenza molto marcata tra le due variabili. Contrariamente, il Marocco presenta una minor diversità tra il volume irriguo e l'impronta idrica totale e per molte colture (riso, sorgo, canna da zucchero, arachide, girasole, vite e palma da dattero) vi è una buona affinità nei risultati. Le altre colture presentano una differenza più significativa.

Grazie ai valori totali di impronta idrica e ai valori di volume irriguo, a scala di Paese, si è realizzato un grafico a dispersione in modo da rappresentare al meglio l'andamento dei dati di impronta idrica totale e dei volumi irrigui (Figura 5.1 e Figura 5.2). La scala logaritmica ha permesso una miglior visualizzazione dei risultati. Tenzialmente i valori seguono l'andamento della bisettrice anche se ci sono dei casi particolari in cui alcuni Paesi presentano dei valori di volume irriguo più elevato rispetto al valore complessivo di impronta idrica. La Figura 5.2 è un estratto dell'andamento globale del confronto tra volume irriguo e impronta idrica complessiva in cui si evidenziano alcuni Paesi; India, Cina, USA, Brasile, Russia e Indonesia rappresentano, a livello nazionale, le più grandi impronte idriche totali e secondo la Tabella 3, India, Cina, USA e Pakistan presentano i più grandi valori di impronta idrica blu. Si evidenziano anche altri Paesi come Italia, Colombia, Iraq, Iran e Egitto; questi ultimi tre danno un importante contributo all'impronta idrica blu globale. Si mostra anche la Moldavia, l'unico Paese che ha mostrato una grande discordanza di valori tra il volume irriguo e l'impronta idrica complessiva. Da questo primo confronto si può affermare di aver ottenuto una buona proporzione tra i dati per una gran parte dei Paesi.

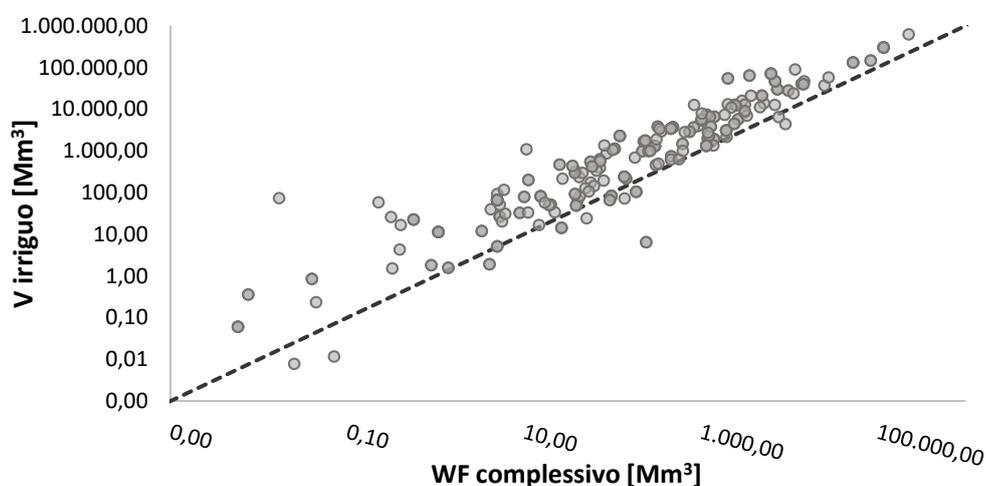


Figura 5.1 Andamento globale del confronto volume irriguo e impronta idrica totale a scala di Paese

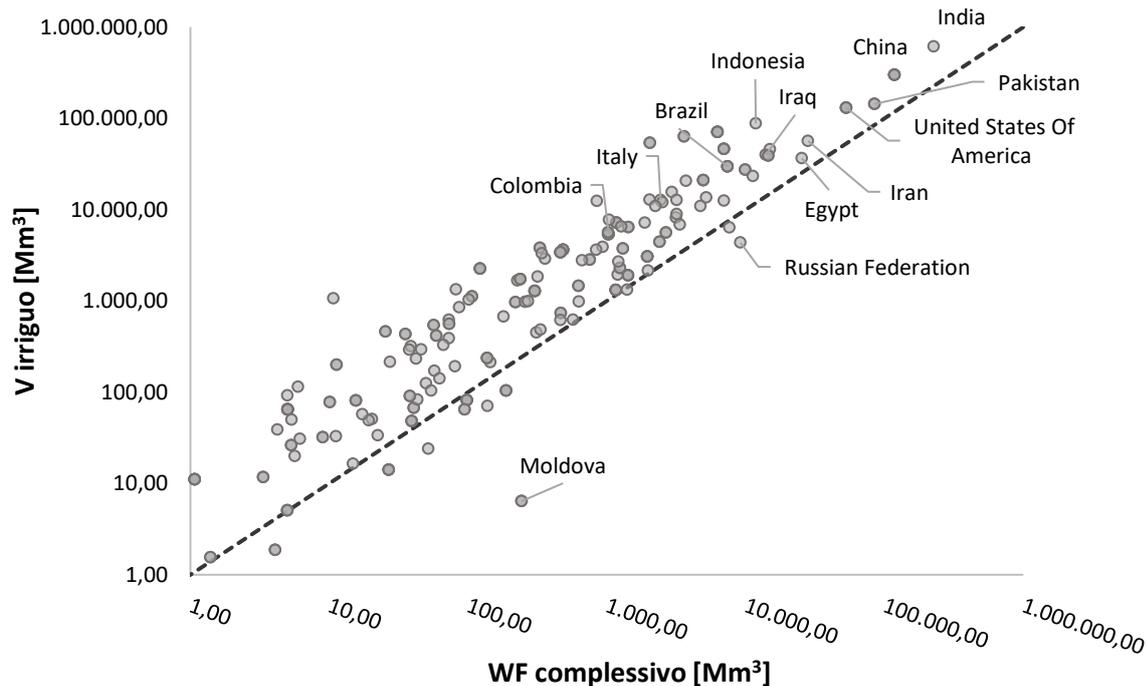


Figura 5.2 Estratto dell'andamento globale del confronto volume irriguo e impronta idrica totale a scala di Paese

I Paesi che si trovano al di sotto della bisettrice rappresentano Paesi in cui il WF complessivo è maggiore del volume di acqua prelevato e quindi sono Paesi che, secondo questa analisi, non riescono a soddisfare il fabbisogno irriguo delle colture.

Successivamente è stato calcolato un valore di efficienza  $\eta$ , ottenuto dal rapporto tra i valori totali dei fabbisogni irrigui per ogni Paese e il totale del volume prelevato necessario per l'irrigazione, a scala di Paese:

$$\eta = \frac{WF\ tot}{V\ irriguo} \quad (7)$$

Grazie a questo valore di  $\eta$ , si può fare una prima considerazione: se  $\eta < 1$  significa che per quel determinato Paese si ha un'inefficienza dell'irrigazione; visto che il WF rappresenta un fabbisogno irriguo, un maggior prelievo può supporre che l'eccesso di volume sia perso per inefficienza del sistema irriguo, nel trasporto e/o durante l'applicazione. Invece,  $\eta > 1$ , indica un problema legato allo stress idrico (*deficit irrigation*); se il valore di WF è maggiore rispetto a quanto viene prelevato si ipotizza che vi sia mancanza di risorsa idrica per l'irrigazione delle colture. È stato possibile ottenere un valore di efficienza per 152 Paesi; di cui 13 hanno mostrato un valore di  $\eta > 1$  e quindi legati al problema di stress idrico, mentre, i restanti 139 rientrano nel caso di  $\eta < 1$ . I valori di efficienza e i risultati ottenuti per ogni Paese si mostrano nell'Allegato 7.

## 5.1 Confronto per tipo di coltura

Un primo paragone che è stato eseguito riguarda l'andamento dei volumi irrigui stimati nel paragrafo 2.3 con le mappe geografiche rappresentanti i valori di impronta idrica dello studio di Mekonnen e Hoekstra [25]. Le mappe dell'impronta idrica globale per colture mostrano le impronte d'acqua delle colture con una risoluzione spaziale di 5 per 5 minuti d'arco. I dati mostrati sono le medie del periodo 1996-2005. I dati sono indicati in mm/anno e sono stati calcolati dividendo l'impronta idrica totale per cella della griglia (in  $m^3/anno$ ) per l'area della cella della griglia. Le mappe considerate riguardano quelle riferite all'impronta idrica blu.

Le due colture prese in esame sono il grano e il mais, colture che richiedono grandi quantità di acqua. Per quanto riguarda il grano si sono considerati i volumi irrigui maggiori di 800 milioni di  $m^3$  in modo da poter visualizzare meglio i Paesi con un grande prelievo di acqua (Figura 5.3). L'India è il Paese con il maggior dato di volume irriguo ( $229422.67 Mm^3$ ) e per permettere una rappresentazione buona, si è indicato il relativo valore in cima alla relativa colonna. Confrontando il grafico a colonne con la mappa di  $WF_{blue}$  (Figura 5.4) si può notare una buona corrispondenza con i valori ottenuti; India, Cina e Pakistan risultano essere i Paesi con maggior impronta idrica.

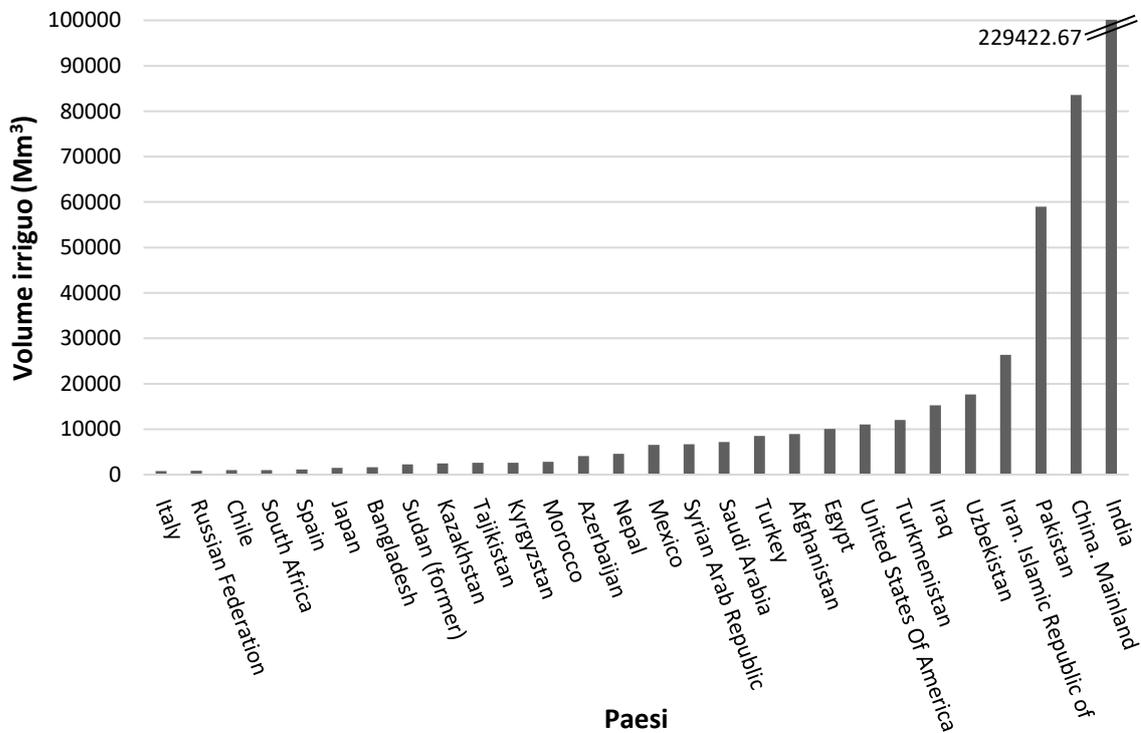


Figura 5.3 Andamento dei volumi irrigui a scala globale – GRANO

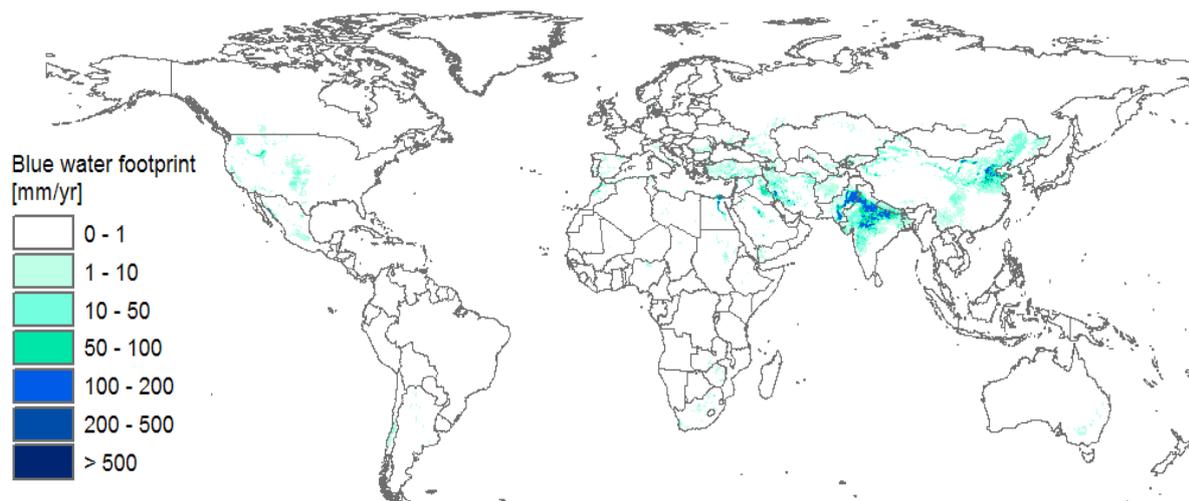


Figura 5.4 Mappa globale dell'impronta idrica blu (mm/a) - GRANO, fonte immagine: [25]

Allo stesso modo si è eseguito il confronto tra i volumi irrigui (Figura 5.5) e l'impronta idrica blu del mais (mappa in Figura 5.6). Anche in questo caso si sono considerati i valori di volume irriguo maggiori di 800 milioni di m<sup>3</sup>. Anche per questa coltura vi è una buona corrispondenza; Cina, Stati Uniti d'America, Messico, India risultano essere i Paesi con un grande prelievo di acqua e allo stesso tempo un elevato valore di impronta idrica blu riguardante il mais.

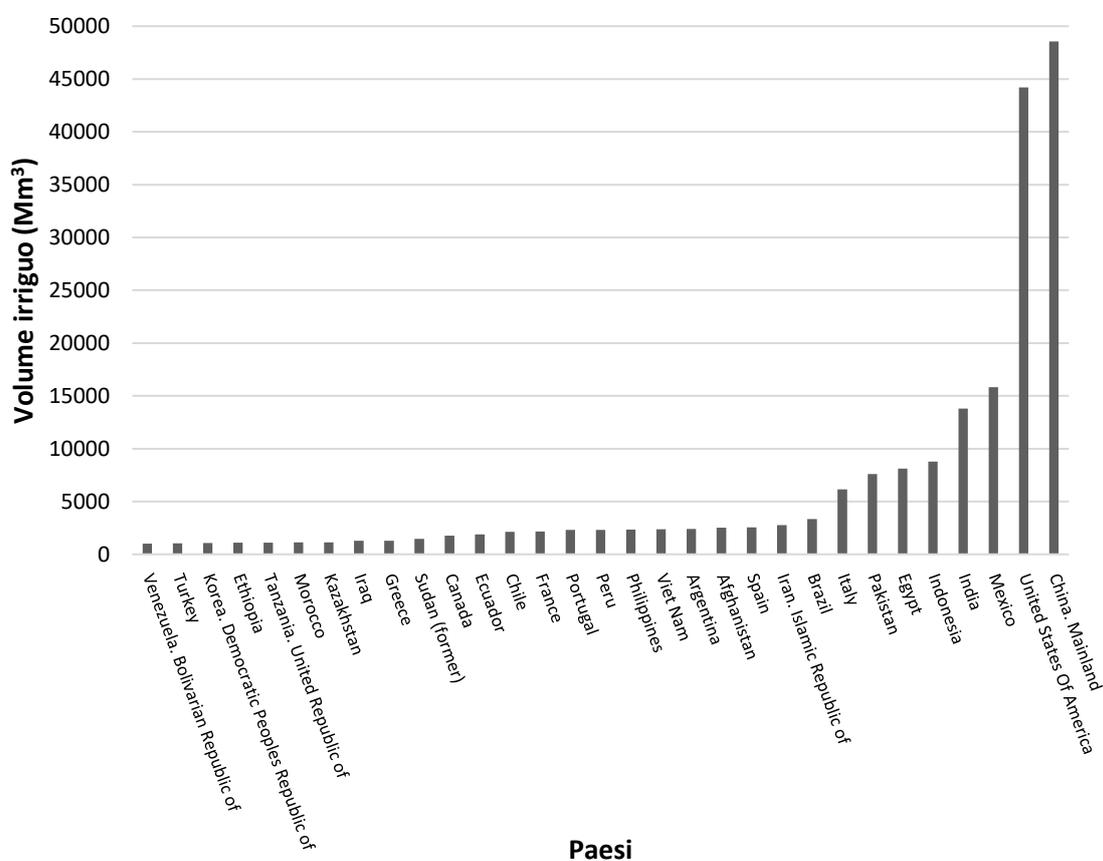


Figura 5.5 Andamento dei volumi irrigui a scala globale – MAIS

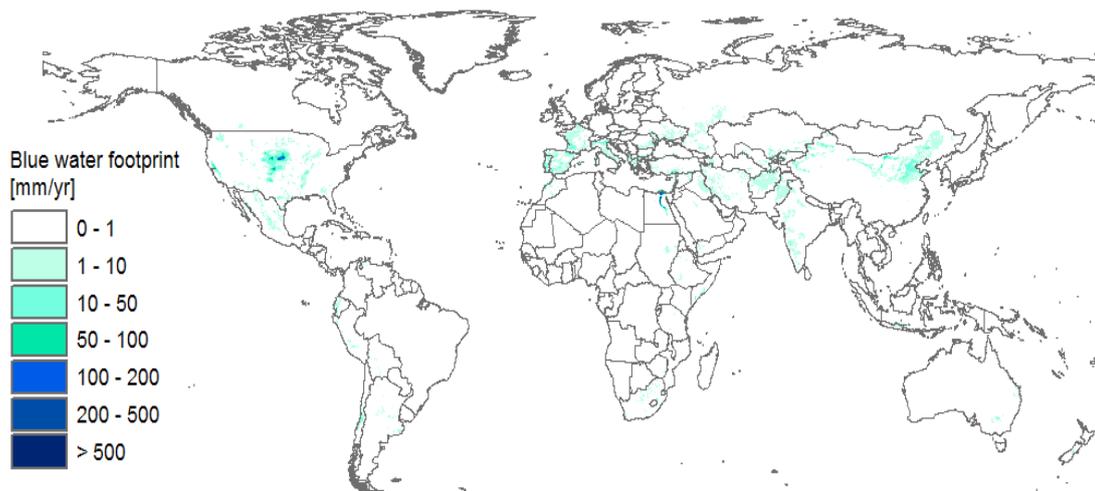


Figura 5.6 Mappa globale dell'impronta idrica blu (mm/a) – MAIS, fonte immagine: [25]

Un secondo confronto riguarda sempre le due variabili di volume irriguo e di impronta idrica, entrambi per tipo di coltura, ma, in questo caso, i valori di WF sono quelli calcolati precedentemente. Così come per il confronto a livello di Paese (Figura 5.1) si è realizzato un grafico a dispersione, con entrambi gli assi in scala logaritmica, in cui si paragonano i volumi irrigui stimati con le impronte idriche calcolate, per le 23 colture e per tutti i Paesi possibili (Figura 5.7).

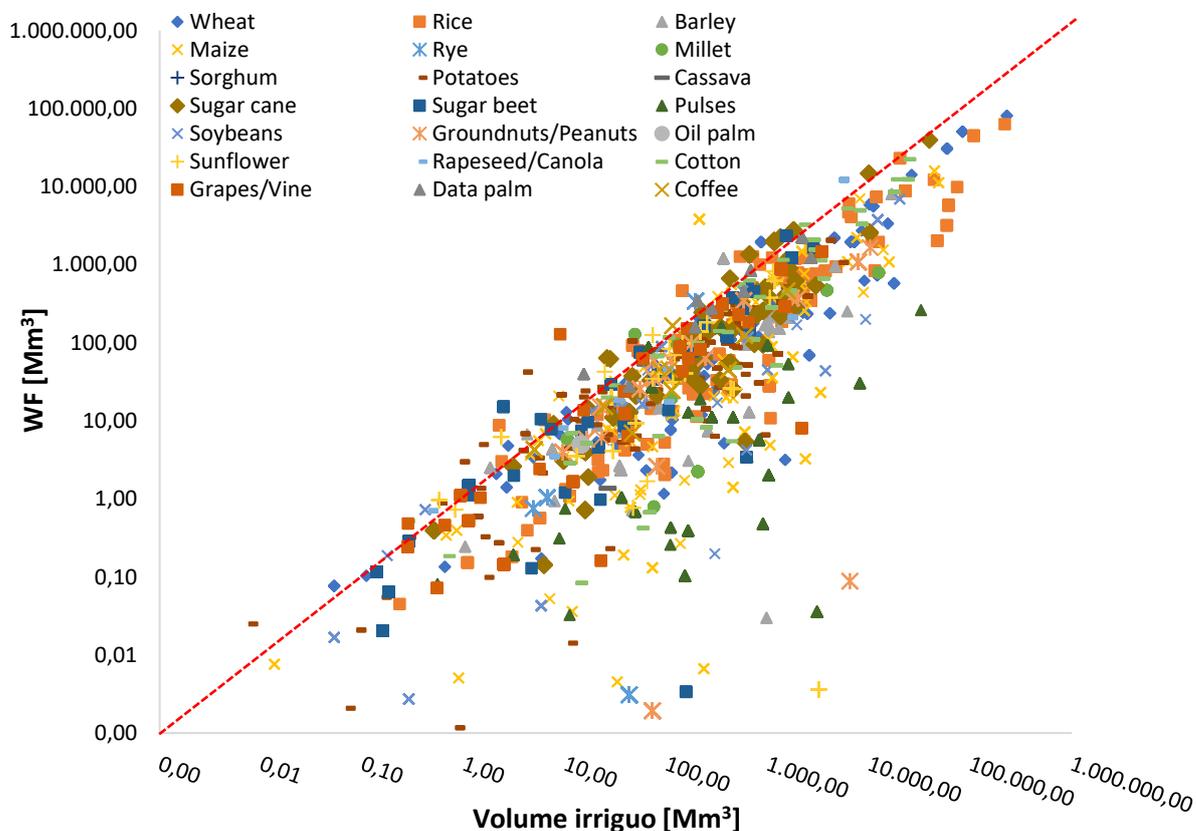


Figura 5.7 Andamento globale di impronta idrica e volume irriguo a livello di coltura

Si può notare una buona correlazione tra queste due variabili; la maggior parte dei dati segue l'andamento della bisettrice. Nonostante si stiano paragonando due variabili che non rappresentano lo stesso concetto, da una parte il volume irrigato e le aree irrigate per tipo di coltivazione e dall'altra parte la quantità di prodotto per ogni coltura e la relativa l'impronta idrica unitaria di acqua blu, si ottiene un allineamento significativo. Si può affermare che questo metodo di stima permette di raggiungere un risultato apprezzabile.

Si provvede poi a confrontare le stime dei volumi irrigui per ogni coltura e i valori di WF calcolati con la relazione (8):

$$\eta = \frac{WF_{crop}}{V_{irriguo_{crop}}} \quad (8)$$

dove  $WF_{crop}$  è il valore di impronta idrica di una singola coltura e  $V_{irriguo_{crop}}$  è il dato di volume irriguo per la stessa coltura. In questo modo si sono ottenuti i dati di efficienza per ogni tipo di coltivazione a scala di Paese. Si riportano in Tabella 8 le 23 colture con i relativi valori di efficienza media e massimo e il numero di Paese per cui è stato possibile calcolarla. Si può notare che le cinque coltivazioni comuni alla maggior parte dei Paesi sono il grano (wheat), il riso (rice), il mais (maize), la patata (potatoes) e la canna da zucchero (sugar cane). Invece, la pianta del cacao non presenta risultati di efficienza in quanto non vi è una corrispondenza tra le due variabili. Nei risultati dei volumi irrigui, i Paesi che mostrano la presenza di cacao sono la Colombia, riferita all'anno 2011, l'Honduras, riferito all'anno 2007 e il Venezuela, riferito al 2008. Invece, nel database dell'impronta idrica unitaria di Hoekstra, base per il calcolo dell'impronta idrica (WF), i Paesi che presentano dati di impronta idrica blu per la pianta del cacao sono il Brasile (53 milioni di m<sup>3</sup>/ton) e la Nigeria (5 milioni di m<sup>3</sup>/ton). Esaminando i valori di efficienza, si sono ottenuti dei valori anomali per il mais (18.05) riferito alla Russia, per la patata con 10.68 della Moldavia e per la vite (14.28) dell'isola di Cipro; tre Paesi che rientrano nel caso di deficit idrico (*Allegato 7*).

Tabella 8 Valori di  $\eta$  medio e massimo per le 23 colture, per tutti i Paesi

Colture	N. valori	$\eta$ medio	Valore max.
<i>Wheat</i>	69	0.11	2.25
<i>Rice</i>	96	0.17	3.87
<i>Barley</i>	43	0.07	3.30
<i>Maize</i>	88	0.18	18.05
<i>Rye</i>	6	0.01	1.75
<i>Millet</i>	9	0.02	2.61
<i>Sorghum</i>	20	0.02	0.97

Potatoes	92	0.25	10.68
Cassava	3	0.01	1.17
Sugar cane	65	0.15	2.46
Sugar beet	37	0.11	6.12
Pulses	27	0.01	1.32
Soybeans	22	0.03	1.75
Groundnuts / Peanuts	19	0.03	0.78
Oil palm	1	0.00	0.35
Sunflower	28	0.07	2.65
Rapeseed / Canola	8	0.03	2.36
Cotton	43	0.09	1.81
Citrus	34	0.01	0.74
Grapes / Vine	30	0.12	14.28
Date palm	9	0.04	2.60
Coffee	10	0.02	1.43
Cocoa	-	-	-

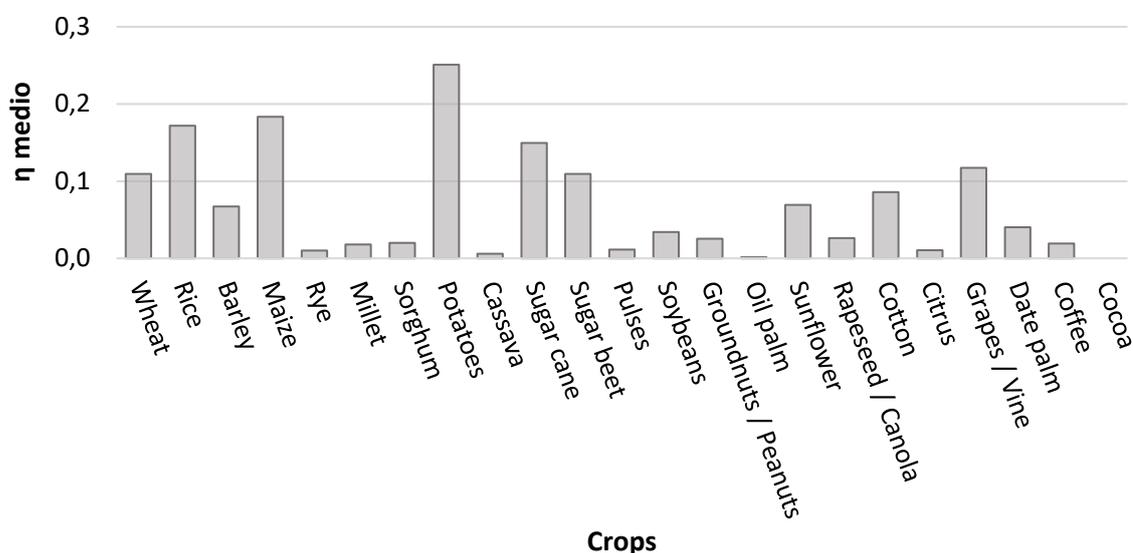


Figura 5.8 Andamento dei valori di efficienza medi per le 23 colture a scala di Paese

Per avere una miglior visualizzazione, si riportano i valori medi di efficienza in un grafico a colonne (Figura 5.8). Mediamente, i valori di  $\eta$  sono minori di 0.2, eccetto per la patata che mostra un valore di 0.25. Questi risultati sono un po' anomali in quanto indicano che il volume di acqua prelevato per l'irrigazione è tanto più grande rispetto a quello che le colture necessitano; questi valori potrebbero essere legati al fatto che in questo confronto si paragonano dati non riferiti allo stesso anno per tutte le variabili e all'utilizzo di un'impronta idrica blu basata su una media decennale. Queste variazioni potrebbero giustificare i risultati ottenuti di efficienza.

## 5.2 Approfondimento sulla Colombia

L'idea di questo approfondimento sulla Colombia nasce dalla volontà di evidenziare in modo più accurato la ripartizione dei volumi irrigui per tipo di coltura.

In Colombia si possono distinguere diverse zone orografiche: montagne, colline, altopiani, pianure e valli. Il territorio della Colombia si può dividere in 5 zone principali, ad est troviamo le foreste dell'Amazzonia, che andando verso nord lasciano spazio alle savane tropicali dell'Orinoco, entrambe pianeggianti; il cuore del Paese è invece costituito dalla catena montuosa delle Ande, che qui si dirama in tre catene principali, fra le quali sorgono diverse vallate dove si trovano la capitale ed altre fra le città maggiori; a sud-ovest abbiamo l'area costiera del Pacifico, mentre a nord la Colombia si affaccia sul Mar dei Caraibi, queste due zone sono per lo più pianeggianti o collinari.

Il clima è determinato dalla collocazione geografica del Paese, in posizione equatoriale. In generale, domina il clima tropicale con temperature uniformi eccetto nelle zone che presentano variazioni di altitudine. Vi sono quindi diverse zone termiche: il clima tropicale è caratteristico della foresta pluviale amazzonica, della costa del Pacifico settentrionale e della Valle del Magdalena centrale; sulla costa meridionale del Pacifico e sulla costa caraibica, così come in specifiche zone dell'interno, predomina il clima monsonico tropicale, caratterizzato da un breve periodo di siccità; le condizioni della savana tropicale predominano nelle pianure della costa atlantica. La stagione secca va generalmente da novembre ad aprile, mentre la stagione umida va da maggio ad ottobre, quest'ultima con brevi periodi di siccità nel mezzo. I volumi di pioggia variano notevolmente tra le diverse regioni, grandi volumi sono registrati nella regione del Pacifico.

La produzione agricola nazionale è molto diversificata, favorita dalle condizioni climatiche, orografiche e idrografiche [29]. Nella zona di pianure e nei fondovalli si coltivano banane, cotone, sesamo, soia, riso, sorgo, banane, yucca, cacao, tabacco, cocco, canna da zucchero, mais, gomma, palma africana, mango, limone ed altri frutti. Nelle zone con clima più temperato si producono caffè, banane, canna da zucchero, fagioli, cotone, arance, papaia, fiori ed erbe. Nelle zone tra i 1800m e i 2800m si coltivano grano, orzo, segale, avena, mais, verdure come barbabietole, fagioli, carote, cavoli, aglio e lattuga, oltre a patate, prugne, pesche, more e fiori. Il raccolto più importante è il caffè con 664.479 ettari nel 2009, pianta che non necessita irrigazione.

La disponibilità di acque sotterranee in Colombia ha un'ampia variabilità come risultato della complessità geologica del territorio e delle sue condizioni topografiche,

idrologiche e climatiche. Il 75% dell'acqua sotterranea è impiegato nel settore agricolo. Tranne che nelle zone più umide delle foreste pluviali del Pacifico e dell'Amazzonia, la maggior parte delle colture perenni e annuali richiede l'irrigazione. In Colombia c'è un sottoutilizzo di terreno ottimale per l'agricoltura (circa il 24% del territorio) e una scarsa copertura delle infrastrutture di irrigazione. Del totale dell'area di irrigazione potenziale, 7.6 milioni di ettari, nel 2011 solo 1 milione di ettari, il 14.3%, dispone di infrastrutture per l'irrigazione [29]. Il Piano di Sviluppo Nazionale 2010-2014 considera l'agricoltura e lo sviluppo rurale come una delle attività economiche che definiranno la direzione dell'economia colombiana nei prossimi anni. L'obiettivo è quello di aumentare la competitività della produzione agricola promuovendo un uso efficiente del suolo e dell'acqua, migliorando le infrastrutture di irrigazione [30].

Dal database di FAOSTAT si sono scaricati i dati delle aree equipaggiate per l'irrigazione. Anche se molti valori sono stimati, si è realizzato un grafico a colonne (Figura 5.9) per mettere in evidenza l'aumento negli anni della superficie attrezzata per l'irrigazione.

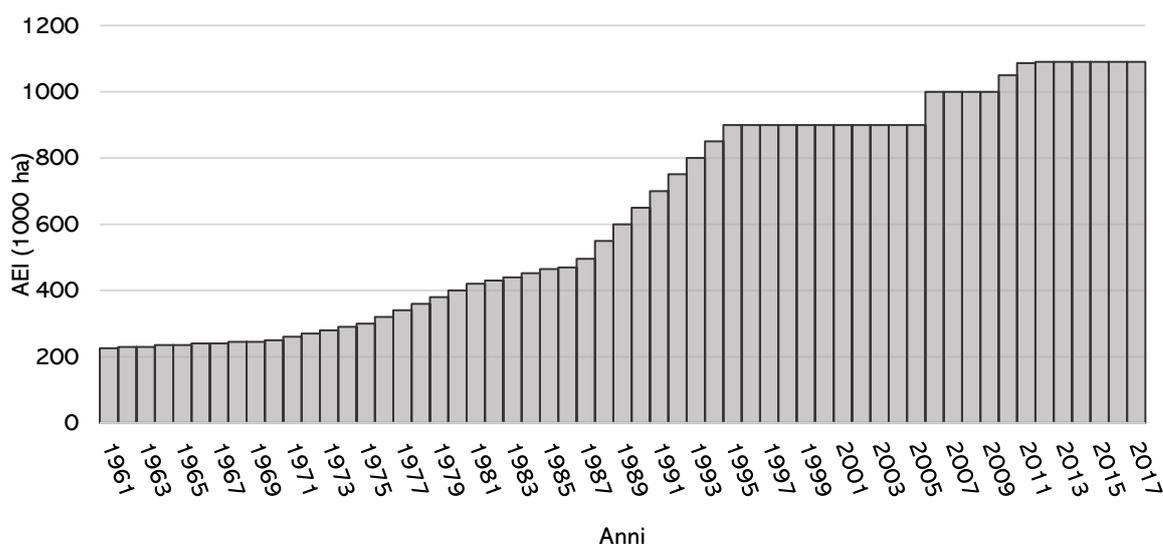


Figura 5.9 Andamento dei valori di AEI - Colombia, fonte: FAOSTAT

Inoltre, per il 2011 e il 2013 sono disponibili i dati della superficie effettivamente irrigata (AAI); variabile che dipende fortemente dalle condizioni idro-climatiche dell'anno considerato ed è quindi più mutabile dell'AEI.

La Figura 5.10 mostra come l'AAI nel 2013 abbia avuto un aumento di quasi due volte rispetto al 2011.

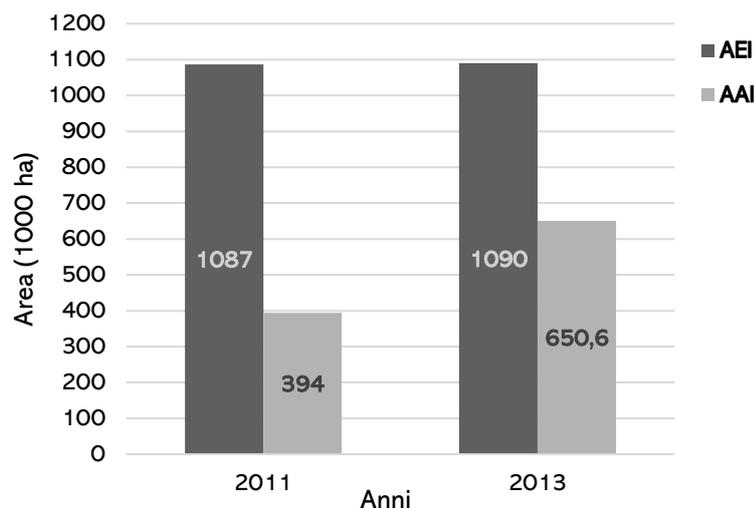


Figura 5.10 Andamento di AAI rispetto ad AEI - Colombia, fonte: FAOSTAT

Questi valori sono confermati dal fatto che l'anno 2013 è stato mediamente un anno più secco; la precipitazione media del 2011 è di 130 mm mentre quella del 2013 è di 85 mm. Si riportano (Figura 5.11) i valori di precipitazione media di questi due anni per i diversi distretti della Colombia, ricavati dalla sezione di Ambiente e Sviluppo Sostenibile del sito del governo colombiano [31].

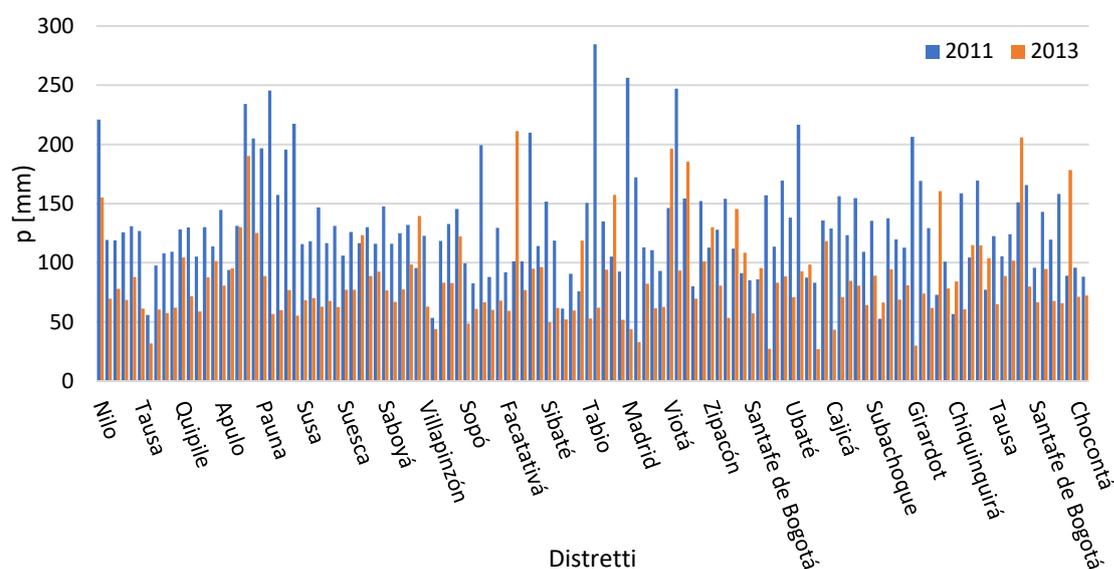


Figura 5.11 Andamento precipitazioni medie annue dei distretti colombiani, anni 2011 e 2013

Nel calcolo della quantità di acqua necessaria ad ogni tipo di coltura e per ogni Paese, descritto nel paragrafo 2.3 , si è formulata l'ipotesi che tutte le colture avessero lo stesso fabbisogno irriguo; assunzione forzata, ma grazie alla quale è stato possibile ottenere i valori di volume irriguo a livello di coltivazione. Questa analisi relativa alla Colombia è volta a verificare e quindi confermare l'utilizzo ragionevole di questa approssimazione riferita all'altezza irrigua.

Piuttosto che ripartire in modo costante il volume irriguo in base alle aree irrigate, viene ripartito in base al valore di impronta idrica calcolata per tipo di coltura.

Per calcolare i volumi irrigui per tipo di coltura, per la Colombia, si è utilizzato il calendario delle colture irrigate (Irrigated Crop Calendar) di AQUASTAT (esempio in Figura 1.1) riferito all'anno 2011. Anche il dato disponibile relativo al prelievo di acqua per l'irrigazione (m<sup>3</sup>) è riferito al 2011. Per quanto riguarda l'analisi dell'impronta idrica WF (m<sup>3</sup>) si è utilizzato il valore di produzione in tonnellate e il valore d'impronta idrica unitaria (m<sup>3</sup>/t) ricavata dal database di Hoekstra (media decennale riferita al periodo 1996-2005). Nonostante la mancanza di dati riferiti all'anno 2011 si sono confrontate queste due variabili, impronta idrica e volume irriguo anche se negli anni vi possono essere stati dei cambiamenti a livello di tipologia di coltura irrigata e di quantità prodotta.

Dal calendario di AQUASTAT risulta che le colture irrigate in quel determinato anno sono: riso, mais, ortaggi, frutta, platano, patate, caffè, cacao, canna da zucchero, cotone e tabacco. Secondo il database di Hoekstra, patate, caffè, cacao e tabacco non risultano essere irrigate, per cui non si sono tenute in considerazione per questo approfondimento.

Il primo passaggio è stato quello di calcolare l'impronta idrica delle sei colture prese in esame (riso, mais, canna da zucchero, cotone, frutta e ortaggi) utilizzando la formula (6). Dato che gli ortaggi e la frutta comprendono numerose specie, si sono calcolate le singole impronte idriche per poi sommarle e ottenere un volume finale in metri cubi per queste due categorie:

$$WF_{fruits} = \sum_{i=1}^n (uWF_i \cdot P_i) \quad (9)$$

$$WF_{vegetables} = \sum_{i=1}^n (uWF_i \cdot P_i) \quad (10)$$

In Tabella 9 sono riportati i valori di WF riferiti alle sei coltivazioni analizzate:

*Tabella 9 Valori di impronta idrica per le sei colture prese in esame - Colombia*

<b>Coltura</b>	<b>WF (Mm<sup>3</sup>)</b>
RICE	712.230
MAIZE	19.827
SUGAR CANE	292.297
COTTON	6.956
FRUITS	177.035
VEGETABLES	34.316

I valori di volume irriguo per tipo di coltura ottenuti con l'altezza irrigua costante sono stati confrontati con questi valori di WF. Con il calcolo dell'altezza irrigua si era stimato un valore di volume irriguo per le diverse colture della Colombia; grazie al valore di impronta idrica di queste colture e quindi tenendo conto del loro fabbisogno irriguo, si è voluto assegnare una percentuale più specifica e realistica del prelievo di acqua destinato all'irrigazione. In Tabella 10 sono mostrati i valori di WF, le relative %, i valori di volume irriguo per tipo di coltura che tengono conto delle nuove % e quelli stimati considerando l'altezza irrigua costante.

Tabella 10 Calcolo dei nuovi volumi irrigui per tipo di coltura -Colombia

Coltura	WF (Mm <sup>3</sup> )	% calcolata da WF	V <sub>crop</sub> (Mm <sup>3</sup> ) con nuove %	V <sub>crop</sub> (Mm <sup>3</sup> ) stimato con AI costante
RICE	712.230	57.31%	3154.650	2743.912
MAIZE	19.827	1.60%	87.820	389.838
SUGAR CANE	292.297	23.52%	1294.661	1882.085
COTTON	6.956	0.56%	30.809	11.696
FRUITS	177.035	14.25%	784.133	176.625
VEGETABLES	34.316	2.76%	151.995	299.913
Tot.	1242.661			5504.069

In Figura 5.12 si mostra il confronto tra i volumi irrigui calcolati precedentemente con una ripartizione del volume irriguo uguale a tutte le colture e i volumi ottenuti con percentuali diverse ottenuti dal calcolo delle impronte idriche considerando la produzione del 2011.

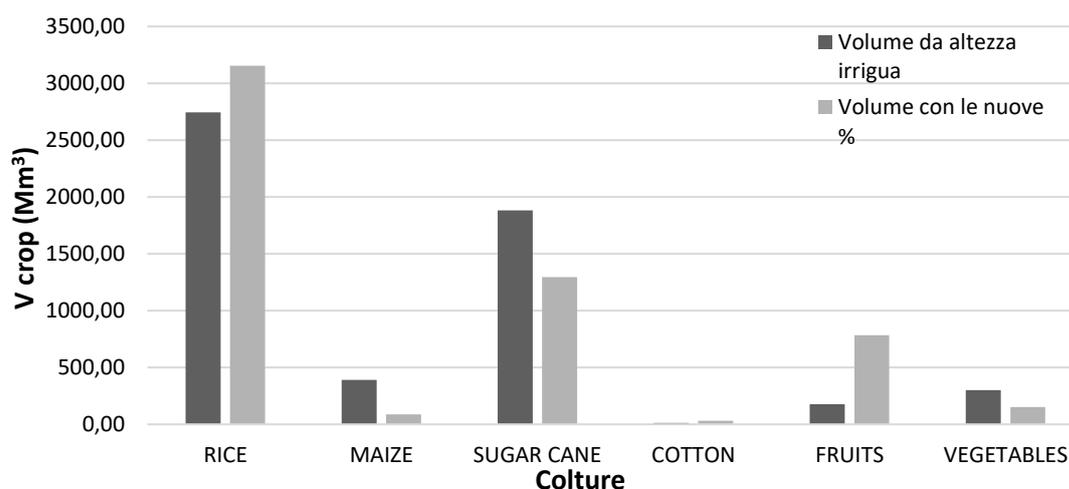


Figura 5.12 Confronto tra i volumi irrigui per tipo di coltura calcolati con l'altezza irrigua e con la produzione – Colombia

Da questo approfondimento sulla Colombia si mette anche in evidenza la differenza dei totali dei volumi irrigui per tipo di coltura e delle impronte idriche per l'anno 2011. Risulta che il volume irriguo è quasi cinque volte più grande del totale dell'impronta idrica (Tabella 10). Un primo motivo è sicuramente legato alla differenza temporale: le produzioni sono riferite al 2011, anno in cui si hanno i dati di aree e volume irriguo, ma i valori di impronta idrica unitaria sono riferiti a una media decennale 1996-2005. Di conseguenza, l'impronta idrica effettiva del 2011 sarà diversa, ma per aver una maggior coerenza si è deciso di continuare ad utilizzare il database di Hoekstra. Un altro punto di discussione legato a questo problema può essere l'efficienza del sistema di irrigazione, che nel calcolo dell'impronta idrica viene considerata massima ma realmente non è così. Ciò detto può giustificare che i volumi prelevati a scopo irriguo siano maggiori rispetto al totale di WF.

In conclusione, si può affermare che tenendo conto dell'effettiva produzione di un Paese, si può suddividere il volume irriguo di quel determinato Paese con delle percentuali più corrette e ottenere una miglior ripartizione della quantità di acqua destinata all'irrigazione per le diverse colture. Tuttavia, ipotizzando una ripartizione costante, si ottengono comunque delle stime abbastanza realistiche.

### 5.3 Analisi dell'efficienza

Il calcolo dell'efficienza è un modo per interpretare il confronto tra il volume irriguo e l'impronta idrica complessiva a scala di Paese. Come si è mostrato nella Figura 5.1, più i valori sono vicini alla bisettrice e più c'è la possibilità che questi risultati ottenuti siano validi. Se si è di fronte a un problema di efficienza, ovvero se il valore di  $\eta$  è minore di 1, significa che il prelievo di acqua è maggiore rispetto al volume di acqua che arriva alla coltura; questo risultato porterebbe a dire che il WF è sempre inferiore al volume prelevato in quanto si dovrebbe tenere conto delle perdite che si possono avere. Invece, il problema opposto riguarda la disponibilità di risorsa idrica. Non in tutti i Paesi del mondo vi è la possibilità di impiegare l'acqua per scopi agricoli. In questo caso il valore di  $\eta$  sarà maggiore di 1 e quindi il WF è superiore rispetto al volume irriguo. All'interno di questa casistica rientra il problema di stress idrico. Riprendendo la Figura 5.1, si possono avere questi due meccanismi a seconda se un Paese si trova al di sotto o al di sopra della bisettrice. Si è deciso di analizzare un range di valori per studiare in modo più approfondito i risultati ottenuti di efficienza. Gli intervalli presi in considerazione sono:  $\eta < 0.2$ ;  $0.2 < \eta < 0.5$ ;  $0.5 < \eta < 1$ ;  $\eta > 1$ . I valori di efficienza minori di 2

sono molto piccoli e questo è dovuto al fatto che il valore di prelievo idrico non è tanto realistico; il dato di volume potrebbe essere un valore di concessione e non un effettivo prelievo di acqua oppure, i dati utilizzati si potrebbero riferire non solamente all'irrigazione ma in generale all'acqua prelevata per scopi agricoli e di conseguenza risulta essere maggiore. Se l'efficienza ottenuta rientra nell'intervallo 0.2-0.5, si è sempre in una condizione anomala; si preleva un volume maggiore rispetto alla quantità di acqua che si porta in campo e potrebbe significare che ci sono state delle perdite eccessive nella distribuzione. I valori di efficienza compresi tra 0.5 e 1 sono i risultati più rassicuranti; è il range abituale che porta ad avere un buon rapporto tra i prelievi idrici e il fabbisogno irriguo. Se invece, il volume di acqua estratta è minore dell'impronta idrica, ovvero si ottiene  $\eta > 1$ , allora si potrebbe essere in una situazione di grave stress idrico oppure di mal funzionamento del sistema irriguo.

I Paesi in esame sono 152, di cui 62 mostrano un valore di  $\eta < 0.2$ , 49 presentano un valore di efficienza compresa tra 0.2 e 0.5, 28 Paesi rientrano nel range abituale (0.5-1) ed infine sono 13 i Paesi interessati da un'efficienza maggiore di 1.

Con lo stesso codice matlab usato precedentemente per lo studio del test-T, si è realizzata una mappa globale (Figura 5.13) in cui si rappresentano i valori di efficienza per ogni Paese secondo questa suddivisione di intervalli. Questa carta geografica permette di dare uno schema riassuntivo dei risultati ottenuti:

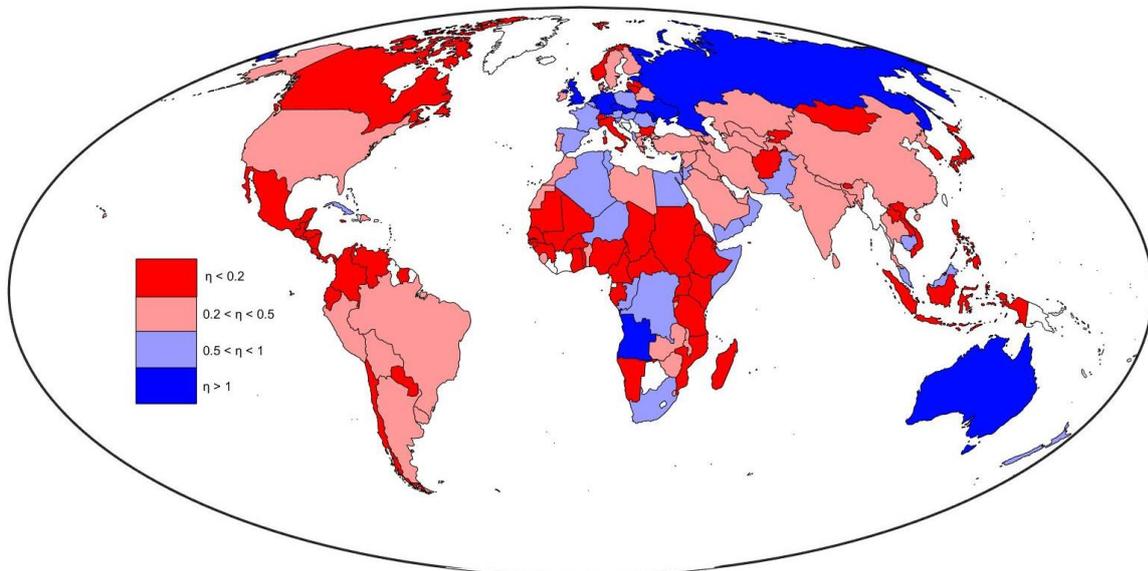


Figura 5.13 Rappresentazione spaziale dei risultati di efficienza ottenuti

Grazie alla Figura 5.13 si può fare un'ulteriore considerazione per i Paesi con un'efficienza minore di 0.5. Ricordando che i tipi di coltura studiati riguardano le prime

23 colture del database di MIRCA, quindi non vengono prese in esame le colture perenni, temporali e foraggere, si potrebbe ipotizzare che i Paesi che abbiano un'efficienza minore di 0.5 siano Paesi in cui si coltivano prodotti che non rientrano nell'elenco delle 23 colture; in Africa, in America Centrale, in Sud America e in Asia Meridionale si coltivano grandi quantità di frutta e ortaggi che non sono stati prese in considerazione per questa analisi e ciò, di conseguenza, potrebbe giustificare questi risultati ottenuti e essere il motivo per cui questi Paesi rientrano in questi intervalli (<0.5).

Oltre a dare una collocazione geografica attraverso una mappa globale, si è realizzato un istogramma di frequenza delle efficienze (Figura 5.14). La classe di frequenza è di 0.1 e per una miglior visualizzazione dei risultati si arriva fino al valore di 2, dato che i valori di efficienza maggiori di 2 sono solamente 6. Si sono evidenziate con un colore più scuro la classi che rientrano nel range ottimale (0.5 – 1).

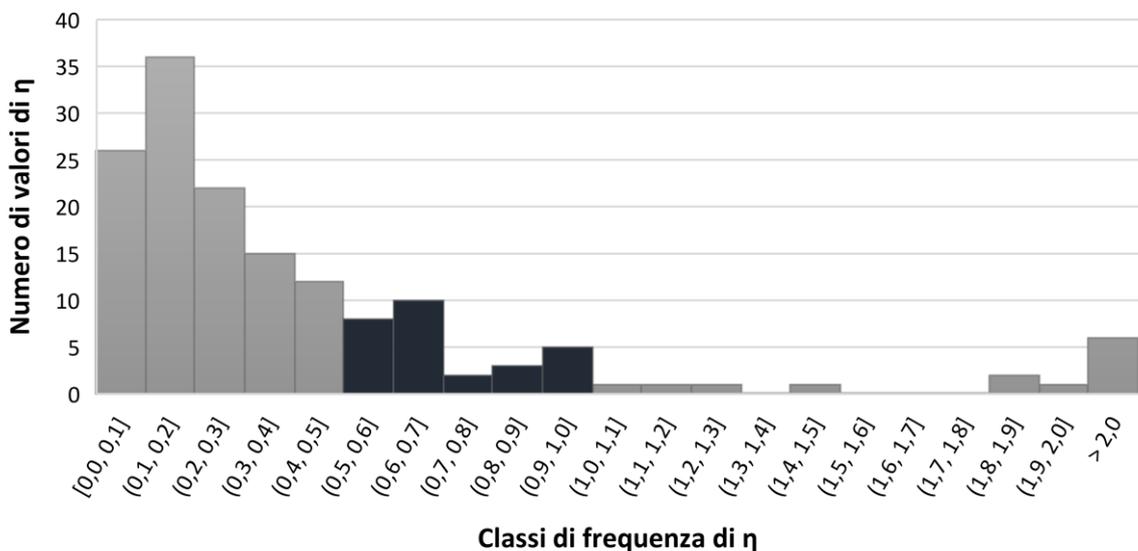


Figura 5.14 Istogramma di frequenza dei valori di efficienza

### 5.3.1 Paesi con problema di stress idrico

Lo stress idrico è una misura della pressione delle attività umane esercitate sulle risorse naturali di acqua dolce, fornisce un'indicazione della sostenibilità ambientale dell'uso delle risorse idriche. Viene definito come la proporzione del prelievo d'acqua da parte di tutti i settori in relazione alle risorse idriche disponibili; influisce su ogni continente, ostacolando la sostenibilità e limitando lo sviluppo sociale ed economico. Oltre più di 2 miliardi di persone vivono in paesi con un elevato stress idrico e fonti d'acqua alternative come le acque di scarico, lo scolo delle acque piovane e la

desalinizzazione possono aiutare ad alleviare la scarsità d'acqua [32]. L'obiettivo di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite numero 6 ("Acqua pulita e igiene") comprende il target numero 6.4 che riguarda l'efficienza nell'uso dell'acqua e lo stress idrico: "Entro il 2030, aumentare sostanzialmente l'efficienza dell'uso dell'acqua in tutti i settori e garantire prelievi e forniture sostenibili di acqua dolce per affrontare la scarsità d'acqua e sostanzialmente ridurre il numero di persone che soffrono di scarsità d'acqua" [33].

Lo stress idrico non indica che un Paese abbia una carenza di acqua, ma da un'indicazione di quanto quel Paese sia vicino a superare le risorse rinnovabili di un bacino idrico. È stato così introdotto un indicatore del livello di stress idrico, espresso in percentuale:

$$WSI = \frac{TFWW}{TRWR - EFR} \cdot 100 \quad (11)$$

Dove *WSI* è l'indice di stress idrico, *TFWW* indica il prelievo totale di acqua dolce (km<sup>3</sup>/a), *TRWR* sono le risorse rinnovabili totali di acqua dolce (km<sup>3</sup>/a) e *EFR* è il fabbisogno di flusso ambientale (km<sup>3</sup>/a); quest'ultimo si riferisce alla quantità e ai tempi di flusso di acqua dolce necessari per sostenere gli ecosistemi di acqua dolce. Se i prelievi di acqua superano le risorse disponibili significa che si sta estraendo di più rispetto alla velocità di riempimento delle falde acquifere.

Il World Resources Institute (WRI) [34] definisce cinque categorie di stress in base a questa percentuale:

- <10% = stress basso
- 10-20% = sollecitazione medio-bassa
- 20-40% = stress medio-alto
- 40-80% = elevata sollecitazione
- >80% = sollecitazione estremamente elevata

Un'analisi dettagliata mostra che 32 Paesi presentano uno stress idrico tra il 25 e il 70 per cento; 22 Paesi sono superiori al 70% e 15 paesi superano di gran lunga il 100 %, e di questi, quattro hanno uno stress idrico superiore al 1.000 %. I quattro Paesi sono Kuwait, Libia, Arabia Saudita ed Emirati Arabi Uniti, dove la domanda per l'acqua è in gran parte soddisfatta dalla desalinizzazione [32]. In Figura 5.15 è mostrata una mappa dei Paesi con i relativi valori di stress idrico.

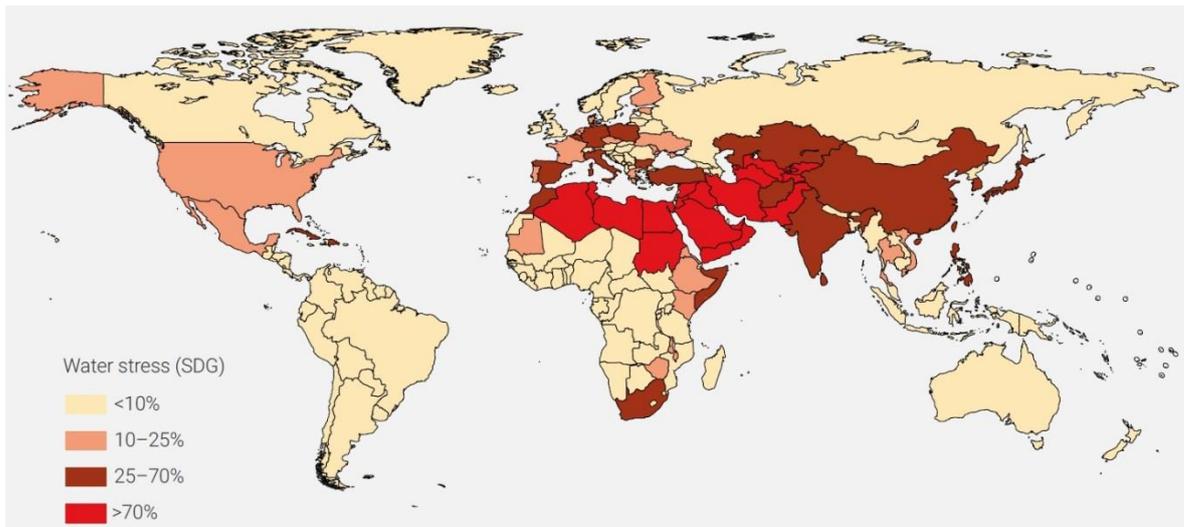


Figura 5.15 Livello di stress idrico per Paese (%) nel periodo 2000-2015, fonte immagine: [32]

Secondo l'analisi dell'efficienza effettuata in questo studio, sono 13 i Paesi che hanno ottenuto un valore di  $\eta$  superiore a 1. In Figura 5.16 si riporta la visualizzazione spaziale di questi Paesi.

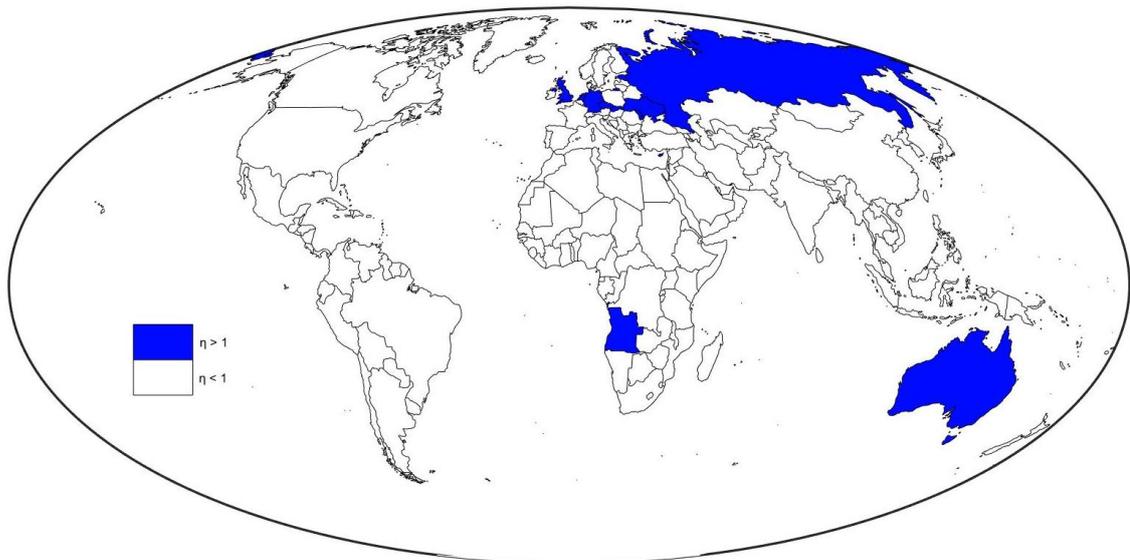


Figura 5.16 Rappresentazione spaziale dei risultati di efficienza maggiore di 1

Nello specifico, i Paesi interessati da un possibile stress idrico risultano essere: Angola, Australia, Cipro, Repubblica Ceca, Estonia, Germania, Moldavia, Paesi Bassi, Russia, Seychelles, Slovacchia, Ucraina e Regno Unito. Confrontando la mappa ottenuta con la Figura 5.15 risulta che la Germania, la Repubblica Ceca, la Slovacchia e l'Ucraina soffrono effettivamente di stress idrico. Gli altri Paesi invece, secondo lo studio delle Nazioni Unite, non sono Paesi che in media hanno una grande percentuale di stress idrico. Questo potrebbe portare ad affermare che, a seguito dei risultati

ottenuti, più che di problema di stress idrico, si potrebbe collegare a una non corretta funzione e gestione del sistema di irrigazione.

Come sottolineato nel Rapporto sullo sviluppo umano dell'UNDP del 2006, che è stato dedicato all'acqua, il consumo di acqua non è l'unico fattore che causa scarsità d'acqua; l'inquinamento gioca un ruolo importante. L'inquinamento delle risorse di acqua dolce non solo rappresenta una minaccia per la sostenibilità dell'ambiente e per la salute pubblica, ma aumenta anche la concorrenza per il prelievo di acqua dolce [35].

Oltre all'indice di stress idrico, si è infine studiato l'indice di aridità. Il fenomeno climatico caratterizzato principalmente da una carenza di acqua è l'aridità che si verifica anche in climi freddi dove le precipitazioni cadono sotto forma di neve. Il Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP) ha definito un indice di aridità (IA), indicatore numerico dell'aridità basato sui deficit idrici climatici a lungo termine e calcolato come rapporto delle precipitazioni totali annuali (P) e dell'evapotraspirazione potenziale (PET). L'evapotraspirazione potenziale (PET) è una misura del "potere di essiccazione" dell'atmosfera per rimuovere l'acqua dalle superfici del terreno per evaporazione e attraverso la traspirazione delle piante. Di conseguenza, se il PET è maggiore di P, allora il clima è considerato arido. Vengono classificati sei sottotipi di terre aride o aride: freddo, iper-arido ( $AI < 0.05$ ), arido ( $0.05 < AI < 0.2$ ), semi-arido ( $0.2 < AI < 0.5$ ), secco-subumido ( $0.5 < AI < 0.65$ ), umido ( $AI > 0.65$ ) e freddo ( $PET < 400$  mm) [36].

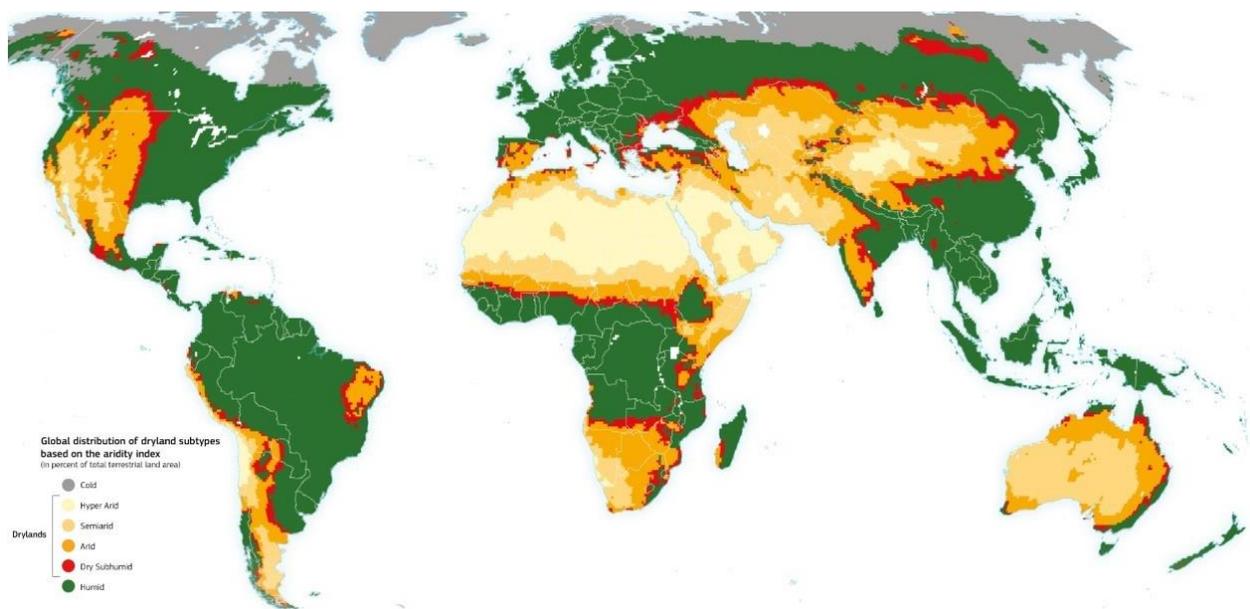


Figura 5.17 Distribuzione globale dell'indice di aridità, fonte immagine: [36]

In Figura 5.17 è riportata la mappa di AI, basata sulla distribuzione globale osservata delle classi climatiche nei periodi 1951-1980 e 1981-2010. Collegando questo indice di aridità con i valori di efficienza maggiori di 1, si può concludere che l'Australia, il sud dell'Angola e la parte meridionale della Russia sono caratterizzate da un terreno tendenzialmente arido.

Questi due indici ambientali analizzati, il water stress index e l'aridity index confermano che effettivamente la maggior parte dei Paesi che presentano un valore di  $\eta > 1$  possono essere collegati a questo problema di scarsità di acqua. È comunque sempre importante tenere conto che in questo studio sono state analizzate variabili non riferite allo stesso anno. Per un'analisi più dettagliata e affidabile sarebbe necessario studiare singolarmente i diversi Paesi in anni specifici.

## Conclusione

Il seguente lavoro ha avuto due scopi principali: valutare, su scala globale, i prelievi di acqua destinati alle colture riferendosi alla relativa superficie irrigata per ogni Paese; calcolare l'impronta idrica blu delle principali coltivazioni, realizzando delle analisi e successive considerazioni. Alla luce dei database presi in considerazione riferiti al prelievo di acqua per l'irrigazione (irrigation water withdrawal), si può affermare che l'integrazione di diverse fonti ha permesso di ottenere un nuovo database, a livello di Paese, per il periodo temporale dal 1970 al 2016. Nonostante vi siano stati problemi nella ricerca di dati per alcuni Paesi, si è costruito comunque un ampio e significativo set di dati da poter consultare.

L'analisi statistica ha permesso di visualizzare in modo più efficace il comportamento delle serie temporali create. Il confronto effettuato tra i Paesi che hanno dimostrato una diminuzione del prelievo di acqua, ma un aumento della superficie attrezzata per l'irrigazione, ha consentito di poter avanzare l'ipotesi di un miglioramento delle tecniche dei sistemi irrigui.

Un'importante ipotesi che è stata effettuata in questo elaborato è il calcolo dell'altezza irrigua media di un Paese, ovvero il rapporto tra il volume irriguo e l'area irrigata. Grazie a questa ipotesi, si è potuto ottenere la quantità di acqua in milioni di metri cubi prelevata per ogni tipologia di coltura presente in quel determinato Paese, riferita all'anno in cui è stato possibile ottenere dati sia di superficie irrigata che di volume irriguo.

Il calcolo dell'impronta idrica blu riferita alle singole colture è stato un modo per analizzare l'affidabilità dei calcoli precedenti riferiti ai volumi irrigui per tipo di coltivazione. L'unica limitazione legata a questo calcolo dell'impronta idrica è stato l'utilizzo del database di Hoekstra per l'impronta idrica unitaria, che si riferisce a una media decennale, dal 1996 al 2005. Quindi, per buona parte dei Paesi i cui dati di volume irriguo rientrano in questo range temporale, si sono ottenuti risultati più significativi.

Tenendo conto che si sono confrontati i valori dei prelievi di acqua con il fabbisogno irriguo di una specifica coltura, a livello di Paese, è stato possibile constatare che per molti Paesi vi è una buona proporzionalità nei risultati; per altri Paesi si sono ottenuti dei valori più anomali. Questo ha permesso di studiare più nel dettaglio alcuni Paesi e affrontare il problema legato allo stress idrico.

Nonostante si siano confrontati il valore di impronta idrica e il valore stimato di volume, a livello di coltura, ripartendo il volume irriguo sulle aree irrigate, si è ottenuto un risultato apprezzabile.

Una conferma di queste ipotesi è stata data da un'analisi più approfondita sulla Colombia, grazie alla quale è stato possibile calcolare dei nuovi valori di volumi irrigui per tipo di coltura assegnando una percentuale più realistica dell'effettivo utilizzo di acqua per le diverse colture tenendo conto del valore di impronta idrica. Pertanto, considerando l'effettiva produzione di un Paese, si può suddividere il volume irriguo per le diverse colture in modo più specifico.

Studiando più nel dettaglio i singoli Paesi si otterrebbero dei risultati più veritieri e si potrebbero rendere più precisi i valori ottenuti. Riguardo l'analisi di stress idrico, approfondire lo studio a livello di nazione aggiungendo inoltre il problema dell'inquinamento delle risorse di acqua dolce, potrebbe condurre a considerazioni interessanti.

Questo ha voluto essere uno studio a livello globale per presentare una situazione generale dell'argomento. Di fronte alla crescente scarsità d'acqua, al calo della qualità dell'acqua e alle incertezze del cambiamento climatico, migliorare l'efficienza e la produttività dell'uso dell'acqua sulle colture, e contemporaneamente, ridurre l'impatto ambientale negativo, è di massima importanza per rispondere alla crescente domanda di cibo della popolazione mondiale.



## Bibliografia

- [1] FAOSTAT, "FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistic Division," 2019. [Online]. Available: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [2] AQUASTAT, "FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Land and Water Division," 2016. [Online]. Available: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [3] AQUAMAPS, "FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations," 2012. [Online]. Available: <http://www.fao.org/nr/water/aquamaps/>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [4] R. Stefan Siebert, Verena Henrich, Karen Frenken and Jacob Burke Rheinische Friedrich-Wilhelms-University, Bonn, Germany / Food and Agriculture Organization of the United Nations, "Global Map of Irrigation Areas version 5," 2013. [Online]. Available: <http://www.fao.org/aquastat/en/geospatial-information/global-maps-irrigated-areas/latest-version>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [5] S. Siebert, V. Henrich, K. Frenken, and J. Burke, "Update of the digital global map of irrigation areas to version 5," *Rheinische Friedrich-Wilhelms-University, Bonn, Germany and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy*, p. 171, 2013, doi: 10.13140/2.1.2660.6728.
- [6] EUROSTAT, "Statistical office of the European Union, Agriculture and Environment," 2019. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/data/database>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [7] International Food Policy Research Institute, "Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2010 Version 1.1," 2019. .
- [8] Consultative Group for International Agricultural, "Spatial Production Allocation Model (SPAM)," 2010. [Online]. Available: <https://gardian.bigdata.cgiar.org/exploration.php#!/>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [9] L. You, S. Wood, U. Wood-Sichra, and W. Wu, "Generating global crop distribution maps: From census to grid," *Agricultural Systems*, vol. 127, pp. 53–60, 2014, doi: 10.1016/j.agsy.2014.01.002.
- [10] P. Portmann, F. T., Siebert, S. & Döll, "MIRCA2000 – Global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000: A new high-resolution data set for agricultural and hydrological modeling, *Global Biogeochemical Cycles*," 2010. [Online]. Available: [https://www.uni-frankfurt.de/45218031/Data\\_download\\_center\\_for\\_MIRCA2000](https://www.uni-frankfurt.de/45218031/Data_download_center_for_MIRCA2000). [Accessed: 01-Mar-2020].
- [11] F. T. Portmann, S. Siebert, and P. Döll, "MIRCA2000-Global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000: A new high-resolution data set for agricultural and hydrological modeling," *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 24, no. 1, p. n/a-n/a, 2010, doi: 10.1029/2008gb003435.

- [12] F. T. Portmann, "Global estimation of monthly irrigated and rainfed crop areas on a 5 arc-minute grid. Frankfurt Hydrology Paper 09, Institute of Physical Geography, University of Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany," *Frankfurt Hydrology Paper*, 2011.
- [13] P. Portmann, F., Siebert, S., Bauer, C. & Döll, "Global data set of monthly growing areas of 26 irrigated crops. Frankfurt Hydrology Paper 06, Institute of Physical Geography, University of Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany," *Frankfurt Hydrology Paper*, 2008.
- [14] B. R. S. Stefan Siebert, Matti Kummu, Miina Porkka, Petra Döll, Navin Ramankutty, "Historical Irrigation Dataset (HID), MyGeoHUB," 2015. [Online]. Available: <https://mygeohub.org/publications/8/2>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [15] S. Siebert, M. Kummu, M. Porkka, P. Döll, N. Ramankutty, and B. R. Scanlon, "Historical Irrigation Dataset (HID)," *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 19, pp. 1521–1545, 2015, doi: 10.13019/M20599.
- [16] N. Ramankutty, A. T. Evan, C. Monfreda, and J. A. Foley, "Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000," *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 22, no. 1, pp. 1–19, 2008, doi: 10.1029/2007GB002952.
- [17] N. Ramankutty and J. A. Foley, "Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992," *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 13, no. 4, pp. 997–1027, 1999, doi: 10.1029/1999GB900046.
- [18] OECD, "Organisation for Economic Co-operation and Development database of Agri-environmental Indicators," 2017. [Online]. Available: <https://stats.oecd.org/>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [19] Food and Agriculture Organization AQUASTAT data., "WORLD BANK." [Online]. Available: <https://data.worldbank.org/>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [20] HARVESTCHOICE, "Internacional Food Policy Research Institute." [Online]. Available: <https://www.ifpri.org/project/harvestchoice>. [Accessed: 01-Mar-2020].
- [21] ICID database, "INTERNATIONAL COMMISSION ON IRRIGATION AND DRAINAGE," 2016. [Online]. Available: [https://www.icid.org/icid\\_data.html](https://www.icid.org/icid_data.html). [Accessed: 01-Mar-2020].
- [22] INTERNATIONAL COMMISSION ON IRRIGATION AND DRAINAGE (ICID), "World Irrigated Area - 2018," no. Icid, 2018.
- [23] K. Frenken and V. Gillet, "Irrigation water requirement and water withdrawal by country," *My Agriculture Information Bank*, no. November 2012, 2011.
- [24] P. Steduto, T. C. Hsiao, E. Fereres, and D. Raes, *FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPERS n.66, Crop yield response to water*. 2012.
- [25] A. Y. Hoekstra and M. M. Mekonnen, "The Green, Blue and Grey Water Footprint of Crops and Derived Crop Products. Volume 1 : Main Report," *Value of Water Research Report Series No. 47*, vol. 1, no. 16, p. 80, 2010.
- [26] M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra, "National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption," *Hydrology*

*and Earth System Sciences Discussions*, pp. 763–809, 2011, doi: 10.5194/hessd-8-763-2011.

- [27] M. M. Mekonnen and A. Y. Hoekstra, “The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products,” *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 15, no. 5, pp. 1577–1600, 2011, doi: 10.5194/hess-15-1577-2011.
- [28] World Resources Institute, “Water stress, Country Ranking, AQUEDUCT.” [Online]. Available: <https://www.wri.org/applications/aqueduct/country-rankings/>. [Accessed: 13-Mar-2020].
- [29] Aquastat, “Perfil de País – Colombia,” 2016.
- [30] República de Colombia - Departamento Nacional de Planeación, “Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014,” *Departamento Nacional de Planeación*, vol. Tomo 1, p. 541, 2011.
- [31] GOV.CO, “Ambiente y desarrollo sostenible, Precipitaciones Totales Mensuales.” [Online]. Available: <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Precipitaciones-Totales-Mensuales/mb4n-6m2g>. [Accessed: 13-Mar-2020].
- [32] FAO and UN-Water, “Progress on level of water stress. Global baseline for SDG 6 Indicator 6.4.2: Level of water stress: freshwater withdrawal as a proportion of available freshwater resources,” 2018.
- [33] United Nations, *Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation*. 2018.
- [34] P. Reig, T. Shiao, and F. Gassert, “Aqueduct water risk framework,” no. January, 2013.
- [35] UNDP, “United Nation Development Program, Beyond scarcity: power, poverty and the global water crisis, Human Development- Report 2005-2006,” 2006.
- [36] JOINT RESEARCH CENTRE, “WORLD ATLAS OF DESERTIFICATION, Aridity Index.” [Online]. Available: <https://wad.jrc.ec.europa.eu/patternsaridity>. [Accessed: 13-Mar-2020].

**Allegato 1 – Area attrezzata per il pieno controllo dell'irrigazione: irrigazione a pioggia [1000 ha]**

	<b>Anno</b>	<b>Valore</b>			
			El Salvador	1997	4.949
Albania	1990	0.026	El Salvador	2012	2.488
Algeria	1992	40	Estonia	1995	3.68
Algeria	2012	270	Eswatini	2000	20.91
Algeria	2017	409	Ethiopia	2001	6.355
Antigua and Barbuda	1997	0.025	Finland	2010	58.78
Antigua and Barbuda	2014	0	France	2000	2406
Argentina	1988	65.21	France	2007	2420
Argentina	2002	281	Georgia	1996	70.9
Argentina	2011	281	Germany	2006	500
Armenia	2006	25	Ghana	1994	0.58
Australia	2006	524	Ghana	2000	6.3
Azerbaijan	1995	149	Grenada	1997	0.029
Azerbaijan	2010	607	Grenada	2008	0.071
Bahrain	1994	0.13	Guatemala	2003	94.43
Bahrain	2000	0.16	Guinea	1994	1.594
Belarus	1993	131	Guinea	2001	0.3
Benin	1994	4.47	Hungary	2007	118
Benin	2002	4.57	India	1996	700
Bolivia (Plurinational State of)	2011	17.6	India	2001	1446
Botswana	1992	0.892	India	2004	1446
Brazil	1998	1006	Iran (Islamic Republic of)	1993	47.2
Brazil	2006	2413	Iran (Islamic Republic of)	2003	280
Brazil	2010	2446	Israel	2000	60
Brazil	2016	1029	Italy	2007	981.2
Bulgaria	2007	21	Italy	2016	1.591
Burkina Faso	1992	3.9	Jamaica	1997	4.412
Burkina Faso	2001	3.9	Jamaica	2010	5.216
Burkina Faso	2011	3.9	Jamaica	2016	9.5
Cameroon	2000	5.43	Japan	1990	116.5
Canada	2004	683	Japan	1993	243
Chad	1988	3.2	Japan	2010	430
Chad	2002	3.754	Jordan	1991	5.7
Chile	2007	57.4	Jordan	2004	1
China	1992	534	Kazakhstan	1993	549.6
China	1995	616	Kazakhstan	2010	30
China	2006	2841	Kenya	1992	21
Colombia	1992	37.27	Kenya	2003	61.99
Costa Rica	1997	3.9	Kenya	2010	31.22
Costa Rica	2014	46.25	Kuwait	1994	0.6
Côte d'Ivoire	1994	36	Kyrgyzstan	1994	37
Croatia	2002	0.255	Kyrgyzstan	2005	0.4
Cuba	1997	402.7	Lebanon	1993	21
Cuba	2012	139.1	Lebanon	1998	29.04
Cyprus	1994	1.977	Lebanon	2010	28.24
Czechia	2007	11	Lithuania	1995	9.247
Ecuador	2000	170.1	Madagascar	2000	2.4
Egypt	1993	117	Malawi	1992	11.3
Egypt	2002	171.9	Malawi	2000	43.19
Egypt	2010	410	Malaysia	2009	2
			Mali	1989	0.1

*Allegato 1 – Area attrezzata per il pieno controllo dell'irrigazione: irrigazione a pioggia [1000 ha]*

Mali	1994	0.1	South Sudan	2017	0.3
Mali	2011	0.033	Suriname	2001	1.1
Malta	1990	0.15	Syrian Arab Republic	1993	30
Mauritius	1997	13.23	Syrian Arab Republic	2007	164.1
Mauritius	2002	17.03	Syrian Arab Republic	2010	187.1
Mauritius	2007	17.6	Togo	1990	0.55
Mauritius	2012	16.61	Tunisia	1991	55
Mauritius	2016	14.76	Tunisia	2001	90
Mexico	1997	310.8	Tunisia	2012	115.2
Mongolia	1993	43.4	Turkey	1994	263.8
Montenegro	2010	0.904	Turkey	2006	298.2
Morocco	1989	103.2	Turkey	2012	500
Morocco	2004	151.7	Uganda	1998	0.23
Morocco	2011	125.8	Uganda	2009	2.165
Namibia	1992	1.845	Ukraine	1992	2080
Namibia	2002	3.276	United Arab Emirates	1993	3.748
New Zealand	2007	491.4	United Arab Emirates	2003	4
New Zealand	2012	581.4	United Arab Emirates	2017	3
Nicaragua	1997	0	United Kingdom	2005	105
Nigeria	2004	0.05	United States of America	2005	12333
Occupied Palestinian Territory	2017	21	United States of America	2010	12780
Oman	1993	1.64	Uruguay	2011	18
Oman	2004	6.654	Venezuela (Bolivarian Republic of)	1989	72.8
Oman	2017	27.5	Venezuela (Bolivarian Republic of)	2008	275.5
Panama	1997	8.322	Viet Nam	2005	1.1
Panama	2009	3.74	Yemen	1994	0.35
Peru	1994	21.74	Zambia	1992	17.2
Peru	2012	86.87	Zambia	2002	17.57
Philippines	2006	4.5	Zimbabwe	1990	81.75
Poland	2007	5	Zimbabwe	1993	87.43
Portugal	1999	40	Zimbabwe	1999	112.8
Portugal	2016	168.6	Zimbabwe	2017	113.1
Puerto Rico	1990				
Puerto Rico	2000	6.273			
Puerto Rico	2005	0			
Qatar	2001	1.813			
Republic of Moldova	1992	3.4			
Republic of Moldova	2009	145			
Republic of Moldova	2014	145			
Romania	1990	2600			
Romania	2003	448			
Saint Vincent and the Grenadines	2003	0.044			
Saudi Arabia	1992	1029			
Saudi Arabia	2004	716			
Serbia	2017	65.56			
Seychelles	2003	0.04			
Slovenia	2010	5.267			
South Africa	1991	660			
South Africa	2000	820			
South Africa	2012	920			

**Allegato 1 – Area attrezzata per il pieno controllo dell'irrigazione: irrigazione di superficie [1000 ha]**

	<b>Anno</b>	<b>Valore</b>			
			El Salvador	2012	41.56
Albania	1992	397	Eritrea	1993	4.1
Algeria	2012	686.9	Eswatini	2000	25.89
Algeria	2017	596	Ethiopia	2001	144.8
Antigua and Barbuda	1997	0.003	France	2000	130.8
Antigua and Barbuda	2014	0	France	2007	115
Argentina	1988	1390	Gambia	1991	1.67
Argentina	2011	1949	Gambia	1999	2.149
Armenia	2006	247.5	Georgia	1996	366.6
Australia	2006	1831	Georgia	2007	373
Azerbaijan	1995	1302	Germany	2006	10.7
Azerbaijan	2010	817.9	Ghana	1994	5.794
Bahrain	1994	2.497	Ghana	2000	24.6
Bahrain	2000	3.39	Guatemala	1997	129.8
Bangladesh	1995	3751	Guatemala	2003	198.6
Bangladesh	2008	5050	Guinea	1994	13.95
Benin	1994	3.956	Guinea	2001	19.93
Benin	2002	5.043	Guinea-Bissau	1996	8.562
Bhutan	1995	27.02	Guyana	1991	150.1
Bhutan	2007	27.68	Guyana	2012	143
Bolivia (Plurinational State of)	2011	275.9	Haiti	1991	91.5
Botswana	1992	0.218	Honduras	1991	73.21
Brazil	1998	1696	Hungary	2007	18.9
Brazil	2006	1860	India	1993	49330
Brazil	2010	2619	India	2001	59884
Brazil	2016	1547	India	2004	61938
Brunei Darussalam	1995	1	Indonesia	1996	4428
Bulgaria	2007	80.6	Indonesia	2005	6722
Burkina Faso	1992	11.53	Iran (Islamic Republic of)	1993	7173
Burkina Faso	2001	14.7	Iran (Islamic Republic of)	2003	7432
Burkina Faso	2011	25.39	Italy	2007	2399
Burundi	2000	6.96	Italy	2016	1.543
Cambodia	1993	269.5	Jamaica	1997	19.04
Cameroon	2000	17.02	Jamaica	2010	23.01
Chad	1988	10.82	Jamaica	2016	33.9
Chad	2002	26.52	Japan	1990	2869
Chile	2007	801.3	Japan	1993	2830
China	1992	49895	Japan	2010	2010
China	1995	50760	Jordan	1991	20.3
China	2006	59338	Jordan	2004	13.86
Congo	1993	0.216	Kazakhstan	1993	1764
Costa Rica	1997	85.48	Kazakhstan	2010	1159
Costa Rica	2014	95.29	Kenya	1992	44.61
Côte d'Ivoire	1994	11.75	Kenya	2003	39.22
Croatia	2002	4.864	Kenya	2010	101.5
Cuba	1997	366.6	Kuwait	1994	3.02
Cuba	2012	388.4	Kyrgyzstan	1994	1040
Cyprus	1994	1.977	Kyrgyzstan	2005	1021
Czechia	2007	22.53	Lao People's Democratic Republic	1995	155.4
Democratic People's Republic of Korea	1995	1460	Lao People's Democratic Republic	2017	378.1
Democratic Republic of the Congo	1995	10	Lebanon	1993	53.5
Dominican Republic	1999	267.7	Lebanon	1998	66.13
Dominican Republic	2012	310.1	Madagascar	2000	829.3
Ecuador	2000	663.9	Malawi	1992	15.7
Egypt	1993	3046	Malawi	2000	6.357
Egypt	2002	3029	Malaysia	1990	342
Egypt	2010	2730	Malaysia	1994	340.6
El Salvador	1997	40.04	Malaysia	2009	373
			Mali	1994	78.52

*Allegato 1 – Area attrezzata per il pieno controllo dell'irrigazione: irrigazione di superficie [1000 ha]*

Mali	2000	97.5	Suriname	1998	50.32
Mali	2011	166.9	Syrian Arab Republic	1993	981.3
Malta	1990	0.113	Syrian Arab Republic	2007	1153
Mauritius	1997	4.226	Syrian Arab Republic	2010	1043
Mauritius	2002	2.372	Tajikistan	1994	719.2
Mauritius	2007	1.618	Tajikistan	2009	742.1
Mauritius	2012	1.141	Thailand	1995	4642
Mauritius	2016	0.317	Thailand	2007	6415
Mexico	1997	5802	Togo	1990	1.448
Mexico	2009	5168	Togo	1996	2.3
Mongolia	1993	13.9	Tunisia	1991	294
Montenegro	2010	0.004	Tunisia	2001	215
Morocco	1989	986	Tunisia	2012	189.4
Morocco	2004	1209	Turkey	1994	3807
Morocco	2011	1044	Turkey	2006	4572
Myanmar	1995	1555	Turkey	2012	4690
Myanmar	2004	2083	Turkmenistan	1994	1744
Namibia	1992	2.95	Turkmenistan	2006	1991
Namibia	2002	2.95	Uganda	1998	5.35
Nepal	1994	1134	Uganda	2012	6.321
New Zealand	2007	110.9	Ukraine	1992	525
New Zealand	2012	94.48	United Arab Emirates	1993	25.38
Nicaragua	1997	61.37	United Arab Emirates	2003	27.1
Niger	2011	13.74	United Arab Emirates	2017	10.4
Niger	2017	15.34	United Kingdom	2005	117
Nigeria	2004	238.1	United States of America	2007	12696
Oman	1993	57.82	United States of America	2012	12078
Oman	2004	46.66	Uruguay	1998	181
Oman	2017	49.6	Uruguay	2011	200
Pakistan	2008	19270	Uzbekistan	1994	4276
Panama	1997	25.73	Venezuela (Bolivarian		
Panama	2009	23.9	Republic of)	1989	356.1
Peru	1994	1697	Venezuela (Bolivarian		
Peru	2012	2362	Republic of)	2008	735.5
Philippines	1993	1550	Viet Nam	1990	2900
Philippines	2006	1864	Viet Nam	1994	3000
Poland	2007	102.7	Viet Nam	2005	4584
Portugal	2016	141.8	Yemen	1994	382.4
Puerto Rico	1990	5.666	Yemen	2004	453.8
Puerto Rico	2000	2.165	Zambia	1992	28.4
Puerto Rico	2005	0	Zambia	2002	32.19
Qatar	2001	9.707	Zimbabwe	1990	19.25
Republic of Korea	1996	888.8	Zimbabwe	1993	21.14
Republic of Moldova	1992	305	Zimbabwe	1999	46.85
Republic of Moldova	2009	68.3	Zimbabwe	2017	40.4
Republic of Moldova	2014	68.3			
Romania	1990	420			
Rwanda	1996	3.5			
Sao Tome and Principe	2016	5			
Saudi Arabia	1992	547			
Saudi Arabia	2004	706			
Senegal	1994	71.4			
Senegal	2002	102.2			
Serbia	2017	0.13			
Seychelles	2003	0.02			
Sierra Leone	1992	1			
Somalia	2003	50			
South Africa	1991	396			
South Africa	2000	500			
South Africa	2012	385			
South Sudan	2017	12.7			
Sri Lanka	1995	570			
Sri Lanka	2006	570			

**Allegato 1 – Area attrezzata per il pieno controllo dell'irrigazione: irrigazione localizzata [1000 ha]**

	<b>Anno</b>	<b>Valore</b>			
			Georgia	2007	28.31
Algeria	2012	220	Germany	1991	1.85
Algeria	2017	307	Germany	2006	5
Antigua and Barbuda	1997	0.102	Grenada	1997	0.19
Antigua and Barbuda	2014	0.3845	Grenada	2008	0.294
Argentina	2002	127	Guatemala	2003	19.08
Argentina	2011	127	Guinea	2001	0.16
Armenia	2006	1	Hungary	1991	3.709
Australia	1991	147	Hungary	2007	4
Australia	2006	191	India	1991	70.68
Austria	1991	2	India	1993	71
Azerbaijan	1995	2.618	India	2001	578.2
Azerbaijan	2010	0.1	India	2004	578.2
Bahrain	1994	0.538	Iran (Islamic Republic of)	1993	43.5
Bahrain	2000	0.465	Iran (Islamic Republic of)	2003	420
Benin	1994	1.36	Iraq	1994	8
Benin	2002	1.36	Israel	1991	104.3
Bolivia (Plurinational State of)	2011	3.7	Israel	2000	170
Botswana	1992	0.271	Israel	2004	168.8
Brazil	1998	176.1	Italy	1991	78.6
Brazil	2006	328	Italy	2007	570.6
Brazil	2010	334.8	Italy	2016	0.99
Brazil	2016	2490	Jamaica	1997	1.764
Bulgaria	2007	3	Jamaica	2010	2.454
Burkina Faso	2011	0.441	Japan	1991	57.1
Cabo Verde	1996	0.04	Japan	1993	55
Cabo Verde	2000	0.2	Japan	2010	60
Canada	2004	6.03	Jordan	1991	38.3
Chile	2007	249.8	Jordan	2004	64
China	2006	759.5	Kazakhstan	2010	10.8
Colombia	1992	6.036	Kenya	1992	1
Congo	1993	0.001	Kenya	2003	2
Costa Rica	1997	13.7	Kenya	2010	11.35
Costa Rica	2014	18.05	Kuwait	1994	1.15
Croatia	2002	0.019	Lao People's Democratic Republic	2017	60.93
Cuba	1997	19.49	Lebanon	1993	13
Cuba	2012	30.07	Lebanon	1998	8.838
Cyprus	1994	35.59	Lebanon	2010	28.78
Czechia	2007	5	Malawi	1992	1
Ecuador	1991	0.02	Malawi	2000	5.45
Ecuador	2000	19.4	Malaysia	1991	0.177
Egypt	1990	68.45	Malaysia	1994	0.117
Egypt	1993	83	Malaysia	2009	5
Egypt	2002	221.4	Mali	2011	0.136
Egypt	2010	470	Malta	1990	0.5
El Salvador	2012	1.176	Mauritius	1997	0.831
Eswatini	1994	0.025	Mauritius	2002	1.822
Eswatini	2000	3.051	Mauritius	2007	2.101
Ethiopia	2001	0.012	Mauritius	2012	1.707
Finland	2010	9.8	Mauritius	2016	1.735
France	1991	50.95	Mexico	1991	60.6
France	2000	97.26	Mexico	1997	143.1
France	2007	107.5	Montenegro	2010	1.504

*Allegato 1 – Area attrezzata per il pieno controllo dell'irrigazione: irrigazione localizzata [1000 ha]*

Morocco	1989	4	Turkmenistan	1994	0.4
Morocco	2004	97.97	Turkmenistan	2006	0
Morocco	2011	288.2	Uganda	2012	0.23
Namibia	1992	1.347	United Arab Emirates	1993	37.55
Namibia	2002	1.347	United Arab Emirates	2003	195.5
Netherlands	1991	3	United Arab Emirates	2017	44.3
New Zealand	2007	41.66	United Kingdom	1991	5.51
New Zealand	2012	45.91	United Kingdom	2005	6
Nicaragua	1997	0.095	United States of America	2005	1615
Niger	2017	0.1	United States of America	2010	1850
Occupied Palestinian Territory	2017	100	Uruguay	2011	20
Oman	1993	2.09	Uzbekistan	1994	4.51
Oman	2004	5.538	Venezuela (Bolivarian Republic of)	1989	20.8
Oman	2017	23.8	Venezuela (Bolivarian Republic of)	2008	44.3
Panama	1997	0.572	Yemen	1994	0.4
Panama	2009	4.5	Yemen	2004	0.485
Peru	1994	10.63	Zambia	1992	0.8
Peru	2012	130.9	Zambia	2002	5.628
Philippines	2006	10.92	Zimbabwe	1991	8
Poland	1991	4	Zimbabwe	1993	8
Poland	2007	8	Zimbabwe	1999	13.88
Portugal	1991	23.56	Zimbabwe	2017	8.08
Portugal	1999	25			
Portugal	2016	237.4			
Puerto Rico	1990				
Puerto Rico	2000	13.36			
Puerto Rico	2005	22.04			
Qatar	2001	1.415			
Republic of Moldova	1992	3.6			
Republic of Moldova	2009	15			
Republic of Moldova	2014	15			
Romania	1990	5			
Romania	2003	4			
Saint Kitts and Nevis	1997	0.018			
Saint Kitts and Nevis	2012	0.025			
Saint Vincent and the Grenadines	2003	0.434			
Saudi Arabia	1992	32			
Saudi Arabia	2004	198			
Serbia	2017	4.01			
Seychelles	2003	0.2			
Slovenia	2010	2.337			
South Africa	1991	144			
South Africa	2000	178			
South Africa	2012	365			
Spain	1991	160			
Syrian Arab Republic	1993	2			
Syrian Arab Republic	2007	79.7			
Syrian Arab Republic	2010	110.9			
Togo	1990	0.01			
Tunisia	1991	6			
Tunisia	2001	62			
Tunisia	2012	155			
Turkey	1994	0.386			
Turkey	2006	99.4			
Turkey	2012	150			

## Allegato 2 – Elenco dei 255 Paesi

1	AFG	Afghanistan	66	DJI	Djibouti
2	ALB	Albania	67	DMA	Dominica
3	DZA	Algeria	68	DOM	Dominican Republic
4	ASM	American Samoa	69	ECU	Ecuador
5	AND	Andorra	70	EGY	Egypt
6	AGO	Angola	71	SLV	El Salvador
7	AIA	Anguilla	72	GNQ	Equatorial Guinea
8	ATA	Antarctica	73	ERI	Eritrea
9	ATG	Antigua and Barbuda	74	EST	Estonia
10	ARG	Argentina	75	ETH	Ethiopia
11	ARM	Armenia	76	FLK	Falkland Islands (Malvinas)
12	ABW	Aruba	77	FRO	Faroe Islands
13	AUS	Australia	78	FJI	Fiji
14	AUT	Austria	79	FIN	Finland
15	AZE	Azerbaijan	80	FRA	France
16	BHS	Bahamas	81	GUF	French Guiana
17	BHR	Bahrain	82	PYF	French Polynesia
18	BGD	Bangladesh	83	ATF	French Southern and Antarctic Territories
19	BRB	Barbados	84	GAB	Gabon
20	BLR	Belarus	85	GMB	Gambia
21	BEL	Belgium	86	GEO	Georgia
22	BEL	Belgium-Luxembourg	87	DEU	Germany
23	BLZ	Belize	88	ETH	Ethiopia PDR
24	BEN	Benin	89		Neutral Zone
25	BMU	Bermuda	90	GHA	Ghana
26	BTN	Bhutan	91	GIB	Gibraltar
27	BOL	Bolivia	92	GRC	Greece
28	BIH	Bosnia and Herzegovina	93	GRL	Greenland
29	BWA	Botswana	94	GRD	Grenada
30	BVT	Bouvet Island	95	GLP	Guadeloupe
31	BRA	Brazil	96	GUM	Guam
32	IOT	British Indian Ocean Territory	97	GTM	Guatemala
33	VGB	British Virgin Islands	98	GIN	Guinea
34	BRN	Brunei Darussalam	99	GNB	Guinea-Bissau
35	BGR	Bulgaria	100	GUY	Guyana
36	BFA	Burkina Faso	101	HTI	Haiti
37	BDI	Burundi	102	HMD	Heard and McDonald Islands
38	KHM	Cambodia	103	VAT	Holy See
39	CMR	Cameroon	104	HND	Honduras
40	CAN	Canada	105	HUN	Hungary
41	CTE	Canton and Enderbury Islands	106	ISL	Iceland
42	CPV	Cape Verde	107	IND	India
43	CYM	Cayman Islands	108	IDN	Indonesia
44	CAF	Central African Republic	109	IRN	Iran. Islamic Republic of
45	TCO	Chad	110	IRQ	Iraq
46	CHL	Chile	111	IRL	Ireland
47	HKG	China. Hong Kong SAR	112	ISR	Israel
48	MAC	China. Macao SAR	113	ITA	Italy
49	CHN	China. Mainland	114	JAM	Jamaica
50	TWN	China. Taiwan Province of	115	JPN	Japan
51	CXR	Christmas Island	116	JTN	Johnston Island
52	CCK	Cocos Islands (Keeling)	117	JOR	Jordan
53	COL	Colombia	118	KAZ	Kazakhstan
54	COM	Comoros	119	KEN	Kenya
55	COG	Congo	120	KIR	Kiribati
56	COD	Congo. Democratic Republic of the	121	PRK	Korea. Democratic Peoples Republic of
57	COK	Cook Islands	122	KOR	Korea. Republic of
58	CRI	Costa Rica	123	KWT	Kuwait
59	CIV	Cote de Ivoire	124	KGZ	Kyrgyzstan
60	HRV	Croatia	125	LAO	Lao Peoples Democratic Republic
61	CUB	Cuba	126	LVA	Latvia
62	CYP	Cyprus	127	LBN	Lebanon
63	CZE	Czech Republic	128	LSO	Lesotho
64	CZE	Czechoslovakia	129	LBR	Liberia
65	DNK	Denmark	130	LBY	Libya

## Allegato 2 – Elenco dei 255 Paesi

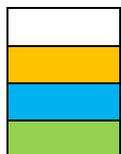
131	LIE	Liechtenstein	196	SMR	San Marino
132	LTU	Lithuania	197	STP	Sao Tome and Principe
133	LUX	Luxembourg	198	SAU	Saudi Arabia
134	MKD	Macedonia	199	SEN	Senegal
135	MDG	Madagascar	200	SRB	Serbia
136	MWI	Malawi	201	SCG	Serbia and Montenegro
137	MYS	Malaysia	202	SYC	Seychelles
138	MDV	Maldives	203	SLE	Sierra Leone
139	MLI	Mali	204	SGP	Singapore
140	MLT	Malta	205	SVK	Slovakia
141	MHL	Marshall Islands	206	SVN	Slovenia
142	MTQ	Martinique	207	SLB	Solomon Islands
143	MRT	Mauritania	208	SOM	Somalia
144	MUS	Mauritius	209	ZAF	South Africa
145	MYT	Mayotte	210	SGS	South Georgia and the South Sandwich Islands
146	MEX	Mexico	211	ESP	Spain
147	FSM	Micronesia. Federated States of	212	LKA	Sri Lanka
148	MID	Midway Island	213		Sudan (former)
149	MDA	Moldova. Republic of	214	SUR	Suriname
150	MCO	Monaco	215	SJM	Svalbard and Jan Mayen Islands
151	MNG	Mongolia	216	SWZ	Swaziland
152	MNE	Montenegro	217	SWE	Sweden
153	MSR	Montserrat	218	CHE	Switzerland
154	MAR	Morocco	219	SYR	Syrian Arab Republic
155	MOZ	Mozambique	220	TJK	Tajikistan
156	MMR	Myanmar	221	TZA	Tanzania. United Republic of
157	NAM	Namibia	222	THA	Thailand
158	NRU	Nauru	223	TLS	Timor-Leste
159	NPL	Nepal	224	TGO	Togo
160	NLD	Netherlands	225	TKL	Tokelau
161	ANT	Netherlands Antilles	226	TON	Tonga
162	NCL	New Caledonia	227	TTO	Trinidad and Tobago
163	NZL	New Zealand	228	TUN	Tunisia
164	NIC	Nicaragua	229	TUR	Turkey
165	NER	Niger	230	TKM	Turkmenistan
166	NGA	Nigeria	231	TCA	Turks and Caicos Islands
167	NIU	Niue	232	TUV	Tuvalu
168	NFK	Norfolk Island	233	UGA	Uganda
169	MNP	Northern Mariana Islands	234	UKR	Ukraine
170	NOR	Norway	235	ARE	United Arab Emirates
171	PSE	Occupied Palestinian Territory	236	GBR	United Kingdom
172	OMN	Oman	237	UMI	United States Minor Is.
173	PCI	Pacific Islands Trust Territory	238	USA	United States Of America
174	PAK	Pakistan	239	VIR	United States Virgin Islands
175	PLW	Palau	240		Unspecified
176	PAN	Panama	241	URY	Uruguay
177	PNG	Papua New Guinea	242	SUN	Ussr
178	PRY	Paraguay	243	UZB	Uzbekistan
179	PER	Peru	244	VUT	Vanuatu
180	PHL	Philippines	245	VEN	Venezuela
181	PCN	Pitcairn Islands	246	VNM	Viet Nam
182	POL	Poland	247	WAK	Wake Island
183	PRT	Portugal	248	WLF	Wallis and Futuna Islands
184	PRI	Puerto Rico	249	ESH	Western Sahara
185	QAT	Qatar	250	YEM	Yemen
186	REU	Reunion	251	SDN	Sudan
187	ROU	Romania	252	SSD	South Sudan
188	RUS	Russian Federation	253	YUG	Yugoslav SFR
189	RWA	Rwanda	254	ZMB	Zambia
190	SHN	Saint Helena	255	ZWE	Zimbabwe
191	KNA	Saint Kitts and Nevis			
192	LCA	Saint Lucia			
193	SPM	Saint Pierre and Miquelon			
194	VCT	Saint Vincent and the Grenadines			
195	WSM	Samoa			





### Allegato 3 - Database creato dei prelievi di acqua per l'irrigazione (IWW) [Mm<sup>3</sup>]

		1970	1975	1980	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
234	UKR																							2500.00				1180.00								
235	ARE																				3310.00															
236	GBR																																			
238	USA							184.60	181.90	145.10	110.40	146.00	128.10	134.20	106.40	102.50	118.40	106.00	94.20	90.50	115.00		82.3	101.1	58.7	56.9	85	103.9	117.8	49		89.2		84.00		
241	URY							188500.00																												
243	UZB															3170.00																				49430.00
245	VEN																																			
246	VNM																									16710.00										
250	YEM																																			
254	ZMB																																			
255	ZWE																3320.00																			



Valore AQUASTAT

Valore OECD

Valore AQUASTAT (dal report 'Irrigation water requirement and water withdrawal by country', Novembre 2012)

Valore EUROSTAT

*Allegato 4 - Database delle aree equipaggiate per l'irrigazione [1000 ha]*

		1970	1975	1980	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
1	AFG	2386	2430	2505	2586	2750	2900	2900	3000	3100	3199	3199	3199	3199	3199	3200	3200	3200	3200	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208
2	ALB	284	331	371	399	409	423	423	395	368	341	340	340	340	340	340	340	340	343	346	353	354	362	365	357	348	340	331	332	332	338	354	353	354	354	
3	DZA	238	244	253	338	337	378	437	497	556	556	558	560	562	564	566	568	569	650	785	860	980	1000	1050	1060	1070	1170	1180	1230	1285	1360	1360	1360	1360	1360	
6	AGO	75	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	83	83	85	85	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
9	ATG														0.13	0.15	0.16	0.17	0.19	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26	0.28	0.29	0.31	0.32	0.34	0.35	0.37	0.38	0.38	0.38	0.38	
10	ARG	1280	1440	1445	1452	1454	1469	1483	1497	1515	1525	1538	1550	1552	1555	1558	1560	1565	1567	1600	1650	1735	1820	1900	1985	2070	2155	2250	2357	2360	2360	2360	2360	2360	2360	
11	ARM									276	277	276	280	275	285	285	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274
13	AUS	1476	1469	1500	1700	1836	1833	1832	2012	2069	2107	2408	2400	2390	2380	2365	2251	2384	2506	2545	2545	2545	2545	2546	2546	2546	2546	2546	2546	2546	2546	2546	2546	2546	2546	2546
14	AUT	4	4	10	40	52	64	70	76	82	88	94	96	96	96	95	95	95	90	85	90	105	120	119	117	117	117	117	118	119	120	113	106	100	100	
15	AZE									1411	1425	1440	1454	1453	1450	1440	1430	1430	1426	1426	1430	1433	1433	1433	1433	1424	1425	1424	1428	1435	1439	1435	1439	1439	1446	
16	BHS			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	BHR	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
18	BGD	1058	1441	1520	2073	2199	2737	2790	3100	3100	3252	3288	3751	3784	3817	3850	3985	4187	4421	4597	4725	4817	4875	4965	5008	5050	5100	5180	5264	5300	5500	5500	5500	5500	5500	
19	BRB	1	1	1	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
20	BLR									130	131	131	131	131	131	130	125	125	120	120	115	115	115	114	94	73	53	57	31	31	31	31	31	31	31	31
21	BEL															33	33	33	22	22	22	22	23	23	22	22	21	20	20	19	21	22	24	24	24	
22	BEL	5	10	13	17	18	18	19	20	21	21	22	30	35	40	37																				
23	BLZ	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
24	BEN	2	4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	14	16	18	20	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
26	BTN	18	22	27	29	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	28	29	30	32	32	32	33	33	33	33	33	33
27	BOL	80	120	140	160	170	179	183	187	190	195	200	204	208	213	217	226	227	232	238	244	250	256	262	268	274	282	289	297	300	300	300	300	300	300	300
28	BIH									2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
29	BWA	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3
31	BRA	796	1087	1481	1960	2300	2550	2700	2700	2784	2869	2953	3037	3122	3280	3438	3596	3754	3913	4071	4229	4387	4546	4601	4800	5000	5200	5400	5659	5918	6177	6437	6696	6955	6955	
34	BRN			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	BGR	1001	1128	1197	1229	1257	1253	1263	1237	1237	1058	836	789	778	709	693	648	622	603	592	124	118	112	108	105	115	126	138	130	123	116	115	115	115	115	
36	BFA	4	8	10	12	16	18	20	22	24	24	24	25	25	25	25	25	25	28	31	34	37	40	42	45	48	50	54	55	55	55	55	55	55	55	
37	BDI	14	14	14	14	15	15	15	15	18	18	18	18	18	18	21	21	21	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
38	KHM	89	89	120	180	210	230	240	250	260	269	270	270	270	275	275	280	282	284	285	300	300	350	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354	354
39	CMR	7	10	14	21	21	22	22	24	24	24	24	24	24	26	26	26	26	26	26	26	26	27	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
40	CAN	606	720	858	1077	1063	1045	1035	1045	1055	1065	1075	1085	1095	1105	1115	1125	1145	1160	1175	1190	1205	1218	1218	1200	1180	1160	1160	1170	1182	1182	1182	1182	1378	1378	
42	CPV	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
44	CAF			0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	TCO	8	10	12	14	14	16	16	16	18	18	18	20	20	22	24	26	28	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
46	CHL	1180	1242	1255	1200	1200	1150	1150	1150	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1109	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	
47	HKG	8	6	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
49	CHN	45918	46693	48395	48961	49265	49565	49715	49865	50026	50350	50670	50991	52943	53160	53400	53620	53820	55600	57400	61056	61511	61898	62559	63220	63413	64120	66352	67743	67783	69481	70025	71358	72626	73301	
50	TWN	503	541	452	447	444	442	440	403	401	402	382	383	382	382	381	380	379	376	374	377	378	377	378	382	382	383	383	382	381	380	378	375	375	375	
53	COL	250	300	400	465	496	600	650	700	751	800	850	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	1000	1000	1000	1000	1050	1087	1090	1090	1090	1090	1090	1090	1090	
54	COM				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	COG	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
56	COD			7	9	9	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
58	CRI	26	36	61	74	75	76	77	78	79	83	85	92	96	103	103	103	103	103	103	103	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	
59	CIV	20	34	44	54	58	63	66	68	70	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73	
60	HRV									2	2	2	3	3	3	3	4	5	11	12	12	13	13	16	20	23	24	24								



## Allegato 4 - Database delle aree equipaggiate per l'irrigazione [1000 ha]

		1970	1975	1980	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
145	MYT																											0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	
146	MEX	3583	4479	4980	5285	5084	5400	5600	5800	6100	6131	6162	6194	6225	6256	6260	6280	6300	6300	6300	6320	6300	6300	6300	6350	6400	6460	6480	6500	6500	6562	6624	6687	6749	6811		
149	MDA									312	311	310	309	309	309	307	307	302	292	281	230	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	228	
151	MNG	10	23	35	60	70	77	78	80	82	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84		
152	MNE																								2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
154	MAR	920	1060	1217	1245	1252	1258	1258	1258	1258	1258	1257	1255	1253	1251	1291	1305	1443	1455	1465	1475	1485	1490	1495	1500	1505	1510	1515	1520	1525	1530	1530	1530	1530	1530		
155	MOZ	26	40	65	93	96	100	102	104	105	107	107	107	108	109	110	112	115	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118		
156	MMR	839	976	1006	1057	1079	1018	1056	1003	998	1110	1336	1555	1557	1556	1592	1692	1868	1910	1985	2050	2110	2136	2244	2250	2255	2275	2329	2292	2295	2295	2295	2295	2295	2295		
157	NAM	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		
159	NPL	117	230	520	760	790	820	840	855	882	1008	1134	1134	1135	1135	1135	1135	1168	1168	1168	1180	1193	1205	1217	1230	1242	1254	1254	1332	1332	1369	1369	1369	1369			
160	NLD	380	430	480	488	466	445	434	423	413	402	365	329	340	352	400	450	498	440	390	351	380	408	432	457	467	476	486	490	495	499	505	515	522	522		
162	NCL	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
163	NZL	111	150	183	256	268	280	280	283	285	285	285	285	285	285	285	285	500	468	490	553	533	433	619	640	660	680	700	722	727	732	737	742	747			
164	NIC	40	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	62	70	78	86	94	107	120	130	140	152	162	173	183	194	199	199	199	199	199	199			
165	NER	18	18	23	30	45	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	70	73	73	73	73	73	74	78	83	87	90	95	100	100	100	100	100	100	100		
166	NGA	200	200	200	200	200	200	230	233	233	233	233	233	233	233	252	270	290	290	291	292	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293	293		
169	MNP															0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		
170	NOR	30	40	74	90	93	96	97	97	97	107	117	127	129	130	132	134	134	131	128	124	121	118	116	115	109	104	93	90	90	89	87	84	84	84		
171	PSE	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	22	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		
172	OMN	29	34	41	54	55	56	58	60	61	62	62	61	61	61	61	60	60	60	59	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	83	85	100	100		
174	PAK	12950	13630	14680	15760	16310	15750	15729	16750	16850	17120	17130	17200	17580	17830	18000	17950	18090	17820	17990	18230	18760	18980	19300	19500	19990	20200	20200	20200	20200	20200	20200	20200	20200	20200		
176	PAN	20	23	28	30	30	31	31	31	32	32	33	33	34	35	35	35	35	35	35	35	35	34	33	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32		
178	PRY	40	55	60	65	65	65	65	65	65	65	67	67	67	67	67	67	67	67	67	70	70	80	80	80	90	100	136	140	140	140	140	140	140	140		
179	PER	1200	1340	1440	1540	1580	1625	1645	1665	1685	1710	1729	1775	1825	1870	1920	1965	2012	2060	2105	2155	2200	2250	2295	2345	2390	2438	2485	2530	2580	2600	2600	2600	2600	2600		
180	PHL	826	1040	1219	1440	1422	1540	1550	1550	1550	1550	1550	1500	1500	1450	1400	1339	1361	1374	1387	1398	1402	1413	1428	1435	1520	1540	1543	1571	1627	1679	1708	1731	1856	1890		
182	POL	303	409	340	340	324	308	302	282	260	240	220	201	172	144	116	89	89	89	94	98	111	124	120	116	105	95	85	82	78	76	140	205	271	271		
183	PRT	855	860	860	875	878	878	878	863	849	834	815	797	797	798	795	792	792	735	705	675	645	617	602	588	565	541	544	547	550	552	550	549	548	548		
184	PRI	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22		
185	QAT	1	1	3	5	6	6	6	6	8	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	14	14	15	15	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22		
186	REU	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
187	ROU	731	1474	2301	2965	3366	3169	3169	3130	3100	3102	3104	3110	3096	3089	3086	3084	3082	3177	3176	3176	3177	3176	3157	3157	3157	3157	3154	3149	3149	3149	3149	3149	3149	3149		
188	RUS									5553	5298	5158	5362	5108	4990	4663	4635	4606	4578	4557	4648	4607	4553	4513	4435	4346	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300	4300		
189	RWA	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	7	7	8	8	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
191	KNA														0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03		
192	LCA	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
194	VCT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
197	STP	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
198	SAU	365	375	600	1150	1400	1550	1600	1600	1608	1609	1610	1611	1612	1613	1614	1615	1616	1617	1618	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	1620	
199	SEN	71	68	64	64	66	67	68	69	70	71	71	76	82	88	94	100	106	112	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
200	SRB																							116	83	89	89	88	92	95	86	78	77	75	70	70	
201	SCG									78	76	68	66	68	55	57	64	72	79	87	94	100	108														
202	SYC																																				
203	SLE	6	13	20	28	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
205	SVK										241	235	217	194	171	182	178	183	183	183	188	192	189	172	172	166	135	109	101	87	77	66	62	64	63		
206	SVN									2	2	2	2	2	2	2	2	3	5	4	6	5	5	5	9	10	8	8	6	5	5	6	6	6	6		
208	SOM																																				

Allegato 4 - Database delle aree equipaggiate per l'irrigazione [1000 ha]

		1970	1975	1980	1985	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
220	TJK									718	718	719	719	719	719	719	719	719	719	719	720	725	728	730	735	740	742	775	798	817	832	893	893	894	894	
221	TZA	38	52	120	135	144	146	147	148	149	150	150	150	150	155	155	157	160	172	184	200	225	250	267	283	300	320	335	350	364	364	364	364	364	364	
222	THA	1960	2419	3015	3822	3996	4158	4238	4349	4433	4537	4590	5004	5120	5240	5357	5475	5590	5710	5830	5950	6070	6187	6305	6415	6415	6415	6415	6415	6415	6415	6415	6415	6415	6415	
223	TLS							14	16	18	19	21	23	25	26	28	30	32	33	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
224	TGO	1	1	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
227	TTO	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
228	TUN	200	200	243	320	340	363	375	385	374	364	352	361	380	383	387	390	394	395	396	397	402	418	428	432	445	450	457	459	469	476	476	476	476	476	
229	TUR	1800	2200	2700	3375	3650	3900	4071	4100	4130	4160	4186	4186	4200	4200	4380	4500	4745	4985	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	5215	
230	TKM									1500	1600	1744	1750	1800	1800	1800	1850	1850	1880	1900	1950	1980	1990	1991	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1995	
233	UGA	4	4	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
234	UKR									2605	2605	2605	2585	2517	2454	2446	2441	2408	2330	2262	2208	2195	2183	2181	2181	2179	2175	2178	2173	2167	2165	2166	2166	2166	2166	
235	ARE	45	50	53	58	60	63	63	65	67	67	67	68	72	94	100	210	210	220	220	220	227	227	227	230	230	230	100	92	92	92	92	92	92	92	
236	GBR	88	86	140	152	155	157	157	145	132	120	122	125	196	267	259	251	243	235	227	229	227	228	182	152	195	213	95	95	95	99	99	99	99	99	
238	USA	21700	22800	25000	26755	26667	26800	26870	26940	27012	27025	27040	27051	27060	27070	27040	27015	27000	26965	26937	26879	26820	26762	26700	26644	26550	26470	26415	26560	26708	26750	26791	26833	26874	26916	
239	VIR																			0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	
241	URY	52	57	79	97	104	115	125	135	140	150	160	160	170	180	181	181	188	195	202	210	218	218	220	220	225	225	230	238	242	246	250	254	258	262.5	
242	SUN	11100	14500	17200	19689	20485	20700	20800	20900																											
243	UZB									4281	4281	4281	4252	4223	4223	4220	4220	4200	4200	4200	4200	4200	4200	4198	4207	4215	4215	4215	4215	4215	4215	4215	4215	4215	4215	
245	VEN	275	295	370	450	450	450	463	477	490	503	516	530	540	557	570	575	580	600	700	800	900	950	1000	1000	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	1055	
246	VNM	1200	1400	1700	2500	2700	2800	2900	2900	2900	3000	3000	3000	3150	3200	3350	3500	3650	3850	3850	4000	4200	4585	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	4600	
250	YEM	260	282	289	302	308	314	348	400	400	450	482	485	486	486	490	490	500	500	500	600	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	
253	YUG	130	133	145	164	168	152	170	160																											
254	ZMB	9	18	19	28	30	30	30	30	46	57	68	79	90	101	112	123	134	145	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	156	
255	ZWE	46	70	80	90	90	100	109	109	109	117	126	135	145	155	165	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	175	175	175	175	175	

Allegato 5 - Volume irriguo per tipo di coltura [Mm<sup>3</sup>]

		Wheat	Matze	Rice	Barley	Rye	Millet	Sorghum	Soybeans	Sunflower	Potatoes	Cassava	Sugar cane	Sugar beet	Oil palm	Rapeseed / Canola	Groundnuts / Peanuts	Pulses	Citrus	Date palm	Grapes / Vine	Cotton	Cocoa	Coffee	Others perennial	Fodder grasses	Others annual	ANNO		
	Paese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26			
1	AFG	8957.51	2509.23	1345.24	1303.68					120.24	196.25							350.45				841.08			1219.57	1612.07	1544.68	2000		
2	ALB	32.23	158.28							0.58	12.95			0.29				6.33				0.29			211.49		94.10	2000		
3	DZA	201.37								352.40						94.39				258.01	679.38	318.06			547.48		1050.91	2000		
6	AGO		60.18							2.59	4.11							14.60							55.48		10.03	2005		
9	ATG																								0.08		0.92	1997		
10	ARG	728.61	2404.41	1991.53				1311.50			352.16		2987.30					2525.84	267.16			206.44			6521.05	4614.52	4019.49	2011		
11	ARM	369.89	32.76		62.35						253.64					62.35			21.14			165.92			372.00	274.77	245.18	2006		
13	AUS	538.83	289.21	715.32				260.56			171.17		1157.63				55.09			176.49		651.40	2363.13		553.90	5226.66	975.12	2000		
14	AUT										11.23			16.85								5.62			11.23		22.46	2000		
15	AZE	4098.40	222.66		1066.03					76.35	441.44			21.48								524.36			680.32	791.64	1407.33	2004		
17	BHR										0.07							0.55	4.78	49.82	2.51				12.53	15.42	70.33	2000		
18	BGD	1649.63	474.33	22878.68							1386.11		226.63					822.18				34.26			210.81		3817.38	2008		
20	BLR		29.23		7.48	6.65					6.46							0.83									59.54	3.82	2003	
21	BEL		0.85								0.56			0.14												0.28		6.23	2000	
23	BLZ		44.20	23.80									17.00							6.80						10.20			1997	
24	BEN										10.14			15.94												1.12		17.65	2000	
26	BTN			312.85							5.15																		2007	
27	BOL		363.80	139.92	111.94						559.69		69.96								41.98					41.98		447.75	2000	
29	BWA																											13.99	2000	
31	BRA	113.03	3325.61	6715.52					3713.31		136.83		10144.14					1879.30	937.08			1231.43		1559.55	660.33		1283.87	2006		
34	BRN			4.25																					0.75				1995	
35	BGR	0.05	121.55	29.54					0.05	29.86	22.74			0.16								12.03	16.35		18.57	5.28	319.81	2000		
36	BFA	2.31	11.77	196.91							1.27		81.09												41.59		85.77	2000		
37	BDI			172.68									14.41											4.97			7.95	2000		
38	KHM			1873.78									49.97							6.24									2006	
39	CMR		55.08	333.32																						98.39		250.21	2000	
40	CAN	433.60	1772.92		222.80				786.88		440.86			37.01					99.30							759.47		197.17	2010	
42	CPV										2.04		9.70													4.78		8.49	1997	
44	CAF			0.23																								0.17	2000	
45	TCO	50.16	150.47	250.78			75.24						94.14															51.41	2000	
46	CHL	1009.53	2115.91	451.60	35.91						457.15			397.78				207.80	347.11		2180.81					7244.15	5922.29	2519.96	2007	
49	CHN	83604.32	48548.92	108904.20					12091.30	1181.01	2275.79		1874.62	723.60		22495.44	7828.41	693.61	1720.90			8207.09				42118.97		15731.81	2006	
53	COL		389.64	2742.51							97.52			1881.12								11.69	135.23	105.56		176.53		327.20	2011	
55	COG												16.50															2.01	2000	
56	COD			21.23									46.15															4.62	1995	
58	CRI			1037.58									896.62					89.01	239.60							870.45		66.75	1997	
61	CUB		455.69								301.62		1160.63															335.36	1997	
62	CYP	2.64	0.09		10.14						24.29							3.09	21.42			8.99				52.80	6.26	29.88	2000	
63	CZE										0.94											0.94				2.81		4.68	2000	
65	DNK	39.13	21.84		46.17	42.98					21.27															0.88	8.11	4.06	2000	
66	DJI		0.01																		0.34							2.40	2000	
68	DOM			2018.18									1890.91													36.36		54.55	2000	
69	ECU	223.68	1883.62	2272.11	164.82						470.90		1000.67					211.91	294.31						906.49		647.49	2000		
70	EGY	10074.74	8104.87	6363.17	941.72			1528.62	57.89	151.66	919.95		1329.51	632.34		579.92	1605.54	1423.54				2904.36			3611.09		18771.10	2000		
71	SLV		62.09	184.58									215.29							36.04						46.14		625.86	1997	
73	ERI							29.27			10.98											32.41				10.11		21.24	1993	
74	EST										0.01															0.02		0.07	2010	
75	ETH	293.36	1100.13	42.34	34.39			253.31	36.67		584.36		344.47					110.01	73.82			733.42		24.60	98.42		1470.68	2000		
79	FIN										10.00			10.00														2.00	18.00	2000
80	FRA	79.71	2170.11	46.54	97.98			19.20	89.41	28.08	138.38			83.91		97.98		163.48	5.94			38.83			304.25	171.25	648.57	2000		
84	GAB										21.22						9.54											9.54	2000	
85	GMB			39.00																										1999
86	GEO	109.91	42.44		35.42					35.42	63.62							17.68	24.76							70.77	233.43	233.57	2007	
87	DEU		6.41								42.26			55.14												5.29		43.59	2000	
90	GHA			199.28																								452.72	2000	
92	GRC	233.39	1293.34	160.20					0.29	28.98	137.13			236.43				36.01	336.10		216.23	2948.93				1691.54		1583.45	2000	
94	GRD		0.04									0.02																0.10	1.84	1997
97	GTM		135.00	94.50									1336.50							108.00							81.00	135.00	2003	
98	GIN			197.21							2.87				14.37												28.16		50.29	2000
99	GNB			11.12																							123.97		8.91	1996
104	HND		454.13	43.95				10.25			36.62	28.29	175.79						87.90			14.65	1.26			322.61		104.55	2007	
105	HUN	8.78	5.46	2.25	7.90				0.18	0.83	3.71			1.13		8.78		8.78				0.28			8.28	7.90	66.28	2000		
107	IND	229422.67	13783.74	218989.15	4604.15		12501.09	6824.87	9227.45		5159.33		39475.10			5197.62	10270.80	32477.93				25289.33				19718.40	36373.75	18684.62	2006	
108	IDN		8793.10	74366.21					1939.32		453.27		661.34				2244.87											4301.89	2005	
109	IRN	26363.89	2762.45	6286.49	6080.11				566.35	778.48			634.40	1530.07				6484.13	1598.54	2135.33		1433.57			11226.88	8789.42				

Allegato 5 - Volume irriguo per tipo di coltura [Mm³]

	Paese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	ANNO			
111	IRL										1.50														0.30		1.50	2000			
112	ISR	52.93	30.77							24.62	110.83							49.23	100.37			83.08			329.43	16.79	331.95	2004			
113	ITA	810.99	6161.05	1719.22					639.90	116.07	215.38			663.63					925.06		1487.03				3856.66	1088.90	3181.18	2000			
114	JAM												175.22						116.81						29.20		126.77	2009			
115	JPN	1491.67	234.66	47187.65	970.35						866.06		595.87	619.73				889.09	985.31						1270.57	25.93	1042.83	2000			
117	JOR	10.34			4.22						21.49							5.72	40.96							299.11		229.16	2004		
118	KAZ	2463.41	1132.22	1113.27	1089.59						710.60			103.27								1589.37			3085.78		2712.48	2010			
119	KEN		112.48	372.00																					84.36	408.67	301.84	742.57	2003		
121	PRK	236.08	1055.97	1499.41					299.88		274.36						267.98									124.42		551.91	1995		
122	KOR			11457.01					618.60		231.98								128.88						618.60		2899.69	2000			
123	KWT	94.86									46.42														103.35		247.37	2006			
124	KGZ	2630.91	448.58	36.47	631.65					431.80	554.34			105.76			151.71							331.87	779.72	796.50	550.69	2005			
125	LAO			2666.45									42.91						128.74					68.66			283.23	2005			
126	LVA										25.50																25.50	2007			
127	LBN	10.73									77.68			28.48			22.48		97.43							254.83		288.37	2000		
128	LSO																										3.80	2000			
129	LBR																										12.30	2000			
130	LBY	528.55			377.54						75.51						75.51	75.51	75.51	191.79	58.34				1132.61		989.15	2000			
132	LTU										0.84															0.11	0.12	0.93	2007		
133	LUX																											0.20	2000		
134	MKD		26.04	20.97						13.02	26.04											39.06			39.06	26.04	91.15	2000			
135	MDG			12491.06									200.46															105.75	2000		
136	MWI			115.78									447.40														57.12	2000			
137	MYS			2165.15									119.86											112.44	433.27		215.80	2000			
139	MLI	114.39	37.79	4728.52			205.25	205.25			45.81		232.77				80.59									130.19	119.43	2000			
140	MLT										3.58															0.48	13.35	2000			
143	MRT			1030.61																								44.39	2004		
144	MUS		0.89											457.46			2.72		0.99							3.17		25.77	2000		
146	MEX	6541.82	15830.66	622.13	1816.23	238.94		7375.30	993.41		471.62		3090.60		2.48			3070.53	4445.25						1685.78	5418.59	2250.57	4264.63	2000		
149	MDA										3.94			2.48												17.78		11.81	2007		
151	MNG	55.13									25.94															6.49	116.74	22.70	1994		
152	MNE																									0.08		0.01	2010		
154	MAR	2784.36	1117.94	46.33				14.99		216.66	288.63		175.43	565.27			74.97	280.39	583.26	277.99	359.37	59.23			1839.64		2325.55	2004			
155	MOZ			73.18	71.13								410.90						6.37									128.41	2000		
157	NAM	22.18	44.36																									17.78	2000		
159	NPL	4556.95	412.19	3717.31									236.63													20.16	28.23	396.92	2000		
160	NLD			4.56							8.46			1.13												2.23	42.30	9.66	2000		
163	NZL		59.61																								77.68	1267.73	150.40	2000	
164	NIC		137.24	411.71									431.32				196.05	156.84							42.11		19.61	137.24	2000		
165	NER	20.50	3.42	123.03							1.37	26.41	25.94				242.35			15.31						26.20		172.49	2005		
166	NGA	592.70	592.70	436.73							748.67		779.87													249.56		3649.78	2004		
170	NOR				14.30						35.75																17.87	35.75	25.74	2000	
171	PSE																										17.01		122.73	2003	
172	OMN	63.27			20.77			41.62			5.49		0.71						21.86	581.01						73.96	7.97	373.35	2004		
174	PAK	58944.93	7606.84	20215.15	658.92		3837.78	2035.34		3192.97	1240.18		9975.78			1620.17	72.43	8088.32	1602.24						24546.05	4786.61	19765.91	4210.39	2008		
176	PAN			96.90									337.25														230.55		22.30	1997	
178	PRY			1110.38									737.43														11.24		30.95	2012	
180	PHL		2350.30	58925.35									1581.46				301.69		47.93							881.00		1502.27	2006		
182	POL	4.86	9.72			4.86					14.57		14.57														9.72	19.43	19.43	2000	
183	PRT	258.17	2294.35	257.57						144.25	362.67		0.51	76.15					207.28							144.49		833.11	596.27	1380.17	2000
184	PRI			3.28										0.10															25.25	2000	
185	QAT	0.65	3.37		37.82								0.09																170.02	2000	
187	ROU	213.34	194.00	2.37					65.58	106.97	14.02								4.87	43.07	0.65						1.45	3.57	157.53	2000	
188	RUS	862.04	211.66	534.93	365.60	193.96	129.31				1154.52		450.26					454.11								3425.07		5418.54	2008		
189	RWA			64.91																									37.09	2000	
198	SAU	7183.42	80.85		595.25		112.92	2724.50			248.35						16.26	71.89	208.10	2178.55	136.31						2188.29	5085.30	2000		
199	SEN		72.92	1385.02								1.47	184.14						85.93							98.21		232.31	2000		
200	SRB		19.30								1.93			3.09													4.82	8.49	27.02	2011	
202	SYC																		0.01										0.99	2003	
203	SLE			28.94									3.05																13.71	2000	
205	SVK	2.75	8.69		1.83				0.42	2.35	1.45			5.79		0.46											1.25	2.18	20.42	2000	
206	SVN	0.11	0.67								0.27			0.18													2.40	0.66	1.75	2000	
208	SOM		321.44					224.68					27.88						18.04								104.96		91.84	2003	
209	ZAF	1020.34	606.74	6.31	42.32		10.58	52.90	18.84	83.38	211.04		423.96				111.17	656.67	316.09						520.30	353.30	11.78	588.59	1984.14	821.54	2000
211	ESP	1147.33	2542.41	843.36	1513.73				28.18	1126.07	370.21		7.70	732.57		7.21		216.25	1969.14						1363.72	660.46		6907.98	378.07	4863.03	2000
212	LKA		12.16	10639.61									264.51						12.16								112.49		269.07	2006	
213	SDN	2222.76																													

## Allegato 5 - Volume irriguo per tipo di coltura [Mm<sup>3</sup>]

	Paese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	ANNO	
220	TJK	2573.08	211.05	202.22	257.92					50.00	428.05							66.81				3394.62			2001.66	606.49	544.67	2009	
221	TZA		1111.12	1734.91																		487.33			487.33		604.30	2000	
222	THA			43944.86									1794.90									262.18			5203.20		584.86	2007	
223	TLS			1070.00																								2000	
224	TGO												16.78												8.46		15.11	2000	
227	TTO			3.00									30.00														3.00	1997	
228	TUN	287.80			77.69			8.83			115.36			22.37				10.01	98.88	203.16	160.32				419.30		756.29	2000	
229	TUR	8482.30	1030.72	490.01	1030.72					566.05	878.64			2821.80			177.42	1022.27	709.67						2441.62		3565.27	2000	
230	TKM	12003.24		143.99							115.19			157.08									6150.51			2493.58	1217.34	1695.11	2006
233	UGA		1.91	97.02									15.83												2.04		3.19	2010	
234	UKR	363.42	439.29	52.71	242.28	40.38				73.42	55.06			58.74													954.44	220.26	2006
235	ARE																				2684.47				30.17	478.27	117.08	2003	
236	GBR	2.10			1.03						54.29			7.31												2.09	3.13	32.37	2000
238	USA	11034.99	44192.73	11903.37	3312.68	157.85	34.68	2981.80	20043.24	251.49	3837.89		1621.03	1732.59		30.40	1715.28	2183.07	4585.66			3447.40	17886.13		8881.89	39050.91	10242.27	2000	
241	URY	5.85	55.68	2552.73					5.85	46.81	44.84		6.19						95.27			22.81			56.07	119.36	158.54	2000	
243	UZB	17640.00	337.82	708.32	658.61						504.00											19152.00			4086.49	5448.65	1864.12	2005	
245	VEN		1014.25	2542.42			217.64				224.21		1493.84		445.83			69.99	652.22				454.04	594.21	7191.25	98.59	1711.50	2008	
246	VNM		2365.39	60947.45					866.90			1495.80	942.45				1240.90					131.75		2312.54	3790.55	2259.83	986.07	2005	
250	YEM	257.53	118.21		68.97		48.84	263.58			103.68								164.91	69.15		105.99		115.25	1013.06	434.95	475.87	2004	
254	ZMB	253.75	31.20	166.39									383.08												0.73	107.32	73.21	90.35	2000
255	ZWE	777.00	294.65	3.76	83.94			13.78	317.57	64.82	33.07		551.65				22.92	11.10	79.85				446.89	85.12	59.62		474.26	2000	

- Volume da database creato IWW e dati aree irrigate da MIRCA
- Volume da database IWW creato o da file AQUASTAT e aree irrigate delle colture dai calendari di AQUASTAT
- Volume da AQUASTAT (dal report 'Irrigation water requirement and water withdrawal by country', Novembre 2012) e aree irrigate delle colture dai calendari di AQUASTAT
- Volume da AQUASTAT (dal report 'Irrigation water requirement and water withdrawal by country', Novembre 2012) e aree irrigate delle colture da MIRCA
- Volume da database IWW creato e aree irrigate delle colture da MIRCA

Allegato 6 – Impronta idrica blu per tipo di coltura [Mm<sup>3</sup>]

	Wheat	Maize	Rice	Barley	Rye	Millet	Sorghum	Soybeans	Sunflower	Potatoes	Cassava	Sugar cane	Sugar beet	Oil palm	Rapeseed / Canola	Groundnuts / Peanuts	Pulses	Citrus	Date palm	Grapes / Vine	Cotton	Cocoa	Coffee
Paese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1 AFG	625.44	661.33	152.30	523.51				35.19				155.86				69.35		390.42	6.77	328.90			
2 ALB	4.91			127.15				9.94			0.28					0.97		0.52		1.03	0.00		
3 DZA	49.60							246.59									46.65			244.74	834.98		
6 AGO		17.70								56.40									24.08				
10 ARG	177.59	782.31	42.30	334.37	1.87	1.38	57.51	98.02		540.04			259.72	31.70		42.08		99.30					
11 ARM	5.16		16.99	0.00				135.92															
13 AUS	363.50	1265.91		274.40			140.82			2019.06				25.69				3263.58	0.27		180.80		
14 AUT	0.00		0.00	0.00				10.43			9.61					0.00	0.01						
15 AZE	237.53	14.26	156.24	137.27			0.00	308.47			4.58							555.36	0.74		20.21		
17 BHR								0.00				0.08									0.14		
18 BGD	285.61	8771.14		0.00				517.03		244.62		5.70					89.28						
20 BLR	0.00		4.32	7.52	1.04			7.49			0.00												
21 BEL				0.39				0.89			0.12	0.00									0.00		
23 BLZ		2.32		0.78						1.90													
24 BEN		1.32						0.06		3.97													
25 BMU								0.00															
26 BTN	2.48	32.90	0.11					3.35															
27 BOL		34.90	12.78	60.76				162.25		32.92								0.00			0.00		
28 BIH				0.00				0.00													0.00		
31 BRA	2.18	4105.89	0.00	22.99			0.03	71.13	17.20	2584.00			43.65	0.78				51.59			39.94	466.94	11.51
34 BRN		0.39																					
35 BGR	0.08	12.31		13.33				5.65			0.02		0.02			4.13		5.15			1.65		
36 BFA		24.55		0.04				0.60		20.83													
37 BDI		72.00								4.29												4.29	
38 KHM		1179.20		0.00						20.99													
39 CMR	0.04	71.45		1.13				0.01		0.11								0.01					
40 CAN	110.13		63.16	65.64	4.61											86.09							
42 CPV								0.27		3.07													
44 CAF		0.04																					
45 TCD		21.97		1.73		0.79				39.29													
46 CHL	233.45	169.58	18.54	536.87				87.21			118.35										8.04		
49 CHN	50513.25	44678.53	88.15	11176.60	14.77	72.89	108.33	395.71		620.41			3755.51	1085.57		615.12		4994.64	23.71	0.06			
53 COL		712.23		19.83						292.30								6.96	3.05		0.00		
55 COG										14.88	0.00												
56 COD	0.00	3.16		0.00						37.40								0.00					0.15
58 CRI		27.73								94.49													
59 CIV		0.00								0.00													
60 HRV				0.00				0.00													0.00		
61 CUB			1.40					26.68		1952.83									0.51				
62 CYP	1.41		1.21					6.63				0.19							0.26	128.43			
63 CZE								3.00			0.00									1.10			
65 DNK	29.80		0.71		0.00			26.69															
66 DJI				0.01																			
68 DOM		481.12																					
69 ECU	11.94	464.61	3.07	334.94				52.75		451.98						0.02		0.04	4.36				
70 EGY	5930.77	6019.13	168.44	6980.44			467.16	510.94		400.63	486.36	19.86	16.31	346.81		40.73		2107.80	1.93				
71 SLV		21.89		0.00				0.00		27.90												6.97	
73 ERI	0.00		0.00	0.00			0.00	0.01															
74 EST	0.00		0.00					0.02															
75 ETH	23.45	9.25	2.64	89.73			10.35	51.59		156.00		0.43	14.86					110.70	1.28			15.24	
78 FJI							0.00																
79 FIN								4.46			1.20												
80 FRA	49.69	91.76	39.73	1477.05			6.14	102.96			39.03	0.39	89.79			19.97	17.52			23.62			
81 GUF		0.00																	0.00				
84 GAB		2.18												3.97									
85 GMB		4.24																					
86 GEO	7.68		2.33	6.20				16.63			0.00										33.73		
87 DEU	0.00			6.85				105.90			75.26												
90 GHA		11.31																					
92 GRC	65.92	82.91		591.86				97.11			162.78	1.04	0.00			19.79		1570.90	0.37	81.62			

Allegato 6 – Impronta idrica blu per tipo di coltura [Mm<sup>3</sup>]

Paese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
94 GRD				0.00					0.01														
95 GLP										0.00													
97 GTM		2.80		0.00						219.08									5.00			0.00	
98 GIN		22.44		0.00				0.00		0.01				0.00	4.96								
99 GNB		1.08																					
100 GUY		0.00								0.00													
101 HTI		0.00		0.00						0.00													
104 HND		24.68		19.47						42.24								0.08	0.05				
105 HUN	6.76	8.71	0.94	5.55	0.00			6.82			1.12	0.31	0.19	0.00		0.73	8.13			0.24			
107 IND	81227.40	62859.75	953.65	1556.07		788.45	749.45	1060.87		39587.96		261.37	199.32	1653.59		745.54	12263.05	22439.57					
108 IDN		9869.99		444.60						1341.69		0.03	169.87										
109 IRN	14195.97	4689.28	252.47	1358.53				1079.02			2318.91	53.53	458.89	0.09				1155.63	208.51	0.09	2377.17		
110 IRQ	3370.18	1504.30	8013.25	311.52				39.45								376.92		138.45		213.73			
111 IRL								0.33															
112 ISR	3.63			32.45				61.95				0.69		17.88		42.52		67.81	4.59	56.78	22.94		
113 ITA	120.10	543.37		1093.58				94.18			147.82		118.18			31.17			0.78	286.48			
114 JAM										36.02												1.70	
115 JPN	3.18	2022.93	0.03	0.01				6.58		5.41	3.42								0.00				
117 JOR	13.02		6.72					23.54															
118 KAZ	233.09	1223.57	212.76	619.97	0.00	63.25	0.17	276.14			36.18					0.04		435.03	0.22	45.38			
119 KEN		29.64		11.86						8.48								6.41	6.04			44.46	
121 PRK	37.79	770.56	17.95	4.86	0.00			6.34					0.20					0.01					
122 KOR		835.80						9.95					4.22						0.00				
123 KWT	1.17		4.49	2.51				6.43													0.18	47.61	
124 KGZ	595.03	14.35	3.45	199.36	0.00		0.01	20.83			13.75	0.10	1.59			26.15		142.59	0.01	6.14			
125 LAO		345.58								12.89								0.68					
126 LVA	0.00		0.00					0.23			0.08												
127 LBN	10.48		0.00	0.05				82.55			29.13				15.09		0.00						
128 LSO	0.01		0.00																				
130 LBY	192.86		153.69					25.16							34.64						62.00	158.48	
132 LTU	0.00		0.00	0.04				0.00			0.00												
134 MKD		11.96		7.85				14.39								3.51					12.23		
135 MDG		1943.55								83.05								10.49					
136 MWI	0.00	13.20		0.00						142.88								0.00	0.00			24.51	
137 MYS		1209.66								35.67													
138 MDV				0.00		0.00	0.00					0.00											
139 MLI	10.32	931.87		0.19		2.23	2.50	9.41		63.75			0.23	2.60									
140 MLT								4.21												0.28	0.52		
142 MTQ								0.00		0.00										0.00			
143 MRT		59.01		0.80			0.19															41.63	
144 MUS				0.01						25.43										0.01			
146 MEX	1950.24	122.55	615.48	1084.28	0.00		1032.10	182.29		1463.15		0.04	44.79					470.18	21.04				
149 MDA	22.75		0.52	148.63				42.05			15.14		0.04			1.73					12.80		
151 MNG								15.58															
154 MAR	1355.01	37.70		713.38			6.64	47.27		122.56	270.69	11.03		58.40		139.92		0.42	5.42	312.29	277.24		
155 MOZ	0.12	14.28		4.65			0.00	0.00		54.23				0.00								0.02	
156 MMR	0.00	0.00		0.00				0.00		0.00				0.00									
157 NAM	1.75			5.45																2.91			
159 NPL	2206.60	826.93				0.00		0.05		154.19									0.00				
160 NLD				3.63				21.68			1.49												
162 NCL																							
163 NZL				47.71																0.34	6.37		
164 NIC		25.17		0.27						56.35													
165 NER	5.34	107.81		0.28				1.37	30.87	63.71				63.72				19.94			39.84		
166 NGA	128.66	28.76		7.15				30.72		227.71					26.46			8.29	4.18				2.13
170 NOR								5.36															
171 PSE	1.08							7.74						0.03		0.04				0.02	7.17	3.27	
172 OMN	2.33		8.64					2.15														453.81	
174 PAK	30796.30	22853.48	251.68	2221.77		468.02	302.44	331.07		14741.26		30.43		0.00		0.00	211.67	12438.90					
176 PAN		2.02								33.53													
178 PRY		222.61		0.02						95.54			0.06								0.00		0.00
179 PER	0.00	762.62	210.67	255.83				543.94		458.33		0.48						283.75	8.49	0.00			
180 PHL		3168.47					0.00			425.76													
182 POL	3.39			3.45	0.75			24.15			7.41												

Allegato 6 – Impronta idrica blu per tipo di coltura [Mm<sup>3</sup>]

Paese	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
183	PRT	64.10	154.89	0.00	760.84			154.25		0.39	33.89					98.68				43.07			
185	QAT	0.13		7.10	0.90			0.02											2.39	0.46	27.22		
186	REU							0.00		0.00													
187	ROU	201.58	3.03	0.00	95.10			20.19			1.98		44.72			83.57	0.00				13.63		
188	RUS	1941.56	1263.76	1205.74	3820.71	340.07	94.19	71.87			373.90	11.09	0.00			60.83					0.01		
189	RWA		4.96							0.06													0.01
198	SAU	1954.13		94.78	51.57		19.20	494.32	100.95			26.99		5.81					144.90	88.03	2235.67		
199	SEN		186.82		0.13				0.22	50.59													
201	SCG				0.00				0.00		0.00										0.00		
202	SYC								0.07														
203	SLE		6.41							2.61													
205	SVK	4.80		2.50	20.82			4.99			10.46		0.73			6.23	0.70				0.48		
206	SVN	0.10			0.34			0.32			0.06										0.07		
208	SOM	9.99	8.65		391.24			72.08			61.70							28.76					
209	ZAF	557.46	10.28	30.50	387.89		5.81	27.37	115.71		666.02		13.47	59.23		40.18		263.86	1.92	228.03			
211	ESP	347.18	996.95	925.87	1619.34				236.50		9.16	447.35	18.93	17.52		829.70	3.50	635.07	3.69	876.13			
212	LKA		2102.40								140.84												
213	SDN	245.87	17.84		249.40			874.58	55.39		1121.99		93.26		372.65		25.59		670.92				
214	SUR		59.16																				
216	SWZ	0.00	0.15		0.94				0.10		256.74							0.00	0.04				
217	SWE							8.87			8.49												
218	CHE				0.05			0.22			0.13												
219	SYR	1997.08		21.93	330.67			73.15			78.70	0.26		37.81		34.63		2124.30	41.41				
220	TJK	69.29	89.53	7.35	160.85	1.98		92.04				88.10	4.51			9.36		1141.14		210.73			
221	TZA		256.90		35.58													49.07	0.00			0.04	
222	THA		12196.18								2744.22								3.94				
223	TLS		10.72																				
224	TGO		0.56																				
227	TTO		0.18								11.04												
228	TUN	60.46		18.13			4.75	35.24			0.98	0.75							15.16	152.03	343.50		
229	TUR	2736.43	309.80	136.97	477.45			409.39			1661.20	2.00		97.14		207.79		5268.73	0.60	0.64			
230	TKM	727.68	460.88	59.52	88.96			67.69			0.00							3340.26		210.79			
233	UGA		5.25								0.72												
234	UKR	262.63	78.53	221.02	558.53	8.06		83.74			59.87					125.97				0.00			
235	ARE	0.01						0.53											1.56	0.05	1210.51		
236	GBR	2.09		0.24				84.40			7.82												
238	USA	5573.15	7330.82	1528.35	15939.29	55.73	10.12	831.46	2068.43	902.79	1232.14		6932.46	375.01		183.51	18.77	8652.78	0.27	1461.93			
241	URY	0.17	747.42		1.30			4.34		0.14			0.04			0.77				0.16			
243	UZB	575.06	513.24	12.89	205.75	0.04	1.41	5.58	154.10			27.86				14.19		12454.90	0.65	635.10			
245	VEN		354.66		111.15			6.82	14.22		410.23						18.95					122.98	
246	VNM		5757.08		3.24		0.01				505.83									0.00			
250	YEM	243.24		80.19	95.64		127.40	254.92	65.44			12.71						117.44	0.25			164.70	
254	ZMB	52.73	26.00		1.11					145.11								0.19				45.46	
255	ZWE	217.92	0.91	14.37	20.68		0.73	5.33		328.57		0.03	17.08	6.14		1.69		5.50	0.12			45.49	

Allegato 7 - Valori di efficienza e relativi risultati a scala di Paese

	<i>Paese</i>	<i>Volume irriguo</i>	<i>WF complessivo</i>	<i>η</i>	
1	AFG Afghanistan	15623.678	2949.053	0.189	EFF
2	ALB Albania	212.409	144.802	0.682	EFF
3	DZA Algeria	1903.613	1422.560	0.747	EFF
6	AGO Angola	81.484	98.182	1.205	DEF
10	ARG Argentina	12774.939	3182.413	0.249	EFF
11	ARM Armenia	968.045	220.543	0.228	EFF
13	AUS Australia	6378.833	7653.160	1.200	DEF
14	AUT Austria	33.691	22.465	0.667	EFF
15	AZE Azerbaijan	6450.711	1434.653	0.222	EFF
17	BHR Bahrain	57.722	0.228	0.004	EFF
18	BGD Bangladesh	27471.804	9913.370	0.361	EFF
20	BLR Belarus	50.646	20.374	0.402	EFF
21	BEL Belgium	1.553	1.400	0.901	EFF
23	BLZ Belize	91.800	4.994	0.054	EFF
24	BEN Benin	26.238	5.349	0.204	EFF
26	BTN Bhutan	318.000	38.852	0.122	EFF
27	BOL Bolivia. Plurinational State of	1287.276	303.617	0.236	EFF
31	BRA Brazil	29755.796	7417.812	0.249	EFF
34	BRN Brunei Darussalam	4.250	0.393	0.093	EFF
35	BGR Bulgaria	232.341	42.330	0.182	EFF
36	BFA Burkina Faso	293.344	46.011	0.157	EFF
37	BDI Burundi	192.052	80.577	0.420	EFF
38	KHM Cambodia	1930.000	1200.185	0.622	EFF
39	CMR Cameroon	388.405	72.748	0.187	EFF
40	CAN Canada	3793.361	329.628	0.087	EFF
42	CPV Cape Verde	11.734	3.347	0.285	EFF
44	CAF Central African Republic	0.234	0.045	0.191	EFF
45	TCD Chad	620.789	72.932	0.117	EFF
46	CHL Chile	7203.602	1172.035	0.163	EFF
49	CHN China. Mainland	300149.216	118143.266	0.394	EFF
53	COL Colombia	5363.262	1034.362	0.193	EFF
55	COG Congo	16.496	14.879	0.902	EFF
56	COD Congo. Democratic Republic of the	67.385	40.709	0.604	EFF
58	CRI Costa Rica	2262.799	122.212	0.054	EFF
61	CUB Cuba	2144.637	1981.427	0.924	EFF
62	CYP Cyprus	70.654	138.124	1.955	DEF
63	CZE Czech Republic	1.872	4.095	2.187	DEF
65	DNK Denmark	171.392	57.204	0.334	EFF
66	DJI Djibouti	0.351	0.008	0.022	EFF
68	DOM Dominican Republic	3909.091	933.101	0.239	EFF
69	ECU Ecuador	6522.017	1272.357	0.195	EFF
70	EGY Egypt	36617.812	25364.229	0.693	EFF
71	SLV El Salvador	544.139	56.759	0.104	EFF
73	ERI Eritrea	72.655	0.017	0.000	EFF
74	EST Estonia	0.008	0.025	3.297	DEF
75	ETH Ethiopia	3630.897	485.510	0.134	EFF
79	FIN Finland	20.000	5.659	0.283	EFF
80	FRA France	3059.521	1957.651	0.640	EFF
84	GAB Gabon	30.762	6.152	0.200	EFF
85	GMB Gambia	39.000	4.239	0.109	EFF
86	GEO Georgia	329.234	66.573	0.202	EFF
87	DEU Germany	103.810	188.011	1.811	DEF
90	GHA Ghana	199.275	11.306	0.057	EFF
92	GRC Greece	5627.035	2674.283	0.475	EFF
94	GRD Grenada	0.060	0.006	0.097	EFF
97	GTM Guatemala	1674.000	226.875	0.136	EFF
98	GIN Guinea	214.452	27.412	0.128	EFF
99	GNB Guinea-Bissau	11.117	1.078	0.097	EFF
104	HND Honduras	852.840	86.523	0.101	EFF
105	HUN Hungary	48.076	39.504	0.822	EFF
107	IND India	613223.218	226346.028	0.369	EFF
108	IDN Indonesia	88458.106	11826.184	0.134	EFF

*Allegato 7 - Valori di efficienza e relativi risultati a scala di Paese*

109	IRN	Iran. Islamic Republic of	56653.832	28148.071	0.497	EFF
110	IRQ	Iraq	40082.001	13967.801	0.348	EFF
111	IRL	Ireland	1.500	0.327	0.218	EFF
112	ISR	Israel	451.833	311.236	0.689	EFF
113	ITA	Italy	12738.317	2435.666	0.191	EFF
114	JAM	Jamaica	292.028	37.721	0.129	EFF
115	JPN	Japan	53840.406	2041.549	0.038	EFF
117	JOR	Jordan	82.724	43.281	0.523	EFF
118	KAZ	Kazakhstan	8201.743	3145.821	0.384	EFF
119	KEN	Kenya	1115.586	106.884	0.096	EFF
121	PRK	Korea. Democratic People's Republic of	3633.671	837.722	0.231	EFF
122	KOR	Korea. Republic of	12436.457	849.974	0.068	EFF
123	KWT	Kuwait	141.278	62.381	0.442	EFF
124	KGZ	Kyrgyzstan	5323.096	1023.365	0.192	EFF
125	LAO	Lao Peoples Democratic Republic	2906.769	359.148	0.124	EFF
126	LVA	Latvia	25.500	0.315	0.012	EFF
127	LBN	Lebanon	236.808	137.312	0.580	EFF
130	LBY	Libya	1458.243	626.835	0.430	EFF
132	LTU	Lithuania	0.838	0.040	0.048	EFF
134	MKD	Macedonia	125.141	49.942	0.399	EFF
135	MDG	Madagascar	12894.252	2037.094	0.158	EFF
136	MWI	Malawi	675.618	180.593	0.267	EFF
137	MYS	Malaysia	2285.001	1245.335	0.545	EFF
139	MLI	Mali	5650.378	1023.110	0.181	EFF
140	MLT	Malta	5.072	5.004	0.986	EFF
143	MRT	Mauritania	1030.608	101.625	0.099	EFF
144	MUS	Mauritius	462.060	25.439	0.055	EFF
146	MEX	Mexico	46182.290	6986.119	0.151	EFF
149	MDA	Moldova. Republic of	6.413	243.681	38.001	DEF
151	MNG	Mongolia	81.071	15.582	0.192	EFF
154	MAR	Morocco	6844.815	3357.965	0.491	EFF
155	MOZ	Mozambique	561.586	73.305	0.131	EFF
157	NAM	Namibia	77.827	10.117	0.130	EFF
159	NPL	Nepal	8923.079	3190.678	0.358	EFF
160	NLD	Netherlands	14.144	26.809	1.895	DEF
163	NZL	New Zealand	104.191	54.421	0.522	EFF
164	NIC	Nicaragua	1333.158	81.791	0.061	EFF
165	NER	Niger	484.513	332.878	0.687	EFF
166	NGA	Nigeria	3400.221	464.068	0.136	EFF
170	NOR	Norway	50.044	5.360	0.107	EFF
171	PSE	Occupied Palestinian Territory	49.258	19.356	0.393	EFF
172	OMN	Oman	734.726	466.927	0.636	EFF
174	PAK	Pakistan	143637.092	84647.028	0.589	EFF
176	PAN	Panama	434.149	35.558	0.082	EFF
178	PRY	Paraguay	1847.806	318.228	0.172	EFF
179	PER	Peru	12013.636	2524.115	0.210	EFF
180	PHL	Philippines	63206.734	3594.232	0.057	EFF
182	POL	Poland	48.580	39.155	0.806	EFF
183	PRT	Portugal	3745.452	1310.123	0.350	EFF
185	QAT	Qatar	90.529	38.228	0.422	EFF
187	ROU	Romania	614.740	463.798	0.754	EFF
188	RUS	Russian Federation	4356.385	9183.728	2.108	DEF
189	RWA	Rwanda	64.909	5.029	0.077	EFF
198	SAU	Saudi Arabia	13556.403	5216.356	0.385	EFF
199	SEN	Senegal	1729.483	237.764	0.137	EFF
202	SYC	Seychelles	0.012	0.072	6.153	DEF
203	SLE	Sierra Leone	31.990	9.021	0.282	EFF
205	SVK	Slovakia	24.008	51.693	2.153	DEF
206	SVN	Slovenia	1.784	0.902	0.505	EFF
208	SOM	Somalia	623.200	572.413	0.919	EFF
209	ZAF	South Africa	4445.719	2407.728	0.542	EFF
211	ESP	Spain	12528.359	6966.882	0.556	EFF
212	LKA	Sri Lanka	10928.440	2243.239	0.205	EFF

## Allegato 7 - Valori di efficienza e relativi risultati a scala di Paese

213	SDN	Sudan (former)	20631.727	3727.485	0.181	EFF
214	SUR	Suriname	415.589	59.157	0.142	EFF
216	SWZ	Swaziland	974.922	257.968	0.265	EFF
217	SWE	Sweden	57.148	17.359	0.304	EFF
218	CHE	Switzerland	16.414	0.406	0.025	EFF
219	SYR	Syrian Arab Republic	10947.761	4739.927	0.433	EFF
220	TJK	Tajikistan	7183.755	1874.895	0.261	EFF
221	TZA	Tanzania. United Republic of	3333.370	341.592	0.102	EFF
222	THA	Thailand	46001.944	14944.336	0.325	EFF
223	TLS	Timor-Leste	1070.000	10.723	0.010	EFF
224	TGO	Togo	22.433	0.564	0.025	EFF
227	TTO	Trinidad and Tobago	33.000	11.217	0.340	EFF
228	TUN	Tunisia	984.401	630.992	0.641	EFF
229	TUR	Turkey	23360.114	11308.135	0.484	EFF
230	TKM	Turkmenistan	20953.962	4955.782	0.237	EFF
233	UGA	Uganda	114.766	5.973	0.052	EFF
234	UKR	Ukraine	1325.298	1398.338	1.055	DEF
235	ARE	United Arab Emirates	2684.473	1212.652	0.452	EFF
236	GBR	United Kingdom	64.733	94.543	1.461	DEF
238	USA	United States Of America	130952.287	53097.022	0.405	EFF
241	URY	Uruguay	2836.026	754.345	0.266	EFF
243	UZB	Uzbekistan	39000.746	14600.766	0.374	EFF
245	VEN	Venezuela	7708.661	1039.006	0.135	EFF
246	VNM	Viet Nam	70713.545	6266.165	0.089	EFF
250	YEM	Yemen	1316.119	1161.929	0.883	EFF
254	ZMB	Zambia	988.436	270.580	0.274	EFF
255	ZWE	Zimbabwe	2786.125	664.544	0.239	EFF

DEF = deficit idrico

EFF = possibile inefficienza del sistema irriguo