

**Interreg**



Cofinancé par  
l'Union Européenne  
Cofinanziato  
dall'Unione Europea

**goccia  
a goccia**

**France – Italia ALCOTRA**

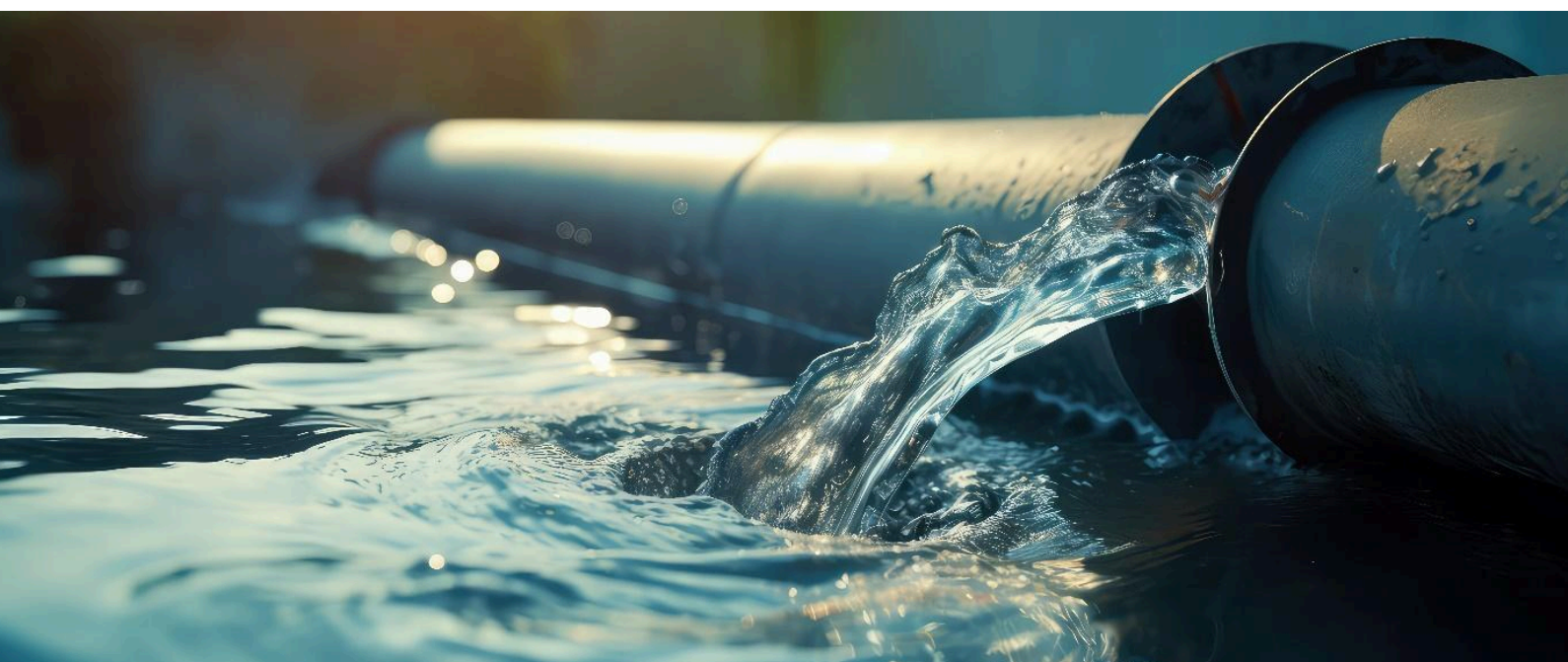
# **WATER FOOTPRINT TEST**

**Goccia a Goccia**

**N°20112**

L 3.1.3 Water Footprint Test GAG – ID : 158167

Versione del 06.10.2025



## Sintesi :

L'acqua è una risorsa vitale per le aziende, essa svolge un ruolo cruciale nei processi di produzione, nelle catene di fornitura e nelle operazioni complessive. Con l'aumento delle preoccupazioni sulla scarsità d'acqua a livello globale, le aziende stanno valutando sempre di più il loro utilizzo di acqua per migliorare la sostenibilità e ridurre gli impatti ambientali. Uno degli strumenti chiave per questa valutazione è il calcolo dell'impronta idrica. Il presente report serve a guidare le imprese, che operano nel settore Agroalimentare, nella valutazione dell'impronta idrica dei propri prodotti o di tutta l'impresa. Verranno qui di seguito specificati i principi fondanti, i dati necessari ed una linea guida specifica per l'autovalutazione dell'impronta idrica dei prodotti del settore Agroalimentare. Il calcolo dell'impronta idrica, effettuato con il supporto del presente report, è da considerarsi come valutazione autonoma in cui vengono valutati solo gli impatti potenziali relativi all'utilizzo dell'acqua. Nulla vieta che tali calcoli vengano poi utilizzati come parte di una valutazione del ciclo di vita più ampio in cui vengono tenuti in considerazione tutti gli impatti ambientali potenziali pertinenti e non solo gli impatti ambientali potenziali relativi all'acqua.

## Autori / collaboratori:

Prof. Davide Poggi, prof.ssa Stefania Tamea

## Versione del documento : x

## Work Package : 3

**Sito web** : <https://www.interreg-alcotra.eu/it/goccia-goccia-gag>



# Indice dei contenuti

<b>INDICE DEI CONTENUTI</b>	<b>3</b>
<b>PREMESSA</b>	<b>5</b>
Cos'è l'impronta idrica?	5
Perché calcolare l'impronta idrica di un'azienda?	5
Fasi per calcolare l'impronta idrica	6
<b>ACQUA DOLCE: COSA MISURIAMO E PERCHÉ?</b>	<b>8</b>
<b>COERENZA TRA DIVERSI TIPI DI CONTI DELL'IMPRONTA IDRICA</b>	<b>10</b>
<b>Impronta idrica di una fase del processo</b>	<b>13</b>
Impronta idrica blu	13
Impronta idrica verde	16
Impronta idrica grigia	17
<b>Calcolo dell'impronta delle colture</b>	<b>19</b>
Dati necessari	22
Modelli per la stima dell'impronta idrica dei prodotti animali (carne, latte, uova)	24
Modello di valutazione dell'impronta idrica (WFA)	24
Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM)	24
Modello CROPWAT	24
SWAT	24
Modello di valutazione diretta	24
<b>Impronta idrica di un prodotto</b>	<b>26</b>
Definizione	26
Schematizzazione del sistema di produzione in fasi di processo	26
Calcolo dell'impronta idrica di un prodotto	27
<b>Impronta idrica di un'azienda</b>	<b>32</b>
Definizione	32
Scelta dei confini organizzativi dell'attività	34
Calcolo dell'impronta idrica aziendale	37
<b>Esempi pratici ed applicazione a casi reali</b>	<b>40</b>
Impronta idrica di un'azienda dolciaria	43
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>53</b>

## PREMESSA

L'acqua è una risorsa vitale per le aziende, essa svolge un ruolo cruciale nei processi di produzione, nelle catene di fornitura e nelle operazioni complessive. Con l'aumento delle preoccupazioni sulla scarsità d'acqua a livello globale, le aziende nel settore agroalimentare stanno valutando sempre di più il loro utilizzo di acqua per migliorare la sostenibilità e ridurre gli impatti ambientali. Uno degli strumenti chiave per questa valutazione è il calcolo dell'impronta idrica.

### Perché l'analisi dell'impronta idrica è cruciale per un'impresa?

L'analisi dell'impronta idrica non riflette solo l'impegno per la sostenibilità, ma produce anche una serie di **vantaggi concreti in termini di reputazione e di mercato**.

Innanzitutto, oggi i consumatori sono sempre più consapevoli e preoccupati per le problematiche ambientali come la scarsità d'acqua e l'inquinamento. Quando un'azienda fornisce dati credibili e trasparenti su quanta acqua viene utilizzata, risponde direttamente a queste preoccupazioni, creando fiducia e lealtà. **Un acquirente che consulta un report o un'etichetta sull'impronta idrica è più propenso a percepire il prodotto come onesto, responsabile e in linea con i propri valori.**

In secondo luogo, questo tipo di trasparenza aiuta a **distinguere l'azienda in un mercato competitivo**. La differenziazione dei prodotti attraverso credenziali di sostenibilità sta diventando sempre più importante. L'impronta idrica può fungere da indicatore di credenziali: ad esempio, una salsa di pomodoro i cui ingredienti provengono da aziende agricole che utilizzano sistemi di irrigazione a goccia o pluviali, o l'olio d'oliva lavorato in impianti che riciclano l'acqua di lavaggio. Questi esempi concreti rendono l'affermazione sulla sostenibilità molto più credibile.

In terzo luogo, la credibilità delle affermazioni ambientali riduce il rischio di contenziosi e ne **rafforza la legittimità presso istituzioni, investitori e altri stakeholder**. La verifica indipendente (ad esempio, la conformità alla ISO 14046 o standard simili o alternativi) o l'accreditamento aggiungono valore: dimostrano che le affermazioni non sono solo di marketing, ma basate su un'analisi rigorosa.

In quarto luogo, una **performance ambientale credibile può aprire l'accesso a nuovi mercati**, finanza sostenibile e partnership. Molti rivenditori, soprattutto in Europa, preferiscono o richiedono ai fornitori di fornire parametri ambientali, incluso il consumo di acqua. Inoltre, gli investitori utilizzano

sempre più criteri ESG (Environmental, Social, Governance) per valutare le aziende; una gestione idrica solida e verificabile contribuisce positivamente ai rating ESG.

Infine, ci sono vantaggi interni: un reporting trasparente tende a **migliorare il morale e il coinvolgimento dei dipendenti**, dimostrando che l'azienda prende sul serio il proprio impatto e i propri valori. Può favorire il miglioramento continuo: una volta individuati i punti critici dell'impronta idrica, l'azienda dispone di una guida basata sui dati per ridurre il consumo di acqua, migliorare l'efficienza e innovare nei processi o nell'approvvigionamento. Il risultato non è solo una migliore immagine pubblica, ma anche una riduzione dei costi, minori rischi e una maggiore resilienza a lungo termine.

Il presente report serve a guidare le imprese, che operano nel settore Agroalimentare, nella valutazione dell'impronta idrica dei propri prodotti o di tutta l'impresa. Verranno qui di seguito specificati i principi fondanti, i dati necessari ed una linea guida specifica per l'autovalutazione dell'impronta idrica dei prodotti del settore Agroalimentare. Il calcolo dell'impronta idrica, effettuato con il supporto del presente report, è da considerarsi come valutazione autonoma in cui vengono valutati solo gli impatti potenziali relativi all'utilizzo dell'acqua. Nulla vieta che tali calcoli vengano poi utilizzati come parte di una valutazione del ciclo di vita più ampio in cui vengono tenuti in considerazione tutti gli impatti ambientali potenziali pertinenti e non solo gli impatti ambientali potenziali relativi all'acqua.

### Cos'è l'impronta idrica?

L'impronta idrica misura il volume totale di acqua dolce utilizzata direttamente e indirettamente da un'azienda nel suo complesso o da alcuni dei suoi prodotti. A tale scopo è necessario considerare tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti, dalle materie prime allo smaltimento finale. Ciò include il consumo di acqua per la produzione, le attività della catena di fornitura e i processi operativi. Il concetto è stato sviluppato dal Water Footprint Network (WFN) [1] ed è classificato in tre componenti principali:

**Impronta idrica blu:** il volume di acqua superficiale e sotterranea consumato (ad esempio, acqua prelevata da fiumi, laghi o falde acquifere).

**Impronta idrica verde:** la quantità di acqua piovana utilizzata nella produzione, particolarmente rilevante in agricoltura.

**Impronta idrica grigia:** il volume di acqua dolce necessario per diluire gli inquinanti e soddisfare gli standard di qualità dell'acqua.

### Perché calcolare l'impronta idrica di un'azienda?

Calcolare l'impronta idrica di un'azienda aiuta a: a) Identificare le inefficienze nell'uso dell'acqua, b) Ridurre i costi operativi migliorando la gestione dell'acqua, c) Migliorare le credenziali di sostenibilità e la responsabilità sociale d'impresa (CSR), d) Rispettare le normative ambientali e i quadri di rendicontazione, e) Attenuare i rischi associati alla scarsità d'acqua e ai cambiamenti climatici.

### Fasi per calcolare l'impronta idrica

Per semplicità introduciamo qui i principali punti necessari alla quantificazione dell'impronta idrica. Di seguito tali concetti verranno estesi e meglio definiti.

**Definizione dell'obiettivo:** indicare in modo inequivocabile a) l'ambito di applicazione, b) i motivi per cui lo studio è stato effettuato, e c) a chi sono destinati risultati dello studio.

**Definire i confini del sistema:** determinare l'ambito (ad esempio, operazioni dirette, catena di fornitura). Identificare con chiarezza i prodotti su cui si vuole condurre il calcolo dell'impronta idrica e tutti i materiali acquisiti, processati o prodotti per la loro produzione.

**Raccogliere dati sull'uso dell'acqua:** raccogliere informazioni sui prelievi di acqua, sui consumi e sugli scarichi di acque reflue. Durante il processo di raccolta dei dati deve essere effettuato un controllo sulla validità dei dati per confermare i requisiti di qualità e tipologici dei dati per l'applicazione prevista (tipologia di acqua, provenienza dell'acqua, qualità, etc). Nel processo di convalida possono essere usati principi basilari di bilancio di massa dell'acqua e/o analisi comparative dei fattori di rilascio nell'acqua.

**Tracciare i flussi d'acqua:** ricostruire attentamente la catena di produzione identificando gli input e gli output di ciascun processo unitario che fa parte del sistema da studiare. Le informazioni su ciascun flusso elementare devono comprendere, a) quantità di acqua utilizzata (massa o volume), b) tipi di risorse di acqua utilizzata (precipitazioni, acque superficiali, acque di pozzo, etc).

**Suddivisione dei processi:** è cruciale evitare doppi conteggi, conseguentemente, la divisione del processo unitario da assegnare in due o più sotto processi e la raccolta dei dati di input e output relativi a questi sotto processi è da schematizzare con chiarezza. Quando non è possibile effettuare una suddivisione chiara, gli input e gli output del sistema devono essere suddivisi tra i suoi diversi sotto prodotti sulla base di un principio dichiarato e fisicamente basato. Quando non può essere

stabilita una relazione fisica, gli input e gli output dovrebbero essere assegnati tra i prodotti in proporzione al loro valore economico.

**Calcolo dell'impronta idrica:** seguire le procedure descritte nel seguito del report sia per gli impatti diretti (acqua utilizzata) che indiretti (acqua inglobata nelle materie). Tutte le procedure di calcolo devono essere esplicitamente documentate e le ipotesi fatte devono essere chiaramente indicate e spiegate.

**Categorizzare l'impronta idrica:** classificare l'uso dell'acqua in componenti blu, verdi e grigie.

**Valutare gli impatti:** valutare le implicazioni ambientali, sociali ed economiche.

**Sviluppare strategie di riduzione:** implementare misure per ottimizzare l'uso dell'acqua e ridurre gli sprechi.

Il calcolo dell'impronta idrica di un'azienda è un passaggio essenziale verso una gestione sostenibile dell'acqua. Comprendendo e gestendo il loro utilizzo dell'acqua, le aziende possono contribuire agli sforzi di conservazione delle risorse idriche, migliorare l'efficienza e rafforzare la propria reputazione in un mondo sempre più attento al consumo di acqua.

## ACQUA DOLCE: COSA MISURIAMO E PERCHÉ?

L'acqua sulla Terra è in continuo movimento. L'acqua evapora dal suolo e dalle superfici d'acqua a causa dell'energia solare ed eolica. Inoltre, le piante assorbono l'acqua dal suolo e la rilasciano nell'atmosfera attraverso gli stomi delle loro foglie, un processo chiamato traspirazione. La quantità di acqua nell'atmosfera aumenta attraverso l'evapotraspirazione, ma diminuisce di nuovo attraverso le precipitazioni. All'interno dell'atmosfera, il vapore acqueo si muove intorno al globo secondo schemi complessi, quindi l'acqua che evapora in un luogo non ritorna necessariamente come precipitazione nello stesso luogo. La quantità di acqua sulla terra aumenta a causa delle precipitazioni ma diminuisce a causa dell'evapotraspirazione. Poiché le precipitazioni sulla terraferma superano l'evapotraspirazione (non su scala giornaliera, ma a lungo termine), c'è un surplus di acqua sulla terraferma, che porta al deflusso. L'acqua di deflusso dalla terraferma finisce infine nell'oceano. Mentre le terre hanno un surplus di precipitazioni, gli oceani hanno un surplus di evaporazione. Nel complesso, c'è un trasporto netto di acqua dagli oceani alla terraferma attraverso l'atmosfera. Viene riportata dalla terraferma all'oceano tramite il deflusso. Il deflusso avviene in parte tramite il flusso superficiale (fiumi e corsi d'acqua) e in parte tramite il flusso delle acque sotterranee. Il volume d'acqua sulla Terra rimane più o meno uguale. Per quasi tutti gli scopi umani, abbiamo bisogno di acqua dolce così come si trova sulla terraferma. L'acqua salata così come si trova nell'oceano non è utile per bere, lavare, cucinare, irrigare i campi o per la maggior parte delle applicazioni industriali. L'acqua salata può essere desalinizzata, ma questo è un processo costoso e ad alta intensità energetica, fattibile solo per un numero limitato di applicazioni. Inoltre, l'acqua salata è disponibile sulla costa, mentre gran parte del fabbisogno idrico è nell'entroterra, quindi anche il trasporto in salita diventa un problema. In breve, gli esseri umani dipendono principalmente dall'acqua dolce così come si trova sulla terraferma. Sebbene l'acqua formi un ciclo, in modo che l'acqua dolce sulla terraferma venga continuamente rifornita, la sua disponibilità non è illimitata. Ogni anno le persone hanno bisogno di un certo volume d'acqua per scopi domestici, agricoli e industriali, che non può superare il tasso di rifornimento annuale. La domanda principale è quindi: quanta acqua dolce è disponibile in un determinato periodo di tempo e quale è l'effettivo utilizzo di questa portata da parte dell'uomo in tale periodo? La contabilizzazione dell'impronta idrica fornisce i dati per rispondere alla seconda parte della domanda. L'impronta idrica esprime sostanzialmente l'appropriazione umana di acqua dolce in termini di volume. Il confronto tra l'impronta idrica dell'uomo e l'effettiva disponibilità di acqua dolce fa parte della valutazione della sostenibilità dell'impronta idrica.

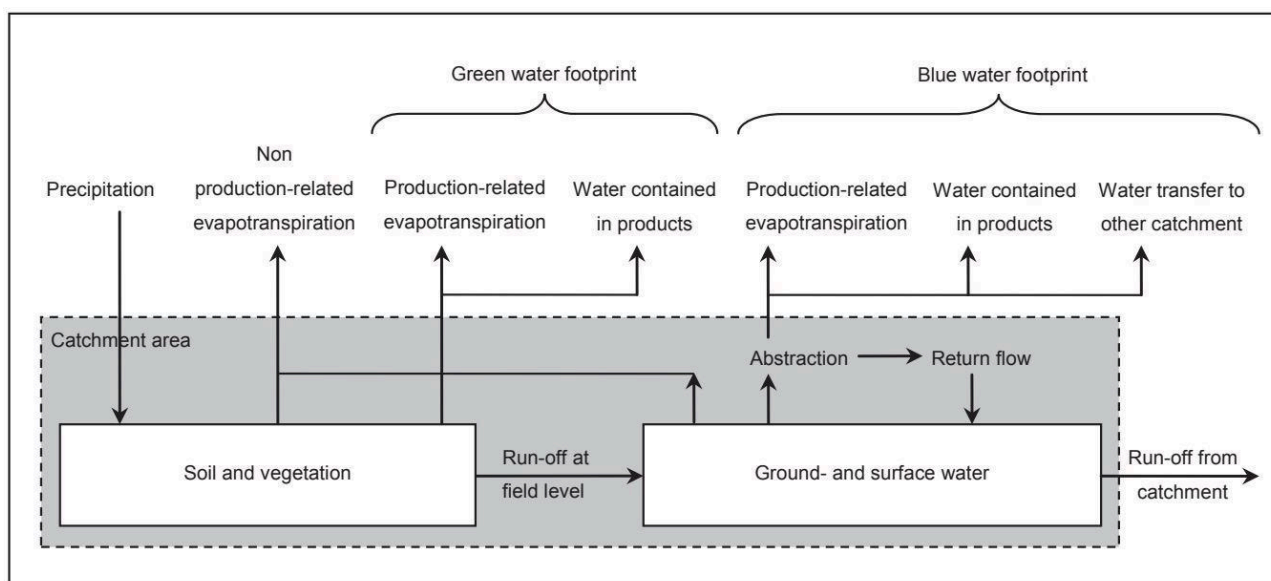


Figura 1 L'impronta idrica verde e blu in relazione all'acqua equilibrio di un bacino di utenza

Per comprendere l'appropriazione di acqua dolce da parte dell'uomo in relazione al ciclo idrologico, si può considerare un bacino fluviale. Un bacino idrografico è l'intera area geografica drenata da un fiume e dai suoi affluenti. Tutto il deflusso di un bacino fluviale viene convogliato verso lo stesso sbocco. Altri termini spesso utilizzati per "bacino idrografico" sono "bacino di raccolta", "bacino di drenaggio", "area di drenaggio" e "bacino idrografico". La disponibilità annua totale di acqua in un bacino idrografico è data dal volume annuale delle precipitazioni. Se ignoriamo possibili, ma generalmente piccoli, cambiamenti nell'accumulo di acqua in un bacino idrografico, il flusso totale delle precipitazioni annuali abbandonerà nuovamente il bacino, in parte attraverso l'evapotraspirazione e in parte attraverso il deflusso dal bacino idrografico. Sia il flusso evaporativo che il deflusso possono essere sfruttati dall'uomo. L'impronta idrica verde si riferisce all'uso umano del flusso evaporativo dalla superficie terrestre, principalmente per la coltivazione di colture o la produzione forestale (Figura 3.1). L'impronta idrica blu si riferisce all'uso consumistico del deflusso fluviale, in altre parole, all'estrazione del deflusso dal bacino idrografico nella misura in cui non vi ritorna sotto forma di flusso di ritorno. Storicamente, le persone hanno utilizzato il deflusso fluviale sia come fonte di acqua dolce sia come canale di scarico per i propri rifiuti. Ovviamente, l'utilizzo dei flussi di deflusso come fonte o pozzo ha i suoi limiti. Il flusso di deflusso totale ha un volume limitato da cui attingere e una capacità limitata di assimilare i rifiuti. L'impronta idrica blu mostra il volume che è stato effettivamente sottratto al deflusso del corso d'acqua, quindi mostra la "capacità adeguata

del rubinetto". L'impronta idrica grigia mostra la "capacità adeguata di assimilazione dei rifiuti". È definito come il volume di acqua necessario per assimilare i rifiuti, quantificato come il volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti in misura tale che la qualità dell'acqua ambiente rimanga al di sopra degli standard di qualità dell'acqua concordati. Il vantaggio di misurare l'inquinamento delle acque in termini di volumi d'acqua stanziati è che le diverse forme di inquinamento vengono ricondotte a un unico denominatore, ovvero il volume d'acqua stanziato per l'assimilazione dei rifiuti. Inoltre, quando l'inquinamento idrico viene espresso negli stessi termini del consumo di acqua, è possibile confrontare l'uso del deflusso come fonte (impronta idrica blu) con l'uso del deflusso come pozzo (impronta idrica grigia).

## Coerenza tra diversi tipi di conti dell'impronta idrica

L'impronta idrica di un processo è espressa come volume d'acqua per unità di tempo. Quando divisa per la quantità di prodotto risultante dal processo (unità di prodotto per unità di tempo), può anche essere espressa come volume d'acqua per unità di prodotto.

L'impronta idrica di un prodotto è sempre espressa come volume d'acqua per unità di prodotto. Esempi: volume d'acqua per unità di massa (per prodotti in cui il peso è un buon indicatore di quantità), volume d'acqua per unità di denaro (per prodotti in cui il valore dice più del peso), volume d'acqua per pezzo (per prodotti che vengono contati per pezzo anziché per peso), volume d'acqua per unità di energia (per kcal per prodotti alimentari o per joule per elettricità o carburanti)

L'impronta idrica di un consumatore o un'azienda è espressa come volume d'acqua per unità di tempo. Può essere espresso come volume d'acqua per unità monetaria quando l'impronta idrica per unità di tempo viene divisa per reddito (per i consumatori) o fatturato (per le aziende). L'impronta idrica di una comunità di consumatori può essere espressa in termini di volume d'acqua per unità di tempo pro capite.

L'impronta idrica all'interno di un'area geograficamente delimitata è espressa come volume d'acqua per unità di tempo. Può essere espressa in termini di volume d'acqua per unità monetaria quando divisa per il reddito nell'area

L'impronta idrica di una singola "fase del processo" è l'elemento fondamentale di tutti i conti dell'impronta idrica (vedi Figura 2). L'impronta idrica di un "prodotto" intermedio o finale (bene o

servizio) è l'aggregato delle impronte idriche delle varie fasi del processo rilevanti nella produzione del prodotto. L'impronta idrica di un singolo consumatore è una funzione delle impronte idriche dei vari prodotti consumati dal consumatore. L'impronta idrica di una comunità di consumatori – ad esempio gli abitanti di un comune, provincia, stato o nazione – è pari alla somma delle impronte idriche individuali dei membri della comunità. L'impronta idrica di un produttore o di qualsiasi tipo di azienda è pari alla somma delle impronte idriche dei prodotti consegnati dal produttore o dall'azienda. L'impronta idrica all'interno di un'area geograficamente delineata – sia essa una provincia, una nazione, un bacino idrografico o un bacino idrografico – è pari alla somma delle impronte idriche di tutti i processi che hanno luogo in quell'area. L'impronta idrica totale dell'umanità è pari alla somma delle impronte idriche di tutti i consumatori del mondo, che è pari alla somma delle impronte idriche di tutti i beni e servizi di consumo finali consumati ogni anno e pari anche alla somma di tutti i processi che consumano acqua o che inquinano nel mondo.

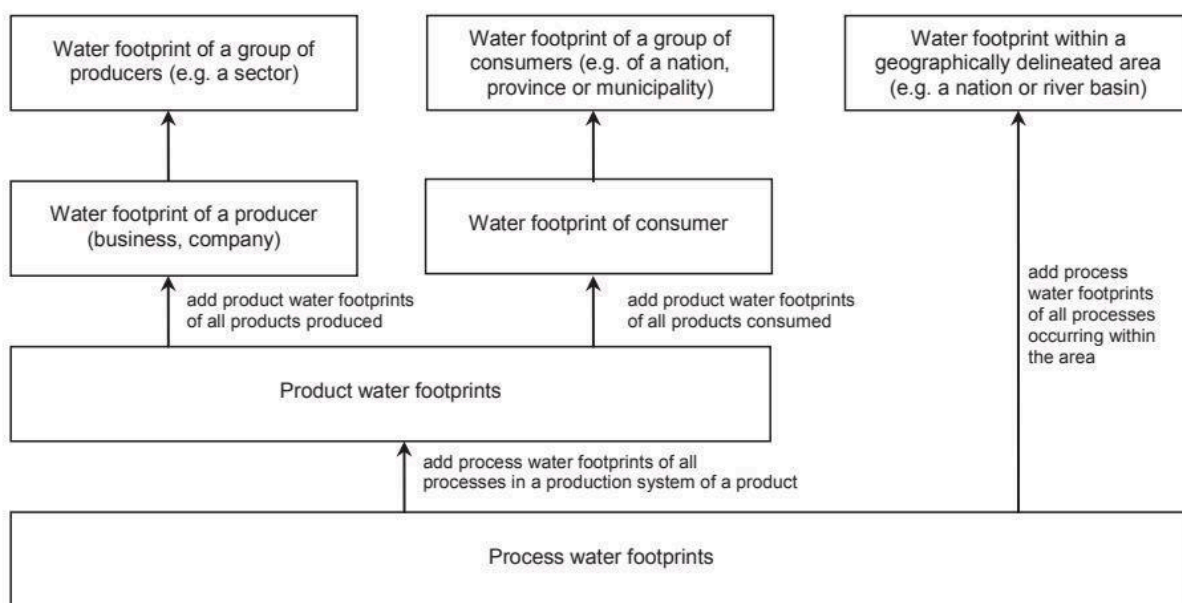


Figura 2 Impronte idriche di processo come elemento costitutivo di base per tutte le altre impronte idriche

È possibile sommare l'impronta idrica dei prodotti finali evitando doppi conteggi. Ciò è dovuto al fatto che le impronte idriche di processo sono sempre assegnato esclusivamente a un prodotto finale oppure, quando un processo contribuisce a più di un prodotto finale, l'impronta idrica del processo è suddivisa tra i diversi prodotti finali. Aggiungere l'impronta idrica dei prodotti intermedi non ha senso,

perché si può facilmente verificare un doppio conteggio. Se si sommassero, ad esempio, l'impronta idrica del tessuto di cotone e l'impronta idrica del cotone raccolto, si otterrebbe un conteggio doppio, perché la prima include la seconda. Allo stesso modo, è possibile sommare le impronte idriche dei singoli consumatori senza effettuare doppi conteggi, ma non si dovrebbero sommare le impronte idriche di diversi produttori poiché ciò potrebbe portare a doppi conteggi.

L'impronta idrica dei consumatori è correlata all'impronta idrica dei produttori nella filiera. La Figura 3 mostra un esempio semplificato della filiera di fornitura di un prodotto di origine animale. L'impronta idrica totale di un consumatore è la somma della sua impronta idrica diretta e indiretta. Quando ci concentriamo sul consumo di carne, l'impronta idrica diretta del consumatore si riferisce al volume di acqua consumata o inquinata durante la preparazione e la cottura della carne. L'impronta idrica indiretta del consumatore di carne dipende dall'impronta idrica diretta del rivenditore che vende la carne, dell'azienda di trasformazione alimentare che prepara la carne per la vendita, dell'azienda agricola che alleva gli animali e dell'azienda agricola che produce il mangime per gli animali. L'impronta idrica indiretta del rivenditore dipende dall'impronta idrica diretta dell'azienda di trasformazione alimentare, dell'allevamento di bestiame, dell'azienda agricola e così via.

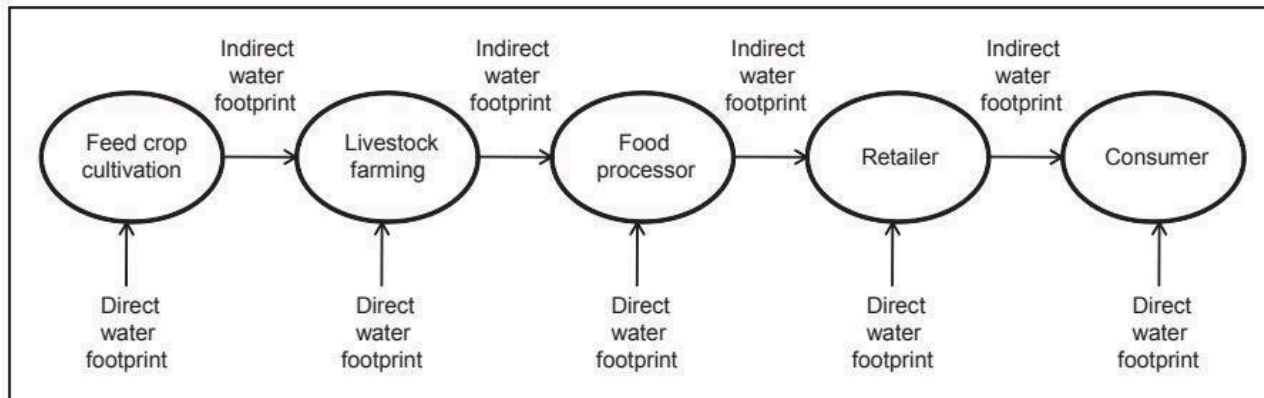


Figura 3 L'impronta idrica diretta e indiretta in ogni fase della fornitura catena di un prodotto animale

L'impronta idrica è espressa in termini di volume d'acqua per unità di prodotto o come volume d'acqua per unità di tempo. L'impronta idrica di un processo è espressa come volume d'acqua per unità di tempo. Se suddiviso in base alla quantità di prodotto risultante dal processo, può anche essere espresso come volume d'acqua per unità di prodotto. L'impronta idrica di un prodotto è sempre espressa in termini di volume d'acqua per unità di prodotto (solitamente m/tonnellata o litro/kg). L'impronta idrica di un consumatore o il produttore o l'impronta idrica all'interno di un'area

sono sempre espressi come volume d'acqua per unità di tempo. A seconda del livello di dettaglio che si desidera fornire, l'impronta idrica può essere espressa al giorno, al mese o all'anno.

## Impronta idrica di una fase del processo

### Impronta idrica blu

L'impronta idrica blu è un indicatore dell'uso integrato della cosiddetta acqua blu, in altre parole, dell'acqua dolce superficiale o sotterranea. Il termine "uso integrato dell'acqua" si riferisce a uno dei seguenti quattro casi:

1. L'acqua evapora;
2. L'acqua viene incorporata nel prodotto;
3. L'acqua non ritorna nello stesso bacino idrografico, ad esempio viene restituita a un altro bacino idrografico o al mare;
4. L'acqua non ritorna nello stesso periodo, ad esempio viene prelevata in un periodo scarso e restituita in un periodo umido.

La prima componente, l'evaporazione, è generalmente quella più significativa. Pertanto si vedrà spesso che il consumo è equiparato all'evaporazione, ma gli altri tre componenti dovrebbero essere inclusi quando rilevanti. Vengono conteggiati tutti i casi di evaporazione correlati alla produzione, compresa l'acqua che evapora durante lo stoccaggio dell'acqua (ad esempio, da bacini artificiali), il trasporto (ad esempio, dai canali), lavorazione (ad esempio, evaporazione dell'acqua riscaldata che non viene raccolta) e raccolta e smaltimento (ad esempio, dai canali di drenaggio e dagli impianti di trattamento delle acque reflue). "Uso di acqua" non significa che l'acqua scompare perché l'acqua rimarrà nel ciclo e tornerà sempre da qualche parte. L'acqua è una risorsa rinnovabile, ma ciò non significa che sia disponibile illimitata. In un certo periodo, la quantità di acqua che ricarica le riserve di acqua sotterranea e scorre attraverso un fiume è sempre limitata a una certa quantità. L'acqua nei fiumi e nelle falde acquifere può essere utilizzata per l'irrigazione o per scopi industriali o domestici. Tuttavia, non si può consumare più acqua di quanta ne sia disponibile in un certo periodo. L'impronta idrica blu misura la quantità di acqua disponibile in un certo periodo che viene consumata (in altre parole, non immediatamente restituita all'interno dello stesso bacino). In questo modo, misura la quantità di acqua blu disponibile per gli esseri umani.

Il resto, i flussi di acqua sotterranea e superficiale non consumati per scopi umani, viene lasciato per sostenere gli ecosistemi che dipendono dai flussi di acqua sotterranea e superficiale. L'impronta idrica blu in una fase del processo viene calcolata come:

$$WF_{proc,blue} = BlueWaterEvaporation + BlueWaterIncorporation + LostReturnflow \quad [volume/time]$$

L'ultima componente si riferisce alla parte del flusso di ritorno che non è disponibile per il riutilizzo all'interno dello stesso bacino entro lo stesso periodo di prelievo, sia perché viene restituita a un altro bacino (o scaricata in mare) sia perché viene restituita in un altro lasso di tempo. Nella valutazione dell'impronta idrica blu di un processo, potrebbe essere rilevante (a seconda dell'ambito dello studio) distinguere tra diversi tipi di fonti di acqua blu. La divisione più rilevante è tra acque superficiali, acque sotterranee correnti (rinnovabili) e acque sotterranee stanziate. Si può fare la distinzione parlando rispettivamente di impronta idrica blu superficiale, impronta idrica blu rinnovabile e impronta idrica blu non rinnovabile. In pratica, è spesso molto difficile fare la distinzione a causa di dati insufficienti, motivo per cui spesso la distinzione non viene fatta. È possibile, tuttavia, se i dati lo consentono, specificare l'impronta idrica blu per fonte. Quando si specifica l'impronta idrica blu totale per fonte, si potrebbe anche voler distinguere esplicitamente l'uso dell'acqua piovana raccolta. La raccolta dell'acqua piovana è un caso un po' particolare, poiché si potrebbe discutere se l'acqua piovana raccolta sia acqua verde o blu. Per lo più, la raccolta dell'acqua piovana si riferisce alla raccolta di pioggia che altrimenti diventerebbe deflusso. Poiché l'uso dell'acqua piovana raccolta sottrarrà dal deflusso, raccomandiamo di considerare tale uso dell'acqua come un'impronta idrica blu. Esistono vari tipi di tecniche di raccolta dell'acqua piovana per fornire acqua potabile, acqua per il bestiame o acqua per irrigare colture o giardini. Finché si parla di raccolta locale del deflusso, come nel caso della raccolta dell'acqua piovana dai tetti o altre superfici dure o nel caso del convogliamento della pioggia in piccoli stagni, si può categorizzare l'uso consumistico di questa acqua sotto l'impronta idrica blu. Se, al contrario, si parla di misure volte ad aumentare la capacità di ritenzione idrica del suolo o di tetti verdi per trattenere l'acqua piovana, l'uso intensivo di quest'acqua per la produzione agricola rientrerà nell'impronta idrica verde.

L'unità dell'impronta idrica del processo blu è il volume d'acqua per unità di tempo, ad esempio, al giorno, al mese o all'anno. Quando divisa per la quantità di prodotto che deriva dal processo,

l'impronta idrica del processo può anche essere espressa in termini di volume d'acqua per unità di prodotto. Qui di seguito si evidenzia come ottenere i dati necessari per la contabilizzazione dell'impronta idrica blu:

**Processi industriali:** ogni componente dell'impronta idrica del processo blu può essere misurata direttamente o indirettamente. In genere, è noto quanta acqua viene aggiunta per diventare parte del prodotto. La quantità di acqua che evapora durante lo stoccaggio, il trasporto, la lavorazione e lo smaltimento non viene misurata direttamente, ma può essere dedotta dalla differenza tra i volumi di estrazione e quelli di smaltimento finale. Idealmente, si può fare affidamento su database che contengono dati tipici sull'uso di acqua per vari tipi di processi di produzione. Tali database, tuttavia, difficilmente esistono e generalmente contengono dati sui prelievi di acqua (astrazioni), non sull'uso di acqua per tipologia di utilizzo. Inoltre, questi database generalmente non dispongono dei dettagli necessari e contengono dati sull'uso dell'acqua per settore industriale (ad esempio, raffinerie di zucchero, stabilimenti tessili, cartiere e così via) piuttosto che per processo di produzione. Si possono anche consultare database proprietari come Ecoinvent (2010), ma tali database generalmente forniscono dati sui prelievi di acqua, non sull'uso di acqua per consumi. Le migliori fonti per il consumo di acqua blu nei processi di produzione sono i produttori stessi o le organizzazioni regionali o globali.

**Processi agricoli:** le statistiche disponibili sull'uso di acqua blu in agricoltura mostrano generalmente i prelievi totali di acqua solo per l'irrigazione, non l'uso di acqua blu per il consumo. Misurare l'evapotraspirazione dell'acqua da un campo è un compito laborioso. E anche quando si misura l'evapotraspirazione totale, sarebbe necessario stimare quale parte del totale è acqua blu. Pertanto, in genere ci si affida a modelli di bilancio idrico che utilizzano come input dati su clima, suolo, caratteristiche delle colture e irrigazione effettiva. La sezione 3.3.4 mostra più in dettaglio come si può stimare l'impronta idrica blu nella crescita delle colture sulla base di un modello di bilancio idrico. Sulla base di mappe globali che indicano dove vengono coltivate diverse colture e di mappe globali del clima, del suolo e dell'irrigazione, alcuni gruppi di ricerca nel mondo hanno iniziato a effettuare stime spazialmente esplicite delle impronte idriche blu (e verdi) della coltivazione delle colture. Solo per il grano, ad esempio, sono disponibili quattro set di dati globali: [2] [3]. Sul sito web del Water Footprint Network – [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org) – sono disponibili dati geograficamente espliciti sull'impronta idrica della coltivazione di colture per tutte le principali colture nel mondo. Questi set di dati possono essere utilizzati per la contabilizzazione dell'impronta idrica al Livello B come sopra

descritto. Per la contabilità al livello C, sarà necessario applicare autonomamente un modello di bilancio idrico appropriato, insieme a dati di input specifici a livello locale.

## Impronta idrica verde

L'impronta idrica verde è un indicatore dell'uso umano della cosiddetta acqua verde. L'acqua verde si riferisce alle precipitazioni sulla terra, che non defluiscono e non vanno a ricaricare le falde acquifere, ma vengono immagazzinate nel terreno o rimane temporaneamente in superficie sul terreno o sulla vegetazione. Alla fine, questa parte di precipitazione evapora o traspira attraverso le piante. L'acqua verde può essere resa produttiva per la crescita delle colture. Non tutta l'acqua verde può essere assorbita dalle colture, perché ci sarà sempre evaporazione dal terreno e perché non tutti i periodi dell'anno o le aree sono adatti alla crescita delle colture. L'impronta idrica verde è il volume di acqua piovana consumata durante il processo di produzione. Ciò è particolarmente rilevante per i prodotti agricoli e forestali (prodotti basati su colture o legno), dove si riferisce all'evapotraspirazione totale dell'acqua piovana (da campi e piantagioni) più l'acqua incorporata nella coltura o nel legno raccolti. L'impronta idrica verde in una fase del processo è uguale a:

$$WF_{proc,green} = \text{Green Water Evaporation} + \text{Green Water Incorporation}$$

[volume/time]

La distinzione tra impronta idrica blu e verde è importante perché gli impatti idrologici, ambientali e sociali, nonché i costi opportunità economici dell'uso di acque superficiali e sotterranee per la produzione, differiscono in modo netto dagli impatti e dai costi dell'uso di acqua piovana [4]. Il consumo di acqua verde in agricoltura può essere misurato o stimato con una serie di formule empiriche o con un modello di coltura adatto per stimare l'evapotraspirazione in base ai dati di input su clima, suolo e caratteristiche delle colture. Di seguito presenteremo più in dettaglio come si può stimare l'impronta idrica verde nella crescita delle colture.

## Impronta idrica grigia

L'impronta idrica grigia di una fase di processo è un indicatore del grado di inquinamento delle acque dolci che può essere associato alla fase di processo. È definita come il volume di acqua dolce necessario per assimilare il carico di inquinanti in base alle concentrazioni di fondo naturali e agli standard di qualità delle acque ambientali esistenti. Il concetto di impronta idrica grigia è nato dal riconoscimento che la dimensione dell'inquinamento delle acque può essere espressa in termini di volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti in modo che diventino innocui. L'impronta idrica grigia viene calcolata dividendo il carico di inquinanti ( $L$ , in massa/tempo) per la differenza tra lo standard di qualità delle acque ambientali per quell'inquinante (la concentrazione massima accettabile ( $c_{max}$ , in massa/volume) e la sua concentrazione naturale nel corpo idrico ricevente ( $c_{nat}$ , in massa/volume).

La concentrazione naturale in un corpo idrico ricevente è la concentrazione nel corpo idrico che si verificherebbe se non ci fossero disturbi umani nel bacino. Per le sostanze prodotte dall'uomo che naturalmente non compaiono nell'acqua,  $c_{nat} = 0$ . Quando le concentrazioni naturali non sono note con precisione ma sono stimate, per semplicità si può supporre  $c_{nat} = 0$ . Ciò, tuttavia, si tradurrà in un'impronta idrica grigia sottostimata quando  $c_{nat}$  non è uguale a zero. Ci si potrebbe chiedere perché

$$WF_{proc, grey} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}} \quad [\text{volume/time}]$$

la concentrazione naturale venga usata come riferimento, non la concentrazione effettiva nel corpo idrico ricevente. Il motivo è che l'impronta idrica grigia indica la capacità di assimilazione appropriata. La capacità di assimilazione di un corpo idrico ricevente dipende dalla differenza tra la concentrazione massima consentita e quella naturale di una sostanza. Supponiamo di confrontare la concentrazione massima consentita con la concentrazione effettiva di una sostanza. In tal caso, si esamina la capacità di assimilazione residua, che cambia continuamente, in funzione del livello di inquinamento effettivo in un momento particolare. I calcoli dell'impronta idrica grigia vengono eseguiti utilizzando standard di qualità dell'acqua ambiente per il corpo idrico ricevente, come standard per le concentrazioni massime consentite. L'impronta idrica grigia mira a mostrare il volume di acqua ambiente richiesto per assimilare le sostanze chimiche. Gli standard di qualità dell'acqua ambiente sono una categoria specifica di standard di qualità dell'acqua. Altri standard sono, ad esempio, standard di qualità dell'acqua potabile, standard di qualità dell'irrigazione e standard di emissione (o effluenti). Si dovrebbe fare attenzione a utilizzare standard di qualità dell'acqua ambiente. Per una particolare

sostanza, lo standard di qualità dell'acqua ambiente può variare da un corpo idrico all'altro. Inoltre, la concentrazione naturale può variare da un luogo all'altro. Di conseguenza, uno specifico carico di inquinanti può determinare un'impronta di acque grigie in un luogo e un'altra in un altro. Ciò è ragionevole perché il volume d'acqua richiesto per assimilare un particolare carico di inquinanti differirà a seconda della concentrazione massima consentita e naturale. Sebbene gli standard di qualità delle acque ambientali spesso esistano nella legislazione nazionale o statale o debbano essere formulati dal bacino idrografico e/o dal corpo idrico nel quadro della legislazione nazionale o da un accordo regionale (come nella direttiva quadro europea sulle acque, vedere UE, 2000), non esistono per tutte le sostanze e tutti i luoghi. La cosa più importante è specificare quali standard di qualità delle acque e concentrazioni naturali sono stati utilizzati nella preparazione di un resoconto dell'impronta delle acque grigie.

Gli standard di qualità dell'acqua ambiente e le concentrazioni di fondo naturale variano per i corpi idrici superficiali e sotterranei. Le soglie nelle acque sotterranee sono spesso basate sui requisiti per l'acqua potabile, mentre le considerazioni ecologiche determinano in genere le concentrazioni massime accettabili nelle acque superficiali. Si potrebbe proporre di calcolare l'impronta delle acque grigie separatamente per i sistemi di acque superficiali e sotterranee. Il problema nel farlo, tuttavia, è che le acque sotterranee generalmente finiscono come acque superficiali, quindi per un carico di inquinanti nelle acque sotterranee, si può prendere meglio la differenza tra lo standard di qualità dell'acqua e la concentrazione di fondo naturale per il corpo idrico più critico (sia il sistema delle acque sotterranee che quello delle acque superficiali). Si possono prendere i dati rilevanti per i carichi nel sistema delle acque superficiali. Quando si sa con precisione quali carichi arrivano (per primi) nel sistema delle acque sotterranee e quali carichi nel sistema delle acque superficiali, ha senso mostrare due componenti dell'impronta delle acque grigie: l'impronta delle acque sotterranee grigie e l'impronta delle acque superficiali grigie. Un'impronta delle acque grigie maggiore di zero non implica automaticamente che gli standard di qualità delle acque ambiente siano violati; mostra solo che parte della capacità di assimilazione è già stata consumata. Finché l'impronta delle acque grigie calcolata è inferiore al flusso del fiume o delle falde acquifere esistenti, c'è ancora acqua sufficiente per diluire gli inquinanti a una concentrazione inferiore allo standard. La concentrazione risultante sarà rigorosamente allo standard quando l'impronta delle acque grigie calcolata è esattamente uguale al flusso dell'acqua ambiente. Quando l'effluente contiene un carico molto elevato di sostanze chimiche, l'impronta delle acque grigie calcolata può superare il flusso del fiume o delle falde acquifere esistenti. 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 maggiore del flusso dell'acqua esistente illustra che l'impronta delle acque grigie non mostra "il volume di acqua inquinata" (perché non si sarebbe in grado di inquinare un volume maggiore di quello esistente). Invece, l'impronta delle acque grigie indica la gravità dell'inquinamento idrico, espressa in termini di volume di acqua dolce necessario per assimilare il carico esistente di inquinanti. L'approccio di contabilizzazione dell'impronta delle acque grigie è lo stesso dell'approccio del carico critico. In entrambi i casi, il riconoscimento fondamentale è che la differenza tra la concentrazione massima e quella naturale limita lo spazio per l'assorbimento dei rifiuti di un corpo idrico. Il carico critico si riferisce alla situazione in cui lo spazio per l'assorbimento dei rifiuti è stato completamente consumato. Al carico critico, l'impronta idrica grigia sarà uguale al flusso d'acqua disponibile, che è quindi richiesto per intero per diluire le sostanze chimiche a concentrazioni accettabili.

### *Riciclo e riutilizzo dell'acqua*

Il riciclaggio o il riutilizzo dell'acqua influirà sull'impronta idrica grigia. Quando, dopo il trattamento, l'acqua viene completamente riciclata o riutilizzata per lo stesso o un altro scopo, non vi è alcun effluente nell'ambiente, quindi l'impronta idrica grigia sarà pari a zero. Se, tuttavia, l'acqua viene comunque smaltita nell'ambiente dopo una o più volte di riutilizzo, ci sarà un'impronta idrica grigia correlata alla qualità dell'effluente.

### *Trattamento delle acque reflue*

Quando le acque reflue vengono trattate prima di essere smaltite nell'ambiente, la concentrazione di inquinanti nell'effluente finale è inferiore, riducendo l'impronta idrica grigia. Va notato che l'impronta idrica grigia di un processo dipende dalla qualità dell'effluente quando viene infine smaltito nell'ambiente, non dalla qualità prima del trattamento. Il trattamento delle acque reflue può portare l'impronta idrica grigia a zero quando le concentrazioni di inquinanti nell'effluente sono uguali o inferiori alle concentrazioni nell'acqua così come è stata estratta. Come osservazione a margine, si nota qui che il processo di trattamento delle acque reflue in sé avrà un'impronta idrica blu quando l'evaporazione avviene durante il processo di trattamento in bacini aperti.

## **Calcolo dell'impronta delle colture**

Molti prodotti contengono ingredienti provenienti dall'agricoltura o dalla silvicoltura. Le colture vengono utilizzate per alimenti, mangimi, fibre, carburante, oli, saponi, cosmetici, ecc. Il legno di alberi e arbusti viene utilizzato per legname, carta e carburante. Poiché i settori agricolo e forestale consumano molta acqua, i prodotti che coinvolgono l'agricoltura o la silvicoltura nel loro sistema di

produzione avranno spesso un'impronta idrica significativa. Per tutti questi prodotti, è rilevante esaminare l'impronta idrica della coltivazione della coltura o dell'albero. Questa sezione discute i dettagli della valutazione dell'impronta idrica del processo di coltivazione di colture o alberi. Il metodo si applica alle colture annuali e perenni, dove gli alberi possono essere considerati perenni. Di

$$WF_{proc} = WF_{proc,green} + WF_{proc,blue} + WF_{proc,grey} \quad [\text{volume/mass}]$$

seguito, il termine "coltura" viene utilizzato in senso lato, includendo quindi anche gli "alberi" coltivati per il legno. L'impronta idrica totale del processo di coltivazione di colture o alberi è la somma delle componenti verde, blu e grigia:

Esprimeremo tutte le impronte idriche di processo in questa sezione per unità di prodotto, vale a dire in volume d'acqua per massa. Solitamente esprimiamo le impronte idriche di processo in agricoltura o silvicoltura come m/tonnellata, che equivale a litro/kg. La componente verde nell'impronta idrica del processo di coltivazione di una coltura è calcolata come la componente verde utilizzata della coltura per unità di superficie divisa per la resa della coltura (Y, ton/ha). La componente blu è calcolata in modo simile:

$$WF_{proc,green} = \frac{CWU_{green}}{Y} \quad [\text{volume/mass}]$$

$$WF_{proc,blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \quad [\text{volume/mass}]$$

Le rese per le colture annuali possono essere considerate come fornite nelle statistiche di resa. Nel caso delle colture perenni, si dovrebbe considerare la resa media annuale per l'intera durata della coltura. In questo modo, si tiene conto del fatto che la resa nell'anno iniziale di semina è bassa o nulla, che le rese sono più elevate dopo alcuni anni e che le rese spesso diminuiscono alla fine della durata di una coltura perenne. Anche per l'uso di acqua della coltura, si deve prendere l'uso medio annuale di acqua della coltura per l'intera durata di vita della coltura. La componente grigia nell'impronta idrica della coltivazione di una coltura è calcolata come il tasso di applicazione chimica al campo per ettaro moltiplicato per la frazione di lisciviazione-deflusso ( $\alpha$ ) diviso per la concentrazione massima meno la concentrazione naturale per l'inquinante considerato e quindi diviso per la resa della coltura (Y, ton/ha).

Gli inquinanti sono generalmente costituiti da fertilizzanti (azoto, fosforo e così via), pesticidi e insetticidi. Bisogna considerare solo il "flusso di rifiuti" verso i corpi d'acqua dolce, che è generalmente una frazione dell'applicazione totale di fertilizzanti o pesticidi al campo. Bisogna tenere conto solo dell'inquinante più critico, ovvero quello per cui il calcolo di cui sopra produce il volume

$$WF_{proc, grey} = \frac{(\alpha \times AR) / (c_{max} - c_{nat})}{Y} \quad [\text{volume/mass}]$$

d'acqua più elevato.

Le componenti verde e blu nell'uso dell'acqua delle colture sono calcolate dall'accumulo dell'evapotraspirazione giornaliera (ET, mm/giorno) durante l'intero periodo di crescita:

$$CWU_{green} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{green} \quad [\text{volume/area}]$$

$$CWU_{blue} = 10 \times \sum_{d=1}^{lgp} ET_{blue} \quad [\text{volume/area}]$$

Il fattore 10 è pensato per convertire le profondità dell'acqua in millimetri in volumi d'acqua per superficie terrestre in m/ha. La sommatoria viene effettuata nel periodo dal giorno della semina (giorno 1) al giorno del raccolto (lgp sta per lunghezza del periodo di crescita in giorni). Poiché diverse varietà di colture possono presentare differenze sostanziali nella lunghezza del periodo di crescita, questo fattore può influenzare significativamente l'uso di acqua calcolato per la coltura. Per le colture permanenti (perenni) e le foreste di produzione, si dovrebbe tenere conto dell'evapotraspirazione durante tutto l'anno. Evapotranspiration from a field can be either measured or estimated by means of a model based on empirical formulas. Measuring evapotranspiration is costly and unusual. Generally, one estimates evapotranspiration indirectly by means of a model that uses data on climate, soil properties and crop characteristics as input. There are many alternative ways to model ET and crop growth. One of the models frequently used is the EPIC model [5], also available in grid-based form [6]. Another model is the CROPWAT model developed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations [7]. Il modello CROPWAT offre due diverse opzioni per calcolare l'evapotraspirazione: l'opzione "richiesta di acqua per le colture" (ipotizzando condizioni ottimali) e l'opzione "programma di irrigazione" (inclusa la possibilità di specificare l'effettiva fornitura di irrigazione nel tempo). Raccomandiamo di applicare la seconda opzione quando possibile, perché è

applicabile sia per condizioni di crescita ottimali che non ottimali e perché è più accurata (poiché il modello sottostante include un bilancio idrico dinamico del suolo). Un manuale completo per l'uso pratico del programma CROPWAT è disponibile online.

La stima delle impronte idriche verde, blu e grigia della coltivazione di una coltura richiede un gran numero di fonti di dati. In generale è sempre preferibile trovare dati locali relativi alla posizione del campo di coltura. In molti casi è troppo laborioso raccogliere dati specifici della posizione dato lo scopo della valutazione. Se lo scopo della valutazione consente una stima approssimativa, si può decidere di lavorare con dati da posizioni vicine o con medie regionali o nazionali che potrebbero essere più facilmente disponibili.

### Dati necessari

Dati climatici: il calcolo dovrebbe essere effettuato utilizzando i dati climatici delle stazioni meteorologiche più vicine e rappresentative situate nei pressi del campo coltivato considerato o all'interno o in prossimità della regione di produzione delle colture considerata. Per le regioni con più di una stazione climatica, è possibile effettuare calcoli per ciascuna stazione e soppesare gli output. Il database climatico CLIMWAT 2.0 fornisce i dati climatici necessari nel formato appropriato richiesto dal modello CROPWAT 8.0. Il database non fornisce dati per anni specifici, ma medie trentennali. Un'altra fonte è LocClim 1, che fornisce stime delle condizioni climatiche medie in località per le quali non sono disponibili osservazioni. È possibile utilizzare anche database climatici basati su griglia: i valori mensili dei principali parametri climatici con una risoluzione spaziale di 30 minuti d'arco possono essere ottenuti da CRU TS-2.1 tramite il GeoPortal CGIAR-CSI. Il National Climate Data Center degli Stati Uniti fornisce dati climatici giornalieri per un gran numero di stazioni a livello globale. Inoltre, la FAO fornisce attraverso il suo sito web GeoNetwork precipitazioni medie a lungo termine ed evapotraspirazione di riferimento con una risoluzione spaziale di 10 minuti d'arco.

Parametri delle colture: i coefficienti delle colture e il modello di coltivazione (date di semina e raccolta) possono essere ricavati al meglio dai dati locali. La varietà delle colture e il periodo di crescita adatto per un particolare tipo di coltura dipendono in larga misura dal clima e da molti altri fattori come usanze locali, tradizioni, struttura sociale, norme e politiche esistenti. Pertanto, i dati sulle colture più affidabili sono quelli ottenuti dalle stazioni di ricerca agricola locali. Il sistema di informazione globale e allerta precoce (GIEWS) online della FAO fornisce calendari delle colture per le principali colture dei paesi in via di sviluppo. È possibile accedere alle immagini compresse del calendario delle colture per ciascun continente direttamente dal web.

Mappe delle colture: le aree di raccolta delle colture e le rese per 175 colture a una risoluzione di celle della griglia di 5 minuti d'arco sono disponibili sul sito web del gruppo di ricerca sull'uso del territorio e sul cambiamento ambientale globale, Dipartimento di geografia, Università McGill. E' sempre consigliabile riferirsi a database (GIS) locali ricavati dai portali regionali o nazionali.

Rese delle colture: i dati sulle rese possono essere ottenuti al meglio a livello locale, al livello di risoluzione spaziale richiesto. Bisogna assicurarsi che sia chiaro come vengono misurate le rese (ad esempio, quale parte del raccolto è in peso secco o umido). Un database globale è disponibile tramite la FAO [8].

Mappe del suolo: ISRIC-WISE fornisce un set di dati globali per le proprietà del suolo derivate sia a una risoluzione di 5 minuti d'arco che di 30 minuti d'arco. Inoltre, il sito web FAO GeoNetwork fornisce i dati massimi disponibili sull'umidità del suolo a una risoluzione di 5 minuti d'arco. Quando si applica l'opzione "programma di irrigazione" nel modello CROPWAT, sono necessari dati sul suolo; se non sono disponibili dati sul suolo, consigliamo di scegliere "suolo medio" come impostazione predefinita.

Mappe di irrigazione: la mappa globale delle aree di irrigazione (GMIA) versione 4.0.1 con una risoluzione spaziale di 5 minuti d'arco definisce le aree attrezzate per l'irrigazione. Le mappe di irrigazione per 26 colture principali, sia a 5 che a 30 minuti d'arco, possono essere ottenute dal sito web dell'Università di Francoforte [9]. Questi dati forniscono anche le aree di coltivazione delle colture irrigate dalla pioggia per le stesse 26 colture. Dati puntuali possono essere stimati dai database regionali relativi ai comprensori irrigui nella zona del progetto.

Nei calcoli di cui sopra, non abbiamo ancora tenuto conto dell'acqua verde e blu incorporata nella coltura raccolta. Si può trovare quella componente dell'impronta idrica semplicemente osservando la frazione di acqua della coltura raccolta. Per la frutta, questa è in genere compresa tra l'80 e il 90 per cento della massa umida, per le verdure spesso tra il 90 e il 95 per cento. Il rapporto verde-blu nell'acqua che è incorporata nella coltura può essere assunto uguale al rapporto tra CWUverde e CWUblu. Tuttavia, l'aggiunta di acqua incorporata all'acqua evaporata aggiungerà poco al numero finale dell'impronta idrica, perché l'acqua incorporata è in genere nell'ordine dello 0,1 per cento dell'acqua evaporata, fino all'1 per cento al massimo. In questa sezione abbiamo esaminato il calcolo dell'impronta idrica della coltivazione di una coltura nel campo. L'impronta idrica blu calcolata qui si riferisce all'evapotraspirazione dell'acqua di irrigazione solo dal campo di coltivazione. Esclude

L'evaporazione dell'acqua dai bacini artificiali di acqua superficiale costruiti per immagazzinare l'acqua di irrigazione e l'evaporazione dell'acqua dai canali di trasporto che portano l'acqua di irrigazione dal luogo di estrazione al campo. L'immagazzinamento e il trasporto dell'acqua sono due processi che precedono il processo di coltivazione della coltura nel campo e hanno una propria impronta idrica. Le perdite per evaporazione in queste due fasi di processo precedenti possono essere molto significative e dovrebbero idealmente essere incluse quando si è interessati all'impronta idrica del prodotto della coltura raccolta.

### Modelli per la stima dell'impronta idrica dei prodotti animali (carne, latte, uova)

Diversi modelli possono essere utilizzati per calcolare l'impronta idrica dei prodotti animali, a seconda del livello di dettaglio e dell'ambito richiesti. Alcuni dei modelli più comunemente utilizzati includono:

#### Modello di valutazione dell'impronta idrica (WFA)

Sviluppato da Hoekstra et al. (2011) all'interno del framework Water Footprint Network (WFN). Il modello utilizza indici di conversione alimentare, dati sul consumo di acqua e condizioni ambientali. Esso può essere applicato a carne di manzo, maiale, pollame, latticini e altri prodotti di origine animale. Può essere utilizzato il Water Footprint Assessment Manual fornisce metodologie per calcolare l'uso di acqua nelle filiere di produzione.

#### Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM)

Sviluppato dalla FAO (Organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura stima l'impronta idrica integrando la produzione di mangimi, il metabolismo animale e la gestione del letame. Utilizza dati spazialmente espliciti per valutare gli impatti globali e regionali.

#### Modello CROPWAT

Sviluppato dalla FAO per stimare i requisiti idrici delle colture e le esigenze di irrigazione. Stima indirettamente l'impronta idrica dei prodotti animali calcolando i requisiti idrici per le colture di mangimi per animali.

#### SWAT

Simula i processi idrologici e valuta la disponibilità di risorse idriche per l'allevamento di bestiame. Aiuta a valutare le impronte idriche regionali dei sistemi di produzione di bestiame.

#### Modello di valutazione diretta

La misurazione dell'impronta idrica dei prodotti animali a livello di azienda agricola richiede una raccolta di dati dettagliata e calcoli accurati dell'uso di acqua verde, blu e grigia. Per valutare l'impronta idrica dei prodotti animali è necessario misurare e calcolare l'uso diretto e indiretto di

acqua durante tutto il ciclo di vita dell'animale. Il metodo diretto consiste nel misurare le tre componenti dell'impronta idrica. Questo può essere fatto se la filiera dell'azienda comprende anche l'allevamento. Nel caso in cui il capo macellato entri in azienda come materia prima si consiglia di utilizzare i metodi precedenti per la stima del contenuto in acqua della materia prima.

La valutazione può avvenire mediante:

### *Raccogli dati a livello di allevamento*

- a. Dati relativi agli animali:
  - a. Numero di animali nella mandria.
  - b. Periodo di crescita (dalla nascita alla macellazione).
  - c. Rapporto di conversione alimentare (kg di mangime per kg di aumento di peso).
  - d. Consumo di acqua potabile per animale al giorno.
- b. Dati sulla produzione di mangimi:
  - a. Tipo e quantità di mangime consumato per animale.
  - b. Fonte di mangime (in azienda vs. importato).
  - c. Fabbisogno idrico per l'irrigazione delle colture.
- c. Utilizzo idrico in azienda:
  - a. Assunzione giornaliera di acqua per bere.
  - b. Acqua utilizzata per la pulizia di strutture e attrezzature.
  - c. Acqua utilizzata per la gestione del letame.
- d. Dati ambientali:
  - a. Tassi di pioggia ed evapotraspirazione (per colture da pascolo e foraggio).
  - b. Livelli di inquinamento idrico da deflusso del letame.

### *Calcola ogni componente idrica*

- a) Impronta idrica verde (utilizzo di acqua piovana per mangime e pascolo). Calcolare il consumo totale di acqua piovana da parte di colture e pascoli utilizzati per nutrire l'animale. L'acqua piovana utilizzata dalle colture foraggere e dai pascoli può essere calcolato come descritto in precedenza.
- b) Impronta idrica blu (irrigazione e acqua potabile). Misurare l'assunzione di acqua per animale e l'acqua di irrigazione utilizzata per le colture. L'acqua per le colture può essere stimata, come descritto in precedenza, sotto l'ipotesi di non porre la coltura in condizioni di stress idrico.

- c) Impronta idrica grigia (acqua per diluizione dell'inquinamento). Calcolare l'acqua necessaria per diluire azoto, fosforo e altri inquinanti da letame e rifiuti agricoli a limiti ambientali accettabili.

### *Interpretazione e benchmarking*

Occorre sempre confrontare i risultati con le medie nazionali/regionali (ad esempio, la produzione di carne bovina richiede in genere 15.000-20.000 litri di acqua per kg di carne, ma esistono forti variazioni a livello Nazionale, regionale e di azienda agricola).

## Impronta idrica di un prodotto

### Definizione

L'impronta idrica di un prodotto è definita come il volume totale di acqua dolce utilizzata direttamente o indirettamente per produrre il prodotto. Viene stimata considerando il consumo di acqua e l'inquinamento in tutte le fasi della catena di produzione. La procedura di contabilità è simile a tutti i tipi di prodotti, siano essi prodotti derivati dal settore agricolo, industriale o dei servizi. L'impronta idrica di un prodotto si suddivide in una componente verde, blu e grigia. Nel caso dei prodotti agricoli, l'impronta idrica è generalmente espressa in termini di m/tonnellata o litri/kg. In molti casi, quando i prodotti agricoli sono contabili, l'impronta idrica può anche essere espressa come volume d'acqua per pezzo. Altri modi per esprimere un'impronta idrica di prodotto sono ad esempio volume d'acqua/kcal (per i prodotti alimentari nel contesto delle diete) o volume d'acqua/joule (per l'elettricità o i combustibili).

### Schematizzazione del sistema di produzione in fasi di processo

Per stimare l'impronta idrica di un prodotto, si dovrà iniziare comprendendo il modo in cui viene prodotto un prodotto. Per tale motivo, si dovrà identificare il "sistema di produzione". Un sistema di produzione è costituito da "fasi di processo" sequenziali. Un esempio (semplificato) del sistema di produzione di una maglietta di cotone è: crescita del cotone, raccolta, sgranatura, cardatura, lavorazione a maglia, sbiancamento, tintura, stampa, finitura. Dato che molti prodotti richiedono più input, spesso accade che più fasi di processo precedano una fase di processo successiva. In tal caso non avremo una catena lineare di fasi di processo, ma piuttosto un "albero di prodotto". Un esempio (semplificato) di un albero di prodotto è: produrre mangimi e tutti i tipi di altri input necessari nell'allevamento intensivo del bestiame, allevare gli animali e infine produrre carne. Poiché i sistemi di produzione spesso producono più di un prodotto finale (ad esempio, le mucche possono fornire

latte così come carne e pelle), anche la metafora di un albero di prodotto è insufficiente. In realtà i sistemi di produzione sono reti complesse di processi collegati, in molti casi persino circolari.

Per stimare l'impronta idrica di un prodotto, si dovrà schematizzare il sistema di produzione in un numero limitato di fasi di processo collegate. Inoltre, quando si intende andare oltre un'analisi molto superficiale basata su medie globali, si dovranno specificare le fasi nel tempo e nello spazio, il che significa che si dovrà tracciare l'origine degli input del prodotto. Nell'esempio della maglietta di cotone di cui sopra, la crescita del cotone può avvenire in un luogo (Cina), mentre la produzione può avvenire in un altro luogo (Malesia) e il consumo in un altro ancora (Germania). Le circostanze di produzione e le caratteristiche del processo differiranno da luogo a luogo, quindi il luogo di produzione influenzerà le dimensioni e il colore dell'impronta idrica. Inoltre, alla fine si potrebbe voler essere in grado di mappare geograficamente l'impronta idrica di un prodotto finale, quindi questo è un altro motivo per tenere traccia del luogo. La schematizzazione di un sistema di produzione in fasi di processo distinte richiede inevitabilmente ipotesi e semplificazioni. Particolarmente rilevante è il problema di troncamento menzionato precedentemente. Teoricamente, poiché molti sistemi di produzione contengono componenti circolari, si potrebbe continuare a tracciare all'infinito gli input attraverso la rete di fasi di processo collegate. In pratica, si dovrà interrompere l'analisi in quei punti in cui il lavoro aggiuntivo non aggiungerà informazioni più significative ai fini dell'analisi. Per i prodotti industriali, si può generalmente costruire relativamente facilmente un diagramma del sistema di produzione basato su fonti di dati disponibili al pubblico. Meglio, ovviamente, è cercare informazioni su quali fasi di processo vengono intraprese nella catena di fornitura effettiva del prodotto considerato. Ciò richiede la tracciabilità di tutti gli ingredienti del prodotto.

### Calcolo dell'impronta idrica di un prodotto

L'impronta idrica di un prodotto può essere calcolata in due modi alternativi: con l'approccio a somma a catena o con l'approccio cumulativo graduale. Il primo può essere applicato solo a casi particolari; il secondo è l'approccio generico.

#### *The chain-summation approach*

Questo approccio è più semplice di quello che verrà discusso in seguito, ma può essere applicato solo nel caso in cui un sistema di produzione produca un prodotto in uscita (Figura 3). In questo caso particolare, le impronte idriche che possono essere associate alle varie fasi di processo nel sistema di produzione possono essere tutte completamente attribuite al prodotto che risulta dal sistema. In questo semplice sistema di produzione, l'impronta idrica del prodotto  $p$  (volume/massa) è uguale alla

somma delle impronte idriche di processo rilevanti divisa per la quantità di produzione del prodotto p:

$$WF_{prod}[P] = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{proc}[s]}{P[p]} \quad [\text{volume/mass}]$$

in cui  $WF_{proc}[s]$  è l'impronta idrica di processo della fase di processo s (volume/tempo), e  $P[p]$  la quantità di produzione del prodotto p (massa/tempo). In pratica, raramente esistono sistemi di produzione semplici con un solo prodotto in uscita, quindi è necessario un modo di contabilizzazione più generico, che possa distribuire l'acqua utilizzata attraverso un sistema di produzione ai vari prodotti in uscita che derivano da quel sistema, senza doppi conteggi.

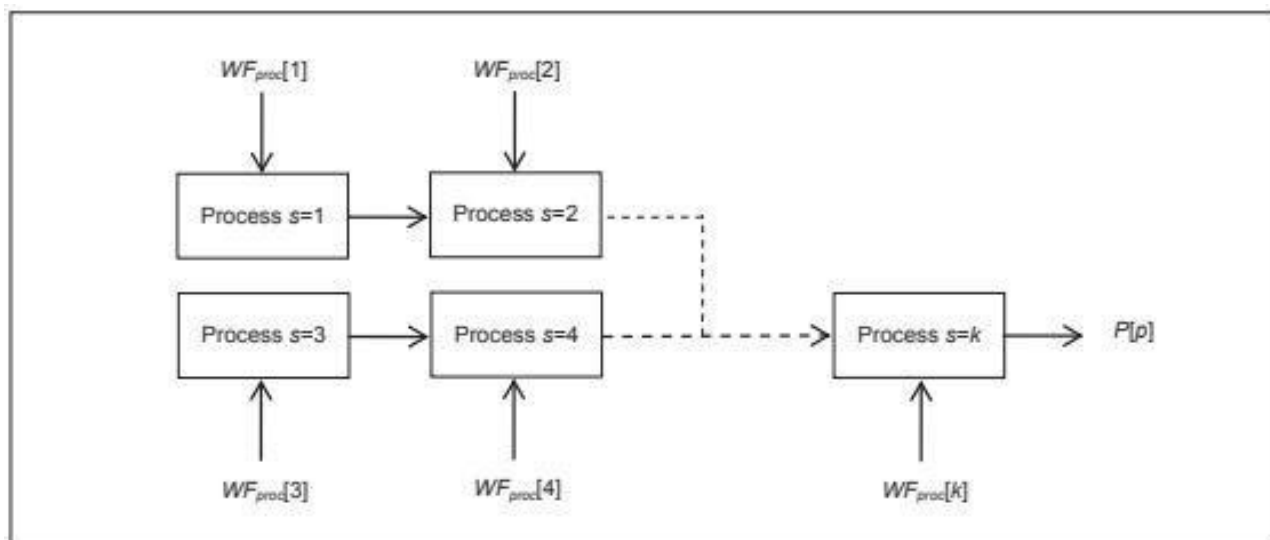


Figura 4 Schematizzazione del sistema di produzione per produrre il prodotto p in k fasi di processo. Alcune fasi sono in serie, altre sono parallele. L'impronta idrica del prodotto in uscita p è calcolata come la somma delle impronte idriche di processo dei processi che costituiscono il sistema di produzione. Nota: questo schema semplificato presuppone che p sia l'unico prodotto in uscita derivante dal sistema di produzione

### Approccio cumulativo graduale

Questo approccio è un modo generico di calcolare l'impronta idrica di un prodotto in base alle impronte idriche dei prodotti di input che sono stati necessari nell'ultima fase di lavorazione per

produrre quel prodotto e all'impronta idrica di processo di quella fase di lavorazione. Supponiamo di avere un certo numero di prodotti di input quando realizziamo un prodotto di output. In questo caso possiamo ottenere l'impronta idrica del prodotto di output semplicemente sommando le impronte idriche dei prodotti di input e aggiungendo l'impronta idrica di processo. Supponiamo un altro caso in cui abbiamo un prodotto di input e un certo numero di prodotti di output. In questo caso, è necessario distribuire l'impronta idrica del prodotto di input ai suoi prodotti separati. Ciò può essere fatto proporzionalmente al valore dei prodotti di output. Potrebbe anche essere fatto proporzionalmente al peso dei prodotti, ma ciò sarebbe meno significativo. Infine, consideriamo il caso più generico (Figura 5). Vogliamo calcolare l'impronta idrica di un prodotto  $p$ , che viene elaborato da  $y$  prodotti di input. I prodotti di input sono numerati da  $i=1$  a  $y$ . Supponiamo che l'elaborazione dei prodotti di input  $y$  determini prodotti di output  $z$ . Numeriamo i prodotti di output da  $p=1$  a  $z$ .

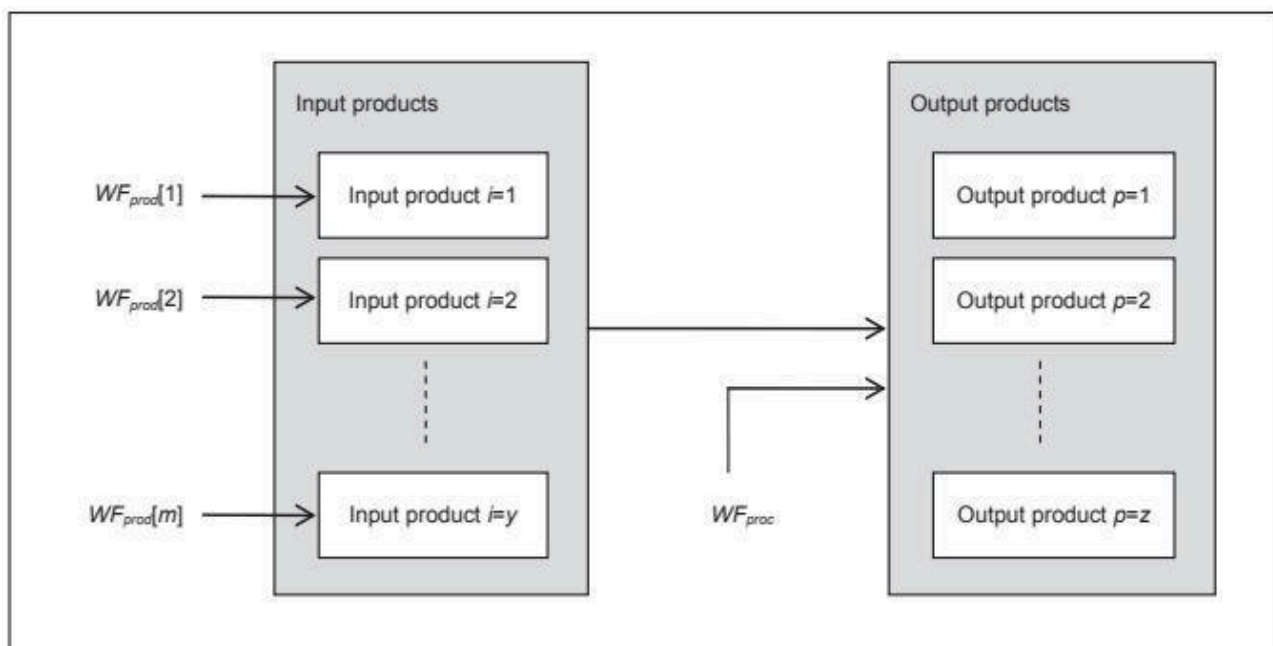


Figura 5 Schematizzazione dell'ultima fase del processo nel sistema di produzione per produrre il prodotto  $p$ . L'impronta idrica del prodotto di output  $p$  viene calcolata in base alle impronte idriche dei prodotti di input e all'impronta idrica del processo durante l'elaborazione degli input negli output

Se durante la lavorazione è coinvolto un certo utilizzo di acqua, l'impronta idrica del processo viene aggiunta alle impronte idriche dei prodotti di input prima che il totale venga distribuito tra i vari prodotti di output. L'impronta idrica del prodotto di output  $p$  viene calcolata come:

$$WF_{prod}[p] = \left( WF_{proc}[p] + \sum_{i=1}^y \frac{WF_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_v[p] \quad [\text{volume/mass}]$$

in cui  $WF_{prod}[p]$  è l'impronta idrica (volume/massa) del prodotto in uscita  $p$ ,  $WF_{prod}[i]$  l'impronta idrica del prodotto in ingresso  $i$  e  $WF_{proc}[p]$  l'impronta idrica di processo della fase di lavorazione che trasforma gli  $y$  prodotti in ingresso nei  $z$  prodotti in uscita, espressa in uso di acqua per unità di prodotto lavorato  $p$  (volume/massa). Il parametro  $f[p,i]$  è una cosiddetta "frazione di prodotto" e il parametro  $f[p]$  è una "frazione di valore". Entrambi saranno definiti di seguito. Si tenga presente che nell'equazione l'impronta idrica di processo deve essere presa in termini di volume di acqua per unità di prodotto lavorato; quando l'impronta idrica di processo è data per unità di uno specifico prodotto in ingresso, il volume dato deve essere diviso per la frazione di prodotto per quel prodotto in ingresso. La frazione di prodotto di un prodotto di output  $p$  che viene elaborato da un prodotto di input  $i$  ( $f_p[p,i]$ , massa/massa) è definita come la quantità del prodotto di output ( $w[p]$ , massa) ottenuta per quantità di prodotto di input ( $w[i]$ , massa):

$$f_p[p,i] = \frac{w[p]}{w[i]}$$

La frazione di valore di un prodotto in uscita  $p$  ( $f[p]$ , unità monetaria/unità monetaria) è definito come il rapporto tra il valore di mercato di questo prodotto e il valore di mercato aggregato di tutti i prodotti di output ( $p=1$  a  $z$ ) ottenuti dai prodotti di input:

$$f_v[p] = \frac{price[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^z (price[p] \times w[p])}$$

in cui  $price[p]$  si riferisce al prezzo del prodotto  $p$  (unità monetaria/massa). Il denominatore è sommato sui prodotti di output  $z$  ( $p=1$  a  $z$ ) che hanno origine dai prodotti di input. Si noti che qui prendiamo "price" come indicatore del valore economico di un prodotto, il che non è sempre il caso, ad esempio quando non c'è mercato per un prodotto o quando il mercato è distorto. Naturalmente si può prendere al meglio il valore economico reale. Si noti che in un caso semplice, in cui trasformiamo un solo prodotto in input in un prodotto in output, il calcolo dell'impronta idrica del prodotto in output diventa piuttosto semplice:

Per calcolare l'impronta idrica del prodotto finale in un sistema di produzione, è meglio iniziare a calcolare l'impronta idrica delle risorse più originali (dove inizia la catena di fornitura) e poi calcolare, passo dopo passo, l'impronta idrica dei prodotti intermedi, finché non si riesce a calcolare l'impronta idrica del prodotto finale. Il primo passo è sempre quello di ottenere l'impronta idrica dei prodotti di input e dell'acqua utilizzata per trasformarli nel prodotto di output. Il totale di questi componenti viene quindi distribuito sui vari prodotti di output, in base alla loro frazione di prodotto e frazione di valore.

Le frazioni di prodotto possono essere ricavate al meglio dalla letteratura disponibile per uno specifico processo di produzione. Le frazioni di prodotto sono spesso in un intervallo piuttosto ristretto, ma a volte la quantità di prodotto in uscita per unità di prodotto in ingresso dipende realmente dal processo preciso applicato. In tal caso è importante sapere quale tipo di processo viene applicato nel caso considerato. Per i prodotti agricoli e zootecnici, le frazioni di prodotto possono essere trovate in [10]. Le frazioni di valore fluttuano nel corso degli anni a seconda dell'andamento dei prezzi. Per evitare un grande effetto della fluttuazione dei prezzi sul risultato dei calcoli dell'impronta idrica, raccomandiamo di stimare le frazioni di valore in base al prezzo medio su un periodo di almeno cinque anni. Le frazioni di valore per un'ampia gamma di prodotti agricoli e zootecnici sono riportate in Chapagain e Hoekstra (2004) [11]. Raccomandiamo, tuttavia, di cercare prima i dati che si collegano al caso effettivo considerato prima di prendere i valori predefiniti dalla letteratura. L'impronta idrica di processo in una determinata fase di processo può variare a seconda del tipo di metodo applicato (ad esempio, macinazione a umido o a secco, pulizia a secco o a umido, sistema di raffreddamento chiuso o sistema di raffreddamento aperto con evaporazione dell'acqua). Per molti processi, si possono trovare alcune stime sui prelievi di acqua in letteratura, ma non sull'uso di acqua per consumo. Anche i dati generali sull'inquinamento per processo sono scarsi; variano notevolmente da luogo a luogo, quindi utilizzare stime generali sarebbe molto approssimativo. Si dovranno cercare i dati alla fonte, vale a dire i produttori e le fabbriche.

## Impronta idrica di un'azienda

### Definizione

L'impronta idrica di un'azienda è definita come il volume totale di acqua dolce utilizzata direttamente o indirettamente per gestire e supportare l'azienda. È composta da due componenti principali. L'impronta idrica operativa (o diretta) di un'azienda è il volume di acqua dolce consumata o inquinata a causa delle operazioni aziendali. L'impronta idrica della catena di fornitura (o indiretta) di un'azienda è il volume di acqua dolce consumata o inquinata per produrre tutti i beni e servizi che costituiscono gli input di produzione dell'azienda. Invece del termine "impronta idrica aziendale" si possono anche usare i termini "impronta idrica aziendale" o "impronta idrica organizzativa". L'impronta idrica totale di un'azienda può essere schematizzata in componenti come mostrato nella

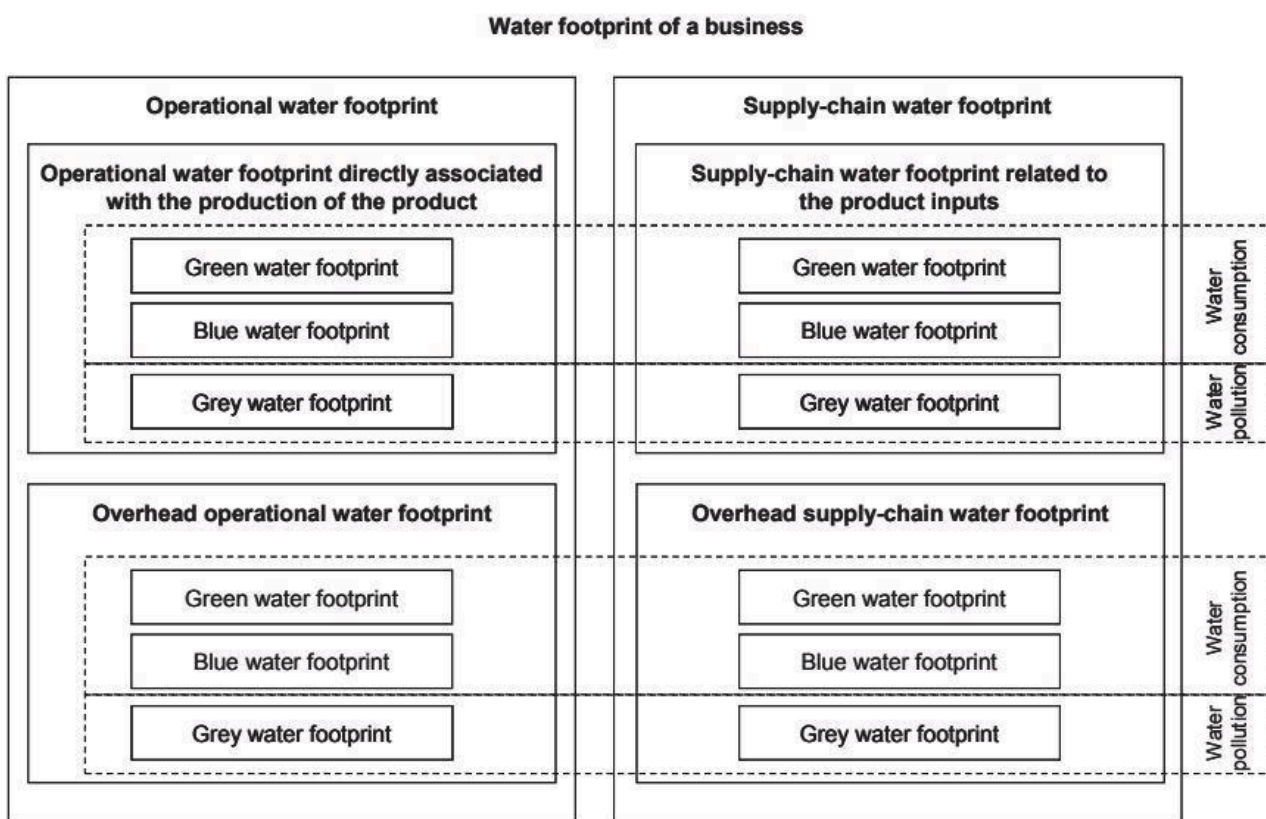


Figura 6.

Figura 6 Composizione dell'impronta idrica di un'azienda

Dopo la distinzione tra impronta idrica operativa e della catena di fornitura, si può distinguere tra l'impronta idrica che può essere immediatamente associato al/ai prodotto/i realizzato/i dalle aziende e all'impronta idrica generale. Quest'ultima è definita come l'impronta idrica relativa alle attività

generali per la gestione di un'azienda e ai beni e servizi generali consumati dall'azienda. Il termine "impronta idrica generale" è utilizzato per identificare il consumo di acqua necessario per il funzionamento continuo dell'azienda ma che non è direttamente correlato alla produzione di un prodotto particolare. In ogni caso, si può distinguere una componente di impronta idrica verde, blu e grigia.

Oltre all'impronta idrica operativa e della supply chain, un'azienda potrebbe voler distinguere un'impronta idrica "finale" del suo prodotto. Questa impronta idrica si riferisce al consumo di acqua e all'inquinamento da parte dei consumatori quando utilizzano il prodotto, ad esempio, pensa all'inquinamento idrico che deriva dall'uso di saponi in casa. L'impronta idrica finale di un prodotto è strettamente detta non parte dell'impronta idrica aziendale o dell'impronta idrica del prodotto, ma parte dell'impronta idrica del consumatore. I consumatori possono utilizzare i prodotti in vari modi, quindi stimare l'impronta idrica "finale" di un prodotto richiederà ipotesi sull'utilizzo medio. Per definizione, l'impronta idrica di un'azienda è uguale alla "somma delle impronte idriche dei prodotti di output aziendali". L'impronta idrica della supply chain di un'azienda è uguale alla "somma delle impronte idriche dei prodotti di input aziendali". Calcolare un'impronta idrica aziendale o calcolare l'impronta idrica dei principali prodotti realizzati da un'azienda è più o meno la stessa cosa, ma l'attenzione è diversa. Nel calcolo dell'impronta idrica aziendale, c'è una forte attenzione nel fare la distinzione tra un'impronta idrica operativa (diretta) e una della supply chain (indiretta). Ciò è altamente rilevante da una prospettiva politica, perché un'azienda ha un controllo diretto sulla sua impronta idrica operativa e un'influenza indiretta sulla sua impronta idrica della supply chain. Quando si calcola un'impronta idrica di prodotto, non c'è distinzione tra impronte idriche dirette e indirette; si considerano semplicemente le impronte idriche di processo per tutti i processi rilevanti all'interno del sistema di produzione, ignorando come il sistema di produzione possa essere posseduto e gestito da aziende diverse. Un ibrido tra un account di impronta idrica di prodotto e aziendale è possibile concentrandosi sul calcolo dell'impronta idrica di un prodotto particolare, ad esempio, esaminando solo uno dei tanti prodotti realizzati da un'azienda, ma rendendo esplicito quale parte dell'impronta idrica del prodotto si verifica nelle operazioni dell'azienda stessa e quale parte nella supply chain dell'azienda. La contabilità dell'impronta idrica aziendale offre una nuova prospettiva per sviluppare una strategia aziendale idrica ben informata. Questo perché l'impronta idrica come indicatore dell'uso dell'acqua differisce dall'indicatore "prelievo di acqua nelle operazioni aziendali" utilizzato finora dalla maggior parte delle aziende. Alcune possibili implicazioni per le aziende che iniziano a considerare la propria impronta idrica possono essere le seguenti:

- Le aziende si sono tradizionalmente concentrate sull'uso dell'acqua nelle loro operazioni, non nella loro catena di fornitura. L'impronta idrica richiede un approccio integrato. La maggior parte delle aziende scoprirà che l'impronta idrica della propria catena di fornitura è molto più grande dell'impronta idrica operativa. Di conseguenza, le aziende potrebbero concludere che è più conveniente spostare gli investimenti dagli sforzi per ridurre l'uso operativo dell'acqua agli sforzi per ridurre l'impronta idrica della propria catena di fornitura e i rischi associati.
- Le aziende hanno tradizionalmente preso in considerazione la riduzione dei prelievi di acqua. L'impronta idrica mostra l'uso dell'acqua in termini di consumo piuttosto che in termini di prelievo. I flussi di ritorno possono essere riutilizzati, quindi ha senso esaminare specificamente l'uso di acqua per il consumo.
- Le aziende si assicurano di avere un diritto o una licenza per l'uso dell'acqua. Possedere ciò non è sufficiente per gestire i rischi legati all'acqua. È utile esaminare i dettagli spaziotemporali dell'impronta idrica di un'azienda, perché i dettagli su dove e quando viene utilizzata l'acqua possono essere utilizzati come input per una valutazione dettagliata della sostenibilità dell'impronta idrica, per identificare gli impatti ambientali, sociali ed economici e per scoprire i rischi aziendali associati.
- Le aziende hanno tradizionalmente cercato di soddisfare gli standard sulle emissioni (standard sugli effluenti). L'impronta idrica grigia esamina il volume d'acqua richiesto per l'assimilazione dei rifiuti in base agli standard di qualità dell'acqua ambiente. Rispettare gli standard sulle emissioni è una cosa, ma osservare come gli effluenti effettivamente determinino una ridotta capacità di assimilazione dei corpi idrici dolci ambientali e i rischi aziendali ad essi associati è un'altra. Rispettare gli standard sugli effluenti (che sono formulati in termini di concentrazioni) può essere facilmente fatto prendendo più acqua per diluire l'effluente prima dello smaltimento. La diluizione degli effluenti può essere utile per soddisfare gli standard sugli effluenti, ma non per ridurre l'impronta idrica grigia, perché quest'ultima è correlata al carico totale di sostanze chimiche aggiunte all'ambiente, non alla concentrazione di sostanze chimiche negli effluenti.

### Scelta dei confini organizzativi dell'attività

Un'attività è concepita qui come un'entità coerente che produce beni e/o servizi che vengono forniti ai consumatori o ad altre attività. Può essere un'azienda privata o una corporation, ma anche un'organizzazione governativa o non governativa. Può riferirsi a vari livelli di scala, ad esempio, un'unità o divisione specifica di un'azienda, un'intera azienda o un intero settore aziendale. Il termine azienda può anche riferirsi a un consorzio o a una joint venture di aziende o organizzazioni finalizzate alla fornitura di un determinato bene o servizio. Infatti, il termine azienda può anche riferirsi a

qualsiasi progetto (come la costruzione di un'infrastruttura) o attività (ad esempio, l'organizzazione di un grande evento sportivo). In questo modo, il termine "azienda" è stato definito in modo così ampio che può riferirsi a tutti i tipi di società, organizzazioni, progetti e attività. In termini tecnici, un'azienda è intesa qui come qualsiasi entità o attività coerente che trasforma un insieme di input in uno o più output.

Per poter valutare l'impronta idrica di un'azienda, l'azienda dovrebbe essere chiaramente delineata. Dovrebbe essere chiaro quali sono i confini dell'azienda considerata. Dovrebbe essere possibile schematizzare l'azienda in un sistema che sia chiaramente distinto dal suo ambiente e in cui input e output siano ben noti.

Qualunque sia il tipo di azienda, le aziende spesso sono composte da un certo numero di unità. Ad esempio, un'azienda può avere operazioni (come fabbriche) in diverse sedi. Oppure un'azienda può avere divisioni separate in una sede. Ai fini della contabilità dell'impronta idrica, è spesso utile distinguere tra diverse unità aziendali. Ad esempio, quando un'azienda manifatturiera ha diverse fabbriche in sedi diverse, è probabile che le singole fabbriche operino in condizioni diverse e traggano i loro input da luoghi diversi. In tal caso, è utile effettuare prima la contabilità dell'impronta idrica per unità aziendale e aggregare i conti delle unità aziendali in un secondo momento in un conto per l'azienda nel suo complesso. L'azienda deve essere definita descrivendo le unità aziendali che saranno distinte e specificando gli input e gli output annuali per unità aziendale. Input e output sono descritti in unità fisiche. Preferibilmente, un'unità aziendale si riferisce a una parte dell'azienda totale che produce un prodotto particolare in un punto particolare. Quando un'azienda opera in sedi diverse, è quindi preferibile schematizzare l'azienda complessiva in unità aziendali in modo tale che le singole unità aziendali operino in una sede. Inoltre, le operazioni di un'azienda in un punto particolare sono preferibilmente schematizzate in diverse unità aziendali, ciascuna delle quali produce il proprio prodotto. È molto utile schematizzare l'azienda in base ai vari prodotti primari forniti dall'azienda. Tuttavia, si possono anche distinguere unità di servizio che forniscono solo beni o servizi alle unità di produzione primarie. Ad esempio, la Figura 7 mostra un'azienda che produce i prodotti di output A, B e C. L'azienda è composta da tre unità aziendali. L'unità 1 produce il prodotto A. Una parte di A viene consegnata all'unità aziendale 2, ma la maggior parte viene venduta ad altre aziende.

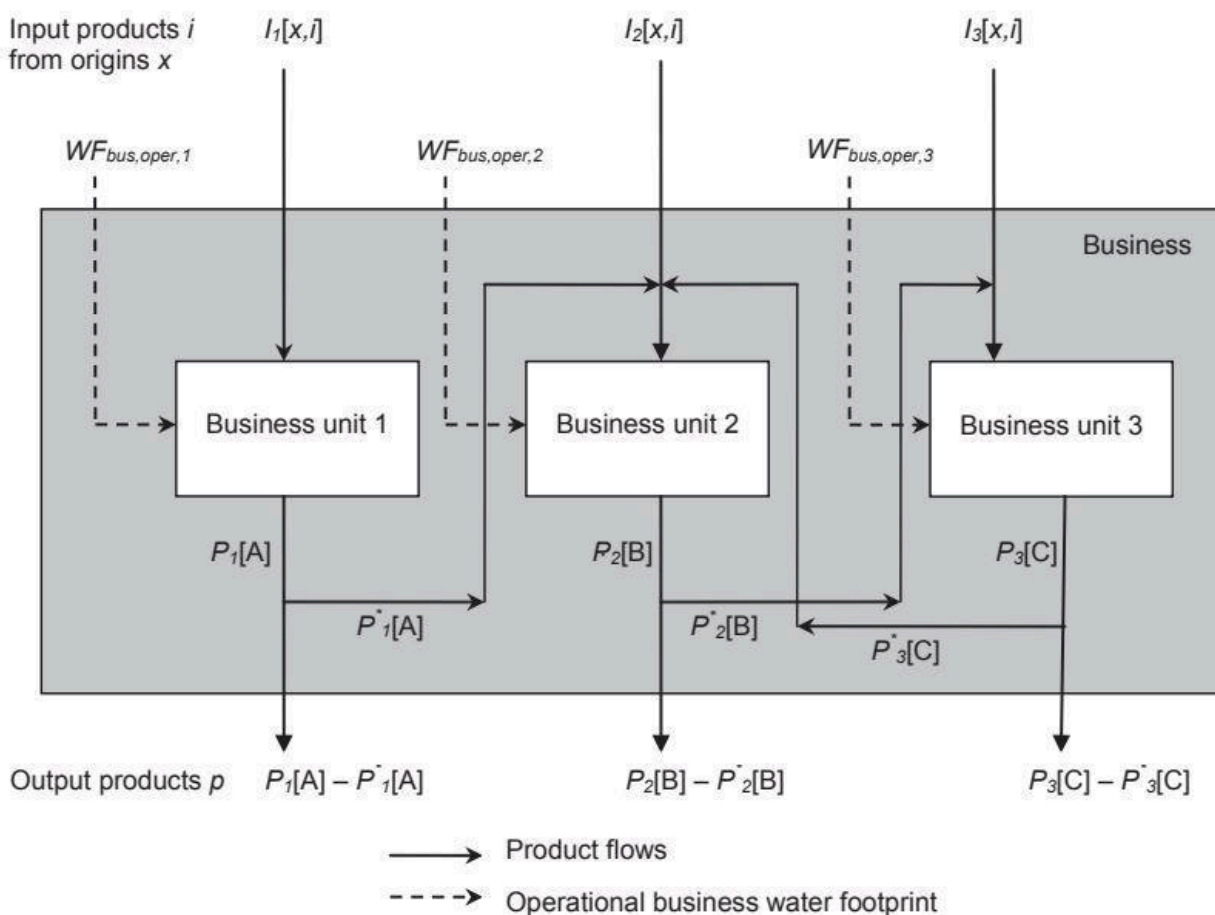


Figura 7 Attività commerciale composta da tre unità commerciali che producono prodotti A–C. L'afflusso di prodotto si riferisce al volume annuale di input del prodotto  $i$  dalla fonte  $x$  all'unità commerciale  $u$ . Il deflusso di prodotto  $P [p]$  si riferisce al volume annuale di output del prodotto  $p$  dall'unità commerciale  $u$ . Flusso di prodotto  $P^*u[p]$  si riferisce alla parte di  $P [p]$  che va a un'altra unità aziendale all'interno della stessa attività.

L'unità 2 produce il prodotto B, che viene in parte venduto a un'altra azienda e in parte consegnato all'unità 3. L'unità 3 produce il prodotto C, sia per la consegna all'unità 2 che per la vendita esterna. Ogni unità ha un apporto di un certo numero di prodotti di input derivati da aziende in un collegamento precedente della catena di produzione e un input indiretto di acqua dolce correlato, così come un input diretto di acqua dolce. Uno schema come quello mostrato nella Figura 7 può costituire la base per calcolare un'impronta idrica aziendale, come verrà spiegato nella prossima sezione. Quando un'azienda è grande ed eterogenea (diverse sedi, diversi prodotti), può essere interessante schematizzare l'azienda in alcune unità aziendali principali e ogni unità principale in un certo numero di unità minori. In questo modo l'azienda può essere schematizzata come un sistema con sottosistemi a un certo numero di livelli. In seguito i conti dell'impronta idrica al livello più basso

possono essere aggregati ai conti al secondo livello più basso e così via, fino al livello dell'azienda nel suo complesso.

### Calcolo dell'impronta idrica aziendale

Di seguito mostreremo come calcolare l'impronta idrica di una "unità aziendale". Alla fine della sezione, verrà mostrato come calcolare l'impronta idrica di un'azienda composta da più unità aziendali. L'impronta idrica di un'unità aziendale ( $WF_{bus}$ , volume/tempo) viene calcolata aggiungendo l'impronta idrica operativa dell'unità aziendale e l'impronta idrica della sua supply chain:

$$WF_{bus} = WF_{bus,oper} + WF_{bus,sup} \quad [\text{volume/time}]$$

Entrambe le componenti sono costituite da un'impronta idrica che può essere direttamente associata alla produzione del prodotto nell'unità aziendale e da un'impronta idrica generale:

$$WF_{bus,oper} = WF_{bus,oper,inputs} + WF_{bus,oper,overhead} \quad [\text{volume/time}]$$

$$WF_{bus,sup} = WF_{bus,sup,inputs} + WF_{bus,sup,overhead} \quad [\text{volume/time}]$$

L'impronta idrica operativa è pari all'uso di acqua per consumo e all'inquinamento idrico che può essere associato alle operazioni dell'azienda. Seguendo le linee guida fornite in precedenza, si può semplicemente guardare al flusso evaporativo dalle operazioni, al volume di acqua incorporato nei prodotti e ai flussi di ritorno dell'acqua verso bacini idrografici diversi da quelli da cui è stata prelevata l'acqua. Inoltre, si devono considerare i volumi di effluenti e le concentrazioni di sostanze chimiche in essi contenute. L'impronta idrica operativa indiretta (consumo di acqua e inquinamento correlati alle attività generali di utilizzo dell'acqua nell'unità aziendale) può essere identificata e quantificata proprio come l'impronta idrica operativa direttamente associata al processo di produzione. L'impronta idrica indiretta, tuttavia, spesso servirà più dell'unità aziendale considerata. Ad esempio, le spese generali di una fabbrica con due linee di produzione dovranno essere distribuite sulle due linee di produzione. Se si è definita un'unità aziendale in modo tale che si riferisca a una delle linee di produzione, è necessario calcolare la quota dell'impronta idrica indiretta che deve essere contabilizzata per una linea di produzione. È possibile farlo in base ai valori di produzione delle due linee di produzione. L'impronta idrica della supply chain per unità aziendale (volume/tempo) può essere calcolata moltiplicando i vari volumi di input-prodotto (dati disponibili dall'azienda stessa) per le rispettive impronte idriche di prodotto (dati che devono essere ottenuti dai fornitori). Supponendo

che vi siano diversi prodotti di input  $i$  provenienti da diverse fonti  $x$ , l'impronta idrica della supply chain di un'unità aziendale è calcolata come:

$$WF_{bus,sup} = \sum_x \left( \sum_i (WF_{prod}[x,i] \times I[x,i]) \right) \quad [\text{volume/time}]$$

in cui  $WF_{bus,sup}$  rappresenta l'impronta idrica della supply chain dell'unità aziendale (volume/tempo),  $WF_{prod}[x,i]$  l'impronta idrica del prodotto di input  $i$  dalla fonte  $x$  (volume/unità di prodotto) e  $I[x,i]$  il volume del prodotto di input  $i$  dalla fonte  $x$  nell'unità aziendale (unità di prodotto/tempo).

L'impronta idrica del prodotto dipende dalla fonte del prodotto. Quando il prodotto proviene da un'altra unità aziendale all'interno della stessa attività, il valore dell'impronta idrica del prodotto è noto dal sistema di contabilità dell'attività stessa (vedere la fine di questa sezione). Quando il prodotto proviene da un fornitore esterno all'attività, il valore dell'impronta idrica del prodotto deve essere ottenuto dal fornitore o stimato in base a dati indiretti noti sulle caratteristiche di produzione del fornitore. Le varie impronte idriche del prodotto sono composte da tre colori (verde, blu, grigio), che devono essere contabilizzati separatamente, in modo che l'impronta idrica della supply chain risultante dell'unità aziendale sia composta anche da tre componenti di colore. L'impronta idrica di ogni specifico prodotto di output di un'unità aziendale viene stimata dividendo l'impronta idrica dell'unità aziendale per il volume di output. L'allocazione dell'impronta idrica sui prodotti di output può essere effettuata in diversi modi, ad esempio in base alla massa, al contenuto energetico o al valore economico. Seguendo quanto è comune negli studi di valutazione del ciclo di vita, si raccomanda di allocare in base al valore economico. L'impronta idrica del prodotto di output  $p$  da un'unità aziendale ( $WF_{prod}[p]$ , volume/unità di prodotto) può quindi essere calcolata come:

$$WF_{prod}[p] = \frac{E[p]}{\sum_p E[p]} \times \frac{WF_{bus}}{P[p]} \quad [\text{volume/product unit}]$$

in cui  $P[p]$  è il volume del prodotto in uscita  $p$  dall'unità aziendale (unità di prodotto/tempo),  $E[p]$  il valore economico totale del prodotto in uscita  $p$  (unità monetaria/tempo) e  $\sum E[p]$  il valore economico totale di tutti i prodotti in uscita insieme (unità monetaria/tempo). Se l'unità aziendale consegna un solo prodotto, l'equazione si riduce a:

$$WF_{prod}[p] = \frac{WF_{bus}}{P[p]} \quad [\text{volume/product unit}]$$

Tutte le equazioni di cui sopra devono essere applicate a livello di unità aziendale. Supponiamo che un'azienda sia stata schematizzata in un numero di unità aziendali u, l'impronta idrica dell'azienda nel suo complesso (WF<sub>bus,tot</sub>) viene calcolata aggregando le impronte idriche delle sue unità aziendali. Tutte le equazioni di cui sopra devono essere applicate a livello di unità aziendale. Supponiamo che un'azienda sia stata schematizzata in un numero di unità aziendali u, l'impronta idrica dell'azienda nel suo complesso (WF<sub>bus,tot</sub>) viene calcolata aggregando le impronte idriche delle sue unità aziendali.

$$WF_{bus,tot} = \sum_u WF_{bus}[u] - \sum_u \sum_p (WF_{prod}[u,p] \times P^*[u,p]) \quad [\text{volume/time}]$$

in cui P [u,p] rappresenta il volume annuale del prodotto in uscita p dall'unità aziendale u a un'altra unità aziendale all'interno della stessa attività (unità di prodotto/tempo).

## Esempi pratici ed applicazione a casi reali

Al fine di rendere maggiormente comprensibile gli approcci fino ad ora descritti, dedicheremo il presente paragrafo a due applicazioni pratiche in cui calcoleremo, mediante l'utilizzo dei dati raccolti un altro WP, l'impronta idrica di un prodotto e di un'azienda.

Come evidenziato nei paragrafi precedenti, per la valutazione dell'impronta idrica dei prodotti o di un'azienda, l'impronta idrica del prodotto p (volume/massa) è uguale alla somma delle impronte idriche di processo rilevanti divisa per la quantità di produzione del prodotto p:

$$WF_{prod}[p] = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{proc}[s]}{P[p]} \quad [\text{volume/mass}]$$

in cui  $WF_{proc}[s]$  è l'impronta idrica della fase di processo s (volume/tempo), e  $P[p]$  la quantità di produzione del prodotto p (massa/tempo). In pratica, raramente esistono sistemi di produzione semplici con un solo prodotto in uscita, quindi è necessario un modo di contabilizzazione più generico, che possa distribuire l'acqua utilizzata attraverso un sistema di produzione ai vari prodotti in uscita che derivano da quel sistema, senza doppi conteggi. In pratica è possibile calcolare l'impronta idrica di un prodotto in base **alle impronte idriche dei prodotti di input e all'impronta idrica di processo di quella fase di lavorazione.**

Possiamo distinguere tre casi fondamentali:

Caso a) molteplici materie prime ed un unico prodotto: in questo caso possiamo ottenere l'impronta idrica del prodotto di output semplicemente sommando le impronte idriche dei prodotti di input e aggiungendo l'impronta idrica di processo. Questo è il caso della filiera del pane e dei dolci, in ingresso abbiamo le materie prime (farina, zucchero, uova, cacao, etc) ed in uscita un prodotto dolciario tipico.

Caso b) un unico prodotto di input e un certo numero di prodotti di output. In questo caso, è necessario distribuire l'impronta idrica del prodotto di input ai suoi prodotti separati. Ciò può essere fatto proporzionalmente al valore dei prodotti di output.

Caso c) molteplici materie prime in ingresso e diversi prodotti in uscita (vedi Figura 5). In questo caso bisogna fare molta attenzione nel distribuire l'impronta idrica delle materie prime in ingresso e dell'acqua di processo tra i vari prodotti in uscita dall'azienda.

France – Italia ALCOTRA

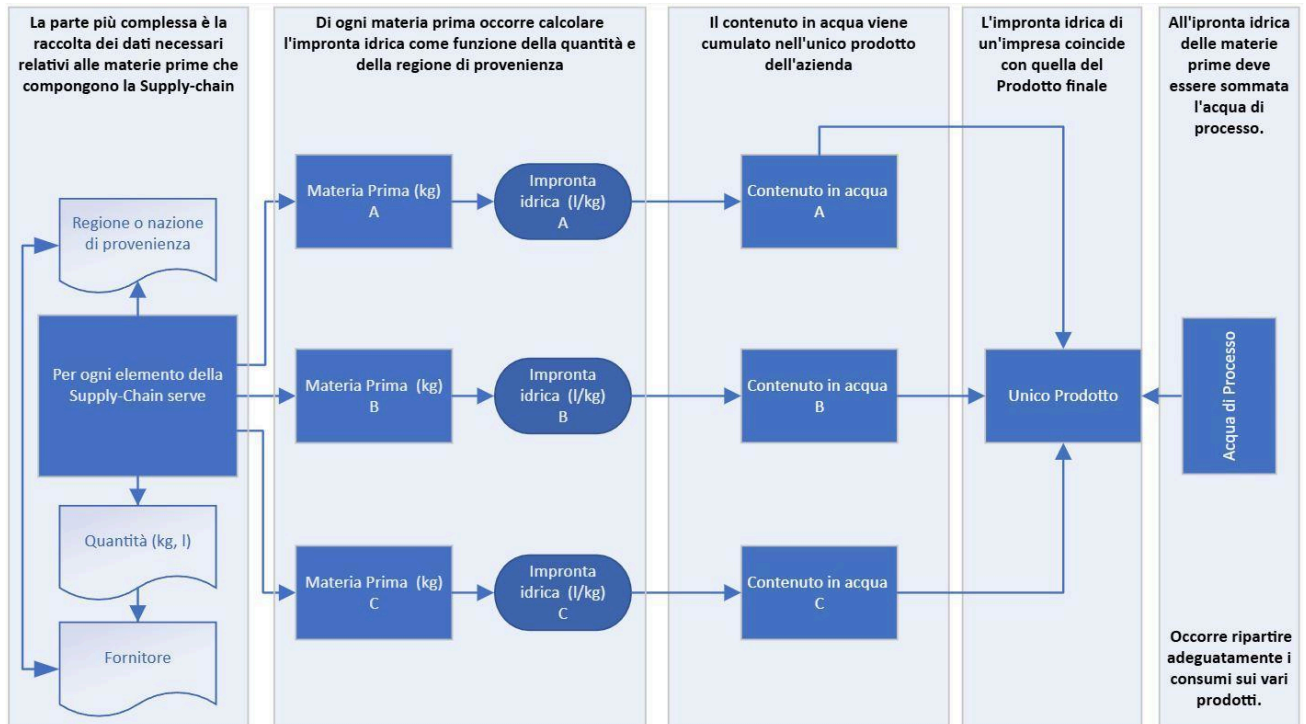


Figura 8 Caso A. Il flow chart della valutazione dell'impronta idrica di un unico prodotto di un'azienda partendo da una moltitudine di materie prime. Caso tipico della filiera pane e dolci

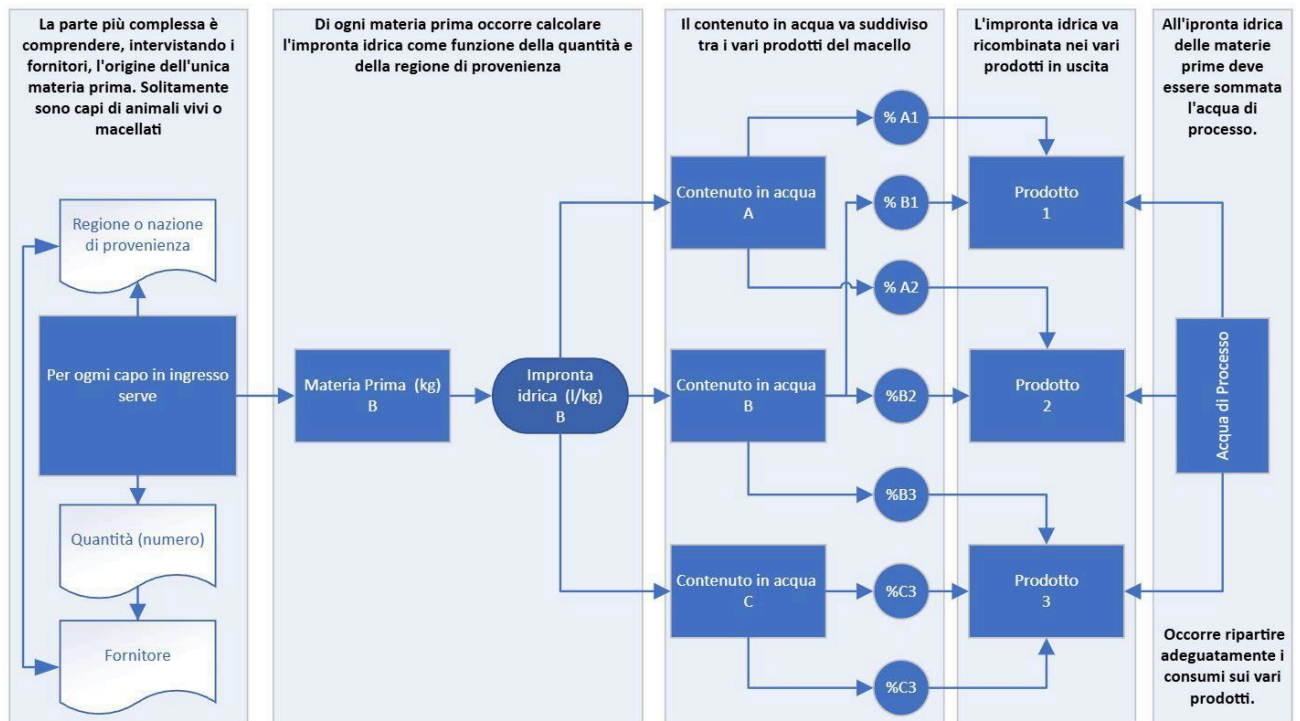


Figura 9 Caso B. Il flow chart della valutazione dell'impronta idrica dei prodotti di un'azienda partendo da un unico prodotto in ingresso. Caso tipico della filiera della carne.

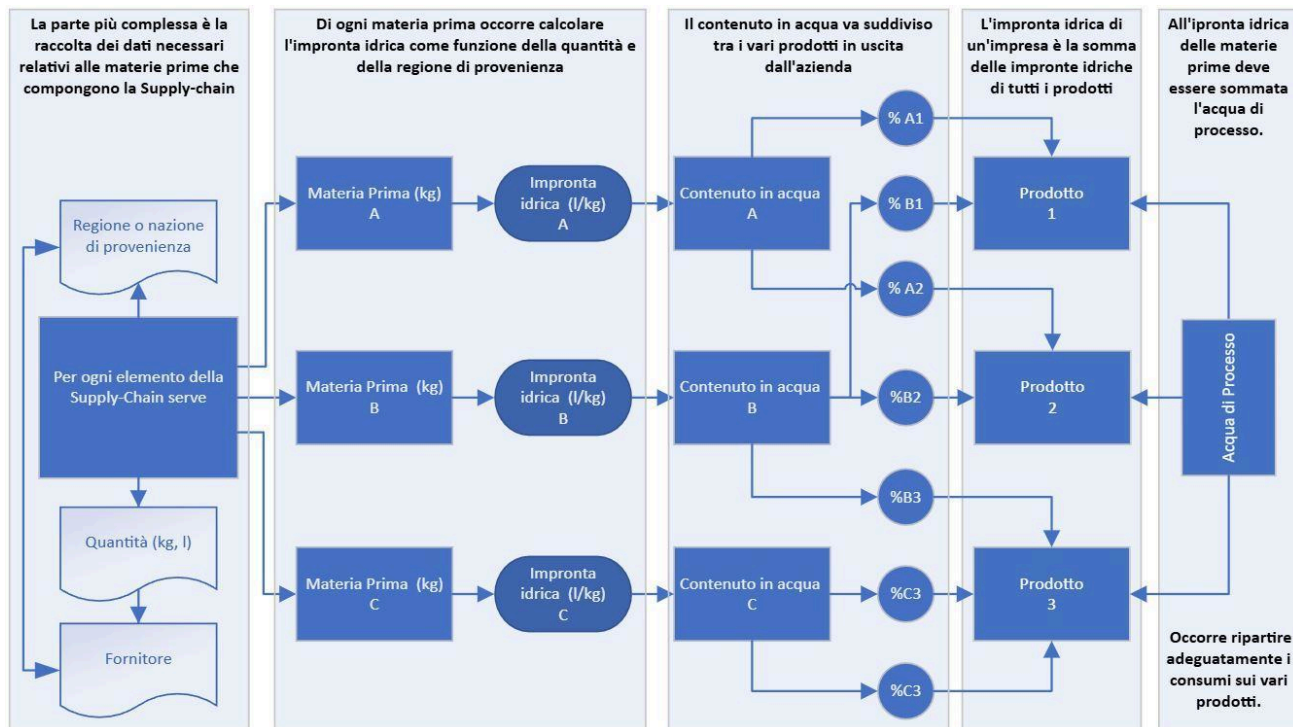


Figura 10 Caso C. Il flow chart della valutazione dell'impronta idrica dei prodotti di un'azienda partendo da una moltitudine di materie prime.

## Impronta idrica di un'azienda dolciaria

L'azienda utilizzata per esemplificare il calcolo del WFP è un'azienda della provincia di Cuneo che ha come attività tipica la produzione di torrone e tartufi dolci alla nocciola. Per ragioni di sensibilità dei dati che vengono presentati non faremo qui il nome dell'impresa.

Come descritto in precedenza, l'impronta idrica di un'azienda è definita come il volume totale di acqua dolce utilizzata **direttamente** o **indirettamente** per gestire e supportare l'azienda. È composta da due componenti principali. L'impronta idrica operativa (o diretta) di un'azienda è il volume di acqua dolce consumata a causa delle operazioni aziendali. L'impronta idrica della catena di fornitura (o indiretta) di un'azienda è il volume di acqua dolce consumata o inquinata per produrre tutti i beni e servizi che costituiscono gli input di produzione dell'azienda. Invece del termine "impronta idrica aziendale" si possono anche usare i termini "impronta idrica aziendale" o "impronta idrica organizzativa". L'impronta idrica totale di un'azienda può essere schematizzata in componenti come già mostrato nella Figura 6. L'analisi deve essere condotta sia dal lato dei consumi d'acqua interni all'azienda che della quantità d'acqua intrinseca nel prodotto che si utilizza in ingresso.

### *Impronta Idrica dei prodotti della catena di fornitura*

I passi per individuare l'impronta idrica della catena di fornitura (Supply-chain Water footprint) sono i seguenti:

- a) Individuare tutti i prodotti che entrano in azienda e le relative quantità
- b) Identificare la provenienza dei prodotti almeno a scala regionale

Entrambe le informazioni devono essere reperite in azienda e possibilmente supportate da documenti (fatture d'acquisto, etc) al fine di avere dati robusti su cui lavorare. Nel caso dell'azienda qui analizzata, si sono ottenuti tutti i prodotti acquistati annualmente e la relativa origine come mostrato nella Figura 8. I prodotti della Supply-chain sono già stati suddivisi in frutta secca (nocciole, mandorle e pistacchi), cacao e cioccolato (di vari tipologie e lavorazione) e zuccheri. Questa suddivisione sarà in seguito utilizzata per la quantificazione dell'impronta idrica dei vari prodotti.

Una volta individuate le tipologie di prodotti in ingresso attraverso la supply-chain, le loro quantità ed i fornitori, occorre quantificare l'impronta idrica di ogni prodotto. Ciò viene fatto analizzando le caratteristiche di ogni fornitore per comprendere l'origine dei prodotti che vengono forniti. Si ricorda che, come descritto in nel paragrafo *Calcolo dell'impronta delle colture*, i principali fattori che caratterizzano l'impronta idrica di un prodotto agricolo sono la provenienza (la piovosità ed il clima

della regione di origine influenzano sia la componente green che quella blue) e le pratiche agricole utilizzate.

Cod Art.	Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Fornitore
T905050300	NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	Kg	25,669.00	Gruppo Fontana
T905050350	NOCCIOLE ROMANE	Kg	271,150.00	La Caliendo
S903500240	PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO	Kg	2,935.00	Anastasi
SMPMA0010	MANDORLE CRUDE	Kg	8,315.00	Alfrus
T905050400	MANDORLE PELATE	Kg	7,430.00	Alfrus
T905050910	PASTA DI PISTACCHIO	Kg	21,700.00	Anastasi
S903500250	GRANELLA DI PISTACCHIO	Kg	16,845.00	Anastasi

Cod Art.	Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Fornitore
T90505065B	CACAO BIO	Kg	415.00	Icam
T90505064B	COPERTURA AL LATTE BIO	Kg	880.00	Icam
T90505061B	COPERTURA FONDENTE BIO	Kg	1,539.00	Icam
T905050600	CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO	Kg	167,100.00	Barry Callebaut
T905050610	CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO	Kg	11,620.00	Barry Callebaut
T905050689	CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO	Kg	189,740.00	Barry Callebaut
T905050690	CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO	Kg	6,975.00	Barry Callebaut
T905050687	CIOCCOLATO AL CARAMELLO	Kg	31,020.00	Barry Callebaut + Crea
T905050640	CIOCCOLATO AL LATTE	Kg	79,253.00	Barry Callebaut + Irca
T905050650	CACAO IN POLVERE 22/24	Kg	13,660.00	Icam
T905050602	MASSA DI CACAO	Kg	3,274.00	Icam
T905050711	GRANELLA DI CACAO CAMELLETTA	Kg	2,383.00	Barry Callebaut

Cod Art.	Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Fornitore
S903500332	ZUCCHERO INVERTITO	Kg	11,350.00	Rader
T905050200	ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	Kg	99,850.00	Granda zuccheri+ Italia zuccheri
T905050210	ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	Kg	14,610.00	P.I.D.A.
T905050100	GLUCOSIO	Kg	64,880.00	Rader
T905050010	MIELE	Kg	69,877.40	Lattanzi

Figura 9 Prodotti della Supply-chain dell'azienda

### Esempio di Analisi dei fornitori

Gruppo Fontana: Le origini e la localizzazione hanno radici storiche a Cravanzana (CN), ed il gruppo è attivo dal 1984 nella lavorazione della Tonda Gentile Trilobata, la celebre Nocciola Piemonte IGP delle LangheStrutture. Posseggono impianti moderni per sgusciatura (capacità 600 q in 8 h), tre stabilimenti, selezione automatica e manuale, macchine per calibratura in 8–9 fasce. Le caratteristiche sono quelle di un'azienda locale con prodotto coltivato in Piemonte. La stima del water

footprint locale è dunque per le Nocciole in guscio di 2.900–3.200 litri/kg e per le Nocciole sgusciate di 6.500–6.900 litri/kg. Questi valori sono tra i più bassi al mondo per una frutta secca ad alto contenuto lipidico, grazie al clima favorevole, alla gestione asciutta ed alla filiera corta e controllata.

La Caliendo: Specie e varietà: derivate principalmente da *Corylus avellana*, varietà Tonda Gentile Romana e Nocchione (minimo 90%). Zona di origine: coltivate in Lazio, specificamente in una zona che comprende 6 comuni di Roma e 31 di Viterbo. Forma e calibro: in guscio misurano 14–25 mm, con guscio di medio spessore e semi compatti; la versione “Nocchione” ha guscio spesso, resa di sgusciatura del 28-50%. Stima dell'impronta idrica locale: Water footprint globale per nocciole di circa 5 260 L/kg in guscio e 10 515 L/kg sgusciate. Prevalente uso di acqua verde (pioggia), grazie al clima e alla gestione a goccia con riduzione sensibile dell'acqua blu e dell'impronta totale rispetto alla media globale. Tuttavia non si elimina del tutto la componente blu (irrigazione) – soprattutto in annate siccitose o con sistemi irrigui intensivi – mantenendo una frazione significativa di water footprint.

### Analisi del WF dei prodotti della Supply-chain

Dopo aver individuato tutti i prodotti in ingresso e la provenienza dei prodotti dall'analisi dei fornitori, è ora possibile quantificare la quantità d'acqua che viene utilizzata in ingresso alla produzione. Come evidenziato nei paragrafi precedenti, questa componente è sicuramente quella più rilevante dal punto quantitativo e deve quindi essere analizzata con attenzione. Moltiplicando le quantità in ingresso ottenute dal questionario dell'azienda ed i contenuti specifici dei prodotti, che dipendono dalla tipologia di prodotto e dalla regione di provenienza, è possibile ricavare la Tabella 1.

Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Green (l/kg)	Blue (l/kg)	Gray (l/kg)	Green Tons	Blue Tons	Gray Tons
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	Kg	25,669.00	6,700	500	850	171,982	12,835	21,819
NOCCIOLE ROMANE	Kg	271,150.00	7,750	1,400	1,450	2,101,413	379,610	393,168
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO	Kg	2,935.00	9,000	5,000	1,000	26,415	14,675	2,935
MANDORLE CRUDE	Kg	8,315.00	10,000	8,000	1,500	83,150	66,520	12,473
MANDORLE PELATE	Kg	7,430.00	10,200	8,500	2,000	75,786	63,155	14,860
PASTA DI PISTACCHIO	Kg	21,700.00	9,250	5,000	1,100	200,725	108,500	23,870
GRANELLA DI PISTACCHIO	Kg	16,845.00	9,100	5,000	1,050	153,290	84,225	17,687
						2,812,760	729,520	486,811

Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Green (l/kg)	Blue (l/kg)	Gray (l/kg)	Green Tons	Blue Tons	Gray Tons
CACAO BIO	Kg	415.00	13,000	4,500	1,500	5,395	1,868	623
COPERTURA AL LATTE BIO	Kg	880.00	11,700	4,050	1,350	10,296	3,564	1,188
COPERTURA FONDENTE BIO	Kg	1,539.00	7,773	1,307	1,065	11,963	2,011	1,639
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO	Kg	167,100.00	14,500	700	2,000	2,422,950	116,970	334,200
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO	Kg	11,620.00	14,500	700	2,000	168,490	8,134	23,240
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO	Kg	189,740.00	5,500	900	1,400	1,043,570	170,766	265,636
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO	Kg	6,975.00	5,500	900	1,400	38,363	6,278	9,765
CIOCCOLATO AL CARAMELLO	Kg	31,020.00	7,875	1,260	2,310	244,283	39,085	71,656
CIOCCOLATO AL LATTE	Kg	79,253.00	7,500	1,200	2,200	594,398	95,104	174,357
CACAO IN POLVERE 22/24	Kg	13,660.00	16,900	5,850	1,950	230,854	79,911	26,637
MASSA DI CACAO	Kg	3,274.00	15,364	5,318	1,773	50,301	17,412	5,804
GRANELLA DI CACAO CAMELLATA	Kg	2,383.00	17,745	6,143	2,048	42,286	14,638	4,879
						4,863,147	555,740	919,623

Descrizione Articolo	U.M	Consumo 2024	Green (l/kg)	Blue (l/kg)	Gray (l/kg)	Green Tons	Blue Tons	Gray Tons
ZUCCHERO INVERTITO	Kg	11,350.00	800	500	1,300	9,080	5,675	14,755
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	Kg	99,850.00	800	500	1,300	79,880	49,925	129,805
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI DA 10 KG	Kg	14,610.00	800	500	1,300	11,688	7,305	18,993
GLUCOSIO	Kg	64,880.00	1,050	1,100	2,000	68,124	71,368	129,760
MIELE	Kg	69,877.40	850	60	120	59,396	4,193	8,385
						228,168	138,466	301,698

Tabella 1 Le quantità parziali e totali dell'Impronta Idrica della supply-chain dell'azienda

Green Tons	Blue Tons	Gray Tons
7,904,075	1,423,725	1,708,133

Dall'analisi svolta si ricava che le materie prime in ingresso portano con sé un contenuto di circa 8 Mm<sup>3</sup> di acqua Green, 1.5 Mm<sup>3</sup> di acqua Blue e 1.7 Mm<sup>3</sup> di acqua Gray. Il grand contenuto di acqua Green, oltre che dalla quantità di materiale acquistato è dovuto al contenuto specifico molto elevato

France – Italia ALCOTRA

di acqua della frutta a guscio e dei derivati del cacao. Il maggiore valore di acqua grigia rispetto all'acqua Blue è invece dovuto alle grandi quantità di zucchero acquistato per la produzione del Torrone.

Descrizione Articolo	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ricoperto	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato Latte, Gianduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolato	Tartufo dolce bianco	Tartufo al pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	5.00%	5.00%				5.00%	4.00%				
NOCCIOLE ROMANE	35.00%	40.00%	28.00%		30.00%	30.00%	30.00%	28.00%	17.00%	28.00%	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				2.00%							
MANDORLE CRUDE				11.00%							
MANDORLE PELATE				11.00%							
PASTA DI PISTACCHIO				8.00%							28.00%
GRANELLA DI PISTACCHIO				8.00%							28.00%

Descrizione Articolo											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDENTE BIO							1.00%	1.00%			
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO					67.00%	5.00%	60.00%	35.00%	27.00%		
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO			20.00%								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO						25.00%		7.00%	27.00%	65.00%	20.00%
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO								15.00%			
CIOCCOLATO AL CARAMELLO						10.00%					
CIOCCOLATO AL LATTE						25.00%		5.00%	27.00%		20.00%
CACAO IN POLVERE 22/24					3.00%		4.00%	5.00%	1.00%	1.00%	1.00%
MASSA DI CACAO			10.00%								
GRANELLA DI CACAO CAMELLATA											

Descrizione Articolo											
ZUCCHERO INVERTITO	2.00%	2.00%	1.40%	2.00%							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	32.00%	27.00%	20.00%	32.00%			1.00%	3.00%	1.00%	2.00%	1.00%
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	3.00%	3.00%	2.10%	3.00%				1.00%			
GLUCOSIO	8.00%	8.00%	8.00%	8.00%						4.00%	2.00%
MIELE	15.00%	15.00%	10.50%	15.00%							

Mercato	20	45	55	32	35	40	45	50	50	50	55
Costo	9	20	24	14	15	17	20	22	22	22	24
Produzione %	15%	5%	5%	7%	6%	27%	10%	5%	5%	9%	6%
Produzione Tot (Tons)	169	56	56	79	68	305	113	56	56	102	68
Ricavi	1472	1104	1349	1099	1030	5299	2208	1227	1227	2208	1619

Tabella 2 I contenuti di materia prima, in percentuale, per le varie tipologie di prodotto tipiche dell'azienda desunti dalle specifiche di ciascun prodotto. I costi sono stimati in €/kg ed i ricavi sono in k€.

### Analisi del WF dell'azienda

Una prima stima dell'impronta idrica dei prodotti può essere fatta dividendo il contenuto totale dei prodotti della Supply-chain per il volume di prodotto finale. Dall'azienda sappiamo che il volume totale di prodotti si aggira su 1128 tonnellate comprensivi sia della linea torrone che di quella cioccolato. È facile derivare il contenuto medio in acqua: **7000 l/kg di acqua Green, 1262 l/kg di acqua Blue e 1514 l/kg di acqua grigia**. Sebbene questi numeri siano in linea con il WP dei prodotti dolciari, la differenza tra le varie linee di prodotto (torrone, cioccolato, tartufi) è sicuramente enorme e deve essere analizzata con cautela.

### Analisi del WF dei prodotti finali dell'azienda

Al fine di ricavare l'impronta idrica dei singoli prodotti dell'azienda si devono suddividere le materie prime tra le varie linee di produzione.

Descrizione Articolo	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ricoperto	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato Latte, Gianduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolati	Tartufo dolce bianco	Tartufo al pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	8	3				15	5				
NOCCIOLE ROMANE	59	23	16		20	91	34	16	10	28	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				2							
MANDORLE CRUDE				9							
MANDORLE PELATE				9							
PASTA DI PISTACCHIO				6							19
GRANELLA DI PISTACCHIO				6							19

Descrizione Articolo											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDENTE BIO							1	1			
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO					45	15	68	20	15		
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO			11								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO						76		4	15	66	14
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO								8			
CIOCCOLATO AL CARAMELLO						30					
CIOCCOLATO AL LATTE						76		3	15		14
CACAO IN POLVERE 22/24					2		5	3	1	1	1
MASSA DI CACAO			6								
GRANELLA DI CACAO CAMELLATA											

Descrizione Articolo											
ZUCCHERO INVERTITO	3	1	1	2							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	54	15	11	25		1	2	1	2	1	
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	5	2	1	2			1				
GLUCOSIO	14	5	5	6					4	1	

Tabella 3 I contenuti di materia prima, in tonnellate, per le varie tipologie di prodotto tipiche dell'azienda.

In Tabella 2 e Tabella 3 sono evidenziati, nella prima riga, i principali prodotti utilizzati tipici dell'azienda. Si possono notare le due principali filiere, quella del torrone e quella del cioccolato. Mentre la prima fa soprattutto uso dello zucchero, la seconda si basa su varie tipologie di cioccolato. Il prodotto che accomuna entrambi le linee è la nocciola. La Tabella 2 evidenzia le percentuali di materia prima per ogni prodotto desunto dai foglietti informativi mentre la Tabella 3, sulla base dell'analisi della supply-chain, riporta la quantità totale di materia prima utilizzata.

Descrizione Articolo	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ricoperto	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato Latte, Gianduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolati	Tartufo dolce bianco	Tartufo al pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	56682	18894				102028	30230				
NOCCIOLE ROMANE	458955	174840	122388		157356	708102	262260	122388	74307	220298	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				14213							
MANDORLE CRUDE				86856							
MANDORLE PELATE				88593							
PASTA DI PISTACCHIO				58430							175291
GRANELLA DI PISTACCHIO				57483							172449

Descrizione Articolo											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDATE BIO							8768	4384			
CIOCCOLATO FONDATE LIQUIDO					657511	220806	981360	286230	220806		
CIOCCOLATO FONDATE SOLIDO			163560								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO						418770		21714	83754	362934	74448
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO								46530			
CIOCCOLATO AL CARAMELLO							239841				
CIOCCOLATO AL LATTE							571050		21150	114210	101520
CACAO IN POLVERE 22/24					34314		76253	47658	9532	17157	11438
MASSA DI CACAO			86651								
GRANELLA DI CACAO CAMELLATA											

Descrizione Articolo											
ZUCCHERO INVERTITO	2707	902	632	1263							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	43315	12182	9024	20214			902	1354	451	1624	541
ZUCCHERO FONDATE IN CARTONI	4061	1354	948	1895				451			
GLUCOSIO	14213	4738	4738	6633						4264	1421
MIELE	21573	7191	5034	10067							

3555	3903	6968	4378	12547	7423	12055	9785	8920	5972	7936
------	------	------	------	-------	------	-------	------	------	------	------

## France – Italia ALCOTRA

Tabella 4 L'impronta idrica, in m<sup>3</sup> di acqua Green, per le varie tipologie di prodotto tipiche dell'azienda ed il contributo di ciascuna materia prima. La riga al fondo riassume l'impronta idrica per ogni kilogrammo di prodotto.

Dall'analisi della Tabella 4, si può evidenziare che l'impronta idrica Green dei vari prodotti è molto variabile. Si passa da i circa 3500 l/kg del Torrone morbido alla nocciola ai 12.500 l/kg del cioccolato fondente.

Descrizione Articolo	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ripoptato	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato Latte, Glanduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolati	Tartufo dolce bianco	Tartufo al pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	4230	1410				7614	2256				
NOCCIOLE ROMANE	82908	31584	22109		28426	127915	47376	22109	13423	39796	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				7896							
MANDORLE CRUDE				69485							
MANDORLE PELATE				73828							
PASTA DI PISTACCHIO				31584							94752
GRANELLA DI PISTACCHIO				31584							94752

Descrizione Articolo											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDENTE BIO						1474	737				
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO					31742	10660	47376	13818	10660		
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO			7896								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO					68526		3553	13705	59389	12182	
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO							7614				
CIOCCOLATO AL CARMELLO					38375						
CIOCCOLATO AL LATTE					91368		3384	18274		16243	
CACAO IN POLVERE 22/24				11878		26395	16497	3299	5939	3959	
MASSA DI CACAO			29995								
GRANELLA DI CACAO CAMELLATA											

Descrizione Articolo											
ZUCCHERO INVERTITO	1692	564	395	790							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	27072	7614	5640	12634		564	846	282	1015	338	
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	2538	846	592	1184			282				
GLUCOSIO	14890	4963	4963	6948					4467	1489	
MIELE	1523	508	355	711							

Blue (l/kg)

797	842	1276	2997	1065	1131	1112	1221	1058	1090	3306
-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Tabella 5 L'impronta idrica, in m<sup>3</sup> di acqua Blue, per le varie tipologie di prodotto tipiche dell'azienda ed il contributo di ciascuna materia prima. La riga al fondo riassume l'impronta idrica per ogni kilogrammo di prodotto.

Nello specifico, il torrone alla nocciola ha un'impronta idrica molto inferiore al torrone al Pistacchio. Ciò è dovuto al fatto che le nocciole richiedono meno acqua Green e Blue rispetto alla nocciola. Non si è potuto, per mancanza di dati, analizzare la differenza di WP tra torroni con Nocciole Piemonte IGP e Nocciole Romane. Sicuramente, poiché le nocciole Piemonte IGP hanno un WP inferiore a quelle Romane, anche i relativi torroni saranno più “performante” da questo punto di vista.

La differenza sostanziale tra la linea torroni e quella cioccolato è da attribuirsi al minor WP dello zucchero se confrontato con il WP del Cacao e dei suoi derivati. Solo i cioccolati bianchi, che non hanno cacao tra le materie prime utilizzate, hanno un WP non troppo maggiore del torrone.

Descrizione Articolo	Torrone Nocciola	Torrone Friabile	Torrone Ricoperto	Torrone Mandorla e Pistacchio	Ciocolato Fondente e Nocciola	Ciocolato Latte, Glanduja e Nocciola	Tartufo Dark e Nocciola	Tartufo classico e Nocciola	Tartufo ai tre cioccolati	Tartufo dolce bianco	Tartufo al pistacchio
NOCCIOLA PIEMONTE I.G.P.	7191	2397				12944	3835				
NOCCIOLE ROMANE	85869	32712	22898		29441	132484	49068	22898	13903	41217	
PISTACCHIO INTERO SGUSCIATO				1579							
MANDORLE CRUDE				13028							
MANDORLE PELATE				17371							
PASTA DI PISTACCHIO				6948							20845
GRANELLA DI PISTACCHIO				6633							19898

Descrizione Articolo											
CACAO BIO											
COPERTURA AL LATTE BIO											
COPERTURA FONDENTE BIO						1201	601				
CIOCCOLATO FONDENTE LIQUIDO					90691	30456	135360	39480	30456		
CIOCCOLATO FONDENTE SOLIDO			22560								
CIOCCOLATO BIANCO LIQUIDO					106596			5527	21319	92383	18950
CIOCCOLATO BIANCO SOLIDO								11844			
CIOCCOLATO AL CARAMELLO						70353					
CIOCCOLATO AL LATTE						167508		6204	33502		29779
CACAO IN POLVERE 22/24					3959		8798	5499	1100	1980	1320
MASSA DI CACAO			9998								
GRANELLA DI CACAO CAMELLATA											

Descrizione Articolo											
ZUCCHERO INVERTITO	4399	1466	1026	2053							
ZUCCHERO SEMOLATO IN SACCONI	70387	19796	14664	32847			1466	2200	733	2640	880
ZUCCHERO FONDENTE IN CARTONI	6599	2200	1540	3079				733			
GLUCOSIO	27072	9024	9024	12634						8122	2707
MIELE	3046	1015	711	1421							

Gray (l/kg)

1209	1217	1461	1236	1834	1709	1771	1684	1791	1442	1395
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

France – Italia ALCOTRA

Tabella 6 L'impronta idrica, in  $m^3$  di acqua Gray, per le varie tipologie di prodotto tipiche dell'azienda ed il contributo di ciascuna materia prima. La riga al fondo riassume l'impronta idrica per ogni kilogrammo di prodotto.

## Impronta idrica di un'azienda di Macellazione e produzione di insaccati

L'azienda utilizzata per esemplificare il calcolo del WF, per il caso B sopra descritto, un'azienda Cuneese che ha come attività principale la macellazione, la trasformazione, la lavorazione, l'insaccamento ed il commercio di suini. L'azienda è un tipico caso B poiché la materia prima è costituita solamente da suini vivi, acquistati principalmente da fornitori piemontesi, e trasformata in una pletera di prodotti quali salsicce ed insaccati freschi e stagionati. La materia prima in ingresso, 6/7 suini a settimana, cumula circa 370 tonnellate per un prodotto di 260 tonnellate (resa 70% in linea con le statistiche di settore). I consumi stimati di acqua nel processo produttivo ammontano a circa 2000 m<sup>3</sup> all'anno.

### *Analisi del WF della materia prima*

Siccome in questo caso esiste un'unica materia prima, è necessario analizzare la sua impronta idrica con particolare attenzione come evidenziato nel paragrafo "Modelli per la stima dell'impronta idrica dei prodotti animali (carne, latte, uova)". In questo caso la materia prima è costituita da suini vivi allevati principalmente nella provincia di Cuneo. Questa informazione ci aiuta a comprendere la regione di interesse e le relative pratiche agricole e di allevamento dei suini. Studi internazionali indicano che l'impronta idrica di un chilogrammo di carne suina varia tra 4.300 e 6.000 litri, considerando l'acqua utilizzata per la produzione di foraggio, l'acqua consumata direttamente dagli animali e l'acqua utilizzata nei processi di macellazione e trasformazione. Secondo le procedure riconosciute dal Water Footprint Network, la divisione tipica della WF per la carne suina (maiale) è la seguente: Totale 5988 litri/kg, Green ≈ 82 %, Blue ≈ 8 % e Grey ≈ 10 %. Quindi su 1 kg di carne suina: Green WF 4910 l, Blue WF 480 l e Grey WF 600 l.

### *Analisi del WF dei suini allevati nella provincia di Cuneo*

La provincia di Cuneo è caratterizzata da due fattori rilevanti per la filiera dell'allevamento dei suini. Il mais è da decenni una coltura cardine della pianura cuneese: seminato su superfici importanti, spesso irrigato grazie alla rete di canali che scende dalle Alpi, fornisce granello di qualità con produzioni elevate. Questo mais è la base dell'alimentazione animale e ha plasmato il paesaggio agricolo locale. Sul fronte dell'allevamento suino, Cuneo è uno dei poli più importanti del Nord Italia: dalla fase di ingrasso fino alla trasformazione in salumi tipici, l'intera filiera è radicata nel territorio. Cooperative e aziende familiari hanno saputo unire tradizione e innovazione, sostenendo tanto il comparto fresco quanto quello dei grandi insaccati.

## France – Italia ALCOTRA

Per la stima del WF dei suini allevati nella provincia di Cuneo, si possono utilizzare le seguenti assunzioni:

- ✓ Peso vivo: 120 kg
- ✓ Consumo mangime totale per capo:  $\approx 320$  kg (FCR  $\approx 3.2$ ).
- ✓ Composizione media del mangime
- ✓ Mais (granella) 65% ( $\approx 208$  kg per capo)
- ✓ Soia / farina di soia 20% ( $\approx 64$  kg)
- ✓ Orzo/avena 10% ( $\approx 32$  kg).
- ✓ Altro (olio, premiscele, scarti, vitamine, ecc.) 5% ( $\approx 16$  kg).

Una volta stimata la dieta tipica dei suini si può procedere calcolando il WF delle colture utilizzate nel seguente modo:

- ✓ Mais  $\sim 1222$  l/kg. Per il mais coltivato nel Nord-Italia, dove l'irrigazione è molto diffusa, la quota di blue è molto più alta rispetto al mais rain-fed. Nel cuneese vi è una grande diffusione di mais irrigato. Per mais irrigato ho assunto green  $\approx 50\%$ , blue  $\approx 40\%$ , grey  $\approx 10\%$  (questi valori derivano dalle medie per agricoltura irrigata riportate da Mekonnen & Hoekstra).
- ✓ Soia  $\sim 2\,096$  L/kg. Per la Soia è spesso molto difficile identificare l'origine del prodotto. Qui si utilizza la media tra valori di soia irrigata e importata (i valori variano molto con l'origine). Assumendo un forte mix di origini (Italia + import); si può usare la ripartizione-tipo con green  $\approx 69\%$ , blue  $\approx 5\%$ , grey  $\approx 26\%$ .
- ✓ Orzo/avena:  $\sim 1\,500$  l/kg di cui green 70% / blue 20% / grey 10%.
- ✓ Altro  $\sim 1\,000$  L/kg (componenti minori, premiscele, oli, additivi).
- ✓ Acqua diretta (abbeverata) si deve aggiungere circa 1200 l per l'intero ciclo

Riassumendo questi valori si può assumere che: Mangime totale per capo: 320 kg suddiviso in mais 208 kg, soia 64 kg, orzo 32 kg, altri 16 kg. WF totale stimata per i mangimi e per capo **455** m<sup>3</sup> ripartiti nelle componenti green/blue/grey risultante: 60% green, 25% blue e 15% grey. Quindi, per kg di peso vivo (120 kg) si può assumere un WF 3780 l/kg che, considerando una resa del 70% alla carcassa, diviene **5380** l/kg per kg di carne di suino pronta alla lavorazione. Questo WF è sensibilmente inferiore a quello medio mondiale che si può ricavare dal Water Footprint Network per la carne suina che, come detto in precedenza, è pari a **5988** litri/kg.

Una volta calcolata l'impronta idrica della materia prima, è ora possibile suddividerla nei vari prodotti dell'azienda mediante le metodologie evidenziate in precedenza (*Approccio cumulativo graduale*). In particolare considerando che l'azienda acquista circa 370 tonnellate di materia prima possiamo stimare il WF totale in ingresso pari a 1.47 Mm<sup>3</sup> di acqua che vanno suddivisi, mediante l'approccio economico, tra i prodotti dell'azienda che cumulano 260 tonnellate. Questa operazione è mostrata in Tabella 7 nella quale la carcassa dell'animale (70% del peso vivo) è stata suddivisa nei principali prodotti dell'azienda (prima e seconda riga della tabella). Dopo aver introdotto il valore dei prodotti, per peso e totale, è possibile stimare il WF totale e suddiviso nelle tre componenti (ultime quattro righe della tabella). Si può notare dalla Tabella 7 che il WF dei vari prodotti è molto variabile, dai circa 300 l/kg della coscia ai 16.500 del guanciale.

Descrizione Articolo	Coscia fresca per Prosciutto	Lonza/Filetto stagionato	Arista Affumicata	Pancetta stagionata	Porchetta	Salami o insaccati	Salsiccia	Costine	Guanciale e Tuma d'salam	Ossa	Totale
Percentuale su Carcassa	16.5%	7.0%	1.7%	5.8%	5.0%	11.0%	4.0%	6.0%	3.8%	14.2%	75.0%
Peso Articolo (quintali)	603	256	62	212	183	402	146	219	139	519	2743
Valore Articolo (€/kg)	5.1	12.0	15.5	21.0	14.0	8.5	8.6	9.0	28.0	0.5	
Valore totale Articolo (k€)	310	307	96	445	256	342	126	197	389	26	2495
Valore Percentuale Articolo	12%	12%	4%	18%	10%	14%	5%	8%	16%	1%	100%
Impronta idrica totale (Mm <sup>3</sup> )	0.18	0.18	0.06	0.26	0.15	0.20	0.07	0.12	0.23	0.02	1.48
Impronta idrica prodotti (l/kg)	<b>3034</b>	<b>7097</b>	<b>9167</b>	<b>12419</b>	<b>8279</b>	<b>5027</b>	<b>5086</b>	<b>5322</b>	<b>16559</b>	<b>296</b>	<b>5379</b>
WF Green (l/kg)	1820	4258	5500	7451	4968	3016	3052	3193	9935	177	3228
WF Blue (l/kg)	758	1774	2292	3105	2070	1257	1271	1331	4140	74	1345
WF Gray (l/kg)	455	1064	1375	1863	1242	754	763	798	2484	44	807

Tabella 7 L'impronta idrica totale per le varie tipologie di prodotto tipiche dell'azienda CMV. La riga al fondo riassume l'impronta idrica per ogni kilogrammo di prodotto.

## Bibliografia

(WFN), W. F. (s.d.). *Water Footprint Network (WFN)*. Récupéré sur

<https://www.waterfootprint.org/>

A. AghaKouchak, A. M. (2021). Anthropogenic drought: Definition, challenges, and opportunities. . *Rev. Geophys.*

Alberto Montanari, H. N. (2023). Why the 2022 Po River drought is the worst in the past two centuries. *Science Advances*.

Allen, R. G. (1998). *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements, FAODrainage and Irrigation*. Rome: Food and Agriculture Organization.

B. I. Cook, J. E.-H. (2022). , Megadroughts in the Common Era and the Anthropocene. *Nat. Rev. Earth Environ.* .

Cao, X. B. (2023). Unravelling the effects of crop blue, green and grey virtual water flows on regional agricultural water footprint and scarcity. *Agric. Water Manag.*

Chapagain, A. K. (2004). *Value of Water Research Report Series No.16, UNESCO-IHE*. Récupéré sur [www. waterfootprint.org/Reports/Report16Vol1.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report16Vol1.pdf)

Chapagain, A. K. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. *Ecological Economics*.

Chelli, G. (2023). Po river drought in 2022 was the worst of the last two centuries. *Nature Italy*.

- Clifford, C. (2022). *“Italy has declared a state of emergency because of drought: ‘There is no doubt that climate change is having an effect,’ the prime minister said”* .
- D. Faranda, S. P. (2023). Persistent anticyclonic conditions and climate change exacerbated the exceptional 2022 European-Mediterranean drought. *Environ. Res. Lett.*
- D. Peña-Angulo, S. M.-S.-C. (2020). Long-term precipitation in South western Europe reveals no clear trend attributable to anthropogenic forcing. *Environ. Res. Lett.*
- Doorenbos, J. a. (1979). *Yield response to water, FAO Drainage and Irrigation*. Rome: FAO.
- Drought: Piedmont water reserves exhausted says official. (2022). *ANSA English*.
- Falkenmark, M. (2023). Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London*.
- Falkenmark, M. a. (2004). *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology*. London: Earthscan.
- FAO. (2010). (FAOSTAT database)
- FAO. (2010). [www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html). (CROPWAT 8.0 model)
- H. Hisdal, K. S. (2001). Have streamflow droughts in Europe become more severe or frequent? *. Int. J. Climatol.*
- Hendy CRC, K. U. (1995). *Livestock and the environment finding a balance: Interactions between livestock production systems and the environment, Impact domain: concentrate feed demand*.

- Hoekstra AY, C. A. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. London: Earthscan.
- Hoekstra, A. Y. (2002). *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trad*. Delft, Netherlands: UNESCO-IHE.
- Hoekstra, A. Y. (2003). *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Delft, The Netherlands: Water Research Report Series No. 12, UNESCO-IHE.
- Hoekstra, A. Y. (2008). *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Hoekstra, A. Y. (2008). *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Hoekstra, A. Y. (2008). *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Hoekstra, A. Y. (2011). *The water footprint assessment manual: Setting the global standard*. London, UK: Earthscan.
- Hoekstra, A. Y. (2019). Green-blue water accounting in a soil water balance. *Adv. water Resour.*
- Hoekstra, M. M. (2012). A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*.
- J. Spinoni, J. V. (2018). Will drought events become more frequent and severe in Europe? *Int. J. Climatol.*
- Liu, J., Williams, J., Zehnder, A., & and Yang, H. (2007). GEPIC: Modelling wheat yield and crop water productivity with high resolution on a global scale. *Agricultural Systems*.

- Liu, J., Williams, J., Zehnder, A., & Yang, H. (2007). GEPIC: Modelling wheat yield and crop water productivity with high resolution on a global scale. *Agricultural Systems*.
- Marston, L. &. (2017). Drought impacts to water footprints and virtual water transfers of the Central Valley of California. *Water Resour. Res.*
- Mekonnen MM, H. A. (2010). A global and high-resolution assessment of the green, blue and grey water footprint of wheat. *Hydrol Earth Syst Sci*.
- Organization), F. (. (2003). *Technical conversion factors for agricultural commodities*.  
Récupéré sur [www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/methodology/tcf.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/methodology/tcf.pdf)
- P. Mehta, S. S. (2022). Global AreaEquipped for Irrigation Dataset 1900-2015. *Zenodo*.
- Ponce-Oliva, R. D.-L. (2021). Water use and climate stressors in a multiuser river basin setting: Who benefits from adaptation? *Water Resour. Manag.*
- Portmann, F. T. (2010). MIRCA2000 – Global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000: A new high-resolution data set for agricultural and hydrological modeling. *Global Biogeochemical Cycles*.
- Rockström, J. (2001). Green water security for the food makers of tomorrow: Windows of opportunity in drought-prone savannahs'. *Water Science and Technology*.
- Rost, S. G. (2008). Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *Water Resour. Res.*
- Siebert, S. a. (2010). Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *Journal of Hydrology*.

- T. Mastrotheodoros, C. P. (2020). More green and less blue water in the Alps during warmer summers. *Nat. Clim. Chang.*
- Vanessa Novoa, C. R.-R.-S. (2024). A temporal analysis of the consequences of the drought regime on the water footprint of agriculture in the Guadalupe Valley, Mexico. *Scientific Reports.*
- Watson RT, Z. M. (1998). *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Williams, J. R. (1995). The EPIC model', in V. P. Singh (ed) *Computer Models of Watershed Hydrology.* Water Resources Publisher.
- WWAP (World Water Assessment Programme). (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World.* London: UNESCO Publishing.
- Z. Huang, M. H. (2018). Global gridded monthly sectoral water use dataset for 1971-2020. *Zenodo.*
- Zisopoulou, K. &. (2021). An in-depth analysis of physical blue and green water scarcity in agriculture in terms of causes and events and perceived amenability to economic interpretation. *Water .*

Interreg



Cofinancié par  
l'Union Européenne  
Cofinanziato  
dall'Unione Europea

goccia  
agoccia

France – Italia ALCOTRA



CAMERA DI COMMERCIO  
CUNEO



CAMERA DI COMMERCIO  
RIVIERE DI LIGURIA  
IMPERIA LA SPEZIA SAVONA



Politecnico  
di Torino



# Interreg



Cofinancé par  
l'Union Européenne  
Cofinanziato  
dall'Unione Europea

# goccia a goccia

## France – Italia ALCOTRA



CAMERA DI COMMERCIO  
CUNEO



CAMERA DI COMMERCIO  
RIVIERE DI LIGURIA  
IMPERIA LA SPEZIA SAVONA

