



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DEI PROCESSI CHIMICI DELL'INGEGNERIA

**TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CHIMICA E DEI
PROCESSI INDUSTRIALI**

**WATER FOOTPRINT DI UN PRODOTTO ALIMENTARE
BIOLOGICO: STUDIO PILOTA PER IL CALCOLO
DELL'INDICATORE E LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI**

Relatore: Prof. Antonio Scipioni
Correlatore: Ing. Anna Mazzi

Laureando: ALESSIO MARAGNO

ANNO ACCADEMICO 2010 – 2011

Riassunto

Il presente lavoro ha lo scopo di analizzare sia a livello teorico sia a livello pratico, la metodologia del water footprint o impronta idrica (WF). La WF è un indicatore che vuole fornire una misura dell'appropriazione, da parte dell'uomo, dell'acqua dolce disponibile a livello globale, facendo riferimento non solo al volume di acqua consumata ma anche alla tipologia e al luogo del suo utilizzo. Il calcolo della WF si riferisce ad un singolo prodotto, includendo tutta la catena di fornitura. La metodologia è stata applicata ad un prodotto biologico derivato dalla coltivazione agricola. Per il calcolo del WF non esiste una metodologia univoca pertanto si è progettato un modello che fosse in grado di valutare l'impatto ambientale dei consumi idrici associati ad un prodotto. Per la progettazione del modello di calcolo e di valutazione degli impatti ci si è basati sui casi studio presenti in letteratura ciascuno con le proprie differenze. Per il calcolo degli impatti ci si è riferiti alla metodologia dell'LCA, nel tentativo di ricondurre la valutazione degli impatti ad un modello già esistente e largamente utilizzato nella pratica della valutazione di impatto ambientale.

Questo lavoro rappresenta il primo caso studio nell'ambito del water footprint per un prodotto italiano, inoltre rappresenta il primo caso di applicazione di una metodologia di valutazione degli impatti legata ai consumi quantitativi della risorsa idrica. I risultati dello studio hanno consentito di valutare la metodologia attualmente esistente in merito di contabilità dei consumi di acqua dolce lungo tutto il ciclo di produzione di un prodotto alimentare biologico.

L'applicazione concreta e i risultati ottenuti costituiscono una base per analoghi studi futuri e per futuri sviluppi della metodologia che consentiranno lo sviluppo della norma tecnica ISO 14046 da parte dell'Unione Europea, circa le metodologie per il calcolo del water footprint.

Indice

INTRODUZIONE	1
CAPITOLO 1 – La questione idrica	5
1.1 IL QUADRO GENERALE.....	5
1.2 LA RESPONSABILITA' COMUNE PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DELL'ACQUA.....	9
1.3 GLI ORGANI CHE SI OCCUPANO DEL PROBLEMA IDRICO.....	11
1.3.1 World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).....	12
1.3.2 Global Environmental Management Initiative (GEMI).....	13
1.3.3 Water Footprint Network (WFN)	13
1.3.4 Global Reporting Initiative (GRI).....	14
1.3.5 Alliance for Water Stewardship (AWS).....	15
1.3.6 International Organization for Standardization (ISO).....	17
1.4 COME L'EUROPA AFFRONTA LA QUESTIONE IDRICA.....	18
1.4.1 La politica dei prezzi.....	19
1.5 LA PRIVATIZZAZIONE DELL'ACQUA COME STRUMENTO DI EFFICIENZA.....	21
1.5.1 La privatizzazione dell'acqua in Italia.....	24
1.6 IL RUOLO DELLE AZIENDE NELLA GESTIONE DELL'ACQUA.....	26
1.6.1 I rischi per le aziende.....	26
CAPITOLO 2 – Metodi e strumenti per la gestione della risorsa idrica	29
2.1 WATER FOOTPRINT.....	30
2.1.1 Water Footprint di un'azienda.....	33
2.1.2 Water Footprint di prodotto.....	35
2.2 AWS - Stewardship Standard International Water.....	36
2.3 GEMI WATER SUSTAINABILITY PLANNER AND TOOL.....	37
2.3.1 GEMI Water Sustainability Tool (WST).....	38
2.3.1.1 Modulo 1: valutazione dell' approvvigionamento della risorsa idrica.....	38
2.3.1.2 Modulo 2: Valutazione dei rischi per l'azienda o la compagnia.....	39
2.3.1.3 Modulo 3: Valutazione delle migliori strategie applicabili in risposta ai rischi identificati.....	41
2.3.1.4 Modulo 4: Impostazione di strategie ed obiettivi atti a migliorare la gestione idrica.....	43
2.3.1.5 Modulo 5: Sviluppo ed applicazione delle strategie individuate.....	46
2.3.2 GEMI Water Sustainability Planner (WSP).....	48
2.4 WBCSD GLOBAL WATER TOOL.....	51
2.5 LIFE CYCLE ASSESSMENT.....	56
2.6 GREEN PRO 1.....	58
2.7 WATER FOOTPRINT E ALTRI STRUMENTI: UN CONFRONTO.....	60
2.8 WATER FOOTPRINT E LIFE CYCLE ASSESSMENT.....	64
2.9 ETICHETTE AMBIENTALI DI PRODOTTO PER LA RISORSA IDRICA.....	66

2.9.1 Le etichette ambientali autodichiarate.....	67
2.9.2 Le etichette di eccellenza ambientale.....	68
2.9.3 Le etichette ambientali comparative.....	69
2.9.4 Il tema dell'acqua nelle etichette ambientali.....	70
2.10 WATER FOOTPRINT E CARBON FOOTPRINT.....	71
CAPITOLO 3 – Water Footprint di prodotto derivato da agricoltura.....	73
3.1 METODO DI CALCOLO DEL WF.....	73
3.1.1 Blue water footprint.....	74
3.1.2 Green water footprint.....	75
3.1.3 Grey water footprint.....	76
3.2 METODO DI CALCOLO DEL WF DI UN PRODOTTO AGRICOLO PRIMARIO.....	77
3.2.1 Crop Water Use.....	79
3.2.2 Calcolo della Crop Water Requirement con il modello CROPWAT.....	81
3.2.3 Calcolo dell'evapotraspirazione con calendario di irrigazione.....	83
3.2.4 Blue water footprint.....	85
3.2.5 Green water footprint.....	87
3.2.6 Grey water footprint.....	89
3.3 METODO DI CALCOLO DEL WF DEI PROCESSI DI LAVORAZIONE DEI PRODOTTI AGRICOLI.....	89
3.4 WATER FOOTPRINT COMPLESSIVO DEI PRODOTTI AGRICOLI DERIVATI.....	91
3.4.1 Approccio chain-summation per un singolo prodotto.....	91
3.4.2 Approccio cumulativo per più prodotti derivati.....	92
3.4.3 Grey water footprint di processo.....	93
3.4.4 Interpretazione della grey water footprint.....	94
CAPITOLO 4 – Modelli per la valutazione degli impatti.....	97
4.1 TERMINOLOGIA E DEFINIZIONI.....	97
4.2 INDICATORI DI SCARSITA' IDRICA.....	102
4.2.1 Water Use Per Capita (WUPC).....	102
4.2.2 Water Use Per Resources (WUPR).....	103
4.3 WATER FOOTPRINT IMPACT ASSESSMENT.....	104
4.3.1 Valutazione dell'impatto della green e blue WF.....	104
4.3.2 Valutazione dell'impatto della grey WF.....	106
4.4 MODELLI LCIA (LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT) - (ISO 14042).....	107
4.4.1 Categoria <i>Freshwater Depletion</i> (FD).....	111
4.4.2 Categoria <i>Freshwater Ecosystem Impact</i> (FEI).....	112
4.4.3 Categoria <i>Freshwater deprivation for human uses</i>	113
4.4.4 Categoria <i>Danni alla salute umana per malnutrizione collegata alla scarsità di acqua</i> ...	114
4.4.5 Categoria <i>Danni alla salute umana derivanti dal consumo di acqua di scarsa qualità</i> ...	115
4.4.6 Categoria <i>Danno ecologico da estrazione di acque sotterranee</i>	115
4.4.7 Categoria <i>Danni agli ecosistemi acquatici causati dalla captazione di acqua in dighe e serbatoi</i>	116
4.5 SWISS ECOLOGICAL SCARCITY METHOD (ECO –INDICATOR 99).....	116
4.5.1 Impatti sulla salute umana.....	119
4.5.2 Impatti sulla qualità dell'ecosistema.....	120
4.5.3 Impatti sulle risorse.....	121
4.5.4 Aggregazione dei risultati.....	122

4.6 UTILIZZO DI ACQUA PIOVANA E OCCUPAZIONE DEI TERRENI PER FINI PRODUTTIVI.....	123
CAPITOLO 5 - Water Footprint di prodotto: casi studio.....	127
5.1 WATER FOOTPRINT DI PRODOTTO AGRICOLO.....	128
5.2 WATER FOOTPRINT PER UN PRODOTTO DI CONSUMO NESTLÉ®	129
5.2.1 Assunzioni, dati e confini dello studio.....	130
5.2.2 Metodo di calcolo e risultati.....	131
5.2.2.1 Fase agricola.....	131
5.2.2.2 WF diretta di processo.....	132
5.3 WATER FOOTPRINT DI UNA BOTTIGLIA DA 0.5 LITRI DI COCA-COLA®	134
5.3.1 Assunzioni, dati e confini dello studio.....	135
5.3.1.1 WF diretta di processo.....	137
5.3.1.2 WF indiretta di processo.....	137
5.3.1.3 WF diretta della supply-chain.....	138
5.3.1.4 WF indiretta della supply-chain.....	138
5.3.2 Metodo di calcolo e risultati.....	140
5.4 WF COMPARATIVO PER DUE PRODOTTI DI CONSUMO.....	143
5.4.1 Assunzioni, dati e confini dello studio.....	143
5.4.2 Metodo di calcolo e risultati del water footprint.....	144
5.4.3 Valutazione degli impatti della WF e opzioni di risposta.....	145
5.5 WF COMPARATIVO SAB MILLER®	147
5.5.1 Assunzioni, dati e confini dello studio.....	147
5.5.2 Metodo di calcolo e risultati del water footprint.....	149
5.6 CONFRONTO TRA GLI STUDI ANALIZZATI.....	152
5.6.1 Obiettivo dello studio, unità funzionale confini di sistema.....	153
5.6.2 Overhead Water Footprint.....	154
5.6.3 Water Footprint della fase agricola.....	154
5.6.4 Water Footprint di processo.....	157
5.6.5 Valutazione degli impatti.....	157
CAPITOLO 6 - Water Footprint di prodotto biologico.....	159
6.1 PRESENTAZIONE DELL'AZIENDA E DEL PRODOTTO.....	160
6.1.1 Presentazione dell'azienda.....	168
6.1.2 Scelta del prodotto.....	163
6.2 SCHEMA DI PROCESSO PER IL CALCOLO DEL WF.....	164
6.3 ASSUNZIONI E IPOTESI PER IL CALCOLO DELL'INDICATORE.....	166
6.3.1 Fase agricola.....	168
6.3.2 Fase di lavorazione.....	169
6.3.3 Packaging e confezionamento.....	170
6.3.4 Trasporti e imballaggi secondari.....	170
6.3.5 Valutazione degli impatti.....	171
6.4 WATER FOOTPRINT DELLA FASE AGRICOLA.....	172
6.4.1 Evapotraspirazione di riferimento per le zone di coltivazione.....	173
6.4.2 Water Footprint per la coltivazione di fragole.....	175
6.4.3 Water Footprint per la coltivazione di mele.....	178
6.4.4 Water Footprint per microirrigazione.....	179
6.4.5 Confronto tra metodo biologico e tradizionale.....	181
6.5 FASE DI LAVORAZIONE E INVASETTAMENTO.....	184

6.5.1 Descrizione del processo.....	185
6.6 WATER FOOTPRINT COLLEGATE ALLE ATTIVITÀ INDIRETTE.....	186
6.7 PROCESSO DI GENERAZIONE E DISTRIBUZIONE ENERGIA.....	188
6.7.1 WF per il consumo di gas naturale.....	191
6.8 WATER FOOTPRINT ASSOCIATO AL PACKAGING.....	191
6.8.1 Produzione coperchio in banda stagnata.....	192
6.8.2 Produzione del contenitore di vetro.....	192
6.8.3 Carta per etichettatura prodotto.....	193
6.9 WATER FOOTPRINT ASSOCIATO AL TRASPORTO.....	194
6.9.1 Imballaggio per trasporto (PE e pallet).....	194
6.9.2 Consumo di carburante per il trasporto (Diesel).....	195
6.9.3 Imballaggio secondari utilizzati per il trasporto.....	195
CAPITOLO 7- Risultati Water Footprint e valutazione degli impatti	197
7.1 Water Footprint Fior di Frutta®	198
7.1.1 Ingredienti da agricoltura biologica.....	198
7.1.2 Lavorazione e processo.....	199
7.1.3 Packaging.....	200
7.1.4 Trasporto e imballaggio.....	201
7.2 ANALISI DEI RISULTATI.....	202
7.3 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI.....	208
7.3.1 Caratterizzazione dei risultati.....	208
7.4 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI CON IL MODELLO ECO – INDICATOR 99.....	210
7.4.1 Aggregazione degli impatti.....	213
7.5 CONSIDERAZIONI GENERALI.....	215
CONCLUSIONI	217
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	223
APPENDICE A	233
APPENDICE B	239

Introduzione

La disponibilità di acqua dolce in quantità sufficiente e in qualità adeguata è un prerequisito per la società umana e gli ecosistemi naturali. Attualmente, circa il 70% del prelievo totale di acqua dolce da parte degli esseri umani è destinato all'utilizzo come irrigazione in agricoltura (UNESCO, 2006).

L'agricoltura complessivamente è responsabile di circa l'86 % dell'uso mondiale di acqua dolce (Hoekstra e Chapagain, 2007). L'agricoltura deve inoltre competere con altri utilizzatori della risorsa idrica come le municipalità e le industrie (UNESCO, 2006).

L'acqua dolce è una componente basilare nelle operazioni di molte compagnie, e gli effluenti possono inquinare i sistemi idrogeologici locali. Proprio per questo molte aziende hanno indirizzato i loro sforzi e formulato sistemi di gestione proattiva nei confronti dell'acqua potabile (Gerbens-Leenes e al., 2003). Un'azienda potrebbe andare incontro a rischi molto seri a causa di una politica di gestione della risorsa idrica fallimentare: danni all'immagine dell'azienda, danni derivanti dall'aumento dei controlli di legge, rischi finanziari causati dall'inquinamento, e mancanza di acqua sufficiente per le attività dell'azienda (WWF, 2007).

Negli ultimi decenni è maturata l'attenzione nei confronti di problematiche di carattere ambientale, in particolare è aumentato l'interesse nello sviluppo di metodi e tecniche che permettano di comprendere, valutare e di conseguenza ridurre i possibili impatti legati all'utilizzo di acqua dolce nella produzione di prodotti di consumo. Uno di questi strumenti è il Water Footprint (impronta idrica).

Il Water Footprint (WF) è un indicatore dell'utilizzo di acqua che considera gli usi di acqua diretti e indiretti di un consumatore o di un produttore. L'impronta idrica di un individuo, comunità o impresa è definita come il volume totale di acqua dolce che viene utilizzato per produrre i beni e i servizi consumati dall'individuo o dalla comunità o prodotti da un'azienda (Hoekstra e Chapagain, 2008). L'uso dell'acqua è misurata in termini di volumi di acqua dolce consumata (evaporato o incorporati nel prodotto) e inquinata, per unità di tempo o prodotto.

L'impronta idrica di un'azienda è costituita da due componenti: l'uso diretto di acqua da parte del produttore (per la produzione/fabbricazione o per le attività ausiliarie) e l'uso indiretto dell'acqua (l'acqua utilizzata nella catena di approvvigionamento del produttore). Il WF

complessivo delle attività di un'azienda è data proprio dalla somma delle impronte idriche associate ai prodotti in uscita dall'azienda.

Rispetto ad altri strumenti di contabilizzazione degli usi d'acqua dolce, l'impronta idrica rappresenta la soluzione più estesa e completa, in quanto include sia l'utilizzo di acqua diretto che indiretto e considera sia il consumo di acqua che l'inquinamento.

Il Water Footprint è uno strumento innovativo di recentissimo sviluppo, pertanto i casi applicativi specificatamente riferiti ai prodotti di largo consumo non sono numerosi. Tuttavia questi studi sono concordi nell'affermare che i prodotti derivati da agricoltura, cioè che presentano con una fase agricola all'interno della catena di prodotto, hanno le impronte idriche maggiori. In particolare la fase agricola costituisce la fase con le WF maggiori. Per questo tutti gli studi finora svolti si concentrano su prodotti agricoli primari (coltivazioni) o prodotti agricoli derivati (coltivazione e lavorazione).

In questo contesto si colloca questo lavoro di tesi, il cui obiettivo è l'applicazione della metodologia del Water Footprint ad un prodotto da agricoltura biologica prodotto da un'azienda italiana. Si tratta di un prodotto definito come *water intensive* cioè ad alto contenuto di acqua, sia per quanto riguarda l'acqua effettivamente incorporata nel prodotto, che per quanto riguarda l'acqua utilizzata in tutto il processo produttivo.

Lo studio si sviluppa attraverso il calcolo dell'indicatore di WF per il prodotto a partire dalla fase agricola di coltivazione sino alla fase di confezionamento e distribuzione, includendo tutti gli input presenti nel ciclo vita del prodotto e collegati alle attività di ausiliarie di produzione (ad esempio i trasporti e l'approvvigionamento energetico). Infine il lavoro si conclude con l'applicazione di un modello originale per la stima degli impatti delle impronte idriche così calcolate, che consente di associare i valori ottenuti dal calcolo del WF di prodotto alle relative categorie di danno associate, per ciascuna fase del ciclo di vita del prodotto considerato.

La tesi è strutturata in sette capitoli.

Il primo capitolo è dedicato alla trattazione del tema della risorsa idrica al fine di fornire il quadro generale in cui si inserisce l'argomento specifico della tesi, viene introdotto il tema della questione idrica e viene motivata la sua rilevanza ambientale. Un paragrafo è dedicato all'analisi dei rischi in cui può incorrere un'azienda se sottovaluta il problema della gestione delle proprie risorse idriche.

Nel primo capitolo è presente anche un elenco di tutti gli organismi che sono attualmente impegnati nel campo della valutazione della risorsa idrica ed in particolare nella quantificazione dei consumi idrici collegati alle attività produttive.

Il secondo capitolo viene dedicato all'analisi delle metodologie e degli strumenti esistenti per valutare il consumo di acqua dolce. In particolare le metodologie presentate sono quattro: Water Footprint; Life Cycle Assessment (LCA), WBCSD "Global Water Tool" e GEMI "Water Sustainability Planner and Tool". Accanto a queste metodologie si presenta anche l'etichettatura ambientale di prodotto e le sue recenti applicazioni in riferimento all'impatto sulla risorsa idrica. Il capitolo termina con un confronto tra principi e caratteristiche del Water Footprint e del Carbon Footprint.

Nel terzo capitolo viene presentato il modello di calcolo del Water Footprint per un prodotto derivato da agricoltura, secondo la trattazione proposta da Chapagain e Hoekstra nel loro Water Footprint Manual (2009).

Il capitolo quattro prende in considerazione l'analisi degli impatti considerando le nuove teorie elaborate ed i modelli proposti per la valutazione dell'impatto associato all'impronta idrica di un prodotto. Sulla base degli studi più recenti della ricerca scientifica di settore, gli approcci alla valutazione degli impatti sono stati suddivisi in tre gruppi principali: quelli basati sulla metodologia del Water Footprint, quelli basati sul metodo LCIA (Life Cycle Impact Assessment) e quelli che si riferiscono allo Swiss Scarcity Method, che rappresenta ad oggi il livello più avanzato per la valutazione degli impatti associati alle impronte idriche.

Il quinto capitolo è dedicato alla presentazione dei casi studio pubblicati dalla letteratura scientifica relativi al calcolo del WF per prodotti derivati da agricoltura. Sulla base dei calcoli e delle assunzioni effettuate nei casi studio precedenti è stato possibile costruire un modello di riferimento per il calcolo del WF al prodotto specifico scelto.

Il sesto capitolo è interamente dedicato a presentare il caso di studio scelto e le modalità con cui si è condotto il calcolo del WF. La fase predominante è il calcolo dell'impronta idrica associata alla fase agricola ed alle attività indirettamente collegate al prodotto.

Nel settimo capitolo vengono presentati i risultati complessivi del calcolo del WF per il prodotto in esame e vengono anche effettuati interessanti confronti con i risultati ottenuti da altri studi analoghi. Il capitolo sette inoltre presenta la valutazione degli impatti associati alla risorsa idrica, mediante l'applicazione di recenti metodologie scientifiche. Tale valutazione ha consentito la valutazione degli impatti sia di tipo midpoint attraverso fattori di caratterizzazione, che di tipo endpoint, attraverso categorie di impatto espresse all'interno del metodo Eco-indicator 99.

Capitolo 1

La questione idrica

Da alcuni anni a questa parte il tema dell' acqua e delle criticità derivanti dalla sua gestione è divenuto centrale all'interno del dibattito mondiale, ad ogni livello: economico, politico, istituzionale e sociale. Le ragioni alla base di questo interesse nei confronti per l'acqua è che l'acqua pur essendo una risorsa rinnovabile, essa è una risorsa disponibile in quantità limitata.

Infatti in un certo periodo di tempo, la precipitazione è sempre limitata ad un determinato importo. Lo stesso vale per la quantità di acqua che ricarica le riserve di acque sotterranee o di un fiume. L'acqua piovana può essere utilizzata nella produzione agricola e l'acqua dei fiumi e delle falde acquifere può essere utilizzata per l'irrigazione o per usi domestici o industriali, ma non si può usare più acqua di quella disponibile. Non si può prendere di più da un fiume della sua portata in un certo periodo e nel lungo termine non si può prendere più acqua dai laghi e dai serbatoi di acque sotterranee rispetto al tasso con cui si ricaricano.

L'utilizzo di acqua è in crescita costante a causa di molteplici fattori tra cui l'aumento della popolazione mondiale, il miglioramento della qualità di vita e dei consumi ad essa associati ed i mutamenti climatici e idrografici che si verificano sul lungo periodo. Se consideriamo queste premesse, gestire e governare la risorsa acqua (*water management*) ed il suo utilizzo rappresenta una delle più grandi sfide che la collettività si trovi ad affrontare su scala globale.

1.1 Il quadro generale

L'importanza di acqua dolce per il supporto del nostro sistema di vita è ampiamente riconosciuto, come emerge chiaramente dal contesto internazionale (ad esempio, Agenda 21, World Water Forum, Millennium Ecosystem Assessment, Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC). L'acqua dolce è indispensabile per tutte le forme di vita ed è necessaria, in grandi quantità, in quasi tutte le attività umane.

Il Millennium Ecosystem Assessment è un programma di ricerca lanciato nel 2001 dalle Nazioni Unite che prevede i cambiamenti climatici nei decenni successivi, e progetta degli interventi di

conseguenza. Nel 2005 il resoconto dell'attività dei primi quattro anni ha mostrato che tutte le risorse idriche attualmente disponibili sono sovrasfruttate rispetto alla loro effettiva capacità di approvvigionamento. Dal 5 al 25% dell'attuale utilizzo di acqua eccede gli approvvigionamenti disponibili sul lungo periodo. In alcune regioni come Asia, Medio Oriente e Africa il fabbisogno idrico è superiore del 30% a quello disponibile. Nel 2005 1,8 miliardi di persone vivevano in territori con scarsità di acqua e si prevede (UN News Centre, 2009) che nel 2025 saranno i due terzi della popolazione mondiale. Si stima che entro il 2020 circa due terzi della popolazione mondiale vivrà in paesi con problemi idrici

Ogni anno 1,8 milioni di persone muoiono per malattie legate all'acqua, 88% dei quali attribuiti ad acque potabili non sicure e precarie condizioni igienico sanitarie.

L'accesso all'acqua è stata dichiarata un diritto umano fondamentale. La preoccupazione internazionale per l'acqua e le questioni igienico-sanitarie è stata espressa nella Dichiarazione del Millennio delle Nazioni Unite.

Nonostante questa preoccupazione si sono registrati progressi limitati verso il raggiungimento degli obiettivi del millennio per l'acqua e le questioni igienico-sanitarie. Le conseguenze per le persone e le imprese sono severe ed aumenteranno con il crescere della popolazione e dell'urbanizzazione e a causa degli effetti del cambiamento climatico.

Oggi la Spagna ad esempio è uno dei Paesi maggiormente interessati alla gestione delle risorse idriche proprio perché in questo Paese (fra i primi in Europa) si è già configurata la situazione di scarsità idrica prevista per il 2025. Altri dati forniti da associazioni volontarie come WWF, FAO ed UNESCO hanno fornito dei dati (2006) che traducono praticamente gli effetti che la scarsità di acqua ha sulla vita umana:

- un miliardo di persone nei paesi in via di sviluppo non hanno accesso ad acqua potabile sicura e a più di due miliardi di persone manca acqua sufficiente per i servizi igienico-sanitari (Bartram, 2008);

- nei paesi in via di sviluppo il 90% delle acque di scarico ed il 70% dei reflui industriali sono scaricate nelle acque senza alcun pre-trattamento andando ad inquinare i corpi idrici superficiali e le falde sotterranee.

Le compagnie mondiali hanno compreso che non potranno accedere così facilmente ad acqua pulita e a costi bassi ancora per molto, per questo si interessano da vicino della scarsità di risorse e degli impatti delle loro attività.

Dal momento che la disponibilità d'acqua dolce sulla terra è limitata, è importante sapere come questa risorsa viene ripartita tra i vari scopi ed in merito a questo sono nati dibattiti su come

ripartire l'uso di acqua tra la natura e l'approvvigionamento di cibo, tra l'approvvigionamento del cibo stesso e la fornitura di energia, o l'uso di acqua per i bisogni di base rispetto a beni di lusso.

Il World Resources Institute (WRI), ha coniato il termine *water stress* (stress idrico), utilizzato quando in una zona ben definita l'acqua non è sufficiente per soddisfare tutti i bisogni, siano essi agricoli, industriali o domestici. Uno spazio si dice che è sotto stress idrico quando la disponibilità annua pro-capite di acqua dolce è inferiore a 1.700 m³. Il termine scarsità d'acqua viene utilizzato quando la disponibilità è inferiore a 1.000 m³, a questo livello corrispondono seri impatti economici sullo sviluppo e gravi rischi per la salute umana (Rijbersman, 2000).

Le stime attuali indicano che nel 2025 lo stress idrico sarà una realtà per metà della popolazione mondiale. Ciò, a sua volta comporterà che il prezzo dell'acqua, che riflette la scarsità e la competizione per l'approvvigionamento, continui ad aumentare cambiando così l'assegnazione di acqua tra le categorie ed i gruppi di utenti (WBSCD, 2009).

L'acqua dolce è una risorsa vitale nel sostenere non soltanto la salute e la sopravvivenza umana ma anche la salute degli ecosistemi e molte regioni in tutto il mondo sono già alle prese con questo problema: l'esempio più famoso è in Asia centrale, dove la deviazione dei fiumi per l'irrigazione ha causato l'essiccazione del lago d'Aral. Gli ecosistemi nelle regioni limitrofe sono stati completamente alterati, e le attività umane (trasporto acquatico o pesca) non sono più possibili (Khan, 2008).

Tutte queste osservazioni rendono evidente come gestire e governare la risorsa acqua ed il suo utilizzo (*water management*) sia una delle sfide più grandi che deve affrontare la collettività.

Bisogna inoltre precisare che questi problemi fino a pochi anni fa venivano considerati a livello locale di bacino idrografico in relazione alla minore o maggiore disponibilità di acqua della regione.

Nell'ottica attuale questa visione ha perso di significato a fronte dei commerci internazionali tra i vari Paesi che trasportano prodotti tra regioni con diversa disponibilità di acqua, implicando una responsabilità comune e globale della gestione idrica anche tra parti del mondo distanti ma messe in relazione dai traffici commerciali e dagli stili di consumo.

Un altro aspetto degno di nota sono le ripercussioni che i cambiamenti climatici hanno sulla disponibilità della risorsa idrica. Ci si riferisce in particolare alle mutevoli condizioni meteorologiche di ciascun Paese che possono variare tra siccità ed inondazioni nell'arco di un breve periodo di tempo e che determinano la disponibilità di acqua di un Paese o di una intera regione.

I segmenti più deboli della popolazione sono i primi a risentire della scarsità di acqua specialmente nei paesi in via di sviluppo, dove gli impatti colpiscono direttamente il settore agroalimentare che è quello che più subisce la mancanza o la scarsità d'acqua (Postel 1996 e Vorosmarty, 2000).

Attualmente si stima che vi siano 963 milioni di persone denutrite nel mondo (FAO, 2008) e la domanda di prodotti alimentari si prevede che raddoppierà entro il 2050 sulla base di proiezioni di crescita della popolazione e di crescita socio-economica (FAO, 2008). Le conseguenze sono molteplici: con l'abbandono delle campagne si generano dei flussi migratori interni diretti verso le città e l'arretramento delle zone coltivate contribuisce in maniera sensibile al fenomeno della desertificazione. Le migrazioni provocate dal degrado ambientale tendono a modificare la distribuzione della popolazione sul territorio, il che può influenzare il livello di salute della popolazione. Un inurbamento incontrollato, ad esempio, può facilitare la trasmissione di malattie specialmente nelle periferie povere delle città dove le condizioni igieniche sono del tutto insoddisfacenti. La scarsità di risorse idriche crea quindi un circolo vizioso tra povertà, degrado ambientale e condizioni di salute per le popolazioni che decidono di restare nelle campagne (Vercelli e Borghesi, 2005).

A livello internazionale, la scarsità idrica influisce direttamente sullo sviluppo economico degli Stati. Ripercuotendosi sui livelli produttivi (in particolare in agricoltura), costringe i governi a modificare la propria bilancia commerciale, aumentando le importazioni di generi alimentari. La domanda di acqua da parte del settore agricolo ed industriale deriva dalla domanda di beni e servizi da parte dei consumatori.

Come succede, ad esempio, ai paesi della sponda sud del Mediterraneo, una delle aree appartenente alla categoria *water-stress*. Stati come l'Algeria, la Siria, l'Egitto, la Libia, il Libano sono strettamente dipendenti dalla UE per l'approvvigionamento delle derrate alimentari, ma mentre Libia e Algeria riescono a supplire a questa dipendenza alimentare con l'esportazione di petrolio ed altri idrocarburi, le altre nazioni sono costrette ad indebitarsi (Gallina, 2005). La mancanza di acqua per il sostegno al settore agricolo può generare enormi problemi in termini di debito estero, in quanto la riduzione delle derrate alimentari prodotte internamente deve essere compensata da un aumento delle importazioni (ODI, 2001). I governi sono quindi incoraggiati a integrare le strategie di gestione della domanda di acqua con strategie che tengano in considerazione l'utilizzo indiretto (o virtuale) di acqua anche per il consumo di beni e servizi.

Deve essere prestata particolare attenzione al fatto che, in sostanza, il consumo totale di acqua e il suo inquinamento sono in stretta relazione a quello che consumano i Paesi, a quanto di questi

essi utilizzano ed alla struttura del sistema economico globale che fornisce i beni e i servizi ai consumatori (Hoekstra, 2008).

Nell'ambito della gestione dell'acqua si è raramente pensato al problema del suo consumo ed inquinamento lungo l'intera catena di fornitura (chiamata più propriamente *supply-chain*) e di produzione. Da ciò risulta una scarsa consapevolezza del fatto che gli enti, le organizzazioni e le caratteristiche delle catene di produzione e rifornimento influenzano fortemente il volume di acqua consumata, la distribuzione spaziale e temporale del suo utilizzo e la tipologia di inquinamento associata al consumatore finale del prodotto: l'utilizzo indiretto di acqua attraverso il consumo di beni e servizi è di gran lunga superiore al consumo diretto di acqua, anche di un ordine di grandezza (Molden, 2007).

1.2 La responsabilità comune per la gestione sostenibile dell'acqua

Recentemente, Hoekstra e Chapagain hanno messo in evidenza come la visualizzazione dell'utilizzo indiretto di acqua che sta dietro ai prodotti può aiutare a far comprendere il ruolo globale dell'acqua dolce ed a quantificare gli effetti che il consumo e il mercato provocano su tale risorsa. Un maggiore approfondimento delle conoscenze in quest'ambito sarebbe in grado di porre le basi per una migliore gestione delle risorse globali d'acqua dolce (Hoekstra, 2008).

Il consumo globale di acqua per usi umani può essere diviso in tre grandi categorie: circa il 70% è utilizzato per l'agricoltura, il 20% per l'industria e il restante 10% per le attività domestiche. La domanda di acqua in tutte e tre queste categorie va aumentando con la crescita delle popolazioni e via via che i Paesi diventano più industrializzati. La domanda per gli usi industriali ed agricoli deve essere considerata sullo sfondo di una fornitura di acqua e dei servizi igienici insufficiente in molte aree del mondo.

L'acqua dolce sta diventando, sempre più, una risorsa globale. Per i beni *water intensive* (prodotti che richiedono una grande quantità di acqua per la loro produzione) come i prodotti agricoli, il bestiame e le fibre naturali, oltre ai mercati regionali vi sono anche mercati mondiali. Di conseguenza l'utilizzo delle risorse d'acqua è di frequente sconnesso, dal punto di vista spaziale, rispetto ai consumatori.

Gli impatti sulla risorsa acqua del consumo del prodotto finale possono essere determinati solo guardando alla catena di fornitura e rintracciando le origini del prodotto. Scoprendo il collegamento nascosto tra consumo ed utilizzo d'acqua si possono identificare nuove strategie per gestire in modo migliore tale risorsa.

Secondo il comune metodo di pensare, i consumatori finali, i rivenditori, le industrie alimentari e

i commercianti dei prodotti *water intensive* non rientrano nella sfera delle persone ritenute responsabili della gestione della risorsa acqua; al contrario invece sono proprio queste figure ad avere un ruolo di *change agents* ovvero di potenziali agenti di cambiamento. Ci si può quindi rivolgere a loro facendo riferimento non solo al ruolo di utilizzatori diretti d'acqua, ma anche a quello di utilizzatori indiretti (Hoekstra, 2008).

L'idea di guardare all'intera produzione ed all'intera catena di fornitura con lo scopo di valutare l'impatto totale ambientale che può essere associato al prodotto finale e di identificare le possibilità per ridurre tale impatto non è un concetto nuovo.

Precisamente questo è ciò che viene fatto nel campo del *life cycle assessment (LCA)*. Tuttavia gli studi di LCA focalizzano la loro attenzione sui materiali e sull'energia utilizzati nella *supply chain*, mentre scarsa attenzione viene fornita in tali studi all'utilizzo di acqua. L'idea di considerare l'acqua lungo la catena di fornitura ha iniziato a suscitare un certo interesse in seguito all'introduzione del concetto di *water footprint (WF)* (Hoekstra, 2009).

Una gestione sostenibile dell'acqua richiede la collaborazione tra le imprese, la società civile e i governi. Le compagnie in particolare hanno un ruolo chiave da svolgere, ma devono lavorare in modo proattivo con gli altri settori al fine di ottenere risultati duraturi. Molte aziende hanno bisogno di una migliore comprensione dei vantaggi che potrebbero derivare per il loro business, la comunità circostante e per l'ambiente. Nonostante molte compagnie si concentrino sulle performance generate dalle loro attività nel corso di questo lavoro verrà messo in risalto come il tema dell'acqua debba essere affrontato attraverso tutti gli organismi istituzionali e commerciali che hanno un ruolo nella supply-chain di un prodotto. Per questo negli ultimi anni sono sorte numerose iniziative rivolte ad un uso efficiente della risorsa acqua dolce e ad un controllo sull'inquinamento idrico che saranno presentate dettagliatamente nel paragrafo successivo. Queste organizzazioni dimostrano quale sia il coinvolgimento all'interno del dibattito dei diversi settori che hanno un ruolo in relazione sulle risorse idriche, per perseguire risultati duraturi.

Infine vale la pena ricordare che un business può prosperare solo in economie sane dove sono soddisfatte le necessità sociali ed ambientali oltre che quelle economiche. Un'azienda ha bisogno di acqua per la produzione affidabile dei servizi e per fornire i prodotti ai propri clienti. Un'azienda ha bisogno anche di sistemi di sicurezza igienica per proteggere la salute dei suoi dipendenti e per trattare e riciclare l'acqua utilizzata. Solo una comunità sana e vivace costituiscono un ambiente attraente in cui si possa fare un business. Tutti questi aspetti non possono esistere se la gestione dell'acqua è trascurata.

1.3 Gli organi che si occupano del problema idrico

Varie organizzazioni ed iniziative hanno tentato di aiutare le compagnie a comprendere e gestire in maniera responsabile gli usi di acqua e le emissioni e, in generale, per sostenere una politica di gestione idrica sostenibile. Gli Stati per primi possono fare molto migliorando le infrastrutture che trattano le risorse idriche ed optando per politiche di sviluppo che siano compatibili con la situazione ambientale e soprattutto idrica del territorio. Le istituzioni devono essere anche proattive nell'indirizzare gli stili di consumo dei cittadini e nel stimolare un uso attento della risorsa idrica da parte delle compagnie e delle aziende che operano sul territorio nazionale.

Accanto al ruolo degli Stati anche le organizzazioni internazionali hanno un ruolo fondamentale per risolvere il problema della risorsa idrica in tutto il mondo. Ad esempio produrre un chilogrammo di cereali in India richiede il triplo dell'acqua che è necessaria per il raccolto della stessa quantità in Cina. Questo rende evidente che la gestione della questione idrica non può essere demandata ai singoli organismi nazionali ma che richiede anzi l'intervento di istituzioni ed organizzazioni internazionali. Molte sono le organizzazioni governative e non governative che si stanno impegnando per produrre strumenti in grado di far fronte alla questione della gestione delle risorse idriche.

Ci sono svariate organizzazioni che hanno cercato di dare il proprio contributo nella valutazione dell'uso delle risorse idriche da parte delle aziende.

Molte di queste proposte sono in forma generale e non vanno nello specifico quando si tratta di contabilizzare i consumi e quantificare l'impatto sulla qualità delle acque, poiché le organizzazioni che si dedicano al problema della risorsa idrica lavorano sulla questione da un punto di vista diverso da quello della gestione aziendale. Tuttavia alcuni di questi organismi sono importanti per la gran quantità di dati che raccolgono e mettono a disposizione. Queste iniziative spesso hanno la forma di schemi per la contabilizzazione dei consumi idrici e questo si traduce in strumenti on-line, standard, guide, software o schemi di certificazione. Di seguito verranno descritti brevemente le principali istituzioni e attività che tentano di proporre una valutazione dei consumi idrici.

Oltre agli organismi principali descritti in seguito, vi sono anche una serie di istituzioni non governative che spesso sono promotrici delle iniziative già citate o comunque sono in prima linea nell'affrontare il problema idrico. Vale la pena citare L'UNESCO, la FAO e il WWF, quest'ultimo in particolare ha iniziato nel 2006 la ricerca sullo strumento del *water footprint*. Questo progetto ha le partnership innovative del governo e dell'economia pubblica nella valutazione e nel monitoraggio dell'uso delle acque, degli impatti ambientali e sociali e dei rischi

di approvvigionamento lungo le catene di produzione (WWF, WFN; 2009).

Nel 2008 WWF ha introdotto in Regno Unito una rete di uffici per seguire il progetto del water footprint su scala nazionale con il proposito di avviare lo stesso studio in altri paesi chiave del mondo (WWF- UK; 2008).

Di seguito verranno elencate le organizzazioni e le iniziative a maggior rilievo a livello internazionale.

1.3.1 World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)

Il WBCSD riunisce circa 200 società internazionali in un impegno comune per lo sviluppo sostenibile attraverso la crescita economica, l'equilibrio ecologico ed il progresso sociale.

I membri di questo organismo provengono da più di 30 paesi e da 20 grandi settori industriali, pertanto il WBCSD può beneficiare di una rete globale di circa 60 consigli d'affari nazionali e regionali e organizzazioni partner. La missione è di fornire una leadership aziendale che funzioni da catalizzatore per il cambiamento verso lo sviluppo sostenibile, e di sostenere le licenze commerciali per la gestione, l'innovazione e la crescita sul modello dello sviluppo sostenibile.

Nel 2007 ha sviluppato il *Global Water Tool* che permette alle compagnie di confrontare l'uso della risorsa idrica dei propri impianti con la situazione dei bacini idrografici in cui questi impianti vengono a trovarsi (UNEP, 2009). Questo strumento, sviluppato in collaborazione con CH2M HILL, fa uso degli indicatori *Global Report Initiative* e consente alle compagnie di:

- confrontare i loro utilizzi di acqua (operazioni dirette e supply-chain) con informazioni sull'acqua e a livello nazionale e di bacino idrografico;
- calcolare l'efficienza idrica ed i consumi;
- determinare i rischi collegati all'acqua con l'intento di individuare le azioni di maggior priorità;
- creare degli indicatori idrici GRI, inventari, sistemi di misura delle performance e dei rischi e di mappatura geografica;
- in particolare questo strumento, a differenza di Water Footprint ed LCA, ha la peculiarità di determinare i rischi in cui incorre un'azienda conseguentemente al proprio atteggiamento nei confronti della risorsa idrica. Il risultato finale concreto dell'azione di questo organismo è la presa di coscienza e l'assunzione di responsabilità delle compagnie, della situazione della risorsa idrica nella regione in cui si trovano ad operare.

1.3.2 Global Environmental Management Initiative (GEMI)

Il GEMI è una organizzazione di alcune compagnie, ed ha l'obiettivo di promuovere a livello globale la sostenibilità ambientale e sociale attraverso l'informazione e lo sviluppo e la divulgazione di strumenti che possono aiutare in questo scopo.

Negli ultimi anni ha diffuso due strumenti online e delle guide allo scopo di mettere in luce il processo per valutare gli usi e i consumi d'acqua degli impianti industriali rapportandoli al contesto regionale di scarsità idrica in cui tali stabilimenti si trovano. Tali strumenti permettono di capire quali impianti e relative operazioni incidono negativamente sulla risorsa idrica (UNEP, 2009). Inoltre GEMI fornisce guide che elencano una gran varietà di impatti con relativi esempi di quali siano i fattori di rischio per l'azienda se i problemi legati alla gestione della risorsa idrica non vengono risolti. Nel 2007 GEMI ha realizzato "Collecting the drops: A Water Sustainability Planner" che fornisce strumenti e guide dettagliate in merito a:

- Il processo di valutazione della disponibilità della fornitura idrica a confronto con la disponibilità idrica di quelle regioni;
- Gli impatti che il soddisfacimento dei fabbisogni idrici ha sulla disponibilità idrica di una certa regione;
- I rischi derivanti che possono interferire con la produzione di un bene o di un servizio.

Questo include una guida per preparare un diagramma di flusso a blocchi della fornitura di acqua e dei bilanci idrici della fornitura che richiedono i dati dei consumi idrici lungo la supply-chain, le perdite idriche del processo e delle forniture, inoltre GEMI mette a disposizione questionari web la cui compilazione consente alle aziende di individuare i rischi collegati all'acqua. Questo strumento utilizza i dati dei consumi idrici ed i dati dei rilasci da parte delle compagnie per fornire raccomandazioni e porre le compagnie al riparo da eventuali rischi. Non è uno strumento che propone una metodologia avanzata che le compagnie possono usare per valutare meglio l'uso e il rilascio di acqua.

1.3.3 Water Footprint Network

Il WFN è un' organizzazione non governativa fondata per coordinare fra loro gli i soggetti interessati allo sviluppo della metodologia del Water Footprint (impronta idrica), (UNEP, 2009). La metodologia Water Footprint (WF) è un sistema di calcolo dei consumi idrici che può essere applicato a livello di nazione, prodotto o azienda. Università, governi e organizzazioni governative, singoli soggetti privati e organizzazioni private attraverso il WFN possono lavorare

in modo coordinato per il miglioramento di questo strumento.

Il WFN è attivo nello sviluppare:

- gli standard per lo strumento Water Footprint (metodi, linee guida, criteri) dalla contabilizzazione dell'uso e del consumo idrico alla valutazione ed alla riduzione degli impatti;
- sviluppare strumenti pratici per supportare la gente e le organizzazioni interessate nella valutazione del water footprint, nella valutazione degli impatti, e nella riduzione e compensazione del water footprint;
- promuovere la conoscenza e la comunicazione del water footprint;
- supportare i corpi di governo e le istituzioni internazionali, le organizzazioni non- governative, le aziende e le altre organizzazioni nell'implementare la valutazione del water footprint e nello sviluppare una politica idrica sostenibile, e
- provvedere a dei consigli in merito all'applicazione del water footprint, attraverso la verifica e la certificazione del water footprint.

Water Footprint attualmente si riferisce alla metodologia di A.Y. Hoekstra e attualmente coordinata dal WFN. Tutti i riferimenti di questo testo al Water Footprint fanno riferimento esclusivamente alla metodologia del WFN.

1.3.4 Global Reporting Initiative(GRI)

Il GRI è un'organizzazione che ha sviluppato lo schema di report di sostenibilità più diffuso nel mondo. Il *reporting* di sostenibilità consiste nella misurazione, comunicazione e assunzione di responsabilità nei confronti di *stakeholder* sia interni che esterni, in relazione alla performance dell'organizzazione rispetto all' obiettivo dello sviluppo sostenibile. L'espressione "reporting di sostenibilità" assume un vasto significato ed è sinonimo di altre espressioni utilizzate per illustrare l'impatto economico, ambientale e sociale. L'ultima versione di questo schema si chiama *G3 Guidelines* ed include cinque criteri relativi alla valutazione della risorsa idrica (UNEP, 2009):

1. Prelievo totale di acqua
2. Risorse idriche affette da privazione di acqua
3. Percentuale sul volume totale di acqua riciclata e riutilizzata.
4. Quantità di acqua totale scaricata compresa di qualità e destinazione.
5. Identificazione dei sistemi che sono influenzati dallo scarico di acqua da parte dell'azienda e dal suo utilizzo di acqua.

Questo schema richiede la valutazione degli impatti legati all' uso della risorsa idrica e non

richiede una metodologia specifica per la quantificazione dei valori richiesti dai cinque criteri. Lo schema sviluppato dal GRI ha l'obiettivo principale di mettere in contatto in maniera semplificata le aziende con le parti interessate. Questo schema sebbene sembri fornire delle informazioni sulla risorsa idrica interessanti non può essere considerato significativo a livello scientifico perché come già detto non sono individuate delle metodologie e degli strumenti per definire in modo univoco questi criteri. Nel 2002, la GRI ha pubblicato un progetto di protocollo d'acqua che fornisce informazioni dettagliate e linee guida per orientare le valutazioni delle imprese, le misure e la comunicazione sugli usi delle acque e gli impatti associati (Global Reporting Initiative, 2009).

1.3.5 Alliance for Water Stewardship

La Alliance for Water Stewardship (AWS) è un'iniziativa che sta lavorando per sviluppare un nuovo programma di certificazione per la gestione della risorsa idrica. Questa certificazione vuole disporre un'etichettatura volontaria che certifichi eccellenza nella gestione dell'uso della risorsa idrica. Una certificazione di questo tipo richiede la quantificazione della risorsa idrica consumata per poter valutare gli impatti. In particolare la AWS intende usufruire degli strumenti e degli indicatori già esistenti per la contabilizzazione dell'acqua consumata e per la valutazione degli impatti. Per raggiungere questo traguardo, AWS intende basarsi sullo strumento del Water Footprint (sviluppato dalla WFN) come base per le misurazioni, cercando di modificarla opportunamente per il contesto dell'etichettatura ambientale ed evitando soprattutto i fraintendimenti e la confusione che è stata creata dalle precedenti applicazioni del Water Footprint (WF) alle aziende e ai prodotti. Lo schema di certificazione che sta sviluppando AWS verrà applicato sia a livello di azienda che a livello di prodotto o servizio. L'iniziativa è destinata a concludersi nel breve periodo (3-5 anni) sciogliendo l'associazione e rimettendo alle singole organizzazioni regionali l'obiettivo del conseguimento e dell'applicazione degli strumenti introdotti dal AWS, usufruendo della rete di partnership messa in piedi da questa organizzazione (Water Stewardship Initiative, 2008). In questo breve arco di tempo (l'associazione è stata fondata nel 2008) si sono focalizzati gli obiettivi dell'armonizzazione degli standard globali con quelli regionali già esistenti, assicurandosi che tutti i soggetti operino simultaneamente nella stessa direzione. Proprio in quest'ottica è stato lanciato all'inizio del 2010 *The Global Water Roundtable* (GWRT) con l'intento di coinvolgere tutti i soggetti interessati nel dibattito sugli obiettivi di riduzione degli impatti idrici e sulla stesura di una normativa che possa essere condivisa da tutti e ovunque. Il GWRT messo in piedi dalla AWS si basa sul modello dei tavoli

di discussione già messi in piedi precedentemente dal WWF (WWF, 2009).

Il GWRT esamina, discute e prende decisioni preliminari sugli impatti, dovuti all' utilizzo dell'acqua, che devono essere affrontati, quindi individua e propone principi e criteri preliminari che potrebbero fornire il quadro di standard per l'acqua.

L'AWS ha già cominciato a riflettere su questi temi, e ha preparato delle bozze preliminari su: (I) impatti principali, (II) principi e criteri, e (III) lo sviluppo di una struttura globale di norme di gestione delle acque (WSI, 2006). Tali proposte da parte dell'AWS (che potranno essere accettate, modificate o respinte dal GWRT) serviranno da punto di partenza per i lavori del GWRT.

I lavori in corso del GWRT saranno condivisi continuamente con tutte le iniziative regionali. Poiché le iniziative regionali potranno convocare le loro propri riunioni, si passeranno in rassegna i lavori in corso del GWRT, e si forniranno importanti prospettive regionali e delle realtà locali.

Negli ultimi due anni, diverse iniziative locali hanno compiuto importanti progressi sulla promozione nella gestione delle acque a livello regionale. Questi includono la *Water Stewardship Initiative* in Australia (WSI) che è stato uno dei fondatori del AWS (Spencer e Kinnaird, 2006) e l' *European Water Partnership* (EWP) con sede a Bruxelles (UNESCO, 2010).

Sia il WSI e EWP hanno iniziato a lavorare sui programmi di gestione regionale delle acque prima della formazione della AWS. Il tema della gestione delle acque viene affrontata in modo simile a quello AWS, ottenendo un gruppo eterogeneo di soggetti interessati a lavorare insieme per costruire un programma di gestione delle acque. Attualmente sia il WSI che il EWP sono entrati a far parte dell' AWS. E' importante creare un sistema armonizzato di gestione globale delle acque ma anche l'organizzazione locale di un tale sistema è rilevante, poiché l'acqua è un problema locale, e affinché il programma globale sia credibile è necessario poter risolvere gli aspetti regionali legati all'acqua, ciò sarà fatto attraverso WSI, EWP e altri iniziative regionali associate sia con la AWS che al lavoro della GWRT.

Al termine del lavoro del GWRT, i risultati prodotti sono regolarmente demandati alle iniziative regionali. Quest'ultime condividono con i vari GWRT le informazioni e gli sviluppi nella creazione di standard di gestione a livello locale, beneficiando della condivisione su scala globale delle conoscenze a livello regionale.

Altri importanti aspetti delle iniziative regionali sono la sperimentazione di progetti di norme, (contenenti i principi, i criteri e gli indicatori), l'analisi dei casi sociali e finanziari legati alle

norme sull'acqua, il lavoro sulle proposte di governance e del sistema di gestione idrico sviluppati, e il lavoro sulle questioni del water footprinting e dei benefici ambientali.

A seguito di richieste da un certo numero di regioni, AWS prevede di avviare ulteriori iniziative regionali nel 2010.

La *water stewardship* (amministrazione dell'acqua) richiede al management delle grandi organizzazioni una visione a lungo termine sulla dipendenza dall'acqua, riconoscendo le implicazioni strategiche, e agendo su questa base per ridurre l'esposizione delle organizzazioni ai rischi connessi.

Ciò può essere ottenuto da una serie di azioni tra cui la conservazione dell'acqua, una maggiore efficienza, una migliore gestione delle acque reflue, l'innovazione e i cambiamenti a livello economico o sociale nell'uso dell'acqua. In alcuni casi, in un'ottica di lungo termine sarà necessario modificare le operazioni che vengono compiute da un'organizzazione in un bacino idrografico, o addirittura trasferirsi in zone dove l'uso di acqua sia meno vincolato. Ci saranno i costi sociali e finanziari associati a tali cambiamenti, ma nel lungo periodo saranno inevitabili. Anche la migliore gestione dell'acqua non può eliminare questi costi. Quello che si propone di fare AWS è fornire un quadro in cui possono essere individuate le necessità di tali cambiamenti, che consenta di gestire il cambiamento stesso e di ridurre al minimo i costi, nonché di creare opportunità per premiare quelle organizzazioni che dimostrano una leadership associata ad una migliore reputazione e ad un ridotto rischio d'impresa.

1.3.6 International Organization for Standardization

ISO è l'organismo che sviluppa e diffonde gli standard a livello internazionale. Gli standard ISO allo stato attuale non includono elementi specifici sul tema della gestione della risorsa idrica. ISO tuttavia sta lavorando per lo sviluppo di uno standard per definire i principi, i requisiti e le linee guida per la misurazione e la comunicazione dell'impronta idrica di prodotti, processi e organizzazioni (UNEP Corporate Water Accounting, 2009). Questi standard fanno riferimento al nome di water footprint, ma in modo del tutto generico. ISO usa questo termine per riferirsi agli strumenti di contabilizzazione e valutazione della risorsa idrica e non specificatamente al WF sviluppato dal WFN. In ogni caso ISO ha affermato che non svilupperà una nuova avanzata metodologia per la valutazione delle risorse idriche, ma studierà degli strumenti in grado di valutare correttamente gli aspetti legati all'acqua all'interno della metodologia LCA. In particolare dovranno essere strumenti in grado di tenere in considerazione l'aspetto peculiare della risorsa idrica: la localizzazione (UNEP, 2009).

Questo quadro e modello preliminare per una norma internazionale nell'ambito della gestione sostenibile delle acque si concentra su quattro principi fondamentali che devono essere affrontati per mantenere o ristabilire i bacini idrici (Reg. europeo 2000/60/CE):

- la necessità di mantenere o ripristinare un adeguato regime della portata;
- la necessità di una governance efficace;
- la necessità di mantenere o ripristinare la qualità dell'acqua;
- la necessità di proteggere il valore degli habitat vulnerabili.

Questi quattro principi sono stati identificati come il risultato sia di un'analisi basata su dati scientifici e sulle informazioni tecniche, che attraverso discussioni con le parti interessate in una vasta gamma di settori. I principi riflettono una prima analisi degli obiettivi che un sistema di gestione dell'acqua deve raggiungere, nonché i meccanismi che potrebbero garantire il rispetto di questi obiettivi.

1.4 Come l'Europa affronta la questione idrica

La direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000, istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque (Gazzetta ufficiale della Comunità europea, 2000/60/CE). Con questa direttiva quadro l'Unione Europea organizza la gestione delle acque interne superficiali, sotterranee, di transizione e costiere per prevenirne e ridurre l'inquinamento, promuoverne l'utilizzo sostenibile, proteggere l'ambiente, migliorare le condizioni degli ecosistemi acquatici e mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità.

Per ciascun distretto idrografico devono essere predisposti un piano di gestione le cui misure mirano a:

- impedire il deterioramento, migliorare e ripristinare le condizioni dei corpi idrici superficiali, fare in modo che raggiungano un buono stato chimico ed ecologico e ridurre l'inquinamento dovuto agli scarichi e alle emissioni di sostanze pericolose;
- proteggere, migliorare e ripristinare le condizioni delle acque sotterranee, evitarne l'inquinamento e il deterioramento e garantire un equilibrio fra l'estrazione e il ravvenamento;
- preservare le aree protette.

Nel 2006, con la Direttiva 118 del Parlamento e del Consiglio europeo, si istituisce una serie di misure di prevenzione e di controllo dell'inquinamento delle acque sotterranee, in particolare per valutare lo stato chimico delle acque e per ridurre la presenza degli inquinanti (Gazzetta Ufficiale Unione Europea, Reg. C.E. 118/ 2006).

Nel 2008 con la Direttiva 105 del Parlamento europeo e del Consiglio, si stabiliscono gli

standard di qualità ambientale in materia di acque (Gazzetta Ufficiale Unione Europea, Reg. C.E. 105/ 2008). Gli standard di qualità armonizzati mirano a contrastare l'inquinamento delle acque di superficie provocato da trentatré sostanze chimiche prioritarie. Questa direttiva ha consentito la revisione di alcuni aspetti in materia di gestione della risorsa idrica tra cui l'istituzione di un elenco delle sostanze prioritarie e dei relativi standard di qualità ambientale e l'elaborazione di un inventario delle emissioni, degli scarichi e delle perdite dai sistemi di distribuzione. Tale inventario servirà a preparare la relazione della Commissione destinata a verificare i progressi realizzati per ridurre o eliminare le emissioni delle sostanze inquinanti entro il 2018. Questa direttiva completa il quadro legislativo istituito dalla direttiva quadro sulle acque e permette di prendere decisioni a vari livelli di governance. Gli Stati membri dovranno mettere a punto quanto prima dei piani di gestione specifici per ciascun distretto idrografico.

1.4.1 La politica dei prezzi

La direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE) fissa gli orientamenti per la politica dell'acqua in Europa per i prossimi decenni. In particolare promuove l'uso dei prezzi e della tassazione come incentivo per i consumatori ad usare le risorse idriche in maniera più sostenibile per recuperare i costi dei servizi idrici per i settori dell'economia. In questa prospettiva che la Commissione Europea ha elaborato la sua comunicazione sui prezzi e la gestione sostenibile delle risorse idriche. Il suo scopo è quello di consentire un dibattito politico proficuo che si terrà su questo tema e di informare gli interessati.

A partire dal 2010 gli Stati membri devono provvedere affinché le politiche dei prezzi dell'acqua incentivino adeguatamente i consumatori a usare le risorse idriche in modo efficiente e affinché i vari settori di impiego dell'acqua contribuiscano al recupero dei costi dei servizi idrici, compresi i costi per l'ambiente e le risorse.

Il trattato ritiene che, in particolare, il "chi inquina paga" è un principio fondamentale delle politiche ambientali. Inoltre, la direttiva quadro sulle acque sostiene un rafforzamento del ruolo dei prezzi, al fine di migliorare la sostenibilità delle risorse idriche.

Il "prezzo d'acqua" è definita come "l'unità o importo totale versato dagli utenti per tutti i servizi che ricevono in termini di acqua, compreso l'ambiente" (esempio: trattamento delle acque reflue).

Al fine di raggiungere gli obiettivi ambientali e di includere i grandi principi economici, le politiche di tariffazione dell'acqua devono riflettere i costi seguenti:

- costi finanziari: costi diretti che abbracciano i costi di approvvigionamento, di gestione, di

funzionamento e manutenzione e anche i costi di capitale;

- costi ambientali: costo per l'ecosistema causati dai rifiuti derivati dall'uso dell'acqua (ad esempio: salinizzazione dell'acqua dolce o degradazione dei suoli produttivi);
- costi delle risorse: costi di esaurimento delle risorse che porta alla scomparsa di alcune opzioni per altri utenti.

Ogni utente deve sostenere il costo del consumo di acqua. Se il prezzo deve promuovere una migliore utilizzazione delle risorse idriche esso dovrà essere direttamente legato alla quantità di acqua consumata e/o all'inquinamento prodotto.

Ci sono grandi differenze tra i sistemi di tariffazione delle acque negli Stati membri. Nei paesi dell'Europa meridionale, ad esempio l'agricoltura, che è un grande consumatore di acqua, paga per la sua acqua a tasso agevolato (a causa dei vari sussidi). Inoltre nei paesi che hanno aderito all'Unione europea nel 2004 è prevista un'espansione del prezzo dell'acqua, principalmente a causa del costo maggiore di allineamento con il patrimonio della Comunità.

La politica di tariffazione dell'acqua permette inoltre di limitare la pressione sulle risorse idriche e di mantenere le infrastrutture. Inoltre, un approccio armonizzato al prezzo dell'acqua è necessario al fine di evitare eventuali distorsioni della concorrenza derivanti da un'applicazione non uniforme dei principi economici sul mercato interno.

Tuttavia le politiche di tariffazione dell'acqua che consentano la sostenibilità nella gestione delle acque devono essere migliorate.

Al fine di delineare una politica di prezzi, è necessario essere a conoscenza dei seguenti elementi:

- la domanda di acqua che, in agricoltura, per esempio, non è ancora ben compresa;
- i metodi di misura (ad esempio i metri di misura o l'uso della scansione satellitare) che devono essere sviluppati.
- la variabilità della domanda di acqua rispetto al suo prezzo.
- il costo finanziario delle risorse idriche;
- il costo ambientale della risorsa.

Pur essendo difficile valutare tali costi, è importante inserire un elemento variabile (qualità, inquinamento) all'interno delle strutture di prezzo in modo che queste possano realmente fornire un incentivo.

Per ragioni di costo e accettabilità politica, l'introduzione di un nuovo sistema di prezzi dovrà essere graduale. La scala di valutazione che si deve introdurre può essere pesata in termini di oneri finanziari del servizio idrico o in termini ambientali, in ogni caso la scala di valutazione è

relativa a ciascun bacino idrografico. Ciò può creare difficoltà in caso di bacini transfrontalieri (ad esempio, il bacino del fiume Reno) perché in questo caso il costo deve essere ripartito tra le parti interessate e tra le amministrazioni dei vari paesi.

Al fine di facilitare il passaggio alla tariffazione incentivante, potrebbe essere necessario un adeguamento del quadro istituzionale esistente. In particolare, sarebbe necessario assicurare la trasparenza (attraverso politiche di informazione e di comunicazione della qualità e del confronto dei prezzi) e la partecipazione dei cittadini nelle politiche di tariffazione dell'acqua.

Le politiche di tariffazione dei servizi idrici devono essere combinate con altre misure al fine di risolvere problemi qualitativi e quantitativi di gestione delle risorse idriche. Si deve inoltre garantire una migliore sinergia tra politica di tariffazione dell'acqua e le altre politiche dell'Unione Europea: la politica agricola comunitaria e le politiche strutturali e di coesione devono prevedere anche degli incentivi per un migliore utilizzo delle acque.

Questi elementi della politica delle acque possono avere un impatto potenzialmente significativo sulla gestione e l'utilizzazione delle risorse idriche.

1.5 La privatizzazione dell'acqua come strumento di efficienza

L'acqua è considerata parte del demanio che è proprietà di uno Stato e di un popolo e, in quanto indispensabile alla vita, l'acqua è da considerarsi un bene comune, a cui tutti devono avere diritto di accesso. La risoluzione ONU del 29 luglio 2010 dichiara per la prima volta nella storia, il diritto all'acqua un diritto umano universale e fondamentale.

In quanto proprietà delle persone che vivono in un territorio, l'acqua dovrebbe avere un costo associato soltanto alle spese per la sua gestione, necessarie per ripagare i costi di depurazione, i controlli e i costi di pompaggio dai fiumi a valle verso i centri abitati posti più in alto.

Spesso invece i costi del servizio idrico non rispecchiano il reale valore dell'acqua dolce.

Quando parliamo di valore dell'acqua ci si riferisce soprattutto al valore del servizio di approvvigionamento della risorsa idrica, poiché nel contesto della privatizzazione dell'acqua non basta considerare la risorsa in se ma anche l'efficienza con cui viene erogato il servizio.

Il servizio idrico italiano ad esempio risulta altamente inefficiente allo stato attuale. I gestori sono specializzati su singole fasi del ciclo idrico (distribuzione di acqua, depurazione e fognatura) e operano su territori assai limitati (corrispondenti alle municipalità).

Si stima che attualmente a circa un terzo degli utenti idrici viene offerta acqua potabile tramite strutture che presentano un elevato grado di perdite di rete. Per di più, gran parte della popolazione è servita da acqua di qualità inferiore agli standard stabiliti dall'Unione Europea.

Molti ritengono che il principale vincolo al raggiungimento di una gestione ottimale e virtuosa dell'acqua sia identificabile nella tecnica di gestione da parte dello stato o dell'organismo pubblico in questione. Questo tema è strettamente legato alla questione del prezzo e del valore dell'acqua.

Il problema principale è che il gestore pubblico adotta una politica aziendale senza però poter adottare anche una politica di business o di profitto. Il costo del servizio idrico rimane uguale sia quando esso soddisfa i requisiti di qualità e salvaguardia della risorsa idrica sia quando questo non rispetta i criteri di efficienza richiesti dai cittadini. Questo è determinato dal fatto che l'obiettivo principale, se non unico, è sempre stato quello di assicurare l'acqua per tutti gli utenti senza alcuno stimolo al miglioramento della qualità del servizio di fornitura della risorsa idrica.

Lo stimolo a migliorare tutta la rete idrica viene meno perché, qualora si raggiunga una gestione virtuosa il merito si traduce in un costo ridotto per il consumatore e non in un guadagno diretto e reinvestibile nel miglioramento della rete idrica.

In un ottica di business, al contrario il guadagno e l'obiettivo dell'efficienza fungono da motore per la crescita della funzionalità e della produttività di ogni attività legata al business stesso.

La questione è delicata perché in questi tempi di crisi gli stati non riescono a sostenere i costi della gestione della risorsa idrica e la tendenza generalizzata in Europa è quella di privatizzare.

Un argomento portato dai sostenitori della privatizzazione delle acque, è che una gestione non pubblica porterebbe efficienza nella produzione, nella distribuzione e nell'impiego dell'acqua dolce: la diversa disponibilità e un prezzo, anche più alto, in grado di tenere conto del suo reale valore, dovrebbero indurre i consumatori al risparmio idrico e alla concorrenza fra società idriche, incoraggiando gli investimenti di lungo periodo e spingendo all'ammodernamento degli impianti e alla riduzione delle perdite negli acquedotti.

I contrari alla privatizzazione temono che questa porti a forti rincari dei prezzi.

L'acqua, come altri prodotti o servizi essenziali alla vita, è un bene a domanda scarsamente elastica rispetto a variazioni del prezzo, e che dunque consente ampi margini di rincaro.

Il confronto con un prodotto direttamente legato all'acqua dolce e con un mercato altrettanto diffuso, come quello delle acque minerali, che costano assai di più dell'acqua del rubinetto, mostra che i cittadini accetterebbero notevoli variazioni del prezzo, che già pagano acquistando l'acqua in bottiglia.

Negli ultimi decenni del secolo, la Banca Mondiale ha finanziato progetti per infrastrutture idriche nel terzo mondo, ponendo come condizione la privatizzazione della loro gestione. Questa gestione si è rivelata fallimentare dato che in questi paesi gran parte della popolazione non può

pagare le tariffe previste e ha dato origine a numerose proteste (World Trade Organization, 2010).

I detrattori sostengono che la privatizzazione sia negativa anche dal punto di vista ambientale in quanto la concessione alla trivellazione dei terreni fino alle falde acquifere oppure l'imbottigliamento delle acque nelle sorgenti di alta montagna sono operazioni che contribuiscono al problema idrico in quanto riducono la portata che giunge a valle. In un'ottica speculativa di gestione della risorsa idrica questi fenomeni sono destinati ad aggravarsi.

I contrari sostengono inoltre che senza una legge sul servizio idrico universale e senza l'obbligo di inserire nei bandi di gara una clausola a protezione dei centri svantaggiati e dei ceti meno abbienti, viene meno la garanzia per tutti i cittadini del godimento pieno e continuativo di un servizio essenziale alla vita. Il privato potrebbe interrompere la fornitura ai clienti meno abbienti che non pagano, ovvero decidere di non servire una località, perché i ricavi non coprono i costi operativi.

Per i contrari, gestione privatistica non è nemmeno sinonimo di efficienza, almeno dal lato dei consumi.

Per la loro natura i gestori privati tenderebbero a fare condizioni di favore ai clienti industriali e agricoli, che incidono su alte percentuali del loro fatturato in un'ottica di profitto, e dato il potere contrattuale dei maggiori utenti di risorse idriche, è probabile l'adozione di schemi tariffari che prevedano sconti quantità, e in questo modo disincentivano il risparmio, premiando i maggiori consumatori di risorse idriche (Sgorbissa, 2010; Istituto superiore di sanità).

Infine è importante ricordare come a livello europeo la quasi totalità degli stati abbia adottato una politica di privatizzazione della risorsa ritenendola lo strumento più adeguato per la salvaguardia e il miglioramento della risorsa idrica. Unica eccezione degna di nota è la Francia, il cui caso viene mostrato come esempio fallimentare della privatizzazione del settore idrico da parte di coloro che sono favorevoli ad una gestione statale dell'acqua in quanto bene di consumo pubblico (Gambino, 2010; Università degli studi di Roma).

Per quanto riguarda le aziende queste dovrebbero considerare i seguenti fattori nel calcolo dei rischi idrici a cui rischiano di andare incontro.

Continuando con il sistema vigente dell'approvvigionamento pubblico e della gestione statale della risorsa idrica col tempo si assisterà ad una diminuzione progressiva della qualità e della disponibilità di acqua dolce a causa della crescente conflittualità di richieste idriche da parte delle utenze che si affacciano in uno stesso bacino idrografico.

D'altra parte il costo dell'acqua non subirebbe significanti incrementi oltre a quelli dettati dal valore del denaro e dalla fluttuazione dei prezzi del mercato, in ogni caso effetti non particolarmente rilevanti sull'accessibilità alla risorsa idrica.

Nello scenario della privatizzazione della risorsa idrica, al contrario, le aziende potrebbero andare incontro ad un aumento dei costi per l'approvvigionamento di acqua dolce necessaria per le proprie attività. Questo però è vero solo in parte in quanto l'aumento del prezzo dell'acqua risulterebbe sensibilmente maggiore per il consumo domestico piuttosto che per il consumo industriale in quanto l'aumento del prezzo potrebbe essere mantenuto entro certi limiti ottenendo contratti favorevoli di fornitura per quelle utenze che hanno un elevato fabbisogno idrico per le loro attività.

Inoltre il costo dell'acqua dovrebbe essere proporzionale alla qualità del servizio in un ottica di libero mercato, questo produrrebbe un miglioramento nella qualità delle acque.

1.5.1 La privatizzazione dell'acqua in Italia

In Italia, la gestione dei servizi idrici è stata affidata a partire dagli inizi del '900 ad aziende municipalizzate senza scopo di lucro. A partire dal 1990 esse sono state trasformate in "Aziende Speciali", sempre di diritto pubblico e senza scopo di lucro (e per questo esenti dalle tasse), ma è stata altresì introdotta la possibilità di conferire il servizio a società di diritto privato (ad esempio SpA): queste, indipendentemente dal fatto che siano di proprietà pubblica, mista o privata, sono società giuridicamente "a scopo di lucro" e pertanto soggette alla tassazione degli utili prodotti.

Salvo il caso delle Aziende Speciali che sono "locali" per definizione, negli altri casi spesso si tratta di multiutilities, operanti anche in altri settori (rifiuti, energia), (Giolitti, 2010).

In Italia è stata approvata nel settembre 2009 la legge Ronchi che incentiva la privatizzazione dell'acqua in Italia sul modello Europeo, per ridurre i costi di gestione della acqua dolce supportati dallo stato italiano e per introdurre l'ottica di business nel settore idrico e consentire di avviare un miglioramento dell'efficienza nella gestione della risorsa idrica.

Il "Decreto Ronchi" (25 Settembre 2009) ha imposto la liberalizzazione dei servizi pubblici locali, stabilendo che la quota del capitale in mano pubblica diminuisca fino al tetto del 30%, lasciando spazio al privato. La gestione dei servizi pubblici locali sarà conferita "in via ordinaria" attraverso gare pubbliche e la gestione *in house* sarà consentita soltanto in deroga e "per situazioni eccezionali".

La legge sancisce inoltre che i privati debbano avere almeno il 40 % delle quote azionarie nelle SPA che gestiscono gli acquedotti ma la stessa legge non pone un tetto massimo per la quota di proprietà dei privati permettendo quindi una privatizzazione totale.

Fra i servizi interessati uno dei più discussi è quello della distribuzione dell'acqua. La decisione a livello politico appare in pieno accordo con la tendenza generale europea e la motivazione di questa transizione è che la gestione dell'acqua è estremamente onerosa e gli stati (in questo caso quelli europei) non sono più in grado di far fronte alla spesa. Molti ritengono che l'acqua debba essere gestita dal privato perché in fondo, come dice lo stesso testo del decreto Ronchi deve essere garantire "concorrenza, libertà di stabilimento e di libera prestazione dei servizi" al fine di ottenere, proprio attraverso il meccanismo della concorrenza, un servizio migliore.

Con la privatizzazione cesserebbe di esistere ogni possibilità di controllo governativo sui prezzi, essendo che per il diritto di antitrust nessuna autorità pubblica può imporre dei prezzi amministrati a soggetti privati.

Le normative vigenti non prevedono la creazione di un'authority nazionale per l'acqua, così come già esiste per altri servizi essenziali e di rilevanza economica generale, quali telecomunicazioni, gas e corrente elettrica.

Non esiste nemmeno una disciplina del conflitto di interessi che vieti ai produttori di acque minerali il controllo di società che forniscono il servizio idrico. In simili casi, il produttore potrebbe degradare la qualità dell'acqua e la continuità del servizio, ovvero aumentare le tariffe al di sopra del prezzo dell'acqua in bottiglia.

L'authority sarebbe l'unico ente pubblico con i poteri di fissare un massimale di riferimento alle tariffe per l'acqua; garantire una reale concorrenza in un servizio gestito tramite monopoli locali, che potrebbero avere durata di qualche anno (come stabilito nel quadro regolatore); la definizione di un servizio minimo da fornire a tutti e ovunque; una fascia di reddito agevolata o del tutto esente le cui bollette sono finanziate dai clienti a reddito più alto; l'attribuzione di un compenso equo alle amministrazioni locali, per la concessione esclusiva del servizio, proporzionale alla quantità d'acqua che viene sottratta al consumo del territorio locale per usi industriali o agricoli.

In particolare la normativa italiana, afferma che l'acqua è un bene demaniale perché nasce e scorre su suolo pubblico, e come tale è proprietà dello Stato. Affermare la proprietà pubblica dell'acqua comporta che chiunque tragga profitto dalla gestione del servizio, eventualmente anche quale proprietario degli acquedotti, è tenuto a pagare un canone per le risorse che consuma.

1.6 Il ruolo delle aziende nella gestione dell'acqua

Le compagnie hanno incominciato negli anni '70 a tenere conto del consumo di acqua dapprima nella maniera più semplice come acqua effettiva che entra o esce nel processo produttivo successivamente anche con degli standard spesso differenti tra loro.

Il crescente interesse delle aziende per l'acqua è guidato da una serie di fattori, tra cui la pura efficienza operativa, la gestione del marchio, e infine fattori filantropici e di etica aziendale.

1.6.1. I rischi per le aziende

Tutti gli interessi nei confronti del tema idrico sono nati dalla volontà di ridurre i rischi aziendali che sono connessi alla gestione della risorsa e nel perseguire gli obiettivi seguenti:

- mantenere licenza sociale di operare,
- costruire un vantaggio competitivo,
- garantire l'approvvigionamento di acqua a lungo termine.

La gravità e il tipo di rischi per una azienda dipendono dalla sua posizione geografica e dal tipo di settore e dall'uso che viene fatto dell'acqua. Detto questo, i rischi aziendali legati all' acqua sono spesso divisi in tre categorie generali intrinsecamente correlate (WBCSD, 2009).

Rischi fisici: riguardano l'impossibilità di un'azienda di accedere a un adeguato approvvigionamento di acqua o di servizi di gestione per le proprie operazioni.

Ciò può essere causato dalla siccità o dalla scarsità di acqua di lunga durata (cioè accesso insufficiente o inaffidabile alle risorse idriche); danni derivanti dalle inondazioni (causa di interruzioni alle forniture); l'inquinamento, nella misura in cui questo rende inadatte le acque all'uso operativo. Ciò è più spesso un problema per le aziende con operazioni *water intensive* (cioè che richiedono una quantità elevata di acqua) situate nelle regioni di carenza idrica. In molte di queste regioni, i cambiamenti climatici vanno aggravando i problemi di scarsità d'acqua.

Rischi di regolamentazione: rischi di regolamentazione nascono quando cambiano le disposizioni legislative o regolamentari o le prassi di gestione dell'acqua in modo tale da alterare l'accesso delle imprese all'acqua per forniture e servizi, aumentando i costi di funzionamento, o altrimenti imponendo una gestione aziendale dell'acqua più stringente. Requisiti più rigorosi di regolamentazione sono spesso il risultato della scarsità d'acqua e/o del conseguente conflitto tra le diverse esigenze (ad esempio, ecologico, urbano, agricolo, industriali).

Rischi reputazionali: rischi di reputazione sono causati da una produzione inefficiente o da attività e prodotti nocivi che hanno impatti negativi legati all'acqua nei bacini idrici, sugli ecosistemi o più in generale sulla comunità, che si traduce in una diminuita percezione positiva

delle parti (cioè, consumatori, investitori, comunità locali, ecc). C'è un legame tra rischi regolamentari e di reputazione quando le aziende non riescano a soddisfare i requisiti normativi. La minor reputazione di un'azienda può portare ad un diminuito valore del marchio, alla ridotta fedeltà dei consumatori, e può finire per minacciare la licenza legale e sociale di una società ad operare.

Tutti i rischi suddetti portano a rischi finanziari, che vengono causati da un aumento dei costi o da perdita di reddito a causa dello stato delle acque locali (vale a dire la scarsità o l'inquinamento) o dalla cattiva gestione delle risorse idriche. Molte imprese sono effettivamente esposte a rischi gravi legati alla scarsità d'acqua dolce nelle loro attività o nella catena di fornitura: per esempio, la scarsità d'acqua o l'inquinamento eccessivo può portare a prezzi più elevati d'acqua, a prezzi dell'energia più elevati, a costi più elevati di assicurazione e di credito, o al danneggiamento della fiducia degli investitori e quindi influenzano in modo significativo la redditività di determinate operazioni. Le nuove aspettative delle parti interessate per quanto riguarda la responsabilità delle imprese, costringe le aziende ad attuare delle strategie basate sui rischi che possono derivare dalla percezione di una gestione iniqua o inefficiente delle risorse idriche.

Le aziende possono mitigare i rischi per il loro business attraverso una serie di strade diverse a seconda della natura dei rischi, della natura delle loro operazioni, e della disponibilità idrica del luogo in cui si trovano. Tuttavia, ci sono alcune attività di massima che possono spingere al ribasso molti tipi di rischi. Per esempio, migliorare l'efficienza operativa (utilizzando meno acqua o acque di scarico più pulite per unità di produzione) diminuisce la domanda per l'approvvigionamento idrico e attenua di conseguenza i rischi di scarsità ed i costi di produzione. Questa efficienza può anche aiutare le aziende a garantire un uso continuativo dell'acqua. Come altro esempio, le imprese possono cercare di impegnarsi con le comunità e con i gestori delle acque pubbliche nella loro regione al fine di migliorare il loro accesso efficiente e continuato ai servizi idrici e contemporaneamente costruire relazioni basate sulla fiducia. I rischi si possono realmente trasformare in un'opportunità per le aziende che rispondono in modo proattivo alla sfida lanciata dalla scarsità d'acqua dolce a livello mondiale. Frontrunners che creano trasparenza dei prodotti prima degli altri, che formulano obiettivi specifici e misurabili rispetto ai consumi idrici, con particolare attenzione alle aree in cui problemi di carenza idrica e l'inquinamento sono più critici, e che possono dimostrare i miglioramenti effettivi, possono trasformare il rischio in un vantaggio competitivo.

Attualmente, le preoccupazioni ambientali nelle imprese sono dovute soprattutto alle questioni

energetiche. Ampliare l'attenzione verso il campo dell'acqua dolce è una questione di logica in un mondo dove la scarsità d'acqua dolce è generalmente indicato come l'altra grande sfida ambientale accanto al riscaldamento globale.

Una volta compreso l' utilizzo di acqua ed i relativi impatti spesso le compagnie mostrano le loro conclusioni al pubblico ed ai propri *partners*. Questo consente alle imprese di essere trasparenti e dimostrare di tenere in considerazione l'uso delle risorse idriche permettendo anche agli altri di percorrere la stessa strada. Poiché le compagnie vengono valutate sulla base delle informazioni fornite, queste dovranno essere valide e lo saranno tanto più quanto maggiore è l'uso di indicatori riconosciuti.

L'aspetto della comunicazione dei risultati è fondamentale perché la compagnia ha un controllo diretto solo sulle proprie attività e quindi se vuole risultare efficace nel mitigare gli impatti deve considerare anche gli aspetti non direttamente collegati alle proprie attività. Per fare questo occorre operare una strategia comune con i partners per mitigare gli effetti negativi basata sulla comunicazione e sulla trasparenza.

Capitolo 2

Metodi e strumenti per la gestione della risorsa idrica

Storicamente, l'uomo ha sempre sfruttato le risorse naturali del pianeta, generando rifiuti, senza preoccuparsi del loro effetto in materia di ambiente (Oliveira, 2000). A causa di questo approccio, le linee guida per risolvere i problemi ambientali causati dall'uomo sono sempre stati quelli di eliminare gli effetti nocivi generati dall'inquinamento, attraverso la diluizione e la dispersione. La conseguenza di queste azioni è stato il degrado delle risorse naturali e dell'aria, e l'inquinamento delle acque e del suolo. Tuttavia, la preoccupazione principale sui problemi ambientali generati da queste azioni è che i loro effetti potrebbero non essere immediati. Questa situazione ha portato le società a preoccuparsi della qualità ambientale. Questa preoccupazione, insieme alle leggi ambientali sempre più severe, ha portato, a sua volta, alla ricerca di modi per razionalizzare l'uso delle risorse naturali e ridurre al minimo la produzione di rifiuti nel settore industriale (Zbontar, 2000).

D'altra parte, le preoccupazioni ambientali possono essere connesse agli aspetti economici, dato che la riduzione del consumo di materia ed energia, è direttamente collegato ai benefici finanziari, oltre che ai miglioramenti ambientali. In questo senso, oggi sono più di 30.000 le aziende del mondo che utilizzano sistemi orientati alla gestione ambientale, nel tentativo di migliorare le prestazioni in questo campo (Hammemberg 2001 e Mainders, 2001). Questo ha prodotto lo sviluppo di tecniche in grado di integrare gli aspetti ambientali nella progettazione e nella gestione dei processi industriali (Bakshi, 2000). Anche se i miglioramenti ambientali sono direttamente relativi alla performance economica, sono poche le metodologie stabilite in letteratura che integrano questi aspetti nell'analisi di processo.

Gli strumenti principali ed i metodi di valutazione specifici per la risorsa idrica sono quattro: GEMI Water Sustainability Planner and Tool, WBCSD Global Water Tool, Life Cycle Assessment, Water Footprint. Quest'ultimo in particolare è l'unico che consente un approccio di

supply-chain che permette di calcolare i consumi idrici associati ad un particolare prodotto. Accanto a questi strumenti, vi sono i tentativi di dare una definizione sistematica dell'approccio alla questione della scarsità delle risorse di acqua dolce, riunendo tutti gli aspetti emersi nel corso dell'ultimo decennio in una norma completa. A questo proposito si descrive il lavoro svolto dalla Alliance for Water Stewardship (AWS) nel tentativo di redigere una norma completa per quanto riguarda i criteri di valutazione degli impatti sulla risorsa acqua dolce, che possa essere implementata dalle aziende e dalle compagnie interessate. Ai fini della valutazione del consumo della risorsa idrica e dei suoi impatti non esiste ancora un metodo che si possa definire completo. Di seguito verranno presentati gli strumenti sopra elencati, dando particolare rilievo allo strumento del WF e confrontando le caratteristiche di ciascuno di essi evidenziandone le peculiarità e i limiti.

2.1 Water Footprint

L'impronta idrica o water footprint è un indicatore che vuole fornire una misura dell'appropriazione, da parte dell'uomo, dell'acqua dolce disponibile a livello globale. I concetti di seguito riportati fanno riferimento, in particolare, a Hoekstra, 2008 e a Gerbens-Leenes e Hoekstra, 2008.

L'impronta d'acqua (*water footprint*) è stata introdotta nel 2002 da parte di Hoekstra e dal suo gruppo di ricercatori dell'università di Twente ad Utrecht in Olanda, il concetto di impronta d'acqua è parte di una più grande famiglia di concetti che sono stati sviluppati in materia di scienza ambientale negli ultimi dieci anni. Un' "impronta", in generale, è diventata nota come una misura quantitativa che mostra l'appropriazione delle risorse naturali o la pressione sull'ambiente da parte degli esseri umani. Ad esempio l'impronta ecologica è una misura di uso dello spazio bio-produttivo (ettari), l'impronta ecologica di carbonio misura la quantità di gas a effetto serra prodotti, misurata in equivalenti di biossido di carbonio (in tonnellate). Allo stesso modo l'impronta d'acqua misura l'utilizzo di acqua (in metri cubi all'anno).

I tre indicatori sono complementari, in quanto misurano cose del tutto diverse tra loro.

Metodologicamente ci sono molte somiglianze tra le diverse impronte, ma ciascuna ha le sue peculiarità legate alla unicità della risorsa in esame vedi §2.8 e 2.9.

Il WF (*water footprint*) deriva dall'estensione e miglioramento di un concetto precedente: il concetto di *Virtual Water Content* (contenuto virtuale di acqua, VWC). Il VWC è stato introdotto nel 1998 da Allen, che ha studiato la possibilità di importare l'acqua virtuale (in opposizione alla acqua reale) come strumento per alleviare la pressione sulla risorsa d'acqua del paese

importatore.

Importare acqua virtuale (acqua esogena) diventa così fonte di acqua alternativa, accanto alle fonti di acqua endogene (Haddadin, 2003).

Hoekstra e Chapagain definiscono il contenuto virtuale di acqua di un prodotto (bene o servizio) come il volume di acqua dolce utilizzata per produrre il prodotto, ottenuto dalla somma dei volumi utilizzati nelle varie fasi della catena produttiva (Hoekstra 2009). L'aggettivo "virtuale" fa riferimento al fatto che la maggior parte dell'acqua utilizzata per realizzare il prodotto non è contenuta di fatto nel prodotto stesso (Hoekstra 2008).

La differenza e l'estensione del concetto di contenuto virtuale di acqua a quello di water footprint è che il primo fa riferimento esclusivamente al volume di acqua incorporata nel prodotto, mentre il termine impronta d'acqua (*water footprint*) si riferisce non solo al volume, ma anche al tipo di acque che sono usate (*green, blue, grey water footprint*) e specifica il dove e il quando l'acqua viene utilizzata (vedi capitolo §3). L'impronta d'acqua di un prodotto è un indicatore multi-dimensionale, mentre il contenuto d'acqua virtuale si riferisce solo al volume.

Le origini della WF possono quindi essere rintracciate nella volontà di analizzare la dimensione mondiale dell'acqua come risorsa naturale. Il punto di partenza risiede nel fatto che la gestione di tale risorsa è generalmente vista come un problema a livello locale o al massimo di bacino fluviale e che l'influenza dei commerci internazionali sullo schema globale di utilizzo dell'acqua troppo spesso non viene preso in considerazione. Infatti, la gestione a livello mondiale di questo tipo di risorse e l'importanza dell'economia mondiale sono state ignorate dalla maggior parte delle comunità scientifiche e politiche (Hoekstra, 2006). Inoltre, nell'ambito della gestione della risorsa acqua, la prospettiva della produzione è stata così dominante da non permettere il riconoscimento che l'utilizzo di acqua, alla fine, è da mettere in relazione al suo consumo da parte dell'uomo (Hoekstra, 2009). Guardando all'utilizzo di acqua ed alla catena di fornitura (*supply chain*), lo scopo della WF è quello di svelare il collegamento nascosto tra consumo umano e utilizzo di acqua.

L'impronta idrica calcola l'utilizzo di acqua per qualsiasi gruppo di consumatori (un individuo o una famiglia, gli abitanti di un villaggio, città, provincia, stato o nazione) o produttori (una pubblica organizzazione, un'impresa privata o un intero settore economico). Per utilizzo di acqua si intende sia il volume consumato (si parla anche di volume evaporato) sia quello inquinato, cioè l'acqua che non è più disponibile nel suo stato originale e non può essere subito riutilizzata. L'impronta idrica è quindi un indicatore dell'interferenza umana nel ciclo della acqua che guarda non solo all'utilizzo diretto da parte di un consumatore o di un produttore, ma anche ad un suo

utilizzo indiretto. Per utilizzo indiretto si intende la quantità di acqua utilizzata per produrre beni e servizi consumati da un individuo o da una comunità.

La WF di un individuo, una comunità o un'azienda è espressa in termini di volume d'acqua dolce utilizzata in un anno. La WF di un prodotto viene invece rappresentata come il volume di acqua dolce utilizzata per unità di prodotto.

Tramite la misurazione dell'evaporazione e dell'inquinamento, viene messo in evidenza l'impatto immediato sul sistema acqua. L'acqua della quale ci si appropria e che poi viene persa nell'atmosfera o inquinata non è più disponibile per il sistema naturale di cui essa in precedenza faceva parte e non è disponibile comunque per l'impiego immediato da parte dell'uomo. L'acqua una volta evaporata rimane comunque nel ciclo idrologico e può pertanto essere nuovamente disponibile in un certo luogo e in un determinato momento.

Quando parliamo di acqua legata al water footprint stiamo parlando di acqua dolce e non della acqua in generale, in quanto è proprio l'acqua dolce ad essere una risorsa scarsa.

Il Water Footprint è stato concepito per la gestione e la comprensione della risorsa idrica a livello macroscopico (Water Resource Management WRM), e non per la gestione idrica di una azienda dei suoi prodotti o dei suoi impianti. Tuttavia dal 2002 ad oggi il concetto di *water footprint* (WF) si è sviluppato ed è stato utilizzato con degli scopi diversi da quelli originari per cui è nato, venendo applicato a prodotti specifici e non più soltanto a livello esteso di nazione o popolazione.

Il fatto che alcune aziende e ricercatori cerchino di applicare lo strumento del water footprint all'analisi di prodotto è un fatto indiscutibilmente legato alle mancanze della metodologia LCA nella valutazione della risorsa idrica. In ogni caso il WFN si sta impegnando nel supporto alle aziende che vogliono cimentarsi nel calcolo del WF. In particolare si sta caratterizzando il WF di particolari prodotti e materie prime ad alto consumo idrico.

Attualmente il metodo del footprint per l'acqua è stato ulteriormente migliorato, cominciando a incorporare un modo di realizzazione più affidabile e più esplicito sia spazialmente che temporalmente, per considerare meglio la qualità dell'acqua e le ripercussioni della risorsa idrica sugli altri aspetti ambientali.

La water footprint non è il primo indicatore riguardante l'utilizzo di acqua tuttavia è diverso da quello classico che generalmente si trova in statistica; quest'ultimo, indicato con il termine *water withdrawal* (prelievo di acqua), fa unicamente riferimento alla quantità di acqua estratta.

La WF differisce da questo classico indicatore sostanzialmente in tre aspetti (Hoekstra, 2008):

1) La WF fa riferimento unicamente all'utilizzo di acqua che comporta un consumo dell'acqua

stessa cioè all'acqua che evapora, l'altro indicatore include anche l'utilizzo che non comporta un consumo di acqua ma che costituisce comunque un prelievo.

2) La WF considera non solo l'utilizzo di acqua di falda o superficiale (blue water), come fa l'indicatore classico, ma anche l'utilizzo di acqua piovana disponibile come umidità del suolo (green water) ed il consumo di acqua legata al processo di purificazione della stessa dagli agenti inquinanti (grey water), vedi §3.1;

3) La WF misura la totale appropriazione di acqua dei beni e dei servizi considerando il consumo e l'inquinamento dell'acqua lungo la catena di produzione e di fornitura.

L'impronta idrica include al suo interno l'utilizzo diretto ed indiretto di acqua, mentre l'indicatore water withdrawal fa riferimento unicamente all'utilizzo diretto.

Tramite l'adozione di una prospettiva che considera la catena di fornitura, la WF permette di mettere in evidenza il collegamento tra il consumo o la produzione locale dei prodotti e l'appropriazione globale della risorsa acqua, cosa che non viene fatta attraverso l'utilizzo dello indicatore classico (Hoekstra, 2008).

2.1.1 Water Footprint di un'azienda

Il water footprint di un'impresa o azienda (*business*) è il volume totale diretto ed indiretto di acqua utilizzata, necessario per supportare tutte le attività. Per il calcolo della WF di un'impresa si fa riferimento alla metodologia presentata da Gerbens-Leenes e Hoekstra, 2008. La metodologia è stata sviluppata con l'intenzione di determinare un metodo di calcolo dell'impronta idrica applicabile a diverse tipologie di business: grandi e piccole società o aziende private ma anche pubbliche organizzazioni.

Il termine business viene qui inteso nel suo senso più ampio. Esso comprende qualsiasi entità di produzione di beni e/o servizi destinati ai consumatori o ad altri business. Questa entità può essere una parte di una società privata ma anche un'organizzazione governativa o non governativa; si può inoltre fare riferimento a vari livelli, ovvero ci si può riferire ad uno specifico comparto di un'azienda o a tutta l'azienda. Per business si intende quindi qualsiasi entità o attività che trasforma una serie di input in uno o più output.

Per poter valutare l'impronta idrica di un'azienda è importante delinearne in modo chiaro i confini; occorre distinguere il sistema da studiare dall'ambiente circostante ed individuare in modo preciso gli input e gli output.

Molteplici sono i settori di appartenenza di un'impresa: agricolo, industriale, commerciale, di estrazione primaria, energetico di servizi pubblici e privati, dei trasporti. Molte aziende operano

all'interno di un unico settore, tuttavia esistono imprese che svolgono la loro attività in più settori.

Gerbens-Leenes e Hoekstra propongono di calcolare l'impronta idrica per unità di processo. L'unità di processo è definita come quella parte del processo adibita alla realizzazione di un prodotto omogeneo. Quando l'attività di un'azienda è distribuita in locazioni differenti, è preferibile suddividere l'attività globale in unità di processo in modo che ogni singola unità avvenga in un luogo ben definito. Oppure, quando un'azienda è costituita da molteplici attività, conviene suddividere l'attività in unità di processo ognuna delle quali ha il compito di realizzare uno specifico prodotto. La WF del processo complessivo può di conseguenza essere calcolata come la somma delle impronte idriche delle varie unità di processo.

Bisogna distinguere tra consumi diretti ed indiretti perché l'utilizzatore diretto è il produttore mentre i consumi indiretti invece sono quelli imputabili ai fornitori del produttore. La WF di un business include quindi due componenti: la *operational WF* e la *supply-chain WF*. Poiché l'86% dell'acqua utilizzata a livello mondiale è dovuta al settore agricolo, il quale costituisce parte della catena di fornitura di molte aziende, la WF di un'azienda i cui input sono costituiti da prodotti agricoli è costituita soprattutto dalla *supply-chain WF*, mentre il contributo della *operational WF* è ridotto (Gerbens-Leenes e Hoekstra, 2006). Il water footprint di un'attività che produca un bene è la quantità di acqua necessaria per la produzione del prodotto finale. Gli stadi riportati nello schema possono includere sia utilizzo di acqua virtuale che utilizzo reale di acqua per le fasi di lavorazione.

Nonostante molte aziende focalizzino l'attenzione sulle loro prestazioni, è importante considerare l'intera catena di fornitura. Se le imprese si concentrano sugli impatti generati solamente dalle loro attività, il loro impegno e i loro sforzi potrebbero determinare solo piccoli miglioramenti lungo il ciclo di vita del prodotto.

E' quindi importante considerare le performance delle aziende collegate attraverso la catena di fornitura, che hanno una certa influenza sull'impronta idrica dell'azienda stessa.

Bisogna comunque precisare in questa fase che il calcolo della WF è solo il primo passo verso una gestione responsabile da parte delle aziende. Il passo successivo è quello di valutare gli impatti sociali e ambientali generati da questa impronta idrica. Per fare ciò, è molto importante poter localizzare la WF dell'azienda di interesse. Questo indicatore infatti, permette di mostrare non solo la quantità d'acqua utilizzata e/o inquinata ma anche la disposizione geografica dei consumi e inquinamenti della risorsa acqua.

L'impatto dell'impronta idrica di un'azienda dipende dalla vulnerabilità dei sistemi nei quali la

stessa WF è localizzata, dalla competizione degli utilizzatori delle risorse locali e dalle esternalità negative associate all'utilizzo d'acqua. La valutazione degli impatti richiede una fase ulteriore oltre alla quantificazione, localizzazione e descrizione delle tre componenti della WF; si tratta dello sviluppo di una politica di gestione dell'acqua che abbia lo scopo di ridurre e compensare gli impatti generati dal consumo della risorsa acqua.

Il calcolo dell'impronta idrica di un'impresa può essere utilizzato per i seguenti scopi:

- identificare gli impatti dell'impresa, in relazione all'utilizzo della risorsa acqua, sull'ambiente naturale e sociale;
- creare trasparenza nei confronti degli stakeholders, dei clienti, dei consumatori e dei governi;
- confrontare l'utilizzo d'acqua in unità di processo comparabili tra loro;
- identificare e sostenere lo sviluppo di una politica che sia in grado di ridurre i rischi in riferimento al problema della scarsità dell'acqua dolce.

In sostanza, l'obiettivo primario del calcolo della WF delle aziende è quello di costituire una base informativa per accrescere l'utilizzo efficiente dell'acqua dolce, per ridurre gli impatti sociali ed ambientali ad esso associati e per assicurare una maggiore disponibilità sul lungo termine della risorsa.

2.1.2 Water Footprint di prodotto

Strettamente connesso al concetto di WF delle imprese è il concetto di WF dei prodotti. La WF di un prodotto (bene o servizio) è definita come il volume totale di acqua dolce utilizzata in modo diretto e in modo indiretto per realizzare il prodotto. Essa viene stimata considerando l'utilizzo di acqua in tutte le fasi della catena di produzione. E' riconosciuto che l'utilizzo di acqua relativo ad un prodotto non è limitato alla sola fase della sua produzione, per molti prodotti infatti l'impiego di questa risorsa è coinvolto anche nella fase di utilizzo o consumo del prodotto stesso.

La frazione di acqua impiegata in quest'ultima fase non viene inclusa nella definizione di WF del prodotto, ma va considerata come parte del WF del consumatore. Analogamente, l'acqua adoperata nel riutilizzo, riciclo o smaltimento di un prodotto viene annoverata nella WF dell'azienda o dell'organizzazione che provvede a quel servizio e nella WF del consumatore che trae beneficio dal servizio stesso. La procedura di calcolo della WF è simile per tutte le tipologie di prodotti, siano esse derivanti dal settore agricolo, industriale o dei servizi.

2.2 AWS - Stewardship Standard International Water

L'AWS ha sviluppato un modello preliminare (*Stewardship Standard International Water*) in cui principi, criteri, indicatori e obiettivi sono incorporati in un sistema di gestione della qualità della risorsa idrica in grado di garantire un'attuazione efficace e in grado di fornire una base per il monitoraggio delle prestazioni di una sistema di gestione (AWS, 2009).

Il modello di standard preliminare si basa sul concetto di *water footprint* e sulle idee associate derivate dalla *Life Cycle Analysis*. Il modello adotta esplicitamente la terminologia e le definizioni di utilizzazione diretta ed indiretta di acqua dolce e le definizioni di *blue, green e grey water* sviluppate dal WFN (Water Footprint Network, vedi paragrafo §3.1). Il modello così considera non solo l'impatto di una organizzazione legato al proprio uso (diretto) di acqua, ma anche l'impatto indiretto di quelli che gli mettono a disposizione materiali e servizi. Il modello si basa sul presupposto che il fine ultimo è una gestione dell'acqua sostenibile per i bacini idrici. Questa norma è pertanto concepita per ottimizzare la capacità delle organizzazioni di contribuire alla sostenibilità a livello di bacino idrografico.

Gli obiettivi della norma sono quelli di individuare quando l'acqua proviene da situazioni idriche insostenibili e di incentivare la creazione di organizzazioni all'interno di tali bacini per migliorare la sostenibilità con gli strumenti più efficaci e convenienti a disposizione, comprese le azioni in relazione all'uso, alla qualità e alla governance dell'acqua del bacino e alla protezione degli habitat vulnerabili.

Il modello dello standard è costituito da una serie di requisiti generici internazionali sulla qualità della gestione idrica delle aziende. Tali requisiti sarebbero applicabili alle organizzazioni di tutti i settori in tutti i paesi. I requisiti saranno accompagnati da indicatori di conformità, specifici per ogni settore, applicabili a seconda dei casi. Infatti il requisito essenziale per la stesura di questa norma è che non si rechi svantaggio alle piccole e medie imprese, facendo sì che il modello dello standard, sviluppato dalla AWS, non escludi le organizzazioni al di sotto di una certa dimensione. Tuttavia, l'obiettivo della norma è quello di apportare un cambiamento a livello dei bacini idrografici, che sono generalmente grandi e sottoposti ad un'ampia gamma di impatti di rilievo. L'influenza di una singola impresa di piccole o medie dimensioni a livello di bacino idrografico è trascurabile nella maggior parte dei casi.

Il modello e lo standard di accompagnamento rimangono in una fase preliminare ed un ulteriore sviluppo e collaudo delle sue componenti tecniche sono ancora necessari. Tuttavia, a grandi linee, il modello standard comprende attualmente le seguenti fasi operative (AWS, 2009):

- 1) l'organizzazione stima la dimensione relativa della propria impronta d'acqua, diretta ed

indiretta, e l'uso dell'acqua legato alla fase di utilizzo del prodotto (nel caso di prodotti di consumo);

2) qualunque organizzazione il cui utilizzo diretto di acqua è superiore al 20% del loro uso complessivo di acqua, deve misurare e registrare, tramite una serie di indicatori chiave, la quantità del suo uso dell'acqua ed i suoi effetti in termini di qualità;

3) qualunque organizzazione il cui uso indiretto dell'acqua è superiore al 20% del suo consumo totale deve identificare i principali fornitori responsabili per l'uso di acqua indiretta e richiedere loro di svolgere la stessa valutazione (stima del loro uso di acqua diretta e indiretta);

4) le organizzazioni, i cui prodotti nella fase di utilizzo richiedono una quantità di acqua superiore al 20% del totale d'acqua necessaria per la produzione degli stessi, deve identificare la posizione delle sue vendite ed individuare degli indicatori di sostenibilità a livello nazionale o regionale nelle principali aree di vendita.

Le informazioni quantitative sull'uso di acqua (diretto, indiretto e in fase di utilizzo) combinate con i dati relativi alla sostenibilità del bacino servono per stabilire l'indice di sostenibilità dell'organizzazione (*Watershed Sustainability Index*). L'indice fornisce un unico insieme di valori che riflette la generale sostenibilità dei bacini da cui si preleva l'acqua necessaria. L'indice proposto dal AWS assegna un punteggio da 1 a 100. A punteggio pieno (100/100) l'organizzazione non interferisce in alcun modo sulla risorsa della rete idrica e non ha quindi nessun effetto negativo sulla qualità dell'acqua.

Il *Watershed Sustainability Index* di un'organizzazione consente di capire dove gli impatti negativi sono maggiori e quali sono le azioni più efficaci ed economicamente vantaggiose che possono essere intraprese per migliorare il proprio punteggio. Le azioni possono riguardare il miglioramento dell'utilizzazione diretta di acqua (ad esempio migliore efficienza, riciclaggio), il miglioramento dell'utilizzazione indiretta di acqua (ad esempio, azioni di sostegno verso i fornitori, o cambiamento di forniture a favore di quelle provenienti da bacini idiograficamente sostenibili). In generale le azioni possono concentrarsi sull'uso, sulla qualità, sulla governance o sull'habitat dell'acqua.

2.3 GEMI Water Sustainability Planner and Tool

La *Global Environmental Management Initiative* (GEMI) è un'associazione di varie aziende che cooperano con l'obiettivo di migliorare la gestione degli aspetti ambientali aziendali. GEMI ha sviluppato due strumenti per misurare gli impatti di una azienda sulla risorsa idrica: il *Water Sustainability Tool* e il *Water Sustainability Planner*.

2.3.1 GEMI Water Sustainability Tool (WST)

GEMI *Water Sustainability Tool* (WST) è stato sviluppato nel 2002. Consiste di un software, disponibile on-line, che consente alle aziende di stabilire una strategia nella gestione delle risorse idriche. Lo strumento, messo a punto dal GEMI, valuta i rischi associati all'utilizzo dell'acqua da parte delle aziende ed individua delle azioni volte a mitigare i rischi suddetti. Nel sito del progetto sono riportati i casi studi di alcune compagnie che hanno applicato lo strumento. Tra tutte possiamo citare: Intel Corporation; Kodak; Texas Instruments; The Proctor and Gamble Company; The Coca-Cola Company; DuPont e Novartis Corporation (Water for Business, 2009).

Bisogna chiarire che lo strumento fornito da GEMI non è un calcolatore che misura e quantifica il consumo idrico, ma consente di inquadrare la situazione della propria compagnia in merito agli impatti sull'ambiente o in merito ai rischi per l'azienda legati alla gestione delle risorse idriche. Lo strumento è costituito da cinque moduli e ciascuno di essi è costruito per consentire la valutazione dei consumi diretti ed indiretti di acqua dolce:

2.3.1.1 Modulo 1: valutazione dell'approvvigionamento della risorsa idrica

L'azienda o la compagnia devono capire come derivano gli impatti dall'uso diretto ed indiretto della risorsa idrica. Per ciascuno stadio della *value chain* bisogna comprendere come entra l'acqua nel processo. Ci sono diverse aree di consumo di acqua come i processi di riscaldamento /raffreddamento, la pulizia delle parti durante la produzione e il trasporto di materiali.

Inoltre, le imprese sono spesso collegati all'acqua in molto indiretto: queste connessioni possono essere associate con il modo in cui i fornitori, i dipendenti e i clienti utilizzano acqua.

La caratterizzazione di ogni uso dell'acqua deve contenere informazioni sulla quantità di acqua utilizzata, la qualità delle acque utilizzate, lo scopo dell'utilizzo dell'acqua e le fluttuazioni stagionali. Un "bilancio idrico" è uno strumento utile per documentare l'utilizzo idrico, all'interno di una struttura o di un processo.

Per quanto riguarda la valutazione degli impatti può essere utile dividere gli impatti sull'acqua in due categorie principali. In primo luogo, gli effetti che possono essere associati agli scarichi di acque.

In secondo luogo, l'impatto dell'acqua che può derivare dalle attività che non riguardano direttamente l'uso dell'acqua, ma coinvolgono comunque materiali in grado di incidere potenzialmente sulla qualità delle fonti idriche. Ad esempio, la deposizione di aria può influire sulla qualità delle acque superficiali, la lisciviazione di materiali e prodotti chimici può influire

sulla qualità delle falde acquifere sotterranee e le fuoriuscite o perdite da serbatoi possono influenzare la qualità di entrambe le categorie di acqua superficiale e sotterranee.

In alcune fasi della catena del valore, come il processo di produzione, gli effetti diretti sull'acqua spesso possono essere identificati facilmente, perché coinvolgono le attività che possono essere regolati da agenzie governative. Alle estremità della catena del valore (fornitura di materie prime e consumatori finali), gli impatti diretti e indiretti possono essere meno noti.

2.3.1.2 Modulo 2: valutazione dei rischi per l'azienda o la compagnia

L'identificazione e la valutazione dei rischi è basata sull'area di utilizzo e di impatto dell'acqua e consente agli interessati di caratterizzare e identificare le priorità in riferimento ai rischi corrispondenti per il proprio business.

Sulla base delle zone di utilizzo e di impatto sull'acqua individuate, questo modulo aiuta gli utenti a identificare e a dare delle priorità ai potenziali rischi aziendali corrispondenti. Il rischio commerciale è legato a vincoli potenziali sull'attività economica. Questi possono derivare da aumenti di costo, di processo e ritardi di produzione, limiti alle capacità di espansione, la diminuzione della domanda di prodotti e servizi e il cambiamento delle preferenze dei clienti e delle loro aspettative. Il Modulo 2 aiuta le organizzazioni a rispondere ai rischi legati all'utilizzo dell'acqua e ai suoi effetti, tenendo conto della vulnerabilità delle principali fonti d'acqua interessate.

Capire la sensibilità ai cambiamenti aziendali legati all'acqua, come pure il rischio relativo di questi cambiamenti che si verificano (che è spesso legato alla vulnerabilità delle sorgenti d'acqua interessate), fornisce importanti informazioni sui rischi potenziali per il business. Tali informazioni consentono di sviluppare una strategia volta a mitigare i potenziali vincoli legati all'acqua utilizzata nelle attività.

La maggior parte delle imprese impiegano procedure consolidate, per identificare e valutare i rischi potenziali del business. In questa fase bisogna capire in che modo un cambiamento esterno nella disponibilità di acqua sia in grado di influenzarne l'attuale utilizzo.

Per fare questo si considerano tutti i tipi di uso dell'acqua identificati nel primo modulo per determinare la sensibilità dell'attività verso cambiamenti esterni. Un business risulta sensibile ad un cambiamento se quest'ultimo porta a dei vincoli per importanti attività commerciali, ad esempio i cambiamenti esterni possono risultare in un aumento vertiginoso dei costi dell'acqua, a ritardi o limiti alla produzione, o ad una forte opposizione da parte della comunità.

Gli aspetti da considerare legati all'utilizzo di acqua sono il cambiamento di:

1) prezzo dell' acqua; 2) disponibilità di acqua; 3) qualità dell'acqua; 4) perdita di una fonte specifica.

Esplorando la sensibilità ai cambiamenti aziendali legati all'acqua, si è in grado di effettuare una valutazione qualitativa dell'importanza di ogni input idrico per le attività.

Successivamente si verifica, con le informazioni ottenute nel primo step dell'analisi, la probabilità che i cambiamenti considerati nell'analisi di sensibilità si verifichino effettivamente. Questo è legato alla vulnerabilità delle fonti idriche utilizzate. Ad esempio, una falda acquifera che si sta rapidamente esaurendo o contaminando è molto probabile che sia soggetta a cambiamenti e quindi ad azioni di risposta da parte della comunità o delle autorità.

Tuttavia, i cambiamenti dei prezzi dell' acqua e delle forniture spesso non sono direttamente collegati alla vulnerabilità delle fonti idriche locali, ma piuttosto derivano da cambiamenti più vasti dell'opinione pubblica e di azioni da parte dei governi, connessi alle esigenze di utilizzo dell'acqua da parte di altre utenze.

Ad esempio, norme più severe per gli effluenti possono portare a costi di trattamento significativamente più alti per rimuovere i contaminanti. Il regolamento comunitario stabilisce che gli impatti su acqua di una società, possono influenzare la sua "licenza di operare". Alcuni sversamenti hanno un potenziale elevato per la loro responsabilità di impatto sulla reputazione aziendale. In alcuni settori, ad esempio l'uso di un prodotto può essere collegato a problemi di qualità dell'acqua. Per ogni impatto di acqua individuato nel modulo uno, in ogni fase della catena di valore, bisogna considerare in che modo l'attività è sensibile ad un aumento dei costi o a cambiamenti nel breve periodo di tempo, che costringano l'azienda a ridurre gli impatti sulle acque.

Successivamente, gli utenti dovrebbero considerare le informazioni sulle acque presentate nel modulo uno per valutare la probabilità che si verifichino effettivamente i cambiamenti considerati nell'analisi di sensibilità. Frequentemente, questa probabilità sarà legata alla vulnerabilità delle fonti idriche colpite dagli impatti. Ad esempio, le azioni di risposta per rispondere ai requisiti normativi più severi, alle opinioni del pubblico e delle ONG, o alle responsabilità giuridiche dell'azienda, sono necessarie quando gli impatti sull'acqua contribuiscono a danneggiare o a degradare la risorsa, danneggiando altre utenze, i bisogni umani, l'industria, l'agricoltura e più in generale l'intera economica.

Una volta identificati gli usi delle acque e gli impatti, la vulnerabilità delle fonti d'acqua interessate e il rischio di cambiamenti esterni derivanti da tali vulnerabilità delle fonti, le informazioni possono essere riportate in una semplice matrice di rischio per ottenere la

conseguente priorità per il *business risk*.

Gli usi e gli impatti d'acqua che rientrano tra il rischio medio ed elevato devono essere sottoposti ad un ulteriore esame e valutazione.

2.3.1.3 Modulo 3: valutazione delle migliori strategie applicabili in risposta ai rischi identificati

In questo modulo si individuano una serie di interventi e di strategie applicabili in virtù dei risultati emersi dai moduli precedenti.

Questo modulo è costituito da due fasi. Nella prima si identificano le opportunità di riduzione dei costi in relazione ai *percorsi di rischio* emersi dall'analisi effettuata. In particolare si individuano le azioni che l'azienda può adottare per ridurre i rischi prioritari ed i costi aziendali legati all'acqua in modo coerente con i concetti della sostenibilità idrica.

Durante questa fase si sviluppa un elenco di azioni di risposta potenziale per ogni rischio significativo: (1) utilizzo di nuove tecnologie, (2) adozione di nuove pratiche, (3) incentivi per motivare il cambiamento nella cultura dell'utilizzo e del comportamento nei confronti dell'acqua. GEMI ha inoltre sviluppato un documento di orientamento per aiutare le imprese a comprendere i modi in cui le attività ambientali possono aggiungere valore al business.

Il secondo step di questo modulo è progettato per aiutare l'organizzazione ad identificare l'opportunità di creare valore affrontando il fabbisogno idrico e soddisfacendo allo stesso tempo le esigenze idriche locali e globali. Molte aziende stanno già sviluppando nuovi prodotti e servizi che migliorano la qualità dell'acqua. Sono in via di sviluppo anche dei prodotti che richiedono un uso minore di acqua da parte dei consumatori. L'ottica di questo meccanismo è che le aziende che seguono l'evoluzione delle esigenze e delle aspettative dei clienti possono trovare nuove opportunità di mercato. Lo scopo di questo modulo è quello di sviluppare una serie di opzioni per rispondere ai rischi legati all'acqua individuate nel Modulo 2.

I risultati di questo modulo sono presi in considerazione e valutati nei moduli finali per lo sviluppo di una strategia dell'azienda che sia sostenibile da parte delle risorse idriche.

In questo modulo si utilizzano i concetti di *water sustainability* (sostenibilità idrica) come un quadro di riferimento per la generazione di nuove idee e opportunità per ridurre i rischi e creare valore per il business. I concetti sono tratti dalla ricerca degli esperti nella gestione sostenibile delle risorse idriche e nelle risposte aziendali innovative alle sfide idriche. Esempi di questi sistemi attualmente esistenti sono riportati nel sito dell'organizzazione (www.gemi.org).

Come illustrato negli studi di questo strumento, i concetti sono applicati a ciascuna delle aree di

rischio individuate nei primi due moduli.

Un'azienda può decidere ad esempio di fronteggiare i rischi per il proprio business mettendo in atto una politica ed un sistema di gestione che minimizzi i consumi di acqua richiesti dai propri impianti di produzione. In alternativa, può decidere di affrontare le sfide della qualità delle acque attraverso la prevenzione, e coinvolgendo gli attori locali. Una società può investire in iniziative locali di conservazione del sistema acque per contribuire a garantire un approvvigionamento idrico sicuro, pulito, affidabile nella località in cui opera. Per ogni rischio individuato, ci sono probabilmente numerose opportunità per la mitigazione del rischio stesso o dei suoi costi.

Altri concetti possono essere applicati alla ricerca di opportunità di business che affrontano le sfide idriche mondiali e locali. Le sfide globali sull'acqua possono ampliare le opportunità di mercato esistenti e addirittura crearne di nuove. Questo modulo è stato progettato per aiutare le aziende a identificare simili opportunità.

Si identificano prima le cosiddette linee di rischio ridotto, cioè quei percorsi di rischio ai quali sono associate opportunità di riduzione dei costi.

Successivamente l'azienda decide quali azioni adottare per ridurre, in modo coerente con i concetti della sostenibilità idrica, i costi e i rischi prioritari dell'azienda legati all'acqua.

Durante questa fase, è necessario attingere i dati da un certo numero di fonti diverse per sviluppare una lista di azioni di risposta per ogni rischio potenziale significativo individuato in precedenza. I concetti di sostenibilità dell'acqua devono essere applicati ad ogni rischio prioritario. Per ogni rischio, gli utenti dello strumento potrebbero anche voler classificare le azioni di risposta in aree che richiedono: 1) utilizzo delle nuove tecnologie, 2) adozione di nuove pratiche, e 3) incentivi per motivare il cambiamento nella cultura dell'uso dell'acqua.

Alcune azioni, come l'installazione di contatori, dovrebbe essere considerato come un primo passo, laddove sono necessarie maggiori informazioni. Ci sono molte opportunità per ridurre gli impatti delle acque e dei rischi specifici di operazioni e processi in alcuni settori industriali.

Ci sono numerose pubblicazioni e risorse specifiche di ciascun settore che includono informazioni su pratiche, tecnologie, e altre tecniche per affrontare le questioni dell'uso e dell'impatto della risorsa idrica.

GEMI ha inoltre sviluppato un documento di orientamento per aiutare le imprese a comprendere come i modelli di attività ambientali possano aggiungere valore al business.

Oltre ai percorsi di rischio che sono prioritari in virtù del fatto che possono essere affrontati e risolti nell'immediato o per la loro gravità, vi sono anche quei percorsi che possono essere sviluppati in quanto possono portare opportunità di mercato e aumentare le entrate.

Ci sono opportunità per migliorare la buona volontà delle imprese e la salvaguardia della "licenza di operare" della società.

In base alle proprie competenze, ogni organizzazione può essere in grado di identificare le aree in cui essa può creare valore di business e soddisfare le esigenze idriche locali e globali. Molte aziende stanno già sviluppando nuovi prodotti e servizi che migliorano la qualità dell'acqua. Altre stanno sviluppando prodotti che richiedono meno acqua per l'utilizzo da parte dei consumatori. Le aziende che seguono l'evoluzione delle esigenze e delle aspettative dei clienti possono trovare nuove opportunità di mercato. Opportunità di fornire benefici indiretti possono essere trovate anche attraverso una visione più ampia delle critiche rivolte dai consumatori alla società. Questo approccio è tale da favorire il pensiero creativo sulle potenziali opportunità commerciali legate alla sostenibilità idrica.

2.3.1.4 Modulo 4: impostazione di strategie ed obiettivi atti a migliorare la gestione idrica

Sulla base di una valutazione dei rischi potenziali e delle opportunità legate all'acqua, l'azienda che adotti il GEMI WST deve decidere se c'è un business sufficiente a coinvolgere l'organizzazione per lo sviluppo di una strategia sostenibile delle risorse idriche. Questa valutazione preliminare richiede una certa considerazione di fattori organizzativi, quali la missione e le politiche aziendali, gli obiettivi, le priorità e la ricettività organizzative nell'affrontare questioni di sostenibilità delle acque e dei rischi collegati. Utilizzando le informazioni sui rischi e le opportunità individuate nei Moduli 2 e 3, il Modulo 4 consente di adottare una direzione generale per il perseguimento di una strategia sostenibile delle risorse idriche. Per poter implementare una strategia efficace bisogna individuare gli obiettivi legati alla sostenibilità idrica dell'azienda.

La valutazione del caso aziendale generalmente comporta che si confronti il costo delle azioni per affrontare il rischio con l'opportunità dei benefici che ne possono derivare. Se il valore di un'azione è superiore ai costi connessi, cioè se il valore attuale netto (VAN) calcolato attualizzando i costi e i benefici mediante un tasso d'interesse, è positivo, allora è conveniente studiare un *business case* che consente di attuare l'azione. Questo approccio è detto approccio *net positive value* (NPV) e si applica ad esempio per valutare se effettuare l'aggiornamento di un impianto di trattamento delle acque reflue o per valutare il *business case* relativo all'istituzione di un ufficio interfunzionale per sviluppare una strategia aziendale in merito alla risorsa idrica.

La difficoltà consiste nella determinazione dei costi e dei benefici legati alle azioni che si vuole

intraprendere. Mentre i costi organizzativi sono spesso relativamente facili da stimare, i benefici o costi evitati di un'astensione, possono essere più difficili da quantificare a causa dell'incertezza futura. La stima del valore di benefici meno tangibili, come il rischio ridotto e i rapporti migliori con la critica dei clienti, può essere particolarmente difficile.

Alcune aziende hanno sviluppato o adattato strumenti di "valutazione del costo totale" o strumenti probabilistici per la valutazione dei rischi collegati ai costi e ai benefici che vengono sostenuti.

I normali strumenti decisionali e di valutazione, come ad esempio il NPV, possono portare le aziende a sottovalutare il valore delle decisioni e degli investimenti che creano le opzioni per l'azione futura. La ricerca recente ha evidenziato la difficoltà di selezionare dei tassi di attualizzazione appropriati per confrontare i costi a breve termine e i benefici a lungo termine degli investimenti ambientali.

Tuttavia, stanno emergendo nuovi strumenti in grado di assistere gli imprenditori nell'assunzione di decisioni di investimento per il futuro. Si cerca di integrare il concetto di opzione reale con il valore delle opzioni future, come l'accesso garantito a quantità sufficienti di acqua dolce pulita ad un prezzo abbordabile. Questi input decisionali possono migliorare significativamente l'attrattiva finanziaria di investimenti strategici nei processi da parte delle aziende. Le scelte che espandono o mantengono aperte le opzioni per il futuro di una società spesso creano valore. Per esempio, l'investimento di una società a protezione del sistema idrico potrebbe contribuire in futuro come opzione per espandere la capacità produttiva, alleviando la pressione locale sulla qualità delle acque.

Anche quando i vantaggi di un'azione superano i costi (ad esempio, un NPV positivo), l'attività può non essere in grado di attuare questa azione a causa della possibilità di investimenti limitati o di limitate risorse organizzative. Oppure nonostante le disponibilità di mezzi da parte di un'azienda, alcuni progetti di sostenibilità dell'acqua potrebbero essere troppo piccoli per attirare gli interessi di gestione, o potrebbero avere un ritorno dell'investimento inferiore rispetto ad altri progetti in esame.

I vantaggi derivanti dall'affrontare le sfide riguardanti l'acqua, come ridurre i rischi e aumentare la competitività diventano più importanti nel *business case*, quando si riferiscono a importanti priorità aziendali o ad aspettative da parte dei clienti

La maggior parte delle aziende soddisfa tre aspetti espliciti o impliciti nei confronti delle acque: il rispetto di tutte le disposizioni normative applicabili in materia di acqua; assicurare l'accesso continuato e sufficiente alle risorse di acqua dolce pulita ad un prezzo accessibile per soddisfare

le esigenze della società e mantenere la licenza di operare anche nei confronti della comunità.

Alcune aziende vedono il valore nel perseguire nuovi mezzi supplementari per mitigare i rischi potenziali di lungo termine legati all'acqua, per rispondere alle aspettative delle critiche dei clienti o per sostenere determinati impegni di sostenibilità. Gli utenti dovrebbero cercare di comprendere i nuovi mezzi espliciti e impliciti legati all'acqua e all'organizzazione della sostenibilità. Attraverso i sistemi di gestione ambientale, molte aziende hanno sviluppato dichiarazioni strategiche, politiche e nuovi mezzi affermando il loro impegno nelle prestazioni ambientali e, talvolta, la sostenibilità. Questi nuovi mezzi possono includere specificità che trattano la sicurezza idrica, l'uso di acqua, e gli impatti sulla risorsa. Oppure possono approfondire la loro conoscenza lavorando con le comunità in cui opera la società per affrontare le preoccupazioni ambientali.

La scelta da parte dell'azienda se avviare o meno una strategia idrica dipende dalla forza del business. La forza del *business case* esaminato dipenderà in larga misura dall'importanza e dalla grandezza delle opportunità e dei rischi per le attività individuati nei moduli precedenti. La determinazione del modo migliore per avviare una strategia di gestione dell'acqua dipende da alcuni fattori chiave: la cultura dell'organizzazione, le strategie dell'organizzazione già esistenti, le infrastrutture, la pianificazione, e le percezioni dei lavoratori connessi ai rischi e le opportunità della gestione idrica.

Le strategie sono in genere progettate per garantire un'azione coordinata al raggiungimento di un obiettivo desiderato. Per alcune imprese, in particolare quelle più piccole o focalizzate su pochi casi aziendali, una strategia in materia di utilizzo dell'acqua si concentra su opportunità o rischi specifici. Per le altre società vi è la possibilità di avviare l'organizzazione in uno sforzo ampio per perseguire una strategia coordinata nella gestione idrica. Un tale approccio è in grado di coinvolgere più funzioni aziendali per assicurare che la strategia d'acqua e gli obiettivi siano effettivamente integrati con i processi già esistenti. L'approccio che meglio si addice varia da azienda ad azienda e può cambiare nel tempo. Il Modulo 5 del GEMI Water Sustainability Tool fornisce una guida per assicurare che, qualunque sia l'approccio selezionato, esso operi in un'ottica di continuo miglioramento per l'identificazione delle opportunità emergenti e dei rischi che possono alterare il business case nel futuro.

La maggior parte delle aziende che utilizzano questo strumento sono a conoscenza della strategia, della pianificazione e dei processi decisionali e quindi possono identificare chi (persone o funzioni aziendali) all'interno dell'organizzazione si deve occupare del perseguimento di una strategia di gestione dell'acqua.

In molte organizzazioni il personale dell'azienda è abituato a pensare alle risorse idriche come una risorsa senza limiti, senza vincoli o senza significativi costi diretti o indiretti connessi con l'uso di acqua. Altre imprese invece possono non essere abituate a considerare rischi potenziali connessi con la destinazione finale dei prodotti dell'azienda. In tali casi, modificare la percezione dell'organizzazione dell'acqua, da risorsa illimitata a risorsa di valore e potenziale opportunità per il business, può richiedere tempo e impegno.

Tra le strategie per aumentare la consapevolezza dell'organizzazione, vi è la misurazione dei consumi d'acqua e dei relativi costi, associati con il prodotto e l'inclusione dei costi relativi all'acqua, nella progettazione e nelle decisioni di investimento.

2.3.1.5 Modulo 5: sviluppo ed applicazione delle strategie individuate

Il quinto ed ultimo modulo riunisce i risultati dei moduli da uno a quattro, permettendo alle aziende di sviluppare una strategia d'acqua adeguata alle sue esigenze e alle circostanze. Strategie efficaci sono in genere composte di obiettivi misurabili, obiettivi raggiungibili, responsabilità chiare, piani d'azione prioritarie, e processi definiti di miglioramento continuo. Questo modulo richiede che l'organizzazione consideri come può essere attuata una serie di miglioramenti continui, attraverso le molteplici funzioni di business e attività volte a realizzare gli obiettivi di sostenibilità dell'acqua.

Innanzitutto viene individuato il ruolo che dovrebbe svolgere ciascuna funzione aziendale per lo sviluppo e l'attuazione di una strategia di gestione dell'acqua.

Successivamente si identificano anche quali sono le misure e le azioni che devono essere adottate dall'azienda, per conseguire gli obiettivi desiderati legati all'acqua, in un contesto di miglioramento continuo.

Le informazioni potrebbero essere organizzate in una strategia globale per l'acqua, o incorporate come elementi specifici nella più ampia strategia aziendale e negli sforzi di pianificazione, a seconda delle esigenze della società.

Le aziende possono avere già stabilito strategie di business ambientali e processi di pianificazione. L'integrazione o il coordinamento di attività, con lo sviluppo di strategie più ampie, migliora sia l'efficienza che l'efficacia dei processi di pianificazione. Per esempio, la GEMI SD Planner™ (www.gemi.org) fornisce un quadro per assistere le organizzazioni nel loro sviluppo e attuazione di un approccio globale allo sviluppo sostenibile che abbraccia tutti gli aspetti legati all'acqua.

Il tipo di opportunità, il tipo di rischi, la forza del business e l'attenzione della direzione alla

strategia idrica, che sono state determinate nel Modulo 4, dovrebbero definire i ruoli che le diverse funzioni aziendali possono svolgere per sostenere il raggiungimento degli obiettivi legati all'acqua. Molte delle aziende nei casi di studio effettuati, hanno trovato un significativo beneficio nel coinvolgimento delle funzioni aziendali nello sviluppo e attuazione di una strategia in materia di acqua. Il coinvolgimento di tutte le funzioni amplia le proprietà per il monitoraggio e la gestione delle opportunità e dei rischi delle acque.

Essa promuove inoltre la consapevolezza sul tema idrico nei singoli processi aziendali e nelle singole attività.

All'interno di questo modulo si identificano e realizzano gli interventi specifici per raggiungere gli obiettivi dell'organizzazione in materia di gestione delle risorse di acqua dolce.

Le azioni in genere si dividono in due categorie. In primo luogo, vi sono azioni volte ad affrontare specifiche opportunità legate all'acqua ed i relativi rischi. Queste azioni di sostegno e di opportunità sono quelle individuate nel modulo tre. In secondo luogo, vi sono azioni volte a garantire che l'organizzazione definisca, valuti, indirizzi, e monitori correttamente in futuro le opportunità d'acqua e i possibili rischi. Tali azioni si concentrano sulla sensibilizzazione, l'identificazione delle questioni, la valutazione degli affari, l'azione di pianificazione e attuazione, e la misurazione delle prestazioni. Per la maggior parte delle aziende, queste azioni di miglioramento continuo si inseriscono facilmente nei loro sistemi di gestione ambientale e nel processo di *Plan-Do-Check Act* che è un approccio comune degli strumenti GEMI e quindi anche al Water Sustainability Planner.

Questi strumenti non forniscono una metodologia attraverso la quale le aziende possono quantificare gli impatti, ma piuttosto una raccolta di informazioni che possono aiutarle a comprendere meglio quali siano tali impatti ambientali legati al consumo idrico.

Questo strumento più che per valutare gli impatti è pensato per aiutare le aziende a identificare e caratterizzare i rischi connessi al consumo idrico. Spinge le imprese a considerare vari usi d'acqua e gli impatti in modo da poter valutare il grado con cui la propria gestione delle risorse idriche possa influenzare il proprio accesso all'acqua.

Lo strumento è un modo per aiutare le aziende che nei loro processi coinvolgono grossi quantitativi d'acqua i quali, se venissero a mancare, costringerebbero l'azienda a chiudere le attività.

2.3.2 GEMI Water Sustainability Planner (WSP)

Il GEMI *Water Sustainability Planner* (WSP, 2007) consente la programmazione delle attività di gestione della risorsa idrica, basata sui risultati ottenuti dal *Water Sustainability Tool*. La differenza tra i due strumenti è sostanziale perché il dettaglio dell'azione del secondo è tale da consentire un'analisi dettagliata dei singoli impianti della compagnia che abbiano un ruolo nei confronti della gestione della risorsa acqua dolce. Il GEMI WSP consente alla compagnia di comprendere quale sia il ruolo di uno stabilimento ben definito, in relazione alla situazione idrogeografica in cui questo si viene a trovare, considerando rilevanti anche gli aspetti economici e sociali che vi sono associati. L'identificazione delle azioni da intraprendere da parte dell'azienda per ottimizzare la gestione della risorsa idrica viene fatta attraverso tre moduli:

- 1) programma sull'uso dell'acqua negli impianti e valutazione degli impatti che ne derivano;
- 2) questionario sulla strategia di gestione dei rischi per l'azienda;
- 3) applicazione della strategia di gestione della risorsa idrica.

Il WSP tuttavia, come il WST, non fornisce una metodologia di calcolo che consenta una misura ed una quantificazione del consumo idrico, degli impatti per l'ambiente o dei rischi che corre l'azienda dovuti ad una cattiva gestione della risorsa idrica.

Lo scopo che soddisfa questo strumento è piuttosto quello di fornire una guida qualitativa sui rischi, identificando gli scenari che si possono verificare qualora l'azienda non operi una gestione idrica adeguata.

Vi sono disponibili on-line sul sito dell'organizzazione (www.gemi.org/water) tre moduli il primo dei quali relativo all'identificazione del profilo dell'azienda quale utilizzatrice della risorsa idrica. In questo primo modulo si prepara un inventario dei consumi idrici, precisando la fase della *supply-chain* di tutti gli input ed output di acqua dolce. Tramite l'inventario del processo si identificano gli usi a cui è destinata l'acqua che entra nel sistema dell'azienda o del prodotto che stiamo considerando. Si identifica il volume totale, come media per un determinato periodo ed infine il volume che si misura in corrispondenza dei picchi di massimo utilizzo.

Gli utilizzi di acqua si distinguono a seconda della stagione, dei cicli di produzione, e del tipo di produzione (*batch* o continua). Per caratterizzare il prelievo di acqua dolce da parte del sistema prodotto lungo tutta la *supply-chain* è necessario valutare la qualità, la fonte di provenienza e il costo attuale dell'acqua. Con questi dati si calcolano le azioni che devono essere intraprese ai vari livelli della catena di prodotto, legate all'utilizzo di questo flusso d'acqua. Ovviamente ogni flusso di acqua che entra all'interno del sistema che consideriamo, dovrà essere sottoposto ad una valutazione individuale.

I criteri per distinguere o accorpare i flussi d'acqua che entrano in uno stesso sistema sono molteplici, ad esempio si possono valutare separatamente gli approvvigionamenti idrici a seconda del loro costo, della destinazione e della fonte dalle quale essi vengono prelevati.

Il secondo modulo è esplicitamente ricondotto all'identificazione ed alla valutazione della sorgente idrica. Innanzitutto viene richiesto di identificare la posizione della sorgente e successivamente si richiede di identificare il ruolo della compagnia e delle sue attività nei confronti della risorsa. Questo viene fatto valutando i prelievi annuali effettuati dalla compagnia da una stessa fonte, inoltre si deve misurare qual è il peso relativo del prelievo in relazione all'utilizzo totale di acqua, si misura cioè quale percentuale dell'utilizzo totale di acqua viene soddisfatta dalla medesima risorsa. Si deve considerare che in questo caso si sta valutando l'aspetto della gestione idrica nell'ottica della fonte di approvvigionamento per questo si deve essere a conoscenza anche delle altre utenze che si approvvigionano in questo medesimo bacino (municipalità, industria, settore agricolo). Questa analisi viene fatta per ogni bacino di approvvigionamento che ha un ruolo nella fornitura di acqua dolce lungo tutta la catena del valore.

Se vi sono dei processi preliminari ai quali viene sottoposta l'acqua dolce prelevata dalla fonte questi devono essere considerati nella valutazione in relazione alla qualità dell'acqua che si preleva.

Il calcolo dovrebbe consentire di valutare se il prelievo dal bacino idrico di approvvigionamento avviene ad un tasso superiore a quello con cui lo stesso si ricarica. Questo calcolo viene effettuato non dal punto di vista del *business* ma dal punto di vista della fonte idrica, cioè il tasso di prelievo conta tutti i flussi di tutti i *business* che attingono dal medesimo bacino. La situazione della sorgente idrica è legata alla qualità delle infrastrutture ad essa collegate, che includono l'identificazione del responsabile o del controllore della sorgente. Valutazioni di questo tipo servono per capire quanto effettivamente la sorgente d'acqua dolce sia esposta a eventuali impatti derivanti, ad esempio, da contaminazioni più o meno accidentali.

L'ultima parte del secondo modulo consente la comprensione dei trend futuri in materia di disponibilità della risorsa idrica. Bisogna valutare se gli altri utenti che attingono alla stessa fonte di approvvigionamento richiederanno in futuro una quantità maggiore di acqua, che si traduce in un carico maggiore per il bacino e la sorgente. In questa fase si considera se sono previsti cambiamenti relativamente a:

- 1) la ripartizione dell'acqua tra le diverse utenze;
- 2) disposizioni legislative che possono interessare la fonte da cui viene prelevata l'acqua;

3) ripercussioni del sistema di produzione relativamente alla medesima fonte di approvvigionamento (sovra sfruttamento e inquinamento);

3) cambiamenti territoriali in grado di alterare l'accesso alla risorsa.

Queste domande consentono di valutare il trend futuro al quale va incontro la fornitura idrica di un'attività commerciale, di un processo produttivo e di un intero business.

L'ultimo modulo del GEMI Water Sustainability Planner identifica gli impatti. Gli impatti idrici vanno valutati uno ad uno. Ogni impatto si può verificare in una fase diversa della catena di produzione: dalla fornitura delle materie prime, alla fase di processo e di produzione, alla fase di distribuzione, alla fase di utilizzo e smaltimento finale.

Se l'impatto è legato alle acque di scarico bisogna quantificare il volume scaricato misurandone il valore medio ed il valore che si misura in corrispondenza dei periodi di picco. La caratterizzazione dell'impatto richiede che sia identificata la fonte soggetta all'impatto, fiumi, laghi, oceani, acquiferi ecc., bisogna valutare come si manifesta l'impatto e quale effetto esso abbia sulla salute dell'ecosistema. Inoltre non è detto che un eventuale impatto abbia le medesime ripercussioni tra i vari componenti dell'ecosistema. Infine per pesare la gravità dell'impatto è necessario chiedersi quali siano le eventuali implicazioni sociali e economiche tanto a livello locale regionale, direttamente legato alle attività che avvengono in quella zona, tanto a livello nazionale o internazionale. Quest'ultimi possono avere ugualmente una cattiva ripercussione, anche se indirettamente, sulle attività che hanno una parte di responsabilità nell'impatto.

Lo strumento WST spinge le imprese ad analizzare l'inquinamento dei corpi idrici definiti come impatti sull'acqua. Tuttavia lo strumento GEMI non fornisce alcun metodo o guida per la misurazione degli scarichi industriali o per quantificare gli impatti sulla qualità delle acque. Esso prevede una serie di domande che aiutano le aziende a prendere conoscenza gli effetti sull'inquinamento dei corpi idrici legati direttamente alle loro attività o a quelle della loro supply-chain.

Le domande tengono in considerazione sia l'inquinamento diretto dei corpi idrici mediante lo scarico dei reflui inquinati sia gli inquinamenti indiretti dovuti a lisciviazione, dilavazione da acqua piovana ed il trasporto e la deposizione degli inquinanti volatili sui corpi idrici superficiali. Questo strumento è utile per compagnie ed aziende che hanno appena iniziato a confrontarsi con il problema della gestione della risorsa idrica e può essere utilizzato per stendere una valutazione ampia e allo stesso tempo approfondita anche per un singolo impianto. Tuttavia per permettere una gestione pratica migliore nell'ambito dei consumi idrici di un prodotto o azienda, bisogna

poter fornire dati quantitativi e qualitativi in grado di descrivere in modo chiaro e preciso i vari utilizzi di acqua dolce. Per questo motivo il WSP ed il WST non consentono una valutazione avanzata della risorsa idrica.

2.4 WBSCD Global Water Tool

Il WBSCD *Global Water Tool* (GWT) è lo strumento disponibile on-line che consente una stima di massima sulla qualità della gestione dell'acqua da parte degli impianti di una azienda in relazione al contesto idrogeografico in cui essi si trovano a dover operare. Anche questo strumento come il precedente (GEMI, vedi §2.2) non consente di effettuare la contabilizzazione della risorsa idrica utilizzata da parte di una azienda. Tuttavia rispetto allo strumento presentato in precedenza, presenta il vantaggio di definire impatti e relativa gravità in relazione al bacino idrografico in cui questi si verificano. Essenzialmente il GWT consente di identificare gli *hotspots*, cioè le zone di maggiore criticità idrica in cui si trovano gli impianti di una compagnia. Per fare questo il Global Water Tool si avvale del sistema di valutazione dal Global Reporting Initiative (GRI) una grande rete tra gli *stakeholders*, composta da migliaia di esperti, in una dozzina di Paesi in tutto il mondo, che partecipano ai gruppi di lavoro del GRI e promuovono l'uso delle linee guida G3 fornite dal GRI, per una valutazione globalmente uniforme in tutti gli ambiti connessi ad un'attività e un business. Il GRI ha messo a punto una serie di indicatori per valutare le performance aziendali relativamente a diversi livelli e aspetti della gestione: economia, ambiente, lavoro, prodotto, società, salute.

L'analisi consiste in una guida che fornisce indici, domande e dati utili per inquadrare la posizione dell'azienda in merito a ciascuno degli ambiti precedenti.

Per quanto riguarda gli indicatori ambientali ve ne sono alcuni che qualificano la gestione della risorsa idrica da parte dell'azienda.

Il primo indicatore che considera l'aspetto idrico collegato alle attività di una azienda è l'EN8, che sta per indicatore di performance ambientale (*environmental*) e misura il prelievo totale di acqua da una medesima sorgente. Il volume totale di acqua prelevata da una sorgente contribuisce alla comprensione della dimensione globale degli impatti potenziali e dei rischi connessi all'uso di acqua da parte dell'organizzazione che redige il bilancio. Il volume totale ritirato fornisce un'indicazione delle dimensioni relative dell'organizzazione e la sua importanza come utente di acqua, inoltre fornisce un punto di riferimento per altri calcoli di efficienza e utilizzo.

Lo sforzo sistematico per monitorare e migliorare l'uso efficiente delle risorse idriche per

l'organizzazione di riferimento è direttamente collegato ai costi del consumo idrico. L'uso totale di acqua può anche indicare il livello di rischio associato alle interruzioni delle forniture di acqua o agli aumenti del costo dell'acqua. L'acqua dolce pulita è sempre più scarsa, e la sua scarsità può avere un impatto sui processi produttivi che si basano sull'utilizzo di grandi volumi di acqua. Nelle regioni in cui le fonti d'acqua sono molto limitate, modelli di consumo dell'acqua di un'organizzazione possono anche influenzare le relazioni con altri soggetti interessati.

Un altro indicatore che viene utilizzato in questo sistema di valutazione è l'EN9 che serve a valutare le fonti idriche significativamente interessate dal prelievo di acqua.

E' noto che i prelievi da un sistema possono influenzare l'ambiente a causa della riduzione della falda freatica, riducendo il volume di acqua disponibile per l'uso, o in altro modo alterare la capacità di un ecosistema di svolgere le sue funzioni. Questo indicatore misura l'entità degli impatti associati al consumo di acqua dell'organizzazione. In termini di relazioni con gli altri utenti delle medesime fonti d'acqua, questo indicatore permette anche una valutazione delle specifiche aree di rischio o di miglioramento, così come la stabilità delle fonti di acqua della propria organizzazione.

La compilazione richiede l'identificazione delle fonti d'acqua significativamente influenzate dai prelievi dell'organizzazione di riferimento.

Ritiri significativi sono considerati essere quelli che soddisfano uno o più dei seguenti criteri:

- prelievi che rappresentano una media del 5 % o più del volume medio annuo di un dato corpo idrico;
- prelievi di acqua di organi riconosciuti essere particolarmente sensibili a causa delle loro dimensioni relative, delle loro funzioni o nel caso di un sistema in via di estinzione (o per il loro sostegno di una particolare specie di piante o animali minacciata di estinzione);
- qualsiasi ritiro da una zona proclamata zona protetta indipendentemente dal tasso di ritiro.

Se l'acqua è fornita da un fornitore di servizi idrici pubblici o privati, il corpo idrico sorgente dovrebbe essere identificato e segnalato.

In rapporto al numero totale di sorgenti di acqua significativamente influenzate dal prelievo secondo i criteri di cui sopra, viene richiesto, all'interno del *Global Water Tool*, di indicare i seguenti:

- dimensione della fonte di acqua in metri cubi (m³);
- se la fonte è designata come area protetta (a livello nazionale e / o internazionale);
- valore di biodiversità (ad esempio, la diversità delle specie e l'endemismo, il numero di specie protette).

Un altro indicatore che compare nella guida G3 è l'EN10 che indica la percentuale e il volume totale di acqua riciclata e riutilizzata.

Il tasso di riutilizzo e riciclaggio dell'acqua può essere una misura di efficienza in grado di dimostrare il successo dell'organizzazione nel ridurre i prelievi d'acqua totale e gli scarichi. Un maggiore riutilizzo e riciclaggio dell'acqua possono portare ad una riduzione dei consumi idrici, dei costi di trattamento e di smaltimento. La riduzione dei consumi idrici attraverso il riutilizzo e il riciclaggio può anche contribuire a livello locale, agli obiettivi nazionali, o regionali per la gestione delle risorse idriche.

Questo indicatore misura sia l'acqua che è stata trattata in maniera preliminare prima dell'utilizzo sia l'acqua che non è stata trattata prima del riutilizzo.

Calcolando il volume di riciclo e riutilizzo di acqua, sulla base del volume della domanda soddisfatta da questa tipologia di acqua, piuttosto che dall'acqua proveniente da altre fonti. Per esempio, se l'organizzazione che ha un ciclo produttivo che richiede 20 m³ di acqua, l'organizzazione preleva 20 m³ di acqua per il primo ciclo di produzione di processo e poi lo riutilizza per altri tre cicli. Il volume totale di acqua riciclata / riutilizzata per questo processo è di 60 m³.

Si può pertanto valutare il volume totale di acqua riciclata / riutilizzata dall'organizzazione in m³/anno e la percentuale del riciclo sul prelievo totale di acqua riportato nell'indicatore EN8.

Quando si parla di riciclo e riutilizzo dell'acqua è bene darne una definizione precisa.

In generale, vi sono tre tipi di riciclo dell'acqua :

- acque di scarico riciclate nello stesso processo o maggiore utilizzo di acqua riciclata nel ciclo di processo;
- acque di scarico riciclate / riutilizzate in un processo diverso, ma all'interno della stessa struttura;
- le acque riutilizzate in un'altra delle strutture dell'organizzazione segnalante.

Infine l'ultimo indicatore prettamente riconducibile alla gestione idrica è l'EN21 relativo allo scarico totale di acqua valutato a seconda di qualità e destinazione.

La quantità e la qualità delle acque scaricate da qualsiasi attività sono direttamente collegate allo impatto ecologico ed ai costi operativi. L'obiettivo per un'attività deve essere quello di migliorare progressivamente la qualità delle acque scaricate e di ridurre i volumi.

Gli scarichi di acque che devono essere identificati includono sia quelli pianificati che quelli straordinari (esclusi l'acqua piovana che si raccoglie e le acque reflue domestiche) e devono essere distinti per destinazione e in virtù del trattamento al quale vengono sottoposti. Se

l'organizzazione di riferimento non ha un metro per misurare gli scarichi dell'acqua, questa cifra deve essere stimata approssimativamente sottraendo il volume consumato in loco dal volume ritirato, come riportato in EN8.

La relazione fornisce il volume totale degli scarichi delle acque (pianificati e non pianificati) in metri cubi all'anno (m^3 /anno) in relazione a:

- destinazione;
- metodo di trattamento;
- riutilizzo eventuale (anche da un'altra organizzazione).

Il *reporting* delle organizzazioni sugli effluenti di scarico di un processo, in relazione alla qualità delle acque, sono in termini di volumi totali di acque reflue ed utilizzano i normali parametri degli effluenti, come la domanda biologica di ossigeno (BOD), i solidi sospesi totali (TSS), ecc.. La scelta dei parametri di qualità varierà a seconda dei prodotti, dei servizi e delle operazioni dell'organizzazione. La selezione dei parametri deve essere coerente con quelli utilizzati nel settore in cui opera l'organizzazione.

L'acqua pulita si riferisce all'acqua che soddisfa le normative nazionali in materia di qualità dell'acqua dolce al momento di lasciare i confini dell'organizzazione di riferimento.

Anche il GWT come il WST ed il WSP è uno strumento utile solo in fase di analisi preliminare. Il GWT può essere implementato con informazioni relative ad impianti industriali ed attività commerciali.

Il WBCSD Global Water Tool viene implementato attraverso il *water input inventory*, cioè attraverso un inventario dei consumi idrici dell'azienda. In questa fase si specifica il luogo preciso in cui opera l'organizzazione e il tipo di attività svolta (industria, servizi, forniture ecc).

Il prelievo totale di acqua da parte dell'azienda, che si misura in metri cubi annui, viene distinto tra acqua fresca e acqua di riutilizzo e riciclo. Inoltre il volume totale di acqua fresca viene ulteriormente ripartito tra i vari tipi di sorgenti divise tra acque di superficie, falde sotterranee, forniture municipali ed acqua piovana.

L'acqua di riutilizzo viene ugualmente suddivisa in base al luogo di origine, ad esempio si distingue l'acqua che proviene dalla medesima attività e l'acqua proveniente dallo scarico di altre attività (altre fasi dello stesso processo ad esempio).

Sommando il prelievo idrico di acqua fresca ed la quantità di acqua riciclata si ottiene come risultato il prelievo totale di acqua in metri cubi annui, corrisponde all'indicatore GRI EN8.

La quantità di acqua scaricata si suddivide tra quella effettivamente utilizzata e quella che invece viene scaricata direttamente senza nemmeno essere utilizzata. Lo scarico di acqua utilizzata

viene suddiviso a seconda della destinazione alla quale è inviata, rispettivamente: mare, scarico fognario, trattamento effluenti, fiume.

La somma delle due portate di reflui liquidi emessi ogni anno dall'attività fornisce l'indicatore GRI EN21.

L'acqua totale riutilizzata e l'acqua totale riciclata (cioè riutilizzata dopo trattamento degli effluenti) vengono conteggiate separatamente e poi sommate nell'indicatore EN10.

Dal rapporto tra EN10 ed EN8 otteniamo la percentuale di riciclo e riutilizzo di acqua sul totale dei prelievi idrici per le attività considerate.

Il consumo totale di acqua si ottiene dalla differenza tra i prelievi ed i rilasci sia per i consumi totali di acqua fresca che per quella totale, quest'ultima calcolabile come differenza tra i prelievi totali (EN8) e gli scarichi totali (EN21) espressi in metri cubi annui.

La procedura richiede quindi di quantificare il tipo di prodotto che esce dall'azienda, sia esso un servizio o un prodotto di consumo, in questo modo è possibile allocare il consumo totale di acqua per ciascun lotto di produzione o per ciascun servizio.

Infine, se possibile, si calcola separatamente l'acqua necessaria per i servizi ai lavoratori interni all'azienda o allo stabilimento che stiamo considerando.

I risultati derivanti dall'analisi dell'inventario effettuato, vengono riportati *nell'output GRI indicators*. In particolare sono visualizzati gli indici già descritti EN8, EN10, EN21 ed i consumi totali di acqua e il consumo di acqua fresca (m³/anno).

Il modulo *output country data* confronta i dati del consumo idrico forniti, con i dati di disponibilità idrica del bacino idrografico in cui viene a trovarsi l'impianto.

Il programma consente anche di elaborare delle mappe che individuano gli *hotspot* in cui si trova ad operare una compagnia.

Il processo di analisi di tutti i fattori di rischio collegati alle attività dell'azienda è guidato dagli indicatori che consentono un livello di dettaglio nella caratterizzazione degli impatti e dei rischi associati sempre maggiore. Al termine dell'analisi si riesce a pervenire ad una quantificazione economica e monetaria dovuta all'esposizione ai rischi suddetti, in relazione ai vari ambiti di interesse (sicurezza del lavoro, ambiente, profitti, ecc.)

Dopo avere effettuato l'analisi del WBSCD Global Water Tool l'azienda è a conoscenza dei rischi in cui può incorrere a causa del suo atteggiamento nei confronti della risorsa idrica. Questo aspetto è particolarmente rilevante per la sua unicità: nemmeno gli strumenti più recenti nelle metodologie LCA e Water Footprint consentono una stima reale di questi rischi per le compagnie.

Quindi si può concludere dicendo che un'azienda può utilizzare il GWT per determinare quale sia la percentuale delle sue operazioni e dei suoi fornitori, che si trovano ad operare in regioni considerate sotto stress idrico.

Fornendo indicatori per ciascuna delle azioni di una società o dei fornitori principali, questo strumento consente di identificare e caratterizzare i rischi che sono prevalenti nei siti interessati dall'analisi, lo strumento però non misura ne quantitativamente ne qualitativamente la qualità delle acque: il WGT si concentra solo sui consumi idrici e sui rischi associati.

2.5 Life Cycle Assessment

LCA è uno strumento di analisi specificatamente progettato per misurare la sostenibilità ambientale di prodotti e servizi considerando tutte le componenti della *value-chain* (catena del valore ossia catena di produzione, commercio e smaltimento del prodotto). Lo strumento LCA consente di misurare l'uso di risorse e l'inquinamento di un prodotto o servizio specifico o di una sua particolare "fase di vita". La metodologia LCA non si concentra solo sulla risorsa idrica ma considera tutte le risorse coinvolte nella vita di un prodotto. L'aspetto fondamentale di questo strumento è l'abilità di valutare gli impatti di un prodotto in modo completo, considerando tutti gli aspetti ambientali associati.

Uno studio LCA si suddivide in quattro fasi principali (ISO 14043):

1) Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione: in questa prima fase devono essere definiti gli obiettivi dello studio, il campo di applicazione dello studio, il sistema prodotto da analizzare, le unità funzionali, i confini di sistema ed i requisiti di qualità dei dati.

2) Analisi dell'inventario: in questa seconda fase si procede con la raccolta dei dati (ad esempio dati sul consumo, gli inquinanti, luoghi di utilizzo) con la compilazione di un inventario degli *input* e degli *output* del sistema considerato per lo studio.

3) Valutazione dell'impatto: le quantità misurate vengono tradotte in impatti (ad esempio contributo al surriscaldamento globale, deterioramento delle acque, danni alla salute umana). Sono raccolti tutti i dati di emissione ed utilizzo delle risorse per le varie fonti che vengono aggregati nelle diverse categorie d'impatto finali.

4) Interpretazione dei risultati: i risultati di inventario e di valutazione dell'impatto vengono combinati fra loro al fine di trarre conclusioni e raccomandazioni per migliorare le performance ambientali del prodotto (o servizio) in esame.

Gli studi LCA hanno tre tipi di applicazioni principali. Innanzitutto lo studio LCA consente di individuare le fasi di vita di un prodotto con gli impatti maggiori, in questo modo le aziende

possono intervenire con investimenti mirati per migliorare la performance ambientale dei propri prodotti ed ottimizzare i processi di produzione nei confronti dell'ambiente. A livello aziendale lo studio LCA permette di misurare i costi e le implicazioni degli impatti ambientali dell'intero ciclo di vita di un prodotto anche al di fuori dello stabilimento di produzione. Il quadro generale per la convalida degli studi LCA è disciplinato dalle seguenti norme ISO:

- *ISO 14040 Environmental management life cycle assessment- principle and framework*

Questa norma riporta la descrizione della metodologia LCA in modo da renderla comprensibile ed accessibile ad un pubblico il più vasto possibile.

- *ISO 14044 Environmental management life cycle assessment- requirements and guidelines.*

Questa norma stabilisce i requisiti e fornisce le linee guida per l'implementazione della LCA. E' il documento di riferimento per i professionisti che desiderano applicare la metodologia LCA.

Gli studi LCA hanno però alcuni limiti. Il primo problema è la difficoltà nel reperimento dei dati. Non essendo disponibili dati completi e definitivi a livello globale per ogni settore, la qualità, la quantità e la disponibilità delle fonti dei dati influenza notevolmente l'accuratezza dei risultati ottenuti. Esistono una grande varietà di database pubblici e privati che però non sempre forniscono tutte le informazioni necessarie, in particolare per la risorsa acqua dolce. Inoltre mancano dei modelli condivisi per la valutazione dei dati raccolti. Questi problemi probabilmente verranno risolti nel tempo e nei prossimi decenni tutti i dati potrebbero essere resi pubblici a livello globale e i modelli migliorati con il procedere degli studi e con l'acquisizione di un maggior consenso da parte della metodologia (UNEP, 2009).

Oggi in ogni caso sono disponibili metodi per valutare l'incertezza dei processi più comuni (produzione di energia e mezzi di trasporto) che sono stati studiati nei minimi dettagli e i dati e i modelli attualmente disponibili sono già altamente affidabili.

Nel contesto LCA, però, il tema dell'acqua e degli impatti determinati dal suo utilizzo sono sottorappresentati. Questa mancanza è probabilmente causata dal fatto che lo strumento LCA si è sviluppato principalmente nell'ambito di processi industriali che hanno poca dipendenza dalla risorsa idrica, rispetto ad esempio alla produzione di generi alimentari. Inoltre la metodologia LCA è nata e si è sviluppata maggiormente nei paesi con una relativa abbondanza d'acqua o meglio con una gestione delle risorse idriche tale da consentire un approvvigionamento sicuro e a basso costo, anche a spese della salvaguardia del bacino idrico di rifornimento.

Principalmente, gli studi LCA riportano la quantità totale di acqua utilizzata nell'intero sistema di produzione. In genere questi studi non distinguono né la fonte dalla quale viene l'acqua

utilizzata, né la qualità né la destinazione dell'acqua che lascia il sistema di prodotto. Negli studi esistenti non esiste un approccio standard per valutare l'impiego d'acqua nella LCA.

In questo contesto si può capire come sia indispensabile affrontare questo problema nella metodologia LCA inserendo uno strumento completo in grado di misurare e qualificare l'impronta idrica specifica per ciascun bacino. In questo modo la valutazione del ciclo di vita potrà arricchirsi di un aspetto che fino ad oggi era considerato solo marginalmente.

Esiste anche un problema critico che non permette la corretta valutazione degli impatti legati al consumo ed all'inquinamento idrico: la maggior parte dei problemi legati all'acqua sono di natura locale o regionale mentre i dati dei LCI (Life Cycle Inventory) non sono identificabili a livello geografico (per esempio di un determinato bacino idrografico), ma come già detto sono dati generali su scala globale. Lo stesso ragionamento fatto per i dati può valere per i modelli di valutazione degli impatti ambientali. Possono essere certamente utilizzati dati e modelli semplificati ma per il problema acqua non darebbero dei risultati scientificamente attendibili come sono quelli che risultano per tutte le altre risorse coinvolte in uno studio LCA.

2.6 Green Pro-1

Vi è stato un crescente interesse per gli strumenti che possono contribuire a trasformare il programma di gestione ambientale di un'organizzazione, passando da una strategia reattiva ad una strategia proattiva che incoraggia l'organizzazione ad andare oltre alla semplice conformità e che sia vantaggiosa dal punto di vista lavorativo.

Per inserire la valutazione degli impatti ambientali nel processo di progettazione tradizionale attraverso i bilanci di massa e di energia, bisogna esprimere matematicamente la valutazione dei rischi ed adottare dei criteri decisionali basati su questa valutazione.

In fase di progettazione vengono selezionati i design di processo che siano sostenibili dal punto di vista ambientale, valutando le alternative differenti. Le alternative possono essere valutate sia nella fase di progettazione concettuale di base del processo, sia nelle singole fasi del sistema produzione ad esempio BAT (*best available techniques*) nella gestione degli effluenti liquidi un processo o di un attività. Pertanto, è fondamentale sviluppare una tecnica per la progettazione dei processi decisionali che possa incorporare tutti i fattori. A questo proposito, sono poche le metodologie che sono state proposte, tuttavia nel 2002 Khan e altri hanno messo a punto uno strumento abbastanza flessibile da poter essere applicato in ogni fase di progettazione: il GreenPro-1(Khan, 2005).

Lo strumento ottenuto da Khan è in grado di indirizzare il design e la progettazione di un

processo secondo i principi della sostenibilità ambientale, ad esempio lo studio delle migliori tecniche disponibili (BAT) nella gestione delle acque reflue.

All'interno del modello Green Pro 1 sono definiti degli algoritmi che possono indirizzare la progettazione delle fasi di processo da parte degli ingegneri, non soltanto in termini di redditività dei bilanci di materia ed energia, ma anche in relazione ai vincoli ambientali.

Il Green – Pro 1 è uno strumento per la progettazione di processo che affianca la procedura LCA, costituito da due moduli basati sul rischio: (1) analisi del ciclo di vita e (2) criteri multi-decisionali.

L'analisi del ciclo di vita viene basata sui rischi (RBLCA) attraverso un processo di ponderazione delle alternative politiche di gestione e di selezione dell'alternativa più adatta. Per una data alternativa, si valuta la salute umana, ecologica, la sicurezza ed i rischi economici sia quantitativamente che qualitativamente. RBLCA valuta tutti i materiali e tutti i canali di approvvigionamento all'interno del confine del sistema. I canali di approvvigionamento comprendono i flussi di materia ed energia in entrata ed in uscita dal sistema, ed il consumo all'interno del sistema.

Si classifica il carico ambientale di tutte le attività all'interno del confine di sistema, dall'estrazione delle materie prime, allo smaltimento finale attraverso la raffinazione, il trasporto, la costruzione e la messa in servizio degli impianti, la produzione, e lo smantellamento degli impianti. Questo primo modulo basato sull'analisi di ciclo vita, è composto di quattro principali fasi: definizione dei confini e del campo di applicazione; inventario di ciclo vita; analisi degli impatti e dei rischi associati; formulazione di una strategia.

Il secondo modulo prevede l'ottimizzazione della fase progettuale includendo nelle valutazioni decisionali gli aspetti ambientali associati.

L'utilizzo del Green Pro 1 non è limitato alle sole risorse idriche, ma al contrario può essere utilizzato tutte le volte che sia necessario operare una scelta tra delle opzioni che hanno implicazioni non soltanto sul processo, ma anche sull'aspetto ambientale.

Questo software consente cioè di ottimizzare la progettazione di numerosi processi (ad esempio chimici, alimentari) dal punto di vista della sostenibilità ambientale, non soltanto in relazione all'acqua.

Tuttavia la stessa ragione che rende lo strumento largamente utilizzabile, cioè il non essere stato sviluppato esclusivamente per risolvere le questioni legate alla risorsa idrica, lo rende anche inefficace nella gestione dell'uso dell'acqua all'interno di un processo produttivo.

L'inefficienza di questo strumento, come altri già proposti, risiede nel fatto che si focalizza

l'attenzione solo sull'aspetto legato all' inquinamento dell'acqua al momento del rilascio, al termine del processo di produzione.

Quello che viene tralasciato sono tutti i fattori che caratterizzano un impatto lungo tutta la catena produttiva dalle materie prime al consumatore finale. Vengono inoltre tralasciati gli aspetti legati alla regionalità del prelievo d'acqua che risulta invece determinante nella valutazione della sostenibilità della risorsa idrica.

Potremo dire che simili metodologie, nonostante gli intenti e gli obiettivi professati, sono legate ancora all'ottica del rispetto dei limiti di leggi e si basano sull' adeguamento passivo che vede nella questione della sostenibilità una possibile causa di limitazione dei profitti. Infatti le motivazioni dello sviluppo di simili strumenti risiedono tutte nell'aumento della redditività dell'azienda e nella limitazione della quantità e dei danni legati ai consumi idrici.

2.7 Water footprint ed altri strumenti: un confronto

Volendo effettuare un confronto tra gli strumenti presentati in questo capitolo iniziamo col distinguere tra gli strumenti orientati alla gestione complessiva della risorsa idrica di un'azienda quali il GWT, il business WF, il WST e gli strumenti in grado di dare un contributo concreto nel migliorare l'aspetto idrico nei processi e nella produzione: questi strumenti sono il WF di prodotto ed il Green Pro I.

Tra gli strumenti di gestione la principale differenza consiste nell'obiettivo dell'analisi. In particolare strumenti come il GWT ed il WST sono decisamente orientati all'individuazione degli impatti e dei rischi. Sono due strumenti utili per operare una scelta nella strategia di gestione aziendale della risorsa idrica in quanto consentono di inquadrare l'azienda in relazione al territorio in cui opera individuando i rischi e proponendo azioni di conseguenza.

Nell'ambito degli strumenti che si focalizzano sulla valutazione dei rischi, merita un discorso a parte l'indicatore universale messo a punto dall'AWS. Questo indicatore è in grado di valutare tanto gli utilizzi diretti di acqua quanto quelli indiretti, sul modello del business WF. Tuttavia aggregando i valori in un unico indicatore finale non consente di distinguere la provenienza dell'acqua e quindi limita la possibilità di migliorare la gestione da parte dell'azienda.

L'indice di stress di un bacino (crf. §2.5, GWT) o l'indice di prelievo (EN8) sono utili poiché consentono di valutare gli impatti che un'attività ha sul sistema idrico della regione in cui opera, in questo modo è possibile anche determinare quali sono le aree maggiormente critiche e quali attività dell'azienda vi siano associate.

Possiamo affermare che tra tutti, il WST è quello che valuta gli impatti nella maniera più

approfondita e che consente di valutare anche l'aspetto economico e l'attuabilità delle diverse opzioni di risposta ai rischi individuati attraverso l'analisi del bilancio idrico. Questo determina un vantaggio del WST nei confronti del WF di business e del GWT, ma al tempo stesso fa sì che la fase di bilancio idrico non sia dettagliata e precisa come quella del *businessWF*.

Il WST è orientato alla individuazione dei rischi e delle strategie derivanti dalla gestione dell'acqua per l'azienda. Il calcolo del bilancio idrico segue il modello del WF di business ma non è approfondito: i dati servono solo per inquadrare la situazione dell'azienda in relazione alla pratica di gestione ambientale. Il WST per altro non produce un risultato numerico come il GWT o l'indice dell'AWS, ma focalizza l'attenzione sull'individuazione delle strategie che devono essere adottate per la mitigazione dei rischi anche con analisi economiche e di fattibilità, questa è una parte dell'analisi di gestione della risorsa idrica che non è individuabile in nessun altro degli strumenti individuati. Al tempo stesso Il WST ha un'estensione di analisi decisamente più ampia rispetto al WF di business che attualmente non è stato ancora sviluppato per fornire indicazioni sulle azioni di contrasto ai rischi aziendali.

Lo strumento che affianca il WST è il WSP: il GEMI WSP consente alla compagnia di comprendere quale sia il ruolo di uno stabilimento ben definito, in relazione alla situazione idrogeografica in cui questo si viene a trovare, considerando rilevanti anche gli aspetti economici e sociali che vi sono associati. Questo secondo strumento GEMI consente di andare oltre i limiti dell'analisi del WST e di analizzare in dettaglio il ruolo dei vari stabilimenti di produzione a seconda della situazione idrica del luogo in cui operano i vari stadi di produzione di un'attività.

Il WSP tuttavia, come il WST, non fornisce una metodologia di calcolo che consenta una misura ed una quantificazione del consumo idrico, degli impatti per l'ambiente o dei rischi che corre l'azienda dovuti ad una cattiva gestione della risorsa idrica.

Anche il WSP come il WF distingue o accorpa i flussi di acqua, sulla base del costo, della destinazione e della fonte da cui provengono gli input.

Un approccio del tutto simile per la valutazione degli impatti è fornito dal GWT.

Il vantaggio di questo strumento è che si colloca a metà tra il WF ed il WST. In analogia al WF vengono analizzate le acque scaricate individuando le destinazioni alle quali vengono inviate e gli utilizzi successivi in cui sono impiegate queste acque dopo trattamento, si richiede anche di specificare il tipo di trattamento. Questo aspetto è in analogia con quello del WF che distingue le acque reflue a seconda del trattamento e della destinazione alla quale sono inviate, tuttavia il dato che si ottiene dal WF viene elaborato al fine di misurare l'utilizzo consuntivo di acqua associato alla qualità delle acque scaricate, mentre nel GWT non è chiaro come questo dato

possa essere tradotto in un numero o più in generale in un risultato che qualifichi la gestione delle acque da parte dell'azienda. Il fatto che l'analisi dei consumi e della gestione idrica sia condotto con la stessa metodologia del WF infatti, non vuol dire che i risultati prodotti dal GWT e dal WF siano gli stessi. Il GWT è uno strumento di calcolo implicito che non consente all'utilizzatore di vedere come vengano ottenuti i risultati, nel WF al contrario, vengono fornite anche le formule per il calcolo diretto del WF relativo ad un caso particolare, questo consente di adattare lo strumento alle diverse esigenze di ogni utilizzatore cosa che non può avvenire con il GWT per i motivi già detti.

Inoltre nel GWT viene fatta un'altra particolare distinzione che il WF non considera: calcolando la frazione di acqua utilizzata sul totale di acqua impiegata nei processi dell'azienda, si distingue tra l'impiego di acqua fresca e l'impiego di acqua riciclata cioè non direttamente prelevata dalle sorgenti idriche naturali.

Come nel WF anche nel GWT è possibile determinare l'utilizzo consuntivo come differenza tra i volumi di acqua in ingresso ed i volumi di acqua in uscita da un'azienda, un attività o un processo.

Per quanto riguarda la valutazione degli impatti e dei rischi che ne derivano, lo strumento consente una stima di massima sulla qualità della gestione dell'acqua da parte degli impianti di una azienda in relazione al contesto idrogeografico in cui essi si trovano a dover operare. Il GWT è in grado di considerare anche gli impatti che possono essere provocati dal prelievo di acqua in una certa zona, in particolare l'impatto viene pesato valutando la percentuale del prelievo di acqua da parte di un'azienda sul prelievo totale di tutte le attività che si approvvigionano dal medesimo bacino.

Un vantaggio di questo strumento (anche rispetto al WST), è quello di definire impatti e relativa gravità in relazione al bacino idrografico: essenzialmente il GWT consente di identificare gli *hotspots*, cioè le zone di maggiore criticità idrica in cui si trovano gli impianti di una compagnia.

In conclusione il WF e LCA mirano a fornire le metodologie per quantificare gli impatti globali relativi ai consumi idrici, il WBCSD Global Water Tool fornisce degli indicatori di base per individuare le aree di rischio per l'impresa ed il GEMI Water Sustainability Tool fornisce una serie di domande qualitative e di informazioni che possono aiutare le aziende a identificare i potenziali impatti.

Un ultimo accenno va fatto per il Green Pro I ed il WF di prodotto. Questo strumento si pone in un ottica del tutto diversa dagli strumenti appena descritti.

Il WF di prodotto è distante dal WF di business non per la metodologia ma per l'obiettivo che

persegue. Il WF di prodotto infatti può essere visto come lo strumento individuato per migliorare la gestione della risorsa idrica, ad esempio quando l'azienda si trovi ad operare in una zona con problemi di qualità o disponibilità d'acqua il WF di prodotto potrebbe mettere al riparo l'azienda dalle possibili ripercussioni che una scarsa o peggiorata qualità del sistema idrico potrebbe avere sulla percezione degli acquirenti e quindi sui profitti dell'azienda.

Al contrario degli strumenti di gestione delle risorse idriche che consentono la valutazione della qualità della gestione e propongono una serie di azioni volte a mitigare i vari tipi di rischi che ne possono derivare, il Green Pro I è già esso stesso uno strumento in grado di risolvere problemi legati ai rischi ambientali. Esso è uno strumento applicativo, un software pratico di progettazione in grado di rendere concreti sul piano della tecnologia e della tecnica gli indirizzi e gli obiettivi posti in risalto nella fase precedente di analisi della gestione idrica. L'unico strumento con il quale può essere messo in analogia, non tanto per la funzione svolta ma per il risultato concreto che si ottiene è il WF. Entrambi infatti sono strumenti concreti: il Green Pro I nell'ambito della progettazione il WF nell'ambito del mercato.

Il WF di prodotto è distante dal WF di business non per la metodologia ma per l'obiettivo che persegue. Il WF di prodotto infatti può essere visto come lo strumento individuato per migliorare la gestione della risorsa idrica, ad esempio quando l'azienda si trovi ad operare in una zona con problemi di qualità o disponibilità d'acqua il WF di prodotto potrebbe mettere al riparo l'azienda dalle possibili ripercussioni che una scarsa o peggiorata qualità del sistema idrico potrebbe avere sulla percezione degli acquirenti e quindi sui profitti dell'azienda.

Il calcolo del WF consente al produttore di mostrare chiaramente quale sia il consumo idrico associato alla produzione di un prodotto e di comunicare direttamente questo risultato alle parti interessate quale il consumatore o gli acquirenti in genere.

A questo proposito è utile precisare che anche se in futuro il WF potrà tradursi in etichetta di prodotto (dopo normazione ISO), non si ridurrà esclusivamente alla comunicazione di un risultato in quanto nel WF sono incluse anche le metodologie di calcolo e di valutazione degli impatti associati ai consumi idrici. Per questo motivo il WF è attualmente lo strumento più affidabile e completo per la valutazione del consumo e dello stato naturale della risorsa acqua dolce da parte di una azienda.

2.8 Water Footprint e Life Cycle Assessment

All'interno della comunità scientifica LCA vi è un interesse crescente per l'acqua (Koehler, 2008; Milà i Canals, 2009; Bayart, 2010). La modellazione degli input e degli output nella metodologia LCA considera l'uso di vari tipi di risorse ambientali e guarda ai vari tipi di impatti sull'ambiente.

Attualmente dal punto di vista idrico l'LCA non include l'acqua dolce in modo sufficiente.

L'impatto ambientale dell'uso di acqua dolce viene raramente considerato nell'attuale valutazione del ciclo vita (LCA) o, al massimo, viene segnalato come volume totale di acqua utilizzata.

In particolare LCA si limita a conteggiare la quantità totale di acqua utilizzata nell'intero sistema di produzione, senza considerare il tipo di acqua utilizzata o la localizzazione geografica.

Raramente vi è considerazione del fatto che l'uso di acqua dolce proviene da risorse limitate (per esempio, zone aride) o da risorse abbondanti e rinnovabili (ad esempio, zone umide).

All'interno dei software utilizzati per l'applicazione della LCA, i metodi di valutazione degli impatti, considerano la risorsa acqua dolce come una risorsa non esauribile e non presentano, quindi, modelli di caratterizzazione che considerino l'esaurimento di tale risorsa (Khoeler, 2008). Le affermazioni precedenti sono supportate anche dall'analisi delle banche dati del software (Sima Pro 7) utilizzato nell'applicazione della LCA (Piubello, 2008).

Da quanto osservato in queste banche dati si può dire che esse non forniscano adeguate informazioni in quanto:

- non specificano la tipologia di acqua anche se in alcuni casi arrivano comunque a distinguere la provenienza (ad esempio fiumi piuttosto che oceani), pertanto non è possibile risalire alla localizzazione geografica dell'acqua consumata, ovvero al luogo fisico della sua provenienza;
- non specificano la quantità di acqua effettivamente evaporata, in riferimento alla produzione di un certo materiale, rispetto al totale di acqua prelevato;

Ad esempio non sono presenti nei software attualmente disponibili per l'analisi LCA, banche dati a cui fare riferimento per reperire i dati sui volumi di acqua associati alla produzione di materie prime di base e materie ausiliarie necessarie per la produzione di confezioni o imballaggi.

Poiché le informazioni sull'origine dell'acqua dolce sono essenziali per determinare le implicazioni del suo utilizzo sulla salute ambientale o umana, i dati attuali sul consumo idrico all'interno della metodologia LCA hanno un uso limitato nel processo decisionale e possono anche essere fuorvianti.

L'impronta d'acqua (*water footprint*) è stata riconosciuta come un concetto potenzialmente utile in LCA, ma criticato per la mancanza di elementi di caratterizzazione che pesino i volumi di acqua consumati in base al loro impatto.

Esiste quindi un forte bisogno di uno standard internazionale che garantisca un trattamento coerente delle acque, in grado di definire l'impronta d'acqua e i termini della metodologia di calcolo correlata.

Nella tabella successiva viene mostrato come la WF potrebbe relazionarsi con l'attuale metodologia LCA tra calcolo di WF ed inventario LCA e tra valutazione degli impatti nelle due diverse metodologie.

Gli indicatori per misurare e riportare la *water footprint* dovrebbero essere compatibili con gli altri indicatori per l'impatto del ciclo vita definiti nella ISO 14040, 14044 e 14067.

Le informazioni generate dal water footprint, proprio come nell'LCA e negli studi di *environmental footprint* (ad esempio il *carbon footprint*), da sole non possono dirci quali sono i limiti sostenibili dall'acqua di un qualsiasi sistema. Sono necessarie informazioni chiave in aggiunta al WF perché da solo non tiene conto della relativa abbondanza di acqua nel punto di utilizzo. A causa della diseguale distribuzione di acqua e la specificità relativa con cui l'acqua interagisce con l'ambiente, gli impatti dell'acqua non sono omogenei. Quindi una comprensione approfondita degli impatti localizzati non può contare esclusivamente sul solo WF.

Tab 2.1- Come la valutazione del water footprint può completare il LCA(Hoekstra 200)

<i>Water footprint</i>	<i>Risultati</i>	<i>Significato fisico</i>	<i>Risoluzione</i>	<i>Fase LCA</i>
Calcolo dell'impronta idrica	Blue, green e grey WF (volumetrici)	Volumi di acqua consumati o inquinati per unità di prodotto	Spazio-temporalmente esplicita	Life cycle inventory
Valutazione degli impatti di un'impronta idrica	Valutazione della sostenibilità del water footprint a micro-meso e macro livelli, attraverso la prospettiva economica, sociale ed ambientale	Molteplici variabili di impatto misurabili	Spazio-temporalmente esplicito	Life cycle impact assessment
Aggregazione delle informazioni di sostenibilità del WF	Indici di aggregazione degli impatti del WF	Nessuno	Non spazio-temporalmente espliciti	

Servono specifici dati idrologici per determinare la ricarica dei settori idrici, ma solo combinando il dato sullo stato del bacino idrico e le informazioni sul *water footprint (WF)*, i limiti sostenibili dei sistemi possono essere valutati e discussi più attentamente.

A questo proposito alcuni autori hanno suggerito di ridefinire in LCA, la misura volumetrica l'impronta d'acqua con un indice che deriva dalla moltiplicazione dei volumi per i fattori di impatto (Pfister, 2009; Ridoutt, 2009).

È stato inoltre proposto, in accordo con quanto detto, di trascurare le impronte d'acqua verde (impatti dovuti all'utilizzo dell'acqua piovana, §3.1), perché il loro impatto sarebbe nullo (Pfister e Hellweg, 2009). Tuttavia questi autori considerano il water footprint nella logica dell' LCA, e non catturano il ruolo primario dell'impronta d'acqua nel campo della gestione delle risorse idriche (*Water Resource Management, WRM*). Ridefinire l'impronta d'acqua, secondo quanto appena visto, non ha senso dal punto di vista del WRM che richiede informazioni spazialmente e temporalmente esplicite sui volumi e gli impatti reali delle orme d'acqua.

Un'ultima differenza fondamentale tra il water footprint e l'analisi del ciclo vita è che mentre il risultato dell'LCA è misurato direttamente in CO₂ equivalente, il water footprint misura gli impatti a seconda della situazione idrogeologica del bacino di approvvigionamento. Questa differenza comporta che la variabilità nella catena di approvvigionamento idrico sia dinamica, cioè che non sia necessariamente la stessa mese per mese o anno in anno. Pertanto l'impronta d'acqua di un prodotto non è costante e proprio per questo deve essere sempre precisato l'anno a cui i dati utilizzati per il calcolo della water footprint fanno riferimento.

2.9 Etichette ambientali di prodotto per la risorsa idrica

Uno degli strumenti più utilizzati dalle aziende per comunicare all'esterno le proprie performance ambientali sono le dichiarazioni (o etichettature) volontarie di prodotto.

Oggi nel settore privato sono uno degli strumenti ambientali più diffusi e quindi si è ritenuto opportuno analizzare questa tipologia di strumento di tutela ambientale per capire come è trattato al suo interno il tema della risorsa idrica.

Bisogna sottolineare fin da subito che gran parte delle dichiarazioni ambientali sviluppate fanno riferimento alla metodologia LCA. Quindi fin da subito si può affermare che il tema della quantificazione dei consumi idrici non è molto presente mentre è decisamente maggiore l'attenzione rivolta alla qualità delle risorse idriche. Come già analizzato (vedi §2.4) la metodologia LCA dà molta attenzione alla valutazione della qualità delle acque scaricate ed ai relativi impatti, ma non all'aspetto legato al consumo idrico.

2.9.1 Le etichette ambientali autodichiarate

Etichette e dichiarazioni ecologiche che riportano informazioni ambientali auto-dichiarate da parte di produttori, importatori o distributori di prodotti, senza che vi sia l'intervento di un organismo indipendente di certificazione, appartengono alle etichette di tipo 2, o asserzioni auto dichiarate, che sono sviluppate secondo lo standard internazionale ISO 14021 del 2002. Questo tipo di etichetta prevede che sia dichiarato un particolare tipo di performance ambientale. Nel caso dell'acqua dolce è stata individuata la RAISIO H₂O Label creata nel 2009 dalla finlandese Raisio Group, un gruppo che opera nel campo dell' industria alimentare. La RAISIO è stata la prima azienda al mondo a sviluppare un etichetta che indica il consumo totale di acqua del prodotto. L'etichetta utilizza la metodologia del WF (vedi §2.6) per comunicare i volumi di acqua consumati associati alla produzione lungo tutta al catena del prodotto dal campo allo scaffale di vendita. I risultati sono calcolati per il prodotto fiocchi di avena ed il consumo è di 101 litri di acqua per 100 grammi di prodotto, ripartiti come riportato nella tabella 2.2, dove si nota come la componente dell'acqua associata alla fase agricola di produzione costituisce la quasi totalità della WF associata alla produzione.

Tabella 2.2- Dati riportati sull'etichetta di un prodotto Raisio. Fonte: Raisio H₂O label

<i>Prodotto</i>	<i>Total WF</i>	<i>Coltivazione</i>	<i>Produzione</i>	<i>Imballaggio</i>
100 grammi di fiocchi di avena "Elovena"	101 litri	99,3%	0,57%	0,16%

L'impronta include l'acqua che la pianta usa per la crescita, l'acqua utilizzata nella produzione, nonché le acque reflue che ne derivano. La maggior parte del consumo è costituito dall'acqua che l'avena utilizza durante il periodo di crescita e fornita dalle precipitazioni. Poiché l'avena coltivata in Finlandia non è irrigata, non vi competizione tra usi diversi di acqua pulita e potabile.

I dati possono essere confrontati con il consumo totale di acqua ad esempio, di una mela da 100 grammi che è di circa 70 litri, o con quello di 100 grammi di carne bovina che è di circa 1.600 litri.

I calcoli per la produzione primaria si basano sui dati di evaporazione ottenuti dalle stazioni meteorologiche di osservazione del Finnish Meteorological Institute, e sui dati di acqua consumata nella coltivazione di avena come medie sui tre anni, forniti dagli agricoltori della Raisio.

L' acqua associata alla produzione del fiocco di avena e dei materiali di imballaggio, insieme rappresentano meno dell'uno per cento del consumo complessivo di acqua.

Il processo di produzione non genera alcuna acqua reflua, poiché fiocchi di avena sono processati in evaporatori dove l'acqua abbandona il processo sotto forma di vapore.

Esistono altre dichiarazioni ambientali relative al tema acqua che non sono specificatamente dichiarazioni ambientali secondo quanto definito dalla norma ISO. All'interno di questa analisi è stata svolta una ricerca sulle seguenti dichiarazioni ambientali:

Water Stewardship Certification è una certificazione che l'organizzazione *Alliance For Water Stewardship* sta sviluppando. In questa certificazione si vuole certificare una corretta gestione della risorsa idrica delle aziende.

In Inghilterra si sta lavorando per sviluppare un'etichetta che indichi il consumo di acqua dolce associato ai prodotti alimentari. Questa etichetta il *Water Trust* viene sviluppata dall'associazione inglese *Food Etichs Council*.

Infine è già effettiva la *Four Leaf*, un'etichetta sviluppata in Australia nel 2008 che è un marchio di qualità ecologica ma non nel senso tradizionale definito dalla ISO. *Four Leaf* ha lo scopo di identificare la compatibilità ambientale in un modo sufficientemente redditizio da renderlo il più diffuso possibile. Con questa proposta si vuole creare un strumento che risolve il principale problema che ostacola l'espansione delle etichettature ambientali e dei sistemi di gestione ambientale ISO: il costo in termini monetari e di risorse da impegnare per l'ottenimento della certificazione di efficienza ambientale (International Organization for Standardization, 2009).

L'etichetta tiene conto di quattro fattori ambientali: il consumo di materie prime, il consumo idrico, il consumo energetico e le emissioni verso l'ambiente.

Questo strumento non è specificatamente legato alla risorsa idrica tuttavia è accennato nel presente paragrafo perché è il risultato di strumenti e linee guida sull'acqua forniti dal Global Reporting Initiative (vedi §2.3).

2.9.2 Le etichette di eccellenza ambientale

Vi sono poi le cosiddette etichette di tipo 1 (ISO 14024, 2002) che sono etichette volontarie che dimostrano l'eccellenza ambientale dei prodotti che le ottengono, sono selettive e sottoposte a certificazione esterna (o di parte terza). Queste sono basate su un sistema di multi criteri che considera l'intero ciclo di vita del prodotto. I criteri fissano dei valori di soglia, da rispettare per ottenere il rilascio del marchio.

Nelle etichette di tipo 1 il consumo idrico è considerato sulla base dei dati di acqua in entrata ai

processi, agli stabilimenti ed alle organizzazioni. Non si tiene conto delle uscite dell'acqua del processo non si quantifica effettivamente il consumo di acqua associato con la produzione, e quindi non si possono valutare correttamente gli impatti sulla scarsità della risorsa idrica in una determinata regione.

Inoltre quello che si considera basandosi solo sull'acqua che entra nel processo sono gli utilizzi diretti di acqua non il consumo indiretto, cioè non si considerano ad esempio i consumi idrici di tutta la catena di produzione come ad esempio i trasporti o la produzione o estrazione di materie prime: ad esempio la componente associata alla fase agricola dei fiocchi d'avena che abbiamo visto essere determinante nel calcolo dell'etichetta dell'Elovena risulterebbe essere trascurata.

Nelle etichette di tipo 1 a seconda del prodotto che si vuole certificare si considerano le acque in uscita dallo stabilimento di produzione con svariati parametri.

L'etichetta di tipo 1 *Green Seal*, proposta dall'omonima organizzazione indipendente che si adopera per promuovere prodotti e servizi che realizzano un ambiente più sano e pulito, pone un'attenzione significativa sulla conservazione delle risorse idriche per le imprese, a seconda della zona climatica in cui sono collocate (greenseal.org). A seconda della zona in cui un'azienda si trova ad operare la produzione vi sono tre livelli di attenzione alla risorsa idrica. Il livello meno critico e più generale richiede una relazione generale appunto di utilizzo delle acque per tutti gli impianti. Si prevede comunque che le aziende di questo primo livello continuino ad affinare i loro sforzi per raggiungere la riduzione dei consumi idrici. All'interno della guida *Green Seal* si consiglia come strumento di calcolo dei consumi idrici e dei rischi associati il *WBCSD Global Water Tool* (vedi §2.3).

2.9.3 Le etichette ambientali comparative

Una terza tipologia di etichetta ambientale di prodotto che tiene in considerazione l'impatto ambientale di un prodotto sulla risorsa idrica è l'etichetta ambientale di tipo 3 (ISO 14025: 2006). Si tratta di uno strumento informativo e comparativo che permette di conoscere e comunicare al mercato l'impatto ambientale di un prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita, grazie ad uno studio di *Life Cycle Assessment* rigoroso, ripetibile e comparabile.

Una delle etichette ambientali di tipo 3 più diffuse in Europa e non solo è l'etichetta *EPD* (*Environmental Product Declaration*). *EPD* è stata creata in Svezia nel 1999 ma viene utilizzata in tutta Europa. La *EPD* è uno strumento che permette di comunicare le prestazioni ambientali di prodotti e servizi riportando le informazioni basate su parametri stabiliti che contengono una quantificazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto calcolati attraverso

il sistema LCA.

La Barilla nell'agosto del 2009 ha sviluppato una EPD per uno dei propri prodotti, un pacco di pasta da 500 grammi. L'azienda ha calcolato il contenuto virtuale di acqua (vedi §3.1) secondo il metodo di calcolo esposto dal WFN (vedi capitolo §3), (Aldaya e Hoekstra, 2010; barilla.com). Nelle dichiarazioni *Ecoleaf* facenti parte sempre della categoria delle etichette di tipo 3 il tema dell'acqua è trattato come nelle etichette di tipo 1. Si chiedono i consumi idrici in termini di acqua in entrata ai processi (water in) e per quanto riguarda la qualità sono richiesti i parametri che rilevano l'inquinamento idrico (Zecchinato, 2010). Rispetto alle EPD queste dichiarazioni sono più concise e praticamente riportano nella dichiarazione tabelle con dati senza commenti. Anche in questo caso se fosse disponibile uno strumento di contabilizzazione dei consumi idrici appositamente studiato per i prodotti e le aziende (come il WF) si potrebbe inserire direttamente il dato di consumo idrico all'interno della dichiarazione.

Le etichette di questo tipo non tengono conto dell'acqua consumata durante la produzione di un prodotto ma dell'efficienza dei consumi idrici durante la fase d'uso. Queste etichette sono applicate a tutti gli oggetti che usano acqua per compiere le loro funzioni (lavatrici, lavastoviglie, ecc.) In questo aspetto viene considerato solo l'aspetto del Life Cycle legato alla fase di utilizzo del prodotto.

2.9.4 Il tema dell'acqua nelle etichette ambientali

Dall'analisi di questi strumenti di comunicazione delle performance ambientali si può confermare che il tema della quantificazione dei consumi idrici non è ancora tenuto in debito conto. In generale si tiene conto della sola componente di acqua in entrata ai processi senza distinguere tra le destinazioni o la provenienza dei diversi tipi di acqua. La qualità dell'acqua è, invece, considerata maggiormente.

Fino al momento in cui non sarà disponibile una metodologia condivisa a livello internazionale e garantita dalle norme specifiche per l'etichettatura ambientale il tema dei consumi idrici non verrà tenuto in debito conto dalle aziende nemmeno per i propri prodotti certificati con un marchio di qualità ambientale. Le uniche etichette che possono garantire degli standard ambientali e delle affermazioni certificate e controllate sono le etichette ambientali regolate dalle norme ISO.

Il WF potrebbe comportare l'acquisto di prodotti provenienti da regioni di abbondanza di acqua superiore o da aree di maggiore efficienza idrica.

Ad esempio, l'approvvigionamento da aree dove la WF è a maggioranza di acqua piovana (*green*

water, crf. §3.1) potrebbe ridurre la necessità dei prelievi dai corsi idrici d'acqua dolce (*blue water*).

La grande forza del WF è la creazione di legami diretti tra le acque captate a fini produttivi ed i prodotti che sono presenti sugli scaffali del rivenditore, tuttavia allo stato attuale, non è chiaro cosa comporterebbe la scelta di un prodotto o di un sistema di produzione sulla base che questo ha un ingombro minore di acqua. In effetti, un prodotto con una minore impronta idrica potrebbe essere più dannoso per l'ambiente rispetto ad uno con un ingombro superiore a seconda dell'origine del prelievo idrico.

2.10 Water footprint e carbon footprint

Il concetto di WF mostra una certa somiglianza con il concetto di *ecological footprint* e *carbon footprint*, tuttavia le radici e gli obiettivi di questi tre indicatori differiscono tra loro (Hoekstra, 2009).

I due concetti di “impronta” vanno considerati come indicatori complementari dell'utilizzo di capitale naturale rispetto al consumo umano. Nessuno degli indicatori può sostituire l'altro, semplicemente perché ognuno fornisce un'informazione diversa e specifica.

Detto ciò, mettendo a confronto i due indicatori, è possibile individuare due differenze fondamentali tra il carbon footprint (CF) ed il water footprint (WF). Innanzitutto le CF sono calcolate in base alla produttività globale media, mentre le WF sono calcolate in base alla luogo in cui vengono prodotte. Inoltre le carbon footprint, al contrario delle water footprint, non sono spazialmente esplicite (Hoekstra, 2009). Queste ed altre differenze tra le due metodologie sono riportate nella tabella 2.3

Una impronta di carbonio è l'insieme totale di gas ad effetto serra (*green house gases*, GHG) causati direttamente e indirettamente da un individuo, un'organizzazione, un evento o un prodotto. Nel campo della contabilità aziendale dell'impronta di carbonio, sono stati definiti tre ambiti (WRI e WBCSD, 2004).

Il primo campo di applicazione si riferisce alla contabilità delle emissioni dirette di gas serra, che si verificano da fonti che sono possedute o controllate dalla società.

Un esempio sono le emissioni prodotte dalla combustione in caldaie, forni e veicoli di proprietà o controllati e le emissioni derivanti dalla produzione di sostanze chimiche da apparecchiature di processo di proprietà o comunque controllate.

Il secondo ambito fa riferimento alla contabilità delle emissioni indirette di gas serra causate dalla generazione di energia elettrica acquistata e consumata dalla società.

Il terzo ambito si riferisce ad altre emissioni di gas serra indiretti, che sono una conseguenza delle attività della società, ma che si verificano da fonti che non sono possedute o controllate dalla società in questione. Ad esempio attività di estrazione e produzione dei materiali acquistati, il trasporto di combustibili acquistati e l'utilizzo dei servizi e dei prodotti venduti.

Tab. 2.3 – Differenze tra i due indicatori che calcolano gli impatti legati all'utilizzo di acqua dolce (*water footprint*) e gli impatti legati all'emissione in atmosfera di GHG (*carbon footprint*)

Water footprint	Carbon footprint
Dimensioni spaziali e temporali	Non ci sono dimensioni spaziali e temporali
Valori attuali e locali specifici	Valori medi e globali
Si riferisce sempre all'intera supply-chain	La supply-chain è inclusa solo nel carbon accounting
Si focalizza sulla riduzione del water footprint in esame (le unità di misura non sono necessariamente equivalenti)	Gli sforzi sono concentrati sulle compensazioni (quindi le unità di misura delle emissioni sono equivalenti)

La distinzione tra 'diretti' e 'indiretti' viene fatta anche per la contabilità del *water footprint*.

Per l'impronta di acqua è importante specificare lo spazio ed il tempo, perché la disponibilità di acqua varia molto nello spazio e nel tempo, in modo che lo stanziamento di acqua deve sempre essere considerato nel suo contesto locale.

Per il *footprinting* di carbonio, il processo di normalizzazione per gas ad effetto serra diversi è semplificata dall'uso di fattori di caratterizzazione a livello mondiale, cioè le emissioni di gas serra sono considerate dare un contributo equivalente al riscaldamento globale, indipendentemente dalla zona in cui sono prodotte (tonnellate di CO₂ equivalente). Al contrario, nel caso della WF, l'impatto dei consumi idrici in una regione abbondante d'acqua non è in alcun modo paragonabile al consumo che avviene dove esiste una scarsità della risorsa idrica.

Capitolo 3

Water Footprint di prodotto derivato da agricoltura

Il calcolo dell'impronta idrica dei prodotti viene differenziato per i prodotti agricoli, i prodotti di allevamento e i prodotti industriali.

Il contenuto di acqua virtuale di un prodotto lavorato, che sia esso proveniente da attività agricola o da allevamento, dipende dal contenuto di acqua virtuale del prodotto dal quale esso deriva. Per rendere più chiaro il concetto si parla di livelli di produzione; i prodotti che derivano direttamente dai prodotti agricoli raccolti o dal bestiame allevato si chiamano prodotti primari. Il latte e la carne sono un tipico esempio di prodotti primari da allevamento. Alcuni di questi prodotti primari sono successivamente trattati per dare origine ai prodotti secondari, dal latte si ottengono per esempio il burro ed il formaggio. Possono poi essere individuati ulteriori livelli di produzione.

Il contenuto di acqua virtuale dei prodotti derivanti da un determinato trattamento comprende quindi il contenuto virtuale di acqua dei prodotti di partenza e la quantità d'acqua necessaria per compiere il processo produttivo.

3.1 Metodo di calcolo del WF

Il WF è costituito da tre componenti: *blue*, *green* e *grey water footprint* (Hoekstra, 2008). Questa è una caratteristica peculiare della metodologia del water footprint in quanto consente di distinguere tra le diverse tipologie di acqua e quindi di valutare separatamente anche gli impatti che sono collegati.

$$WF_{prodotto} = WF_{blue} + WF_{green} + WF_{grey} \quad (3.1)$$

3.1.1 Blue water footprint

Le risorse globali di acqua blu sono le acque superficiali e l'acqua di falda e l'impronta d'acqua blu è il volume d'acqua dolce che viene consumato per produrre i beni ed i servizi consumati da un individuo o comunità.

L'utilizzo consuntivo di acqua blu si riferisce ad uno dei seguenti quattro casi:

- 1) evaporazione dell'acqua;
- 2) l'acqua è incorporata nel prodotto;
- 3) l'acqua non ritorna lo stesso bacino idrografico, ad esempio l'acqua ritorna ad un altro bacino idrografico o al mare;
- 4) l'acqua non viene restituita nello stesso periodo, ad esempio si preleva acqua in un periodo di siccità e si restituisce in un periodo umido.

L'utilizzo consuntivo dell'acqua non significa che l'acqua scompare, perché la maggior parte dell'acqua rimane all'interno del ciclo idrico e ritorna comunque alla terra.

L'impronta d'acqua blu misura la quantità di acqua disponibile che si consuma in un certo periodo (cioè che non viene immediatamente restituita entro il bacino stesso). In questo modo, esso fornisce una misura della quantità di disponibile acqua blu consumate dagli esseri umani. Il resto delle acque di superficie, che non è stato consumato per scopi umani, è lasciato al sostentamento degli ecosistemi che dipendono dai flussi delle acque sotterranee e di superficie.

La componente consuntiva è legata soprattutto all' evaporazione dell'acqua, ma quando necessario si devono considerare anche le altre componenti.

Viene esclusa dalla definizione la parte di acqua, prelevata dalla falda o dai sistemi superficiali, che ritorna nei sistemi stessi o direttamente dopo l'utilizzo o a causa di perdite prima del suo impiego.

L'impronta d'acqua blu in una fase di processo è calcolata come segue:

$$WF_{proc,blu} = \text{Evaporazione} + \text{Incorporazione} + \text{Flusso di rilascio} \quad (3.2)$$

L'ultima componente si riferisce alla parte del flusso di rilascio che non è disponibile per il riutilizzo all'interno dello stesso bacino di prelievo, sia perché è tornato ad un altro bacino idrografico o è stato scaricato in mare o perché è tornato in un altro periodo di tempo.

L'unità di misura dell'impronta blu dell'acqua di processo è il volume di acqua per unità di tempo, ad esempio al giorno, mese o anno.

Quando il volume viene diviso per la quantità di prodotto che nasce da un processo, l'impronta acqua di processo può essere espressa anche in termini di volume d'acqua per unità di prodotto.

Ogni componente della impronta azzurra dell'acqua di processo può essere misurata. In alternativa, per i processi produttivi, si può contare su database che contengono dati tipici di utilizzo consuntivo di acqua a seconda del tipo di processo di fabbricazione.

Tali database, tuttavia, non sempre esistono e generalmente contengono dati sulle acque in uscita da un processo, cioè sul consumo di acqua consuntivo. Inoltre, questi database mancano del livello di dettaglio necessario e contengono i dati relativi all'uso di acqua per il settore industriale (es. raffinerie, stabilimenti tessili, cartiere, ecc) piuttosto che al processo di fabbricazione.

Due database ricchi di dati sono quello di Gleick (1993) e quello di Van der Leeden (1990), ma entrambi sono concentrati per gli Stati Uniti e, soprattutto, sono limitati ai dati relativi ai prelievi di acqua. Le fonti migliori per stimare i consumi di acqua blu nei processi di fabbricazione sono gli stessi fabbricanti o le sedi regionali o globali delle organizzazioni.

L'acqua blu, cioè l'acqua di superficie o sotterranea, è principalmente stanziata per i cicli di produzione agro-alimentari, basti pensare al ruolo dell'acqua di irrigazione nel settore agricolo e dell'acqua di processo nelle fabbriche.

Nel valutare la blue WF di un processo si può desiderare di distinguere tra diversi tipi di sorgenti d'acqua blu. La divisione più rilevante è tra le acque superficiali, le acque sotterranee rinnovabili e le acque sotterranee fossili. In pratica, però spesso è molto difficile fare questa distinzione a causa della mancanza di dati, e pertanto la distinzione spesso non è fatta.

3.1.2 Green water footprint

L'impronta d'acqua verde (*green water footprint*) è il volume di acqua piovana consumata durante il processo di produzione. Il *green WF* è un indicatore dell'uso umano della cosiddetta acqua verde, cioè misura la parte di acqua piovana evaporata che è stata fatta propria dall'essere umano e dunque non è più disponibile per la natura.

L'acqua verde si riferisce alla precipitazione a terra che non va a ricaricare le acque sotterranee, ma è immagazzinata nel suolo sotto forma di umidità o che comunque rimane temporaneamente sulla parte superficiale del suolo o della vegetazione. Alla fine, questa parte della precipitazione evapora o traspira attraverso le piante. L'acqua verde viene considerata rilevante nella crescita delle colture perché può essere un fattore produttivo di crescita. Tuttavia bisogna precisare che non tutta l'acqua verde può essere consumata dalle colture, perché ci sarà sempre l'evaporazione

del suolo e perché non tutti i periodi dell'anno o tutte le aree sono adatti per la crescita delle colture.

L'impronta d'acqua verde in una fase di processo è pari a:

$$WF_{proc,green} = \text{evaporazione} + \text{incorporazione} \quad (3.3)$$

I consumi di acqua verde abbiamo detto essere importanti soprattutto in agricoltura e possono essere misurati o stimati con una serie di formule empiriche o di modelli adatti per la stima dell'evapotraspirazione delle colture basati su dati climatici, su dati del suolo e sulle caratteristiche delle colture.

I cicli di vita dei prodotti agroalimentari hanno notevoli impatti non solo sull' utilizzo di acqua verde ma anche in merito all' occupazione del territorio. A questo proposito si ricollega la questione relativa al fatto che in realtà quando si parla di green WF ci si stia in realtà riferendo all'accesso allo sfruttamento del terreno per scopi agricoli.

L'occupazione dei terreni limita infatti la disponibilità di quella terra e in tal modo l'accesso all'acqua verde per altri scopi sociali. Per esempio, se il terreno è stato utilizzato per produrre grano, è ovvio che la stessa terra e l'acqua verde associata non sono disponibili per altri tipi di attività agricola. In secondo luogo, l'utilizzo del territorio influenza la ripartizione dell'utilizzo tra acqua verde ed acqua blu cioè un terreno seminato che deve essere irrigato ha un fabbisogno idrico di acqua blu che non sarebbe stato presente in alternativa. In tal modo viene influenzata anche la disponibilità di acqua blu per altre finalità sociali ed ambientali. In terzo luogo, attraverso la conversione degli ecosistemi naturali in terreno agricolo, si cerca di accedere ad acqua verde supplementare per la crescita dei prodotti alimentari e per la produzione di fibra. In questo caso, l'impatto è la perdita degli ecosistemi naturali e degli habitat.

3.1.3 Grey Water footprint

L'impronta acqua grigia (*grey water footprint*) è il volume di acqua inquinata associata con la produzione di tutti i beni ed i servizi per l'individuo o la comunità. Il *grey water footprint* è calcolato come il volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti in misura in cui la qualità dell'acqua dopo diluizione rispetta gli standard di qualità concordati per l'acqua.

La valutazione della qualità delle acque di scarico e delle acque in generale nel tema della valutazione della risorsa idrica è il campo più studiato e analizzato.

Sottovalutare la qualità delle acque comporta rischi sia per gli ecosistemi naturali sia per la salute e l'economia di una comunità di un certo bacino interessato da inquinamento idrico.

L'acqua non trattata può portare a una maggiore incidenza delle malattie. Alti quantitativi di inquinanti nelle acque possono portare alla distruzione di habitat e alla diminuzione della biodiversità. L'acqua torbida (a causa di oli e altre sostanze non miscelabili all'acqua) diminuisce la penetrazione della luce e riduce la produttività dei sistemi vegetali e degli ecosistemi nel loro insieme. L'acqua impura può compromettere l'approvvigionamento di acqua potabile. La presenza di certe sostanze può intromettersi nei cicli biologici naturali con danni per gli ecosistemi e di conseguenza anche per l'uomo. Queste sono alcune delle ragioni per cui le aziende oltre ad essere interessate a contabilizzare in modo corretto i propri consumi idrici sono allo stesso modo interessate a controllare e migliorare la qualità delle acque che utilizzano e che scaricano nuovamente nell'ambiente.

Le tre componenti del WF totale si distinguono anche in consuntive (*green-blue water footprint*) e non consuntive (*grey water footprint*) oppure in dirette (*green-blue WF*) ed indirette (*grey WF*).

Quando necessario, si può ulteriormente qualificare l'impronta di acqua in più componenti specifici. Nel caso del blu WF può essere ritenuto utile distinguere tra acque di sottosuolo e acque di superficie. Nel caso del grey WF, può essere considerato prezioso per distinguere tra diversi tipi di inquinamento.

Quando si parla di water footprint di un prodotto spesso ci si riferisce anche al suo contenuto di acqua virtuale questo è equivalente alla green ed alla blue water footprint appena descritte ma non tiene conto della grey water footprint. Il conteggio del consumo di acqua collegato all'inquinamento originato dal processo produttivo, è al di fuori del contenuto di acqua virtuale del prodotto ed è un aspetto presente solo nel water footprint.

3.2 Metodo di calcolo del WF di un prodotto agricolo primario

Lo strumento del water footprint porta come risultato concreto e pratico un numero, tuttavia i risultati del WF possano essere interpretati in molteplici modi a seconda degli scopi che devono soddisfare ed alle caratteristiche che si vogliono evidenziare legate al consumo dell'acqua.

L'impronta d'acqua di un processo ad esempio è espressa in volume d'acqua per unità di tempo ($m^3/anno$), l'impronta d'acqua di un prodotto è sempre espressa in volume di acqua per unità di prodotto ($m^3/unità\ di\ prodotto$). Il WF può anche riferirsi ad uno spazio ad esempio per il calcolo dell'acqua di irrigazione necessaria per la copertura di una determinata superficie adibita a

coltivazione (m^3/ha). Il prodotto può essere rappresentato dalla sua massa (per i prodotti in cui il peso è un buon indicatore di quantità), dal valore di mercato quando questo sia più rappresentativo del peso ed infine si può associare la *water footprint* di un prodotto alimentare o di un combustibile all'unità di energia contenuta nel prodotto in questione (m^3/joule o kcal).

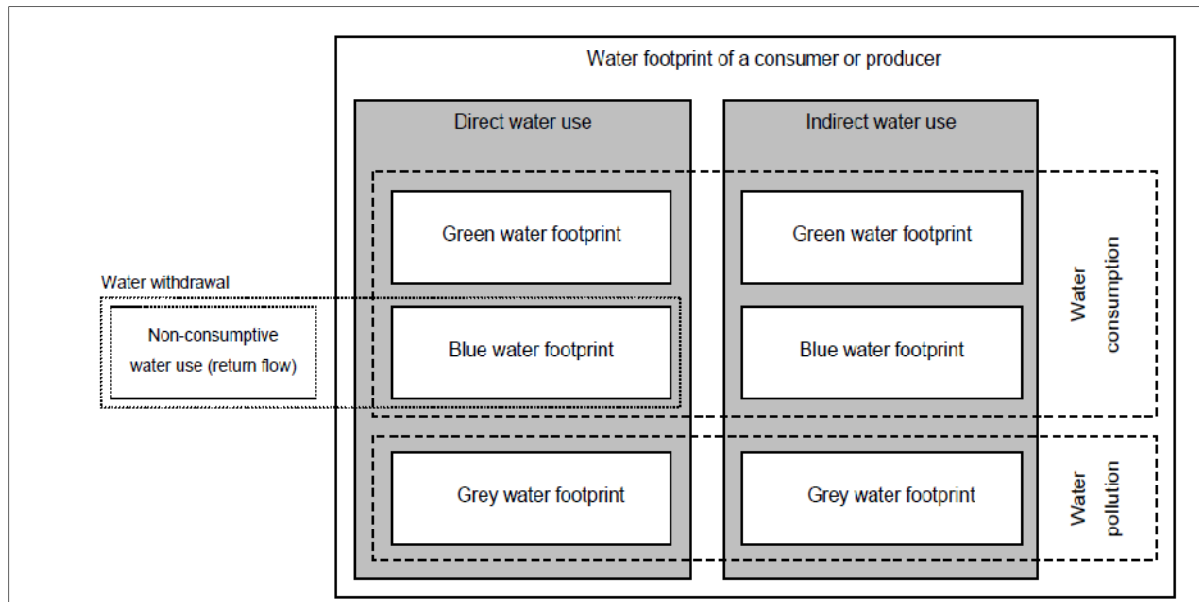


Figura 3.1- Rappresentazione schematica delle componenti di un'impronta idrica. Esso dimostra che la grey water footprint non fa parte dell'uso consuntivo di acqua. Esso dimostra inoltre che, contrariamente all'indicatore prelievo idrico ('water withdrawal'), il water footprint comprende la componente indiretta di utilizzo dell'acqua (grey water footprint).

Il calcolo dell'impronta idrica dei prodotti viene differenziato per i prodotti agricoli, prodotti di allevamento, e i prodotti industriali.

Il contenuto d'acqua virtuale di un prodotto lavorato, dipende dal contenuto di acqua virtuale del prodotto dal quale esso deriva. La valutazione dell'impronta idrica presuppone la conoscenza dei consumi idrici lungo tutta la catena di produzione come illustrato nella figura 3.2.

Per rendere più chiaro il concetto si parla di livelli di produzione; i prodotti che derivano direttamente dai prodotti agricoli raccolti o dal bestiame allevato sono chiamati prodotti primari. Alcuni di questi prodotti primari sono successivamente trattati per dare origine ai prodotti secondari.

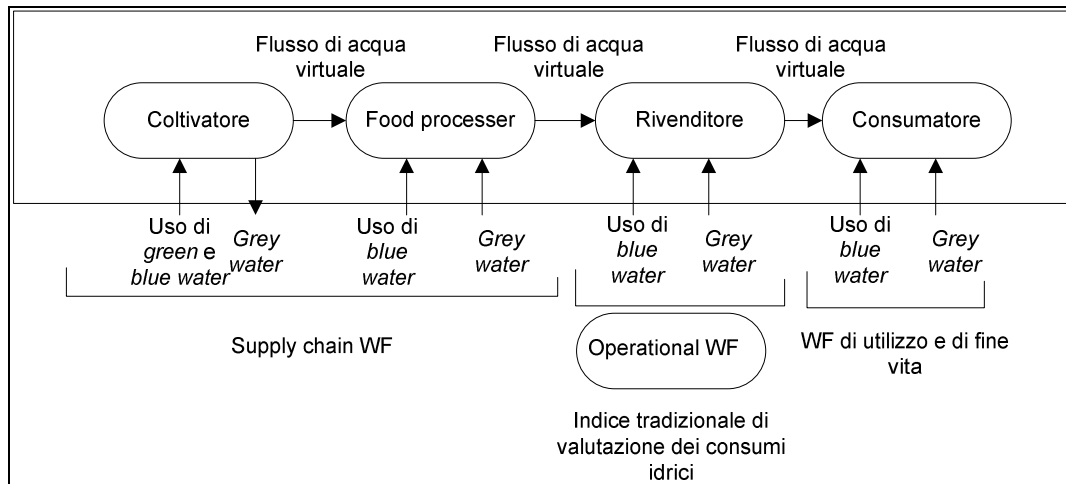


Fig.3.2- Water Footprint lungo la supply-chain di un prodotto

Il contenuto d'acqua virtuale dei prodotti derivanti da un determinato trattamento comprende quindi il contenuto di acqua virtuale dei prodotti di partenza e la quantità di acqua necessaria per compiere il processo produttivo.

Devono essere specificati in ogni caso quando e dove l'acqua è stata utilizzata perché una water footprint ha una dimensione temporale e spaziale.

Molti prodotti contengono ingredienti di origine agricola o forestale. I raccolti sono utilizzati per alimenti, mangimi, fibre, carburanti, oli, saponi, cosmetici, ecc. Il legno da alberi e arbusti è utilizzato per il legname, carta e benzina. Poiché i settori agricolo e forestale sono i principali settori di consumo di acqua, prodotti che implicano nel loro sistema di produzione attività agricole si trovano spesso ad avere un'impronta significativa di acqua. Per tutti questi prodotti, è importante in particolare esaminare l'impronta di acqua del processo di crescita della coltura o della pianta.

Descriviamo i dettagli per valutare l'impronta delle acque di processo per la crescita delle colture.

3.2.1 Crop Water Use (CWU)

Il volume totale di acqua utilizzato per produrre un raccolto (*crop water use*, m^3/yr) è calcolato come segue:

$$CWU[c] = CWR[c] \cdot \frac{Production[c]}{Yield [c]} \quad (3.4)$$

Dove *CWR* (*crop water requirement*) è il fabbisogno di acqua delle colture, misurata al livello di campo (m^3/ha), *production* il volume totale di produzione delle colture (ton / anno) e *yield* è il rendimento della coltivazione definito come il volume di produzione della coltura *c* per area di unità di produzione (ton / ha).

Il *CWR* è definito come il totale d'acqua necessaria per l'evapotraspirazione di una coltura, dalla semina al raccolto e in un regime climatico specifico. L'assunzione alla base di questo calcolo e del modello *CWR* (*CROPWAT*) è che non vi siano limitazioni idriche dovute a scarsità di pioggia o irrigazione, e che le condizioni di crescita per la pianta siano ottimali. In condizioni standard quando una coltura cresce senza alcuna mancanza d'acqua, l'evapotraspirazione del raccolto è pari al *CWR* di una coltura. Prendendo il fabbisogno di acqua per evapotraspirazione come indicatore di utilizzo effettivo di acqua delle colture, si assume implicitamente che i requisiti d'acqua del raccolto siano pienamente soddisfatti. Questo può portare ad una sopravvalutazione dell' utilizzo effettivo di acqua per le colture. D'altra parte si sottovaluta il fabbisogno d'acqua per la crescita delle colture, se si escludono le perdite d'acqua di irrigazione e di drenaggio, pertanto in prima analisi si può considerare che questi due valori si sommino annullandosi.

Il fabbisogno idrico delle colture è calcolata con l'accumulo di dati per la coltura *c* ed il periodo *d*.

$$CWR[c] = 10 \cdot \sum_{d=1}^{lp} ET_c[c, d] \quad (3.5)$$

Dove,

$CWR[c]$ = requisito di acqua per il raccolto (m^3/ettaro);

$ET_c [c,d]$ = evapotraspirazione giornaliera della coltura per l'intero periodo di crescita (mm/giorno).

Il fattore 10, converte [mm/giorno] in [m^3/ha] e la sommatoria è fatta per la durata del periodo di coltivazione in giorni, (*lp*).

L' evapotraspirazione può essere misurata o calcolata attraverso dei dati primari delle precipitazioni e delle precipitazioni efficaci. In alternativa può essere stimata per mezzo di un modello basato su delle formule empiriche. Il modello classico di riferimento per il calcolo dell' ET_c è il Penman – Monteith secondo il metodo raccomandato dalla FAO (Allen e altri 1998). La misura diretta dell'evapotraspirazione di una pianta è costosa ed insolita. In generale, si stima indirettamente l'evapotraspirazione, attraverso un modello che utilizza come input i dati sul clima, le caratteristiche del suolo e le caratteristiche delle colture.

Ci sono molti diversi modelli alternativi per il calcolo della crescita delle colture. Uno dei modelli utilizzati di frequente è il modello *EPIC* (Williams, 1995). Un altro modello è *CROPWAT* sviluppato dalla *Food and Agriculture Organization* delle Nazioni Unite (FAO, 2009), che si basa sul metodo descritto da Allen (1998). Alternativamente si possono scegliere

Il modello *CROPWAT* calcola:

- il fabbisogno d'acqua delle colture (*crop water requirement*, *CWR*) durante l'intero periodo di crescita in particolari circostanze climatiche;
- la precipitazione efficace nello stesso periodo;
- le esigenze di irrigazione (*irrigation scheduling*).

Qualora siano disponibili dati sulla quantità di acqua di irrigazione e richiesta effettiva di evapotraspirazione basata sui dati primari raccolti sul campo è da preferirsi l'utilizzo di questi valori rilevati direttamente per il calcolo delle *WF* della fase agricola.

La stima delle precipitazioni efficaci possono essere fatte ugualmente secondo il metodo utilizzato dalla *USDA Soil Conservation Approach* (Canals, 2009).

I dati climatici possono essere ottenuti da stazioni climatiche rappresentative oppure da *CLIMWAT* (FAO 1993).

3.2.2 Calcolo della Crop Water Requirement con il modello *CROPWAT*

Il fabbisogno idrico delle colture è l'acqua necessaria per l'evapotraspirazione, in condizioni ideali di crescita, misurato dalla semina al raccolto. Le "condizioni ideali" si verificano quando l'acqua del suolo, grazie alla pioggia o all'irrigazione, non limita la crescita delle piante e la resa delle colture.

L'evapotraspirazione giornaliera delle colture si ottiene moltiplicando l'evapotraspirazione di riferimento per il coefficiente di raccolto (*crop*) K_c :

$$ET_c[c] = K_c[c] \cdot ET_0 \quad (3.6)$$

L'evapotraspirazione di riferimento ET_0 , è il tasso di evapotraspirazione da una superficie di riferimento, non a corto di acqua. Gli unici fattori che influenzano la ET_0 sono parametri climatici. ET_0 esprime il potere di evaporazione nell'atmosfera in una posizione specifica e in un periodo dell'anno e non considera le caratteristiche delle colture e dei fattori del suolo. Per valutare l'evapotraspirazione di riferimento è usato il metodo Penman – Monteith.

K_c invece dipende esclusivamente dalla varietà di raccolto, dal clima e dalla crescita del raccolto. Regioni con climi più aridi e condizioni di maggiore velocità del vento hanno valori più elevati per K_c . Un clima più umido e condizioni di bassa velocità del vento rendono valori più bassi di K_c .

K_c cresce con il crescere della pianta cioè varia nel corso del periodo di crescita. Il periodo di crescita può essere suddiviso in quattro fasi distinte di crescita: iniziale, lo sviluppo delle colture, a metà stagione e fine stagione.

La fase iniziale decorre dalla data di semina a circa il 10% di copertura. La durata del periodo iniziale dipende fortemente dalla coltura, dal periodo di impianto della semina e dal clima. Nel corso del periodo iniziale, la superficie fogliare è piccola, ed è prevalente l'evaporazione di acqua contenuta nel suolo come umidità. Pertanto, il K_c durante il periodo iniziale è grande quando il suolo è bagnato dalla pioggia e dall'irrigazione ed è basso quando la superficie del terreno è asciutta.

La fase di sviluppo delle colture va dal 10% di copertura verde delle piante ad una effettiva copertura totale, che coincide l'inizio della fioritura. Durante la fase di sviluppo delle colture, il valore di K_c aumenta proporzionalmente al tasso di crescita misurato come tasso di copertura del terreno di coltivazione da parte della pianta. In genere, $K_c = 0,5$ corrisponde a circa il 25-40% della superficie di terreno coperta dalla fioritura. $K_c = 0,5$ 0,7 spesso corrisponde a circa il 40-60% di copertura del terreno.

Nella fase intermedia della stagione K_c ha il suo valore massimo e rimane costante.

Nell'ultima fase il K_c torna a diminuire.

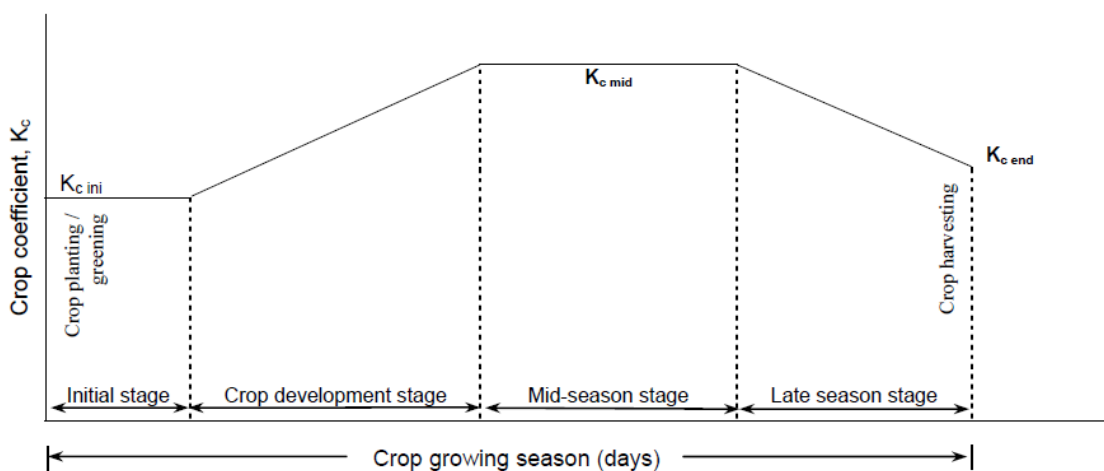


Figura 3.3 - Variazione del coefficiente culturale K_c durante le fasi di crescita della pianta.

I valori di K_c per diverse colture, lungo tutto il periodo di crescita, possono essere presi dalla letteratura (ad esempio Allen, 1998).

In alternativa, si può calcolare K_c come:

$$K_c = K_{cb} + K_e \quad (3.7)$$

- K_{CB} il cosiddetto coefficiente basale
- K_E è il coefficiente legato all'evaporazione del suolo.

K_{CB} il cosiddetto coefficiente basale è definito come il rapporto tra l'evapotraspirazione del raccolto e l'evapotraspirazione di riferimento quando la superficie del suolo è secco, ma l'acqua non è limitante per la traspirazione

$$K_{CB} = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (3.8)$$

Il coefficiente di evaporazione del suolo K_E descrive la componente di evaporazione quando la superficie del suolo è bagnato, a seguito di pioggia o di irrigazione, il K_E è massimo, quando la superficie del terreno è bagnata, il K_E è piccolo o addirittura pari a zero quando tutta l'acqua evapora lasciando a secco il terreno. Tecniche diverse di irrigazione bagnano la superficie del suolo in maniera diversa: l'irrigazione a pioggia, bagna il suolo più dell'irrigazione a goccia, quindi ne risulta un valore maggiore per K_E subito dopo l'irrigazione. Questo si tradurrà in un valore più elevato per K_c e quindi per ET_c .

Il modello CROPWAT, tuttavia, non consente la specificazione di K_{CB} e di K_e separatamente, e richiede specifiche esclusivamente sul K_c risultante.

3.2.3 Calcolo dell'evapotraspirazione con calendario di irrigazione

Nell'opzione è possibile calcolare l'evapotraspirazione della coltura per le condizioni ottimali e non ottimali nel corso della stagione di crescita con l'approccio che calcola ET_a , l'evapotraspirazione delle colture regolata. In questa opzione implementata all'interno del software CROPWAT si calcola il totale giornaliero di acqua ipotizzando che il contenuto di acqua della pianta sia in equilibrio con il contenuto di umidità del suolo. I movimenti dell'acqua nel suolo, la capacità di ritenzione idrica del suolo e la capacità delle piante di utilizzare l'acqua possono essere influenzate da diversi fattori, come la condizione fisica, la fertilità e lo stato biologico del suolo. ET_a è calcolata utilizzando un coefficiente di stress idrico (K_s):

$$ET_a = K_s \cdot ET_c = K_s \cdot K_c \cdot ET_0 \quad (3.9)$$

K_s descrive l'effetto dello stress idrico sulla traspirazione delle colture:

$K_s = 1$ non c'è carenza di acqua;

$K_s < 1$ l'acqua del suolo limita le condizioni di crescita.

L'opzione di irrigazione programmata richiede dati sul clima, sulle colture e sul suolo. Per stimare l'evapotraspirazione di acqua verde (ET_{green}) si seleziona l'opzione che esclude l'approvvigionamento pluviale per il fabbisogno idrico delle colture all'interno del software:

$$ET_{green}(irr = 0) = ET_a(irr = 0) \quad (3.10)$$

$$ET_{blue}(irr = 0) = 0 \quad (3.11)$$

A questo punto si stima l'evapotraspirazione dell'acqua blu, selezionando i tempi e le modalità di irrigazione differenti. Nel software CROPWAT della FAO sono implementate opzioni di default, da utilizzare ad esempio quando mancano i dati completi relativi ai tempi ed ai metodi di irrigazione. Tra le varie opzioni vi sono quelle che consentono di fissare l'irrigazione pari ad un valore preciso rispetto all'esaurimento critico. In alternativa si può scegliere l'opzione di default, *'irrigare ad esaurimento critico'*, dove si assume che l'irrigazione avvenga quando il fabbisogno della pianta raggiunge un valore critico. Vi sono poi opzioni di scelta relative alla metodologia utilizzata per l'irrigazione, che consentono di fissare la quantità di liquido distribuito sul terreno (in mm) per ciascuna applicazione. L'opzione *'ricarica del terreno alla capacità di campo'*, assume invece un'irrigazione ottimale, per cui gli intervalli e la profondità di irrigazione sono tali da evitare qualsiasi stress per la coltura.

La profondità media in mm della domanda di irrigazione è legata al metodo di irrigazione praticato. Generalmente, nel caso di sistemi di irrigazione ad alta frequenza, come micro-irrigazione e perno centrale, si stima che vengano applicati circa 10 mm per ogni bagnatura. Nel caso di irrigazione in superficie o a sprinkler, le profondità di irrigazione sono di circa 40 mm.

Il CWR calcolato con il modello CROPWAT è assimilabile all'impronta idrica consuntiva o evaporativa implicata nella crescita della coltura (CWU_{ev}).

Nel calcolo del water footprint del prodotto agricolo però dobbiamo considerare anche l'utilizzo di acqua non evaporativa ma necessario piuttosto per la diluizione degli inquinanti da scarico (CWU_{nev}).

Quindi è utile distinguere tra:

$$CWU = CWU_{evaporativa} + CWU_{non\ evaporativa} \quad (3.12)$$

dove

$$CWU_{evaporativa} = ET_{blue} + ET_{green} \quad (3.13)$$

con

$$CWU_{non\ evaporativa} = WF_{grey} \quad (3.14)$$

Ricordiamo che stiamo ancora parlando di volumi di acqua spesi per ottenere un particolare tipo di raccolto. I dati ottenuti dal modello CROPWAT sono stimati per una particolare località geografica, per una particolare situazione meteorologica e a seconda del metodo di gestione della coltivazione.

Una volta ottenuti i valori dei quantitativi di acqua utilizzata per la crescita del raccolto, da calcoli effettuati o dall'implementazione del modello più idoneo all'interno del software CROPWAT, si procede al calcolo dell'impronta idrica vera e propria relativa alla fase agricola della produzione del prodotto. Si esprimono tutte le impronte delle acque di processo in questa sezione per unità di prodotto, vale a dire, in termini di volume d'acqua per massa.

Di solito si esprimono le WF nel settore agricolo in m³/ton o litri / kg, che è equivalente al VWC del raccolto.

Di seguito viene riportato lo schema per il calcolo della WF della fase agricola.

3.2.4 Blue water footprint

L'evapotraspirazione d'acqua blu (ET_{blue}), viene assunta pari al valore minimo tra il flusso di irrigazione effettiva ed il flusso d'acqua per il fabbisogno di irrigazione.

$$ET_{blue} = \min(IR, I_{eff}) \quad (3.15)$$

L'irrigazione effettiva è la parte di acqua fornita per irrigazione che è immagazzinata come umidità nel suolo e disponibile per l'evaporazione della pianta. Il requisito di irrigazione (IR) è calcolata come la differenza tra requisito d'acqua del raccolto e la precipitazione efficace. Il requisito di irrigazione è zero se le precipitazioni efficaci sono più grandi del fabbisogno idrico delle colture. Ciò significa

$$IR = \max(0, CWR - P_{eff}) \quad (3.16)$$

Il calcolo effettuato da *CROPWAT* può essere implementato calcolando l'irrigazione richiesta dalla pianta in base alle informazioni sul clima e la coltura derivate dal software *CLIMASTAT* e dalle banche dati per le colture fornite dalla FAO (FAOSTAT).

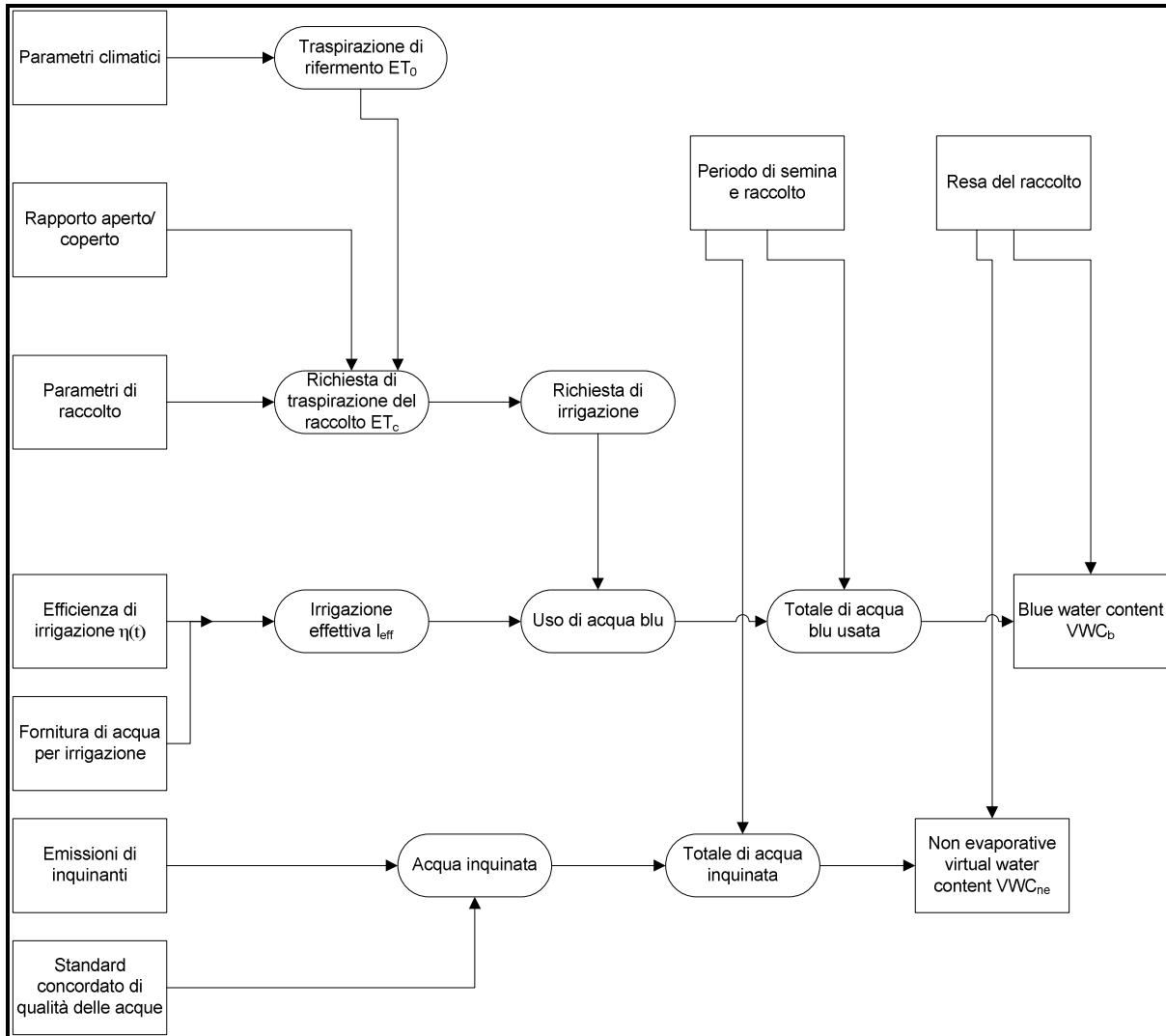


Figura 3.2 - Diagramma per il calcolo della water footprint della fase agricola. (Fonte Chapagain, Orr, 2009).

Ogni periodo di crescita della pianta ha una diversa richiesta di irrigazione ed una diversa irrigazione effettiva.

Le necessità di acqua della pianta variano durante il periodo di crescita ed anche il sistema di programmazione dei cicli di irrigazione varia lungo le stagioni di crescita e sviluppo della coltura. Il valore totale della *blue e green water footprint* viene calcolato sommando le portate d'acqua misurate in mm/ giorno per tutta la durata (in giorni) del periodo di coltivazione.

In figura 3.2 lo schema di calcolo per la valutazione dell'impronta idrica associata alla fase agricola di coltivazione

Le richieste di irrigazione e l'irrigazione effettiva possono essere convertite in unità di m³/ettaro sommando su tutto il periodo di produzione e moltiplicando il risultato che si ottiene per un fattore di conversione 10:

$$CWU_{blue} = 10 \cdot \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{blue} \quad (3.17)$$

La componente *blu* della *water footprint* nel processo di crescita una coltura ($WF_{proc,blue}$, m³/ton) è calcolata come la componente blu dell'acqua in uso per le colture (CWU_{green} , m³/ha) divisa per la resa delle colture (Y , ton / ha).

$$WF_{proc,blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad (3.18)$$

Le rese per le colture annuali possono essere presi come dato dalle statistiche di rendimento.

3.2.5 Green water footprint

La ET_{green} viene calcolata come il minimo tra la precipitazione effettiva di tutto il periodo di crescita della pianta e la CWR calcolata.

$$ET_{green} = \min(CWR, P_{eff}) \quad (3.19)$$

$$CWU_{green} = 10 \cdot \sum_{d=1}^{l_{gp}} ET_{green} \quad (3.20)$$

La precipitazione efficace (P_{eff}) è la parte della quantità totale di precipitazione che viene trattenuta dal suolo in modo che sia potenzialmente disponibile per soddisfare le necessità d'acqua delle colture. Spesso è inferiore alla precipitazione totale, perché non tutte le precipitazioni possono essere effettivamente stanziare per la coltura, ad esempio a causa di ruscellamento o percolazione (Dastane, 1978). Ci sono vari modi per stimare le precipitazioni efficaci basate sul totale di pioggia, come raccomandato dal modello CROPWAT, spesso si assume che nell'arco di un mese avvengano sei eventi di precipitazione ad intervalli di cinque giorni e che la precipitazione sia distribuita uniformemente durante l'intero mese. Il tipo di terreno costituisce il parametro per valutare quale sia effettivamente la quantità di acqua trattenuta nel suolo. Smith raccomanda di effettuare il calcolo dell'evapotraspirazione di acqua

verde per la pianta con il metodo *SCS USDA* (*Stati Uniti Dipartimento dell'Agricoltura, Soil Conservation Service*). Questo è uno dei metodi alternativi che l'utente di *CROPWAT* può scegliere.

La componente *green* della *water footprint* nel processo di crescita una coltura o un albero ($WF_{proc, green}$, m^3/ton) è calcolata come la componente verde dell'acqua in uso dalle colture (CWU_{green} , m^3/ha) divisa per la resa delle colture (Y , ton / ha).

$$WF_{proc,green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad (3.21)$$

Le rese per le colture annuali possono essere presi come dato dalle statistiche di rendimento.

Il volume virtuale di acqua (VWC in m^3/t) per una coltura è dato dal rapporto tra il CWU (*crop water use*) ($m^3/anno$) necessario per la crescita del raccolto e la resa annuale per quella coltura Y ($t/anno$).

$$VWC = \frac{CWU}{Y} \quad (3.22)$$

Si osserva subito che il contenuto virtuale di acqua per il prodotto agricolo non è altro che la somma delle impronte idriche d'acqua blue e verde.

Il contenuto di acqua virtuale può essere definito come la somma di due componenti nel modo seguente:

$$VWC_c = \frac{CWU_{evaporativo}}{Y_c} + \frac{CWU_{non\ evaporativo}}{Y_c} = VWC_{evaporativo} + VWC_{non\ evaporativo} \quad (3.23)$$

dove il contenuto evaporativo di acqua virtuale si calcola come segue

$$VWC_e = \frac{CWU_{evaporativo}}{Y_c} = \frac{CWU_g}{Y_c} + \frac{CWU_b}{Y_c} = VWC_g + VWC_b \quad (3.24)$$

Quando distinguiamo tra *water footprint* e contenuto virtuale di acqua dobbiamo considerare la componente *grey* del *water footprint*.

3.2.6 Grey water footprint

Il componente grigio della *water footprint* per la crescita di un raccolto ($WF_{proc, grey}$, m^3/ton) è calcolato come la domanda del tasso chimico per ettaro (AR , kg / ha) per la frazione di lisciviazione (α) divisa per la differenza tra la massima concentrazione accettabile (C_{max} , kg/ m^3)

e la concentrazione naturale per l'inquinante considerato (C_{nat} kg/ m³) e poi diviso per il rendimento delle colture (Y , ton/ha).

$$WF_{proc, grey} = \frac{(\alpha \cdot AR) / (c_{max} - c_{nat})}{Y} \quad (3.25)$$

Le sostanze inquinanti consistono generalmente di fertilizzanti (azoto, fosforo, ecc), i pesticidi e gli insetticidi. Si deve rappresentare soltanto l'inquinante più critico, che è l'inquinante che dal calcolo sopra riportato produce il maggiore volume di acqua necessario per la diluizione.

La grey WF in agricoltura è inversamente proporzionale alla quantità di precipitazioni. Cioè, maggiore è la precipitazioni più basso è il la richiesta di acqua di diluizione. Questo perché una maggiore piovosità in tutta l'area coltivata contribuisce a diluire il nitrato, fosforo e il potassio derivati dalla concimazione e ridurre quindi l'impatto sulle acque superficiali.

3.3 Metodo di calcolo del WF dei processi di lavorazione dei prodotti agricoli

Il contenuto di acqua virtuale di un prodotto ottenuto dalla trasformazione di una coltura principale comprende parte del contenuto di acqua virtuale della coltura primaria, più l'acqua necessaria nel processo di elaborazione. Il contenuto d'acqua virtuale deve essere allocato a seconda della quantità di prodotto primario che viene utilizzato nel processo di produzione che stiamo considerando. L'acqua necessaria per la trasformazione è calcolata come segue:

$$PWR = \frac{Q_{proc}}{W} \quad (3.26)$$

PWR = il fabbisogno di acqua di trasformazione per tonnellata di una coltura primaria ($crop$) per la produzione di prodotti primari in un paese (m³/ton);

Q_{proc} = è il volume totale di acqua richiesta (m³) per il processo di trasformazione;

W = è il peso totale della coltura primaria trasformata.

La somma del fabbisogno di acqua trasformazione (PWR) e il contenuto di acqua virtuale della coltura primaria (VWC) deve essere attribuita ai prodotti trasformati in modo logico.

Per fare questo introduciamo il termine frazione di prodotto e frazione di valore.

La frazione di prodotto f_p di un prodotto p in uscita che viene elaborato da un prodotto di ingresso i (f_p [p , i], massa / massa) è definita come la quantità di prodotto di uscita (w [p], massa) ottenuto per quantità di prodotto in ingresso (w [i], massa):

$$f_p[p, i] = \frac{w[p]}{w[i]} \quad (3.27)$$

Dove:

w_p [ton] è il peso di prodotto primario ottenuto dalla trasformazione;

w [ton] colture primarie processate.

Generalmente la frazione di prodotto è inferiore ad uno, perché il prodotto è ottenuto solo da una parte del vegetale.

Se ci sono più di due prodotti ottenuti durante l'elaborazione di una coltura primaria, abbiamo bisogno di distribuire il contenuto di acqua virtuale della coltura primaria tra i suoi prodotti in base alle frazioni di valore di prodotto.

La frazione valore di un prodotto p di uscita ($f_v[p]$, unità monetaria / unità monetaria) è definita come il rapporto tra il valore di mercato di questo prodotto per il valore di mercato aggregato di tutti i prodotti in uscita ottenuti dai medesimi prodotti in ingresso:

$$f_v[p] = \frac{\text{price}[p] \cdot w[p]}{\sum_{p=1}^Z (\text{price}[p] \cdot w[p])} \quad (3.28)$$

Dove w è la quantità di prodotti derivati (tonnellate) ed il prezzo è il valore di mercato degli stessi prodotti (\$ o € / ton).

Il denominatore è la sommatoria di tutti i prodotti z in uscita (con p da 1 a Z) che provengono dai medesimi prodotti di input. Con prezzo qui si intende il valore economico di un prodotto, ma naturalmente si può prendere anche il valore economico reale.

Quindi, il contenuto di acqua virtuale (VWC) del prodotto primario in m^3/ton è:

$$VWC_p = (VWC_c + PWR_c) \cdot \frac{f_v}{f_p} \quad (3.29)$$

In modo analogo si può calcolare il contenuto di acqua virtuale per prodotti derivati secondari, terziari, ecc.

Il primo passo è sempre quello di ottenere il contenuto di acqua virtuale del prodotto in ingresso e l'acqua necessaria per la produzione. Il totale di questi due elementi è quindi distribuito tra i vari prodotti in uscita, sulla base della loro frazione di prodotto e della frazione di valore.

3.4 Water footprint complessivo dei prodotti agricoli derivati

E' riconosciuto che l'uso di acqua collegato ad un prodotto non è limitata alla sua fase di produzione. Nel caso di molti prodotti vi è una qualche forma di utilizzo di acqua che interviene nella fase di utilizzo del prodotto. Questa componente del consumo idrico, tuttavia, non fa parte della water footprint di prodotto. L'uso di acqua durante l'uso del prodotto è inclusa nella water footprint del consumatore. Il consumo di acqua legato al riutilizzo, al riciclo o alla fase di smaltimento di un prodotto è incluso nell'impronta d'acqua della società o dell'organizzazione che provvede al servizio ed è incluso nel conteggio della water footprint dei consumatori che beneficiano di tale servizio.

Per stimare l'impronta d'acqua di un prodotto, si avrà a schematizzare il sistema di produzione in un limitato numero di fasi di processo collegate. Inoltre, quando si intende andare al di là di un'analisi molto superficiale basata su di una media globale, si dovrà specificare le misure nel tempo e nello spazio, il che significa che si dovrà tracciare l'origine dell'ingresso del prodotto. L'impronta d'acqua di un prodotto può essere calcolato in due modi alternativi: con l'approccio *chain-summation* o con lo *step-wise accumulative approach*, entrambi danno lo stesso risultato alla fine.

3.4.1 Approccio *chain-summation* per un singolo prodotto

Questo approccio può essere applicato solo nel caso in cui un sistema di produzione abbia un solo prodotto in uscita. In questo caso particolare, i consumi idrici che possono essere associati alle varie fasi di processo del sistema di produzione possono essere completamente attribuite al prodotto che risulta dall'intero processo.

In questo semplice sistema di produzione, l'impronta idrica del prodotto p (volume / massa) è uguale alla somma delle water footprint del processo, divisa per il quantitativo di produzione del prodotto p .

$$WF_{prod}[p] = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{proc}[s]}{P[p]} \quad (3.30)$$

in cui $WF_{proc}[s]$ è l'impronta d'acqua del processo s (volume / tempo) e $P[p]$ la quantità di produzione del prodotto p (massa / tempo)

3.4.2 Approccio cumulativo per più prodotti derivati

In pratica, i sistemi di produzione semplici con un solo prodotto in uscita si trovano raramente. Dunque è stato sviluppato un modo più generico di contabilità, che distribuisce l'acqua utilizzata per tutto il sistema di produzione dei prodotti tra i diversi output del sistema senza incorrere in doppi conteggi.

Questo approccio si usa quando la produzione di un prodotto necessita di altri prodotti primari come input. Allora per calcolare la water footprint di questo prodotto si sommano le water footprint dei prodotti primari e l'impronta dell'acqua di processo utilizzata nella fase di lavorazione. Supponiamo di avere un certo numero di prodotti di input quando si effettua un prodotto in uscita.

In questo caso possiamo ottenere l'impronta di acqua del prodotto in uscita, semplicemente sommando le acque orme dei prodotti di input e aggiungere l'impronta acque di processo. In un altro caso pensiamo di avere un solo prodotto di input ma un certo numero di prodotti in uscita. In questo caso, si ha la necessità di distribuire l'impronta di acqua del prodotto in ingresso tra i diversi prodotti in uscita. Questo può essere fatto in proporzione al valore dei prodotti in uscita. Si potrebbe anche fare proporzionalmente al peso dei prodotti, ma questo sarebbe meno significativo.

La wf di un prodotto p è calcolata come segue:

$$WF_{prod}[p] = \left(WF_{proc}[p] + \sum_{i=1}^y \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \cdot f_v[p] \quad (3.31)$$

$WF_{prod}[p]$ è l'impronta d'acqua (volume / massa) del prodotto p in uscita;

$WF_{prod}[i]$ è l'impronta di acqua dei prodotti in ingresso;

$WF_{proc}[i]$ è l'impronta delle acque di processo della fase di lavorazione che trasforma i prodotti di

input nei prodotti in uscita p , espresso in uso di acqua per unità di prodotto trasformato (volume / massa);

$f_p[p, i]$ è la cosiddetta frazione di prodotto ;

$f_v[p]$ è la frazione di valore.

Si noti che in un caso semplice, dove abbiamo un processo con un prodotto di ingresso ed un unico prodotto in uscita, il calcolo dell'impronta di acqua del prodotto in uscita diventa piuttosto semplice:

$$WF_{prod}[p] = WF_{proc}[p] + \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \quad (3.32)$$

Per calcolare l'impronta di acqua del prodotto finale in un sistema di produzione, il primo passo è sempre quello di ottenere l'impronta idrica dei prodotti di input e l'acqua utilizzata per trasformarli nel prodotto in uscita. Il totale di questi componenti è quindi distribuito tra i vari prodotti in uscita, sulla base della loro frazione di prodotto e della loro frazione di valore.

Al fine di evitare un grande effetto della fluttuazione dei prezzi sul risultato dei calcoli dell'impronta idrica, Hoekstra consiglia di basare la stima delle frazioni di valore su una media di cinque anni del prezzo di mercato.

3.4.3 Grey water footprint di processo

Un'attenzione particolare va riservata alla grey water footprint dato che l'impronta di acque grigie di una fase di processo è un indicatore sul grado di inquinamento di acqua dolce che può essere associato a quella fase. Esso è definito come il volume di acqua dolce che è necessario per assimilare il carico di inquinanti sulla base degli standard di qualità ambientale delle acque. L'impronta d'acqua grigia è calcolata così:

$$WF_{proc, grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} \quad (3.33)$$

L = è il carico inquinante (massa / tempo);

C_{max} = è la concentrazione massima accettabile (massa / volume) o standard ambientale di qualità delle acque di tale inquinante;

C_{nat} = concentrazione nel corpo idrico ricevente (massa / volume).

Quando le sostanze chimiche sono immesse direttamente in un corpo idrico superficiale, il carico può essere misurato direttamente. Quando una sostanza chimica è applicata sul terreno, come nel caso dei rifiuti solidi o per l'uso di fertilizzanti o pesticidi, accade che solo una frazione penetra nelle acque sotterranee o si trasferisce in acque superficiali. In questo caso, il carico inquinante è la frazione della quantità totale di prodotti chimici applicati che raggiunge il suolo o la superficie dell'acqua.

La concentrazione naturale in un corpo idrico ricettore è la concentrazione nel corpo idrico che si riscontrerebbe in assenza di perturbazioni umane nel bacino idrico.

Il carico critico (L_{crit} , in massa / tempo) è il carico di inquinanti che consumano pienamente la capacità di assimilazione del corpo idrico ricettore. Può essere calcolato moltiplicando il deflusso

del corpo idrico (R , in volume / tempo) per la differenza tra la massima concentrazione accettabile e quella naturale:

$$L_{crit} = R \cdot (c_{max} - c_{nat}) \quad (3.34)$$

Nel caso in cui gli inquinanti facciano parte degli effluenti da un corpo idrico, il carico inquinante corrisponde al volume effluente ($Effl$, in volume / tempo) moltiplicato per la differenza tra la concentrazione dell'inquinante negli effluenti (C_{effl} , in massa / volume) e la sua concentrazione naturale nel corpo idrico ricettore (C_{nat} , in massa / volume).

L'impronta delle acque grigie può essere calcolato come segue:

$$WF_{proc, grey} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} = \frac{Effl \cdot (c_{effl} - c_{nat})}{c_{max} - c_{nat}} \quad (3.35)$$

Per sostanze artificiali che naturalmente non si trovano in acqua, $C_{nat} = 0$, in modo che:

$$WF_{proc, grey} = \frac{Effl \cdot c_{effl}}{c_{max}} \quad (3.36)$$

In questo caso $WF_{proc, grey}$ si misura in [m^3 /anno]. Questa equazione può essere utilizzata anche quando le concentrazioni naturali non sono note con precisione, e sono relativamente basse.

3.4.4 Interpretazione della grey water footprint.

- Quando $C_{nat} = C_{effl}$ la *grey water footprint* è pari a zero. Ciò può essere facilmente compreso, perché la concentrazione del corpo idrico ricevente resta invariata.
- Quando $C_{effl} = C_{max}$ l'impronta d'acqua grigia è pari al volume degli effluenti. Ci si può chiedere perché debba essere considerata la *grey water footprint* quando la concentrazione degli effluenti, con $C_{effl} = C_{max}$ rispetta comunque lo standard ambientale di qualità delle acque. La risposta è che anche in questo caso una parte della capacità di assimilare inquinanti è stata consumata: a causa delle acque reflue, la concentrazione della sostanza chimica nel corpo idrico ricevente è passata da C_{nat} a C_{max} .
- Quando $C_{effl} < C_{nat}$ il calcolo dell'impronta acque grigie sarà negativo. Questo può essere compreso perché l'effluente è più pulito delle condizioni naturali dell'acqua.
- Quando $C_{max} = 0$ (il caso di un divieto assoluto), ogni effluente con una concentrazione

maggiore di zero creerà un' impronta infinitamente grande di acque grigie. Questa infinità corrisponde al divieto assoluto.

- Il caso di $C_{max} = C_{nat}$ creerebbe ugualmente un' impronta delle acque grigie infinitamente grande ma questo caso non si verifica perché impostare lo standard pari alla concentrazione naturale non ha senso e di norma non viene fatto.

Per l'inquinamento termico, è possibile applicare un approccio simile a quello per l'inquinamento da sostanze chimiche. La grey water footprint viene calcolata in questo caso come differenza tra la temperatura del flusso reflu e la temperatura del corpo idrico ricettore moltiplicata per il volume degli effluenti (volume / tempo) e divisa per l'aumento massimo della temperatura accettabile.

$$WF_{proc, grey} = \frac{Effl \cdot \Delta T_{effl}}{\Delta T_{max}} = \frac{Effl \cdot (T_{effl} - T_{nat})}{T_{max} - T_{nat}} \quad (3.37)$$

L'aumento massimo della temperatura accettabile dipende dal tipo di acqua e condizioni locali.

La temperatura massima assoluta per un effluente liquido che si immetta in un sistema idrico è di 35 °C, ma vi è anche un salto termico misurabile in relazione al sistema idrico in cui immettiamo l'acqua. Il salto termico che si verifica nel sistema ricevente, a seguito dell'immissione dell'acqua, deve essere inferiore ad 1°C nel raggio di 1000 metri dal punto di emissione degli effluenti nel corpo idrico principale sia esso un corso d'acqua superficiale o una rete fognaria. Secondo le norme europee 2006 si deve fare riferimento ad un salto termico massimo ammissibile per le acque di scarico di 3 °C.

Quando la *grey WF* calcolata è minore della portata del fiume esistente o del flusso di acque sotterranee, allora c'è ancora acqua sufficiente per diluire gli inquinanti ad una concentrazione al di sotto della norma. Quando l'impronta calcolata acque grigie è proprio uguale al flusso d'acqua ambientale, la concentrazione risultante sarà esattamente lo standard.

Una impronta acque grigie maggiore di zero, non implica automaticamente che gli standard di qualità ambientale delle acque siano stati violati, ma mostra solo la parte della capacità di assorbimento che è stata già consumata.

Quando l'effluente contiene un carico molto elevato di sostanze chimiche, può accadere che il calcolo dell'impronta acque grigie superi il flusso del fiume o il flusso di acque sotterranee. In questo caso, l'inquinamento va oltre la capacità di assimilazione del corpo idrico ricevente. Il fatto che l'impronta delle acque grigie possa essere più grande del flusso d'acqua esistente

dimostra che l'impronta acque grigie non mostra il volume d'acqua inquinato (perché non sarebbe in grado di inquinare un volume superiore a quello esistente).

L'impronta ecologica di acqua grigia è un indicatore della gravità di inquinamento delle acque, espresso in termini di volume d'acqua dolce necessaria per assimilare il carico di inquinanti.

Quando un flusso di rifiuti interessa più di una forma di inquinamento, come è generalmente, l'impronta di acque grigie è determinata dalla componente inquinante che è più critica, ossia quella che è associata alla massima sostanza inquinante.

Le norme ambientali sulla qualità delle acque sono una categoria specifica di norme di qualità delle acque. Altri tipi di standard sono, per esempio gli standard di qualità per l'acqua potabile, standard di qualità di irrigazione e standard di emissione (o effluenti).

Nei casi studio analizzati e nell'analisi svolta in questo lavoro il limite di legge viene assunto pari alla concentrazione naturale e quindi funge da riferimento per la determinazione della grey water footprint.

Nei casi studio analizzati i riferimenti di legge sono la Direttiva Nitrati dell'Unione Europea 91/676/CEE, che forniscono i limiti di legge con cui effettuare il calcolo dell'acqua di diluizione e gli standard ambientali americani dell'Environmental Protection Agency (91/676/CEE; US EPA). Prima di ogni studio è importante precisare quale tipo di concentrazione naturale del corpo idrico ricevente viene assunta e quale tipo di limite di legge per lo scarico viene considerato.

Inoltre per una particolare sostanza, la norma di qualità ambientale delle acque può variare da un corpo idrico ad un altro ma anche la concentrazione naturale può variare da luogo a luogo.

Ad esempio nel decreto legislativo 152, con cui l'Italia recepisce la normativa europea in materia di acqua, i parametri di legge per la concentrazione massima ammissibile negli effluenti liquidi, variano in funzione della destinazione degli stessi, sia essa la rete fognaria o lo scarico in acque superficiali (D.Lgs.152, 1999).

Un'ulteriore distinzione viene effettuata a seconda del tipo di effluente, sia esso proveniente dall'ambito industriale o civile. In ogni caso, qualunque siano le premesse, l'effetto di un certo carico inquinante, viene valutato nelle WF_{grey} a seconda della differenza tra la massima concentrazione consentita per legge e la concentrazione naturale della sostanza nel corpo idrico ricevente.

Capitolo 4

Modelli per la valutazione degli impatti

Le compagnie iniziarono negli anni 80 e 90 a valutare la disponibilità di acqua nella zona in cui operavano. Inizialmente la valutazione veniva fatta basandosi esclusivamente sul dato volumetrico.

Il solo dato volumetrico di acqua utilizzata non è ovviamente sufficiente per valutare gli impatti legati all'ambiente e al contesto sociale poiché non tiene conto di dove viene effettuato il prelievo.

L' impatto dell'uso di acqua si misura infatti in relazione alla ridotta disponibilità di acqua che ne consegue per gli altri individui.

Gli impatti possono essere anche positivi (ad es. ricarica degli acquiferi) ma solitamente sono impatti negativi. Proprio la comprensione di quali ripercussioni negative abbia il consumo di acqua permette di valutare gli impatti sul territorio in cui si opera e confrontarsi con le altre compagnie e comprendere come questi impatti siano allocati lungo la catena di produzione.

4.1 Terminologia e definizioni

Prima di entrare nel merito dei metodi utilizzati per la valutazione degli impatti è meglio dare alcune definizioni. Sulla base della terminologia proposta (Owens, 2001) e accettata da tutta la comunità scientifica LCA e WF (UNEP/SETAC Life Cycle Initiative), si definisce l'uso d'acqua dolce come degradativo quando lo scarico avviene nello stesso sistema del prelievo ma dove la qualità delle acque è stata alterata (UNEP/SETAC Life Cycle Initiative), mentre un uso consuntivo d'acqua dolce avviene quando il rilascio non si verifica nello stesso bacino a causa di evaporazione, integrazione nei prodotti, o scarico in bacini diversi o nel mare (Tabella 4.1).

In generale, l'uso consuntivo in-stream (ad esempio, evaporazione da dighe o da bacini di raccolta) può essere considerato rilevante quando la conseguente riduzione della disponibilità d'acqua dolce provoca un privazione di acqua dolce per gli utilizzatori a valle.

La competizione per le risorse d'acqua dolce si presenta quando la disponibilità di acqua dolce è troppo bassa per soddisfare i requisiti di tutti gli utenti di acqua dolce. In tali casi, la ripartizione delle risorse di acqua dolce disponibile, tra i diversi utenti, diventa problematica. La soglia che caratterizza la concorrenza è raggiunta quando i ritiri umani rappresentano oltre il 10% del totale delle risorse di acqua dolce rinnovabili disponibili (OCSE, 2004).

La deplezione di acqua dolce è definita come la riduzione netta nella disponibilità di acqua dolce in un bacino per un determinato periodo di tempo. Esso include le falde acquifere fossili ed il flusso di un fiume sfruttati oltre il loro tasso di rinnovabilità. Ciò potrebbe essere espresso come percentuale di riduzione di un flusso misurata in un tempo stabilito oppure come il tasso di riduzione calcolato in un tempo infinito per una risorsa fossile.

Tabella 4.1 – *Terminologia chiave e definizioni collegate all'uso di acqua. Fonte (Bayart, 2010)*

<i>Terminologia</i>	<i>Definizione</i>
Utilizzo di acqua fresca	Termine generico che raggruppa tutti gli utilizzi umani della risorsa di acqua fresca
Utilizzo di acqua fresca in-stream	Utilizzo di acqua in situ (ad es. trasporto fluviale)
Utilizzo di acqua fresca off-stream	Uso che richiede il prelievo umano da un corpo idrico naturale o da un acquifero sotterraneo (ad es. prelievo di acqua per municipalità, agricoltura o usi industriali)
Uso degradativo di acqua fresca	Prelievo di acqua e scarico nello stesso sistema del prelievo dopo che la qualità delle acque è stata alterata
Uso consuntivo di acqua fresca	il rilascio non si verifica nello stesso bacino a causa di evaporazione, integrazione nei prodotti, o scarico in bacini diversi o nel mare
Competizione per risorse di acqua fresca	Disponibilità di acqua fresca temporaneamente ridotta per gli attuali utilizzatori
Scarsità di acqua fresca	Riduzione netta nella disponibilità/quantità di acqua fresca in un bacino o un deposito fossile sotterraneo. La scarsità avviene quando l'uso consuntivo di acqua supera il tasso di ricarica per un periodo di tempo significativo

La competizione per le risorse d'acqua dolce e l'esaurimento di acqua dolce sono fortemente interconnessi. La deplezione di acqua dolce riduce anche la disponibilità di acqua dolce per gli attuali utilizzatori, generando concorrenza per le risorse d'acqua dolce. Pertanto, entrambi questi fenomeni possono apparire allo stesso tempo.

Inoltre, l'esaurimento di acqua dolce riduce la disponibilità delle risorse per le generazioni future, per i quali l'intensità della concorrenza per le acque dolci potrebbe aumentare.

La disponibilità d'acqua potrebbe anche avere una significativa variabilità temporale. Le statistiche di stress idrico sono pubblicate su base annua, ma le variazioni tra le stagioni, a volte possono essere significative. Ciò potrebbe comportare lo sviluppo di due serie di fattori caratterizzazione, una per il stagione secca e uno per la stagione delle piogge, per esempio.

Gli impatti legati al consumo idrico variano a seconda della zona in cui ci si trova ad operare la quale può avere maggiore o minore disponibilità di risorse idriche. Un'azienda (1) che consuma 80 m³ al giorno di acqua in una zona con abbondanti risorse idriche può avere impatto minore rispetto ad un'azienda (2) che consuma 10 m³ al giorno in una regione con scarsità idrica. L'azienda (1) seppur consumando più acqua può impattare meno sulla disponibilità idrica per le altre attività umane o per le funzioni naturali dell'ecosistema in cui si trova perché rispetto all'azienda (2) opera in una regione con abbondanza idrica.

In tabella 4.2 vengono distinti gli usi consuntivi e degradativi in stream ed off-stream.

Tabella 4.2 – Terminologia chiave e definizioni collegate all'uso di acqua (Bayart, 2010)

	<i>Utilizzo di acqua fresca</i>	
	<i>In-stream</i>	<i>Off-stream</i>
Uso consuntivo (scarsità: uso > tasso di rinnovo)	Perdita evaporativa dai canali e dalle riserve di acqua usate per ad es. rispettivamente per trasporto fluviale e generazione di energia idroelettrica.	Evaporazione di acqua di irrigazione nella produzione agricola. Integrazione nei prodotti alimentari. Energia idroelettrica (perdita dissipativa).
Uso degradativo	Acqua di raffreddamento ad es. di un impianto di produzione di energia causato dall'inquinamento termico del calore rilasciato nel sistema idrico	Prelievo i acqua per usi domestici o industriali e rilascio dell'acqua dagli impianti di trattamento degli effluenti: generalmente la qualità dell'acqua risulta degradata, ad es. aumento del BOD.

Una valutazione corretta degli impatti consente alle aziende di assegnare priorità pratiche di gestione, adattando le strategie di mitigazione per affrontare le conseguenze più negative. La valutazione degli impatti di un impianto o di un singolo prodotto o servizio è quindi indispensabile per una compagnia al fine di valutare i rischi legati al proprio consumo idrico.

Il processo per quantificare gli impatti è relativamente complesso. Questa considerazione nasce dal fatto che una corretta valutazione degli impatti legate al consumo delle risorse idriche deve considerare una grande quantità di aspetti che possono influenzare il contesto idrico locale. Oltre a ciò alcuni tipi di impatti, in particolare quelli legati agli aspetti sociali, sono difficili da quantificare.

Alla luce di queste considerazioni la valutazione degli impatti legati alla risorsa idrica è il risultato di tre operazioni. Per prima cosa bisogna misurare i quantitativi di acqua consumata, poi determinare il contesto locale per quanto riguarda la scarsità o l'abbondanza di acqua. Infine bisogna sovrapporre le misurazioni del consumo idrico allo scenario della disponibilità d'acqua dolce nella regione in esame.

Per misurare il consumo sarebbe sufficiente analizzare le entrate e le uscite d'acqua dagli impianti.

Al contrario per valutare lo stato locale di scarsità idrica non basta quantificare le risorse disponibili nel bacino idrografico, ma collegare tutti i quantitativi calcolati alla qualità delle risorse disponibili e l'accessibilità a queste risorse. Il concetto di scarsità idrica sociale ed economica è legato al fatto che in una regione in cui la risorsa idrica abbonda, la scarsa potabilità dell'acqua e la carenza delle infrastrutture idrauliche rendono in ogni caso scarsa disponibilità d'acqua.

In molte regioni dell'Africa nonostante siano ricche di fiumi, laghi e acquiferi, la gente fatica a reperire acqua pulita sia per il fatto che i pochi impianti industriali compromettono la qualità dell'acqua (non essendoci controlli) sia per il fatto che non ci sono fondi sufficienti per costruire pozzi ed acquedotti per abbeverare le zone più distanti dai corsi d'acqua. Alcuni dei criteri da considerare per valutare il contesto locale di scarsità idrica sono:

- il quantitativo totale di acqua fisicamente disponibile nel bacino idrografico;
- la presenza delle infrastrutture per il prelievo dell'acqua;
- la quantità d'acqua del bacino che viene già utilizzata dall'uomo;
- la qualità dell'acqua disponibile.

Un metodo universalmente condiviso per poter considerare tutti questi aspetti nella valutazione degli impatti legati al consumo della risorsa idrica tuttora non esiste. Nelle diverse metodologie analizzate questi aspetti o non vengono considerati o vengono considerati solo in parte o possono essere considerate facoltativamente. In questo modo il quadro degli impatti che deriva dai diversi

studi non può essere completamente condiviso e non può essere confrontato con altri studi e situazioni.

Quanto detto è confermato dai casi studio che sono stati fatti finora sui prodotti e per i quali la valutazione degli impatti è stata mutuata dall'approccio LCIA.

Diciamo che la metodologia WF esaurisce il proprio compito con la contabilizzazione dei volumi associati alla produzione di un certo prodotto. L'utilizzo dei dati forniti dal WF è funzionale a quelli che sono gli obiettivi che hanno spinto ad intraprendere un'analisi Water Footprint.

Pertanto, come osservabile dai casi studio analizzati, i risultati del WF sono interpretabili in maniera diversa a seconda del tipo di analisi. Qualora si volesse identificare uno schema univoco uniforme ed universale di caratterizzazione degli impatti associati all'utilizzo di acqua e quindi alle WF si dovrebbe ricorrere all'approccio LCIA.

A questo proposito negli ultimi anni in particolare a partire dal 2008, in tutta Europa la ricerca degli esperti di LCA si è concentrata sul miglioramento della tecnica attuale di valutazione degli impatti idrici. Gli impatti locali si possono verificare a causa di sfruttamento o di inquinamento delle acque superficiali o sotterranee o a causa di una riallocazione del flusso evaporativo di acqua verde dalla vegetazione naturale alla vegetazione produttiva a spese della biodiversità.

Impatti ambientali a livello di bacino idrografico possono verificarsi quando si sommano diversi prelievi di acqua e diverse immissioni di inquinanti che ne peggiorano la qualità e causano un impatto sugli ecosistemi acquatici a valle o sugli ecosistemi terrestri adiacenti al bacino della risorsa idrica.

Vi è una difficoltà a relazionare le WF con i danni sociali e ambientali potenziali. Riguardo a quest'ultimi, vi è una generale mancanza di metodologie di valutazione d'impatto per l'utilizzo di acqua come nel campo della valutazione del ciclo di vita. La situazione è aggravata dalla difficoltà di individuare le ubicazioni specifiche in cui l'acqua è utilizzata nel sistema prodotto, a causa della natura variabile nella catena di approvvigionamento delle materie prime di origine agricola. L'identificazione delle ubicazioni specifiche in cui avviene l'appropriazione dell'acqua nei cicli di vita dei prodotti agroalimentari è importante, perché la scarsità d'acqua è prevalentemente un problema locale e regionale. Di conseguenza, vi è la necessità di un ulteriore sviluppo del concetto di water footprint che lo rendano utile a livello di marchio di prodotto per applicazioni che prevedono dichiarazioni ambientali di prodotto e segnalazioni di sostenibilità aziendale.

4.2 Indicatori di scarsità idrica

Attualmente i metodi utilizzati dagli esperti del settore idrico per valutare lo stato della risorsa e pesare gli impatti che i volumi di acqua dolce utilizzati nelle attività possono avere sulla disponibilità di acqua per una certa regione, utilizzano degli indicatori di scarsità idrica. Di seguito vengono presentati gli indicatori attualmente utilizzati dalla comunità scientifica nel dibattito ambientale in materia di consumi ed utilizzo di acqua dolce.

4.2.1 Water Use Per Capita (WUPC)

Il più comune indicatore di scarsità d'acqua è il rapporto tra il ritiro annuale di acqua in una determinata area ed il deflusso totale annuo in quella zona, chiamato in vari modi: livello di utilizzazione delle acque (Falkenmark, 1989), il rapporto di ritiro su disponibilità (Alcamo e Henrichs, 2002) o ancora rapporto uso-risorsa (Raskin, 1996).

Falkenmark (1986) ha proposto un indicatore basato sulla disponibilità di risorse idriche (WR) pro-capite ($WRPC = WR/\text{popolazione}$) con valori definiti per lo stress idrico – meno di 1667 (di solito arrotondato a 1700) m^3 pro-capite, scarsità idrica- meno di 1000 m^3 pro-capite e scarsità idrica assoluta meno di 500 m^3 pro capite annui. Fino ad ora questo indice è stato utilizzato come indicatore classico di scarsità idrica, ma non considera la capacità di adattarsi alla scarsità idrica con mezzi quali l'importazione di VW e non considera le differenze tra diversi utilizzi (Raskin, 1997).

Il vantaggio di questo indicatore è quello di essere facilmente stimabile a partire da dati dei consumi idrici nazionali ma ci sono tre critiche che vengono mosse a questo approccio.

In primo luogo, il prelievo d'acqua non è il migliore indicatore dell' utilizzo di acqua quando si è interessati agli effetti del ritiro sulla scala complessiva del bacino, perché i ritiri di acqua in parte ritornano al bacino.

In secondo luogo, il deflusso totale non è il migliore indicatore della disponibilità di acqua, perché si ignora il fatto che parte del deflusso deve essere mantenuto per l'ambiente (Smakhtin, 2004). Infine, non è esatto considerare la scarsità di acqua, confrontando i valori annuali di utilizzo e disponibilità di acqua. In realtà, la scarsità d'acqua si manifesta piuttosto su scala mensile che annuale, a causa delle variazioni intra-annuale sia di uso che di disponibilità dell'acqua.

WRPC è utile quando viene applicato agli usi (per bere e per usi sanitari) umani diretti (domestici), ma qui risiede il problema principale: la maggior parte dell'acqua viene utilizzata in

agricoltura e nell'industria. Questo indicatore tuttavia è stato usato nella pratica LCA da Anton e altri (2005).

4.2.2 Water Use Per Resources (WUPR)

Un indice più utile per determinare la sostenibilità ambientale della fornitura idrica e lo stress idrico è il rapporto tra l'utilizzo di acqua e la risorsa disponibile ($WUPR = WU/WR$) l'indicatore sviluppato da Raskin e altri (1997). Questo indice compara la percentuale di acqua disponibile prelevata dalle risorse naturali. Questo indice non valuta la qualità dell'acqua, ma mette in risalto la quantità di acqua che rimane disponibile per usi in-stream o per altri sviluppi e/o per l'ecosistema, un aspetto che non veniva considerato dall'indicatore standard WRPC. Pertanto l'indicatore WUPR è un buon fattore di caratterizzazione per potenziali impatti sull'ecosistema acquatico. Un alto valore di WUPR indica stress idrici tanto più seri quanto maggiore è la quantità di acqua utilizzata. Inoltre a causa della variabilità climatica, maggiore è il tasso di sfruttamento idrico, maggiore saranno le ripercussioni sulle scorte idriche per gli anni di siccità. Il rapporto WUPR indica gli effetti collaterali dell'utilizzo di acqua. L'impatto associato alla fornitura di una ulteriore unità di acqua cresce in proporzione alla quantità di risorse già utilizzate. Questo è vero sia da una prospettiva di ecosistema sia da un punto di vista basato sulla disponibilità delle risorse. I dati per questo indicatore sono già disponibili ad un livello nazionale. Dati a livello di bacino fluviale potrebbero essere più rilevanti da una prospettiva di impatto sull'ecosistema (FEI, *Freshwater Ecosystem Impact*) e gli esperti LCA sono incoraggiati a trovare e usare un livello appropriato di precisione per il sistema di valutazione. L'indicatore WUPR potrebbe essere usato direttamente come fattore di caratterizzazione: moltiplicando i volumi per la percentuale di acqua utilizzata viene pesata maggiormente l'acqua utilizzata in paesi e regioni dove c'è una maggior rapporto tra gli usi e la disponibilità della risorsa.

Gli indici d'impatto dell'impronta idrica sono utili solo come indicatori grezzi di impatto ambientale a livello di bacino idrografico, infatti gli indici aggregati non contengono più le informazioni spaziali o temporali.

Come base per la formulazione di misure di risposta adeguate, è più utile identificare i 'punti caldi' cioè gli hotspots piuttosto che calcolare gli indici aggregati sull'impatto dell'impronta idrica.

Si noti anche che gli indici di impatto hanno lo scopo di misurare l'impatto ambientale a livello di bacino idrografico; per valutare l'assegnazione sostenibile delle risorse idriche, gli indici che riflettono gli impatti locali non sono utili.

A questo scopo sarà meglio usare il conteggio volumetrico dell'impronta idrica, perché la ripartizione delle risorse si basa sulla scarsità idrica, non sugli effetti locali di questa ripartizione.

4.3 Water Footprint Impact Assessment

La metodologia proposta per la valutazione degli impatti associati alle impronte idriche presentata di seguito è fornita da Chapagain e Hoekstra, (*Manual of Water Footprint*, 2009).

La questione della valutazione degli impatti tuttavia è molto complessa e la teoria presentata è utile come riferimento per gli sviluppi futuri piuttosto che come metodo pratico e concreto per la quantificazione degli impatti.

La valutazione degli impatti ambientali secondo il metodo proposto da Chapagain e Hoekstra, è effettuata dal punto di vista dell'ambiente, in particolare dal punto di vista del bacino idrico in cui si verificano le impronte idriche associate alla produzione.

Innanzitutto quindi bisogna individuare il bacino in cui si verificano le impronte, ad esempio un acquifero fossile, una sorgente, un fiume.

In questo caso si considerano gli impatti all'interno del bacino mentre gli impatti a valle del bacino sono fuori dal campo di applicazione. Quando un prodotto, un consumatore o un produttore ha una qualche impronta d'acqua in un bacino specifico, l'impatto di tale impronta d'acqua dipenderà sempre dall'impronta d'acqua aggregata di tutte le attività in tale utenza, rispetto alle risorse idriche effettivamente disponibili e alla capacità di assimilazione.

A livello di bacino idrografico, le WF forniscono informazioni su come le risorse idriche vengono attribuite ai diversi scopi. I dati volumetrici sono informazioni essenziali nella discussione sull'assegnazione della risorsa, ma non forniscono informazioni su problemi immediati di carenza d'acqua o inquinamento all'interno del bacino. Per questo è necessario inserire l'impronta d'acqua di un prodotto specifico, consumatore o produttore nel contesto della scarsità d'acqua nel bacino in cui si verifica l'impronta.

4.3.1 Valutazione dell'impatto della green e blue WF

Per valutare correttamente gli impatti dei consumi idrici e delle WF è necessario disporre di alcuni indicatori o fattori in grado di pesare i volumi di acqua che si ottengono dalla fase di inventario a seconda del luogo in cui essi avvengono ed a seconda della disponibilità idrica presente in quell'area.

Gli indicatori di scarsità idrica permettono cioè di ottenere una caratterizzazione delle impronte idriche e dei dati di inventario passando da un approccio qualitativo nella valutazione degli impatti ad uno quantitativo.

Gli indicatori di scarsità d'acqua si basano sempre su due aspetti fondamentali:

- (1) una misura del consumo di acqua
- (2) una misura della disponibilità di acqua o del livello di inquinamento.

La WF_{green} ha un impatto nel bacino quando la ripartizione tra il flusso di acqua verde che evapora dalla vegetazione naturale e quella produttiva avviene a scapito della biodiversità.

Per essere più precisi: la scarsità d'acqua verde in un bacino x e nel periodo di riferimento t , solitamente un mese, è definita secondo la formula (4.1) dal rapporto tra la WF totale nel bacino e la disponibilità di acqua verde (*water availability*, WA).

$$WS_{blue;green}[x, t] = \frac{WF_{blue;green}[x, t]}{WA_{blue;green}[x, t]} \quad (4.1)$$

La disponibilità di green water (WA_{green}) per il bacino considerato (x) ed il periodo preso in considerazione (t) è pari all'evapotraspirazione totale delle acque piovane provenienti dalla terra ($ET_{green}[x, t]$), meno l'evapotraspirazione della terra riservata alla vegetazione naturale ($ET_{env}[x, t]$), meno l'evapotraspirazione sui terreni che non possono essere resi produttivi ($ET_{unprod}[x, t]$).

$$WA_{green}[x, t] = ET_{green}[x, t] - ET_{env}[x, t] - ET_{unprod}[x, t] \quad (4.2)$$

Tutte le variabili sono espresse in termini di [volume / tempo] e la misura può essere fatta su base giornaliera, ma già una cadenza mensile è generalmente sufficiente per vedere la variazione di evapotraspirazione e quindi di WA_{green} entro l'anno.

ET_{env} si riferisce alla quantità di acqua verde necessaria a sostenere gli ecosistemi terrestri e la biodiversità e il sostentamento umano che dipende da questi ecosistemi.

ET_{unprod} si riferisce all'evapotraspirazione che non può essere resa produttiva per la produzione agricola, cioè l'evapotraspirazione in zone o periodi dell'anno che non sono adatti per la crescita delle colture.

La disponibilità di acqua blu (WA_{blue}) è quindi definita come:

$$WA_{blue}[x, t] = R[x, t] - EFR[x, t] \quad (4.3)$$

Il deflusso nei bacini idrografici (*runoff*, R) meno i requisiti di flusso ambientali (*environmental flow requirement*, EFR) è ciò che è disponibile per uso umano.

Il concetto di *runoff* non è sviluppato adeguatamente nella trattazione effettuata da Chapagain e Hoekstra. In generale *runoff* non è la portata di un fiume o di un bacino ma la portata di ricarica di un qualsiasi sistema idrico e in altre trattazioni viene indicata come Rigeneration Rate (R.R.). Il termine *runoff* è stato coniato soprattutto per la fase agricola dove la differenza tra la quantità di acqua di irrigazione e l'acqua effettivamente assorbita dalle piante per la crescita del raccolto prende il nome di *runoff* appunto. Nella fase industriale può esservi ugualmente *runoff* ma solitamente le acque di processo vengono direttamente convogliate nel flusso idrico principale dopo adeguato trattamento. Pertanto in questo caso la definizione di *runoff* può dare adito a confusione e dovrebbe esserne data una definizione precisa.

Vi è sufficiente letteratura per affermare che la determinazione dell'EFR in una zona ben precisa di prelievo, è un lavoro molto lungo e complesso.

Per questo per il momento, Chapagain ed Hoekstra propongono come metodo una semplice regola generica per definire i requisiti ambientali di flusso. L'EFR è pari alla media del flusso mensile per un flusso di acqua superficiale .

Il '*Water Footprint Impact Index*' (WFII) è un indice aggregato che pesa e misura l'impatto ambientale di tutte le WF di un bacino x nel periodo di riferimento t . Essa si basa su due dati in ingresso:

- (1) la somma delle WF di prodotti, attività e consumatori;
- (2) la WS mensile del bacino idrografico.

L'indice si ottiene moltiplicando le due matrici e quindi sommando gli elementi della matrice risultante (4.4).

$$WFII_{blue;green} = \sum_x \sum_t (WF_{blue;green}[a, t] \cdot WS_{blue;green}[x, t]) \quad (4.4)$$

Il risultato può essere interpretato come un ingombro di acqua pesato secondo la scarsità di acqua verde nei luoghi e nei periodi in cui si verificano le WF.

4.3.2 Valutazione dell'impatto della grey WF

Il terzo passaggio della valutazione ambientale delle WF proposto dagli sviluppatori del metodo del Water Footprint (WFN), è la valutazione della WF_{grey} , che viene misurata come la capacità di

assimilazione di eventuali sostanze inquinanti che è stata consumata a seguito del verificarsi di una certa WF_{grey} (Chapagain, 2006; Chapagain e Orr, 2009).

L'effetto dell'impronta totale delle acque grigie in un bacino dipende dalla capacità di assimilare i rifiuti, che si calcola come *Water Pollution Level* (WPL) in (4.5), come la capacità di assimilazione consumata, cioè prendendo il rapporto tra la WF_{grey} ed il deflusso totale del bacino (R).

$$WPL[x, t] = \frac{WF_{grey}[x, t]}{R[x, t]} \quad (4.5)$$

Sia la WF_{grey} che il deflusso variano entro l'anno, in modo che pure il livello di inquinamento delle acque fluttuerà nel corso dell'anno. Nella maggior parte dei casi, il calcolo sul mese è sufficiente per rappresentare la variazione nel tempo.

Alla stessa maniera del $WFII_{blue}$ e del $WFII_{green}$ viene definito il “*Water Footprint Impact Index grey*” come il prodotto tra la WF_{grey} ed il *Water Pollution Level*.

$$WFII_{grey} = \sum_x \sum_t (WF_{grey}[a, t] \cdot WPL[x, t]) \quad (4.6)$$

I tre indici di impatto idrico si riferiscono a diversi tipi di uso dell'acqua che non sono paragonabili. Al fine di avere un indice di impatto globale delle impronte idriche si potrebbe semplicemente sommare i tre indici. Ma dal momento che la scarsità d'acqua verde è generalmente inferiore alla scarsità d'acqua blu, le impronte di acqua verde conteranno meno delle orme di acqua blu.

4.4 Modelli LCIA (Life Cycle Impact Assessment) - (ISO 14042)

La metodologia del WF come già detto è nata per sopperire alle mancanze della metodologia LCA per la quantificazione degli impatti causati sulla risorsa idrica non tanto in termini di qualità quanto piuttosto in termini di sfruttamento sostenibile delle risorse idriche. La valutazione degli impatti idrici all'interno della comunità LCA è oggetto di un proficuo dibattito che cerca di includere la valutazione della risorsa idrica dal punto di vista della quantità di acqua dolce consumata e degli impatti che questi prelievi possono avere, identificando le sfere e le aree di impatto (*Area of Protection*). Gli studiosi maggiormente attivi in questa ricerca sono Koheler, Pfister, Milà i Canals e Bayart. Di seguito si introdurranno i risultati emersi finora dal dibattito scientifico precisando che esso è ancora aperto nel tentativo di definire una metodologia

compiuta per la valutazione dell'acqua all'interno del LCIA. Attualmente una metodologia di questo tipo non è ancora disponibile o se lo è non è validata e spesso inapplicabile per i motivi illustrati in seguito.

Chapagain e Hoekstra, (2004) hanno proposto il water footprint che conteggia l'intero volume di acqua utilizzato nel ciclo vita del prodotto, tenendo conto della posizione geografica del prelievo (tipo di sorgente, paese). Dal punto di vista dell'LCA il risultato che si ottiene da un'analisi di WF è il risultato che si ottiene dalla fase LCI: la quantificazione dei flussi elementari di acqua fresca che attraversano i confini di sistema passando dall'ecosfera alla tecnosfera.

Le metodologie attuali di LCA non consentono schemi o fattori di caratterizzazione in grado di considerare gli impatti potenziali collegati all'uso dell'acqua fresca o collegati all'esaurimento delle risorse di acqua fresca. Attualmente l'LCA è in grado di valutare solo impatti locali sulla qualità delle acque dolci con categorie di impatto quali (eutrofizzazione, acidificazione, ecc.).

Solo recentemente si è iniziato a valutare l'impatto dell'utilizzo dell'acqua e delle sue conseguenze attraverso approcci differenti, basati sui modelli già esistenti per il calcolo degli impatti del ciclo vita.

Life cycle assessment (LCA) è uno strumento di gestione ambientale ampiamente accettato e applicato per misurare i vari interventi ambientali causati dai prodotti *from cradle to grave*. Quando si valuta la performance ambientale di un prodotto attraverso LCA, l'attenzione è di solito rivolta all'energia consumata durante il periodo di vita del prodotto o sulle emissioni di gas serra e sulle sostanze tossiche. Al contrario, l'utilizzo di acqua fresca lungo il ciclo vita è spesso trascurato. Questo fatto può essere spiegato dalla storia dell'LCA, che è stato sviluppato nei paesi industrializzati che di solito non soffrono di scarsità idrica. Inoltre LCA è tradizionalmente utilizzato per valutare gli impatti dei prodotti industriali, che richiedono una quantità minima di acqua per la loro produzione.

Di seguito vengono presentati i principali modelli proposti finora presentati per inserire l'utilizzo consuntivo di acqua dolce nella metodologia LCA.

Il metodo LCIA (Life Cycle Impact Assessment) utilizza una procedura standardizzata per valutare un impatto ambientale.

La valutazione degli impatti costituisce le fasi del LCIA e sono le seguenti:

-Classificazione

Al termine del LCI i flussi di materia ottenuti per gli input selezionati secondo i flussi considerati nel confine di sistema (ISO 14000) vengono valutati in relazione alla loro capacità potenziale di

causare un impatto sull'ecosistema. I flussi di materia (o di acqua) che possono causare un impatto potenziale sull'ecosistema vengono suddivisi a seconda del tipo di impatto che possono causare. Per fare questo è necessario prima individuare dei percorsi di impatto basati su modelli chimico-biologici. Sulla base dei percorsi di impatto individuati è possibile individuare delle categorie di impatto.

-Caratterizzazione

La fase di caratterizzazione permette di assegnare un valore quantitativo alle categorie individuate nella fase di classificazione. Per fare questo si associano a ciascuna categoria di impatto, individuata nella fase classificazione, un fattore di caratterizzazione numerico.

I flussi di materia moltiplicati per il fattore di caratterizzazione di un impatto consentono di valutarne l'impatto. I fattori di caratterizzazione vengono valutati sulla base di modelli causa-effetto scientificamente espliciti basati sulla regressione di dati sperimentali. Ogni categoria di impatto nella metodologia di LCIA ha un indicatore di impatto.

-Normalizzazione

La normalizzazione dei risultati degli indicatori di impatto consente di effettuare un confronto tra i risultati dei diversi indicatori.

-Pesatura

La pesatura dei risultati normalizzati consente di aggregare tutti gli impatti. Il fattore di pesatura moltiplicato per il risultato dell'indicatore normalizzato assegna un valore uniforme per tutti gli impatti considerati (ISO 14042).

La metodologia LCIA è quella adottata dagli esperti per la creazione di un modello in grado di valutare le WF di un prodotto secondo le norme della serie ISO 14000 (UNEP SETAC Life Cycle Initiative).

Negli ultimi due anni, da quando la comunità LCA ha iniziato a lavorare allo sviluppo della metodologia della valutazione degli impatti collegati all'acqua dolce, sono stati proposti dei percorsi di impatto e dei fattori di caratterizzazione.

In generale i percorsi di impatto collegati alla scarsità d'acqua dolce sono costituiti da una categoria di impatto midpoint ed endpoint (Area of Protection, AoP).

Le categorie endpoint individuate sono quelle della salute umana, della qualità dell'ecosistema, e della disponibilità delle risorse di acqua dolce, sia per gli usi attuali che sul lungo termine.

a ciascuna categoria endpoint sono associate altrettante categorie midpoint con i rispettivi fattori di caratterizzazione. Nella Tabella seguente (Tabella 4.3) sono riassunte le categorie endpoint e midpoint sviluppate negli ultimi due anni (2008, 2009) da parte di vari gruppi di esperti nel campo della tecnologia ambientale e dell’LCA in particolare.

Tabella 4.3 – *Categorie endpoint e midpoint per i percorsi di impatto collegati alla scarsità di acqua dolce.*

<i>Metodo</i>	<i>Categoria midpoint</i>	<i>Fattore di caratterizzazione</i>	<i>AoP</i>
Milà i Canals	<i>Freshwater ecosystem impact</i>	WSI	Ecosistema
Milà i Canals	<i>Freshwater depletion</i>	ADP	Risorse
Bayart	<i>Freshwater deprivation for human uses</i>	CF (crf. §4.9)	Risorse
Motoshita	Danni alla salute da acqua di scarsa qualità	CF [DALY]	Ecosistema
Motoshita	Danni alla salute da malnutrizione	CF [DALY]	Ecosistema
<i>Metodo</i>	<i>Categoria endpoint</i>	<i>Fattore di effetto</i>	<i>AoP</i>
Van Zelm	Danno ecologico da estrazione di acque sotterranee	dASG	Salute umana
Maendly e Humbert	Danni agli ecosistemi acquatici causati dalla captazione di acqua in dighe e serbatoi	EF crf. §4.11	Ecosistema
Eco-indicator99	<i>Human Health</i>	crf. §4.17	Salute umana
Eco-indicator99	<i>Ecosystem Quality</i>	crf. §4.21	Ecosistema
Eco-indicator99	<i>Resources</i>	crf. §	Risorse

Nessuna delle precedenti categorie e delle rispettive caratterizzazioni è stata ancora applicata in campo scientifico essendo ancora nella fase di validazione dei modelli proposti. La stesura della norma 14046 che dovrebbe rendere completa LCA anche dal punto di vista dei consumi idrici d’acqua dolce e in fase di discussione tecnica. Tuttavia i modelli presentati di seguito sono stati accettati dalla comunità scientifica e laddove vi siano limiti ai modelli proposti questi verranno menzionati. Attualmente la metodologia più completa è quella basata sull’Ecological Scarcity Method, che si riferisce al metodo LCI ed LCIA basati sul database Ecoinvent e sul modello LCIA Eco indicator 99. La metodologia proposta da Pfister e colleghi fornisce un set di indicatori per uno studio pilota in materia di valutazione di impatto ambientale.

Di seguito verranno presentati i modelli proposti per la LCIA.

4.4.1 Categoria “Freshwater Depletion (FD)”

Categoria di impatto midpoint proposta da Mila i Canals in un lavoro del 2008. Valuta la disponibilità ridotta della risorsa di acqua fresca per le generazioni future se l'utilizzo di acqua eccede il tasso di rinnovabilità del rispettivo corpo idrico. Si assume che solo i consumi di acqua dagli acquiferi (utilizzo evaporativo) e dagli acquiferi fossili (evaporativi e non evaporativi) possano contribuire all'impatto della categoria FD. Attualmente l'assunzione maggiore (Canals e al, 2008) consiste nel fatto che utilizzi non-evaporativi di acqua, come l'estrazione di acqua da una corso d'acqua superficiale per provvedere al soddisfacimento dell'esigenza di acqua potabile di una città, non rientrano nel tipo di flussi idrici da considerare nella categoria di scarsità idrica (*freshwater depletion*) dell'ecosistema. Questa ovviamente è una grossa assunzione tuttavia si assume che quest'acqua ritorna al fiume o comunque al sistema di acque superficiali. L'acqua che ritorna al fiume avrà una qualità minore e ci sarà comunque un impatto, tuttavia questo impatto può essere considerato all'interno delle categorie di eutrofizzazione, o tossicità, (vedi Figura 4.1).

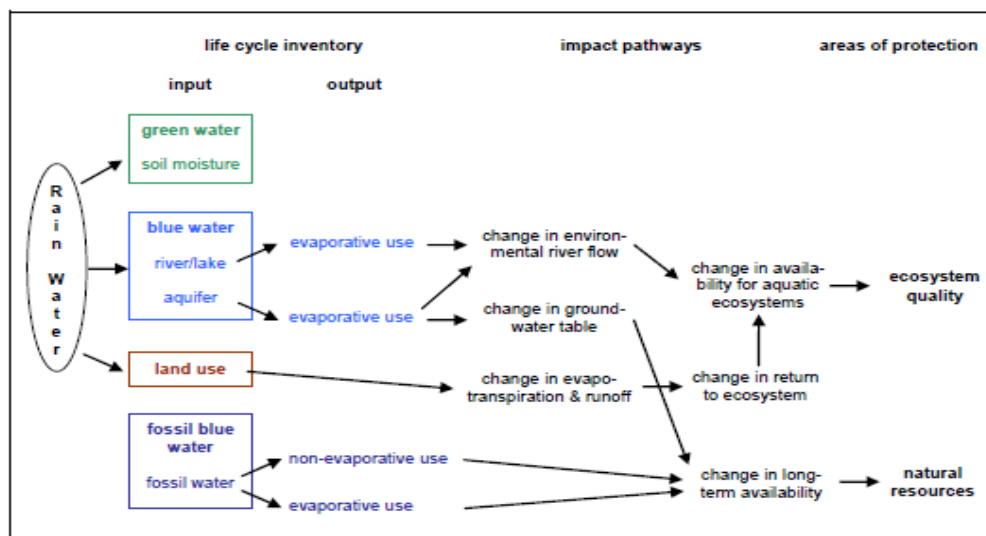


Figura 4.1 - Percorsi degli impatti risultanti dai diversi tipi di utilizzo di acqua valutati secondo l'approccio proposto da Milà i Canals e colleghi. (Fonte: Mila i Canals, 2009; Berger, 2010)

Come si vede nella figura gli impatti legati all'utilizzo non consuntivo di acqua, cioè l'acqua che ritorna nel corso d'acqua dal quale è stata prelevata dopo l'utilizzo, non sono inclusi in questa analisi in quanto possono essere analizzati attraverso le categorie già esistenti per la qualità delle

acque, l'utilizzo consuntivo invece determina un impatto sulla sfera della salute e della qualità dell'ecosistema (FEI).

Per quanto riguarda gli acquiferi sotterranei fossili, dalla Figura 4.1 è possibile vedere che tanto un uso consuntivo quanto un uso non- evaporativo possono causare un impatto sulla disponibilità a lungo termine delle risorse idriche e quindi sulla sfera abiotica, cioè sulla disponibilità futura delle risorse idriche (sfera abiotica).

Per fornire dei fattori di caratterizzazione (fattori che convertano i volumi dei flussi di acqua dell'LCI nelle unità di misura per l'unità di impatto) il metodo di Guinee e colleghi, già utilizzato in ambito LCIA per determinare la scarsità delle risorse abiotiche, è stato adattato all'uso di acqua come mostrato nell'equazione (4.7)

$$ADP_i = \frac{ER_i - RR_i}{(R_i)^2} \cdot \frac{(R_{Sb})^2}{DR_{Sb}} \quad (4.7)$$

Il potenziale di scarsità abiotica (*abiotic depletion potential*, ADP) di una risorsa idrica i funge da fattore di caratterizzazione, che dipende dal tasso di estrazione della risorsa i (ER), il tasso di rigenerazione della risorsa i (RR), l'ultima riserva della risorsa i (R), l'ultima riserva per la risorsa di riferimento Antimonio (R_{Sb}), e il tasso di accumulo di Antimonio (DR_{Sb}). Come mostrato nell'equazione le risorse di acque sovra sfruttate ($ER > RR$) risulta in un fattore di caratterizzazione maggiore, dove la sostenibilità della risorsa usata ($ER = RR$) risulterà in un fattore di caratterizzazione pari a zero. Le risorse di acqua sotto sfruttate ($ER < RR$) risulteranno in un fattore di caratterizzazione negativo.

4.4.2 Categoria "Freshwater Ecosystem Impact (FEI)"

La categoria di impatto midpoint Freshwater Ecosystem Impact (FEI) cerca di valutare le conseguenze ambientali dell'utilizzo di acqua in una certa regione. In contrasto alla categoria FD, il consumo di acqua blu fossile è escluso e viene valutato in un'altra categoria di impatto (Ecological Damage of Groundwater Extraction). Sono considerati gli usi evaporativi di blue water (acqua superficiale ed acquiferi) tanto quanto l'utilizzo di acqua dovuto all'occupazione del terreno per usi produttivi. Il fattore di caratterizzazione è il *water stress indicator* (WSI) sviluppato da Smakhtin. L'opzione che scelgono nei loro studi pilota di WF e di LCIA (Smakhtin e al., 2004) si concentra solo su quella porzione di acqua, che è disponibile dopo che l'EWR è stato soddisfatto e che quindi è in grado di riflettere la scarsità nella disponibilità di

acqua per usi umani. Secondo quanto definito nel loro studio l'indice di scarsità idrica per l'approvvigionamento è definito come segue.

$$WSI = \frac{WU}{WR - EWR} \quad (4.8)$$

Questo indice non può essere negativo, in quanto EWR è sempre minore del totale di acqua disponibile (WR). Il WSI è quello utilizzato attualmente quando è possibile calcolare l'EWR che corrisponde all'EFR della metodologia water footprint e valgono le medesime considerazioni già fatte precedentemente.

4.4.3 Categoria "Freshwater deprivation for human uses"

Bayart e colleghi hanno introdotto una valutazione dell'acqua dolce e un metodo di valutazione degli impatti che segue le richieste dello schema proposto dall' UNEP/SETAC Life Cycle Initiative (Bayart, 2009).

Ogni scenario di deficit può generare degli impatti collegati alla sfera della salute umana. Quando manca l'acqua cambia anche la resa e l'efficienza di talune operazioni che richiedono acqua per il loro svolgimento (ad esempio l'irrigazione nell'agricoltura) il percorso di impatto relativo alla sfera umana varia a seconda della funzionalità con cui vengono allocati i flussi.

Prima di tutto bisogna scegliere tra uno scenario di scarsità o di compensazione, a seconda di parametri socio-economici che sono difficili da prevedere. Lo scenario di scarsità rientra nella categoria endpoint della salute umana mentre quello di compensazione consente il calcolo degli impatti sull'esaurimento delle risorse. La scelta tra deficit e gli scenari di risarcimento dipende da parametri socio-economici. Ricchezza e sviluppo economico caratterizzato da, ad esempio, prodotto interno lordo (PIL) e l'indice di sviluppo umano che sono fortemente correlati con l'accesso sicuro ad acqua potabile o a servizi igienici adeguati (Sullivan 2002). Questo principio può essere generalizzato a tutte le attività che utilizzano acqua. L'adattabilità delle attività umane è generalmente basata sulla ricchezza: quanto più ricca una regione, tanto più facilmente sarà in grado di compensare la mancanza di acqua dolce. Gli impianti di dissalazione ad esempio rappresentano costosi sistemi tecnologici, perciò questa tecnologia di backup questo generalmente è adeguata per i paesi ricchi, ad esempio, in Medio Oriente (in particolare la Emirati Arabi Uniti, WWF 2007).

A livello globale i paesi che soffrono di scarsità idrica possono comunque importare prodotti alimentari compensando il potenziale deficit alimentare.

La compensazione per la perdita di rendimento delle attività umane è possibile attraverso le tecnologie di backup, che rappresentano gli sforzi aggiuntivi necessari a produrre i beni o i servizi generati dalle attività umane che sono interessate dalla riduzione nella disponibilità di acqua (Stewart & Weidema 2005).

A seconda del tipo di acqua dolce consumato, vengono calcolati dei fattori di caratterizzazione (CF) secondo l'equazione 4.9, che esprime i m³ di acqua potabile equivalenti non disponibili per gli usi umani per m³ di acqua consumati.

$$CF_i = \alpha_i \cdot U_i \cdot Q_i \cdot (1 - CA) \quad (4.9)$$

La scarsità regionale di acqua fresca (α) viene calcolata pari al WUPR, il numero di usi potenziali dipendono dal tipo di acqua dolce è espresso dalle medie del fattore di funzionalità (U). Il fattore di qualità (Q) denota la qualità di acqua dolce consumata basata sulla domanda di energia richiesta per trasformare la qualità dell'acqua in acqua potabile. Inoltre si considera la capacità di compensazione (CA) in relazione all'aumento della scarsità idrica basata su parametri socio-economici. Seguendo questa procedura gli autori hanno determinato un set di fattori di caratterizzazione per differenti paesi e tipi di acqua dolce.

4.4.4 Categoria “Danni alla salute umana per malnutrizione collegata alla scarsità di acqua”

Motoshita e colleghi hanno modellato la catena causa effetto della scarsità d'acqua in agricoltura collegando la malnutrizione alla salute umana in due passaggi. Primo, la ridotta disponibilità dell'acqua in agricoltura, come potenziale conseguenza del consumo di acqua, potrebbe portare a una diminuita produttività agricola. La malnutrizione collegata ai danni alla salute provocata dalla ridotta produttività dell'agricoltura sono valutate con un modello di regressione e espresse in unità di “disability adjusted life years” (DALY). DALY è l'unità di un indicatore di salute sviluppato dal World Health Organization (WHO) che esprime l'ammontare totale di salute persa a causa di morte prematura e disabilità risultante da malattie (Murray, 1996). Il modello di regressione di Motoshita tra la diminuita produttività agricola ed i danni alla salute, considera delle variabili come il consumo energetico medio di una dieta, le cure mediche, e l'aspettativa di vita attraverso le medie di molteplici regressioni non lineari. A seconda della vulnerabilità locale, Motoshita e colleghi hanno determinato dei fattori di danno che variano da 10⁻⁹ a 10⁻⁷ DALY per m³ di acqua consumata.

4.4.5 Categoria “Danni alla salute umana derivanti dal consumo di acqua di scarsa qualità”

Secondo il WHO, il 10% dei disagi della popolazione mondiale risultano da una mancanza di un accesso ad acqua potabile pulita, e alla mancanza di acqua per i servizi sanitari e igienici (Pruss, 2008). Per questa ragione, Motoshita e colleghi (Motoshita, 2009) ha analizzato la catena causa effetto che collega il consumo di acqua e il verificarsi di infezioni. Secondo gli autori, il consumo di acqua fresca in una particolare regione comporta una scarsità di acqua fresca potabile, che comporta in acqua potabile insicura. Di conseguenza, l'ingestione di acqua infetta è causa essa stessa di infezioni, e danni alla salute umana. Attraverso la analisi per regressione gli autori hanno costruito un modello causa effetto che tiene conto di alcune variabili come il tasso di allacciamento delle abitazioni alla rete di acqua potabile e sanitaria, il consumo medio della dieta, il coefficiente del consumo energetico medio per la dieta., la popolazione malnutrita, la temperatura media annuale, e la spesa per le cure mediche pro-capite. Come risultato Motoshita e colleghi hanno determinato fattori di caratterizzazione specifici per paese che esprimono il danno alla salute che deriva dal consumo di acqua fresca. A seconda delle circostanze locali, il danno risultante varia da $6 \cdot 10^{-13}$ a $2 \cdot 10^{-4}$ DALY per m^3 di acqua dolce consumata.

4.4.6 Categoria “Danno ecologico da estrazione di acque sotterranee”

Van Zelm e colleghi stanno attualmente sviluppando dei fattori di caratterizzazione che esprimono il contributo dell'estrazione delle risorse sotterranee di acqua dolce al danno dell'ecosistema in Olanda (Van Zelm, 2009). I fattori di caratterizzazione sono calcolati come media di una previsione e come fattore di effetto.

Il fattore di effetto denota il cambiamento della media del livello stagionale delle falde sotterranee (*dASG*) come conseguenza del cambiamento nel tasso di estrazione (*dq*). Le informazioni per determinare i fattori futuri è ottenuto dal National Hydrological Instrument of the Netherland (NHI). NHI descrive la situazione idrologica olandese in un $250\text{ m} \times 250\text{ m}$ basato sul modello MODFLOW e permette il calcolo di fattori di previsione sia per un suolo generico che per tipi particolari di suolo (Mc Donald, 1988). Il fattore di effetto esprime il cambiamento potenziale nella scomparsa di una frazione di specie (*potential not occurring fraction of species dPNOF*), che risulta dal cambiamento nel livello medio stagionale delle acque sotterranee (*dASG*). I fattori di effetto sono determinati dalle medie di molteplici equazioni di regressione che esprimono la relazione dei cambiamenti nel livello sotterraneo nei confronti

della frazione di piante scomparse basata sulle informazioni di 690 specie di piante nel modello MOVE (Bakkenes, 2002).

$$EF = \sum_i A_i \cdot \left[\frac{dASG}{dq_i} \right] \cdot \left[\frac{dPNOF}{dASG_i} \right] \quad (4.10)$$

Infine come mostrato nell'equazione (4.10) i fattori di caratterizzazione sono calcolati moltiplicando l'area di ciascuna cella della griglia per i corrispondenti fattori di previsione e di effetto.

4.4.7 Categoria "Danni agli ecosistemi acquatici causati dalla captazione di acqua in dighe e serbatoi"

L'energia idroelettrica prevede l'immagazzinamento di acqua. Maendly e Humbert hanno studiato gli effetti sugli ecosistemi causati dallo stoccaggio di acqua che dipendono fortemente dal sito in cui ci si trova. Maendly e Humbert hanno sviluppato dei fattori di caratterizzazione per valutare gli effetti sulla biodiversità acquatica risultante da un uso di acqua dolce in-stream.

$$EF = \sum_i CF_{sezione,i} = \frac{1}{Q_{acqua/energia\ elettrica}} \sum_i (PDF_{sezione,i} \cdot A_{sezione,i}) \quad (4.11)$$

Dalla relazione tra la frazione delle specie scomparse (PDF) sulla superficie originariamente bagnata da un fiume sia nelle zone a valle che a monte (A) e la potenza elettrica generata (Q), si ottiene il fattore di caratterizzazione (CF). Infine, i fattori di caratterizzazione di differenti sezioni ($CF_{sezione,i}$) sono aggregati in un unico fattore di caratterizzazione (CF), che indica il danno ambientale espresso nella unità di misura largamente utilizzata della frazione potenziale di specie scomparse ($PDF \times m^2 \times A$) per m^3 o per kWh.

4.5 Swiss Ecological Scarcity Method (Eco –indicator 99)

L'ecological scarcity method è stato sviluppato per supportare LCIA in LCA (Frischknecht, 2009). Il metodo sviluppato da Pfister e colleghi permette una valutazione degli impatti del consumo di acqua dolce sia a livello midpoint che a livello endpoint. Con riferimento alla terminologia del WF il metodo considera solo il consumo di blue water, cioè il consumo di acqua superficiali e di acque sotterranee.

A livello midpoint, è stato introdotto un WSI, che serve come fattore di caratterizzazione per la categoria di impatto proposta *water deprivation* (scarsità idrica).

In breve, il WSI di Pfister si basa sui modelli globali dell'uso di acqua (WaterGAP – Alcamo e altri, 2003) e sulla definizione di WSI data da Smakhtin e altri con alcune modifiche per tenere conto delle variabilità mensili e annuali nelle precipitazioni ed adattare i requisiti di flusso dei bacini sottoposti a forti regolamentazioni in materia di qualità delle acque.

Il WTA è il rapporto tra la disponibilità d'acqua annuale di un bacino i (WA_i) e il totale dei prelievi dai diversi utilizzatori j (WU_{ij}) ed è calcolato secondo la formula 4.12. Gli utilizzatori j sono suddivisi tra il settore industriale, agricolo, domestico.

$$WTA_i = \frac{\sum_j WU_{ij}}{WA_i} \quad (4.12)$$

Tuttavia non è stato ritenuto sufficientemente accurato una descrizione annuale dei WTA in quanto durante l'anno la disponibilità d'acqua varia notevolmente fra stagioni secche e di pioggia.

Periodi di stress maggiore non possono essere considerati compensati da periodi di stress minore. Per correggere il WSI a seconda del periodo si utilizza un fattore di variazione VF per ottenere un WTA modificato (WTA^*). Il VF si differenzia a seconda che il bacino sia regolare (SRF) o fortemente variabile.

Per bacini con flussi regolari (SRF) la variabilità delle precipitazioni viene attenuata in maniera considerevole anche grazie a dispositivi di stoccaggio dell'acqua che regolano il flusso nei periodi di maggiore siccità. Tuttavia in questi sistemi la perdita di acqua dovuta all'evaporazione è ugualmente sensibile. Per una valutazione conservativa si applica in questi casi un fattore di correzione ridotto pari alla radice quadrata di VF.

$$WTA^* = \begin{cases} \sqrt{VF} \times WTA & \text{per SRF} \\ VF \times WTA & \text{per non SRF} \end{cases} \quad (4.13)$$

VF è definita come la misura aggregata della dispersione del prodotto tra le deviazioni standard delle precipitazioni mensili (s_{mese}) e delle precipitazioni annuali (s_{anno}).

$$VF = e^{\sqrt{\ln(s_{mese}^*)^2 + \ln(s_{anno}^*)^2}} \quad (4.14)$$

Il Water Scarcity Index (WSI) varia tra 0,01 e 1 e viene calcolato per ogni bacino idrografico con la seguente formula

$$WSI = \frac{1}{1 + e^{-6,4 \cdot WTA \left(\frac{1}{0,01} - 1 \right)}} \quad (4.15)$$

Si noti la differenza tra il WTA definito da Pfister e la WS definita da Chapagain e Hoekstra: la WTA calcola il prelievo totale di acqua dal sistema idrico in esame (cioè il WU, *water use*), secondo le definizioni già date in precedenza (Falkenmark, Alcamo e Henrichs, crf. §4.3)

Al contrario la definizione di Chapagain e Hoekstra supera le limitazioni associate al rapporto prelievo – disponibilità espresso dal WTA, perché invece di considerare semplicemente i prelievi annuali, considera la WF complessiva di tutte quelle attività che basano il loro approvvigionamento sul bacino idrico considerato. In questo modo il fattore *Water Scarcity* tiene conto soltanto dell'acqua effettivamente consumata o evaporata e non di quella che dopo l'utilizzo ritorna nel bacino di origine.

Secondo quanto detto in precedenza (vedi §4.2) quindi il calcolo della WS sembrerebbe più appropriato tuttavia presuppone che siano calcolabili tutte le WF delle attività che si affacciano in un bacino e questo, allo stadio attuale dell'applicazione della metodologia, non è ancora possibile. Questo è dimostrato dagli studi effettuati finora e riportati nel capitolo successivo, dove la valutazione degli impatti delle impronte idriche associate ai prodotti di consumo, viene basata sull'WSI, che risulta facilmente stimabile una volta che siano disponibili dati medi sul rapporto tra i prelievi annuali e la disponibilità idrica del bacino considerato (Doll, Smakhtin, Revenga, 2004).

Tutti i volumi di blue water consumati possono allora essere moltiplicati per il fattore regionale specifico WSI per ottenere dei risultati caratterizzati, che possono essere aggregati nella categoria di impatto midpoint *water deprivation*.

Accanto a questo indicatore *midpoint* il metodo comprende anche tre indicatori *endpoint* che consentono la valutazione degli impatti, sulla base dello schema eco-indicator 99, nelle tre aree di protezione (*area of protection* AoP):

- Salute umana (*Human health*);
- Qualità dell'ecosistema (*Ecosystem quality*);
- Risorse (*Resources*).

4.5.1 Impatti sulla salute umana

In termini di danno per la salute umana il percorso di impatto scelto è la malnutrizione dovuta alla mancanza di acqua. Per valutare il danno alla salute umana derivante dalla malnutrizione

(ΔHH) conseguente al consumo di acqua (WU) in una certa regione, viene modellata l'intera catena causa-effetto. Per definire il difficile legame tra la scarsità di acqua ed il danno alla salute umana Pfister utilizza tre passaggi: (1) quantificare la scarsità di acqua per usi umani; (2) valutazione della vulnerabilità (3) quantificare i danni alla salute umana dovuti alla scarsità di acqua. I dati richiesti per il modello sono il water stress index (WSI) la percentuale di acqua utilizzata in agricoltura rispetto al totale di acqua utilizzata ($WU\%, \text{agricoltura}$), permettono di calcolare la scarsità di acqua per gli usi agricoli (*water deprivation factor*, WDF, [$m^3_{\text{deprived}}/m^3_{\text{consumed}}$]).

$$WDF_i = WSI_i \cdot WU_{\%, \text{agricoltura}, i} \quad (4.16)$$

Attraverso dei valori medi del fattore di effetto (EF), che include i requisiti idrici annui pro capite per evitare la malnutrizione (WR) ed il fattore di sviluppo umano (HDF), si quantifica la quantità annuale di persone interessate dalla scarsità di acqua per m^3 di acqua consumato.

$$EF_i = HDF_{\text{malnutrition}, i} \cdot WR_{\text{malnutrition}}^{-1} \quad (4.17)$$

Il fattore di sviluppo umano (HDF) è calcolato sulla base dell'indice di sviluppo umano (HDI). Il fattore di danno $DF_{\text{malnutrition}}$ misura il danno causato dalla malnutrizione ((DALY/yr-capita)). L'effetto finale del consumo idrico che risulta da un certo numero di persone malnutrite viene quantificato da un fattore di caratterizzazione ($CF_{\text{malnutrition}, i, \text{DALY}/m^3}$), che è il danno specifico che ci si può aspettare per m^3 di acqua consumata secondo quanto calcolato nella fase LCI.

$$CF_{\text{malnutrition}, i} = WDF_i \cdot EF_i \cdot DF_{\text{malnutrition}} \quad (4.18)$$

$$\Delta HH_{\text{malnutrition}, i} = CF \cdot WF \quad (4.19)$$

L'indicatore midpoint del deficit d'acqua dolce per il consumo umano usa indicatori aggregati di scarsità d'acqua per le diverse attività umane dando come risultato un singolo punteggio. Sebbene semplificare l'interpretazione è uno dei vantaggi di questo indicatore aggregato, con l'aggregazione vengono perse le informazioni utili, perché lo studio degli impatti sulla salute umana varia a seconda dell'attività colpita dalla mancanza di acqua (ad esempio, la mancanza di acqua per usi domestici può incidere sulla salute umana attraverso malattie legate all'acqua, mentre la mancanza di acqua per l'agricoltura può causare malnutrizione).

L'impatto della scarsità d'acqua dolce per gli usi umani viene invece calcolato nel percorso di impatto *privazione di acqua dolce per usi umani* (crf. paragrafo §4.3).

4.5.2 Impatti sulla qualità dell'ecosistema

Gli effetti del consumo di acqua fresca sulla qualità degli ecosistemi terrestri (ΔEQ ($m^2 \cdot yr$)) sono valutati da (Pfister, 2009) utilizzando il metodo Eco-indicator- 99 (Goedkoop, 2001) con l'unità di frazione di specie potenzialmente scomparse (PDF). Per la valutazione dell'impatto finale (Pfister e al. 2009) sono stati quantificati i fattori di impatto regionali per il consumo di acqua attraverso la messa a punto di una relazione che collega la riduzione della produzione primaria dell'ecosistema (*Net Primary Production*, NPP) alla limitazione idrica. La scelta di NPP per valutare il danno alla vegetazione che è collegato alla scarsità di acqua, è stato scelto come indice perché sono disponibili dei dati, spazialmente espliciti, che valutano la riduzione di NPP dovuta alla limitazione idrica ($NPP_{wat\ lim}$).

CF_{eq} è il fattore di danno per l'ecosistema ($m^2 \cdot yr/m^3$) ed è mutuato dal fattore di impatto per gli ecosistemi utilizzato all'interno del metodo Eco-indicator-99 per la valutazione degli impatti causati dall'occupazione della terra per usi produttivi.

Come mostrato nell'equazione (4.20) , il fattore di caratterizzazione è dato dal rapporto tra $NPP_{wat-lim}$ e le precipitazioni P (precipitazione media annuale (m/yr)). Il rapporto tra $WU_{consumptive}$ e P rappresenta il prodotto area-tempo teoricamente richiesto per ristabilire la quantità di blue water consumata attraverso l'acqua delle precipitazioni

$$CF_{eq} = NPP_{wat-lim}/P \quad (4.20)$$

$$\Delta EQ = CF_{eq} WU_{consumptive} \quad (4.21)$$

Vi è una quarta categoria considerata da Milà I Canals (2009) che considera l'impatto sulla qualità dell'ecosistema causato dall'utilizzo dell'acqua piovana attraverso l'occupazione dei terreni nella maniera in cui questa interessa il ciclo dell'acqua e quindi la qualità dell'ecosistema. L'inclusione di questo percorso di impatto nella categoria della salvaguardia dell'ambiente biotico prevede che i parametri di inventario vengano differenziati tra green water (immagazzinata come umidità nel suolo) e blue water (di superficie e sotterranea oppure contenuta nelle riserve fossili), tuttavia non tutta la comunità scientifica è unanime nel considerare il percorso di impatto associato all'utilizzo di green water ed il dibattito è tuttora aperto (vedi paragrafo §4.7).

4.5.3 Impatti sulle risorse

La terza area di protezione valutata nello schema eco-indicator 99 è quella dei danni alle risorse (Goedkoop, 2001). Esso indica la scarsità di risorse naturali ed è misurato in unità di surplus energetico, che indica l'energia addizionale richiesta per l'estrazione futura delle risorse idriche (Muller- Wenk, 1999). Per fare questo si devono identificare le soluzioni future per rimpiazzare l'acqua fresca estratta e gli sforzi per mantenere o compensare l'estrazione fino ad un livello inferiore al tasso di rinnovabilità.

Le tecnologie di backup possono includere, impianti di dissalazione per compensare la riduzione disponibilità d'acqua dolce e il trasporto di merci su strada in sostituzione del trasporto su fiumi o canali quando questo è difficile o non più possibile a causa del basso livello delle acque.

Per valutare gli impatti indiretti generati dallo scenario di backup, i confini del sistema prodotto devono essere estesi per includere i carichi ambientali generati dalle tecnologie di backup. Da un punto di vista dello studio LCA questi effetti collaterali devono essere valutati nell'ambito LCI, gli ulteriori LCI dovrebbero poi essere valutati con un approccio standard LCIA: le categorie di impatto in LCIA non sono attualmente identificabili per questo sono necessari ulteriori sviluppi e studi per rendere applicabile effettivamente la metodologia proposta.

La scarsità di acqua fresca può essere modellata come una categoria di impatto endpoint, ma modellare scenari futuri di scarsità idrica potrebbe essere complesso, specialmente per quanto riguarda il calcolo degli usi umani attuali e futuri. Modellare lo scenario di compensazione attuale, utilizzando i dati dei consumi attuali, fornisce infatti risultati attendibili, ma non si può dire altrettanto dei risultati che si ottengono per le previsioni future. Le previsioni future non sono altrettanto ragionevoli in quanto non è prevedibile lo sviluppo della tecnologia, un esempio su tutti il crescente interesse per l'energia rinnovabile geotermica contrapposto allo scarso valore dato finora all'acqua di falda per la produzione di energia.

Terzo alcuni usi di acqua che causano la scarsità di acqua non sono ancora stati identificati, ad esempio il livello di falda ed i suoi effetti sulla stabilità del terreno.

Tra tutte le differenti tecnologie disponibili, la desalinazione potrebbe essere la strategia ultima per la sostituzione d'acqua fresca (Berger, 2010). Pfister (2009) e Mila i Canals (2009) hanno calcolato fattori di caratterizzazione specifici per questa categoria di impatto considerando la desalinizzazione come ultima tecnologia di backup.

Il danno alle risorse (ΔR) risultante dal consumo di acqua (WF) è calcolato moltiplicando la domanda di energia per la desalinizzazione ($E_{\text{desalination}}$) per la frazione di acqua consumata che

effettivamente contribuisce alla scarsità idrica ($F_{depletion}$). Il fattore di caratterizzazione risultante è pertanto il seguente:

$$CF = E_{desalination} \cdot F_{depletion} \quad (4.22)$$

dove $E_{desalination}$ è l'energia richiesta per desalinizzare un m^3 di acqua (MJ/m^3) e $F_{depletion}$ è la frazione di acqua consumata alla quale è imputabile che causa la scarsità idrica. $E_{desalination}$ è fissato pari a $11MJ/m^3$ sulla base dell'attuale tecnologia e della richiesta energetica per la potabilizzazione (Pfister, 2009).

$F_{depletion}$ per il consumo di acqua in ogni bacino i ($F_{depletion,i}$), è derivato dal rapporto WTA come segue:

$$F_{depletion,i} = \begin{cases} \frac{WTA-1}{WTA} & \text{for } WTA > 1 \\ 0 & \text{for } WTA \leq 1 \end{cases} \quad (4.23)$$

$F_{depletion}$ può fungere anche come fattore di caratterizzazione per l'indicatore *midpoint freshwater depletion*. Il danno finale alla risorsa si ottiene moltiplicando il fattore di caratterizzazione per i volumi delle WF.

$$\Delta R = CF \cdot WF \quad (4.24)$$

4.5.4 Aggregazione dei risultati

L'analisi degli impatti nel modello svizzero dell'LCA (Swiss Eco Point, SEP) è basata sull'idea dei carichi critici di inquinamento. Esso considera la scarsità attuale nella capacità di assorbimento ambientale collegata al carico ambientale di un processo produttivo paragonandolo al carico critico che può essere assorbito dall'ambiente esterno. La somma dei punti da tutti gli agenti di stress ambientale fornisce la misura dell'impatto ambientale totale (Berger, 2010).

$$\begin{aligned} SEP_{score} &= [emissioni relative][fattore di scarsità] \\ &= \left[\frac{E}{E_{Accettabile}} \right] \left[\frac{E_{Totale}}{E_{Accettabile}} \right] \cdot 10^{16} \end{aligned} \quad (4.25)$$

Quindi i flussi elementari compilati in LCI possono essere semplicemente moltiplicati per i loro corrispondenti eco-fattori. I risultati, che sono espressi in eco-points, possono essere aggregati in un unico indicatore di punteggio che esprime l'impatto ambientale complessivo del prodotto analizzato. In generale gli eco-fattori sono calcolati secondo la seguente equazione:

$$Eco - factor \left[\frac{eco-points}{unit} \right] = K \cdot \frac{eco-point}{F_n} \cdot \left(\frac{F}{F_c} \right)^2 \cdot c \quad (4.26)$$

che contiene una fase di caratterizzazione (K), una fase di normalizzazione ($eco-point/F_n$) e una fase di pesatura ($(F/F_c)^2$), mentre c è un fattore costante (10^{16}).

Quando si calcolano gli eco-fattori per l'utilizzo di acqua, non vi è la fase di caratterizzazione che serve per convertire il flusso della fase LCI nell'unità di misura utilizzata per la categoria di impatto prescelta, cioè l'acqua non viene caratterizzata a seconda della qualità o del tipo di fonte. Per quanto riguarda la fase di normalizzazione che serve per caratterizzare l'impatto in relazione alla regione in cui si verifica, (ISO, 2006), si assegna il valore di 1 eco-point al prelievo annuale totale di acqua fresca per le attività umane in una regione specifica (WU).

In termini di pesatura, il metodo usa un approccio distance-to-target dove bisogna determinare il rapporto tra il flusso attuale (F) ed il flusso critico (F_c). Il fattore di pesatura è espresso in §4.27.

$$Pesatura = \left(\frac{WU}{WA \cdot 20\%} \right)^2 = (WTA)^2 \cdot \left(\frac{1}{20\%} \right)^2 \quad (4.27)$$

Secondo l'OECD lo stress idrico avviene quando la pressione sulla risorsa idrica, misurabile come WTA (4.12), è maggiore del 20% (OECD, 2004). Quindi, se non viene usata più del 20% annuo della risorsa di acqua fresca disponibile, non vi è alcun danno per l'ecosistema. Pertanto il flusso critico viene fissato pari al 20 % della fornitura idrica rinnovabile disponibile per una data regione. Il fattore di pesatura è espresso in §4.27.

4.6 Utilizzo di acqua piovana e occupazione dei terreni per fini produttivi

Nelle pagine precedenti sono stati descritti vari approcci metodologici per il water footprinting. Questi modelli differiscono significativamente per quanto riguarda lo scopo, il valore delle informazioni, la rilevanza e la richiesta di dati. La valutazione degli impatti richiede sempre e comunque la differenziazione tra i diversi tipi di acqua, e i differenti tipi di utilizzo dell'acqua stessa. In particolare il concetto dell'impatto della WF_{green} merita una considerazione particolare

perché si dibatte sul fatto se l'acqua piovana e l'acqua dolce immagazzinata nel suolo come umidità, (denominata anche *green water* (FAO 2003)) che non viene trattenuta dalle piante coltivate dall'uomo, possa essere direttamente disponibile per la vegetazione naturale e in che percentuale.

Secondo la definizione data (paragrafo §4.1), quando si parla di uso off-stream di acqua dolce non viene inclusa l'acqua dolce che viene trattenuta nel suolo come umidità.

I motivi per cui si ritiene che la *green water* non debba essere inclusa nella valutazione degli impatti (e nell'LCIA) sono i seguenti (Peters, 2010):

- non è possibile estrarla ad un tasso superiore a quello con cui cade;
- l'acqua piovana è una risorsa rinnovabile;
- non vi è estrazione da alcun corso naturale.

D'altra parte la trasformazione del naturale terreno in campi agricoli o altre modifiche del territorio da parte dell'uomo potrebbero alterare la disponibilità di acqua dolce nel terreno perché i requisiti d'acqua dolce della vegetazione naturale differiscono da quelle delle colture. Riguardo a quest'ultimo aspetto, è possibile affermare con certezza che la maggior parte dei sistemi agricoli intercettano una quantità minore di precipitazioni rispetto agli ecosistemi naturali che vanno a sostituire (Mila i Canals, 2009). Questi risultati sono stati ottenuti utilizzando modelli dinamici di simulazione per la vegetazione globale (LPJML), inoltre i modelli di bilanci idrici suggeriscono che a livello globale, gli scarichi fluviali sono aumentati del 6,6% a seguito della trasformazione delle risorse degli ecosistemi naturali in colture e pascoli (Mila i Canals, 2009).

Un approccio alternativo alla categorizzazione degli effetti sul flusso idrico in funzione dell'uso del territorio è stato offerto da Mila i Canals e altri (2009) che asseriscono come l'acqua verde non contribuisca ai flussi ambientali che sono necessari per la salute degli ecosistemi d'acqua dolce e che non sia accessibile per altri usi umani. L'acqua verde cioè è accessibile solo attraverso l'accesso e l'occupazione di suolo. L'acqua piovana è solo una delle tante risorse acquisite attraverso l'occupazione del suolo: l'accesso alla radiazione solare, il vento e il suolo stesso sono gli altri. Questo non vuol dire minimizzare l'importanza dell'acqua verde quale risorsa naturale e vitale, ma piuttosto Mila i Canals ritiene che, a causa della inseparabilità tra la terra e le precipitazioni (attraverso l'impatto dell'uso del suolo sul flusso, come detto sopra), il consumo di acqua verde nei cicli di prodotto agro-alimentare sia meglio considerato nel contesto della categoria d'impatto territoriale. Mila i Canals e altri (Mila i Canals e al.2009) propongono di considerare nella valutazione i cambiamenti nell'uso del territorio che portano a cambiamenti

nel ciclo dell'acqua (infiltrazione e deflusso) e, infine, a cambiamenti nella disponibilità di acqua dolce per gli ecosistemi.

Un esempio di questo approccio è fornito nello studio della WF associata alla produzione di biocarburanti, dove l'impatto delle coltivazioni da biomassa riguarda la ripartizione dei terreni seminativi tra diverse colture, piuttosto che il consumo di acqua verde che avviene.

Questo perché le colture di biocarburanti, se sono pluviali, non contribuiscono alla carenza idrica di una regione, ma in ogni caso occupano terreni che altrimenti potrebbero essere utilizzati per la produzione alimentare.

Tuttavia il prodotto che ha fatto uso di *green water* non sempre rimane nel bacino idrografico di origine e quindi l'acqua usata dal prodotto agricolo considerato viene in ogni caso tolta al bacino idrografico di origine. Se questo bacino è sottoposto a stress idrico anche il consumo di *green water* può avere un certo impatto.

Le modifiche del ciclo idrico provocato dall'uso dei terreni relativo al sistema di produzione rientra nella categoria di impatto (FEI).

Il conteggio dell'acqua piovana utilizzata per le colture che è fondamentale nel calcolo del WF per dimostrare da quale ciclo idrologico proviene l'acqua.

Capitolo 5

Water Footprint di prodotto: casi studio

Questo capitolo analizza i principali casi studio di WF (Water Footprint) di prodotto attualmente pubblicati. Essi sono presentati in maniera analoga suddividendo ciascuno studio nelle tre fasi con cui viene condotto. La prima fase individua i confini dello studio e fa delle assunzioni e delle ipotesi relative al metodo con cui sarà sviluppato il calcolo del WF. Il secondo sottoparagrafo presenta il metodo di calcolo utilizzato ed i risultati del WF ottenuti. Infine la terza fase dello studio è la valutazione della WF calcolata in relazione agli obiettivi dello studio, cioè la valutazione dei possibili impatti associati alla WF.

Le principali organizzazioni che hanno testato la metodologia per il calcolo del Water Footprint sono alcune delle organizzazioni presentate nel Capitolo 2 e alcune aziende private. Tra queste vale la pena ricordare il Water Footprint Network, il CSIRO (Australian Commonwealth Scientific and Research Organization), UNESCO. Tra le compagnie private The Coca-Cola Company[®]; Dolmio[®]; Mars Industries[®]; Nestlé[®]; SAB Miller[®].

I casi studio analizzati riguardano esclusivamente prodotti derivati da prodotti agricoli e possono essere raggruppati in tre categorie a seconda del livello di dettaglio dello studio.

La prima categoria è quella dei casi studio che analizzano esclusivamente la WF della produzione agricola (paragrafo §5.1), la seconda categoria è quella dell'analisi del prodotto finito pronto per essere consumato e venduto negli scaffali dei supermercati (paragrafo §5.2; §5.3). Gli studi della prima categoria sono effettuati da organizzazioni pubbliche ed enti di ricerca, mentre la seconda categoria di casi studio sono effettuati in collaborazione con le compagnie e le aziende produttrici che commercializzano i prodotti oggetto dell'analisi.

La terza ed ultima categoria include le analisi comparative di WF su prodotti di consumo diversi prodotti e lavorati nella stessa regione oppure di un medesimo prodotto ma lavorato in zone geografiche diverse (paragrafo § 5.4; §5.5). Nel paragrafo conclusivo (§5.6) viene effettuato un confronto tra gli studi analizzati e presenti in letteratura.

5.1 Water Footprint di prodotto agricolo

Gli studi per il Water Footprint della fase agricola interessano moltissime varietà di prodotti agricoli ed i risultati per ciascun tipo di coltivazione variano fortemente di paese in paese e persino all'interno di uno stesso paese tra regione e regione. Questo perché i risultati del WF effettuato per prodotti agricoli dipende molto dalle condizioni meteorologiche e dalle condizioni con cui viene condotta la coltivazione ad esempio l'utilizzo di fertilizzanti o l'impiego di acqua di irrigazione o ancora la differente richiesta di acqua tra una coltivazione al coperto (serra) ed una scoperta (campo). Tutti gli studi analizzati seguono la procedura illustrata da Chapagain e Hoekstra nel Manuale del Water Footprint e presentata al Capitolo § 3 del presente lavoro (2009). Gli studi per il WF agricolo sono caratterizzati come segue:

- Calcolo dell'evapotraspirazione per la fase agricola attraverso il software CROPWAT secondo due opzioni principali CWR o *irrigation scheduling (IS)*, (crf. §3.2.2, 3.2.3).
- Per il calcolo si richiedono le date di semina e raccolta, i coefficienti colturali delle piante, i parametri agrometeorologici della stazione agricola, i dati sulle rese del raccolto ed il tasso di applicazione di eventuali fertilizzanti.
- La maggior parte degli studi analizzati basa il calcolo sulla richiesta di evapotraspirazione di riferimento calcolata con l'opzione Penman-Monteith e calcola le precipitazioni efficaci basandosi sulla tipologia del terreno secondo il metodo USDA. Entrambi i metodi citati sono implementati all'interno del software.

Assunzioni e dati necessari per il calcolo della WF_{grey} :

- quantità di azoto che raggiunge l'acqua assunto pari al 10 % del tasso di concimazione applicato (in kg/ha/anno), (Hoekstra e Chapagain, 2008);
- l'effetto dell'uso di altri nutrienti, pesticidi e diserbanti per l'ambiente non viene analizzato;
- concentrazione massima ammissibile pari allo standard raccomandato dalla US EPA per il nitrato in acqua: 10 mg / l (misurato come azoto);
- in mancanza di dati adeguati, la concentrazione naturale nel corpo idrico ricevente è stato assunta pari a zero;
- dati sulla domanda di fertilizzanti sono stati ottenuti dal database FertiStat (FAO, 2009).

I risultati degli studi effettuati sulla fase agricola non sono confrontabili a causa della specificità dei calcoli e delle assunzioni, tuttavia le opzioni per il calcolo riportate in questo paragrafo consentono un'uniformità nel calcolo delle impronte idriche delle coltivazioni.

5.2 Water Footprint per un prodotto di consumo Nestlé®

Nell'aprile 2010 si è concluso uno studio di WF fatto dal WFN (A.K.Chapagain e S.Orr) su un prodotto Nestlé costituito da cereali soffiati. Si tratta anche in questo caso di uno studio pilota volto a misurare la WF nel contesto della disponibilità di acqua lungo la supply-chain di un prodotto Nestlé® costituito da cereali soffiati per la prima colazione (*'Bitesize Shredded Wheat'*®). Nestlé produce diverse varietà di prodotti alimentari, ma essendo lo scopo di questo progetto quello di istituire un quadro pratico sulla metodologia di contabilità e di valutazione d'impatto, lo studio si concentra su *'Bitesize Shredded Wheat'*® perché è il più semplice esempio tra le diverse varietà di cereali soffiati prodotti da Nestlé®. Il progetto ha due fasi (Figura 5.1).

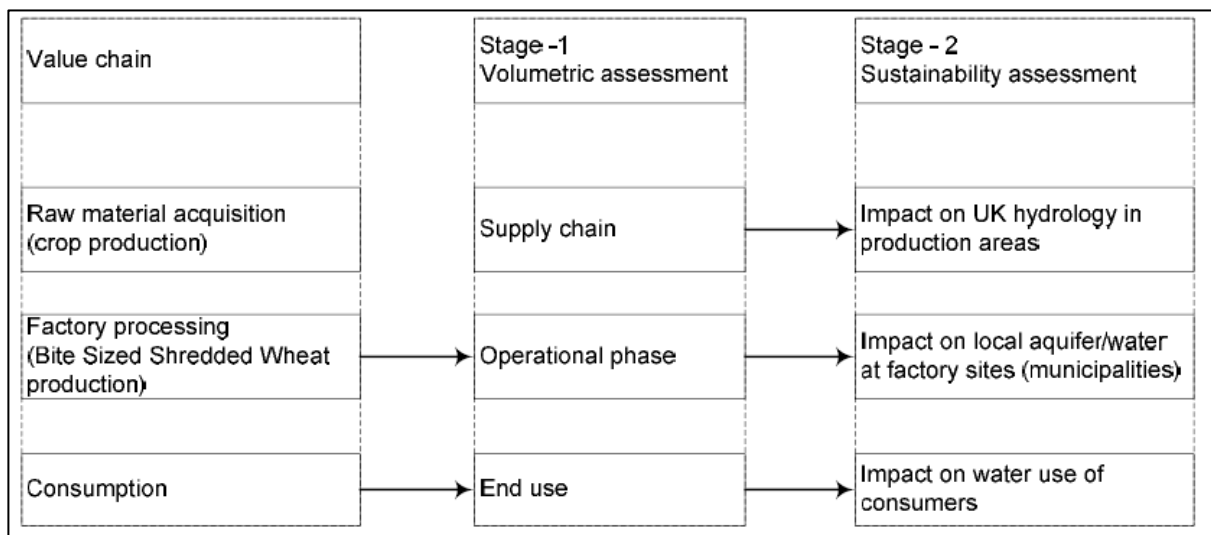


Figura 5.1 – Schema per la valutazione della WF del “Bitesize Shredded Wheat”® da una prospettiva di fabbrica. Fonte WWF- UK University of Twente. (Fonte : Chapagain, 2010)

La WF volumetrica è calcolata a tre livelli che sono: la WF indiretta della catena di approvvigionamento pari alla WF totale dei fornitori, la WF diretta del processo che porta dal grano al prodotto finale Nestlé proveniente dallo stabilimento, e l'impronta d'acqua negli usi finali del consumo.

Nella seconda fase vengono analizzati gli impatti della WF in relazione alle caratteristiche idrologiche delle posizioni geografiche in cui si verificano.

L'ingrediente principale del prodotto è frumento proveniente esclusivamente dal Regno Unito e da un unico fornitore. A pieno regime, la fabbrica ha una produzione di 21717 tonnellate di cereali. Gli agricoltori non utilizzano l'irrigazione nelle loro aziende agricole per produrre il

frumento. Il grano è raccolto ed essiccato fino a un tenore di umidità inferiore al 14,5% per permetterne la conservazione. Staverton riceve la sua fornitura di acqua dalla Wessex Water Ltd, dal serbatoio di alimentazione l'acqua viene suddivisa e misurata con dei contatori tra le diverse unità. In questo studio gli autori hanno effettuato una lettura diretta dei contatori.

Gli effluenti che escono dalla fabbrica vanno in un locale impianto di trattamento gestito da Wessex Water e nulla viene scaricato nel fiume vicino.

5.2.1 Assunzioni, dati e confini dello studio

Dati per il calcolo della WF di processo:

- il grano che entra nel sistema (ton / anno);
- la quantità di cereali prodotta (ton);
- lo spreco di grano (in % o in ton);
- l'acqua utilizzata nella fabbrica (m³);
- le acque reflue scaricate (quantità e qualità);
- non ci sono dati immediatamente disponibili sulla catena di approvvigionamento dell'acqua per il materiale di imballaggio e altri prodotti utilizzati nella fabbrica associati al prodotto finale.

Le fasi del ciclo di vita del prodotto incluse nell'analisi del WF di prodotto sono riportate in Tabella 5.1.

Tabella 5.1 – Confini dell'analisi di WF per il prodotto considerato. (Fonte : elaborazione personale da Chapagain, 2010)

Fasi incluse nel calcolo del WF	Fasi escluse dal calcolo del WF
Fase agricola	Confezione per il trasporto ingredienti
Lavorazione ingredienti	Trasporto
Preparazione alimenti	Vendita dettaglio
Fase di utilizzo	Processi di generazione energia
Magazzinaggio	Smaltimento rifiuti
-	Imballaggi primari
-	Imballaggi secondari

5.2.2 Metodo di calcolo e risultati

Lo schema di calcolo adottato nello studio è quello nel Capitolo §3 (crf. Chapagain, Hoekstra, 2009).

Il volume totale di acqua evaporata nella fase di crescita delle colture è calcolato attraverso l'opzione CWR del modello CROPWAT (FAO 1992). Utilizzando i risultati del CROPWAT, i volumi di acqua blu e verde evaporati sono separati secondo la metodologia presentata in Chapagain e Orr (2009).

L'albero di prodotto rappresenta la frazione del prodotto e la frazione di valore per ogni fase della produzione (crf. §3.3). In Figura 5.2 è presentato l'albero con le frazioni di valore e le frazioni di peso per il prodotto considerato.

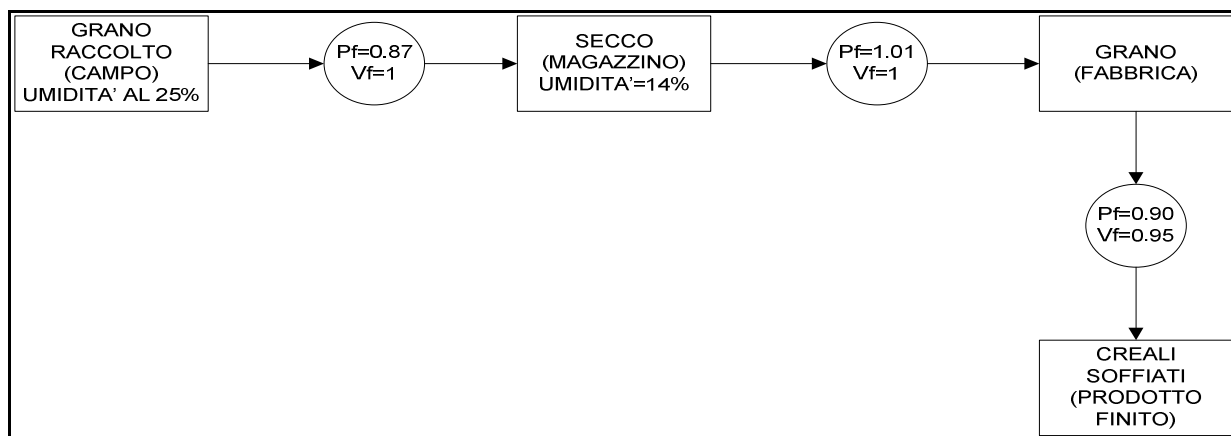


Figura 5.2 – Albero di prodotto per il Bitesize Shredded Wheat. Si osserva che dopo la fase di stoccaggio, l'unico cambiamento è il contenuto di umidità, in tal modo la frazione di valore è 1.0, mentre le uniche variazioni sono nella frazione di prodotto. (Fonte : elaborazione personale da Chapagain, 2010)

5.2.2.1 Fase agricola

Il fabbisogno idrico delle colture di frumento è 397 millimetri / stagione, nelle aziende che riforniscono di grano lo stabilimento Staverton, mentre le precipitazioni effettivamente utilizzate dalla pianta sono pari a 184 mm / stagione.

Dato che non viene utilizzata l'irrigazione per i campi di grano in questione, non vi è evaporazione dell'acqua blu nella fase agricola e quindi la WF_{blue} è nulla.

Utilizzando la resa delle colture (in tonnellate di grano per ettaro di superficie), otteniamo la WF_{green} pari a 239 m³/ton. La media di fertilizzanti utilizzati nelle aziende agricole per la produzione del frumento invernale nel Regno Unito è di 190 kg N / ha, 31 kg P₂O₅/ha e 39 kg di K₂O/ha.

Il requisito del volume dell'acqua di diluizione dell'azoto, che risulta essere preponderante rispetto agli altri fertilizzanti utilizzati, è 380 m³/ha.

L'impronta acque grigie del frumento (WF_{grey}) è calcolata con una resa media del grano di 7700 kg / ha.

Il peso totale di grano a livello di azienda è 5951 tonnellate / anno. La WF totale a livello di campo è calcolata pari a 1,7 milioni di metri cubi all'anno. Tutti i dati raccolti sono riportati in tabella 5.2. Poiché vi è una leggera riduzione del peso nella fase di stoccaggio, a causa del cambiamento del contenuto di umidità, il peso totale del grano dopo la fase di stoccaggio è pari a 5229 tonnellate / anno. Sulla base del totale di acqua usata per pulire la zona stoccaggio, viene calcolato la WF diretta per questa fase che si somma a quello precedentemente calcolato per la fase agricola.

Tabella 5.2 – WF agricola per il grano fornito allo stabilimento Nestlé[®]. (Fonte : elaborazione personale da Chapagain, 2010)

<i>Input</i>	<i>Green</i>	<i>Blue</i>	<i>Grey</i>	<i>Total</i>
<i>Acqua usata evaporata o inquinata [m³/ha]</i>	1838	0	380	2218
<i>WF del grano [m³/t]</i>	239	0	49	288
<i>WF totale del grano a livello di campo [m³/yr]</i>	1.422E+06	0	294.088E+03	1.716E+06
<i>WF stoccaggio [m³/ton]</i>	0	0.005	0.05	0.01
<i>WF stoccaggio [m³/yr]</i>	-	26	26	52
<i>WF totale della agricola (coltivazione e stoccaggio) [m³/yr]</i>	1.422E+06	26	294.114E+03	1.716E+06

Note: Poiché non vi è utilizzo di acqua d irrigazione non viene inclusa il calcolo della WF blue nella fase di calcolo della WF agricola.

5.2.2.2 WF diretta di processo

Per quanto riguarda la WF diretta di processo, l'inventario dei consumi idrici è compilato per la fabbrica di Staverton, per il periodo che va da aprile a settembre 2008.

Nello studio si fa riferimento ad una parte di acqua persa per evaporazione, non essendo specificata l'origine di questa perdita si può supporre che probabilmente faccia riferimento a torri di raffreddamento per l'acqua di scambio termico, ma questa è solo un ipotesi in quanto non viene specificata la natura di evaporazione. La quantità di acqua evaporata è pari al 50% dell'acqua che viene scaricata e pari a circa il 33% dell'acqua totale in uscita dalla fabbrica. Ogni sei mesi vengono evaporati 18580 m³ di cui sono recuperati per condensazione e riutilizzati 2047 m³. Quindi in sei mesi vengono persi per evaporazione 16533 m³.

Il totale di acqua in ingresso per lo stesso periodo è pari a 66865 m³.

In uscita dalla fabbrica il flusso è 37557 m³. Così il deflusso totale dalla fabbrica (perdita di

vapore + flusso di ritorno) è pari a 54090 m³. La differenza tra il valore di acqua in ingresso al processo il deflusso totale è l'acqua che viene effettivamente incorporata nel prodotto finale. Questa quantità calcolata come la differenza tra l'assunzione totale (66865 m³) e il deflusso totale (54090 m³) è pari a 12775 m³. In Tabella 5.3 vengono riportati i flussi riferiti alla sola produzione per il "Bitesize Shredded Wheat[®]". I flussi idrici complessivi in entrata ed in uscita dallo stabilimento sono riportati in Tabella 5.4.

Tabella 5.3- *Flussi in entrata ed in uscita per la sola produzione di cereali. (Fonte: elaborazione personale da Chapagain, 2010)*

<i>Produzione</i>	<i>Acqua evaporata</i>	<i>WF_{blue}</i>	<i>Flusso di ritorno</i>	<i>WF_{grey}</i>
2353 t/semestre	2172 m ³	923 litri/ton	2714 litri/ton	0
4706 t /anno	4344 m ³ /anno	1846 litri/ton	-	-

I flussi idrici complessivi in entrata ed in uscita dallo stabilimento sono riportati in tabella 5.7

Tabella 5.4 - *Flussi idrici in entrata ed in uscita dallo stabilimento per la produzione complessiva di sei mesi. (Fonte : elaborazione personale da Chapagain, 2010).*

<i>Flusso</i>	<i>Quantità [m3]</i>
Acqua in entrata	66865
Acqua ricondensata (riciclo)	2047
Acqua evaporata (torri di raffreddamento)	16533
Effluenti	37557
Acqua evaporata (VWC)	12775

Le varie quote di acqua consumata, incorporata e scaricata per ciascuna categoria di prodotto sono allocate moltiplicando i volumi totali per la frazione di prodotto di ciascuna categoria. Le frazioni di prodotto sono calcolate sui dati ottenuti per il periodo di sei mesi.

Il volume totale di acqua evaporata attribuito al cereale a base di grano è 2172 m³ per sei mesi. Poiché la produzione è 2.353 t / sei mesi, l'evaporazione per tonnellata di prodotto è 923 litri. Quindi, l'impronta diretta dell'acqua blu dello stabilimento per la produzione dei fiocchi di frumento soffiato è 923 l / t.

Il flusso di ritorno per unità di prodotto finito è 2714 litri / t, tuttavia, come tutte le acque reflue è trattata da una unità separata fino ad un valore di legge e non vi è quindi WF_{grey} a carico della fabbrica. Quindi l'impronta diretta di acqua del prodotto considerato è pari a 2172 m³/sei mesi.

Supponendo che la produzione annua è doppi rispetto a quella per sei mesi (4706 t / anno), la

WF diretta in questa fase è calcolata pari a 4344 m³/yr, che è costituita al 100% dall'impronta di acqua blu.

La WF totale del prodotto dopo il livello di fabbrica Staverton è la somma delle sue WF indiretta e diretta: la WF indiretta a questo livello è pari al WF totale a livello di stoccaggio che è m³/yr 1.716.518 mentre la WF diretta è pari a 4344 m³/yr (Tabella 5.8).

Il totale WF (m³/yr), della fabbrica Staverton legata al prodotto è calcolato essere pari a 1'720'862 m³/anno (Tabella 5.5). La componente blu della WF totale è imputabile totalmente alle operazioni condotte a livello di fabbrica e nella fase di stoccaggio nel deposito, mentre le componenti verde e grigie derivano dalla fase di produzione vegetale.

Tabella 5.5 – WF del prodotto in uscita dalla fabbrica di Staverton (Fonte : elaborazione personale da Chapagain, 2010)

	WF indiretta				WF diretta				WF totale
	Green	Blue	Grey	Totale	Green	Blue	Grey	Totale	Totale
WF [m ³ /ton]	302	0.006	62	365	0	0.923	0	0.923	366
WF totale [m ³ /yr]	1,422,378	26	294,114	1,716,518	-	4,344	-	4,344	1,720,862
Luogo	Coltivazione e magazzinaggio				Fabbrica				-

5.3 Water Footprint di una bottiglia da 0.5 litri di Coca-Cola®

L'obiettivo di questo studio condotto da Ercin, (2009) è quello di effettuare uno studio pilota in materia di contabilità dell'impronta idrica e di valutazione di impatto per una bevanda a base di zucchero e CO₂ (Coca-Cola®) contenuta in una bottiglia in PET da 0,5 litri.

Lo studio è importante perché focalizza la propria analisi soprattutto sul peso che hanno i diversi ingredienti e i diversi paesi di origine degli stessi, sulla WF totale del prodotto.

In particolare si considerano tre diverse fonti per lo zucchero contenuto nella bevanda derivato rispettivamente: dalla barbabietola; dalla canna da zucchero; dallo sciroppo di mais ad alto fruttosio (high fructose maize syrup, HFMS).

Per ciascuno delle tipologie di zuccheri utilizzati nella bevanda sono considerati diversi Paesi di provenienza. A parte l'acqua, la bottiglia da 0,5 litri contiene 50 grammi di zucchero, 4 grammi di CO₂ e piccole quantità di alcuni ingredienti (caffèina, vaniglia, olio di limone e olio di arancia).

Questo studio non considera solo l'impronta d'acqua degli ingredienti della bevanda, ma anche l'impronta d'acqua della bottiglia e degli altri materiali da imballaggio e l'impronta di acqua dei

materiali da costruzione, della carta e dell'energia utilizzati in fabbrica e dei veicoli e dei carburanti utilizzati per il trasporto.

L'impronta d'acqua della fabbrica che produce la bevanda consiste di due parti: l'impronta d'acqua operativa e l'impronta d'acqua della supply-chain. La prima è la quantità di acqua dolce utilizzata in fabbrica nelle operazioni di per sé, vale a dire l'uso diretto di acqua dolce. L'impronta d'acqua della catena di approvvigionamento è il volume di acqua dolce utilizzato per produrre tutti i prodotti e i servizi che costituiscono gli input alla produzione, ossia l'uso indiretto di acqua dolce.

La Figura 5.3 mostra il sistema produttivo del prodotto. Essa mostra i quattro ingredienti principali della bevanda (acqua, zucchero, CO₂ e sciroppi per aromatizzare) e gli input necessari per l'imballaggio (bottiglia, tappo, etichetta e colla, materiali di imballaggio).

In figura compare il termine di WF chiamato *overhead*. Questo è il primo studio di prodotto in cui viene effettuato il calcolo e l'allocazione dell'impronta d'acqua *overhead* o indiretta, che comprende ad esempio l'uso d'acqua dolce associata al trasporto o ai materiali utilizzati per la produzione dei macchinari e degli stabilimenti, o ancora all'energia elettrica consumata nella produzione.

Questa WF appartiene alla definizione di *business WF* (crf. §2.1.4), pertanto per essere adottata nel calcolo finale della WF di prodotto, dovrà essere suddivisa ed allocata tra tutti i prodotti che escono dalla fabbrica e dallo stabilimento di produzione considerato.

5.3.1 Assunzioni, dati e confini dello studio

Gli autori dello studio suddividono l'impronta idrica del prodotto in quattro WF diverse a seconda del ruolo che svolge l'acqua nel sistema di processo. La WF viene distinta tra quella che si realizza direttamente nello stabilimento e nel processo di produzione e quella WF che invece viene attribuita alle materie prime necessarie per la produzione. Le fasi di processo incluse nell'analisi sono riportate in Tabella 5.6.

A loro volta le diverse tipologie di WF vengono distinte a seconda che l'acqua sia direttamente associata alla produzione (ad esempio il mezzo litro di acqua che costituisce la bevanda) o che sia invece indirettamente associata al prodotto o alla supply-chain attraverso le attività che sono necessarie per il supporto della produzione e della fornitura (ad esempio i trasporti e la fornitura di energia elettrica).

Le assunzioni, i dati e i confini per il calcolo della WF verranno suddivise nelle quattro componenti (rispettivamente WF diretta di processo e di *supply-chain* e WF indiretta di

processo e di *supply-chain*) ed analizzate separatamente

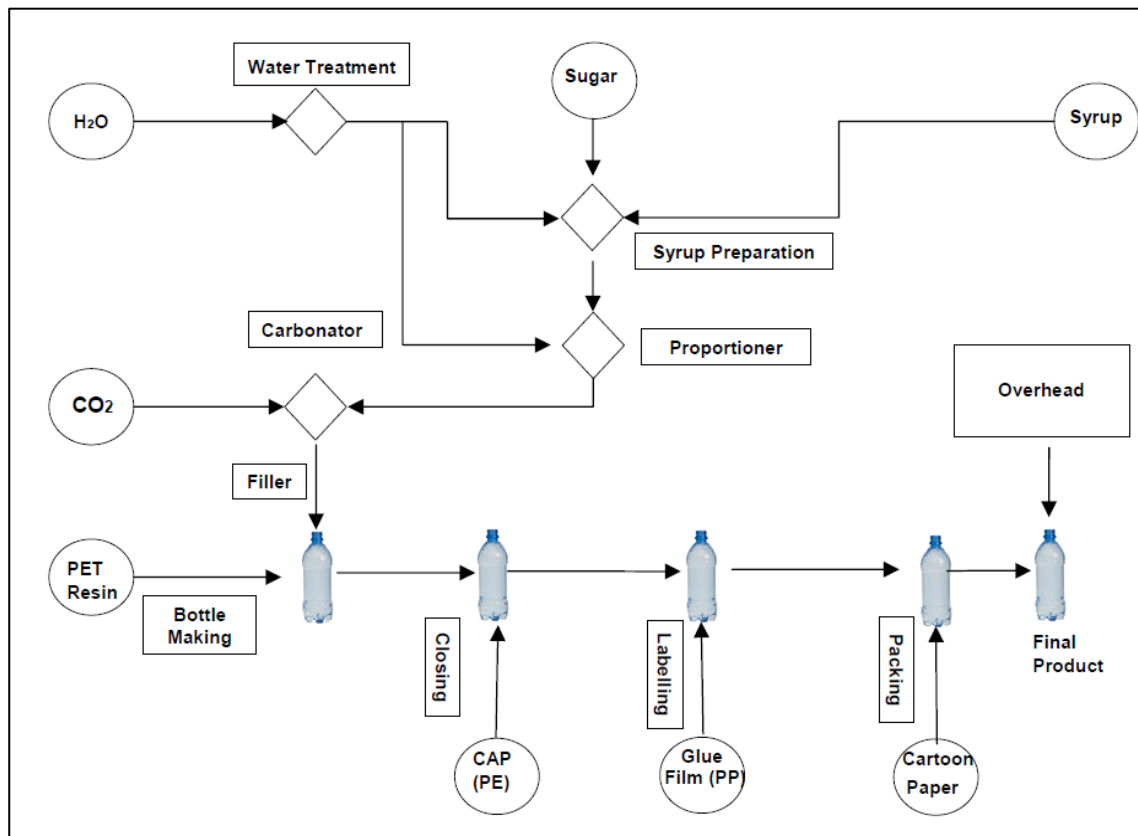


Figura 5.3 - Sistema di prodotto Coca-Cola in una bottiglia PET da 0,5 litri. (Fonte: Ercin, 2009)

Tabella 5.6 – Confini dell'analisi di WF per il prodotto considerato.

Uso di acqua incluso nel calcolo del WF	Uso di acqua escluso dal calcolo del WF
Fase agricola	Confezione per il trasporto ingredienti
Lavorazione ingredienti	Magazzinaggio
Preparazione alimenti	Smaltimento rifiuti
Trasporto	Vendita dettaglio
Processi di generazione energia	Fase di utilizzo
Imballaggi primari e secondari	
Attrezzature (carta) e macchinari	
Infrastrutture	

5.3.1.1 WF diretta di processo

Nella WF di processo direttamente associata alla produzione del prodotto vengono inclusi i seguenti componenti:

- l'acqua incorporata come ingrediente nel prodotto.
- l'acqua consumata (cioè non restituita al sistema idrico da cui è stata ritirata) durante il processo di produzione, imbottigliamento, lavaggio, pulizia, riempimento, etichettatura ed imballaggio (crf. Figura 5.3).
- l'acqua inquinata a causa del processo di produzione.

Le prime due componenti formano la WF_{blue} operativa; la terza componente costituisce la WF_{grey} . Non vi è alcun utilizzo di acqua verde (acqua piovana) nelle operazioni, quindi non c'è WF_{green} operativa. L'acqua utilizzata come ingrediente è di 0,5 litri per bottiglia.

La produzione della bevanda in bottiglia PET da mezzo litro comprende le seguenti fasi di processo: produzione e termoformatura della bottiglia (da resine di PET a forme PET-bottiglia), pulizia della bottiglia (per via aerea), preparazione dello sciroppo, miscelazione, riempimento, etichettatura e l'imballaggio. Durante tutti questi processi, non vi è consumo di acqua.

Le acque di scarico provenienti dalle fasi di produzione della bevanda sono trattate in un impianto di trattamento delle acque reflue comunali. Le concentrazioni di sostanze chimiche negli effluenti dell'impianto di trattamento delle acque reflue sono uguali e in alcuni casi addirittura inferiore alla concentrazione naturale nel corpo idrico ricevente. Con questo presupposto, la componente grigia dell'impronta acqua operativa è pari a zero.

5.3.1.2 WF indiretta di processo

La WF necessaria per supportare il business è l'acqua consumata o inquinata a causa delle seguenti attività:

- il consumo di acqua da parte dei dipendenti (acqua potabile);
- consumo di acqua o di inquinamento a causa di utilizzo di acqua nei bagni e nella cucina;
- l'acqua consumata o inquinata a causa del lavaggio degli abiti da lavoro dei dipendenti;
- l'acqua consumata o inquinata a causa delle attività di pulizia in fabbrica;
- il consumo di acqua nel giardinaggio.

La fabbrica considerati in questo studio produce una serie di bevande e la Coca-Cola® in bottiglia PET da mezzo litro è solo uno dei prodotti che escono dalla produzione.

Pertanto, solo una frazione del totale dell'impronta idrica indiretta è attribuita alla bevanda, sulla base del rapporto tra il valore annuale relativo alla produzione di questo prodotto specifico ed il

valore annuale di tutti i prodotti fabbricati nello stesso stabilimento (frazione di valore crf.§ 3.3). Il valore della produzione annuale del prodotto è del 10% del valore della produzione totale di tutti i prodotti.

In questo studio si assume che l'acqua potabile sia trascurabile e che non vi sia attività di giardinaggio. Si assume inoltre che tutte le acque utilizzate durante le altre attività di cui sopra ritornino alla rete fognaria pubblica e che vengano trattate in un impianto di trattamento delle acque reflue comunali in modo tale che l'effluente non provochi alcuna WF_{grey} . Come risultato, la WF operativa indiretta dell'attività è stimata essere pari a zero.

5.3.1.3 WF diretta della supply-chain

La WF della supply-chain collegata agli input del prodotto è costituita dai seguenti componenti:

- impronta idrica degli ingredienti diversi dall'acqua (zucchero, CO_2 , acido fosforico, caffeina, estratto di vaniglia, olio di limone e olio di arancia);
- impronta idrica di altri fattori di produzione utilizzati nella produzione (bottiglia, tappo, l'etichettatura dei materiali, materiali da imballaggio).

Per lo zucchero, lo studio prende in considerazione tre fonti alternative: barbabietola da zucchero, canna da zucchero e il mais (che è usato per fare lo sciroppo di mais ad alto contenuto di fruttosio).

Durante la produzione della bottiglia, il 25% del materiale è costituito da materiale riciclato. Questo rapporto è preso in considerazione nei calcoli utilizzando una frazione di 0.75 nel calcolo della quantità di nuovo materiale usato. Un approccio simile è stato utilizzato per gli imballaggi, che hanno una durata di 10 anni (frazione 0,1 applicata al totale utilizzato).

5.3.1.4 WF indiretta della supply-chain

La WF indiretta della supply-chain proviene da tutti i beni e servizi utilizzati per la fabbrica che non sono direttamente utilizzati per il processo di produzione di un particolare prodotto fabbricato all'interno della fabbrica. Tra questi rientrano ad esempio:

- materiali da costruzione (edifici, strutture);
- attrezzature e macchinari utilizzati nella fabbrica;
- attrezzature e materiali per ufficio;
- pulizia di attrezzature e materiali;
- le attrezzature e i materiali da cucina;
- gli indumenti da lavoro utilizzati dai dipendenti;

- il trasporto;
- l'energia per il riscaldamento.

La fabbrica produce prodotti diversi da quello considerato e quindi la WF associata a questi fattori della supply-chain indiretta, deve essere assegnata solo in parte al prodotto.

Questo elenco può essere esteso ad uno più lungo. Nell'applicazione del presente studio, è stato deciso di includere alcuni materiali per capire l'influenza di questi elementi sulla WF totale del prodotto finale.

I materiali selezionati per la valutazione sono i seguenti:

- materiali da costruzione (cemento e acciaio);
- carta;
- energia di fabbrica (gas naturale ed elettricità);
- trasporti (veicoli e carburanti).

Per gli utilizzi di carta nella fabbrica e di combustibili per i trasporti, sono disponibili gli importi annuali. Per i materiali da costruzione e i veicoli, gli importi totali sono calcolati allocando le impronte idriche dei materiali grezzi da costruzione secondo la durata specifica di vita per ciascuna attrezzatura. La durata della vita utile di ciascun oggetto può essere utilizzata per il calcolo annuale della WF associata.

La fabbrica produce prodotti diversi da quello considerato e quindi la WF associata a questi fattori della supply-chain indiretta, deve essere assegnata solo in parte al nostro prodotto.

Il valore della bottiglia da mezzo litro della bevanda considerata è il 10% del valore totale dei prodotti fabbricati. Pertanto, il 10% della WF indiretta associata alle attività del business sarà destinata al nostro prodotto. In Tabella 5.7 e 5.8 sono riportate le impronte idriche dei materiali e dei combustibili utilizzati nelle attività ausiliarie alla produzione.

Tabella 5.7- WF dei materiali associati alla produzione di una bottiglia in PET della capacità di 0,5 litri. Fonti Van der Leeden e al. (1990), Gerbens-Leenes e al. (2009)

<i>Materiale</i>	<i>WF_{blue} [m³/ton]</i>	<i>WF_{green} [m³/ton]</i>	<i>WF_{grey} [m³/ton]</i>	<i>WF_{totale} [m³/ton]</i>
Bottiglia -PET	10	0	225	235
Tappo- HDPE	10	0	225	235
Etichetta - PP	10	0	225	235
Vassoio di cartone	0	369.4	180	549.4
PE (avvolgimento)	10	0	225	235
Pallet di legno	0	369.4	100	469.4

Tabella 5.8- *WF dei materiali associati alla produzione di una bottiglia in PET della capacità di 0,5 litri.*

Fonti ¹Van der Leeden e al. (1990) Gerbens- Leenes e al. (2009)

<i>Materiale</i>	<i>WF_{blue} [m³/ton]</i>	<i>WF_{grey} [m³/ton]</i>	<i>WF_{totale} [m³/ton]</i>
Cemento	10	225	235
Acciaio	10	225	235
Carta	10	225	235
Diesel	10	225	235

5.3.2 Metodo di calcolo e risultati

L'impronta d'acqua della bevanda studiata è pari a 169-309 litri di acqua in una bottiglia da 0,5 litri, di cui il 99,7-99,8% si riferisce alla catena di fornitura. Lo studio mostra che gli ingredienti che costituiscono solo una piccola parte del prodotto finale incidono comunque in modo significativo sull'impronta totale d'acqua di un prodotto (nel caso in esame si tratta della caffeina e dalla vaniglia). La variabilità del risultato risiede nel fatto che lo studio ha calcolato la WF a seconda della diversa provenienza dello zucchero utilizzato per la produzione della bevanda.

Nel calcolo della superficie di appoggio totale di acqua del prodotto, gli importi di tutti gli ingredienti sono mantenute costanti, solo il tipo e l'origine dello zucchero è modificato al fine di comprendere l'effetto che questi fattori hanno sulla WF totale della bevanda in esame.

Nella Tabella 5.11 sono riportati i risultati dell'impronta idrica calcolata.

Quasi tutta l'impronta d'acqua del prodotto è derivante dall'impronta d'acqua della supply-chain (99,7- 99,8%), la parte rimanente è imputabile ai 0,5 litri di acqua contenuta nella bevanda come ingrediente. Questo dimostra l'importanza di una valutazione dettagliata della catena di fornitura.

Non c'è uso di acqua consuntivo quando le acque reflue siano trattate adeguatamente prima di ritornare al sistema. La WF indiretta può essere considerata pari a zero perché non c'è altro consumo o inquinamento di acqua in fabbrica relativi alla produzione del prodotto.

Anche la pulizia delle bottiglie prima del riempimento è fatta con l'aria, non con l'acqua, come nel caso di bottiglie di vetro (Tabella 5.9). Inoltre non vi è utilizzo consuntivo dell'acqua in fabbrica ad esempio per il lavaggio o i servizi igienici, la pulizia indumenti da lavoro, il lavaggio e la cottura in cucina, perché tutta l'acqua utilizzata viene raccolta e trattata in un impianto pubblico di depurazione prima di essere restituita all'ambiente. Così, l'astrazione netta dal sistema idrico locale per tali attività è pari a zero. Sia la WF_{green} che la WF_{grey} sono pari a zero nella fase di processo. L'unica impronta diretta associata alla fase di produzione sono i 0,5 litri contenuti nella bottiglia.

Tabella 5.11 : La supply-chain WF totale di una bottiglia in PET da 0,5 litri di Coca Cola ®.Fonte Ercin,2009

<i>Categoria di water footprint</i>	<i>Supply-chain water footprint [litri]</i>			
	<i>Green</i>	<i>Blue</i>	<i>Grey</i>	<i>Total</i>
<i>Ingredienti del prodotto</i>				
Zucchero	Variabile 0-117.79	Variabile 6.9-123.5	Variabile 2.4-12.9	Variabile 25.96- 166.96
CO ₂	0	0.3	0	0.33
Acido fosforico o acido citrico (e338)	0	0	0	0
Caffeina	52.8	0	0	52.8
Estratto di vaniglia	79.8	0	0	79.8
Estratto di limone	0.01	0	0	0.01
Estratto di arancia	0.9	0	0	0.9
Sub-totale	133.4-251.3	7.2-123.8	2.4-12.9	159.8-300.8
<i>Altri componenti legati al prodotto</i>				
Bottiglia - PET	0	0.2	4.4	4.5825
Tappo - HDPE	0	0.03	0.68	0.7
Etichetta - PP	0	0.033	0.068	0.07
Colla etichetta	0	0	0	0
Imballaggio	0	0	0	0
Colla imballaggio trasporto	0	0	0	0
Vassoio in cartone	1	0	0.5	1.5
Pellicola PE	0	0.02	0.36	0.38
Imbottitura bancale in PE	0	0.03	0.054	0.057
Pallet di carta patinata ecologica	0.001	0	0.0004	0.0015
Pallet- Legno verniciato	0.033	0	0.007	0.04
Sub - totale	1.1	0.2	6.1	7.4
<i>Overhead</i>				
Cemento (costruzioni)	0	0	0.005	0.005
Acciaio (costruzioni)	0	0.004	0.05	0.054
Carta	0.0012	0	0.0004	0.0016
Gas naturale (energia)	0	0	0.024	0.024
Elettricità (energia)	0	0	0.13	0.13
Veicoli (trasporti)	0	0.001	0.009	0.01
Carburanti (trasporti)	0	0	0.5	0.5
Sub- totale	0.001	0.004	0.8	0.8
<i>Total Supply-chain water footprint</i>	134.5-252.4	7.4-124	9.2-19.7	168-308.9

L'impronta idrica è inferiore al volume estratto per la produzione perché nella definizione del WF non viene inglobata l'acqua che viene purificata e restituita all'ambiente.

Una frazione più piccola della superficie di appoggio della catena di approvvigionamento idrico proviene da altri ingressi (2-4%), principalmente dalla bottiglia PET. L'impronta d'acqua indiretta collegata alla supply-chain è pari allo 0,2-0,3% della WF totale della supply-chain. Questi risultati sono illustrati in Figura 5.4

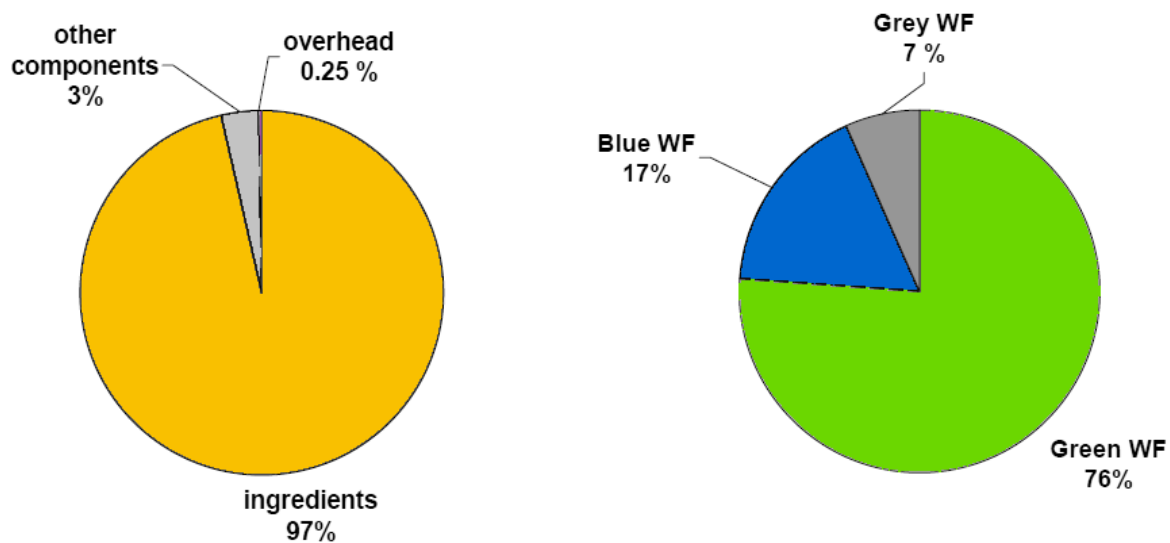


Figura 5.5 –Composizione della WF di una bottiglia da 0,5 litri di Coca-Cola® (valori medi). Fonte Ercin, 2009.

L'impronta d'acqua della supply-chain della bevanda è calcolata come sommatoria delle WF di tutti gli ingressi e la WF di tutte le attività collegate. Questo studio rivela che il componente *overhead* non è importante per questo tipo di studi ed è quindi trascurabile nella pratica, infatti la maggior parte della superficie di appoggio di acqua per la supply-chain del prodotto proviene dai suoi ingredienti (95-97%).

Nella Coca-Cola, è presente estratto di vaniglia (0,01 g) e caffeina (0,05) che pur avendo un basso contenuto percentuale nella bevanda (0,09% per la caffeina e 0,02% per vaniglia), hanno un elevato contributo sull'impronta idrica totale del prodotto (per la WF più bassa circa il 33% per la caffeina e 50% per la vaniglia). Lo studio rivela che una analisi dettagliata e completa della supply chain è fondamentale per il calcolo dell'impronta d'acqua di un prodotto, perché anche piccoli ingredienti possono incidere significativamente sulla WF totale di un prodotto.

5.4 WF comparativo per due prodotti di consumo

In questo studio pubblicato nel 2009 (Ridoutt e al., 2009), sono state calcolate le impronte di acqua di acqua per due complessi prodotti agroalimentari altamente trasformati.

Uno di questi, 250 grammi di arachidi M&M's[®], ha coinvolto 33 diversi ingredienti alimentari provenienti da 40 differenti catene di approvvigionamento.

Il secondo, 575 grammi di sugo per pasta Dolmio[®], ha coinvolto 16 diversi ingredienti alimentari da 22 catene di fornitura.

Questo studio è importante perché effettua un confronto tra le WF di due prodotti diversi in una stessa regione (l'Australia). Inoltre nella fase di valutazione degli impatti delle WF viene applicato per la prima volta il metodo di Pfister basato sul WSI (crf. paragrafo §4.3.3).

5.4.1 Assunzioni, dati e confini dello studio

L'unità funzionale di questo studio è stata definita la quantità di prodotto contenuto in una confezione venduta in Australia, dove è stato fatto lo studio. Pertanto si è considerato 575 grammi per il prodotto Dolmio[®], che è la quantità contenuta in un barattolo di salsa, mentre per il prodotto M&M's[®] l'unità funzionale considerata è pari a 250 grammi, cioè il contenuto di una busta del medesimo snack commercializzata in Australia.

Il confine del sistema include l'intera catena del valore compresa ovviamente la fase agricola, la lavorazione degli ingredienti e la preparazione degli alimenti, la fase di utilizzo del prodotto e lo smaltimento dei rifiuti.

Tabella 5.12 – Confini dell'analisi di WF per il prodotto considerato (Ridoutt, 2009)

<i>Uso di acqua incluso nel calcolo del WF</i>	<i>Uso di acqua escluso dal calcolo del WF</i>
Fase agricola	Confezione per il trasporto ingredienti
Lavorazione ingredienti	Magazzinaggio
Preparazione alimenti	Trasporto
Fase di utilizzo	Vendita dettaglio
Smaltimento rifiuti	Processi di generazione energia
Imballaggi primari	
Imballaggi secondari	

Il confine di sistema include inoltre gli imballaggi primari e secondari del prodotto, ma non la confezione utilizzata per il trasporto degli ingredienti che è spesso riutilizzabile o che comunque arreca un contributo insignificante alla water footprint di prodotto. In questo studio viene altresì

escluso dall'analisi, in quanto ritenuto non dare un contributo materiale all'impronta d'acqua di ogni prodotto, l'uso dell'acqua associato al magazzinaggio, al trasporto e alla vendita al dettaglio ed ai processi di generazione di energia.

Per ogni prodotto, è stato ottenuto un elenco degli ingredienti ed è stata costruita la mappa di processo con l'individuazione di tutte le catene di fornitura per le materie prime. Il numero di catene di approvvigionamento supera il numero di ingredienti a causa dell'acquisto del loro acquisto da diversi fornitori e diverse sedi a seconda della stagionalità e della disponibilità.

Nei casi in cui gli ingredienti siano stati acquistati da più di una catena di approvvigionamento, è stata utilizzata la media ponderata per calcolare l'impronta d'acqua della produzione.

Per sistemi di produzione a terra, i dati raccolti hanno incluso l'acqua utilizzata per l'irrigazione e le operazioni aziendali (ad esempio lavaggi), cioè l'utilizzo totale di acqua per le colture, il tasso di concimazione e la resa dei prodotti agricoli. Per i sistemi di produzione in fabbrica, i dati raccolti hanno incluso:

- i fattori di conversione del prodotto (ad esempio kg di produzione per kg di ingresso);
- l'utilizzo di acqua di processo;
- il volume, la qualità e la destinazione delle acque reflue scaricate.

Per calcolare l'acqua di diluizione (*grey WF*), da agricoltura e orticoltura, sono necessari i dati dei produttori che generalmente non sono consapevoli delle emissioni effettive di fertilizzanti e pesticidi dalle loro proprietà. Quindi il volume di acqua di diluizione è stato calcolato secondo il metodo Chapagain focalizzandosi sull'emissioni di nitrati ed utilizzando il limite raccomandato dall'EPA per il nitrato in acqua potabile di 10 mg/l (misurato come azoto).

5.4.2 Metodo di calcolo e risultati del water footprint

Il volume di acqua di irrigazione è risultato superiore al fabbisogno idrico totale delle colture, calcolato con il software CROPWAT della FAO, quindi non è stato assunto nessun componente per quanto riguarda la *green water footprint*. L'approccio adottato in questo studio è stato conservativo (cioè si è leggermente sovrastimato il *water footprint*), perché si è considerato che tutta l'acqua di irrigazione sia stata effettivamente consumata nel processo di produzione.

Per i sistemi di produzione in fabbrica, le emissioni in acqua dolce sono state considerate essere trascurabili. In casi dove la stessa fabbrica è stata utilizzata per produrre una gamma di differenti prodotti, compresi quelli che sono estranei a questo studio, è stata determinata l'acqua utilizzata per produrre ciascun prodotto utilizzando una base razionale che dipendeva dalla misurazione delle portate di acqua in pianta.

L'impronta d'acqua calcolata mostra che gli ingredienti delle M&M's® sono stati derivati principalmente da sistemi agricoli pluviali. Al contrario, l'impronta d'acqua per il sugo Dolmio è dominata da acqua blu e da acqua di diluizione (63,3% e 26,1%, rispettivamente), il che indica che gli ingredienti principali sono derivati da sistemi di produzione agricola intensiva che dipendono dall'irrigazione e dalla fertilizzazione.

Tabella 5.13 – WF della fase agricola di produzione

<i>Prodotto</i>	<i>Total WF</i>	<i>Green WF</i>	<i>Blue WF</i>	<i>Grey WF</i>
250 g.M&M's	1153 litri	85.7%	10.7%	3.3%
575g. Dolmio	202 litri	10.6%	63.3%	26.1%

Su base degli ingredienti, il più alto contributo nell'impronta d'acqua delle M&M's® proviene dai derivati del cacao (vale a dire massa di cacao e burro) pari a 690 litri per 250 g.

Le fave di cacao sono coltivate prevalentemente da piccoli agricoltori senza irrigazione delle colture e con poche o nessuna aggiunta di fertilizzanti e prodotti chimici, infatti la WF *green* delle fave di cacao è pari a 676,8 litri quasi la totalità della WF di questo ingrediente.

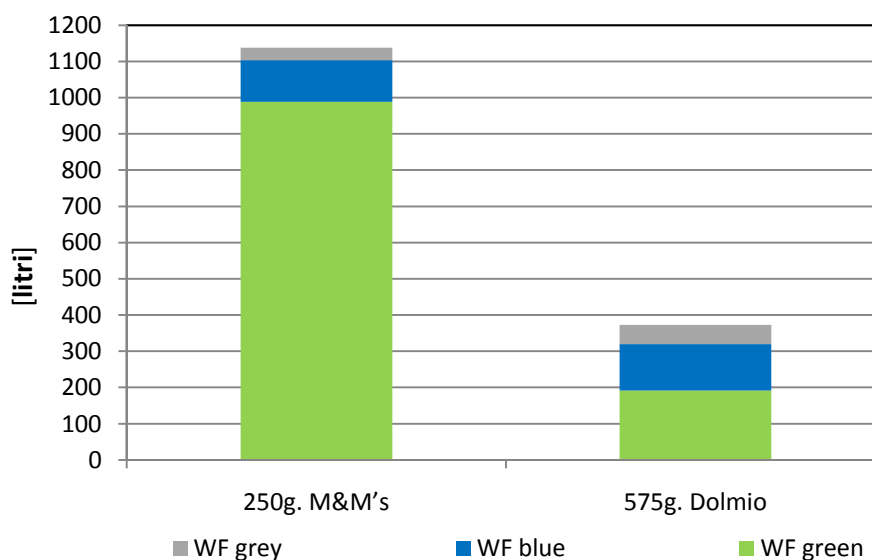


Figura 5.6- Confronto tra le WF dei due prodotti in esame. (Ridoutt, 2009)

5.4.3 Valutazione degli impatti della WF e opzioni di risposta

La valutazione degli impatti per questo caso studio è particolarmente significativa perché per la prima volta è stata effettuata una valutazione degli impatti basata sul metodo Pfister (crf. §4.6). In

particolare per i due prodotti del caso di studio, il sugo Dolmio[®] e le M & M's[®], per calcolare l'impronta ponderata dello stress idrico, si è moltiplicato il consumo di acqua in ogni punto del ciclo di vita del prodotto per il fattore di caratterizzazione (WSI) pertinente (Tabella 5.14)

Tabella 5.14 – Impronta idrica ponderata secondo Pfister.

Prodotto	WF [litri/grammi]	WF ponderata(Pfister)	Grey WF
M&M's (250 g.)	1153 litri	13 litri	5 litri (38,4 %)
Dolmio (575g.)	202 litri	141 litri	98 (69,5%)

Nonostante i 575 grammi di sugo Dolmio[®] abbiano una WF che è circa un sesto di quella di una confezione da 250 grammi di arachidi M & M's[®], non è ovvio quale sia il prodotto con il ciclo vita che potenzialmente può causare il danno maggiore.

Da questa osservazione si comprende la validità del metodo *water footprint* che, distinguendo tra le diverse tipologie di acqua, associa un costo all'utilizzo di acqua blu che è preponderante nella valutazione degli impatti del sugo Dolmio[®], assai maggiore rispetto all'uso di acqua verde che è la parte principale dell'impronta associata alle M&M's[®].

Per ciascuno dei due prodotti la valutazione degli impatti è stata disaggregata tra i diversi ingredienti e questo ha permesso di individuare gli ingredienti provenienti dalle zone maggiormente colpite dal fenomeno dello stress idrico, ai quali sono associati gli impatti più significativi. Quando valutato sulla base degli ingredienti, si sono evidenziate importanti differenze tra l'impronta d'acqua volumetrica e gli stress ponderati, tuttavia indipendentemente dalle differenze assolute tra le impronte di acqua ponderate sullo stress idrico, per entrambi i prodotti la fase di produzione agricola ha dato di gran lunga il maggior contributo (97% in ciascun caso, vedi Tabella 5.15).

Tabella 5.15- WF ponderate attraverso WSI. Tratto da (Pfister, Ridoutt, 2009)

	Sugo Dolmio[®]	Arachidi M&M's[®]
WF pesata con WSI [litri]	141	13
Distribuzione lungo la supply-chain (%)		
Produzione agricola	97	97
Lavorazione ingredienti	0.9	0.7
Overhead stabilimento	0.2	2.6
Packaging	0.6	<0.1
Fase di utilizzo	1.1	0

Per i sughi per pasta Dolmio[®], la fase d'uso ha contribuito poco più dell'1% dell'impronta d'acqua ponderata. Altre parti della catena del valore (elaborazione primaria di ingredienti di origine agricola, operazioni di e confezionamento) hanno contribuito meno dell'1% ciascuno. Per le arachidi M & M's[®], non c'è acqua dovuta alla fase di utilizzo del prodotto.

5.5 Water Footprint comparativo SAB Miller[®]

Tra i prodotti per i quali finora è stata calcolata la WF vi è anche la birra. Questo studio è stato prodotto da SABMiller[®] una grande multinazionale produttrice di numerose bevande tra cui appunto la birra in bottiglia. Il WFN (www.waterfootprint.org) calcola che sono necessari 300 litri di acqua per produrre un litro di birra, mentre la Cranfield University (2008) ha calcolato che per la stessa quantità di birra sono necessari 200 litri di acqua. Tenuto conto di questa variazione e del grado di stima utilizzato in queste misure, SABMiller[®] in collaborazione con WWF, ha deciso di intraprendere una analisi di WF dettagliata per uno dei propri prodotti.

Anche questo studio come quello precedente di Ridoutt può essere considerato comparativo perché è stato effettuato confrontando due dimensioni geograficamente differenti del problema, studiando separatamente la WF degli stabilimenti sudafricani, dove si è analizzato il ruolo che i prezzi dell'acqua hanno avuto sul consumo idrico, e la WF della produzione stanziata in Repubblica Ceca, incentrata piuttosto sulla quantità dei volumi di acqua richiesti dalla produzione.

5.5.1 Assunzioni, dati e confini dello studio

Le fasi preliminari dello studio in questione sono stati:

- la fornitura di un set di dati per ogni fase della catena da parte di SABMiller[®] e dei suoi partner commerciali;
- il riempimento di lacune nei dati tramite una revisione della letteratura e ricerche nei database disponibili al pubblico, e l'applicazione della metodologia del WF per il calcolo dell'utilizzo diretto ed indiretto di acqua, mediante modelli standard per il calcolo dei fabbisogni idrici delle colture e l'utilizzo di acqua nel ciclo di vita del prodotto (Gerbens-Lebens, Hoekstra, UN Food and Agricultural, 2008).

Le assunzioni alla base del presente studio sono riassunte di seguito:

- 1) il calcolo dell'impronta d'acqua inizia dalla coltivazione delle colture e segue tutti i processi fino al riciclaggio della bottiglia;
- 2) non comprende comunque l'utilizzo dell'acqua dei consumatori (per esempio, il lavaggio di un

bicchiere di birra) poiché questo fattore è considerato minimo relativamente al contesto dell'impronta globale;

3) questo studio, secondo la definizione più generale, copre solo l'utilizzo operativo dell'acqua, cioè non è compresa l'acqua incorporata ed utilizzata per la creazione delle infrastrutture associate a ciascuna fase del processo, come la fabbricazione dei macchinari utilizzati in produzione;

4) non sono incluse le acque utilizzate per la fabbricazione dei macchinari della fattoria, delle attrezzature di irrigazione o dei veicoli utilizzati per il trasporto dei raccolti;

5) non è incluso il calcolo della WF_{grey} del processo a causa della variabilità dei risultati ottenibili a seconda dei parametri di emissioni che vengono scelti per effettuare il calcolo.

Le ipotesi per i confini di analisi sono descritte in Tabella 5.16.

Tabella 5.16 – Confini dell'analisi di WF per il prodotto considerato (SABMiller, 2009)

<i>Uso di acqua incluso nel calcolo del WF</i>	<i>Uso di acqua escluso dal calcolo del WF</i>
Fase agricola	Confezione per il trasporto ingredienti
Lavorazione ingredienti	Magazzinaggio
Preparazione alimenti	Infrastrutture, macchinari e veicoli
Smaltimento rifiuti	Vendita al dettaglio
Imballaggi primari	Fase di utilizzo
Imballaggi secondari	
Trasporto	
Processi di generazione energia	

L'impronta d'acqua calcolata comprende:

- le materie prime;
- l'uso diretto dell'acqua;
- l'acqua legata all'energia utilizzata per il trattamento delle colture;
- il trasporto delle materie prime agricole alle birrerie.
- l'acqua necessaria per la produzione ed il riciclo dell'imballaggio,

Per i prodotti agricoli necessari per la produzione della birra (orzo, mais e luppolo) è stata misurata la perdita per evapotraspirazione ed inclusa come una componente della WF. Per alcuni dei componenti del processo di produzione (ad esempio il trasporto, il consumo di energia, e le quantità minori di materie prime), è stato sviluppato un ingombro di WF mediante dati reperibili dalla letteratura e fonti internet.

La dimensione temporale per il caso sudafricano è stata di un anno, mentre i dati relativi alla produzione in Repubblica Ceca sono stati raccolti lungo un arco temporale di tre anni.

5.5.2 Metodo di calcolo e risultati del water footprint

Lo studio in questione ed il relativo report analizzano in maniera congiunta le WF calcolate per i due stabilimenti di produzione SABMiller® (Sud Africa, Repubblica Ceca).

L'impronta di acqua totale netta per le operazioni di SAB Ltd limitatamente alla birra è pari a 517 miliardi di litri, o 191 litri di acqua per litro di birra prodotto nello stabilimento africano.

Della WF totale il 98,3% è relativo alla coltivazione di materie prime (Figura 5.7).

La WF_{green} copre buona parte di questo valore e si riferisce all' utilizzo di umidità del suolo, all'evaporazione e in misura minore, al consumo idrico degli alberi utilizzati per l'imballaggio e le etichette delle bottiglie.

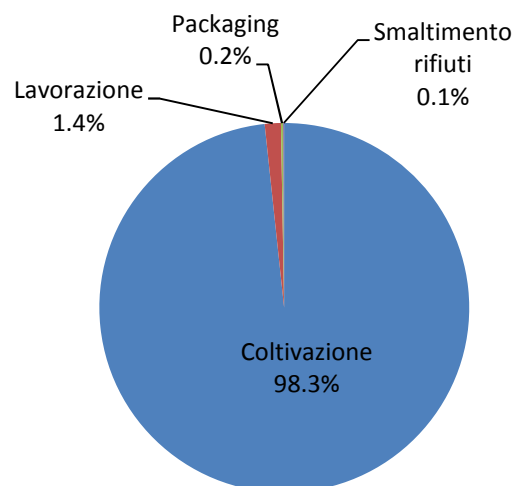


Figura 5.7 – Water Footprint per la produzione in Sud Africa. (SAB Miller® 2010)

La WF_{blue} rappresenta l'acqua utilizzata per l'irrigazione in agricoltura e per la produzione della birra presso le strutture del SAB Ltd.

L'impronta d'acqua netta calcolata per la produzione di birra, nel 2008, nella Repubblica Ceca è circa 39 miliardi di litri o 46 litri d'acqua per ogni litro di birra.

Come nell'esempio del Sud Africa, i componenti più significativi dell'impronta d'acqua sono la coltivazione delle colture che rappresentano più del 90% della superficie di appoggio totale di acqua.

L'acqua blu rappresenta il 6% della superficie di appoggio ed è per lo più connessa all'acqua consumata durante il processo di infusione e l'imbottigliamento (ciò è dovuto al fatto che la

maggior parte delle colture dipendono dall' acqua piovana invece che dall'irrigazione), mentre l'acqua grigia rappresenta solo il 2% del totale ed è associata con la fase di produzione delle colture (Figura 5.8).

L'impronta idrica associata alla fase agricola non varia molto tra i primi due anni di analisi (2006 e 2007) mentre si riduce del 10% nel 2008, passando dall'80% dell' approvvigionamento totale del 2007, al 70,6%.

Lo studio dell'impronta idrica della fase agricola per un periodo di tre anni consente di valutarne la sensibilità alle variazioni sia delle precipitazioni sia delle rese nella crescita delle colture, i valori registrati vengono forniti in Tabella 5.17.

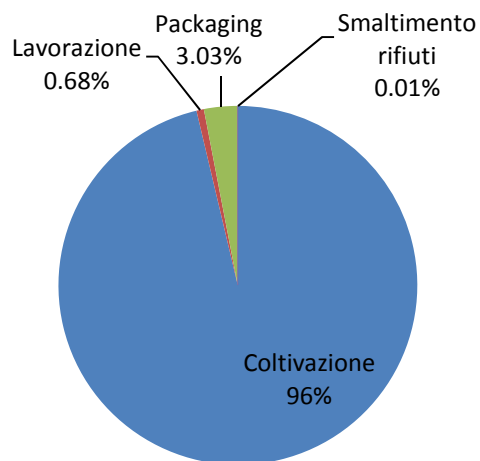


Figura 5.8 – Volumi di acqua utilizzata in relazione alle diverse fasi di produzione in Repubblica Ceca. (SAB Miller® 2010)

Il valore medio annuale delle precipitazioni per la Repubblica Ceca è 674 mm/anno. Nel 2006 la piovosità media è stata di 651 mm/anno (3% al di sotto media), e nel 2007 la piovosità media è stata di 698 millimetri l'anno (3,5% sopra la media).

Nel 2008 la piovosità media è stata di soli 604 millimetri (10% sotto la media), tuttavia, mentre questo era più basso, le rese delle colture sia per l'orzo che per il luppolo sono gradualmente aumentate durante questo periodo di tre anni.

Ad esempio, i rendimenti delle colture di orzo sono aumentati da 3,72 tonnellate per ettaro nel 2006 a 4,67 tonnellate per ettaro nel 2008, il che significa che il 2008 era sotto la media delle precipitazioni ma con rese più elevate.

La resa per ettaro di terreno, che è dominante nella green WF è stata di circa il 30% in più nel 2008 rispetto al 2006, nonostante la diminuzione delle precipitazioni.

Tabella 5.17 – *WF e VWC per litro di birra prodotta nello stabilimento di Plzenský Prazdroj in Repubblica Ceca, nei tre anni considerati (2006, 2007, 2008).*

<i>Anno</i>	<i>WF agricola</i>	<i>Precipitazioni effettive [mm/anno]</i>	<i>Resa della coltura [t/ha]</i>
2006/ 2007	80 %	651 (2006) 698 (2007)	3.72
2008	70,6 %	604	4,67

L'impronta d'acqua blu è relativamente costante e varia a seconda del volume di birra prodotto, anche in questo caso i processi compresi nel calcolo della WF includono anche il confezionamento e l'approvvigionamento energetico.

La WF_{blue} calcolata per unità di birra, è di 2.14 litri per il 2006, di 2,15 litri nel 2007 e di 2.11 litri nel 2008. Questa componente è connessa per la gran parte all' acqua consumata durante la produzione e l'imbottigliamento.

La WF_{grey} rappresenta solo il 2% del totale ed è associata alla sola fase agricola, infatti anche nel caso della Repubblica Ceca, non viene conteggiata la grey water a causa della difficoltà nell'allocatione e nella reperibilità dei dati dovuto all'uso di impianti di depurazione pubblici.

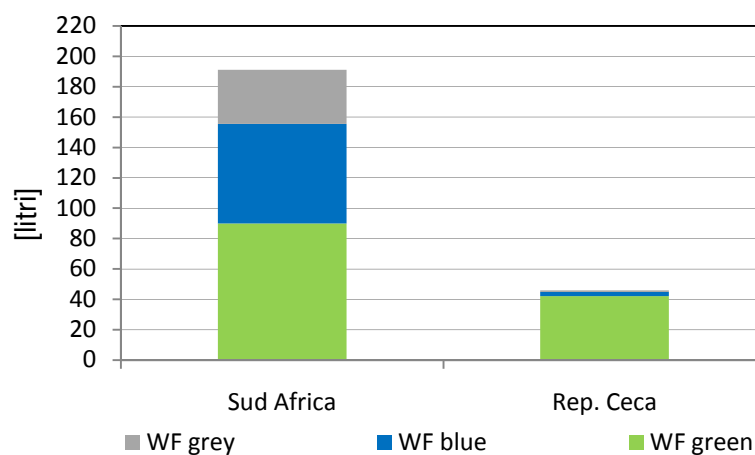


Figura 5.9 – *Impronta idrica volumetrica suddivisa tra le componenti blue, green e grey.*

Gli studi di entrambi gli stabilimenti dimostrano che il trattamento delle colture, la preparazione e l'imbottigliamento provoca un basso ingombro percentuale della superficie di appoggio totale d'acqua, mentre l'impronta dovuta alle colture è superiore al 90% della superficie di appoggio.

I risultati riportati in Tabella 5.18 mostrano che, in termini di percentuale, la ripartizione delle

WF tra gli stadi della catena del valore della birra è molto simile.

Inoltre in termini di numeri assoluti, il Sud Africa ha un'impronta che è di tre volte maggiore rispetto a quella della Repubblica ceca.

Questo non è il risultato di una maggiore efficienza nella produzione di birra in Repubblica Ceca rispetto il Sud Africa, ma piuttosto delle differenze relative alla produzione del raccolto, tra cui la maggiore domanda di evapotraspirazione per le colture in Sud Africa piuttosto che nella Repubblica Ceca a causa delle condizioni meteorologiche.

Tabella 5.18 – WF e VWC per litro di birra prodotta nei due diversi stabilimenti.

<i>Posizione geografica</i>	<i>VWC [litri/litro]</i>	<i>WF [litri/litro]</i>	<i>WF esterna [litro/litro]</i>	<i>Materie prime importate</i>	<i>WF interna</i>	<i>WF agricola</i>
Sud Africa	155	191	44	31%	84,2 %	98,3 %
Rep. Ceca (2008)	45	46	11	5%	76 %	70,6 %

Per quanto riguarda la WF associata all'imballaggio (bottiglia di vetro da 33 cl. ed etichetta in carta), questa è pari a 2 litri / litro di birra in Sud Africa e a meno di 1 litro/ litro di birra in Repubblica Ceca. Questo risultato è dovuto al fatto che mentre in Sud Africa il 91% di tutto il prodotto finito è confezionato in bottiglie, in Repubblica Ceca solo il 47% del prodotto finito viene confezionato in bottiglie.

Di tutti i materiali di imballaggio utilizzati da SABMiller®, la carta ha l'impronta d'acqua più alta, pari a 10 litri per ogni foglio A4 (WFN), per il calcolo si considera che ad ogni bottiglia sia dotata di etichetta. Questi valori di impronta idrica hanno dimostrato che la WF associata ad una bottiglia di vetro (e alla relativa etichetta) è elevata soprattutto se confrontata con altri tipi di imballaggio (Piubello, 2009).

5.6 Confronto tra gli studi analizzati

Viene effettuato in seguito un confronto tra i casi studio presentati in questo capitolo. Il confronto viene fatto sulla base delle singole fasi in cui è diviso ciascuno studio: obiettivo dello studio, unità funzionali e confini di sistema; water footprint della fase agricola; water footprint per la fase di processo; water footprint di attività indirette (*overhead water footprint*) ed infine la valutazione degli impatti.

5.6.1 Obiettivo dello studio, unità funzionale e confini di sistema

Gli obiettivi di uno studio di WF possono essere quelli di comprendere il ruolo svolto dall'acqua all'interno della produzione di un certo prodotto oppure quelli di comprendere dove siano localizzate le impronte idriche imputabili al consumo del prodotto, o ancora analizzare come variano le impronte idriche a seconda della diversa catena di fornitura degli input e degli ingredienti del prodotto. Infine l'analisi del WF consente di valutare quale delle tre componenti (green, blue, grey) è determinante sul computo totale dell'impronta idrica.

La scelta del periodo temporale per lo studio è molto importante qualora vi sia una variabilità in qualche aspetto o in qualche componente del calcolo del WF (ad esempio precipitazioni e resa della coltura come nel caso SABMiller® in Repubblica Ceca).

La dimensione temporale dell'analisi può andare da sei mesi (cereali Nestlé®) oppure un anno (Ridoutt, SABMiller® Sud Africa, Coca-Cola®) oppure fino ad un lasso temporale più esteso di tre anni come nel caso SABMiller® in Repubblica Ceca.

La definizione dell'unità funzionale per l'analisi del WF di prodotto in tutti gli studi analizzati è sempre il prodotto finale.

I confini del sistema considerati nei vari casi analizzati includono le seguenti fasi del ciclo di vita del prodotto considerato: la fase agricola, la lavorazione degli ingredienti e la preparazione degli alimenti.

Inoltre, tutti i casi di studio considerati ad eccezione del caso Nestlé® comprendono nei confini del sistema anche la fase di confezionamento, incluse la produzione della confezione e la fase di riciclo della confezione, nonché il contributo dato dall'etichetta.

Infine, la fase di utilizzo del prodotto, con la stima della quantità di acqua necessaria per poter consumare il prodotto, viene inclusa nello studio in tutti i casi di studio ad eccezione del caso della birra SABMiller®, che invece esclude le componenti associate all'utilizzo perché si ritiene siano imputabili al consumatore e non già al produttore.

Attualmente vi è una controversia sull'inserimento o meno nel calcolo della WF della componente associata all'utilizzo da parte del consumatore: si potrebbe affermare che essa deve essere considerata qualora l'acqua sia indispensabile per il consumo del prodotto (ad esempio per la cottura o per la natura stessa del prodotto) come nel caso del sugo per pasta Dolmio® o nel caso dei cereali Nestlé®. Al contrario per alcuni prodotti che non hanno necessità di acqua nella loro fase finale di consumo come per la birra non deve essere ritenuto necessario includere questa componente nella fase di valutazione della WF di prodotto.

5.6.2 Overhead Water Footprint

Le componenti aggiuntive che determinano l'impronta di acqua indiretta associata al prodotto includono elementi diversi nei vari casi analizzati. In particolare:

- in tutti gli studi analizzati viene inclusa l'acqua necessaria per la lavorazione degli ingredienti, per il processo, per la fase agricola ma anche l'acqua della fase di utilizzo e l'acqua associata al riciclo del materiale di scarto;
- il caso Nestlé[®] considera l'uso dell'acqua associato alle fasi di magazzinaggio;
- i casi SABMiller[®] e Coca-Cola[®] considerano il contributo dato dalle attività di trasporto (facendo riferimento in questi casi non a dati primari ma piuttosto a dati di letteratura);
- i casi SABMiller[®] e Coca-Cola[®] comprendono anche l'impatto sulla risorsa idrica legato ai processi di generazione di energia (anche qui facendo riferimento a dati da letteratura);
- il caso Coca-Cola[®] conteggia nell'impatto complessivo anche i contributi dovuti al consumo di carta in azienda e all'utilizzo di materiale di costruzione (acciaio e cemento) dei macchinari e delle infrastrutture utilizzate nella preparazione della bevanda (lo studio è stato il primo a considerare questo tipo di voci all'interno dell'inventario che fino ad allora erano state escluse dagli studi di water footprint)
- il caso di Ridoutt include tra le componenti aggiuntive al WF anche gli imballaggi primari e secondari del prodotto, mentre esclude gli imballaggi associati al trasporto, essendo che questi ultimi sono riutilizzabili e pertanto risulta difficile allocare l'impronta idrica ad una singola confezione di prodotto. Lo studio sulla Coca-Cola[®] considera anche il contributo dovuto agli imballaggi da trasporto (pallet e simili), ipotizzando per questi un periodo di vita di 10 anni; il risultato comunque dimostra che l'apporto all'impronta idrica del prodotto da parte di questo tipo di imballaggio è insignificante.

I risultati e le conclusioni per tutti gli studi che hanno considerato al loro interno la componente *overhead*, hanno dimostrato che questa non è significativa in relazione al risultato finale dell'impronta idrica totale associata al prodotto e pertanto nella pratica può essere trascurata (Ercin, 2009; Ridoutt, 2009; Nestlè, 2010).

5.6.3 Water Footprint della fase agricola

Per il calcolo dell'evapotraspirazione delle colture si può utilizzare il modello CROPWAT della FAO, a patto però che le colture di interesse siano presenti nel database FAO.

Qualora le colture non siano presenti nel database, il calcolo del WF per questo contributo risulta

estremamente complicato, poiché richiede la disponibilità di dati difficilmente reperibili in letteratura.

In genere, qualora sia possibile utilizzare il modello CROPWAT negli studi analizzati si utilizza sempre l'opzione CWR.

I dati utili per l'implementazione del modello possono avere però delle fonti diverse in grado di influenzare il risultato finale. In particolare:

- i dati sul clima provengono sempre dal database CLIMWAT (FAO, 2003);
- le rese delle colture sono invece ricavate direttamente dalle stazioni agricole (Ridoutt, 2009; SABMiller, 2009;) oppure dagli istituti statistici nazionali (Nestlé®) o internazionali (CocaCola®).

Nei casi studio in cui mancano i dati primari sull'uso reale dell'acqua di irrigazione (CocaCola®), quest'ultimo viene assunto pari al requisito di irrigazione calcolato con il modello CROPWAT.

Nello studio comparativo del sugo Dolmio® non si utilizza il modello CROPWAT perché la richiesta di evapotraspirazione della pianta risulta completamente soddisfatta dall'approvvigionamento idrico dell'acqua blu di irrigazione e pertanto si assume che tutta la WF sia del tipo *blue water*. Inoltre, sempre nello stesso caso Dolmio® la richiesta di evapotraspirazione delle colture è minore dell'irrigazione e pertanto si assume che la componente WF_{green} sia nulla. Questo sovrastima tutta la WF_{blu} perché si assume che essa venga completamente assorbita.

Questo tipo di assunzione è in contrasto con quanto proposto da Chapagain e Hoekstra (*Manual of Water Footprint, 2009*), per cui l'evapotraspirazione di acqua blu deve essere calcolata come il minimo tra l'irrigazione e la differenza tra evapotraspirazione della pianta e precipitazioni efficaci.

Quindi il metodo per determinare la WF della fase agricola in presenza di irrigazione non è ancora univoco. Diciamo che l'assunzione del metodo illustrato da Chapagain e Hoekstra è la stessa del metodo implementato nel modello CWR del CROPWAT.

A tal proposito risulta interessante il caso studio della Nestlé®: questo caso infatti è esemplare di come le assunzioni alla base dello studio ed i dati disponibili siano fondamentali per il calcolo e per i risultati che si ottengono.

Nel calcolo effettuato per la coltivazione di cereali in Inghilterra non viene utilizzato il software CROPWAT della FAO, che secondo l'opzione di calcolo CWR presuppone un completo soddisfacimento dei requisiti di evapotraspirazione della pianta attraverso l'irrigazione della

coltura. Al contrario, i calcoli dell'impronta idrica del grano coltivato a Staverton sono basati sui dati diretti raccolti sul campo che non mostrano utilizzo di acqua per l'irrigazione portando la WF_{blue} a zero.

Per quanto riguarda il calcolo della WF_{green} per la coltivazione inglese del frumento, inoltre, essa viene assunta pari alle precipitazioni effettive della zona calcolate per il periodo di crescita della pianta. Queste precipitazioni si dimostrano inferiori ai requisiti di evapotraspirazione della pianta e pertanto il risultato che si ottiene per la WF_{green} è circa un terzo di quello ottenibile con il software CROPWAT.

Questo dimostra come la metodologia di calcolo del WF non sia ancora pienamente accettata in maniera univoca dai vari esperti del settore. In particolare per quanto riguarda l'utilizzo del software sembra sensato calcolare il fabbisogno idrico della pianta con l'opzione CWR a seconda della zona di coltivazione, ma sembra più idoneo condurre il calcolo successivo delle componenti WF_{blue} e WF_{green} basandosi sui dati di campo rilevati direttamente dalle stazioni meteorologiche locali e dalle zone di coltivazione.

Per il calcolo della WF_{grey} in tutti gli studi di *water footprint* finora effettuati si assume come base per il calcolo dell'inquinamento idrico un volume di lisciviazione di azoto pari a 10% del tasso di fertilizzanti applicati (in kg / ha / anno), come specificato anche nel metodo Hoekstra e Chapagain, (2008). Per il calcolo della *grey* WF è necessario anche disporre della concentrazione massima ammissibile di azoto e della concentrazione di fondo naturale di N nell'acqua utilizzata per la diluizione, che viene sempre assunto essere trascurabile.

Per calcolare l'acqua di diluizione (*grey* WF), da agricoltura e orticoltura, sono necessari i dati dei produttori che generalmente non sono consapevoli delle emissioni effettive di fertilizzanti e pesticidi dalle loro proprietà. Pertanto, in tutti gli studi analizzati dati relativi all'applicazione di fertilizzanti azotati sono ottenuti a livello nazionale dal database FERTISTAT mentre l'effetto dell'uso di altri nutrienti, pesticidi e diserbanti per l'ambiente non viene mai analizzato.

Una differenza importante che si osserva dal confronto tra i diversi casi studio è il diverso limite di azoto in acqua, a seconda che sia quello utilizzato negli USA (US-EPA) oppure quello europeo (Direttiva Nitrati, 1991). Se normalizzati e confrontati, il limite europeo (50 mg/litro di NO_3) risulta maggiore di 5 mg/l rispetto a quello americano che, rapportato ai nitrati, diviene di 45 mg/litri all'incirca.

Questo fa sì che quando si utilizzi il limite imposto dalla UE il volume di acqua della *grey* WF sia leggermente inferiore rispetto a quello calcolato utilizzando il limite della US EPA, pari a 10 mg/litro misurato come azoto.

5.6.4 Water Footprint di processo

Nel calcolo del WF di processo in tutti i casi studio i volumi sono stati distinti tra le diverse operazioni distribuendo i prelievi tra i vari processi in base all'utilizzo in pianta dell'acqua, mediante misura con i contatori o attraverso le piante dei consumi idrici.

Quando tutta l'acqua di processo viene re-immessa nel bacino da cui è stata prelevata dopo trattamento si considera nulla la WF_{blue} .

Per i sistemi di produzione in fabbrica, i dati raccolti hanno incluso i fattori di conversione del prodotto (ad esempio kg di produzione per kg di ingresso), l'utilizzo di acqua di processo, il volume, la qualità e la destinazione delle acque reflue scaricate (Nestlé®). Le acque di scarico provenienti dalle fasi di produzione vengono trattate in un impianto di trattamento delle acque reflue comunali fino a che le concentrazioni di sostanze chimiche negli effluenti dell'impianto di trattamento delle acque reflue sono uguali e in alcuni casi addirittura inferiore alla concentrazione naturale nel corpo idrico ricevente. Con questo presupposto, in tutti gli studi analizzati la componente grigia dell'impronta acqua operativa è praticamente zero.

5.6.5 Valutazione degli impatti

Gli obiettivi per i quali viene effettuata l'analisi di water footprint condiziona in genere anche il metodo con cui gli impatti delle stesse vengono valutati.

Quando si valuta l'impatto provocato dall'attività agricola tutti gli studi distinguono tra la parte di acqua piovana e la parte di acqua utilizzata nell'irrigazione.

Poi in presenza di irrigazione gli studi valutano l'efficienza dell'irrigazione misurando il rapporto tra l'acqua effettivamente fornita alla coltura rispetto alla sua capacità di assorbimento da parte della pianta.

I casi studio utilizzano per la valutazione degli impatti il WUPC (Aldayae Hoekstra, 2009) o il WSI (Pfister, 2009): per ottenere il rapporto tra prelievo di acqua e disponibilità di acqua fornito da Smakhtin ed Alcamo si utilizza il software WaterGAP2, che consente di mappare lo stress idrico nelle zone di interesse.

Lo studio Ridoutt, essendo uno studio comparativo, raffronta le WF di due diversi prodotti prima sul piano semplicemente volumetrico e quantitativo e successivamente anche attraverso il fattore di caratterizzazione di Pfister (Pfister, 2009), che inverte i risultati ottenuti dal semplice indicatore volumetrico WF. Questo studio è il primo e finora l'unico ad avere utilizzato il Pfister WSI per identificare gli hotspot dove si verificano le WF.

Nello studio della Nestlé® (Chapagain e Orr, 2010) l'impatto viene misurato in maniera ancora

diversa. La misura di scarsità delle acque dolci superficiali, infatti, viene espressa in termini di WEI (*Water Extraction Index*), indice di sfruttamento delle acque. Per quanto riguarda la valutazione della WF_{green} , lo studio effettuato dalla Nestlé® valuta l'impatto sulla base della media delle precipitazioni annue nella zona di coltivazione.

In tutti i casi la componente agricola è quella con il maggiore apporto alla WF e soprattutto dove l'irrigazione è maggiore è maggiormente rilevante la WF.

In generale la valutazione degli impatti delle water footprint di prodotto si concentra sulle impronte associate alla fase agricola della produzione le cui impronte in tutti gli studi effettuati superano il 90 % dell'impronta idrica totale di prodotto.

Capitolo 6

Water Footprint di prodotto biologico

Gli strumenti descritti nel capitolo precedente vengono ora applicati ad un caso studio.

Oggetto dell'analisi è un prodotto biologico a base di frutta e obiettivo dello studio è quello di quantificare gli impatti sulla risorsa idrica che si verificano in tutto il processo di produzione con una prospettiva *from cradle to gate*.

Allo stato attuale della ricerca non sono presenti in letteratura studi di water footprint (WF) effettuati in Italia o su prodotti italiani. Non esiste ancora una norma internazionale approvata dalla comunità scientifica che fornisca delle regole chiare in materia di WF. Per queste ragioni il presente lavoro può essere definito come studio pilota. Per il calcolo dell'indicatore si è seguito il metodo fornito da Chapagain e Hoekstra (Manual of Water Footprint, 2009; cfr. Capitolo §3), mentre le assunzioni e le ipotesi di lavoro adottate sono coerenti con quelle adottate in casi studio analoghi pubblicati in letteratura.

A differenza degli studi precedenti, in questa analisi piuttosto che basare l'analisi sulle statistiche, si sono utilizzati dei dati rappresentativi delle catene di fornitura ed associate al prodotto, seguendo un approccio simile a quello descritto per il carbon footprint in PAS2050 (BSI, 2008).

Il prodotto oggetto dell'analisi è particolarmente significativo ai fini dell'applicazione del Water Footprint, in quanto la sua catena di fornitura prevede una fase di produzione agricola da agricoltura biologica. Tutti gli studi di WF presenti in letteratura sono rivolti a prodotti alimentari derivati da agricoltura (cfr. Capitolo 5), tuttavia nessuno di loro è rivolto ad un prodotto biologico. Questo permette di effettuare un confronto tra i risultati ottenuti e di testare la validità dell'indicatore WF per il caso particolare.

Nella conduzione dello studio di WF vi sono tre fasi principali tra loro interconnesse:

- la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione;
- l'analisi dell'inventario e calcolo dell'impronta idrica;

- la valutazione dell'impronta idrica.

Innanzitutto bisogna sottolineare che ci sono delle limitazioni alla metodologia del water footprint in quanto non esiste una norma che regoli il calcolo proposto da questo studio e pertanto questa metodologia soffre di soggettività nella scelta dei confini del sistema e nelle fonti dei dati. Dall'analisi degli studi effettuati finora e presenti in letteratura, si è visto come la disponibilità e l'accessibilità dei dati, nonché la loro qualità, influenzano la precisione dello studio di WF (ad esempio mancanza di dati, loro tipologia, livello di aggregazione, valori mediati o specifici per un sito).

Per quanto riguarda la valutazione degli impatti, quest'ultima in particolare merita un discorso a se stante. Attualmente non esiste una metodologia univocamente determinata per la valutazione degli impatti associati alla gestione della risorsa idrica (vedi Capitolo §4).

Per questi motivi, i risultati di uno studio di WF possono condurre a una conclusione che non sia né unica né generale. Variando i confini di sistema o modificando le ipotesi e le assunzioni alla base del calcolo o ancora utilizzando dati da fonti diverse è possibile ottenere risultati finali differenti. Ciò non toglie, tuttavia, che l'analisi WF rimanga rappresentativa dell'impronta idrica del prodotto considerato, una volta che tutte le assunzioni siano dichiarate in maniera esplicita.

Per valutare concretamente la rappresentatività del risultato finale, in questo lavoro si è cercato di valutarne la sensibilità rispetto alla variazione di alcune assunzioni e di alcuni dati utilizzati nel calcolo, soprattutto per la fase agricola di produzione.

6.1 Presentazione dell'azienda e del prodotto

Il prodotto alimentare scelto per l'analisi è prodotto negli stabilimenti Rigoni di Asiago.

6.1.1 Presentazione dell'azienda

La Rigoni di Asiago ha sede nell'altopiano di Asiago e svolge attività di produzione e commercio nel mercato alimentare proponendo prodotti provenienti esclusivamente da agricoltura biologica. Alla tradizionale produzione di miele, l'azienda ha affiancato con successo la marmellata Fior di Frutta[®], il dolcificante naturale DolceDi[®], la crema di nocciole Nocciolata[®], e la frutta pronta all'uso Fruttosa[®]. Questi prodotti attualmente sono esportati in tutta Europa e negli Stati Uniti. RdA (Rigoni di Asiago) da molti anni è attiva nel campo della eco sostenibilità a cominciare dal tipo di coltivazione biologica per gli ingredienti di tutti i suoi prodotti, passando attraverso le politiche di risparmio energetico e di riduzione degli impatti delle sue attività. La scelta del biologico è nata nel 1992 e comporta un risparmio dal punto di

vista energetico, che tutela l'ambiente rispetto al metodo di coltivazione convenzionale, perché non utilizza pesticidi tossici e fertilizzanti che rovinano il suolo ed inquinano l'acqua e l'aria, e mantiene il livello di sostanza organica nel terreno. Non utilizzando prodotti chimici inquinanti, minori quantità di nitrati e fosforo raggiungono la falda freatica. Inoltre la filtrazione dell'acqua è migliore nei sistemi biologici. L'agricoltura bio infine sostiene un livello maggiore di biodiversità, con grande vantaggio per le specie che hanno subito significative riduzioni.

Per ottimizzare il processo produttivo, negli ultimi 15 anni l'azienda Rigoni di Asiago si è adoperata per realizzare una propria filiera, in modo da controllare completamente il percorso produttivo, dalla coltivazione della materia prima fino al confezionamento del prodotto finito. Lo schema della filiera di prodotto consente di visualizzare tutti i passaggi ai quali viene sottoposta la frutta a cominciare dalla fase di coltivazione e raccolta che si svolge in Bulgaria nelle zone di Pazardjick e nella provincia di Montana nella zona di Bergovitska. L'ampia disponibilità di superfici agricole, unite ad un clima particolarmente vocato alla coltivazione di piccoli frutti e di numerose varietà di piante da frutto, hanno fatto preferire la Bulgaria ad altre nazioni dell'Est Europa. Attualmente le due società bulgare che fanno parte del gruppo RdA, (Ecoterra e Ecovita), realizzano il ciclo completo della produzione agricola, dalla messa in vivaio delle piante (Ecoterra), alla coltivazione delle piantagioni (Ecoterra), fino alla surgelazione della frutta raccolta (Ecovita). Vengono lavorate annualmente circa 3000 tonnellate di frutta fresca trasformata in semilavorato surgelato.

Le località bulgare coinvolte nell'attività produttiva e di trasformazione sono situate nella provincia di Montana, nei pressi del confine con la Serbia, e nella zona di Pazardjik, fiorente luogo agricolo tra Sofia e Plovdiv, i centri più importanti della Bulgaria.

Il progetto oggi interessa oltre 2.000 ettari complessivi di colture esclusivamente biologiche. In queste zone la frutta viene coltivata parzialmente al coperto e parzialmente allo scoperto.

Nel 2007 è stato dato il via a un ambizioso progetto di piantagione di mele biologiche che si svilupperà su una superficie di circa 400 ha, in un impianto di oltre un milione di piante di mele, con una produzione che a regime fornirà oltre 20.000 tonnellate di mele biologiche. A Pazardjik sorge il moderno stabilimento di cernita, pulizia e surgelazione dei prodotti che dispone di un'area di oltre 12.000 mq, di cui circa 4.000 coperti. La capacità produttiva attuale è di circa 3.000 tonnellate annue, mentre le celle frigorifere di stoccaggio a bassa temperatura hanno una capienza superiore alle 600 tonnellate.

Tutte le attività agricole e di trasformazione in Bulgaria vengono svolte secondo le regole dell'agricoltura biologica e sono controllate dalla QC&I International Services, uno degli enti di

certificazione riconosciuti dalla UE. Per garantire, a se stessa e al consumatore, il controllo del ciclo completo della produzione biologica, la Rigoni di Asiago si sottopone ai rigorosi controlli degli Enti di certificazione.

Oltre alla filiera di produzione in Bulgaria, la Rigoni di Asiago ha implementato una filiera di frutta biologica anche in Italia, stipulando degli accordi pluriennali di collaborazione con agricoltori di fiducia, i quali forniscono numerose varietà di frutta biologica di alta qualità, acquistata in quantità superiore alle 2000 tonnellate annue.

Lo stabilimento produttivo in Italia, è situato a Foza sull'Altopiano degli Otto Comuni, sorge in un contesto alpino naturalistico incontaminato, nel quale sono installati impianti a ridotto consumo energetico. Le linee di produzione sono state costruite in Italia e per alcune di esse si tratta di prototipi eseguiti appositamente per la Rigoni di Asiago, esclusivi e coperti da brevetto. Qui arrivano ogni anno oltre 6000 tonnellate di frutta.

A Foza il ciclo è completamente automatizzato, nonché monitorato attraverso computer che comandano le macchine. Ogni operazione viene registrata su computer per avere tracciabilità, sia delle materie prime utilizzate sia del processo di trasformazione. Per molti prodotti, la gran parte dei processi di trasformazione viene effettuata a bassa temperatura, per mantenere al meglio le caratteristiche organolettiche e i nutrienti della frutta. Il centro produttivo di Foza è in grado di produrre ogni ora oltre 18 mila vasetti di prodotto finito.

A dimostrazione concreta dell'impegno per una produzione ecosostenibile, nello stabilimento funziona un impianto di cogenerazione a metano, al fine di ridurre di oltre il 50% il consumo di combustibile, e il centro produttivo ha ottenuto la certificazione ambientale Emas 14000. Dopo la produzione, si prosegue con l'etichettatura, che contiene tutte le informazioni necessarie all'individuazione della tracciabilità, non solo delle materie prime utilizzate, ma anche del processo di trasformazione effettuato. Il prodotto finito viene successivamente trasportato ad Albaredo d'Adige, nel veronese, area situata in una posizione strategica per i trasporti, dove il grande e automatizzato polo logistico della Rigoni di Asiago provvede allo stoccaggio, cioè alla chiusura della filiera. Sorto per far fronte al crescendo dell'azienda, l'innovativo polo logistico sorge su un terreno di 25.000 metri quadrati di superficie. Ed è composto da un magazzino automatizzato, da un modernissimo frigo e dall'area destinata alle operazioni di carico-scarico.

Il polo ha una capacità di stoccaggio di 5.500 pallets, cioè di 6 milioni di vasetti, ed è dotato di una tecnologia altamente all'avanguardia.

6.1.2 Scelta del prodotto

Come oggetto di studio è stato scelto uno dei prodotti maggiormente commercializzati da Rigoni di Asiago, la confettura a base di fragole. Il Fior di Frutta® è una confettura ottenuta dalla cottura a bassa temperatura delle fragole.



Figura 6.1. Prodotto oggetto di studio ed etichetta identificante gli ingredienti principali.

La peculiarità dei prodotti Rigoni di Asiago, compresa Fior di Frutta è l'utilizzo di ingredienti biologici e l'utilizzo di un dolcificante naturale estratto dalle mele al posto dello zucchero. Gli ingredienti della confettura a base di fragole sono variabili a seconda del contenuto zuccherino delle fragole raccolte che può variare da stagione a stagione. Per l'analisi che si vuole effettuare si è considerato un contenuto di succo di mele del 40% ed un contenuto in fragole del 60%. In aggiunta a questi due ingredienti principali vi è anche uno 0,5% di pectina un addensante gelificante estratto dalla frutta che viene aggiunto alla confettura. Questo ingrediente viene considerato un'aggiunta rispetto alle percentuali del succo di mele e delle fragole. La scelta è ricaduta su questo prodotto particolare perché la filiera è interamente controllata dalla Rigoni di Asiago e questo favorisce la reperibilità dei dati necessari all'analisi.

Il miglioramento della gestione di questo prodotto offre all'impresa importanti opportunità di gestione dei consumi idrici e costituisce un risultato immediatamente spendibile nei confronti del pubblico per rafforzare l'immagine di un'azienda attiva nella pratica della produzione ecocompatibile e attiva nella gestione delle problematiche ambientali che possono essere connesse alla produzione di un prodotto in tutte le sue fasi e in tutti i suoi aspetti.

I principali ingredienti e componenti del packaging della confezione sono riportati in Tabella 6.1

Tabella 6.1. *Principali componenti del prodotto oggetto di studio*

Prodotto	Confezione da 330 g di confettura di frutta
Ingredienti per 1 kg di prodotto	Fragole (600 grammi)
	Dolcificante (400 grammi)
	Addensante in tracce (pectina, 0,5% in massa)

6.2 Schema di processo per il calcolo del WF

Gli studi e la metodologia proposta per il Water Footprint (Hoekstra e Chapagain, 2009) prevede la costruzione della mappa di processo, che include tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto, dalla coltivazione delle materie prime fino alla fase di distribuzione e vendita al consumatore.

Le fasi del processo di produzione sono essenzialmente tre: la fase agricola di coltivazione, la fase di cernita pulizia e surgelamento della frutta ed il processo di trasformazione della frutta in confettura ed il confezionamento finale.

Queste fasi di processo sono collegate tra loro attraverso i trasporti e la distribuzione.

Quello che si è definito come confine di analisi include tutti i flussi maggiori di acqua dolce per ciascuna delle fasi citate.

L'ingrediente principale della confettura sono le fragole che vengono coltivate esclusivamente in Bulgaria nelle due regioni Pazardjick e di Berkovitza. Nella fase di coltivazione in Bulgaria la fragole viene coltivata su una superficie di 47 ettari ripartiti tra 34 ettari situati a Berkovitza e 13 ettari situati a Pazardjick. La fase di coltivazione del fragole in Bulgaria avviene totalmente all'aperto. La coltivazione delle fragole ha un ciclo biennale che include la semina lo sviluppo e la raccolta dei frutti. Alla fase di coltivazione segue una fase di lavorazione primaria nello stabilimento Pazardjick dove la frutta viene lavorata, cernita e surgelata. Successivamente la frutta surgelata viene trasportata su strada fino allo stabilimento di Foza per la fase di cottura, filtrazione ed invasettamento. La frutta viene cotta a bassa temperatura e la fornitura di energia per le operazioni di produzione vengono fornite da un impianto di cogenerazione a metano che produce elettricità e calore. L'acqua utilizzata nel processo di cottura è acqua potabile e accanto a questo tipo di acqua viene utilizzata anche l'acqua per il fluido di servizio termico e per il lavaggio dei macchinari. In questa fase del processo intervengono anche gli altri ingredienti della confettura che non sono prodotti direttamente dalla Rigoni di Asiago che sono la pectina ed il succo di mele de aromatizzato. Dopo il mescolamento degli ingredienti nelle proporzioni stabilite la confettura viene confezionata in contenitori sterili e sigillata per essere trasportata al centro di distribuzione di Albaredo d'Adige da dove viene consegnata ai venditori al dettaglio di

tutta Italia e di tutta Europa. Le fasi del processo così come sono state presentate sono illustrate in figura 6.2.

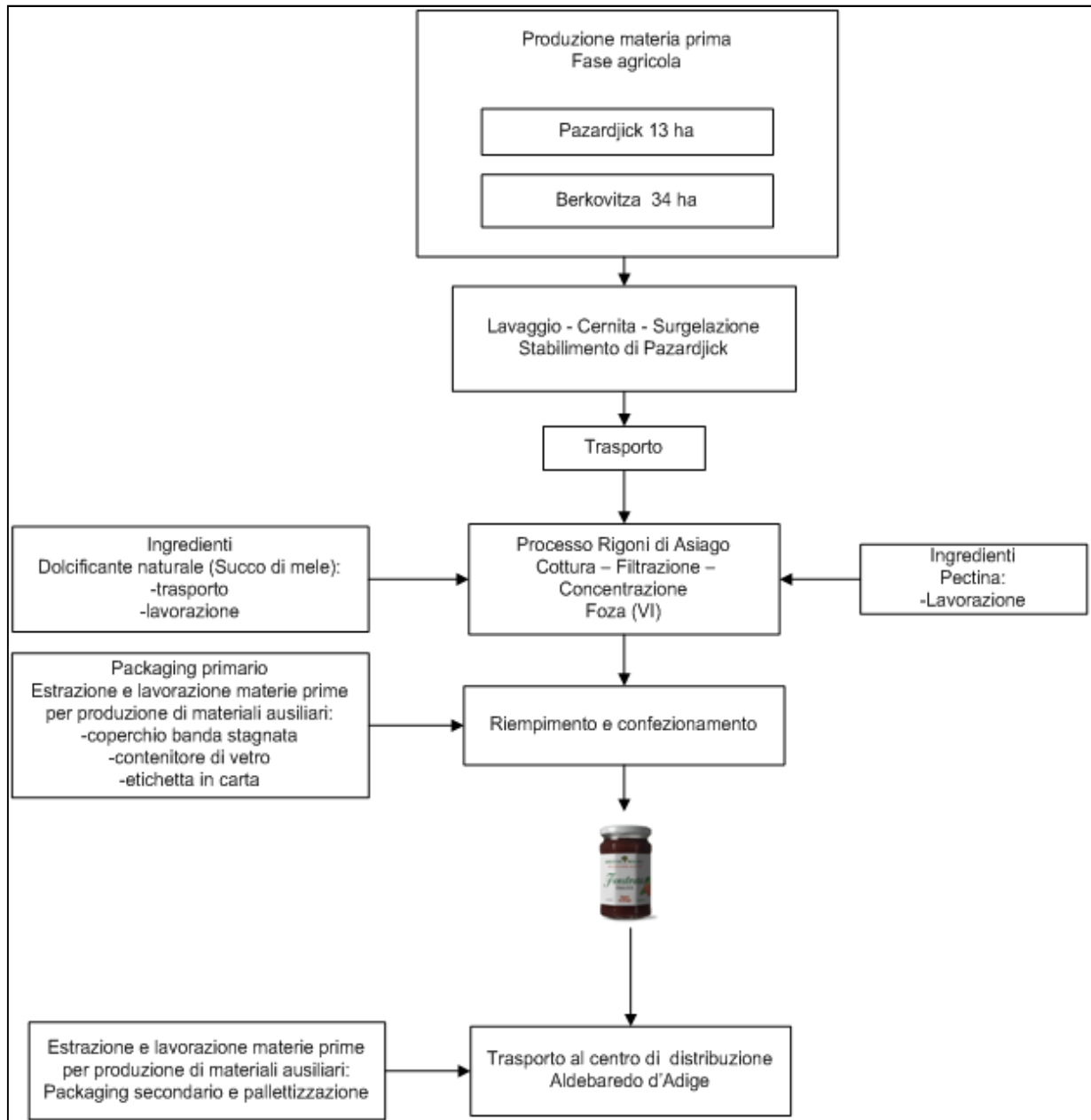


Figura 6.2 - Livelli di calcolo del WF per differenti passaggi lungo la catena di fornitura del prodotto

6.3 Assunzioni e ipotesi per il calcolo dell'indicatore

L'obiettivo di questo studio è quello di calcolare tutte le WF della confettura da agricoltura biologica. Per fare questo è necessario reperire i dati dei flussi di acqua che entrano ed escono dal sistema prodotto.

I criteri adottati nella raccolta dei dati e nella preparazione dell'inventario sono riportati di seguito:

- il dettaglio temporale scelto è funzionale al prodotto da analizzare, raccogliendo i dati relativi all'intero ciclo di produzione per un lotto di confettura Fior di Frutta[®]. Questo periodo temporale include la fase agricola di coltivazione e il momento di produzione e confezionamento fino all'arrivo nel centro di smistamento e distribuzione. Questo arco di tempo di circa 15 mesi, a partire dal trapianto delle fragole fino all'arrivo del prodotto nello scaffale di vendita;
- l'unità funzionale scelta per l'analisi è una generica confezione di marmellata o confettura Rigoni di Asiago da 330 grammi. La scelta di questa unità funzionale consente di allocare i risultati delle WF per il prodotto nel formato con cui è commercializzato,
- la scala spaziale di inclusione del prodotto, cioè l'estensione dell'analisi, relativamente ai diversi luoghi di produzione che si considerano, include sia la filiera bulgara di coltivazione e lavorazione, sia la filiera italiana di lavorazione presso lo stabilimento di Foza in provincia di Vicenza.

In base ai criteri espressi, il calcolo della WF del prodotto biologico Fior di Frutta[®] di Rigoni di Asiago è stato realizzato anche con l'obiettivo di ottenere i risultati puntuali:

- 1- Valutazione della WF della fase agricola rispetto alla WF totale, per confermare i risultati emersi dagli studi precedenti che volevano la WF della fase agricola predominante sulla WF delle altre fasi (Ridoutt, 2009; Ercin, 2009; Chapagain e Hoekstra, 2010)
- 2- Valutazione della WF overhead cioè della WF aggiuntiva, non direttamente imputabile alla produzione del prodotto considerato, ma comunque indispensabile per le attività di produzione come energia elettrica e trasporti;
- 3- Valutazione della differenza tra la WF agricola calcolata per un prodotto da agricoltura biologica ed un prodotto coltivato nelle medesime caratteristiche con agricoltura tradizionale;
- 4- Valutazione dell'impatto dell'impronta idrica sulla base di un modello proposto da Pfister (2009) (cfr. Capitolo §4): la valutazione degli impatti ricopre un ruolo fondamentale all'interno di questo studio in virtù dello stato dell'arte ed è considerato come obiettivo

dell'analisi in quanto si tratta del primo studio di WF che va oltre la fase di caratterizzazione dei risultati giungendo ad un risultato *endpoint* per la valutazione degli impatti.

Le unità di processo e i flussi che dovrebbero essere presi in considerazione sono identificati sulla base degli studi effettuati in precedenza, della metodologia del water footprint e del ruolo che ha l'acqua in ciascuno di essi. In prima analisi si cerca di effettuare un calcolo ampio per inquadrare la situazione e l'importanza relativa di ciascuna fase del processo produttivo e dei relativi flussi elementari. Le unità di processo, incluse nel sistema prodotto allo studio, seguono le leggi di conservazione di massa e energia.

Le fasi incluse nell'analisi e le assunzioni che sono state fatte sulla base dello stato della ricerca sono presentate di seguito.

6.3.1 Fase agricola

La fase agricola per la produzione degli ingredienti è fondamentale in tutti gli studi di WF applicati a prodotti di largo consumo (crf. Capitolo §5).

In particolare la produzione agricola del Fior di Frutta[®] coinvolge la coltivazione di fragole utilizzate come ingrediente principale e la coltivazione di mele da cui si estrae il succo utilizzato come dolcificante. Per entrambe le coltivazioni viene utilizzato il software CROPWAT come raccomandato da Chapagain e Hoekstra (Manual of Water Footprint, 2009). I dati meteorologici utilizzati per il calcolo dell'evapotraspirazione di riferimento sono prelevati direttamente dalle stazioni di rilevamento meteorologico utilizzate nelle stazioni agricole di Berkovitsa e Pazardjik. I dati primari costituiscono un punto importante per il calcolo preciso delle impronte associate alla fase agricola, laddove in tutti gli studi presentati in letteratura, questo tipo di dati deriva da calcoli effettuati da software o da medie di dati forniti da stazioni meteorologiche posizionate in zone diverse da quella di coltivazione.

Tutti gli studi presentati al Capitolo 5, esclusi quelli sui prodotti Dolmio[®] e M&M's[®] condotti da Ridoutt (2009), non utilizzano dati primari per il calcolo dell'apporto dei volumi di irrigazione e per l'applicazione dei fertilizzanti (crf. paragrafo §5.6), ma piuttosto fanno riferimento ai dati forniti da banche dati ufficiali per il calcolo del Water Footprint.

Al contrario in questo studio si sono valutate le due opzioni all'interno del software CROPWAT (CWR e IS, crf. Capitolo §3) e successivamente si sono confrontati questi risultati con quelli ottenuti dai dati primari dei volumi utilizzati per l'irrigazione. Sul modello utilizzato da Ridoutt nel suo studio (2009, crf. paragrafo §5.4) i volumi di irrigazione forniti dagli agronomi della

RdA sono stati confrontati con le richieste di evapotraspirazione delle colture calcolate attraverso CROPWAT e basate sui dati meteorologici diretti. Questo ha permesso di valutare come si ripartisce effettivamente l'impronta tra la componente di acqua superficiale stanziata per l'irrigazione e la parte di richiesta di evapotraspirazione delle colture, che viene soddisfatta dalle precipitazioni efficaci. Sul modello del calcolo effettuato da Ridoutt si considera un'efficienza di irrigazione a seconda del tipo di sistema utilizzato. Per il calcolo delle impronte idriche vengono presi in considerazione soltanto i volumi effettivamente assorbiti dalle piante, la percentuale di acqua che non viene evapotraspirata si assume ritorni nel sistema idrico dal quale era stata prelevata non costituendo pertanto una voce all'interno della contabilità delle impronte idriche. Poiché il tipo di irrigazione (cioè la sua efficienza) risulta determinante sulla ripartizione delle impronte idriche nelle sue componenti principali (blue e green) si è voluto misurare la sensibilità delle impronte idriche della fase agricola rispetto al tipo di irrigazione che viene utilizzato. Questo tipo di analisi di sensibilità dei risultati rispetto alle assunzioni effettuate non ha precedenti nelle pubblicazioni presenti in letteratura e fornisce dei risultati utili dal punto di vista pratico del calcolo del WF.

Le acque di diluizione associate alla coltivazione biologica sono pari a zero non essendo utilizzati fertilizzanti chimici o pesticidi. Tuttavia anche in questo caso si è voluto effettuare un confronto per valutare la rappresentatività dell'indicatore rispetto a due metodi differenti di coltivazione (biologico e convenzionale). Infatti non sono presenti in letteratura studi di Water Footprint comparativo per agricoltura biologica e convenzionale. I risultati hanno dimostrato la validità dell'indicatore Grey WF per il calcolo dell'impatto quantitativo sulla risorsa idrica dovuto all'utilizzo di sostanze chimiche, espresso come volume di acqua impiegata per diluire gli inquinanti.

Un ultimo aspetto di innovazione che viene introdotto in questo studio è il calcolo dell'impronta derivante da alcune attività collegate con la coltivazione delle materie prime e degli ingredienti: il carburante consumato per l'aratura del terreno e la preparazione del suolo, l'elettricità utilizzata per l'irrigazione delle colture, ed ancora il carburante utilizzato per trasportare il raccolto dalla zona di coltivazione allo stabilimento di lavaggio, cernita e surgelazione situato a Pazardjik. Simili input nel calcolo dell'impronta idrica e dovuti alla fase agricola sono sempre stati trascurati nei calcoli presentati finora in letteratura. In questo studio essi sono stati inseriti nella voce WF indiretto di processo, all'interno della fase lavorazione.

6.3.2 Fase di lavorazione

La fase di lavorazione include i consumi di acqua diretti ed indiretti. I consumi diretti sono quelli imputabili alle acque utilizzate per il lavaggio della frutta nello stabilimento di Pazardjick e per la surgelazione, per il lavaggio dei macchinari nello stabilimento di Foza e per la pastorizzazione dei vasi una volta pronti. I dati per il calcolo di questa fase sono stati ottenuti direttamente dalla RdA.

I consumi indiretti considerano l'utilizzo dei volumi di acqua imputabili alle attività collegate con il processo di lavorazione. In questo studio sono state incluse le seguenti attività indirette:

- approvvigionamento e fornitura di energia elettrica per il funzionamento dei macchinari dello stabilimento di Pazardjick e per lo stabilimento di lavorazione di Foza;
- consumo di gas metano per processi di cogenerazione dello stabilimento di Foza;
- consumo di carburante utilizzato nella preparazione del terreno per la fase agricola di coltivazione nelle stazioni agricole di Pazardjick e Berkovitsa;
- consumi di energia elettrica per l'irrigazione delle colture.

Queste componenti sono state valutate dettagliatamente sul modello dello studio effettuato da Ercin (2009) per la produzione di una bottiglia da mezzo litro di Coca-Cola[®]. Nel suo studio Ercin calcola i consumi di energia elettrica, di gas e di carburante all'interno della voce WF *overhead*, imputando queste componenti all'attività di produzione complessiva dello stabilimento e non al singolo prodotto. L'allocazione viene fatta sulla base della frazione del valore dei prodotti in uscita dallo stabilimento (cfr. paragrafo §3.3, cfr. paragrafo §5.3).

Al contrario in questo studio queste componenti vengono inserite all'interno della voce WF di processo suddividendo gli utilizzi di acqua tra quelli diretti ed indiretti.

Questo è stato possibile perché grazie alla qualità dei dati forniti da Rigoni, si è potuto imputare il consumo al prodotto specifico (Fior di Frutta[®]) senza ricorrere ad allocazioni economiche basate sul valore del prodotto, ma piuttosto allocando i consumi direttamente su base quantitativa, ottenendo dei risultati esatti e maggiormente rappresentativi dei consumi effettivamente imputabili al Fior di Frutta[®].

I dati del calcolo delle componenti indirette (energia, gas, carburante) sono stati basati sui risultati ottenuti dall'analisi delle banche dati Ecoinvent all'interno del software SigmaPro considerando i flussi di materia e di energia per ciascuna attività (cfr. paragrafo §6.6).

Questo studio presenta per la prima volta il calcolo esplicito delle impronte idriche associate alle attività indirette segnalando e presentando in maniera esplicita i dati utilizzati ed i riferimenti adottati per il calcolo (cfr. Appendice B).

Negli studi presentati in precedenza le fonti dei dati per il calcolo dell'impronta idrica delle attività ausiliarie come packaging, trasporti ed approvvigionamento energetico, non sono mostrate esplicitamente. Questo rende particolarmente valido e degno di nota il risultato dello studio effettuato sul Fior di Frutta[®], in virtù del metodo esplicito e dei dati confrontabili utilizzati per il calcolo dell'indicatore Water Footprint, collegato alle attività indirette di processo (*overhead*).

Per quanto riguarda la Grey WF tutti gli studi analizzati al Capitolo 5, trascurano il calcolo di questa componente per le acque reflue di processo e di lavorazione. Infatti quando le acque di processo sono destinate ad impianti di depurazione delle acque, si ritiene che esse non abbiano un impatto dal punto di vista dell'uso degradativo ma esclusivamente dal punto di vista dell'astrazione di volumi di acqua dal sistema idrico naturale, secondo la definizione di Water Footprint (Chapagain e Hoekstra, 2009). Per il calcolo delle acque di diluizione associate alla lavorazione del Fior di Frutta[®] si è utilizzata la medesima assunzione.

6.3.3 Packaging e confezionamento

Il packaging primario ha incluso il calcolo dell'impronta idrica collegata a:

- tappo in acciaio stagnato;
- contenitore in vetro bianco;
- etichetta in carta.

Per quanto riguarda il packaging, tutti i casi studio analizzati al Capitolo 5 del presente lavoro, quantificano l'impronta per questa componente della catena di prodotto. Tuttavia vale il discorso fatto già per il calcolo dell'impronta indiretta della fase di lavorazione, non esistono cioè dati precisi a cui fare riferimento né metodologie di calcolo esplicite. In questo senso l'utilizzo di riferimenti espliciti (anche dati Ecoinvent) costituisce un'assoluta novità all'interno del panorama dei casi studio di Water Footprint di prodotto. Inoltre, al contrario di quanto presente in letteratura, le componenti dell'imballaggio e le materie prime utilizzate nella produzione sono identificate in maniera precisa ed il calcolo viene effettuato sulla base dei pesi riportati per le varie componenti che costituiscono la confezione.

6.3.4 Trasporti e imballaggi secondari

La valutazione dei trasporti e degli imballaggi secondari è presente nello studio di SABMiller. Tuttavia ancora una volta non è rintracciabile la fonte dei dati e soprattutto non viene specificato il tipo di trasporto ed il tipo di imballaggio considerato.

Soltanto lo studio di Ercin (2009) relativo alla bottiglia da mezzo litro di CocaCola® fornisce i dati circa il tipo di imballaggio considerato, il tipo di allocazione effettuato per l'imballaggio, e le tre componenti dell'impronta idrica del materiale di imballaggio secondario.

Lo studio per il prodotto Rigoni di Asiago ha utilizzato le informazioni dello studio di Ercin per allocare le impronte idriche degli imballaggi secondari al prodotto finale. In particolare si sono considerati le seguenti componenti associate al trasporto:

- consumo di carburante;
- pallet in legno;
- imballaggio in cartone (monospessore e doppio spessore).

L'imballaggio ed il trasporto intervengono nella filiera del prodotto nel trasporto delle materie prime per la lavorazione dallo stabilimento di Pazardjik fino allo stabilimento di Foza e nel trasporto del prodotto finito dallo stabilimento di Foza fino al centro di distribuzione di Albaredo d'Adige.

Le impronte idriche delle componenti dell'imballaggio e del carburante (diesel) sono calcolate a partire dai flussi di materia e di energia presenti nei moduli delle banche dati Ecoinvent (cfr. paragrafo 6.6 e Appendice B). Questo ancora una volta consente di ottenere dei risultati rintracciabili e pertanto confrontabili con i risultati ottenibili in altri studi sulla base di dati provenienti da fonti diverse.

6.3.5 Valutazione degli impatti.

La valutazione degli impatti all'interno di questo studio riveste un ruolo particolarmente significativo. Per la prima volta infatti si cerca di valutare l'impatto dell'impronta idrica associata al prodotto di consumo. La valutazione degli impatti è già stata proposta dagli autori del metodo Water Footprint (Chapagain e Hoekstra, 2009) attraverso l'utilizzo di indicatori che si basano sulle impronte idriche totali delle attività che si affacciano su un medesimo bacino idrico.

Tuttavia questo tipo di metodo per la valutazione delle impronte idriche non viene utilizzato in nessun caso studio presente in letteratura. Finora gli studi per il WF di prodotto si limitano a caratterizzare i risultati con dei fattori regionali in grado di tenere conto della disponibilità idrica del sistema dal quale viene estratta l'acqua utilizzata nelle varie fasi di produzione all'interno della catena di prodotto. Questo è quello che viene fatto anche da Pfister che ha elaborato il fattore di caratterizzazione WSI e ne ha testato l'applicabilità al WF di prodotto per il caso studio svolto da Ridoutt, (2009). Anche in questo studio le impronte idriche vengono pesate attraverso

un fattore di caratterizzazione che consente di misurare effettivamente i volumi di acqua in relazione alla disponibilità della risorsa.

Lo studio però non si ferma qui poiché lo stesso Pfister ed il suo gruppo di ricerca hanno messo a punto un sistema di percorso degli impatti attraverso le categorie *ecosystem quality*, *human health* e *resources*.

Il metodo prevede che le impronte che sono il risultato dell'analisi WF vengano moltiplicate per gli indici di impatto. Questo indici sono calcolati su base regionale e sono geograficamente espliciti. Il risultato che si ottiene è specifico per ciascuna categoria di impatto. Questo tipo di valutazione degli impatti associati all'impronta idrica di un prodotto non ha precedenti in letteratura e consente di valutare l'efficacia del modello per un prodotto di consumo.

In questo lavoro si valutano gli impatti lungo la filiera di produzione tra Bulgaria e Italia.

I risultati sono resi confrontabili attraverso un'operazione di aggregazione che consente di:

- valutare a quale fase o a quale componente del sistema prodotto è associabile il maggiore impatto potenziale (fase agricola, processo, fornitori, ecc.);
- per quale delle tre categorie (*human health*; *ecosystem quality*; *resources*) l'impatto risulta maggiormente determinante.

I risultati di questa analisi degli impatti sono presentati al Capitolo § 7 e consentono di prevedere che in futuro un applicazione estesa del metodo a tutti gli studi presenti in letteratura consentirebbe di confrontare gli impatti dovuti all'utilizzo di acqua in regioni climaticamente diverse e quindi con differenti situazioni idriche.

6.4 Water Footprint della fase agricola

Il calcolo dell'evapotraspirazione della fase agricola prevede il calcolo dell'acqua utilizzata per la crescita di alcuni ingredienti primari del prodotto che hanno origine agricola. Questi sono la frutta che costituisce la materia prima per la confettura, in questo caso fragole, e la frutta da cui viene estratto il dolcificante naturale, cioè le mele.

La WF_{green} e la WF_{blue} della fase agricola sono state calcolate basandosi sulla richiesta idrica di evapotraspirazione della pianta fornita dagli agronomi della Rigoni di Asiago che seguono la fase di coltivazione e le operazioni della filiera bulgara di produzione. Dalle richieste di evapotraspirazione della pianta e dall'acqua utilizzata per l'irrigazione è stato possibile calcolare la richiesta idrica della pianta soddisfatta dalle precipitazioni effettive.

Per il calcolo dell'evapotraspirazione della pianta ci si basa sui dati ricavati dalle sonde meteorologiche installate nelle prossimità delle due stazioni agricole di Pazardjick e Bergovitza.

Il fabbisogno idrico rimane lo stesso ma evidentemente a seconda della posizione geografica della coltivazione e quindi del clima varia la parte di fabbisogno idrico soddisfatto dalle precipitazioni e la parte soddisfatta attraverso l'irrigazione.

Il water footprint non è costante e varia a seconda della stagione delle condizioni climatiche più o meno favorevoli e del tipo di precipitazioni.

Secondo il modello proposto da Milà i Canals e da Ridoutt (2009), si calcola la richiesta di evapotraspirazione della pianta a partire dai dati dei volumi di acqua sotterranea e superficiali utilizzati in irrigazione, calcolando la richiesta di acqua verde come differenza tra la quantità di acqua per l'irrigazione come fatto nello studio di Ridoutt per le coltivazioni irrigue (Ridoutt, 2009).

In questo modo calcoliamo che la pianta in entrambi i casi abbia sempre a disposizione lungo tutta la durata della vita sul campo la quantità esatta di acqua di cui necessita per l'evapotraspirazione. Questo porta a sopravvalutare l'effettivo consumo di acqua perché potrebbe verificarsi che la pianta non riceva tutta l'acqua di cui ha bisogno e che ad esempio consumi meno acqua di quella teoricamente necessaria.

D'altra parte quando l'irrigazione è maggiore della richiesta di acqua da parte della pianta si trascura la parte di acqua irrigua che viene persa per scolo e lisciviazione portando ad una sottostima del consumo idrico dovuto alla coltivazione. Nel calcolo della *blue water footprint* questi due aspetti si sommano annullandosi e pertanto la metodologia di calcolo del water footprint rimane precisa ed affidabile. L'uso di 'acqua blu' si riferisce all'acqua prelevata dalle piante dal terreno per quanto riguarda l'acqua di irrigazione infiltratasi. Quest'ultima definizione fornisce una stima prudente dell'uso di acqua blu, in quanto il volume per l'irrigazione è maggiore del volume che è assorbito dalle piante. La differenza consiste nelle perdite a causa di infiltrazione o evaporazione durante il trasporto e applicazione. Questi 'perdite', tuttavia, sono nuovamente disponibili nella misura in cui riguardano le perdite per infiltrazione.

6.4.1. Evapotraspirazione di riferimento per le zone di coltivazione

In entrambe le zone di coltivazione l'acqua di irrigazione viene prelevata da un corso d'acqua superficiale, costituito da un torrente di drenaggio nella zona di Pazardjick e da un fiume vero e proprio nella zona di Berkovitza.

Il calcolo deve essere effettuato utilizzando i dati climatici della stazione di misurazione più vicina e meteorologicamente più rappresentativa, cioè situata il più vicino possibile al campo

della coltura considerata. Per il calcolo della produzione agricola in Bulgaria i dati sono stati forniti dalla RdA (www.fieldclimate.com).

Per il calcolo dell'impronta idrica della fase agricola di coltivazione si sono utilizzati due modelli presenti in letteratura all'interno del software per il calcolo dell'evapotraspirazione delle colture, descritto al Capitolo §3. Per effettuare il calcolo sono necessari dei parametri climatici. Questi parametri climatici sono stati ricavati dalla sonda meteorologica di rilevazione presente sul campo di coltivazione. I dati riportati in tabella sono quelli utilizzati all'interno del software CROPWAT (CROPWAT, 2008) per il calcolo dell'evapotraspirazione della pianta di fragole, nelle due regioni di Bergovitsa e Pazardjick.

Tabella 6.2– Località di coltivazione

<i>Località</i>	<i>Coordinate [°]</i>	<i>Altezza sul livello del mare</i>
Berkovitsa (Bulgaria)	Lat.43.21 N - Long. 23.12 E	306 metri
Pazardjick (Bulgaria)	Lat 42.20 N - Long. 24.33 E	205 metri

In Tabella 6.3 sono riportati i dati utilizzati nel calcolo dell'evapotraspirazione della fase agricola.

Tabella 6.3 – *Dati primari della fase agricola di coltivazione e raccolta per la coltivazione di fragole*

		<i>Pazardjick</i>	<i>Berkovitsa</i>
Data di trapianto		luglio -anno I	luglio -anno I
Data di raccolta		giugno –anno II	giugno –anno II
Efficienza di irrigazione		90%	90%
Ettari coltivati		13	34
Resa [t/ha]		20	20
Acqua di irrigazione [m ³ /ha]	apr-giu	40	40
	lug-set	25	25

L'evapotraspirazione viene calcolata attraverso il modello Penman – Monteith utilizzato in tutti gli studi già effettuati in precedenza e presentati al Capitolo §5 (Chapagain e Hoekstra, 2009).

La percentuale di precipitazione effettiva, cioè quella che effettivamente raggiunge le radici delle piante, varia sensibilmente nel corso dell'anno a seconda del tipo di precipitazione piovosa che si verifica, per il calcolo della precipitazione effettiva è stato assunto il modello USDA Soil Conservation che calcola la precipitazione effettiva sulla base del tipo di terreno su cui viene

condotta la coltivazione (Chapagain e Hoekstra, 2009; cfr. Capitolo §3). Per effettuare il calcolo con questo modello si sono scelti dei valori medi per una tipologia di terreno standard.

I dati riportati in Tabella 6.5 e 6.6 (Appendice A) sono visibili nei grafici seguenti (Figura 6.3 e 6.4) che confrontano l'evapotraspirazione di riferimento con le precipitazioni efficaci calcolate con CROPWAT nelle stazioni di coltivazione.

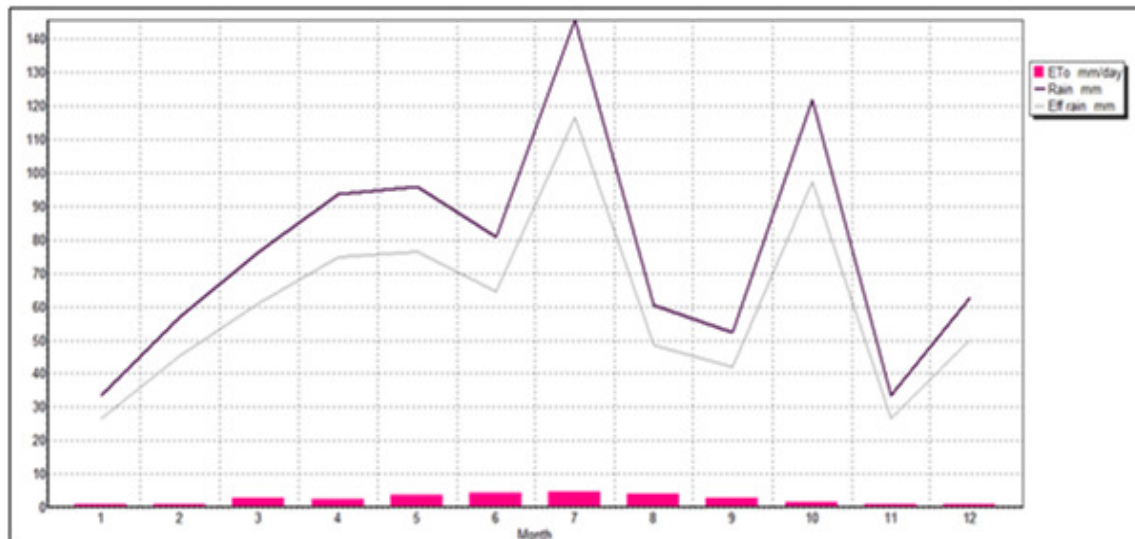


Figura 6.3 – Evapotraspirazione e precipitazioni per la stazione agricola di Berkovitsa.(CROPWAT, 2008)

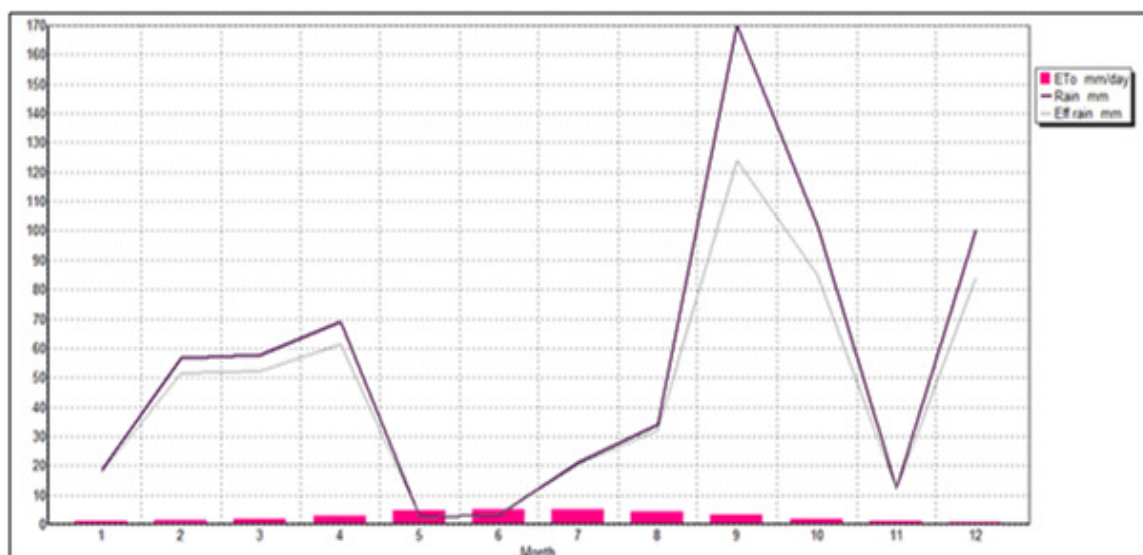


Figura 6.4 – Evapotraspirazione e precipitazioni per la stazione agricola di Pazardjick.(CROPWAT,2008)

6.4.2 Water Footprint per la coltivazione di fragole

Il ciclo di coltivazione delle fragole prevede il trapianto delle piante nel mese di luglio e la raccolta nel mese di giugno dell'anno successivo. Nel periodo invernale (da ottobre a marzo), la pianta non necessita di acqua e pertanto la sua richiesta di evapotraspirazione in questo periodo è assunta pari a 0. I mesi considerati per la produzione delle fragole si riferiscono ad un ciclo completo luglio-agosto settembre 2009 e aprile, maggio e giugno 2010, al momento della raccolta.

A causa della particolarità della coltivazione della fragole, per cui l'evapotraspirazione calcolata con il metodo Penman – Monteith differisce molto da quella reale, si suddivide il calcolo in due periodi quello iniziale successivo al trapianto che va da luglio a settembre e quello finale di maturazione che va da aprile a giugno, come già effettuato nel caso studio Chapagain e Hoekstra (Chapagain e Hoekstra, 2008).

Seguendo la metodologia riportata al Capitolo §3 si calcola la richiesta di evapotraspirazione della pianta di fragole attraverso l'utilizzo di coefficienti colturali reperiti da (Allen, 1998), quindi si calcolano le WF_{blue} e le WF_{green} , attraverso due modelli CWR e IS, successivamente si confrontano i valori ottenuti dal software CROPWAT con i volumi effettivamente utilizzati per il tipo di irrigazione utilizzato. I risultati ottenuti a partire dai dati meteorologici per la stazione di Berkovitsa sono riportati alle Tabelle 6.7 (Appendice A); 6.8; 6.9, quelli ottenuti per la stazione di Pazardjick nelle Tabelle 6.10 (Appendice A); 6.11; 6.12. I risultati ottenuti per la coltivazione delle fragole con l'opzione CWR all'interno del modello CROPWAT sono riportate in figura 6.5 per entrambe le stazioni agricole di coltivazione.

Tabella 6.8 - CWU e WF calcolate per due periodi di crescita distinti per l'opzione CWR. Località Berkovitsa

Periodo	ETc	ET _{green}	ET _{blue}	CWU _{green} [m ³ /ha]	CWU _{blue} [m ³ /ha]	Resa [ton/ha]	WF _{blue} [litri/kg]	WF _{green} [litri/kg]	WF totale [litri/kg]
Apr -Giu	259.4	230	29.5	2300	295	20	15	115	130
Lug-Sett	167.9	168	0	1680	0	20	0	84	84
Totale	427.3	398	29.5	3980	295	20	15	199	214

Tabella 6.9 -CWU e WF calcolate per due periodi di crescita distinti per l'opzione IS. Località Berkovitsa

Periodo	ETc	ET _{green}	ET _{blue}	CWU _{green} [m ³ /ha]	CWU _{blue} [m ³ /ha]	Resa [ton/ha]	WF _{blue} [litri/kg]	WF _{green} [litri/kg]	WF totale [litri/kg]
Apr- Giu	256	256	0	2560	0	20	0	128	128
Lug.-Set	166.2	166.2	0	1662	0	20	0	83.1	83.1
Totale	422.2	422.2	0	4222	0	20	0	211	211

Tabella 6.11 - *CWU e WF calcolate per due periodi di crescita distinti per l'opzione CWR. Località Pazardjick*

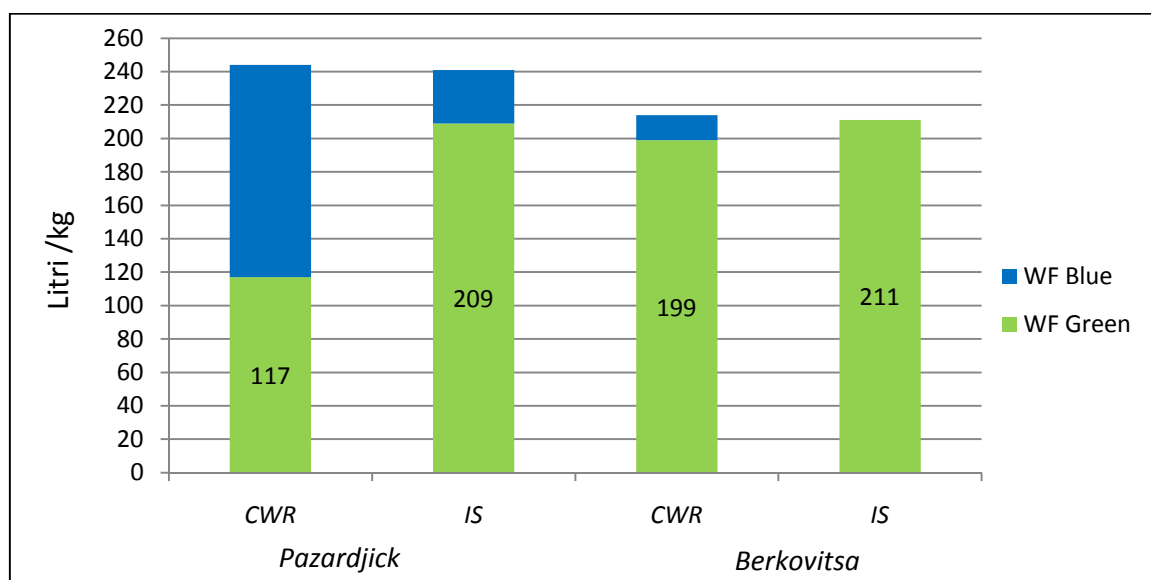
<i>Periodo</i>	<i>ET_c</i>	<i>ET_{green}</i>	<i>ET_{blue}</i>	<i>CWU_{green}</i> [m ³ /ha]	<i>CWU_{blue}</i> [m ³ /ha]	<i>Resa</i> [ton/ha]	<i>WF_{blue}</i> [litri/kg]	<i>WF_{green}</i> [litri/kg]	<i>WF_{totale}</i> [litri/kg]
Apr -Giu	306.6	67	239.6	670	2396	20	120	33.5	153.5
Lug-Sett	183.6	168.6	15	1686	150	20	7.5	84.3	91.8
Totale	490.2	235.6	29.5	1351	2546	20	127.5	117.8	245.3

Tabella 6.12- *CWU e WF calcolate per due periodi di crescita distinti per l'opzione IS. Località Pazardjick*

<i>Periodo</i>	<i>ET_c</i>	<i>ET_{green}</i>	<i>ET_{blue}</i>	<i>CWU_{green}</i> [m ³ /ha]	<i>CWU_{blue}</i> [m ³ /ha]	<i>Resa</i> [ton/ha]	<i>WF_{blue}</i> [litri/kg]	<i>WF_{green}</i> [litri/kg]	<i>WF_{totale}</i> [litri/kg]
Lug.-Set	181.3	181.3	0	1813	0	20	0	90.65	90.65
Apr-Giu	302.7	237.4	65.3	2374	653	20	32.65	118.7	151.35
Totale	484	418.7	65.3	4187	653	20	32.65	209.35	242

Nella zona di coltivazione di Pazardjick i volumi di *blue* e *green water* sono molto simili mentre nella zona di coltivazione di Berkovitsa i valori di acqua di irrigazione sono nettamente inferiori rispetto all'approvvigionamento idrico fornito dalle precipitazioni efficaci (*green water*). Al contrario i valori ottenuti con l'opzione IS sono simili e l'evapotraspirazione della pianta risulta soddisfatto quasi esclusivamente dalle precipitazioni efficaci (Figura 6.5).

La Figura 6.5 mostra la variabilità dei risultati al variare dell'opzione scelta per il calcolo dell'*ET_{blue}* e dell'*ET_{green}* della pianta.

**Figura 6.5** – *Confronto tra i modelli di calcolo Crop Water Requirement e Irrigation Scheduling per le due diverse zone di produzione agricola (Pazardjick e Berkovitsa applicati alla coltivazione di fragole.*

Questa differenza tra le impronte idriche della fase agricola tra le due opzioni all'interno del software CROPWAT è dovuta al fatto che la coltivazione delle fragole, condotta con tecniche particolari tra cui la pacciamatura e il rivestimento delle radici delle piante, richiede dei volumi di irrigazione maggiori rispetto a quelli teoricamente calcolabili attraverso il software CROPWAT.

La coltivazione delle fragole per il tipo di pianta e per il modo di conduzione della coltivazione risente quindi notevolmente del tipo di irrigazione cioè del calendario di irrigazione e della profondità di applicazione. Per valutare meglio i volumi di acqua è necessario valutare l'effetto che ha il tipo di irrigazione e la sua efficienza sull'impronta idrica imputabile alla produzione agricola di fragole.

6.4.3 Water Footprint per la coltivazione di mele

Il calcolo della richiesta idrica delle mele, come materia prima per la produzione del succo utilizzato in produzione come dolcificante, viene basata sul dato della produzione agricola avviata dalla RdA nella stazione agricola di Berkovitsa, in Bulgaria. Attualmente la fornitura del succo di mele è totalmente esterna tuttavia in futuro la produzione consentirà alla RdA di divenire completamente autonoma per l'approvvigionamento di questo ingrediente fondamentale. I risultati ottenuti dal modello CROPWAT per la richiesta di evapotraspirazione della pianta di mele sono riportati in Tabella 6.13 e Tabella 6.14 (Appendice A). Il dato calcolato è realistico nonostante la zona geografica di coltivazione delle mele utilizzate dai fornitori, che producono il succo di mele, non sia la medesima. I coefficienti culturali utilizzati per il calcolo della richiesta di evapotraspirazione della pianta variano a seconda del tipo di terreno su cui cresce la pianta di mele. Si noti che il tipo di terreno influisce sulla richiesta idrica delle colture attraverso il coefficiente culturale (K_c , Allen, 1998).

In Tabella 6.15 e 6.16 sono riportate le impronte idriche per la coltivazione delle mele nella filiera bulgara, per le due opzioni di calcolo IS e CWR.

Tabella 6.15 - CWU e WF calcolate per due tipi di terreno (inerbito e lavorato) con l'opzione CWR. Località Berkovitsa, coltivazione: melo.

<i>Terreno</i>	<i>ET_c</i>	<i>ET_{green}</i>	<i>ET_{blue}</i>	<i>CWU_{green}</i> [m ³ /ha]	<i>CWU_{blue}</i> [m ³ /ha]	<i>Resa</i> [ton/ha]	<i>WF_{blue}</i> [litri/kg]	<i>WF_{green}</i> [litri/kg]	<i>WF_{totale}</i> [litri/kg]
Inerbito	574.7	441.4	133.3	4414	1333	30	44.4	147	191.4
Lavorato	445.4	441.4	4	4414	40	30	1.3	147	148.3

Tabella 6.16 - CWU e WF calcolate per due tipi di terreno (inerbito e lavorato) con l'opzione IS. Località Berkovitsa, coltivazione: melo.

Terreno	ET _c	ET _{green}	ET _{blue}	CWU _{green} [m ³ /ha]	CWU _{blue} [m ³ /ha]	Resa [ton/ha]	WF _{blue} [litri/kg]	WF _{green} [litri/kg]	WF _{totale} [litri/kg]
Inerbito	572.3	572.3	0	5723	0	30	0	190.7	190.7
Lavorato	443.7	443.7	0	4437	0	30	0	148	147

Al contrario di quanto avveniva per la coltivazione fragole, i risultati ottenuti per la produzione delle mele sono piuttosto simili per ciascuna delle due opzioni implementate all'interno del software CROPWAT (CWR e IS, cfr. Capitolo §3). Quello che incide sul risultato finale dell'impronta idrica della coltivazione di mele è il tipo di terreno adibito alla coltivazione di mele. La richiesta di evapotraspirazione della pianta che cresce su un terreno inerbito è maggiore del 25 – 30 % rispetto alla richiesta della pianta che cresce su un terreno di tipo lavorato.

6.4.4 Water Footprint per microirrigazione

In virtù della variabilità dei risultati ottenuti dal calcolo delle impronte idriche attraverso le opzioni all'interno di CROPWAT, e in virtù della scarsa rappresentatività dei volumi effettivamente utilizzati in agricoltura per l'irrigazione, si calcolano le impronte idriche basandosi sulla richiesta di evapotraspirazione della pianta (ET_c) calcolata con il modello CROPWAT ma considerando i volumi effettivamente utilizzati per l'irrigazione, secondo il modello proposto da Milà i Canals e da Ridoutt (2009).

Per effettuare il confronto tra le impronte idriche della fase agricola di produzione si richiede la conoscenza del valore di efficienza di irrigazione, che in particolare, nel caso delle fragole, essendo impiegato un sistema di irrigazione a goccia, raggiunge in media un valore di poco inferiore al 95%. Assumendo un'efficienza di irrigazione a goccia pari al 90% e per l'irrigazione per gravità (o irrigazione per aspersione pari al 70%) si sono ottenuti i risultati riportati nelle Tabelle 6.17; 6.18; 6.19; 6.20 per la coltivazione delle fragole.

Tabella 6.17 - Evapotraspirazione basata sulla fornitura di acqua di irrigazione con metodo a goccia (microirrigazione) efficienza 90%. Località Pazardjick.

Periodo	ET _c	ET _{green}	ET _{blue}	CWU _{green} [m ³ /ha]	CWU _{blue} [m ³ /ha]	Resa [ton/ha]	WF _{blue} [litri/kg]	WF _{green} [litri/kg]	WF _{totale} [litri/kg]
Apr -Giu	306.6	0	306.6	0	3066	20	153.3	0	153.3
Lug-Sett	183.6	0	183.6	0	1836	20	91.8	0	91.8
Totale	490.2	0	490.2	0	4902	20	245.1	0	245.1

Tabella 6.18– Calcolo evapotraspirazione attraverso irrigazione per aspersione con efficienza al 70%. Località Pazardjick.

Periodo	ETc	ET _{green}	ET _{blue}	CWU _{green} [m ³ /ha]	CWU _{blue} [m ³ /ha]	Resa [ton/ha]	WF _{blue} [litri/kg]	WF _{green} [litri/kg]	WF _{totale} [litri/kg]
Apr -Giu	306.6	54.6	252	546	2520	20	126	27.3	153.3
Lug-Sett	183.6	26.1	157.5	261	1575	20	78.7	13.05	90.7
Totale	490.2	80.7	409.5	807	4095	20	204.7	40.3	245

Tabella 6.19 -Evapotraspirazione basata sulla fornitura di acqua di irrigazione con metodo a goccia (microirrigazione) efficienza 90%. Località Berkovitsa.

Periodo	ETc	ET _{green}	ET _{blue}	CWU _{green} [m ³ /ha]	CWU _{blue} [m ³ /ha]	Resa [ton/ha]	WF _{blue} [litri/kg]	WF _{green} [litri/kg]	WF _{totale} [litri/kg]
Apr-Giu	259.4	0	259.4	0	2594	20	129.7	0	129.7
Lug-Sett	167.9	0	167.9	0	1679	20	83.95	0	83.95
Totale	427.3	0	427.3	0	4273	20	213.65	0	213.65

Tabella 6.20 -Calcolo evapotraspirazione attraverso irrigazione per aspersione efficienza 70%. Località Berkovitsa

Periodo	ETc	ET _{green}	ET _{blue}	CWU _{green} [m ³ /ha]	CWU _{blue} [m ³ /ha]	Resa [ton/ha]	WF _{blue} [litri/kg]	WF _{green} [litri/kg]	WF _{totale} [litri/kg]
Apr-Giu	259.4	7.4	252	74	2520	20	126	3.7	129.7
Lug-Sett	167.9	10.4	157.5	104	1575	20	78.75	5.2	83.95
Totale	427.3	101.9	409.5	178	4095	20	204.75	8.9	213.65

I valori delle impronte idriche calcolate basandosi sull'assunzione che il 90% dell'acqua applicata nell'irrigazione soddisfi le richieste di evapotraspirazione della pianta mostrano che l'impronta idrica per la coltivazione di fragole risulta completamente a carico della componente blue delle acque utilizzate per l'irrigazione. Nel caso in cui l'efficienza di irrigazione sia più bassa di quella di un sistema a microirrigazione, parte dell'approvvigionamento deriva dall'acqua piovana immagazzinata nel suolo, tuttavia la sensibilità del risultato al tipo di irrigazione è bassa e tale da giustificare l'assunzione che tutto l'approvvigionamento derivi da parte dell'irrigazione e che i volumi eccedenti ritornino nel sistema idrico naturale dal quale sono stati prelevati.

I dati ottenuti potrebbero essere sottostimati per quanto riguarda la coltivazione delle fragole in virtù dei volumi utilizzati in irrigazione che risultano maggiori dell'effettiva richiesta di evapotraspirazione da parte della pianta. L'acqua di irrigazione che ritorna all'ecosistema risulta essere il 10 % di quella applicata nella stazione agricola di Pazardjick e del 25 % nella stazione agricola di Berkovitsa. Inevitabilmente una parte dell'acqua utilizzata per l'irrigazione delle

colture ritorna all'ecosistema, questo è il caso di Pazardjick, dove la percentuale del flusso di ritorno è quella determinata dall'efficienza di irrigazione (sistema di micro-irrigazione, efficienza 90%). La coltivazione di fragole situata a Berkovitsa ha una richiesta di evapotraspirazione minore è così circa il 25 % dei volumi applicati per l'irrigazione ritornano all'ecosistema da cui sono stati prelevati.

I dati primari forniti dalla Rigoni di Asiago per quanto riguarda la coltivazione di mele nella stazione agricola di Berkovitsa consentono di interpretare i risultati ottenuti dal software CROPWAT, tenendo conto dei volumi di acqua effettivamente utilizzati per l'irrigazione delle colture. I risultati definitivi per il calcolo sono riportati in Tabella 6.21 e sono ottenuti a partire dai dati calcolati in Tabella 6.15 con l'opzione CWR del CROPWAT.

Tabella 6.21 – *Water Footprint per la coltivazione di mele nella stazione agricola di Berkovitsa. Risultati ottenuti dal software CROPWAT (opzione CWR) e dai dati primari forniti da RdA.*

<i>ETc [m³/ha]</i>	<i>Resa [ton/ha]</i>	<i>Eff. Irr. (MIS)</i>	<i>WF blue [L/kg]</i>	<i>WF green [L/kg]</i>	<i>WF tot[L/kg]</i>
572.3	30	90 %	135	56.4	191.4

6.4.5 Confronto tra metodo biologico e tradizionale

Il tasso di applicazione dei fertilizzanti per la coltivazione degli ingredienti del prodotto in questione è nullo, sia per i fertilizzanti chimici che di pesticidi come stabilito dal regolamento europeo per l'agricoltura biologica (Reg. CE 834/ 2007). L'agricoltura biologica ricorre al solo utilizzo di concimi naturali che hanno una composizione esclusivamente organica e non sono in grado di alterare la composizione chimica delle acque di lisciviazione e di scolo. Pertanto nel calcolo della WF_{grey} l'impatto della fase agricola sulla qualità del terreno e delle acque superficiali e sotterranee in prossimità del luogo di coltivazione è da considerarsi nullo.

I dati e il calcolo dei volumi di diluizione utilizzati per questo confronto per la coltivazione di fragole nella regione di Berkovitsa, sono riportati in Tabella 6.22. I valori dei fertilizzanti applicati e le rese delle coltivazioni sono state tratte dal database Fertistat (FAO). Il calcolo è basato sulla percentuale di lisciviazione del 10% e su un limite riferito all'azoto di 10 mg/L (cfr. Chapagain e Hoekstra, 2009 e cfr. Capitolo §3).

Tabella 6.22 – Scenario di applicazione dei fertilizzanti chimici nella coltivazione convenzionale di fragole.

<i>Stazione agricola di Berkovitsa</i>							
<i>Efficienza</i>	<i>CWU_{green}</i> <i>[m³/ha]</i>	<i>CWU_{blue}</i> <i>[m³/ha]</i>	<i>Resa</i> <i>[ton/ha]</i>	<i>WF_{blue}</i> <i>[litri/kg]</i>	<i>WF_{green}</i> <i>[litri/kg]</i>	<i>WF_{grey}</i> <i>[litri/kg]</i>	<i>WF_{totale}</i> <i>[litri/kg]</i>
90%	-	4273	30	142.4	-	40	182.4
<i>Stazione agricola di Pazardjick</i>							
<i>Efficienza</i>	<i>CWU_{green}</i> <i>[m³/ha]</i>	<i>CWU_{blue}</i> <i>[m³/ha]</i>	<i>Resa</i> <i>[ton/ha]</i>	<i>WF_{blue}</i> <i>[litri/kg]</i>	<i>WF_{green}</i> <i>[litri/kg]</i>	<i>WF_{grey}</i> <i>[litri/kg]</i>	<i>WF_{totale}</i> <i>[litri/kg]</i>
90%	-	4902	30	163.4	-	40	249

Di seguito, in Figura 6.6, viene presentato il confronto tra i valori delle impronte idriche nei due scenari di coltivazione convenzionale e biologica, effettuati sulla base della medesima richiesta di evapotraspirazione per la coltura di fragole nelle due stazioni agricole di coltivazione.

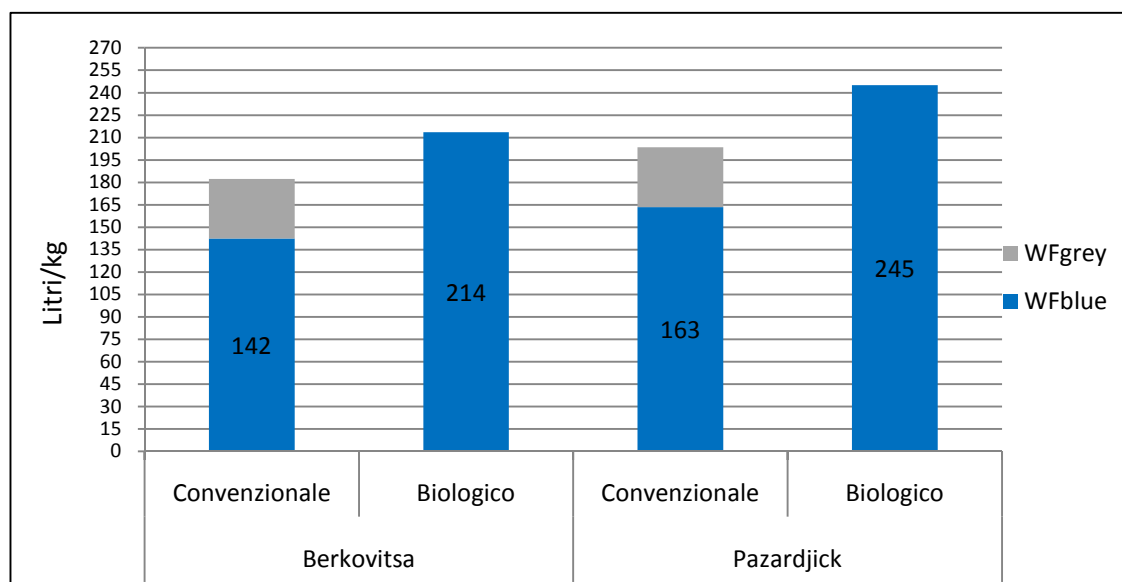


Figura 6.6– Confronto tra le impronte idriche per due diversi tipi di coltivazione convenzionale e biologica per due scenari diversi di irrigazione e quindi di efficienza (Eff. Irr.).

Di seguito (Tabella 6.23) vengono presentati i dati per l'applicazione dei fertilizzanti nella coltivazione delle mele in Italia tratti da database ISTAT e FAO per le tecniche di coltivazione della frutta in Italia. Il calcolo della impronta idrica ipotetica in presenza di fertilizzanti chimici è basata sulla percentuale di lisciviazione del 10% e su un limite riferito all'azoto di 10 mg/L (cfr. Chapagain e Hoekstra, 2009 e cfr. Capitolo §3).

Tabella 6.23 – Scenario di applicazione dei fertilizzanti chimici per l'opzione CWR.

<i>Terreno</i>	<i>ET_c</i>	<i>CWU_{blue}</i> [m ³ /ha]	<i>CWU_{green}</i> [m ³ /ha]	<i>Resa</i> [ton/ha]	<i>Fertilizzanti</i> N [kg/ha]	<i>WF_{blue}</i> [litri/kg]	<i>WF_{green}</i> [litri/kg]	<i>WF_{grey}</i> [litri/kg]	<i>WF_{totale}</i> [litri/kg]
Inerbito	572.3	4050	1673	40	58	101.2	41.8	14.5	157.6

I risultati calcolati in Tabella 6.23 sono riportati nel grafico che segue (Figura 6.7) dove si vede ancora una volta come le impronte idriche per lo scenario di applicazione di fertilizzanti siano minori di quelle dello scenario biologico in virtù delle rese maggiori. Nonostante questo parte dell'impronta idrica è imputabile all'acqua utilizzata per la diluizione delle acque di scolo a causa della presenza residua di fertilizzanti che possono causare eutrofizzazione dei sistemi idrici riceventi.

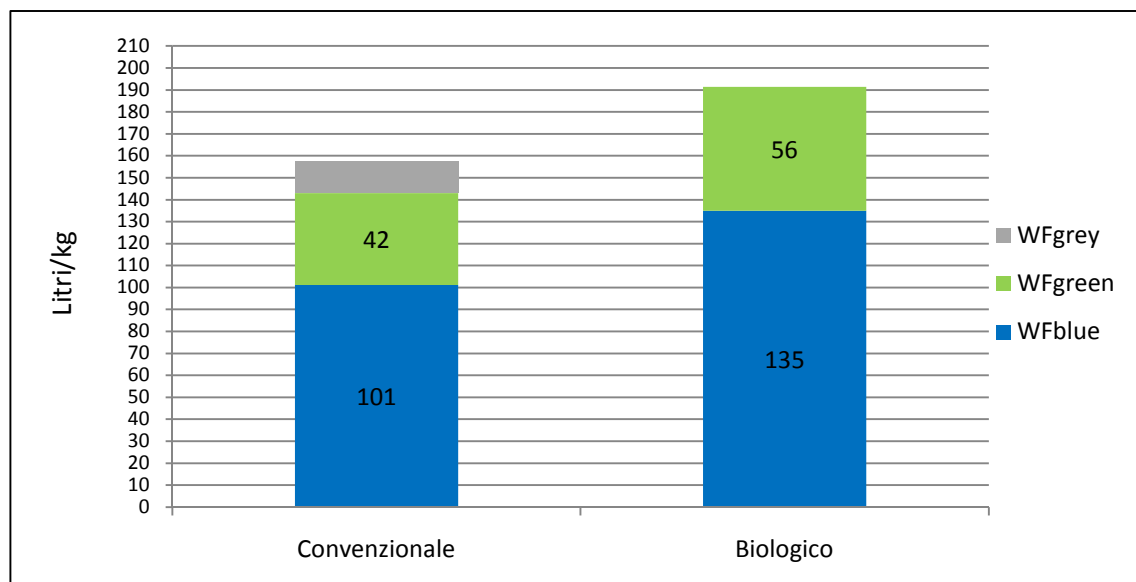


Figura 6.7 - Le impronte idriche ottenute dall'opzione CWR all'interno del software CROPWAT, per la coltivazione delle mele biologica e convenzionale, e per l'applicazione di acqua da micro irrigazione (MIS)

Dalla tabella si osserva che la coltivazione biologica utilizza una quantità di acqua maggiore (circa il 18%), poiché l'utilizzo di fertilizzanti in agricoltura consente di ottenere rese maggiori anche del 30 % rispetto a quella biologica. L'aumento della resa della coltivazione riduce l'impronta idrica associata al raccolto prodotto.

6.5 Fase di lavorazione e invasettamento

La frutta raccolta nella stazione agricola viene inviata allo stabilimento di Pazardjick per la fase di lavaggio cernita e surgelazione. Successivamente la frutta surgelata viene trasportata allo stabilimento di Foza dove avviene la fase di lavorazione ed invasettamento.

La richiesta dei dati per il calcolo della WF della fase di lavorazione all'interno dello stabilimento RdA è molto simile a quella della fase di lavorazione dello stabilimento di Pazardjick.

Nello schema riportato in Figura 6.8 sono mostrati i flussi di materia che entrano ed escono dal processo che porta a ottenere il prodotto finito confezionato partendo dalle fragole surgelate.

Le fasi sono la cottura a bassa temperatura della frutta, la concentrazione e pastorizzazione ed infine l'invasettamento.

I dati ottenuti per lo stabilimento di Pazardjick includono i consumi di acqua utilizzata nel lavaggio della frutta tramite getto da ugelli ad alta pressione e nella fase di surgelazione.

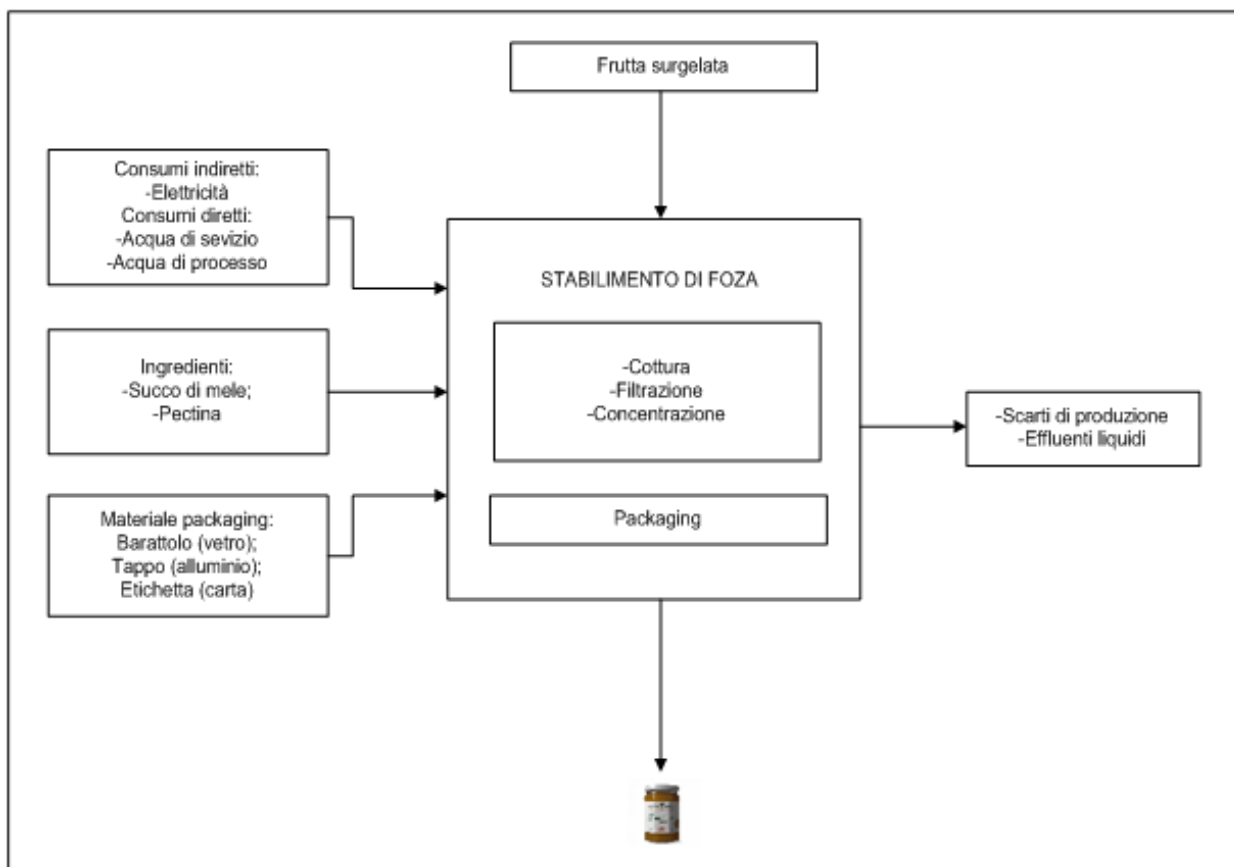


Figura 6.8 – Schema degli input e output associati ai consumi idrici considerati per lo stabilimento di Foza

6.5.1 Descrizione del processo

La frutta ancora congelata viene caricata in uno scongelatore insieme al succo di mela a temperatura ambiente e la massa viene movimentata mediante un serpentino riscaldato a vapore che attraversa tutta la larghezza dell'apparecchiatura e che permette il raggiungimento di una temperatura prossima ai 30° C.

Successivamente la massa lavorata raggiunge una fase di concentrazione cosiddetta a freddo perché la temperatura della frutta lavorata rimane prossima ai 30 °C, in questa fase viene estratta l'acqua dalla massa aumentando il tenore di zuccheri. L'acqua estratta da questa fase di processo viene naturalmente considerata acqua a perdere essendo già inclusa nel conteggio dell'impronta idrica associata alla fase agricola.

La massa di frutta viene successivamente inviata nel concentratore batch dove la temperatura raggiunge gli 80 °C e dove avviene anche una prima fase di pastorizzazione del prodotto.

L'approccio utilizzato per il calcolo dei consumi idrici, elettrici, di vapore e di metano per la generazione e cogenerazione, è stato basato sulla registrazione complessiva dei dati di stabilimento per una campagna di produzione dei lotti del prodotto considerato, per una giornata tipo di produzione che includesse anche quella del prodotto in esame.

L'acqua considerata all'interno dello stabilimento è stata misurata sulla base della lettura dei contatori. L'acqua in entrata al processo viene tutta sottoposta ad un processo di addolcimento mentre la frazione che viene inviata alla caldaia di generazione di vapore attraversa anche un processo di osmotizzazione. Questi processi hanno un effetto dal punto di vista dell'impronta idrica perché le resine destinate all'addolcimento hanno un consumo di acqua collegato alla rigenerazione come pure l'acqua che non supera la fase di osmotizzazione viene scaricata come acqua reflua andando a gravare sul computo della WF_{grey} del processo tuttavia in prima analisi questi passaggi non sono stati calcolati.

L'acqua nello stabilimento di Foza prevede:

- la produzione di vapore per cogenerazione ed in caldaia;
- le acque utilizzate nei lavaggi delle macchine e nella linea di produzione;
- la perdita di acqua inviata in torre di raffreddamento per lo smaltimento del calore.

Di seguito vengo riportate le principali assunzioni per il calcolo dell'impronta idrica.

Si assume inoltre che tutte le acque utilizzate durante le altre attività di cui sopra ritornino alla rete fognaria pubblica e che vengano trattate in un impianto di trattamento delle acque reflue comunali in modo tale che l'effluente non provochi alcuna WF_{grey} . Come risultato, la WF operativa indiretta dell'attività è stimata essere pari a zero.

Normalmente, una volta che il prodotto esce dalla fabbrica, raggiunge gli scaffali del rivenditore e quindi in ultima analisi, il consumatore. Si potrebbe, affinare il calcolo della WF del prodotto considerando l'acqua che viene utilizzata a livello di vendita al dettaglio. Tuttavia questa è una cifra relativamente piccola e la sua stima è molto complessa essendo che un singolo rivenditore potrebbe avere migliaia di prodotti in magazzino che variano nel tempo e nella quantità. Quindi è prassi comune omettere questa fase, e anche in questo studio viene fatto altrettanto.

Nello stabilimento di Foza, l'acqua di raffreddamento è usata in un circuito chiuso in cui è riscaldato nell'unità di cogenerazione e cede calore attraverso gli scambiatori della fase di cottura. La perdita netta in questi casi è ugualmente piccola.

I dati per il calcolo della Water Footprint sono riportati in Tabella 6.24 per la lavorazione

Tabella 6.24 – Dati per il calcolo della componente aggiuntiva (overhead) collegata alle attività di produzione e di processo.

<i>Specifica</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>	<i>Fonte</i>
Acqua di lavaggio	3.2	kg/kg	RdA
Consumo elettrico per surgelazione e lavaggio	0.44	kWh/kg	RdA
Produzione	93000	numero di confezioni	RdA
Consumo energia elettrica	4600	kWh	RdA
Consumo di acqua evaporativo	10	m ³	RdA
Consumo di acqua non evaporativo	35	m ³	RdA
Consumo di gas	2139	m ³	RdA

6.6 Water footprint collegate alle attività indirette

Accanto ai dati dei consumi idrici direttamente imputabili alla fase di produzione o di coltivazione vi sono anche degli input idrici indirettamente imputabili al prodotto in esame.

Questo si verifica ad esempio per i volumi di acqua utilizzati nella produzione dei materiali per imballaggio oppure nei processi di generazione di energia elettrica necessaria per la i processi di produzione (cfr. paragrafo §6.2).

Per calcolare l'impronta idrica di questi fattori si è proceduto all'analisi delle banche dati Ecoinvent e BUWAL 250 presenti all'interno del software Sigma Pro, per valutare la

disponibilità di dati collegati e individuare un approccio che consentisse di sviluppare dei risultati rappresentativi dei volumi di acqua associati alle varie attività.

Il metodo utilizzato calcola tutte le tipologie di impronte idriche *WFblue*, *WFgreen* e *WFgrey*.

I flussi di materia ed energia per ciascun processo considerato sono riportati insieme al riferimento specifico della banca dati.

L'impronta acque di diluizione è calcolata sulla base del metodo presentato al capitolo § 3.

I riferimenti utilizzati per i calcoli degli effluenti liquidi sono i valori dei parametri di BOD e COD presenti nelle banche dati. Il parametro di legge adottato come riferimento per il calcolo dei volumi di acqua per la diluizione degli inquinanti deriva da quelli pubblicati nel D.Lgs. 152/1999.

I valori di altri parametri di emissione sono stati valutati in una prima fase per scegliere dei parametri che effettivamente fossero rappresentativi per tutti i processi e i materiali ausiliari considerati. In particolare secondo la metodologia Water Footprint (cfr. Capitolo §3) i parametri degli effluenti scelti per il calcolo dei volumi di diluizione sono quelli che consentono di ottenere i valori maggiori per i volumi di diluizione. In questo modo si bilancia il fatto che vengano trascurati gli effetti combinati di più inquinanti presenti nelle acque reflue, assumendo il valore maggiore per il volume di diluizione associato ad un certo processo.

I valori di limite per lo scarico in acqua variano a seconda del tipo di destinazione a cui sono destinate, ad esempio a seconda che gli effluenti siano destinati ad essere scaricati in acque superficiali (come fiumi) oppure in acque nere (fognature) variano i risultati. In genere si è assunto come riferimento il valore più restrittivo al fine di ottenere dei risultati che possono essere significativi. I riferimenti adottati per il calcolo della *WF overhead* o indiretta sono riportati in Tabella 6.25.

Tabella 6.25– Parametri assunti per il calcolo delle acque di diluizione.

<i>Parametri degli effluenti</i>	<i>Limite di legge</i>	<i>Valore limite scarico in acque superficiali</i>	<i>Valore limite scarico in acque nere</i>
BOD	D.Lgs 156/2006	40 E-6 kg/ litro	250 E-6
COD	D.Lgs 156/2006	160 E-6 kg/litro	500 E-6

Per quanto riguarda il calcolo dei volumi di *blue water* utilizzati nei processi e nelle attività di produzione considerate, questi vengono calcolati sommando i flussi di acqua dolce presenti nell'inventario delle risorse utilizzate per ciascun modulo.

In particolare le voci di inventario idrico che vengono utilizzate nel presente lavoro si riferiscono ai volumi di acqua prelevata da corsi superficiali quali laghi e fiumi e sorgenti di acqua sotterranee. Assumendo che questi flussi idrici non ritornino nel bacino idrico da cui sono stati prelevati, è possibile calcolare l'impronta di *blue water*, alla quale viene aggiunto il volume di acqua utilizzata come fluido di servizio per lo scambio termico nei processi produttivi. Il volume di acqua utilizzata nei processi di scambio termico si compone di una parte evaporativa e di una non-evaporativa, tuttavia in questa prima analisi non avendo dei riferimenti precisi su cui calcolare la quantità di acqua evaporata in questa fase si è preferito non distinguere tra la componente evaporativa e non evaporativa.

Per il calcolo della *green water* associata indirettamente al prodotto in esame i volumi si riferiscono soprattutto all'acqua utilizzata nell'evapotraspirazione per la crescita degli alberi.

Questa componente si trova nel calcolo dell'impronta idrica associata alla produzione di carta e cartone e nel pallet utilizzato nella fase di trasporto. Per il calcolo della WF_{green} si è assunta una densità di biomassa legnosa pari a $0,70 \text{ ton/m}^3$ (Pierobon, 2010) per calcolare la massa di legno a partire dai volumi di legno utilizzato. Per ciascuna tonnellata è stato calcolato una richiesta di *green water* da evapotraspirazione pari a $364.9 \text{ m}^3/\text{ton}$ ottenuta da fonti di letteratura per la produzione di legna in Europa (Ercin, 2009). Di seguito vengono riportati i componenti e le attività considerate ed i risultati ottenuti.

6.7 Processo di generazione e distribuzione energia

Di seguito verranno riportate le impronte idriche riferite ad alcuni processi di produzione e ad alcuni materiali utilizzati nella produzione e nel confezionamento del prodotto. I flussi idrici presentate nelle tabelle seguenti fanno riferimento all'utilizzo di acqua imputabile ad alcune attività o ad alcune fasi della catena prodotto.

Impianti industriali, e centrali termiche particolarmente quelle con generazione di energia elettrica da combustibili fossili o nucleari, sono i principali utilizzatori di acqua. L'acqua è usata per due funzioni essenziali: come 'fluido di lavoro' che guida le turbine a vapore e come liquido di raffreddamento in condensatori e scambiatori di calore. L'acqua del ciclo di turbina è altamente purificato e utilizzato su un circuito chiuso. Il contributo dell'acqua è quindi piccolo e dipendente dai dettagli di progettazione e di funzionamento dell'impianto.

L'acqua di raffreddamento utilizzata nella produzione di energia elettrica è estratta spesso da un corpo idrico superficiale o da un fiume, e una volta usata ritorna all'origine comportando una minima perdita per evaporazione. Il consumo netto di acqua per la fase di raffreddamento è

quindi di piccole dimensioni. L'ammontare dei consumi di acqua come fluido di servizio termico per la fase di produzione e di energia dipende dal fatto che il vapore venga scaricato, o condensato e riutilizzato. Negli impianti che condensano il vapore in torri di raffreddamento per dissipare il calore hanno una certa perdita di vapore.

In prima approssimazione, il carico di raffreddamento in un impianto di raffreddamento ad evaporazione corrisponde al calore latente (in senso restrittivo, variazione di entalpia), e quindi all'acqua persa per evaporazione.

Le impronte idriche associate all'approvvigionamento energetico sono calcolate secondo il metodo Milà i Canals, (2009).

Al fine dell'analisi si sono considerati tre tipologie di processi di produzione di energia elettrica. L'energia elettrica di medio voltaggio utilizzata negli stabilimenti di Foza e Pazardjick nonché nella fase agricola per il processo di irrigazione, e l'energia elettrica generata da impianti idroelettrici in Italia.

Il calcolo dell'acqua utilizzata per le varie componenti è stato effettuato sulla base delle ipotesi seguenti:

- l'acqua di servizio alla turbina di generazione si ipotizza sia del tutto recuperabile e venga utilizzata in ciclo chiuso con perdite trascurabili;
- la componente consuntiva è imputata all'acqua utilizzata per il raffreddamento sulla base del carico termico che deve smaltire calcolato con efficienza di 71% e calore latente di evaporazione dell'acqua pari a 2400 kJ/kg, utilizzata in ciclo chiuso e non scaricata ma consumata nel raffreddamento in torre;
- l'acqua di processo considerata è l'acqua di processo prelevata e scaricata da laghi, fiumi e riserve sotterranee per il processo.

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti per la fornitura di energia elettrica in Italia (Tabella 6.26; 6.27) e Tabella 6.27 (Appendice B).

Tabella 6.26 - *Water footprint per la generazione e distribuzione di energia elettrica a medio voltaggio in Italia*

Oggetto	Produzione di energia elettrica a medio voltaggio in Italia
Banca dati	Ecoinvent
Riferimento	electricity, medium voltage, production IT, at grid/kWh/IT
Unità funzionale	1 kWh
Processo incluso	Produzione di energia elettrica in Italia, la rete di distribuzione e le perdite di energia durante la trasmissione a medio voltaggio e la trasformazione da alto a medio voltaggio.

Tabella 6.28 – *Water footprint per la generazione di energia elettrica in Italia a medio voltaggio da mix di fonti.*

<i>Scenario</i>	<i>WF green [l/kWh]</i>	<i>WF blue [l/kWh]</i>	<i>WF grey [l/kWh]</i>	<i>WF totale [l/kWh]</i>
Scarico acque superficiali	0	26.3	12.7	39

Di seguito vengono riportati i riferimenti dei dati utilizzati per il calcolo delle impronte idriche collegate all'approvvigionamento di energia idroelettrica in Italia (Tabella 6.29).) In Tabella 6.31 l'impronta idrica calcolata attraverso i dati riportati in Tabella 6.30 (Appendice B).

Allo stesso modo in Tabella 6.31 sono forniti i risultati per la produzione e l'approvvigionamento di energia elettrica nella filiera bulgara di produzione. Riferimento alla banca dati in Tabella 6.32 e Tabella 6.33 (Appendice B). I risultati sono riportati in Tabella 6.34. In Tabella 6.35 vengono riassunti e confrontati i risultati ottenuti in questa fase.

Tabella 6.29 - *Water footprint per la generazione e distribuzione di energia idroelettrica in Italia*

<i>Oggetto</i>	Produzione di energia idroelettrica
<i>Banca dati</i>	Ecoinvent
<i>Riferimento</i>	electricity, hydropower, at pumped storage power plant/kWh/IT
<i>Unità funzionale</i>	1 kWh
<i>Processo incluso</i>	Include la conversione di elettricità ad alto voltaggio a partire dal pompaggio di acqua attraverso dighe e serbatoi e generazione di energia in turbina per caduta (reverse mode).

Tabella 6.31 – *Water footprint per la generazione di energia idroelettrica in Italia.*

	<i>WF green [l/kWh]</i>	<i>WF blue [l/kWh]</i>	<i>WF grey [l/kWh]</i>	<i>WF totale [l/kWh]</i>
Scarico acque superficiali	0	29.2	15.7	45

Tabella 6.32 - *Water footprint per la generazione e distribuzione di energia elettrica in Bulgaria*

<i>Oggetto</i>	Produzione di energia in Bulgaria
<i>Banca dati</i>	Ecoinvent
<i>Riferimento</i>	electricity, medium voltage, production BG, at grid/kWh/BG
<i>Unità funzionale</i>	1 kWh
<i>Processo incluso</i>	Produzione di energia elettrica in Bulgaria, la rete di distribuzione e le perdite di energia durante la trasmissione a medio voltaggio e la trasformazione da alto a medio voltaggio

Tabella 6.34- *WF della fornitura di energia elettrica in Bulgaria.*

	<i>WF green [l/kWh]</i>	<i>WF blue [l/kWh]</i>	<i>WF grey [l/kWh]</i>	<i>WF totale [l/kWh]</i>
Scarico acque superficiali	0	28.6	2	31

Tabella 6.35– Confronto tra le impronte idriche di diverse forme di approvvigionamento energetico, per due scenari diversi di destinazione effluenti.

Riferimento	WF grey [litri/kWh]		WF blue [litri/kWh]	WF totale [litri/kWh]	
	scarico fognario	acque superficiali		scarico fognario	acque superficiali
Elettricità mix di fonti ITA (1)	2	12.7	22.5	24	35
Elettricità mix di fonti Bulgaria (2)	0.3	2	28.6	29	31
Energia idroelettrica ITA (3)	2.5	15.7	29.2	32	45

6.7.1 WF per il consumo di gas naturale

Per il calcolo dell'impronta idrica associata al consumo del gas naturale, si è considerato il metano fornito ad alta pressione nella rete italiana, utilizzato all'interno dello stabilimento di Foza, per la produzione combinata di energia e calore risultati in Tabella 6.36 e 6.38. Ulteriori riferimenti sono riportati in Tabella 6.37 (Appendice B).

Tabella 6.36– Identificazione metano da banca dati Ecoinvent

Oggetto	Metano da biogas
Banca dati	Ecoinvent
Riferimento	natural gas, high pressure, at consumer/MJ/IT
Unità funzionale	1 MJ (39 MJ/m ³)

Tabella 6.38- WF relative ad un metro cubo di gas naturale (CH₄ 96%) per la fornitura in Italia.

	WF green [l/m ³]	WF blue [l/m ³]	WF grey [l/m ³]	WF totale [l/m ³]
Scarico acque superficiali	0	1.2	1.3	2.5

6.8 Water Footprint associate al packaging

In questa fase dell'inventario sono inclusi i dati necessari per il calcolo dei consumi idrici associati al vetro della confezione, al tappo in banda stagnata, all'etichetta. Di seguito viene presentata una tabella con i principali dati elaborati sulla base delle informazioni ottenute dai fornitori della RdA dai dati di letteratura e dai dati per i processi di lavorazione e le materie prime, ottenuti dalla banche dati Ecoinvent 99 del software Sigma Pro. Essendo che la fase di

invasettamento avviene nel medesimo stabilimento di produzione di Foza i dati sui consumi idrici indiretti associati ai consumi energetici di questa fase non vengono distinti dai consumi già contabilizzati nella fase di lavorazione della frutta surgelata (cfr. paragrafo § 6.5).

6.8.1 Produzione coperchio in banda stagnata

Un elemento importante nella valutazione dei flussi di acqua del ciclo di vita della confettura è costituito dal coinvolgimento dei fornitori del tappo in banda stagnata.

Il processo di produzione dei tappi acquistati da RdA per il confezionamento della confettura prevede l'estrazione delle materie prime e la produzione. I fornitori per i coperchi in banda stagnata sono localizzati nell'Italia meridionale nella provincia di Latina e di Salerno. Mancano dati primari relativi ai processi di produzione, è stato possibile reperirli in banche dati. Sono state confrontate diverse banche dati utilizzando il modello descritto in Tabella 6.39. Di seguito vengono presentati i risultati dei calcoli (Tabella 6.40) effettuati con i dati presenti nelle banche datiecoinvent (Tabella 6.41 in Appendice B).

Tabella 6.39– *Impronte idriche per la produzione dei coperchi in acciaio.*

Oggetto	Produzione di coperchi in acciaio
Banca dati	Ecoinvent
Riferimento	Steel, low-alloyed, at plant/kg/RER
Unità funzionale	1 kg
Processo incluso	Media ottenuta dai principali produttori Europei

Tabella 6.40- *WF della produzione di coperchi in acciaio*

Scenario	WF green [l/kg]	WF blue [l/kg]	WF grey [l/kg]	WF totale [l/kg]
Scarico acque superficiali	0	27.74	19.24	46.98

6.8.2 Produzione del contenitore di vetro

La produzione di vetro in Europa è un dato medio ricavato dal database Ecoinvent e calcola i consumi idrici ed energetici associati alla produzione di vetro. La sorgente di questi dati è la produzione europea del vetro nel documento di riferimento della la EC-IPPC (UE, 2000). Nelle tabelle 6.42 e 6.43 (Appendice B) vengono riportati i dati ed il riferimento della fonte. In Tabella 6.44 è riportata l'impronta idrica calcolata per la produzione di vetro.

Tabella 6.42– *Impronte idriche per la produzione di vetro in Europa.*

Oggetto	Produzione di vetro
Banca dati	Ecoinvent
Riferimento	Packaging glass, white, at plant
Unità funzionale	1 kg
Processo incluso	Questo modulo include I materiali e l'energia utilizzata per: la preparazione ed il recupero del materiale riciclato, la fusione la formatura dei contenitori, il raffreddamento, il packaging ed il allettino fino al momento in cui I contenitori di vetro sono pronti per raggiungere il cliente. I trasporti delle materie prime sono incluse come pure le emissioni dirette in aria, i rifiuti e le emissioni in acqua. Geografia: produzione mista in Svizzera, basata sui dati del gruppo Vetropack.

Tabella 6.44- *WF della produzione di vetro bianco*

	WF green [l/kg]	WF blue [l/kg]	WF grey [l/kg]	WF totale [l/kg]
Scarico acque superficiali	0	10.35 (68%)	4.8 (31%)	15.15

6.8.3 Carta per etichettatura prodotto

Le tabella riportata di seguito (Tabella 6.45) illustra gli input energetici e di materia utilizzati per il calcolo della WF associata alla produzione di carta e tratte dal database Ecoinvent, insieme con le impronte idriche collegate alla produzione di carta a partire da materiale riciclato oppure da fibre vergini con procedimento Kraft (Tabella 6.46 in Appendice B e Tabella 6.47).

Tabella 6.45– *Produzione di carta non patinata*

Oggetto	Produzione di carta
Banca dati	ecoinvent
Riferimento	Kraft paper, unbleached, at plant/kg/RER
Unità funzionale	1 kg
Processo incluso	Questo modulo include la produzione europea di carta non-sbiancata ottenuta con procedimento kraft, includendo i trasporti, la movimentazione del legname, il procedimento chimico, la produzione di carta, la produzione di energia in sito, e trattamento interno di acque reflue. Geografia: dati da un produttore europeo a da un database di dati medi europei.

Tabella 6.47 – *Water Footprint associata alla carta per la produzione di etichette.*

Scenario	Green WF [litri/kg]	Blue WF [litri/kg]	Grey WF [litri/kg]	WF tot [litri/kg]
scarico acque superficiali	1293	12	34.5	1340

6.9 Water Footprint associato al trasporto

Il trasporto del prodotto e delle materie prime avviene:

- dalla stazione agricola allo stabilimento di surgelazione di Pazardjick;
- dallo stabilimento di surgelazione allo stabilimento di produzione di Foza;
- dallo stabilimento produttivo di Foza fino al centro di distribuzione di Albaredo d'Adige.

Il metodo di trasporto include il pallet di legno, un contenitore in cartone, e un avvolgimento costituito da una pellicola in polietilene. Di seguito vengono riportati i risultati del calcolo dell'impronta idrica effettuati per le componenti principali associate al trasporto della materia prima di origine agricola e dei prodotti finiti.

6.9.1 Imballaggio per trasporto (PE e pallet)

Di seguito viene calcolata la WF riferita al pallet in legno sulla base dei dati primari forniti per il trasporto delle merci dalla RdA. In tabella 6.48 il tipo di pallet utilizzato nei trasporti e i flussi di materia e di energia che vi sono associati (Appendice B). Il risultato è basato su una tipologia standard di pallet utilizzato in Europa ed è riportato in Tabella 6.49.

Tabella 6.47 – WF per i due scenari di scarico degli effluenti per la produzione dei pallet in legno.

<i>Scenario</i>	<i>WF green</i> [litri/pezzo]	<i>WF blue</i> [litri/pezzo]	<i>WF grey</i> [litri/pezzo]	<i>WF totale</i> [litri/pezzo]
Scarico acque superficiali	13.7 E3	206	788	14.7 E3

Il tipo di pallet utilizzato varia tra due tipologie EUR ed EPAL. Ciascuna tipologia riporta delle caratteristiche tecniche specifiche. Le caratteristiche dei pallet destinati al trasporto delle materie per imballaggio sono riportati in Tabella 6.50.

Tabella 6.50 - Modalità trasporto materiale di packaging

<i>Tipo di materiale</i>	<i>Tipo di pallet</i>	<i>Quantità trasportata [pz]</i>
Contenitori vetro	EUR	30x6
Coperchi in banda stagnata	EPAL	18 x 1370
Prodotto finito	EPAL	30x6

Il contributo dato al trasporto per l'etichetta associata alla confezione è stato considerato trascurabile in quanto il peso dell'etichetta è inferiore al grammo inoltre in un singolo pallet la quantità di pezzi trasportate supera le 500.000 unità.

6.9.2 Consumo di carburante per il trasporto (Diesel)

Di seguito vengono riportati i calcoli delle impronte idriche collegate alla produzione di carburante per il trasporto dei veicoli. I volumi di acqua utilizzati nella produzione di carburante riguardano i consumi evaporativi dei fluidi di servizio, i consumi legati all'utilizzo dell'acqua di processo sotto forma di vapore e i volumi associati alla produzione di energia utilizzata nel processo di raffinazione del petrolio per ottenere il carburante. Riferimenti in Tabella 6.51, dati in Tabella 6.52 (Appendice B) e risultati in Tabella 6.53.

Tabella 6.51– Diesel da raffineria

Oggetto	Diesel in uscita raffineria. Dati medi europei
Banca dati	Ecoinvent
Riferimento	Diesel, at refinery/kg/RER
Unità funzionale	1 kg

Tabella 6.53- WF per la produzione di diesel da raffineria

Scenario	WF green[l/kg]	WF blue [l/kg]	WF grey [l/kg]	WF totale [l/kg]
Scarico acque superficiali	0	12.3	322.5	334

6.9.3 Imballaggi secondari utilizzati per il trasporto

In questo caso come per il calcolo dell'impronta idrica associata alla carta dell'etichetta è possibile valutare sia la componente acqua dolce e acqua di diluizione, sia la componente verde dell'impronta idrica associata alla richiesta di evapotraspirazione del legno utilizzato come materia prima nella produzione del cartone. Dopo avere effettuato dei confronti tra i diversi tipi di cartone che possono essere utilizzati per l'imballaggio, le impronte idriche per le due tipologie monospessore e doppio spessore utilizzate per il trasporto sono allocate in funzione della quantità di materiale trasportato.

Per ogni tipologia di cartone vengono specificati la tipologia di flussi utilizzati ed i dati sono prelevati dalla banca dati ecoinvent e dalla BUWAL 250.

Gli imballaggi utilizzati nel trasporto sono di due tipi uno monospessore e l'altro doppio spessore. Di seguito vengono riportati i dati ed i calcoli relativi ai due moduli utilizzati nella

produzione del cartone. In Tabella 6.54 il modulo di riferimento per la produzione di cartone monospessore. I dati tratti da Ecoinvent sono riportati in Tabella 6.55 in Appendice B. L'impronta idrica associata al cartone monospessore utilizzato nel trasporto è riportata in Tabella 6.56.

Tabella 6.54- *Produzione di cartone ripiegato, monospessore a partire da fibre miste (vergini e riciclate).*

Oggetto	Produzione di cartone
Banca dati	ecoinvent
Riferimento	corrugated board, mixed fibre, single wall, at plant/kg/CH
Unità funzionale	1 kg
Processo incluso	Produzione di energia; produzione di cartone ripiegato; trattamento effluenti liquidi. Geografia: dati medi da 6 produttori svizzeri di cartone.

Tabella 6.56- *Cartone ripiegato monospessore prodotto da un mix di fibre riciclate e nuove (Fonte Ecoinvent).*

Scenario scarico effluenti	WF green [l/kg]	WF blue [l/kg]	WF grey [l/kg]	WF totale [l/kg]
Produzione di energia; produzione di cartone ripiegato; trattamento effluenti liquidi.				
Acque superficiali	262.61	21	42.4	362

In Tabella 6.57 e 6.58 i risultati ottenuti per la produzione di cartone doppio spessore.

Il cartone considerato per il calcolo proviene da una produzione da materiale riciclato, i dati utilizzati nel calcolo dell'impronta sono riportati in Tabella 6.59 in Appendice B.

Tabella 6.57- *Modulo Ecoinvent utilizzato per il calcolo del cartone doppio spessore.*

Oggetto	Produzione di cartone
Banca dati	ecoinvent
Riferimento	corrugated board, recycling fibre, double wall, at plant/kg/CH
Unità funzionale	1 kg
Processo incluso	Produzione di cartone ripiegato a partire da fogli di carta ripiegati. Sono inclusi i seguenti passaggi: produzione di energia, produzione di cartone ripiegato, trattamento degli effluenti. Geografia: dati medi di 6 impianti svizzeri che producono cartone ripiegato.

Tabella 6.58- *Impronte idriche calcolate per il cartone ripiegato doppio spessore prodotto a partire da fibre riciclate prodotto in Svizzera. (Fonte Ecoinvent)*

Scarico effluenti	WF green [l/kg]	WF blue [l/kg]	WF grey [l/kg]	WF totalen [l/kg]
Acque superficiali	128	23	30	181

Capitolo 7

Risultati Water Footprint e valutazione degli impatti

In questo capitolo vengono presentati e commentati i risultati ottenuti.

7.1 Water Footprint Fior di Frutta®

Il ciclo di produzione del prodotto Fior di Frutta® viene suddiviso in quattro fasi per analizzarne distintamente le impronte idriche e valutarne l'impatto.

L'impronta idrica finale è suddivisa in quattro componenti: gli ingredienti che includono la fase di coltivazione in Bulgaria, il packaging che include le impronte idriche dell'imballaggio primario, la componente overhead o di processo che include i consumi che avvengono in fase di lavorazione ed infine la fase di trasporto che contabilizza le impronte del carburante e dell'imballaggio secondario che è associato al trasporto.

7.1.1 *Ingredienti da agricoltura biologica*

Gli ingredienti che devono essere considerati in questa fase sono il succo di mele utilizzato come dolcificante naturale in quantità pari a circa il 40 % e la pectina che viene utilizzata come gelificante (E440). La disponibilità dei dati in questa fase è condizionata dalla disponibilità dei fornitori a fornire i dati ed i consumi idrici per la produzione di questi ingredienti sono calcolati sulla base di alcune assunzioni determinate soprattutto dalla disponibilità e dalla validità dei dati reperibili.

I fornitori di pectina hanno valutato che il Water Footprint associato alla pectina risulta molto basso poiché l'acqua di processo viene utilizzata in ciclo chiuso con dei reintegri modesti di acqua fresca. Inoltre considerando la piccolissima quantità presente in una confezione di 330g. di

prodotto (0.5 %) risulta sensato trascurare l'impronta idrica associata a questo ingrediente che risulta insignificante sul computo finale dell'indicatore.

Il calcolo sulla frutta viene fatto assumendo che la provenienza delle fragole tra le due zone di coltivazione (Berkovitsa e Pazardjick) sia ripartita allo stesso modo con cui sono ripartiti i terreni coltivati, cioè il 72% delle fragole proviene da Berkovitsa mentre il rimanente 28 % proveniente dalla località di coltivazione di Pazardjick.

L'impronta idrica della fase agricola per la coltivazione biologica è riportata nella Tabella 7.1.

Tabella 7.1– *WF per la coltivazione di fragole.*

<i>Località</i>	<i>Blue WF [m³]</i>	<i>Produzione [t]</i>	<i>WF totale [L/kg]</i>
<i>Pazardjick</i>	63726	260	245.1
<i>Berkovitsa</i>	145282	680	213.65
<i>Totale</i>	209008	940	222.35

In entrambe le coltivazioni (fragole e mele) l'approvvigionamento deriva principalmente dall'irrigazione. Per la coltivazione di fragole l'approvvigionamento da blue water è quasi esclusivo mentre, al contrario, per la coltivazione di mele, che pure ha un'impronta molto simile a quella delle fragole, una parte dell'approvvigionamento è a carico delle precipitazioni efficaci.

I dati primari forniti dai produttori del succo di mele indicano che per la produzione di succo concentrato di mela si utilizzano 5 litri di acqua per kg di succo concentrato con una resa di 1 kg di succo concentrato per 6/7 kg di mele processate. Le impronte idriche associate alla produzione del succo di mela sono riportate in Tabella 7.2 e sono basate sui dati primari e sui dati ottenuti dal modello CROPWAT (crf. paragrafo §6.4.5) e una frazione di prodotto pari a 0.15 (crf. paragrafo §3.3). La quantità contenuta nel prodotto finito è pari al 40% del contenuto totale (330 g.). La coltivazione delle mele nella filiera bulgara del prodotto RdA avviene su un terreno inerbito e l'impronta è stata calcolata secondo i dati di Tabella 6.21.

Tabella 7.2 – *Impronte idriche associate ad 1 kg. di succo di mela naturale.*

	<i>WF blue[litri]</i>	<i>WF grey[litri]</i>	<i>WF green[litri]</i>
Coltivazione	135	0	56.4
Lavorazione			
Dolcificante ($f_p=0.15$)	900	0	376
Processo	0.5	0	0
Totale	1035.5	0	432.4

7.1.2 Lavorazione e processo

La fase di lavorazione include sia i consumi diretti dell'acqua utilizzata nel processo sia i consumi indiretti dell'acqua associati alla fornitura di energia e di gas combustibile (metano) o di carburante per la fase agricola di preparazione del terreno e di trasporto. In Tabella 7.3 sono riportati i dati primari forniti da RdA per la produzione di un kg di fragole in Bulgaria.

Le attività di produzione e lavorazione delle materie prime agricole includono il consumo di energia elettrica, di carburante, di gas e di acqua dolce utilizzata nelle fasi di lavorazione e surgelazione direttamente come acqua di processo o indirettamente come fluido di servizio termico.

In questo senso le impronte idriche sono distinguibili in dirette (acqua utilizzata nel processo) e indirette (energia, gas, carburante), (vedi paragrafo §5.3, Ercin, 2009).

Tabella 7.3 – Consumi e impronte di carburante ed energia per la fase agricola di coltivazione

<i>Specifica</i>	<i>Dato</i>	<i>WF blue [litri]</i>	<i>WF green [litri]</i>	<i>WF grey [litri]</i>	<i>Totale [litri]</i>
Irrigazione	0.080 kWh/kg	2.29	0	0.16	2.45
Preparazione terreno	0.011 litri/kg	0.09	0	2.65	2.74
Trasporto	0.013 litri/kg	0.12	0	3.14	3.26
<i>Totale</i>		2.5	0	5.95	8.45

I valori delle impronte idriche sono calcolate a partire dai risultati presentati al capitolo 6 (paragrafo §6.7; §6.9) e relativi alla singola confezione. I dati primari sono forniti da RdA.

L'impronta idrica della lavorazione è diretta per l'13 % del totale. Il restante è imputabile ad attività indirette collegate alla produzione, di cui l'85 % è dovuto all'utilizzo di energia nella fase di irrigazione e di preparazione della confettura negli stabilimenti di Foza e Pazardjick, il 14 % al carburante consumato in Bulgaria per la coltivazione e il rimanente 1% è imputabile ai consumi di gas metano per l'approvvigionamento del sistema di cogenerazione dello stabilimento di lavorazione di Foza. I risultati del calcolo delle impronte idriche per la fase di processo e le attività connesse con la produzione sono riportate in Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – Impronte idriche dirette e indirette per le attività di lavorazione e processo riferite ad una confezione da 330 grammi di Fior di Frutta alle fragole.

<i>Specifica</i>	<i>Dato</i>	<i>WF blue</i> [litri]	<i>WF green</i> [litri]	<i>WF grey</i> [litri]	<i>Totale</i> [litri]
Carburante					
Preparazione terreno	2E-03 litri	0.017	0	0.524	0.541
Trasporto	2E-03 litri	0.023	0	0.621	0.644
<i>Totale</i>	4E-03 litri	0.040	0	1.145	1.185
Energia elettrica					
Irrigazione	0.015 kWh	0.45	0	0.03	0.48
Lavorazione	0.049 kWh	1.44	0	2.06	3.50
Surgelazione	0.087 kWh	2.48	0	0.17	2.65
<i>Totale</i>		4.37	0	2.26	6.63
Acqua di lavorazione (processi e servizi)					
Lavorazione fragole	0.48 litri	0.48	0	0	0.48
Surgelazione fragole	0.63 litri	0.63	0	0	0.63
<i>Totale</i>		1.11	0	0	1.11
Gas					
<i>Lavorazione</i>	0.023 m ³	0.03	0	0.03	0.06

7.1.3 Packaging

Il calcolo dell'impronta idrica associata al packaging della confezione da 330 grammi di confettura comprende il calcolo dei volumi di acqua utilizzata per la produzione del tappo di acciaio, del contenitore di vetro e dell'etichetta. Tutti i dati calcolati per le diverse componenti al Capitolo §6 vengono allocate sulla base dei pesi delle singole componenti associate ad una confezione. Gli oggetti ed i pesi sono riportati in Tabella 7.5.

Tabella 7.5. Principali componenti del prodotto oggetto di studio

Peso del contenitore di vetro	204 g (confezione da 330 g)
Peso del coperchio in banda stagnata	73.5 grammi
Peso della carta associata all'etichetta	0.3865 grammi

I risultati delle componenti associate all'imballaggio di una confezione da 330 grammi di Fior di Frutta[®] sono riportate in Tabella 7.8

7.1.4 Trasporto e imballaggio

Il trasporto e l'imballaggio include il pallet di legno per il trasporto, l'impronta idrica del cartone monospessore utilizzato per il trasporto delle capsule di chiusura e del prodotto finito al centro di distribuzione di Albaredo d'Adige, l'impronta idrica per il cartone doppio spessore utilizzato per il trasporto della frutta surgelata dalla filiera bulgara allo stabilimento di produzione di Foza (Tabella 7.6).

Il calcolo è stato effettuato ipotizzando una vita utile del pallet pari alla quantità di giorni lavorativi presenti in un anno (220) e ipotizzando un trasporto a pieno carico per il prodotto considerato. Il consumo di carburante viene calcolato utilizzando una densità di $0,75 \text{ g/cm}^3$ per il diesel, una capacità di carico di 18 e 33 pallet per il trasporto del prodotto finito, ed una capacità di carico di 50 pallet per il trasporto dei contenitori di vetro.

Il consumo di carburante è ipotizzato pari a 3 litri/km. I dati sugli imballaggi associati al trasporto sono riportati in Tabella 7.6. Per il trasporto dei contenitori di vetro non è presente l'imballaggio secondario, mentre il tipo d'imballaggio fa riferimento ai dati sugli imballaggi presentati nel Capitolo 6 (crf. paragrafo §6.9).

Tabella 7.6 – Consumi di carburante ed imballaggio per quantità trasportata. (Fonte RdA)

<i>Componente</i>	<i>Carburante [litri]</i>	<i>Quantità</i>	<i>Imballaggio</i>	
			<i>Riferimento</i>	<i>Peso [g.]</i>
Banda stagnata	500	1370 pz	Tab.6.54	920
Vetro	130	2448 pz	-	-
Frutta surgelata	900	20 kg	Tab 6.57	880
Prodotto finito	80	6 pz	Tab 6.54	300

Il calcolo dell'impronta idrica del pallet e del carburante per il trasporto viene allocata sulla base della capacità di trasporto di un autoarticolato ipotizzandone il pieno carico. Per il trasporto del prodotto finito si utilizza una capacità di carico di 18 pallet pari a circa 14 tonnellate di carico. Il trasporto dei vasi di vetro è di circa 52 pallet per carico con 2448 pezzi per pallet. Il trasporto della banda stagnata viene calcolato ipotizzando un carico di 50 pallet e di 18 colli per bancale. I calcoli effettuati ed i risultati delle impronte idriche nelle tre componenti *blue*, *green* e *grey* sono riportati in Tabella 7.8 per il trasporto del packaging a carico dei fornitori e in Tabella 7.7 per il trasporto della frutta surgelata e del prodotto finito gestito da RdA.

Tabella 7.7 – WF del trasporto di prodotto semilavorato e del prodotto finito.

<i>Specifica</i>	<i>Green WF</i>	<i>Blue WF</i>	<i>Grey WF</i>	<i>Totale</i>
<i>Trasporto Pazardjick – Foza (unità funzionale 1 kg)</i>				
Pallet	1.25E-01	1.87E-03	7.16E-03	1.34E-01
Carburante (Diesel)	0	3.44E-01	9.03	9.37
Imballaggio (880g)	11.55	9.24E-01	1.86	15.93
Totale	1.17E+01	1.27	1.09E+01	2.54E+01
Totale (vaso 330 g.)	2.34	2.54E-01	2.18	5,09
<i>Trasporto Foza-Alberedo (Unità funzionale vaso da 330 g.)</i>				
Carburante	0	3.04E-02	7.98E-01	8.28E-01
Pallet	4.4E-02	6.7E-04	2.5E-03	4.71E-02
Imballaggio (300g.)	11.3	1.05	2.12	14.47
Totale	11.34	1.08	2.92	15.34

Tabella 7.8 – WF delle componenti associate al trasporto.

<i>Specifica</i>	<i>Green WF</i>	<i>Blue WF</i>	<i>Grey WF</i>	<i>Totale</i>
<i>Trasporto contenitori di vetro (unità funzionale 1 contenitore)</i>				
Pallet	2.54E-02	3.83E-04	1.46E-03	2.73E-02
Carburante	0	9.66 E-03	2.54E-01	2.63E-01
Totale	2.54E-02	3.83E-04	2.55E-01	2.90E-01
<i>Trasporto coperchi –(unità funzionale 1 coperchio)</i>				
Imballaggio	8.59E-2	1.54E-02	2.01E-02	1.21E-01
Carburante	0	3.6E-02	3.79E-02	1.96E-03
Pallet	2.74E-03	4.12E-05	1.58E-04	2.94E-03
Totale	9.07E-02	5.15E-02	5.82E-02	1,26E-01

7.2 Analisi dei risultati

Sommando i risultati delle singole fasi presentati nel paragrafo precedente si ottiene il valore complessivo dell'impronta idrica associata al prodotto Fior di Frutta[®] da 330 grammi (Tabella 7.9). Il risultato finale dell'indicatore disaggregato nelle tre componenti mostra che la maggior parte dell'impronta idrica associata al prodotto è del tipo *blue*, che corrisponde alle acque superficiali che costituiscono l'approvvigionamento idrico della fase agricola necessario per soddisfare l'evapotraspirazione delle coltivazioni (Tabella 7.10). collegata alle acque di diluizione per la fase agricola.

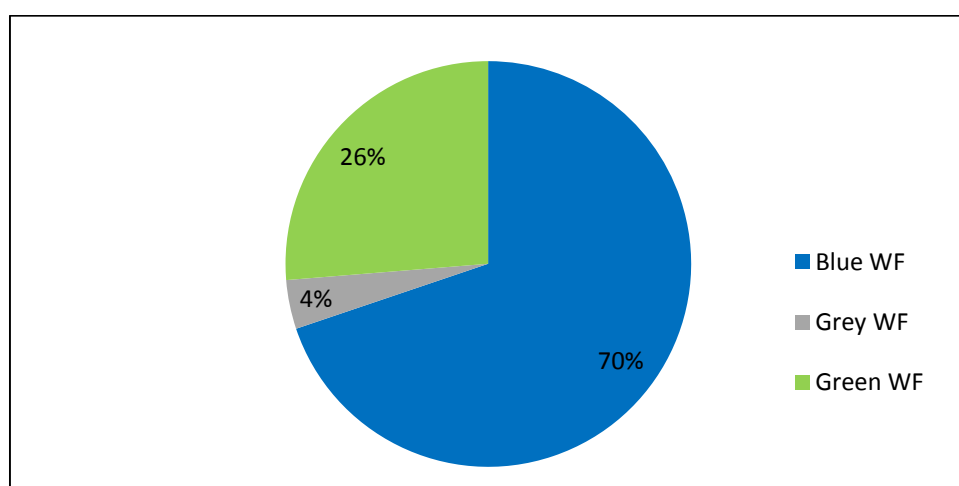
Le suddivisione percentuale dell'impronta nelle tre componenti è riportata in Figura 7.1

Tabella 7.9 – Impronte idriche associate ad una confezione Fior di Frutta da 330 grammi.

Oggetto	Blue WF	Grey WF	Green WF	WF totale
<i>Packaging</i>				
Contenitore di vetro	2.11	0.97	-	3.08
Etichetta di carta	-	-	0.5	0.5
Banda stagnata	2.03	1.41	-	3.44
Totale	4.14	2.38	0.5	7.02
<i>Ingredienti</i>				
Frutta	43.80	-	-	43.80
Dolcificante	136.00	-	56.8	192.80
Totale	179.8	-	56.8	236.6
<i>Overhead</i>				
Diretta	1.11	0	-	1.11
Indiretta	4.44	3.435	-	7.875
Totale	5.55	3.435	0	8.985
<i>Trasporto e imballaggio</i>				
Carburante	0.143	2.86	0	3.00
Pallet	1.46E-03	5.53E-03	0.096	1.03E-01
Imballaggio	1.25	2.51	13.65	17.41
Totale	1.39	5.37	13.75	20.51

Tabella 7.10– Water Footprint Fior di Frutta®.

Blue WF [litri]	Grey WF [litri]	Green WF [litri]	Totale [litri]
190.9	11.2	71	273.1

**Figura 7.1** - Diagramma a torta che mostra la ripartizione tra le varie componenti dell'impronta idrica totale.

I risultati mostrano che il 24 % dell'impronta è del tipo *green* il rimanente 4 % dell'impronta idrica imputabile al prodotto corrisponde al volume delle acque di diluizione.

La componente *grey* è la minore in quanto si è assunto come negli studi precedenti (Ercin, 2009; Chapagain e Orr, 2010, crf. par. §5.2; 5.3) che l'impronta idrica è nulla in seguito al trattamento degli effluenti inoltre è assente la componente.

Il confronto tra i risultati ottenuti per il prodotto in esame e altri prodotti precedentemente analizzati e presentati al Capitolo § 5 del presente lavoro sono riportati in figura 7.2.

Si vede la differenza del prodotto Rigoni[®] rispetto ad altri prodotti la cui impronta è costituita essenzialmente dalla *green water* derivata dalle precipitazioni efficaci ed utilizzata nella fase agricola di coltivazione. L'impronta del Fior di Frutta[®] risulta più simile all'impronta idrica associata al prodotto Dolmio[®], per il volume determinante di acque superficiali. Questo è dovuto al fatto che i prodotti esaminati derivano da coltivazioni in cui è assente l'applicazione di acqua per irrigazione e pertanto tutta la richiesta di evapotraspirazione è soddisfatta attraverso le precipitazioni efficaci (Nestlé[®], SABMiller[®]; M&M's[®]). Bisogna anche aggiungere come, qualora il calcolo dei volumi di acqua utilizzati nella fase agricola venga effettuato attraverso software (CROPWAT), i risultati tendano a privilegiare la componente *green* dell'impronta idrica della fase agricola (Coca-Cola[®]). Infatti i dati primari utilizzati nel caso studio Dolmio[®] e Rigoni[®] consentono di ottenere dei risultati maggiormente rappresentativi rispetto a quelli ottenuti dal software CROPWAT (crf. paragrafo §6.4).

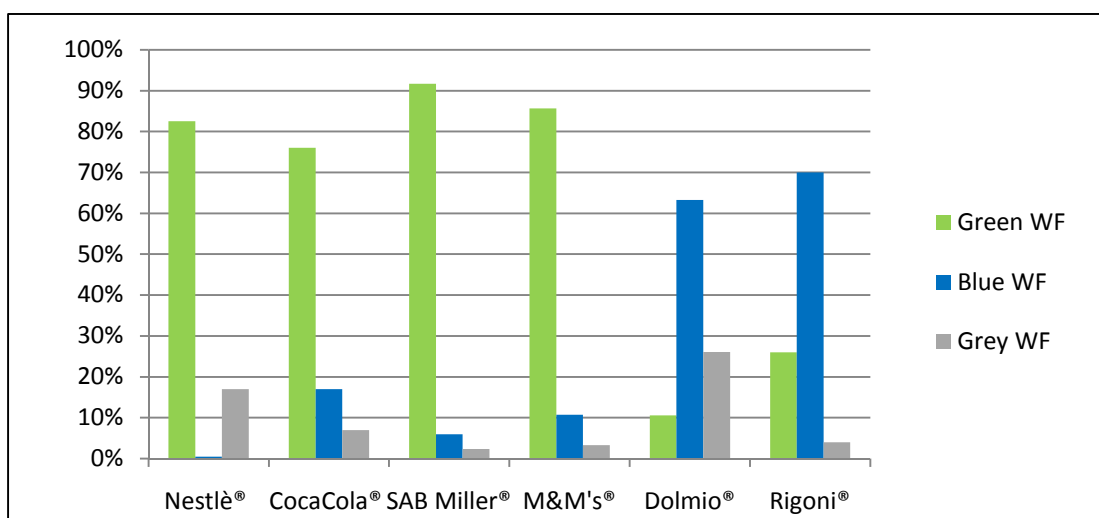


Figura 7.2 – Confronto tra le impronte idriche calcolate per i prodotti presenti in letteratura e il Fior di Frutta[®] Rigoni di Asiago.

La distribuzione delle componenti *green blue e grey* tra le varie fasi del sistema prodotto considerate nell'analisi sono presentate in Tabella 7.11 e Figura 7.3. I risultati confermano la prevalenza della fase agricola per la WF_{blue} (94.2%) e la WF_{green} (79.9%). La componente acque grigie collegata alla diluizione degli inquinanti è distribuita tra la lavorazione, la fase di trasporto e le attività di produzione della confezione. Le componenti considerate si riferiscono essenzialmente al carburante per quanto riguarda la fase “trasporto e imballaggio”, mentre per quanto riguarda la fase “packaging” ci si riferisce all'inquinamento associato alla produzione del contenitore di vetro e della chiusura in acciaio.

Tabella 7.11 – Le impronte idriche suddivise per componente e fase della catena di prodotto

<i>Componente</i>	<i>Blue WF [%]</i>	<i>Grey WF [%]</i>	<i>GreenWF [%]</i>
<i>Packaging</i>	2.2%	21.3%	0.7%
<i>Coltivazione</i>	94.2%	0.0%	79.9%
<i>Lavorazione</i>	2.9%	30.7%	0.0%
<i>Trasporto e imballaggio</i>	0.7%	48.0%	19.4%

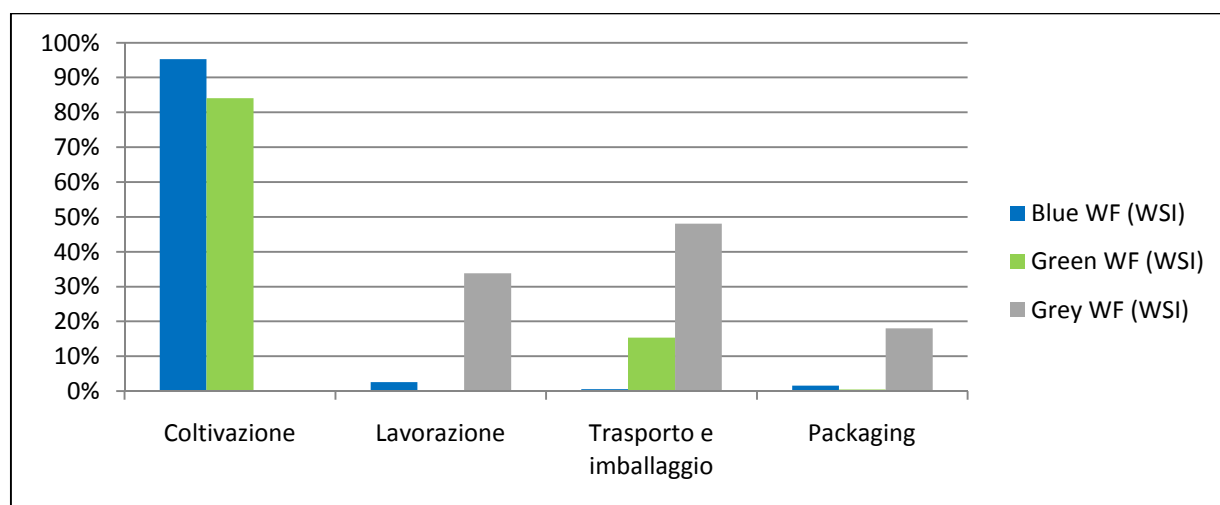


Figura 7.3– Le tre componenti del WF Fior di Frutta® ripartite tra le diverse fasi di prodotto.

In Figura 7.4 viene mostrato il peso percentuale delle impronte di ciascuna fase della produzione del Fior di Frutta® (coltivazione, lavorazione, packaging, trasporti e imballaggi) rispetto all'impronta idrica totale del prodotto (273,1 litri). Le impronte sono disaggregate per tipologia di acqua e quindi è possibile osservare visivamente come l'apporto al risultato finale sia dato dalla coltivazione (blue water e in maniera minore green water). I risultati sono riportati in Tabella 7.12

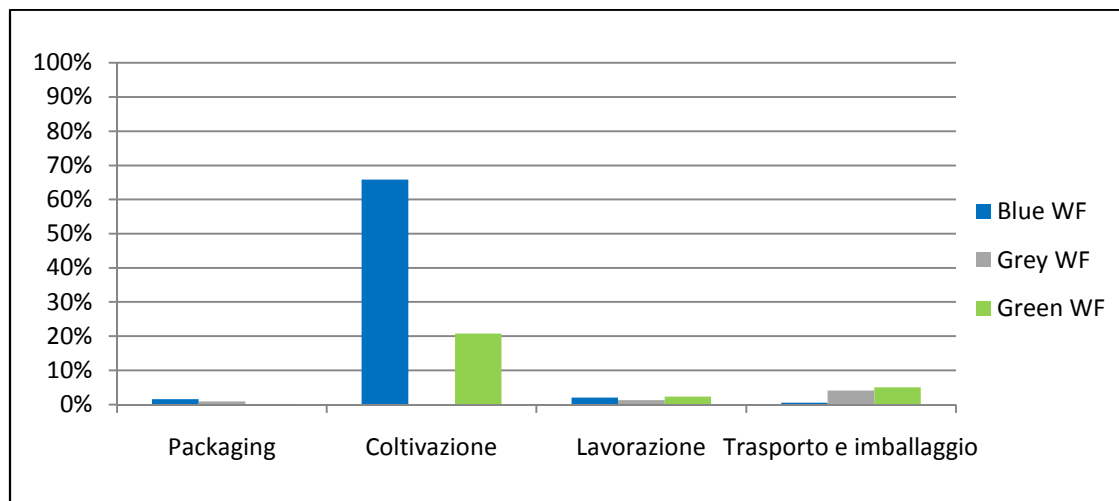


Figura 7.4 – WF Fior di Frutta® disaggregata per componente e fase della catena di prodotto

Tabella 7.12 – Le percentuali delle WF di ciascuna fase della catena di prodotto suddivise per componente

Componente	Blue WF [%]	Grey WF [%]	GreenWF [%]
Packaging	1.5%	0.9%	0.2%
Coltivazione	65.8%	0.0%	20.8%
Lavorazione	2.0%	1.3%	2.3%
Trasporto e imballaggio	0.5%	4.1%	5.0%

Il risultato dell'indicatore WF ottenuto per le varie componenti del sistema prodotto conferma i risultati ottenuti nei casi studio precedenti (crf. Capitolo §5) per cui la fase agricola è determinante nel computo finale dell'impronta idrica (Figura 7.5).

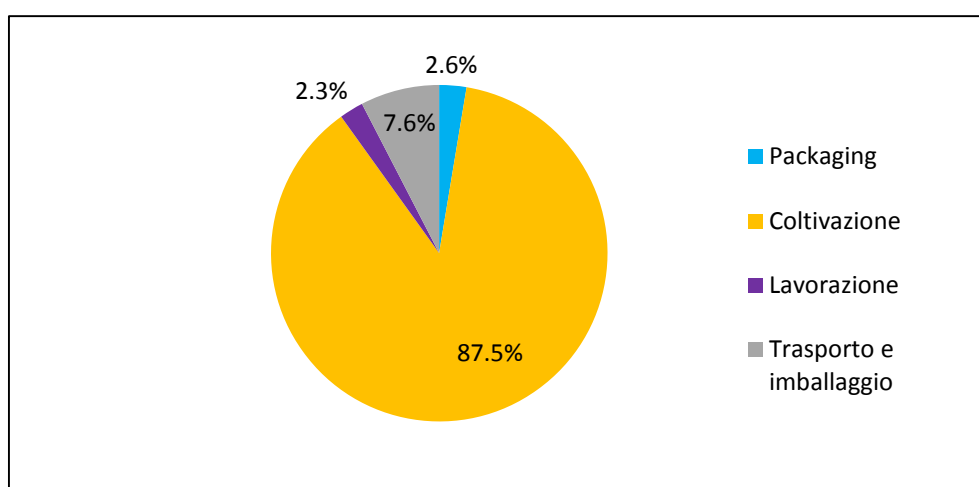


Figura 7.5 – WF ripartita tra le componenti della catena di prodotto.

In questo caso quasi il 90 % del totale è imputabile alla sola fase di coltivazione della frutta. Successivamente è la fase di trasporto e imballaggio ad avere il valore maggiore, legato soprattutto agli imballaggi in cartone ripiegato utilizzati per il trasporto.

Il confronto tra i risultati ottenuti per il prodotto in esame e altri prodotti precedentemente analizzati e presentati al Capitolo § 5 del presente lavoro sono riportati in figura 7.6 dove si vede in dettaglio la distribuzione percentuale delle singole componenti considerate all'interno dell'analisi. Il prodotto Rigoni risulta avere una percentuale significativa relativa all'imballaggio e nonostante la fase agricola abbia l'impronta maggiore non raggiunge le percentuali (superiori al 90 %) che emergono da altri prodotti analizzati.

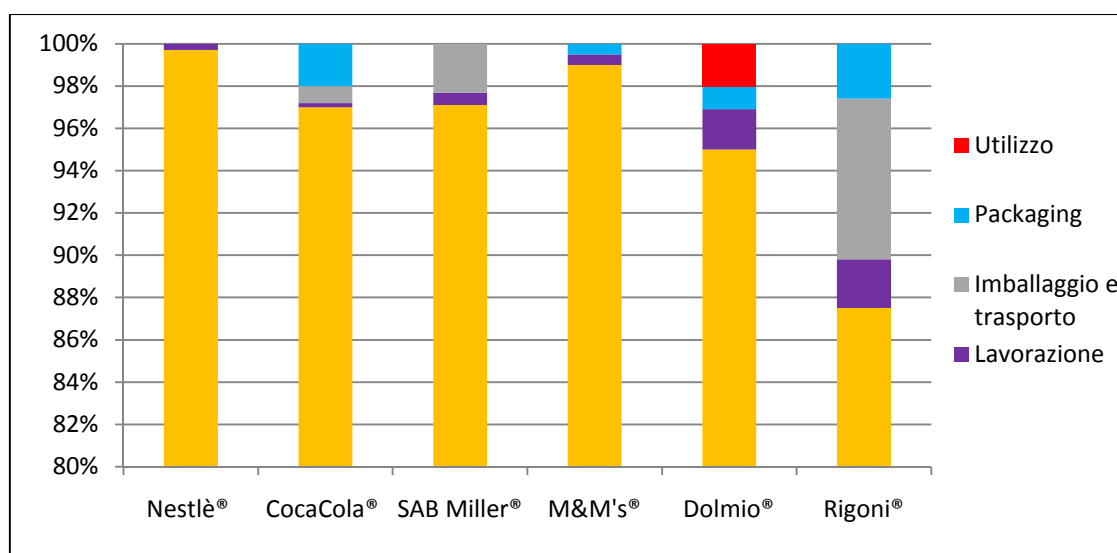


Figura 7.6 – Dettaglio della composizione percentuale e confronto tra i casi studio su prodotti presenti in letteratura.

La componente collegata all'imballaggio è imputabile soprattutto al collo utilizzato come imballaggio secondario per la confezione finale, contenente sei vasi da 330 g. Il confronto tra i vari prodotti per quanto riguarda la suddivisione dell'impronta nelle componenti considerate, è soltanto indicativo in quanto l'inclusione delle fase all'interno dell'analisi è arbitraria e dipende dalla disponibilità dei dati e dagli obiettivi.

7.3 Valutazione degli impatti

La valutazione degli impatti collegate alle impronte idriche è condotto in questo studio attraverso il metodo Eco-indicator 99 presentato al paragrafo §4.5. Sulla base degli indici proposti da Pfister nel suo lavoro (Pfister, 2009) è stato possibile valutare gli impatti associati all'utilizzo di acqua dolce lungo la filiera del prodotto Fior di Frutta[®]. Si tratta del primo caso studio in cui si applica la metodologia di valutazione degli impatti ambientali ad un prodotto, anche in virtù del fatto che gli indici sono di recente pubblicazione. Di conseguenza, non risulta possibile sulla base di questi risultati fare un confronto tra il prodotto Fior di Frutta[®] e altri prodotti di largo consumo. Tuttavia il valore dei risultati a cui giunge la ricerca permette di formulare importanti considerazioni di carattere generale sul metodo utilizzato.

7.3.1 Caratterizzazione dei risultati

Per valutare e confrontare impronte idriche che si collocano in posizioni geografiche differenti è necessario caratterizzarle. Un metodo per condurre tale caratterizzazione è il WSI, proposto da Pfister (2009) e presentato al precedente paragrafo §4.5.

Per il caso di studio in esame, i risultati delle impronte idriche dopo la fase di caratterizzazione sono presentati in Tabella 7.13.

Tabella 7.13- Impronte idriche del Fior di Frutta[®] dopo caratterizzazione.

<i>Specifica</i>	<i>WF [litri]</i>	<i>WSI [litri]</i>	<i>WF_{blue} [litri]</i>	<i>WF_{green} [litri]</i>	<i>WF_{grey} [litri]</i>
<i>Coltivazione</i>	236.6	92.0	69.9	22.1	0
<i>Lavorazione</i>	9	3.0	2	-	1.1
<i>Trasporto</i>	20.8	6.3	0.4	4.0	1.7
<i>Packaging</i>	7.0	2.7	1.1	0.2	1
<i>TOTALE</i>	273.4	104	73.4	26.3	3.8

Si vede che il nuovo valore dell'impronta idrica per il prodotto considerato dopo la fase di caratterizzazione è di circa 104 litri. Questo valore può essere effettivamente confrontato con i risultati di altri prodotti realizzati in diverse località e quindi con diverse situazioni idrogeologiche. Il fatto che il valore dopo caratterizzazione sia minore di quello volumetrico calcolato in precedenza dimostra che le regioni dove si collocano le attività produttive hanno

sufficiente disponibilità idrica per supportare sia le richieste della sfera biotica che delle attività umane

I risultati mostrati in figura 7.7 evidenziano come l'impronta non differisce nella distribuzione relativa tra le singole fasi perché queste sono dislocate tra Bulgaria e Italia in zone che hanno una situazione idrogeologica sostanzialmente simile e una sufficiente disponibilità idrica per supportare le attività produttive.

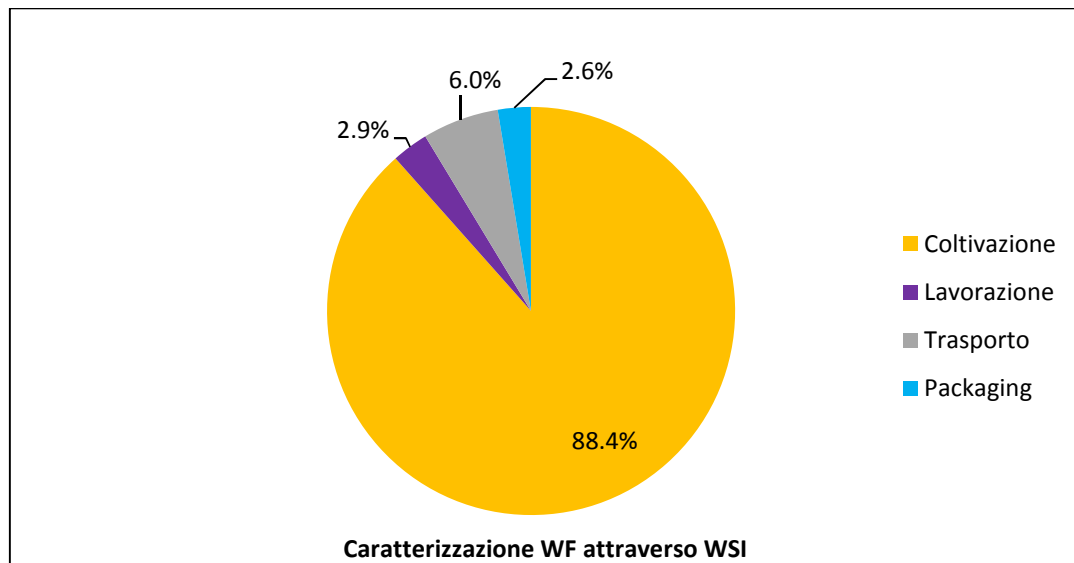


Figura 7.7 – Impronte idriche per le diverse fasi del ciclo vita dopo caratterizzazione attraverso WSI.

In Figura 7.8 si vede come varia l'impronta volumetrica associata al prodotto prima e dopo la caratterizzazione.

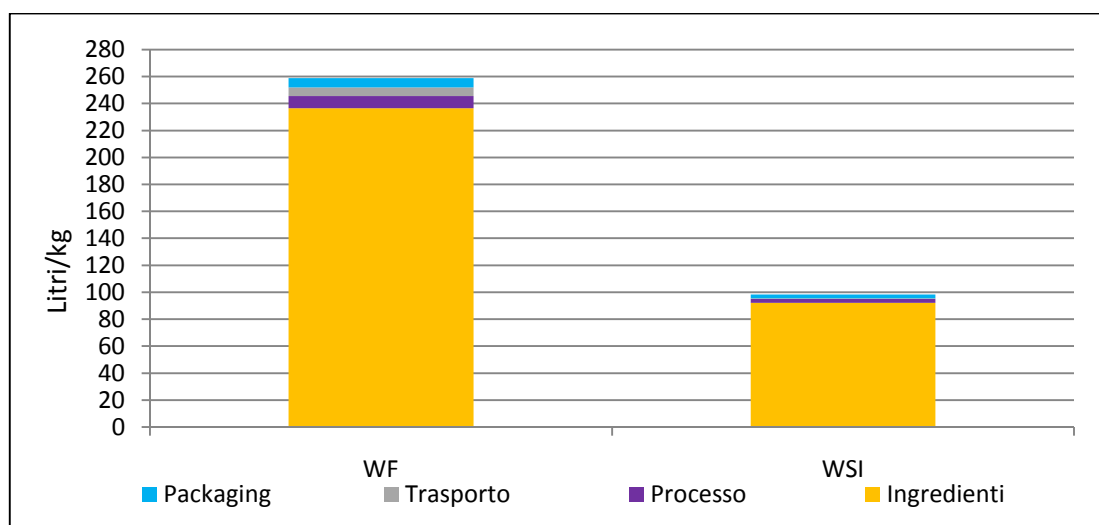


Figura 7.8 – Confronto tra le impronte idriche volumetriche (WF) con quelle ponderate attraverso fattore di caratterizzazione WSI.

In Figura 7.9 la distribuzione delle tre voci di inventario (blue, green e grey). Non si notano significative differenze con i risultati ottenuti dall'indicatore volumetrico prima della fase di caratterizzazione.

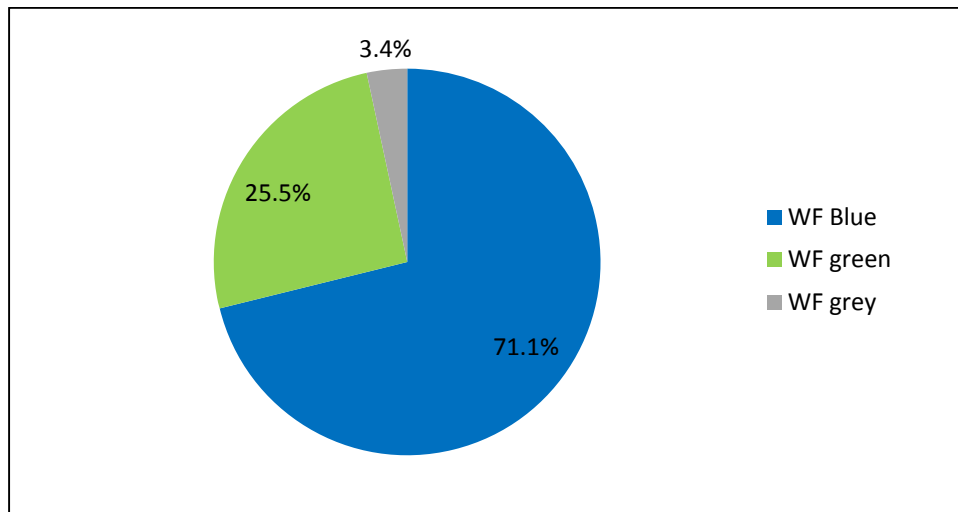


Figura 7.9 – Distribuzione delle varie componenti dell'impronta idrica dopo caratterizzazione.

7.4 Valutazione degli impatti con il modello Eco-Indicator 99

La caratterizzazione dell'impronte idriche consente di confrontare i risultati indipendentemente dalla posizione geografica in cui sono collocate e quindi indipendentemente dal tipo di scenario idrico in cui si collocano.

Tuttavia questo risultato non consente ancora di associare in maniera esplicita degli impatti ai risultati a cui si è pervenuti. Per fare questo si ricorre al modello di valutazione degli impatti Eco- indicator 99 (crf. paragrafo 4.5; Pfister 2009). Il modello consente di valutare gli impatti per le risorse idriche relativamente a tre categorie di impatto endpoint: la salute umana, le risorse e la qualità dell'ecosistema. La valutazione dell'impatto è basata sugli indici e le assunzioni del modello presentate al paragrafo §4.5.

Nella valutazione dell'impatto sono escluse le impronte idriche collegate all'acqua di diluizione. Il calcolo di questa componente è affetta da incertezze sia per quanto riguarda i riferimenti che per quanto riguarda l'effettiva rappresentatività della qualità delle acque. Il metodo di Pfister include nell'analisi soltanto gli usi evaporativi di acqua cioè la componente blue della WF. Al contrario le acque di diluizione, che servono per rappresentare l'impatto dovuto all'uso degradativo dell'acqua, non vengono incluse nella valutazione degli impatti. In Tabella 7.13

sono rappresentati i risultati ottenuti per le fasi della catena di prodotto nelle tre categorie di impatto (crf. paragrafo §4.)

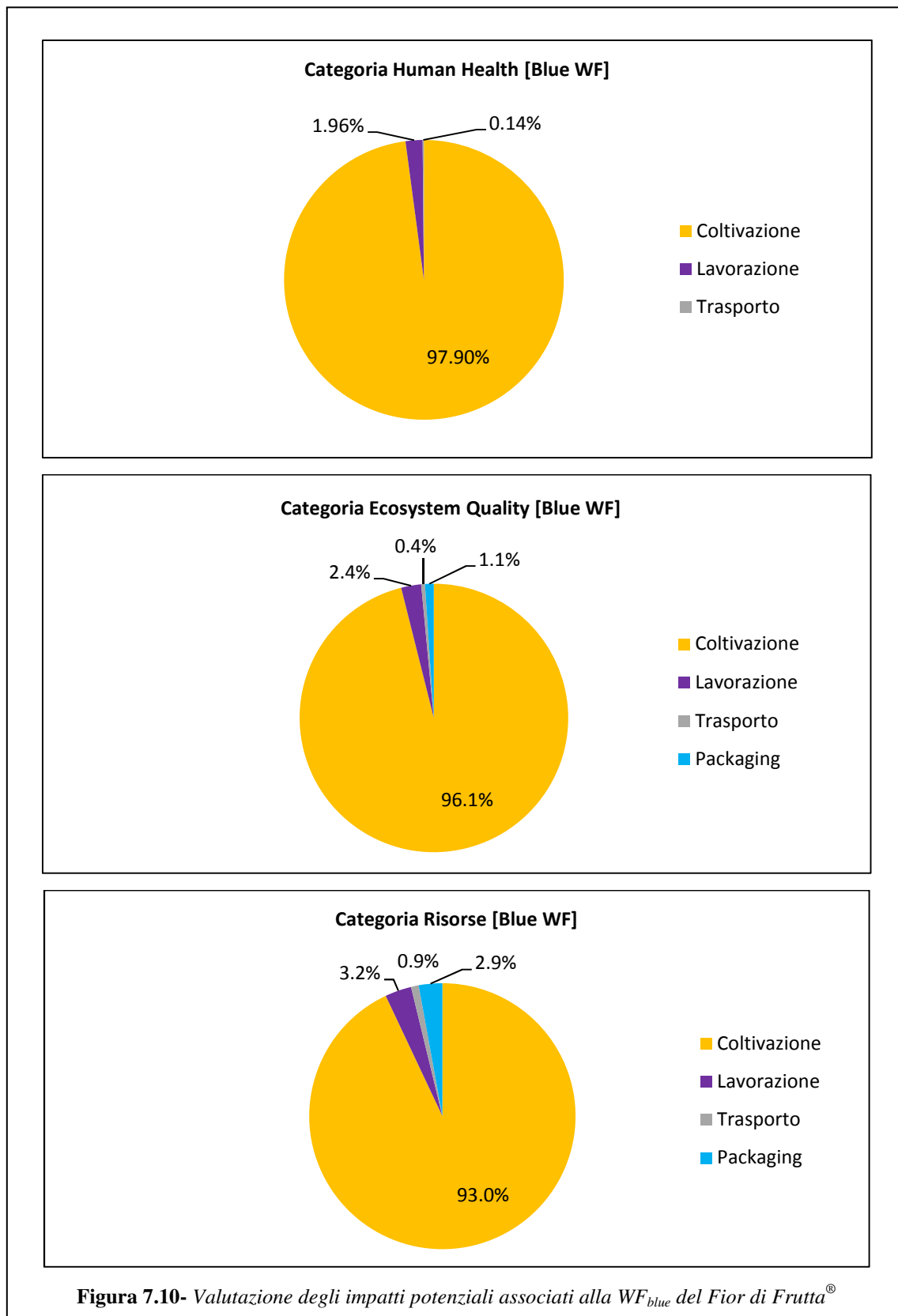
Il metodo proposto da Pfister valuta gli impatti associati alle impronte idriche di tipo blue collegate all'utilizzo delle acque superficiali. La valutazione degli impatti potenzialmente collegati all'utilizzo della acqua derivata dalle precipitazioni al contrario non è ancora stata inserita nei percorsi di impatto che portano alle tre categorie *Human Health Ecosystem Quality* e *Resources*. Il dibattito sull'impatto potenzialmente connesso all'appropriazione da parte dell'uomo di terreni produttivi e quindi allo sfruttamento delle precipitazioni naturali a scapito dell'ecosistema è ancora aperto. Gli impatti di ciascuna delle quattro componenti del sistema prodotto sono suddivisi per categoria e riportati in Tabella 7.14.

Tabella 7.14 - Impatti potenziali associati alla WF blue secondo il metodo Ecoindicator 99.

<i>Specifica</i>	<i>Human Health</i> [10-6 DALY]	<i>Ecosystem Quality</i> [m ² year]	<i>Resources</i> [MJ]
<i>Coltivazione</i>	1.46E-02	4.96E-02	3.00E-02
<i>Lavorazione</i>	2.93E-04	1.25E-03	9.26E-04
<i>Trasporto</i>	2.07E-05	2.22E-04	3.00E-04
<i>Packaging</i>	0	5.55E-04	8.00E-04
<i>Totale</i>	1.97E-02	6.96E-02	3.00E-02

La prima categoria di impatto *human health* interessa i danni causati alla salute umana per malnutrizione e acqua di scarsa qualità. L'impatto sulla salute umana collegato al prodotto in questione è imputabile esclusivamente all'approvvigionamento idrico della fase agricola situata in Bulgaria poiché i volumi ingenti di acqua utilizzata vengono sottratti ai corsi di acqua superficiale ed al tasso di ricarica dell'ecosistema basato sulle precipitazioni efficaci e quindi hanno la potenzialità maggiore nel causare danni alla qualità e al tipo di acqua dolce destinata alle attività umane. Quanto detto vale anche per le categorie di qualità dell'ecosistema e della categoria risorse. Per quest'ultima ha un certo peso percentuale (circa 3.2 %) anche la fase di lavorazione della frutta.

I grafici di Figura 7.10 mostrano il risultato dell'impatto nelle tre categorie, disaggregato per le quattro fasi considerate all'interno del sistema prodotto.



7.4.1 Aggregazione degli impatti

Per confrontare tra loro le diverse fasi del ciclo vita e del prodotto finale è possibile utilizzare i punteggi forniti dal metodo Eco-indicator. L'applicazione produce dei risultati normalizzati che consentono di confrontare gli impatti delle diverse categorie in relazione alle attività considerate nella catena di prodotto. Si può valutare il peso assoluto di ciascuna componente considerata, in relazione all'impatto totale aggregato dell'impronta idrica associata al prodotto (Figura 7.11). Inoltre si possono aggregare gli impatti delle singole categorie in un unico risultato valutando quale percentuale abbia ciascuna categoria di impatto sul risultato finale (Figura 7.12). Il riferimento per il calcolo del punteggio Eco-indicator 99 è illustrato al Capitolo 4, paragrafo §4.5 (Pfister, 2009). I risultati numerici sono riportati in Tabella 7.15.

Tabella 7.15 – Valutazione degli impatti delle fasi principali del ciclo vita della confettura secondo i punteggi calcolati con il metodo Eco- Indicator 99.

<i>Specifica</i>	<i>Human [EI99 points]</i>	<i>Ecosystem [EI99 points]</i>	<i>Resources [EI99 points]</i>	<i>Aggregated Factor [EI99 points]</i>
<i>Ingredienti</i>	3.79E-04	9.15E-01	1.06E-03	6.35E-03
<i>Overhead</i>	7.60E-06	9.79E-05	1.10E-05	4.30E-05
<i>Trasporto</i>	5.36E-07	1.73E-05	6.90E-05	2.62E-04
<i>Packaging</i>	-	4.35E-05	2.20E-05	7.08E-05
<i>Totale</i>	3.88E-04	9.15E-01	1.17E-03	6.73E-03

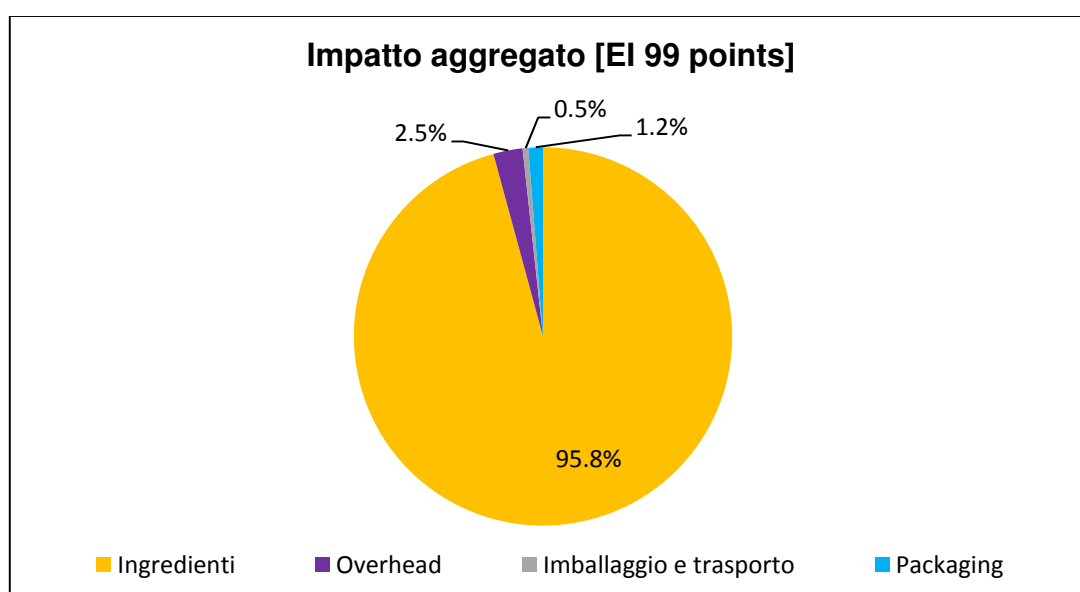


Figura 7.11 – Impatto aggregato suddiviso per le componenti del sistema prodotto analizzate.

La fase agricola risulta determinante nel calcolo degli impatti potenzialmente associati all'impronta idrica del Fior di Frutta®.

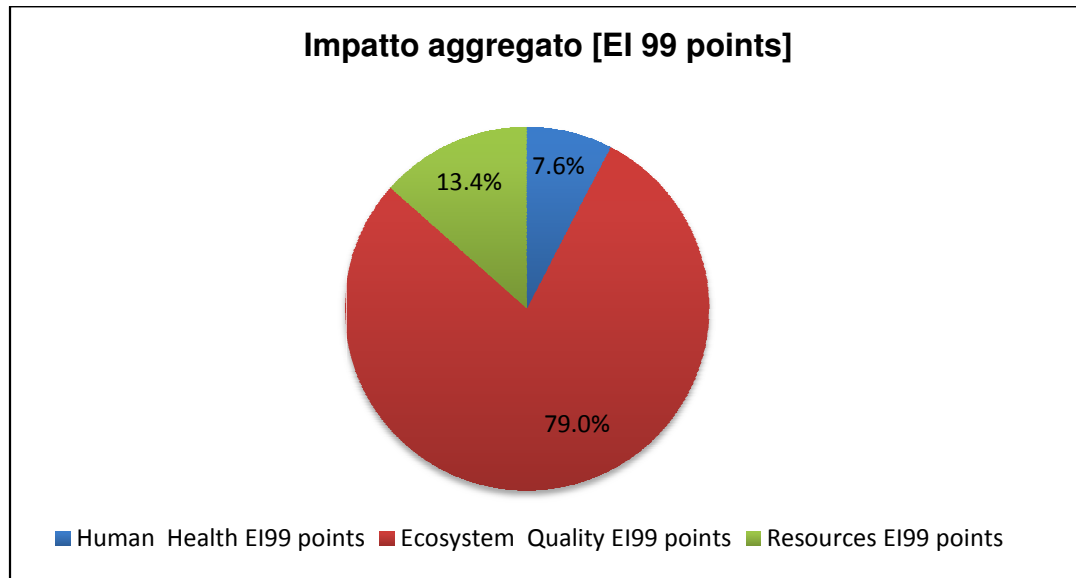


Figura 7.12 – Distribuzione dell'impatto aggregato tra le categorie considerate

L'impatto maggiore è imputabile alla categoria della *qualità dell'ecosistema* infatti le regioni interessate dalla produzione non soffrono di fenomeni di siccità o di scarsità idrica per la coltivazione o per altre attività umane sociali e lavorative.

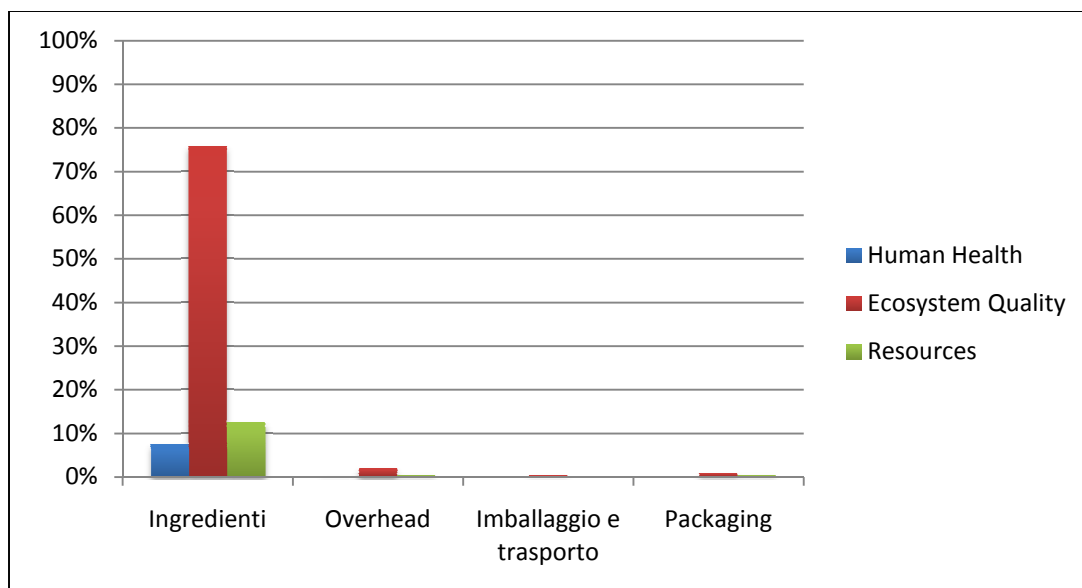


Figura 7.13 - Impatti disaggregati per categoria tra le diverse componenti del sistema prodotto

L'analisi degli impatti ha dimostrato che l'impatto maggiore si ha nella fase agricola di coltivazione (Figura 7.13) dove l'utilizzo di terreni per fini produttivi sottrae all'ecosistema le precipitazioni efficaci che sono immagazzinate dal terreno come umidità. Essendo utilizzate per la crescita della frutta, le precipitazioni non possono andare a ricaricare il sistema idrogeologico locale. Anche l'acqua utilizzata per l'irrigazione delle colture di fragole ha la potenzialità di creare un impatto sull'ecosistema, infatti una volta utilizzata per la crescita e l'evapotraspirazione della pianta essa non è più disponibile per l'ecosistema dal quale è stata prelevata.

7.5 Considerazioni generali

La valutazione degli impatti delle impronte idriche associate ai prodotti di consumo fino ad ora si erano limitate alla caratterizzazione dei risultati (Ridoutt e Pfister, 2009). In questo studio si è andati oltre alla fase di caratterizzazione per la valutazione degli impatti, utilizzando degli indici di impatto proposti dai ricercatori del campo LCA (Pfister, 2009). L'applicazione di questi indici ha consentito di ottenere un risultato esplicito per determinate categorie di impatto (*human health; reosurces; ecosystem quality*). Il metodo fornisce degli indici che sono funzioni della posizione geografica in cui sono localizzate le impronte idriche lungo tutta la catena di prodotto. Questo ha consentito anche di valutare quale sia la rappresentatività di tali indici in relazione al water footprint calcolato per un prodotto biologico. A partire dai dati primari si è evidenziato nella fase di calcolo dell'indicatore, come i volumi di acqua per la produzione di Fior di Frutta[®] vengano stanziati soprattutto nelle regioni di Berkovitsa e Pazardjick all'interno della filiera bulgara di produzione. Queste regioni non soffrono di particolari problemi imputabili alla mancanza di acqua dolce o alla scarsa qualità della stessa.

I risultati ottenuti sono consistenti con il tipo di prodotto ed il metodo con cui viene condotta la lavorazione attraverso tutte le fasi dalla coltivazione fino al confezionamento ed al trasporto. Infatti l'impatto del prodotto espresso dal metodo Eco-indicator, evidenzia la potenzialità del danno causato dall'utilizzo dell'acqua nella coltivazione agricola nei confronti degli ecosistemi naturali dove il prelievo di acqua è sensibile ed in stagioni secche potrebbe avere delle conseguenze sulla disponibilità di acqua per le funzioni biologiche degli ecosistemi.

Il prodotto ha una filiera diversificata e questo ha consentito di valutare anche la rappresentatività del metodo EI 99 rispetto alla collocazione geografica delle fasi che costituiscono la supply-chain del Fior di Frutta[®].

In questo caso per certe fasi del sistema prodotto, come la produzione di carburante e di imballaggi, le assunzioni fatte nella fase di calcolo dell'indicatore risultano determinanti anche nella fase di valutazione degli impatti. Infatti quando, in mancanza di dati primari diretti, si assume la provenienza geografica di un materiale, e quindi dell'impronta idrica che vi è associata, si sta facendo un'ipotesi che influisce indirettamente sul risultato finale della valutazione degli impatti.

Il metodo Eco-indicator 99 è già implementato nell'ambito del Life Cycle Assessment, pertanto i risultati aggregati, espressi attraverso il punteggio "*EI99 points*", possono essere utilizzati all'interno dell'analisi LCA per valutare l'impatto associato all'utilizzo di acqua dolce lungo il ciclo vita di un particolare prodotto. Questo è un obiettivo primario dei ricercatori nell'ambito LCA, che cercano di rendere completa l'analisi del ciclo vita di un prodotto, caratterizzando l'impatto sulla risorsa idrica non soltanto da un punto di vista qualitativo, attraverso le categorie già esistenti, ma anche dal punto di vista quantitativo. La valutazione dei volumi di acqua che entrano in un sistema prodotto in relazione alla disponibilità locale di acqua per le attività produttive e per le esigenze ambientali avviene secondo i percorsi di impatto presentati al paragrafo 4.4. Il sistema di valutazione degli impatti attraverso il punteggio Eco-indicator 99 consente di confrontare l'impatto associato all'impronta volumetrica di acqua dolce con altre categorie di impatto esprimibili anch'esse in punteggio Eco-indicator 99. Ci si riferisce in particolare al software Sigma Pro per l'analisi LCA e all'analisi degli impatti con il modello Swiss Ecological Scarcity Method (Eco-indicator 99) attraverso le categorie di impatto collegate alla risorsa idrica come eutrofizzazione o acidificazione.

Conclusioni

Nel Capitolo 5 del presente lavoro sono stati confrontati i risultati dei casi studio effettuati finora per prodotti di largo consumo di origine agricola, analizzando i dati, le ipotesi e le assunzioni del calcolo dell'impronta idrica. Dall'analisi sono emerse alcune differenze tra le assunzioni effettuate, i confini di sistema ed il tipo di dati utilizzati.

In particolare nei casi studio presenti in letteratura non vengono forniti le fonti dei dati ed il metodo di allocazione utilizzato nel calcolo della WF per le attività indirettamente collegate al prodotto (confezione, trasporti, energia) o qualora siano forniti (Ercin, 2009) il calcolo non è esplicito. Questo è dovuto al fatto che non esiste ancora un riferimento univoco per il calcolo dell'impronta idrica e pertanto molti studi rinunciano a fornire la fonte dei loro dati oppure tralasciano il calcolo dell'impronta associata ad intere componenti come i trasporti e gli imballaggi, ritenendo trascurabile il loro apporto sul risultato finale dell'indicatore.

Al contrario in questo studio si è effettuato un calcolo esplicito in grado di fornire un riferimento preciso per i dati utilizzati.

Questo costituisce un valore aggiunto ai risultati ottenuti per il Fior di Frutta[®] perché i calcoli sono effettuati su riferimenti precisi (Ecoinvent) e quindi confrontabili e soprattutto riproducibili. Per quanto riguarda la valutazione degli impatti dell'impronta idrica attualmente in letteratura manca uno studio completo che includa sia il calcolo dell'indicatore che la valutazione degli impatti che sono associati. Si sono confrontati a questo proposito i modelli ed i percorsi di impatto proposti sia dagli autori del metodo Water Footprint (Water Footprint Manual, Chapagain e Hoekstra, 2009) sia dagli studiosi di altri sistemi di gestione ambientale rivolti a prodotti ed aziende come LCA e Carbon Footprint.

Oltre a questi obiettivi di carattere generale ma fondamentali per l'analisi, si è potuto anche andare nel dettaglio del metodo testando effettivamente le scelte fatte per il calcolo dell'indicatore sulla base dei dati primari.

L'occasione per effettuare uno studio pilota è stato fornito da Rigoni di Asiago, azienda italiana che produce prodotti da agricoltura biologica. Il prodotto considerato è stato una confettura a base di fragole biologiche.

Attraverso i dati primari forniti da Rigoni e l'analisi dettagliata del ruolo svolto dall'acqua all'interno del processo, si sono ottenuti dei risultati che non soltanto sono confrontabili con

quelli ottenuti dagli studi già effettuati, ma che consentono anche di effettuare una valutazione del metodo Water Footprint e di evidenziarne i punti critici e gli sviluppi futuri e di confermarne i punti di forza.

Esso si è articolato in tre step fondamentali: il primo step ha riguardato la valutazione del WF per la fase agricola, attraverso l'applicazione del metodo Chapagain e Hoekstra definito nel Manual of Water Footprint (2009), mediante il software CROPWAT.

Il secondo step è stato quello di effettuare un'analisi WF su tutte le fasi e gli input del sistema prodotto per valutare come si ripartisce l'impronta idrica all'interno del ciclo di produzione. Questa analisi ha utilizzato dati primari e dati secondari provenienti da banche dati all'interno del software SigmaPro ed ha richiesto di formulare alcune assunzioni per il calcolo delle impronte idriche, poiché attualmente non esistono riferimenti univoci né metodologie standard o software di calcolo che ne consentano la valutazione.

Il terzo ed ultimo passaggio dello studio è stato il tentativo di applicare ai risultati ottenuti dall'indicatore del WF un modello di valutazione degli impatti presente in letteratura e di recente sviluppo (Pfister, 2009).

I risultati del Water Footprint mostrano come la maggior parte dell'impronta idrica associata al prodotto in questione sia imputabile alla fase di coltivazione degli ingredienti da agricoltura biologica (dalla semina alla raccolta), che contribuisce per circa l'87.5 % all'impronta idrica totale.

Si è anche valutata la sensibilità dei risultati rispetto ad alcuni parametri del calcolo, come il tipo di coltivazione, convenzionale e biologica, ed il tipo di irrigazione.

Il Water Footprint della coltivazione biologica è costituito esclusivamente da *blue* e *green water* infatti non essendo utilizzati pesticidi o fertilizzanti chimici, le acque di diluizione sono state assunte essere pari a zero. Tuttavia volendo effettuare un confronto tra l'impronta della coltivazione biologica e quella della coltivazione convenzionale, si è osservato che l'utilizzo di fertilizzanti comporta una riduzione dell'impronta idrica associata alla frutta sia per la coltivazione di fragole che per la coltivazione di mele pari a circa il 20%. L'utilizzo di acqua associata alla diluizione comporta un volume aggiuntivo pari a circa il 10% dei volumi di acqua totali utilizzati in agricoltura biologica per le mele e del 20 % per le fragole. Tuttavia l'utilizzo dei fertilizzanti aumenta le rese delle colture del 30 % consentendo comunque di ridurre l'impronta idrica associata al prodotto agricolo.

La coltivazione viene condotta con sistemi di irrigazione a goccia (MIS, *micro irrigation system*). L'elevata efficienza di irrigazione consente di soddisfare completamente le richieste

di evapotraspirazione delle colture di fragole pari a circa 245 litri per kg. di prodotto agricolo. Poiché i volumi di irrigazione superano le richieste di evapotraspirazione della pianta si è assunto, secondo la metodologia water footprint, di non considerare all'interno del calcolo delle impronte idriche i volumi di acqua che dopo irrigazione ritornano al sistema naturale dal quale erano state prelevate.

Il calcolo dell'evapotraspirazione della coltivazione di mele ha ipotizzato un approvvigionamento completo delle colture basato sui volumi stanziati per l'irrigazione e sulle precipitazioni efficaci, secondo il modello CWR (cfr. Capitolo 3, CROPWAT, 2008).

I risultati mostrano un'impronta di circa 191 litri/kg di mele, di cui il 71 % costituito da acqua di irrigazione ed il rimanente da precipitazioni efficaci.

Il secondo step dell'analisi quantifica l'impronta idrica associabile alle attività indirettamente collegate con la produzione. I confini di analisi sono stati molto ampi rispetto agli studi presenti in letteratura includendo le fasi di lavorazione, trasporto e confezionamento. I risultati mostrano che la fase di processo ed il packaging della confezione associata al prodotto incidono rispettivamente per il 2.3 % ed il 2.6 %. Il trasporto e l'imballaggio secondario associato incidono per il 7.6 %.

Quest'ultimo valore in particolare, è imputabile alla cellulosa utilizzata per la produzione dell'imballaggio secondario in cartone, associato al trasporto del prodotto finito dallo stabilimento di produzione ai centri di distribuzione.

Analizzando l'impronta idrica totale si osserva che la componente che incide di più è la *blue water* per il 70 %, utilizzata nell'irrigazione della coltivazione di fragole e di mele. Il 26 % dell'impronta finale è imputabile alla *green water* ed il rimanente 4 % è costituito dalla *grey water* associata alla produzione della confezione ed al trasporto oltre che all'imballaggio secondario.

Questo risultato ha confermato quanto già emerso negli studi precedenti (Ercin, 2009) che mostrano come il calcolo dell'indicatore *grey water* (acque di diluizione) sia significativo esclusivamente nella fase agricola di coltivazione degli ingredienti. Al contrario l'utilizzo di un volume di diluizione, per considerare l'uso degradativo di acqua associato alle altre componenti del sistema prodotto, è scarsamente rappresentativo.

Gli effetti sulla qualità delle risorse d'acqua dolce sono meglio rappresentati in altre categorie di impatto come quelle già presenti nella metodologia LCIA (eutrofizzazione, acidificazione, eco-quality).

Il problema si sposta quindi sul tentativo di includere i risultati di un'analisi water footprint all'interno di un modello di valutazione degli impatti che consenta di integrare i risultati con quelli di un'analisi del ciclo vita. Questo ha presupposto lo studio di una serie di modelli, attualmente presenti in letteratura, valutandone l'applicabilità e soprattutto la rappresentatività dei risultati per un prodotto di consumo.

La valutazione degli impatti collegati alle impronte idriche è condotto in questo studio attraverso il metodo eco-indicator 99 presentato al paragrafo §4.5, sulla base degli indici proposti da Pfister nel suo lavoro (Pfister, 2009).

Dapprima la fase di caratterizzazione midpoint attraverso l'utilizzo di un indicatore di scarsità idrica consente di pesare i volumi in relazione alla disponibilità idrica del bacino da cui viene estratta l'acqua. La disponibilità è valutata sia in relazione alle attività umane che alla richiesta idrica da parte dell'ecosistema. Il risultato dopo la fase di caratterizzazione ha visto una riduzione dell'impronta associata al prodotto di circa il 60 % lasciando invariata la ripartizione dell'impronta tra le varie fasi della catena di prodotto. La caratterizzazione indica che i volumi sono stanziati in zone con disponibilità di acqua dolce più che sufficiente e non essendovi situazioni di stress idrico nei bacini, l'acqua utilizzata per la produzione del Fior di Frutta non ha effetti significativi dal punto di vista ambientale.

La ripartizione dell'impronta tra le singole fasi dopo caratterizzazione non varia perché queste sono dislocate tra Bulgaria e Italia, in zone che hanno una situazione idrogeologica sostanzialmente simile e una sufficiente disponibilità idrica per supportare le attività produttive.

In questo studio si è andati oltre alla fase di caratterizzazione nella valutazione degli impatti arrivando ad un risultato *endpoint* espresso per determinate categorie di impatto (*human health; reosurces; ecosystem quality*). Per il calcolo degli impatti sono state considerate soltanto le impronte idriche di blue e green water.

I risultati ottenuti sono consistenti con il tipo di prodotto ed il metodo con cui viene condotta la lavorazione attraverso tutte le fasi dalla coltivazione fino al confezionamento ed al trasporto.

L'analisi degli impatti ha dimostrato che l'impatto maggiore si ha nella fase agricola di coltivazione dove l'utilizzo di terreni per fini produttivi sottrae all'ecosistema le precipitazioni efficaci che sono immagazzinate dal terreno come umidità. Essendo utilizzate per la crescita della frutta, le precipitazioni non possono andare a ricaricare il sistema idrogeologico locale. Anche l'acqua utilizzata per l'irrigazione delle colture ha la potenzialità di creare un impatto sull'ecosistema, infatti una volta utilizzata per la crescita e l'evapotraspirazione della pianta, l'acqua non è più disponibile per l'ecosistema dal quale è stata prelevata.

Per quanto riguarda la valutazione degli impatti con il metodo Eco-indicator 99, i risultati sono validi anche nell'ambito della metodologia LCA. Infatti l'aggregazione dei risultati per le diverse categorie di impatto attraverso il punteggio Eco-indicator 99, consente di confrontare l'impatto associato all'impronta volumetrica di acqua dolce con altre categorie di impatto esprimibili anch'esse in punteggio Eco-indicator 99. Questo può già avvenire all'interno del software SigmaPro per l'analisi LCA degli impatti con il modello Swiss Ecological Scarcity Method (Eco-indicator 99) in altre categorie collegate alla risorsa idrica come eutrofizzazione o acidificazione.

Con i risultati complessivi dell'analisi Water Footprint è stato possibile individuare le opportunità di miglioramento della metodologia.

Questo ha riguardato soprattutto la componente *acque grigie* all'interno dell'indicatore.

Il volume di diluizione degli inquinanti è funzionale qualora si conoscano nel dettaglio i processi e quindi le sostanze che vengono rilasciate e che raggiungono il sistema idrico.

I processi a cui si fa riferimento sono quelli collegati direttamente ed indirettamente con la catena di fornitura del prodotto. Per calcolare la WF_{grey} bisogna conoscere la concentrazione delle sostanze negli effluenti di processo e nel sistema naturale. Questi dati non sono reperibili facilmente e pertanto il metodo soffre di soggettività laddove sia necessario fare delle assunzioni e delle ipotesi semplificative.

In questo studio i parametri naturali sono stati assunti pari ai riferimenti legislativi per gli scarichi industriali in acque superficiali, riportate nel D.Lgs. 152 /1999. Il calcolo delle attività indirette utilizza le concentrazioni del database Ecoinvent per i vari moduli considerati (crf. Appendice B). Questo aspetto è importante perché fino ad ora non era stato proposto un riferimento per il calcolo della componente grey delle attività indirette. L'unico studio in questo senso (Ercin, 2009) è basato su dati riferiti alla produzione americana. La valutazione delle banche dati Ecoinvent permette di effettuare il calcolo della *grey* Water Footprint.

Tuttavia il problema che si pone nelle conclusioni di questo lavoro è sull'effettiva confrontabilità di questi risultati, che variano in funzione del tipo di sostanza considerata e del tipo di parametro naturale o limite di legge utilizzato come riferimento per il calcolo del volume di diluizione.

La variabilità del risultato e la scarsa rappresentatività della WF_{grey} non incidono sulla validità del risultato ottenuto per il Fior di Frutta a fronte della piccola percentuale complessiva di questa componente (4%), tuttavia è sensato ragionare sulla funzionalità di questo tipo di indicatore. Qualora si riuscisse a determinare un metodo e dei riferimenti univoci che rendessero confrontabili le impronte di acque grigie, mancherebbe comunque un sistema di valutazione

degli impatti ad esso associati. Il percorso di impatto identificato per le altre componenti (blue e green, vedi eco-indicator 99), non è riproponibile per le acque grigie perché a quest'ultime non corrisponde un prelievo di acqua effettivo da un bacino naturale.

Concludendo questo lavoro si inserisce e amplia il contesto di studi di Water Footprint già presenti in letteratura e mostra l'applicabilità dell'indicatore per un prodotto di consumo biologico.

In futuro l'elaborazione di una norma europea serie ISO 14000 (ISO 14046) consentirà di adottare una metodologia standard nel calcolo del Water Footprint e di ottenere risultati confrontabili. La confrontabilità consentirà anche di comunicare i risultati al pubblico. In particolare per quanto riguarda i prodotti di consumo di origine agricola si rende possibile la comunicazione delle prestazioni ambientali del prodotto utilizzando i risultati del Water Footprint attraverso le etichette ambientali di prodotto auto dichiarate (Etichette di tipo II, serie ISO 14021).

L'etichettatura standardizzata, riconosciuta a livello internazionale, consentirà ai consumatori ed alle aziende produttrici, di valutare la gestione dell'acqua lungo tutta la catena di fornitura dei prodotti rendendoli confrontabili dal punto di vista delle loro performance ambientali.

Riferimenti bibliografici

Aldaya M.M., Hoekstra A.Y., 2010, *The water needed for Italians to eat pasta and pizza*, Twente Water Centre, University of Twente, Enschede, The Netherlands

Aldaya M.M.; Hoekstra A.Y., Ercin A.E., 2009, *A pilot in corporate water footprint accounting and impact assessment: the water footprint of a sugar-containing carbonated beverage*, Twente Water Centre, University of Twente, Enschede, The Netherlands.

Allan, J.A. *Virtual water: a strategic resource, global solutions to regional deficits*. *Ground Water* 1998, 36, 545–546.

Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998, *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*, FAO Irrigation and Drainage paper, vol. 56, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

Arjen Y. Hoekstra A.Y., Chapagain A. K., Aldaya M.M., Mekonnen M. M., WATER FOOTPRINT MANUAL, 2009; Water Footprint Network, Enschede, Netherlands; University of Twente, Enschede, Netherlands; WWF-UK, Godalming, UK

ARPAV, 2004. *Il database gestori acquedotti*. Regione Veneto- Servizio osservatorio acque interne.

ARPAV, (Regione Veneto), 2008. *Stato delle acque sotterranee del Veneto*.

ARPAV, Regione Veneto, 2009. *Rapporto sulle attività di collettamento e di depurazione delle acque reflue urbane del Veneto*.

Bayart, J.B.; Bulle, C.; Margni, M.; Vince, F.; Deschenes, L.; Aoustin, E. *Operational characterisation method and factors for a new midpoint impact category: freshwater deprivation for human uses*. In Proceedings of the SETAC Europe: 19th Annual Meeting, Gothenborg, Sweden, 31 May–4 June 2009.

Bayart J.B, Bulle C., Deschênes L., Margni M., Pfister S., Vince F., Koehler A., 2010, *A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA*

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof, Eds., 2008: *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.

Berger M., Finkbeiner M., 2010. *Water Footprinting: How to Address Water Use in Life Cycle Assessment?*. Department of Environmental Technology, Technische Universität Berlin, Sustainability 2010, 2, 919-944.

Bösch, M.E.; Hellweg, S.; Huijbregts, M.A.J.; Frischknecht, R. *Applying Cumulative Exergy Demand (CExD) Indicators to the ecoinvent Database*. Int. J. LCA 2007, 12, 181–190.

Ceres, 2009, *Water Scarcity and Climate Change: growing risk for business and investors*.

Chapagain A.K., Hoekstra A.Y., 2004, *Water footprint of nations, Volume 1: main report*. Value of Water Research Report Series No. 16, UNESCO IHE, Delft, the Netherlands

Chapagain A.K., Hoekstra A.Y., 2004, *Water footprints of nations, Volume 2: appendices*. Value of Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., 2008. *The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products*. Water International.

Chapagain A.K., Hoekstra A.Y., Savenij H.H.G., Gautam R., 2006, *The water footprint of cotton consumption: An Assessment of impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries*, Ecological Economics 60, 186-203.

Chapagain A.K., Orr S., 2009, *An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes*, Journal of Environmental Management 90, 1219-1228.

Chapagain A.K., Orr S., 2010, *Water Footprint of Nestlé's 'Bitesize Shredded Wheat'*. WFN

Dewulf, J.; Bosch, M.E.; De Meester, B.; van der Vorst, G.; van Langenhove, H.; Hellweg, S.; Huijbregts, M.A.J. *Cumulative Exergy Extraction from the Natural Environment (CEENE): A Comprehensive Life Cycle Impact Assessment Method for Resource Accounting*. Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 8477–8483.

Ecoinvent Centre homepage. Disponibile online: <http://www.ecoinvent.org/> (Ultimo accesso 2010).

Ercin A.E., Aldaya M.M., Hoekstra A.Y., 2009. *A pilot in corporate water footprint accounting and impact assessment: The water footprint of a sugar containing carbonated-beverage*. The Value of Water Research Report Series 39. UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, the Netherlands; University of Twente, Enschede, the Netherlands; Delft University of Technology, Delft, the Netherlands

FAO (2008) *CROPWAT: a computer program for irrigation planning and management*. Irrigation and Drainage, Paper NO. 46, FAO, Rome, <http://www.fao.org>

FAO (1993) *CLIMWAT for CROPWAT: a climatic database for irrigation planning and management*. Irrigation and Drainage, Paper No. 49, FAO, Rome, <http://www.fao.org>

FAO (2003) *Review of world water resources by country*. Food and Agriculture Organization, Rome

FAO (2004) *Aquastat: FAO's information system on water and agriculture*. Land and water development division, food and agriculture organization, <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/dbase/index.stm>

Frischknecht, R., Steiner, R., Jungbluth, N. 2009: *The Ecological Scarcity Method - Eco-Factors 2006: A method for impact assessment in LCA*. Umwelt-Wissen Nr. 0906. Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Bern.

Gerbens-Leenes P.W., Hoekstra A.Y., 2008, *Business water footprint accounting: A tool to assess how production of goods and services impacts on freshwater resources worldwide*, Value of Water Research Report Series No. 27, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Gerbens-Leenes W., Hoekstra A.Y., Van der Meer T. H., 2008, *The water footprint of bioenergy*, Department of Water Engineering and Management and Laboratory of Thermal Engineering, University of Twente, Enschede, The Netherlands

Gleick PH (1993) *Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources*. Oxford University Press, New York, USA

Goedkoop, M.; Spriensma, R. *The Eco-indicator 99—A Damage Oriented Method for Life Cycle Impact Assessment, Methodology Report*; Product Ecology Consultants (PRe): Amersfoort, The Netherlands, 2001.

GRI (Global Reporting Initiative), 2008. *Sustainability reporting in the food processing sector*. GRI, Amsterdam, The Netherlands.

Guinée JB, Heijungs R (1995) *A proposal for the definition of resource equivalency factors for use in product life cycle assessment*. *Environ Toxicol Chem* 14(5):917–925

Guinée JB, Gorée M, Heijungs R, Huppes G, Kleijn R, de Koning A, van Oers L, Wegener Sleeswijk A, Suh S, Udo de Haes HA, de Bruijn JA, van Duin R, Huijbregts MAJ (2002) *Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards*. Series:eco-efficiency in industry and science. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands

Hertwick E.G., William S.P., Catherine P. Koshland, (1996). *Evaluating the environmental impact of product and production processes: a comparison of six methods*. *The science of the Total Environment* 196 (1997) 13 – 29. University of California at Berkeley.

Hoekstra A.Y., 2003, *Virtual water trade, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, Value of Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Hoekstra A.Y., 2006, *The global dimension of water governance: Nine reasons, for global arrangements in order to cope with local water problems*, Value of Water Research Report Series No. 20, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. In Hoekstra, 2008.

Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., 2007, *Water footprints of nations: water use by people as function of their consumption pattern*. *Water Resource Management*.

Hoekstra A.Y., 2010, *The water footprint: water in the supply chain*, *The Environmentalist*.

Hoekstra A.Y., 2010, The relation between international trade and freshwater scarcity, Working Paper of World Trade Organization, Geneva, Switzerland.

Hoekstra A.Y. , Hung P.Q., 2002 Virtual water trade, A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, Value of Water Research Report Series No. 11, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands.

International Water Management Institute. *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*; Earthscan: London, UK, 2007.

ISO. *Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines (ISO 14044:2006)*; European Committee for Standardisation: Brussels, Belgium, 2006.

IPCC, 1996, Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Intergovernmental Panel on Climate Change; J.Y. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callender, N.Harris, A. Kattenberg, K. Maskell; Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Khan S., Hanjra M. A., *Footprints of water and energy inputs in food production – Global perspectives*, 2008, Charles Sturt University and CSIRO Land and Water, Wagga Wagga, NSW, Australia

Khan S., Khan M.A., Hanjra M.A., Mub J., 2008, *Pathways to reduce the environmental footprints of water and energy inputs in food production*, CSIRO Land and Water, Wagga Wagga, Australia; Charles Sturt University, NSW, Australia; Faculty of Agriculture, Gomal University, Pakistan.

Koehler A., 2008, *Water use in LCA: managing the planet's freshwater resources*, International Journal of Life Cycle Assessment 13, 451-455.

McDonald, M.G.; Harbaugh, A.W. *A modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model*. In Techniques of Water-Resource Investigation; United States Geological Survey: Denver, CO, USA, 1988.

Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., 2010, *A global and high-resolution assessment of the green, blue and gray water footprint of wheat*.

Milà i Canals L., Chenoweth J., Chapagain A., Orr S., Antón A., Clift R., 2008, *Assessing freshwater use impacts in LCA: Part I—inventory modelling and characterisation factors for the main impact pathways*.

Milà i Canals L., Chenoweth J., Chapagain A., Orr S., Antón A., Clift R., 2010, *Assessing freshwater use impacts in LCA, part 2: case study of broccoli production in the UK and Spain*

Morrison J., Schulte P., Schenck R., 2009, *An Analysis of Methods and Tools for Measuring Water Use and Its Impacts*, Pacific Institute Oakland, California, USA; Institute for Environmental Research and Education Seattle, Washington, USA

Motoshita, M.; Itsubo, N.; Inaba, A.2008. *Development of impact assessment method on health damages*

of undernourishment related to agricultural water scarcity. In Proceedings of the Eighth International Conference on EcoBalance, Tokyo, Japan, 10–12.

Murray, C.; Lopez, A. *The Global Burden of Disease*; Harvard School of Public Health (on behalf of the World Health Organization, World Bank): Boston, MA, USA, 1996.

Nemani, R.R.; Keeling, C.D.; Hashimoto, H.; Jolly, W.M.; Piper, S.C.; Tucker, C.J.; Myneni, R.B.; Running, S.W. *Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999*. Science 2003, 300, 1560–1563.

OECD, *Key Environmental Indicators*; OECD Environment Directorate: Paris, France, 2004.

Owens J.W. 2002, *Water Resources in Life-Cycle Impact Assessment Considerations in Choosing Category Indicators*. Environmental Science Department The Procter & Gamble Co.; Journal of industrial economics, vol.5 n.2.

Pereira R.N., A.A Vicente, 2009, *Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing*. IBB – Insitute of Biotechnology and Bioengineering, Centre for Biological Engineering, University of Minho, Campus of Gualtar, Braga, Portugal; Food Research International, 2009.

Pfister S., Koehler A., Hellweg S., 2009. *Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA*. Environmental Science and Technology 43 (11), 4098-4104.

Pierobon, 2010; *Strategia d'impresa nella low carbon economy carbon footprinting e labelling nel caso studio di Palm S.P.A.*; Università degli Studi di Padova.

Piùbello Sara, 2009, *Life Cycle Assessment e Water Footprint: confronto e applicazione a due tipi di imballaggio*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Padova, facoltà di ingegneria.

Postel, S.L., Daily, G.C., Ehrlich, P.R., 1996. *Human appropriation of renewable fresh water*. Science 271, 785-788.

Prüss-Üstün, A.; Bos, R.; Gore, F.; Bartram, J. *Safe Water, Better Health*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2008.

Repubblica Italiana – Decreto Legislativo 3 Aprile 2006 n.152: Nuove norme in materia ambientale.

Ridoutt B.G., Eady S.J., Sellahewa J., Simons L., Bektash R., 2009. *Water footprinting at the product brand level: case study and future challenges*. Journal of Cleaner Production 17 (13), 1228-1235.

Rijsberman F.R., *Reports and Information. Summary report of the 2nd World Water Forum: from vision to actions*. Water Policy 2 (2000) 387±395

Rijsberman F.R., *Water scarcity: fact or fiction ?* International Water Management Institute, P.O. Box 2075, Colombo, Sri Lanka. Agricultural Water Management 80 (2006) 5–22

Ridoutt G.B., Pfister S., 2009, *A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity*. Global Environmental Change CSIRO Sustainable Ecosystems, Clayton, Victoria, Australia; ETH Zurich, Institute of Environmental Engineering, Zurich, Switzerland.

SABMiller and WWF_UK (2009) *Water footprinting: Identifying & addressing water risks in the value chain*, SABMiller, Woking, UK/WWF-UK, Goldaming, UK.

Sadiq R., Khan F.I., Veitch B., 2005, *Evaluating offshore technologies for produced water management using GreenPro-I—a risk-based life cycle analysis for green and clean process selection and design*,

Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL, Canada

Tan R. R., Foo D. C.Y., Aviso K.B., Sum D. K., 2008, *The use of graphical pinch analysis for visualizing water footprint constraints in biofuel production*, Center for Engineering and Sustainable

Development Research, De La Salle University, Manila, Philippines; Department of Chemical and Environmental Engineering, University of Nottingham Malaysia, Broga Road, Selangor, Malaysia

UNEP (United Nations Environment Programme), 2007. *Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability*.

UNEP (United Nations Environment Programme), 2009. *Corporate Water Accounting*

UNESCO-WWAP (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization-World Water Assessment Programme), 2006. *Water: A Shared Responsibility: The United Nations World Water Development Report 2*.

United Nations World Water Assessment Programme. *The United Nations World Water Development Report 3—Water in a Changing World*; UNESCO: Paris, France, 2009.

Van Oel, P.R. and Hoekstra, A.Y. (2010) The green and blue water footprint of paper products: methodological considerations and quantification, Value of Water Research Report Series No. 46, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Van Zelm, R.; Rombouts, M.; Snepvangers, J.; Huijbregts, M.A.J.; Aoustin, E. *Characterization factors for groundwater extraction based on plant species occurrence in The Netherlands*. In Proceedings of the SETAC Europe: 19th Annual Meeting, Gothenborg, Sweden, 31 May–4 June 2009.

Vince, F.; Aoustin, E.; Breant, P.; Marechal, F. LCA tool for the environmental evaluation of potable water production, *Desalination*. 2008, 220 (1-3), 37-56.

Vorosmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J., Lammers, R.B., 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science* 289, 284-288.

Water Stewardship Initiative, 2009. Sul sito www.allianceforwaterstewardship.org

WBCSD program on Water and Sustainable Development, 2005; *The role business can play as an active stakeholder in collaborative processes for water management*

WBCSD program on Water and Sustainable Development, 2009; *Initiatives guiding sustainable water management in the private sector*.

WFN (Water Footprint Network), 2009. Available at www.waterfootprintnetwork.org

Zecchinato F., 2010, *Valutazione della risorsa idrica: strumenti e metodi per determinare l'impronta antropogenica sulla risorsa idrica*. Tesi di laurea. Università degli Studi di Padova, Facoltà di ingegneria.

Zhang L, DawesWR, WalkerGR (1999) *Predicting the effect of vegetation changes on catchment average water balance*. Technical Report 99/12. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology

Siti web

<http://www.waterfootprint.org/>

<http://www.barillacfn.com/>

<http://www.springer.com/>

<http://www.forumrisparmioacqua.it/>

<http://www.rigonidiasiago.it/>

<http://www.lcacenter.org/>

<http://www.wbcasd.org/>

<http://ec.europa.eu/>

<http://www.waterlink-international.com/>

<http://www.ecoinvent.org/>

<http://www.gemi.org/>

<http://www.kimberly.uidaho.edu/>

<http://www.unesco.org/>

<http://www.parco3a.org/>

<http://www.icea.info/>

<http://www.ccpb.it/>

<http://www.fao.org/>

<http://www.arpa.veneto.it>

<http://www.globalreporting.org>

<http://www.usf.uni-kassel.de>

<http://earthtrends.wri.org>

<http://www.citrech.it>

<http://it.wikipedia.org>

[http:// fieldclimate.com](http://fieldclimate.com)

Appendice A

Tabella 6.4 – Dati climatici utilizzati per la determinazione dell'evapotraspirazione nella stazione agricola di Bergovitz (Bulgaria). Fonte (FieldClimate, 2010).

<i>Month</i>	<i>Min Temp</i>	<i>Max Temp</i>	<i>Humidity</i>	<i>Wind</i>	<i>Sun</i>	<i>Rad</i>	<i>ETo</i>
	°C	°C	%	m/s	hours	MJ/m ² /day	mm/day
Gennaio	-18,0	19,3	88	0,6	2,1	4,8	0,91
Febbraio	-4,2	28,3	87	0,3	4,8	9,7	1,63
Marzo	-18,0	19,3	88	0,6	2,1	4,8	0,91
Aprile	-4,2	28,3	87	0,3	4,8	9,7	1,63
Maggio	-18,0	19,3	88	0,6	2,1	4,8	0,91
Giugno	-4,2	28,3	87	0,3	4,8	9,7	1,63
Luglio	-18,0	19,3	88	0,6	2,1	4,8	0,91
Agosto	-4,2	28,3	87	0,3	4,8	9,7	1,63
Settembre	-18,0	19,3	88	0,6	2,1	4,8	0,91
Ottobre	-4,2	28,3	87	0,3	4,8	9,7	1,63
Novembre	-18,0	19,3	88	0,6	2,1	4,8	0,91
Dicembre	-4,2	28,3	87	0,3	4,8	9,7	1,63
Media	-18,0	19,3	88	0,6	2,1	4,8	0,91

Tabella 6.5 – Dati climatici utilizzati per la determinazione dell'evapotraspirazione nella stazione agricola di Pazardjick (Bulgaria). Fonte (FieldClimate, 2010).

<i>Mese</i>	<i>Min Temp</i>	<i>Max Temp</i>	<i>Humidity</i>	<i>Wind</i>	<i>Sun</i>	<i>Rad</i>	<i>ETo</i>
	[°C]	[°C]	[%]	[m/s]	[hours]	[MJ/m ² /day]	[mm/day]
Gennaio	-13.0	14.1	82	1.6	2.1	5.1	1.16
Febbraio	-11.0	16.1	80	1.8	2.8	7.3	1.47
Marzo	-6.6	24.0	70	0.4	4.1	11.2	1.65
Aprile	0.1	24.5	72	1.4	6.0	16.3	3.01
Maggio	3.8	32.3	67	1.6	7.5	20.2	4.63
Giugno	6.6	34.4	72	1.3	8.9	22.8	5.05
Luglio	11.8	34.2	68	1.2	9.8	23.6	5.14
Agosto	10.5	34.9	64	0.5	9.1	20.9	4.22
Settembre	5.2	34.3	72	0.5	7.2	15.7	3.18
Ottobre	-2.6	30.4	81	0.4	4.8	10.0	1.84
Novembre	-2.4	23.0	78	0.3	2.9	6.0	0.93
Dicembre	-6.8	16.7	87	0.6	2.2	4.6	0.74
Media	-0.4	26.6	74	1.0	5.6	13.6	2.75

Tabella 6.6 – Dati sulle precipitazioni piovose e precipitazioni efficaci calcolate con il modello USDA S.C.

Mese	Anno	Precipitazioni [mm]		Precipitazioni efficaci [mm]	
		Berkovitsa	Pazardjick	Berkovitsa	Pazardjick
Gennaio	2010	33,4	18.6	26.7	18
Febbraio	2010	57	56.6	45.6	51.5
Marzo	2010	76.6	57.6	61.3	52.3
Aprile	2010	93.6	69	74.9	61.4
Maggio	2010	95.8	2.4	76.6	2.4
Giugno	2010	80.8	3.4	64.6	3.4
Luglio	2009	145.8	21.2	116.6	20.5
Agosto	2009	60.6	34.0	48.5	32.2
Settembre	2009	52.4	170.0	41.9	123.8
Ottobre	2009	122	102.0	97.6	85.4
Novembre	2009	33.4	12.4	26.7	12.2
Dicembre	2009	62.6	100.0	50.1	84.0
Media		914.0	647.2	731.2	

Tabella 6.7 – Calcolo dell'evapotraspirazione su due periodi diversi e con due diverse implementazioni del modello CROPWAT, nella località di Berkovitsa.

Mese	Decade	Stadio	K_c	ET_c	ET_c	Eff_{rain}	$Irr. req$
			[coeff.]	[mm/day]	[mm/dec]	[mm/dec]	
Aprile	1	medio	0.85	2.25	22.5	26.1	0.0
Aprile	2	medio	0.84	2.15	21.5	27.9	0.0
Aprile	3	medio	0.83	2.44	24.4	27.6	0.0
Maggio	1	medio	0.82	2.76	27.6	27.4	0.2
Maggio	2	finale	0.81	3.00	30.0	27.5	2.4
Maggio	3	finale	0.80	3.16	34.7	26.1	8.6
Giugno	1	finale	0.78	3.31	33.1	22.8	10.3
Giugno	2	finale	0.77	3.46	34.6	20.8	13.9
Giugno	3	finale	0.76	3.44	30.9	23.6	4.7
Totale					259.4	229.9	40.1
Luglio	1	Iniziale	0.40	1.83	18.3	35.8	0.0
Luglio	2	Iniziale	0.42	1.93	19.3	41.9	0.0
Luglio	3	Iniziale	0.45	2.00	22.0	34.0	0.0
Agosto	1	iniziale	0.49	2.05	20.5	23.0	0.0
Agosto	2	sviluppo	0.51	2.06	20.6	15.9	4.7
Agosto	3	sviluppo	0.52	1.89	20.8	15.9	4.9
Settembre	1	sviluppo	0.52	1.71	17.1	15.0	2.1
Settembre	2	sviluppo	0.54	1.61	16.1	13.4	2.8
Settembre	3	Medio	0.65	1.65	13.2	15.8	0.0
Totale					167.9	210.7	14.5

Tabella 6.10 – Calcolo dell'evapotraspirazione su due periodi diversi e con due diverse implementazioni del modello CROPWAT, Pazardjick

<i>Mese</i>	<i>Decade</i>	<i>Stadio</i>	K_c [coeff.]	ET_c [mm/day]	ET_c [mm/dec]	Eff_{rain} [mm/dec]	<i>Irr. req</i>
Aprile	1	medio	0.85	2.17	21.7	21.6	0.2
Aprile	2	medio	0.84	2.53	25.3	23.7	1.7
Aprile	3	medio	0.83	2.96	29.6	16.0	13.6
Maggio	1	medio	0.83	3.44	34.4	2.3	32.1
Maggio	2	finale	0.82	3.87	38.7	0.0	38.7
Maggio	3	finale	0.81	3.90	42.9	0.2	42.7
Giugno	1	finale	0.79	3.90	39.0	0.5	38.5
Giugno	2	finale	0.78	3.96	39.6	0.4	39.2
Giugno	3	finale	0.77	3.93	35.4	2.3	32.8
Totale					306.6	67.0	239.4
Luglio	1	Iniziale	0.40	2.07	20.7	5.1	15.7
Luglio	2	Iniziale	0.42	2.20	22.0	7.0	14.9
Luglio	3	Iniziale	0.45	2.23	24.5	8.3	16.2
Agosto	1	iniziale	0.49	2.22	22.2	6.9	15.3
Agosto	2	sviluppo	0.52	2.18	21.8	7.0	14.8
Agosto	3	sviluppo	0.52	2.01	22.1	18.4	3.7
Settembre	1	sviluppo	0.52	1.83	18.3	35.2	0.0
Settembre	2	sviluppo	0.55	1.73	17.3	47.4	0.0
Settembre	3	Medio	0.65	1.79	14.3	32.9	0.0
Totale					183.6	168.2	80.6

Tabella 6.13- Evapotraspirazione per la coltivazione di mele situata a Berkovitsa. Tipologia di terreno inerbito.

<i>Mese</i>	<i>Decade</i>	<i>Stadio</i>	K_c	ET_c	ET_c	Eff_{rain}	<i>Irr. req</i>
			[coeff.]	[mm/day]	[mm/dec]	[mm/dec]	
Aprile	1	Iniziale	0.50	1.33	13.3	26.1	0.0
Aprile	2	Iniziale	0.50	1.28	12.8	27.9	0.0
Aprile	3	Iniziale	0.50	1.47	14.7	27.6	0.0
Maggio	1	iniziale	0.55	1.83	18.3	27.4	0.0
Maggio	2	sviluppo	0.63	2.33	23.3	27.5	0.0
Maggio	3	sviluppo	0.72	2.85	31.4	26.1	5.3
Giugno	1	sviluppo	0.81	3.42	34.2	22.8	11.3
Giugno	2	sviluppo	0.89	4.01	40.1	20.8	19.4
Giugno	3	sviluppo	0.97	4.42	44.2	26.3	17.9
Luglio	1	medio	1.00	4.59	45.9	35.7	10.2
Luglio	2	medio	1.00	4.63	46.3	42.0	4.3
Luglio	3	medio	1.00	4.43	48.7	34.1	14.7
Agosto	1	medio	1.00	4.23	42.3	23.0	19.3
Agosto	2	medio	1.00	4.03	40.3	15.9	24.4
Agosto	3	finale	1.00	3.68	40.5	15.9	24.5
Settembre	1	finale	0.99	3.28	32.8	15.0	17.8
Settembre	2	finale	0.97	2.88	28.8	13.4	15.4
Settembre	3	finale	0.95	2.40	16.8	13.9	0.0
Totale					574.7	441.4	184.6

Tabella 6.14 - Evapotraspirazione per la coltivazione di mele situata a Berkovitsa. Tipologia di terreno lavorato

<i>Mese</i>	<i>Decade</i>	<i>Stadio</i>	K_c	ET_c	ET_c	Eff_{rain}	<i>Irr. req</i>
			[coeff.]	[mm/day]	[mm/dec]	[mm/dec]	
Aprile	1	Iniziale	0.45	1.19	11.9	26.1	0.0
Aprile	2	Iniziale	0.45	1.15	11.5	27.9	0.0
Aprile	3	Iniziale	0.45	1.32	13.2	27.6	0.0
Maggio	1	iniziale	0.48	1.60	16.0	27.4	0.0
Maggio	2	sviluppo	0.53	1.96	19.6	27.5	0.0
Maggio	3	sviluppo	0.58	2.31	25.4	26.1	0.0
Giugno	1	sviluppo	0.64	2.69	26.9	22.8	4.1
Giugno	2	sviluppo	0.69	3.09	30.9	20.8	10.1
Giugno	3	sviluppo	0.74	3.34	33.4	26.3	7.1
Luglio	1	medio	0.75	3.45	34.5	35.7	0.0
Luglio	2	medio	0.75	3.48	34.8	42.0	0.0
Luglio	3	medio	0.75	3.33	36.6	34.1	2.5
Agosto	1	medio	0.75	3.18	31.8	23.0	8.8
Agosto	2	medio	0.75	3.03	30.3	15.9	14.4
Agosto	3	finale	0.75	2.76	30.4	15.9	14.5
Settembre	1	finale	0.74	2.45	24.5	15.0	9.5
Settembre	2	finale	0.72	2.13	21.3	13.4	8.0
Settembre	3	finale	0.70	1.77	12.4	13.9	0.0
Totale					445.4	441.4	79.0

Appendice B

Tabella 6.27 - *Inventario per il modulo electricity, medium voltage, production IT, at grid/kWh/IT*

<i>Risorse</i>	<i>Categoria</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	in water	6.46E-06	MJ
Water, cooling, unspecified natural origin/m ³	in water	2.09E-02	m ³
Water, lake	in water	4.67E-06	m ³
Water, river	in water	1.42E-03	m ³
Water, well, in ground	in water	9.95E-05	m ³
BOD5	river	5.07E-04	kg

Tabella 6.30 - *Water footprint per la generazione e distribuzione di energia idroelettrica in Italia*

<i>Risorse</i>	<i>Specifica</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir)	in water	6.46E-01	MJ
Water, cooling, unspecified natural origin/m ³	in water	2.64E-02	m ³
Water, lake	in water	6.52E-06	m ³
Water, river	in water	2.53E-03	m ³
Water, well, in ground	in water	1.91E-04	m ³
BOD5	river	6.29E-04	kg
COD	river	6.36E-04	kg

Tabella 6.33 - *Water footprint per la generazione e distribuzione di energia elettrica in Bulgaria*

<i>Risorse</i>	<i>Specifica</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	in water	3.48E-01	MJ
Water, cooling, unspecified natural origin/m ³	in water	2.86E-05	m ³
Water, lake	in water	5.52E-06	m ³
Water, river	in water	4.17E-03	m ³
Water, well, in ground	in water	1.60E-03	m ³
BOD5	river	8.04E-05	kg
COD	river	8.21E-05	kg

Tabella 6.37- Modulo Ecoinvent per la fornitura di gas naturale in Italia

<i>Input</i>	<i>AoP</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	in water	1.84E-03	MJ
Water, cooling, unspecified natural origin/m3	in water	1.50E-05	m ³
Water, lake	in water	1.99E-08	m ³
Water, river	in water	2.51E-06	m ³
Water, well, in ground	in water	1.01E-06	m ³
BOD5	river	1.16E-06	kg
COD	river	1.51E-06	kg

Tabella 6.41– Risorse e input utilizzati nella produzione dei coperchi in acciaio.

<i>Risorse</i>	<i>Specifica</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	in water	8.06E-01	MJ
Water, cooling, unspecified natural origin/m3	in water	1.39E-02	m ³
Water, lake	in water	5.44E-05	m ³
Water, river	in water	5.68E-03	m ³
Water, well, in ground	in water	1.55E-03	m ³
BOD5	acque superficiali	6.29E-04	kg
COD	acque superficiali	8E-04	kg

Tabella 6.43– Risorse e input utilizzati nella produzione dei contenitori di vetro.

<i>Risorse</i>	<i>Specifica</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	in water	5.81E-01	MJ
Water, cooling, unspecified natural origin/m3	in water	4.66E-03	m ³
Water, lake	in water	6.31E-06	m ³
Water, river	in water	6.06E-04	m ³
Water, well, in ground	in water	2.12E-04	m ³
BOD5, Biological Oxygen Demand	acque nere / acque superficiali	1.94E-04	kg
COD, Chemical Oxygen Demand	acque nere /acque superficiali	2.49E-04	kg

Tabella 6.46– Produzione di carta non patinata

<i>Risorse</i>	<i>Specifica</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	in water	1.2841	MJ
Water, lake	in water	1.8119E-05	m ³
Water, river	in water	3.6341E-03	m ³
Water, well, in ground	in water	6.5248E-04	m ³
Wood, hard, standing	biotic	1.1758E-05	m ³
Wood, primary forest, standing	biotic	8.8128E-07	m ³
Wood, soft, standing	biotic	4.7099E-03	m ³
Wood, unspecified, standing/m3	biotic	1.3533E-10	m ³
BOD5	river	1.3807E-03	kg
BOD5		2.5666E-06	kg
COD	river	3.0815E-03	kg
COD		2.7559E-06	kg

Tabella 6.48– Water footprint per il pallet destinato al trasporto delle confezioni

<i>Input</i>	<i>Categoria</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	in water	2.38	MJ
Water, cooling, unspecified natural origin/m ³	in water	1.73E-01	m ³
Water, lake	in water	1.00E-04	m ³
Water, river	in water	1.54E-02	m ³
Water, well, in ground	in water	3.70E-03	m ³
Wood, hard, standing	biotic	4.23E-03	m ³
Wood, primary forest, standing	biotic	1.66E-08	m ³
Wood, soft, standing	biotic	4.59E-02	m ³
Wood, unspecified, standing/m ³	biotic	3.50E-09	m ³
BOD5	acque superficiali	3.15E-02	kg
COD	acque superficiali	3.18E-02	kg

Tabella 6.52– Diesel da raffineria

<i>Input</i>	<i>AoP</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	in water	7.00E-02	MJ
Water, cooling, unspecified natural origin/m3	in water	6.92E-03	m ³
Water, lake	in water	5.13E-06	m ³
Water, river	in water	1.26E-03	m ³
Water, well, in ground	in water	3.70E-03	m ³
BOD5	acque superficiali	1.28E-02	kg
COD	acque superficiali	1.29E-02	kg

Tabella 6.55– *Cartone riciclato ripiegato mono spessore*

<i>Input</i>	<i>Categoria</i>	<i>Dato</i>	<i>U. d. m.</i>
Energia da fonti idroelettriche	in water	1.34E-01	kWh
Wood, hard, standing	biotic	1.67E-04	m ³
Wood, primary forest, standing	biotic	2.76E-07	m ³
Wood, soft, standing	biotic	7.92E-04	m ³
Wood, unspecified, standing/m ³	biotic	2.24E-11	m ³
Water, lake	in water	6.18E-05	m ³
Water, river	in water	1.50E-02	m ³
Water, well, in ground	in water	2.29E-03	m ³
BOD5	river	1.70E-03	kg
COD	river	5.46E-03	kg

Tabella 6.59– *Cartone riciclato ripiegato doppio spessore*

<i>Input</i>	<i>AoP</i>	<i>Dato</i>	<i>U.d.m.</i>
Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	in water	9.70E-02	kWh
Wood, hard, standing	biotic	9.93E-05	m ³
Wood, primary forest, standing	biotic	2,47E-07	m ³
Wood, soft, standing	biotic	4.67E-04	m ³
Wood, unspecified, standing/m ³	biotic	2,12E-11	m ³
Water, unspecified natural origin/kg	in water	8.03E-03	m ³
Water, lake	in water	6.65E-05	m ³
Water, river	in water	1.04E-02	m ³
Water, well, in ground	in water	2.53E-03	m ³
BOD5	river	1.19E-03	kg
COD	river	3.88E-03	kg