

Giornata di studio:

Acqua e allevamenti animali

Firenze, 22 marzo 2018

Alla giornata di studio sono intervenuti:

Alessandro Nardone – *Introduzione al convegno: l'acqua fattore di vita indispensabile*

Giuseppe Pulina, Bruno Stefanon e Alberto Atzori – *La WaterFootprint nei sistemi zootecnici*

Erminio Trevisi e Luigi Calamari – *Il benessere idrico della bovina da latte*

Bruno Ronchi e Marcello Mele – *Stress idrici e produzioni animali*

Marco Saroglia e Genciana Terova – *Water FootPrint in Acquacoltura Intensiva*

Domenico Cerri e Barbara Turchi – *Acqua e qualità delle produzioni zootecniche*

Si pubblicano di seguito le relazioni pervenute.

L'acqua fattore di vita indispensabile

L'esistenza degli organismi viventi, qualunque sia il regno di appartenenza, è subordinata alla disponibilità dell'acqua; sopravvivono in ambiente anidro solo alcune forme quiescenti (spore, cisti, semi) e taluni organismi (quali tardigradi, rotiferi) per periodi delimitati della loro vita.

Già nel VII-VI secolo a.C. Talete riteneva che tutta la realtà derivasse da un'unica sostanza elementare: l'acqua. Conosciamo molto delle proprietà dell'acqua e del ruolo nelle funzioni vitali, ma nulla o poco della sua origine.

I. CARATTERISTICHE DELL'ACQUA

È ben noto oggi che non trattasi di una sostanza elementare perché composta da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno, ma meno nota è l'importanza, per gli organismi viventi, della disposizione dei tre atomi nel formare la molecola dell'acqua. Infatti se la molecola dell'acqua fosse lineare anziché piegata (fig. 1), nelle condizioni ambientali del nostro pianeta sarebbe presente solo allo stato gassoso, con conseguenze drammatiche per lo sviluppo della vita terrestre (Venturi, 2017).

Sappiamo che le molecole sono entità molto piccole e quella dell'acqua è tale che in 18 grammi di acqua è presente un numero di molecole pari a $6,2 \times 10^{23}$, entità circa 10 volte il numero stimato di tutte le stelle presenti nell'universo.

* *Professore Emerito dell'Università della Tuscia*

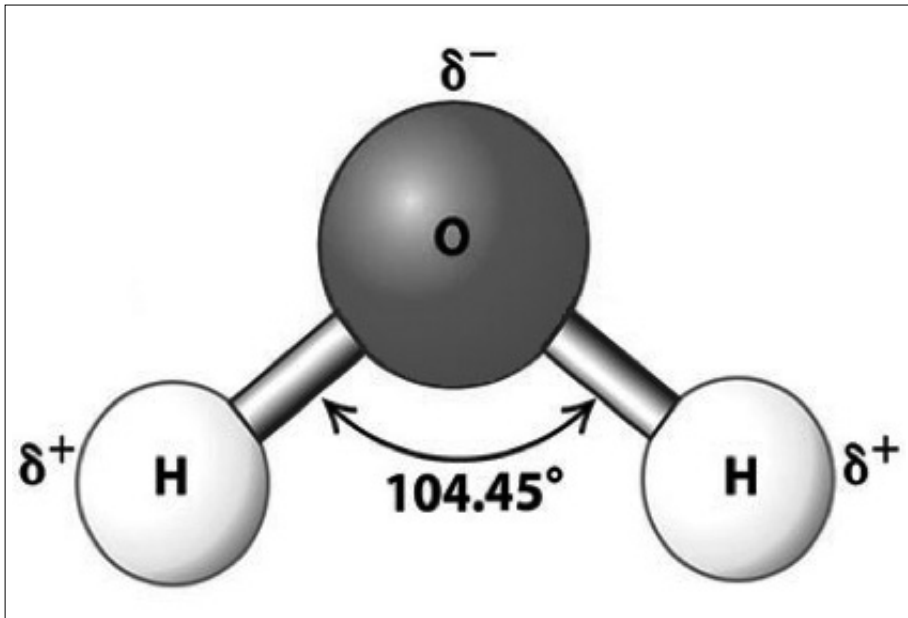


Fig. 1 La configurazione della molecola dell'acqua (<https://www.culligan.it/straordinarie-caratteristiche-acqua/>)

2. FUNZIONI VITALI DELL'ACQUA

Sono le caratteristiche della molecola dell'acqua che determinano le sue molteplici funzioni fondamentali per la vita degli organismi, agendo vuoi come catalizzatore dei processi chimici vuoi intervenendo direttamente nelle reazioni chimiche.

2.1 L'acqua nell'organismo animale

Nei processi digestivi degli organismi animali la funzione idrolitica dell'acqua è determinante per la scissione delle molecole complesse in composti semplici assimilabili dall'intestino. Fondamentali sono anche le azioni lubrificanti, solvente, di trasporto delle sostanze, nonché quelle di termoregolazione attraverso evaporazione e sudorazione. Queste ultime assumono particolare importanza negli animali che devono dissipare ingenti eccessi di calore conseguenti all'energia prodotta dalla "combustione" di carboidrati, grassi e proteine della razione alimentare, come è nel caso della bovina da latte a elevata produzione (Nardone et al., 2010).

La quantità di acqua totale contenuta nell'organismo animale varia in rapporto alla specie, all'età dell'individuo, al sesso; espressa in percentuale del peso corporeo è massima nel neonato e nell'età giovanile e diminuisce progressivamente con l'età, il contenuto di acqua differisce anche tra i tessuti e organi del corpo.

Nell'uomo l'acqua totale corporea (TWB) mediamente è il 65% del peso corporeo, di questa il 60% è intracellulare (ICW) e rappresenta la massa metabolicamente attiva, il restante 40% è extracellulare (ECW) e agisce come mediatore degli scambi tra cellule tissutali e vasi sanguigni. Il rapporto corretto tra ICW ed ECW determina la condizione di benessere dell'organismo (Matassino et al., 2016.)

In realtà l'acqua non è fondamentale solo per le varie funzioni vitali proprie di ciascuno organismo, quale che sia il regno di appartenenza, in quanto è anche l'elemento nel quale moltissime forme di vita si sviluppano, dai pesci, ai molluschi, al plancton alle alghe, in assenza del quale non potrebbero esistere.

2.2 *Acqua e fotosintesi clorofilliana*

Alla funzione dell'acqua metabolica nella fotosintesi clorofilliana delle piante sono debitori la specie umana e le altre specie animali, selvatiche e allevate, per la loro sopravvivenza. Infatti mediante il processo chimico della fotosintesi (di cui sono state trovate tracce risalenti a 3 miliardi di anni fa), le piante convertono 6 molecole di CO_2 e 6 di H_2O in una molecola di glucosio ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), fondamentale per la loro vita, e conseguentemente per ottenere risorse alimentari per gli erbivori, indirettamente per i carnivori e in definitiva per le specie onnivore, alle quali apparteniamo.

In assenza di fotosintesi non avremmo le piante e quindi neppure tutte le specie animali che dalle piante traggono sostentamento, né avremmo le piante con principi medicinali, che sono state la cura del passato e oggi sono in grande rivalutazione, né le leguminose che con la fissazione dell'azoto atmosferico migliorano la fertilità del suolo oltre a essere importante fonte di sostanze proteiche. Ma ancora, il processo chimico della fotosintesi "liberando" l'ossigeno della molecola dell'acqua e dell'anidride carbonica, produce 6 molecole di O_2 , indispensabile per la vita, e con la "cattura" della CO_2 (si stima che 115 milioni di tonnellate/anno vengano trasformate in biomassa), la cui crescente concentrazione in atmosfera determina condizioni avverse alla vita sul pianeta, si mitigano i Cambiamenti Climatici in atto.

2.3 *Altri contributi dell'acqua alla vita*

Ma l'acqua è anche fattore di vita per gli effetti diretti/indiretti che esercita, con le correnti marine e le reti fluviali, sulle condizioni meteo-climatiche di vaste aree terrestri determinando ambienti favorevoli alla colonizzazione di ampi territori da parte di molteplici forme di vita, vegetali e animali, uomo compreso con le sue attività agro-zootecniche e industriali.

La funzione delle correnti marine (oltre 60 sono le più importanti) nella distribuzione delle forme viventi sul pianeta è bene rappresentata dalla Corrente del golfo che trasportando acque calde dall'equatore alle alte latitudini dell'Atlantico, come è ben noto, mitiga il clima di ampie aree che altrimenti farebbero parte della calotta polare, avversa all'insediamento umano.

Rilevante è anche il ruolo delle reti fluviali nella formazione di ecosistemi complessi, fonti di biodiversità. In definitiva, gli stessi insediamenti umani più significativi, nella quasi generalità, sono stati da sempre sviluppati o lungo i corsi di fiumi o in prossimità di mari o laghi, o comunque in aree che assicuravano un approvvigionamento idrico; né sarebbe stato possibile diversamente.

In una visione antropocentrica globale, altre ancora sono le funzioni fondamentali dell'acqua per la vita umana, dall'igiene, ai processi produttivi di beni e servizi in campo agricolo e industriale, alla produzione di energia, ai trasporti per i quali è il primo vettore a livello mondiale (per l'Italia circa un quarto delle merci è trasportata via mare e acque intere).

3. POSSIBILI ORIGINI DELL'ACQUA

Ma da dove origina la tanta acqua, stimata pari ai due terzi circa della massa terrestre, presente sul nostro pianeta e negli organismi viventi?

Esiste un ampio dibattito e nessuna certezza. Una delle teorie più suggestive è che l'acqua presente nei corpi del sistema solare, terra compresa, sia un "sottoprodotto" derivato dalla formazione dei pianeti giganti: Giove (massa circa 2.500 quella della Terra) e Saturno (massa 90 volte quella terrestre). Nel loro processo di formazione una moltitudine di planetesimi avrebbe raggiunto la regione terrestre fornendo acqua al nostro pianeta in fase di accrescimento (Raymond e Isidoro, 2017).

Ricerche recenti dimostrerebbero più accortamente che l'acqua era già presente nella polvere che costituiva il disco protoplanetario che circondava il sole prima che si formassero i pianeti; nel corso del tempo questa polvere

ricca di acqua si sarebbe aggregata per formare il nostro pianeta (Hallis et al., 2015).

Altre ricerche ancora più recenti hanno accertato acqua nei cristalli di particolari diamanti (super giganti e superprofondi, denominati Diamanti Clipper) che si formano a profondità notevoli del nostro Pianeta (tra i 400 e i 1.000 km circa); questa scoperta ha indotto a ritenere che il contenuto di acqua sulla terra potrebbe essere 3-4 volte superiore al quantitativo fino a oggi stimato (Smith et al., 2016).

4. POSSIBILI CULLE DELLA VITA

La scoperta di microrganismi negli anni '70, proprio nelle sorgenti idrotermali del mare profondo (espulsione dell'acqua di probabile penetrazione nelle fratture dei fondi oceanici), hanno indotto a teorizzare che le elevate temperature e la pressione avrebbero potuto favorire la formazione di sostanze complesse, favorevoli alla manifestazione della vita.

Successivamente si sarebbero determinate le condizioni per la organizzazione strutturale e funzionale della cellula pervenendo alla origine degli organismi viventi con la comparsa, intorno ai 4 miliardi di anni fa, del Last Universal Common Ancestor (LUCA), ipotizzato dal citologo-biochimico Christian de Duve, Nobel per la medicina 1974 per le sue scoperte proprio sull'organizzazione strutturale e funzionale della cellula.

5. CICLO DELL'ACQUA E DISPONIBILITÀ DI ACQUA DOLCE

L'acqua dolce è solo il 3,5% di tutte le acque terrestri, la maggior parte sequestrata nelle calotte polari e nei ghiacciai. Meno del 1% (in pratica un terzo di quella dolce totale) si trova nelle falde, nei laghi, nei fiumi (fig. 2) ed è accessibile per le attività umane, oltre quella delle precipitazioni su superfici comunque utilizzate per attività agro-zootecniche.

Il ciclo dell'acqua è alquanto complesso comprendendo non meno di 16 fasi. Già Plinio il vecchio (23-79 d.C.) ne aveva compreso le fasi essenziali tanto da scrivere nella sua *Naturalis Historia*: «che può esservi di più meraviglioso delle acque che stanno nel cielo? Cadendo esse sono causa di tutte le cose che dalla terra nascono, meraviglioso potere di natura se si pensa che affinché grano nasca e vivano gli alberi e piante le acque migrano in cielo e di lì riportano alle erbe il soffio vitale» (Aliotta, 2016).

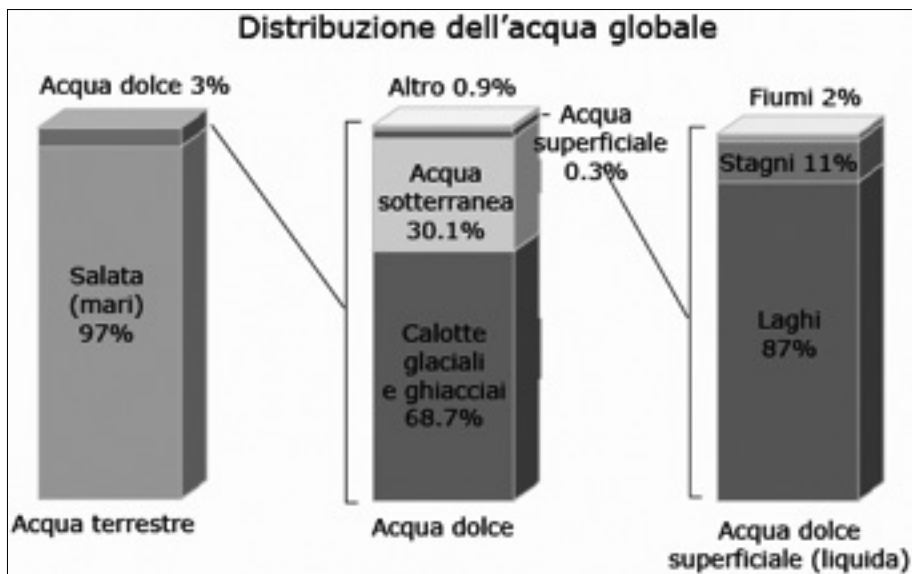


Fig. 2 La distribuzione dell'acqua nel mondo (<https://water.usgs.gov/edu/watercycleitalian.html>)

Già in epoca romana l'acqua era considerata un bene comune e la disponibilità di acqua potabile oggi è ritenuto un diritto di ogni uomo. Nondimeno nel mondo molti popoli soffrono, nel senso letterale della parola, per la mancanza di acqua potabile e disponibilità inferiori al fabbisogno, specialmente stagionali, si registrano in diverse zone anche del nostro paese. Più in generale si prospettano in vaste aree mondiali carenze importanti di acqua per le attività umane, in particolare per le attività agro-zootecniche. Questo, unitamente a motivazioni ideologiche o salutistiche, spesso pone in stato di accusa i consumi idrici per le produzioni animali, proponendo per l'uomo diete vegetariane, ritenendo che le produzioni vegetali abbiano, in proporzione, consumi idrici irrilevanti; convinzione erranea soprattutto se il consumo di acqua è rapportato alla produzione unitaria di proteine o di energia (Nardone e Ranieri, 2016).

6. RISCHIO DI CONFLITTI PER LA DISPONIBILITÀ DI ACQUA

In realtà il fabbisogno crescente di acqua per la produzione di alimenti, a seguito dell'aumento della popolazione umana e dei consumi unitari, marcatamente in paesi a elevata densità demografica, l'aumento dell'inquinamen-

to, gli sprechi, gli effetti dei cambiamenti climatici e conseguenti fenomeni meteo estremi, l'aumento dei costi di gestione, tutti insieme fanno temere il rischio di forti conflitti tra popoli. Ciò è reale soprattutto tra Stati attraversati da uno stesso fiume di significativa portata, come è il caso del Mekong (16.000 m³/s;) che lungo i suoi circa 4.700 km attraversa Cina, Birmania, Thailandia, Laos, Cambogia e Vietnam: i 28 sbarramenti, alcuni realizzati altri programmati, per la cattura delle acque già determinano tensioni pericolose tra i vari paesi, mettendo a rischio la sicurezza alimentare del Sud Est asiatico. Nel solo delta del fiume 14 milioni di vietnamiti vedono a rischio le attività agricole e l'approvvigionamento alimentare.

7. WORLD WATER DAY

Dall'exkursus, sia pure rapido, sono così emerse con evidenza le motivazioni per le quali nella Conferenza di Rio nel 1992, le Nazioni Unite, riprendendo il pronunciamento "Our Common Future" del 1987 per lo sviluppo sostenibile, stabilirono di celebrare, il 22 marzo di ogni anno, il World Water Day, inserendo nella Agenda 21 l'invito alle Nazioni membre di promuovere azioni concrete di sensibilizzazione pubblica nell'uso parsimonioso, corretto e sostenibile dell'acqua.

L'Accademia dei Georgofili ha accolto questo invito nell'intento di approfondire le problematiche per dare un contributo significativo a fare chiarezza sui consumi reali di acqua per le produzioni agro-zootecniche, a migliorarne l'uso quanti-qualitativo negli allevamenti al fine di aumentare il benessere degli animali ed elevare lo standard qualitativo dei prodotti, in definitiva a ottimizzare le tecniche e i processi produttivi per ridurre i consumi unitari.

ABSTRACT

Water essential factor for life. The liquid state of water depends on the bent shape of its molecule; the liquid state is fundamental for the vital functions into organisms. The hydrolysis is basic for the splitting of complex molecules into simpler assimilable compounds, and water is also fundamental for the thermoregulation of organisms and other vital functions. The well-being condition of the organism depends on the ratio (60/40) between intracellular and extracellular water. In plants the metabolic water is one of the three essential components for chlorophyll photosynthesis. Water is also the essential substrate for the life of aquatic species. Sea currents affect the climate of large areas of our planet, creating favorable environmental conditions for the humans and many species of plants and animals; similarly rivers favor the formation of biodiversity-rich ecosystems.

The origin of water is controversial, there are two main theories: one considers the origin outside the earth, while another believes that water was already present in the cosmic powders that formed our planet. The available sweet water for human activities is less than 1% of the total water. The first life forms would have appeared in the hydrothermal hyper hot springs present in the ocean depths. Many factors: climate change, increase in the human population and its unit consumption in many countries of the world cause fear of a progressive lack of available sweet water, with risk of conflicts among states, especially those crossed by the same river.

BIBLIOGRAFIA

- ALIOTTA G. (2016): *Acqua e Biosfera*, «Quaderni di bioetica», n. 7, MIM EDIZIONI SRL, Sesto San Giovanni (MI), pp. 79-88.
- HALLIS L.J., HUSS G.R., NAGASHIMA K., TAYLOR G.J., HALLDÓRSSON S.A., HILTON D.R., MOTTI M.J., MEECH K.J. (2015): *Evidence for primordial water in Earth's deep mantle*, «Science», 350 (6262), pp. 795-797.
- MATASSINO D., OCCIDENTE M., SERLUCA M., VARRICCHIO G. (2016): *Alcune Riflessioni sulle Strategie Biologiche dell'Acqua quale potenziale "Chiave di Lettura della Vita?"*, «Quaderni di bioetica», n. 7, MIM EDIZIONI SRL, Sesto San Giovanni (MI), pp. 107-161.
- NARDONE A., RANIERI M.S. (2016): *Cambiamenti Climatici: utilizzo dell'acqua nelle attività agricole e analisi del consumo per unità di prodotto*, «Quaderni di bioetica», n. 7, MIM EDIZIONI SRL, Sesto San Giovanni (MI), pp. 163-192.
- NARDONE A., RONCHI B., LACETERA N., RANIERI M.S., BERNABUCCI U. (2010): *Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems*, «Livestock Science», 130 (1-3), pp. 57-69.
- RAYMOND S.N., IZIDORO A. (2017): *Origin of water in the inner Solar System: Planetesimals scattered inward during Jupiter and Saturn's rapid gas accretion*, «Icarus», 297, pp. 134-148.
- SMITH E.M., SHIREY S.B., NESTOLA F., BULLOCK E.S., JIANHUA J., RICHARDSON S.H., WANG W. (2016): *Large gem diamonds from metallic liquid in Earth's deep mantle*, «Science», 354 (6318), pp. 1403-1405.
- VENTURI M. (2017): *Il chimico da esploratore della natura a ingegnere molecolare*, Prolusione 235° A.A. Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL.

GIUSEPPE PULINA^{*,**}, ALBERTO STANISLAO ATZORI^{*},
CATERINA CANALIS^{*}, BRUNO STEFANON^{***}

La *net Water Footprint* nei sistemi zootecnici

Il consumo dell'acqua, necessaria a garantire la salute della popolazione, il benessere degli animali e la salvaguardia degli ecosistemi, è diventato insostenibile per molte attività produttive. In particolare per l'agricoltura, che è responsabile di circa il 70% dei consumi idrici del pianeta, trend destinato a crescere in seguito all'aumento della domanda alimentare, con conseguente espansione dell'uso dell'acqua per l'irrigazione.

Le strategie che il mondo politico e scientifico stanno attuando per ottimizzare l'uso della risorsa acqua impiegata in agricoltura sono differenti e miranti principalmente a colmare il divario tra i differenti sistemi produttivi, a contrastare la crescente penuria di acqua, a ridurre l'inquinamento e a migliorare l'efficienza dell'acqua utilizzata. Annualmente la quantità di acqua che arriva sulla terra attraverso le precipitazioni è stimata in circa 110.000 km³ ($1 \text{ km}^3 = 1.000.000.000 \text{ m}^3 = 1.000.000.000.000 \text{ L}$); di questa, circa 70.000 km³ (2/3) ritornano nell'atmosfera attraverso l'evaporazione dal suolo (E) e l'evapotraspirazione (ET) dei sistemi vegetali (foreste, pascoli, colture). I restanti 40.000 km³, vanno a implementare i corsi d'acqua superficiali (fiumi e laghi) e sotterranei (falde acquifere) costituendo le risorse idriche rinnovabili (Molden, 2007). Il prelievo complessivo (agricoltura, industria e consumi urbani) è passato da meno di 600 km³/anno all'inizio del XX secolo, a circa 1.350 km³/anno a metà dello stesso secolo, per giungere a più di 3.800 km³/anno all'inizio del XXI (FAO, 2013). Si stima che entro il 2030 il prelievo globale arriverà a circa 6.900 km³/anno (McKinsey, 2009).

* Dipartimento di Agraria, Università di Sassari

** Presidente Associazione Carni Sostenibili, Roma

*** Facoltà di Medicina Veterinaria, Università di Udine

METODI	PRODOTTI	WATER FOOTPRINT		AUTORI
		Aziende irrigue	Aziende non irrigue	
Lca	1 kg Latte		1,9 L H ₂ Oe	Ridoutt et al. (2010)
Lca	1 kg di peso corporeo di manzo		3,3-221 L H ₂ Oe	Ridoutt et al. (2012)
Lca	1 kg Latte normalizzato	66 L H ₂ O	16 L H ₂ O	De Boer et al. (2013)
Lca	1 kg Latte normalizzato	33 L H ₂ Oe	7,9 L H ₂ Oe	
Wfp	1kg Latte	1.000 L H ₂ O		Mekonen and Hoekstra (2012)
	1 kg Carne	15.400 L H ₂ O		
	1 kg Uova	3.300 L H ₂ O		
Wfp	1 kg Carne di pollo	4.300 L H ₂ O		Chapagain and Hoekstra (2004)

Tab. 1 Alcuni esempi di calcolo della water footprint dei prodotti animali, con le metodologie Wfp e Lca

La misurazione dei consumi idrici sostenibili è valutata attraverso l'impronta idrica (Water footprint, Wfp). La Wfp è il volume totale di acqua dolce utilizzata per la produzione e il consumo di beni e servizi (acqua evaporata o inquinata) da un individuo, comunità o azienda, nell'unità di tempo.

In base alla provenienza e all'uso si distingue:

- *green water* (acqua di pioggia e precipitazioni);
- *blu water* (acqua degli invasi, laghi, fiumi o falde);
- *grey water* (acqua contaminata nel processo produttivo).

Nel tempo sono stati elaborati diversi approcci al calcolo che hanno determinato i principali metodi di stima dei consumi idrici, *Water Footprint Network (Wfp)* e *Life Cycle Assessment (Lca)*, che considerano in modo differente gli apporti delle diverse componenti delle green e blue water. In estrema sintesi:

- **Wfp** = acqua per la produzione delle colture alimentari (*green water* + *blue water*) + acqua di abbeverata (*blue water*) + acqua di servizi (*blue water*)
- **Lca** = acqua per la produzione delle colture alimentari (*blue water* “acqua di irrigazione”) + acqua di abbeverata (*blue water*) + acqua di servizi (*blue water*)

Queste metodologie di calcolo, adottate nel caso dei prodotti zootecnici, portano a risultati molto diversi e difficilmente confrontabili tra di loro (tab. 1).

I dati più frequentemente riportati dagli organi di informazione sono

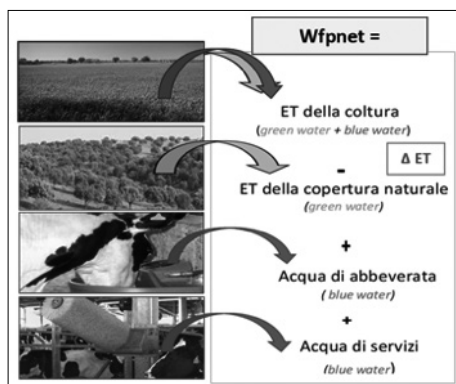


Fig. 1 Componenti della Wfpnet per il calcolo dei consumi idrici delle produzioni zootecniche

quelli di Mekonen e Hoekstra (2012) i quali nel calcolo della green water attribuiscono al prodotto tutto il consumo di acqua evapotraspirata (ET), come se in quel terreno, anche in caso di assenza di coltivazione o di uso alternativo del suolo, l'ET fosse pari a zero. In realtà quelle stesse superfici, se non destinate a foraggi e concentrati, ma interessate ad esempio da una copertura vegetale naturale, avrebbero comunque una specifica ET. Sulla base di questi principi la Wfp di un prodotto alimentare dovrebbe considerare l'evapotraspirazione differenziale (ΔET) tra l'ET della coltura (es. foraggi) e l'ET di un riferimento naturale (es. bosco) della stessa area geografica. È su questa assunzione di base che si fonda il calcolo della Wfpnet (Atzori et al., 2016), una metodologia alternativa ai più diffusi sistemi di calcolo, sino a oggi utilizzati. La Wfpnet è data dalla somma annuale della ET della coltura, sottratta della ET della copertura naturale, più l'acqua di abbeverata e dei servizi (fig. 1). La Wfp di un prodotto alimentare dovrebbe, pertanto, considerare l'evapotraspirazione differenziale (ΔET) tra l'ET della coltura (es. foraggi) e l'ET di un riferimento naturale (es. bosco) della stessa area geografica.

L'applicazione nei nostri studi del metodo Wfpnet ha riguardato la stima dei consumi idrici per le produzioni di carne (vitellone) e di latte (ovino e vaccino), nell'area del Mediterraneo, con due sistemi produttivi (intensivo ed estensivo). Le diete degli animali hanno previsto la somministrazione di foraggi coltivati in regime asciutto (pascoli ed erbai), foraggi irrigui (erba medica) e concentrati (granella di mais), in tre possibili scenari produttivi; bassa (C), media (B), alta (A) efficienza d'uso dell'acqua (water use efficiency, Wue), riferibili all'efficienza del sistema irriguo utilizzato. L'ET dalla copertura naturale è stata ritenuta uguale a 3.500 m³/ha (Pfister et al., 2009).

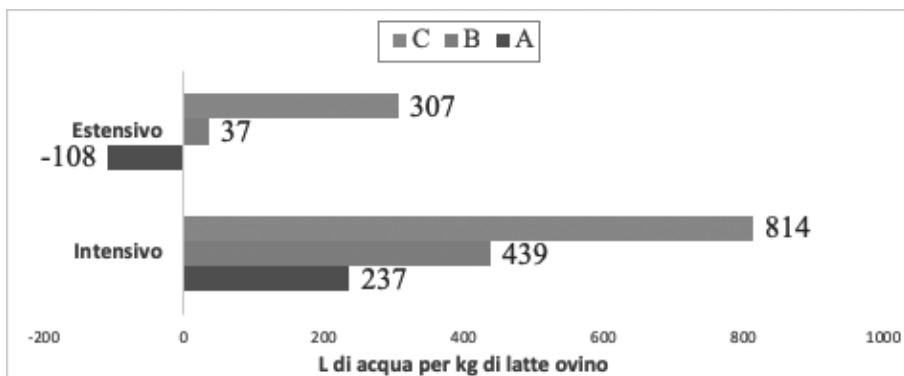


Fig. 2 La Wfpnet del latte ovino, nelle condizioni di bassa (C), media (B) e alta (A), efficienza nell'uso dell'irrigazione

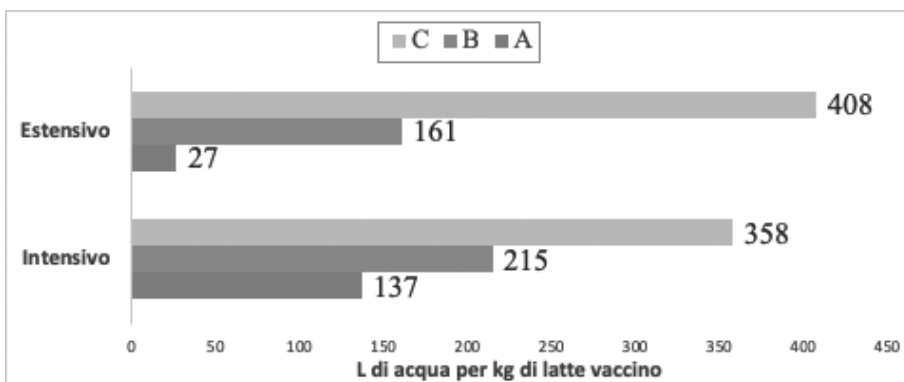


Fig. 3 La Wfpnet del latte vaccino, nelle condizioni di bassa (C), media (B) e alta (A), efficienza nell'uso dell'irrigazione

LA WFPNET DEL LATTE

Secondo le nostre stime, la Wfp totale del latte ovino varia da 237 a 814 L di acqua per kg di latte prodotto, rispettivamente nei sistemi produttivi intensivi ad alta e bassa Wue, e da -108 a 307 L, nei sistemi estensivi ad alta e bassa Wue, rispettivamente (fig. 2). Il valore negativo (-108 L) è riferibile al fatto che le colture considerate presentano una minore ET rispetto alla copertura vegetale naturale di riferimento.

La Wfpnet del latte vaccino è risultata variabile da 27 a 408 L di acqua per kg di latte nei sistemi produttivi estensivi ad alta Wue e sistemi estensivi a bassa Wue, rispettivamente. La Wfpnet ha mostrato valori più alti per i siste-

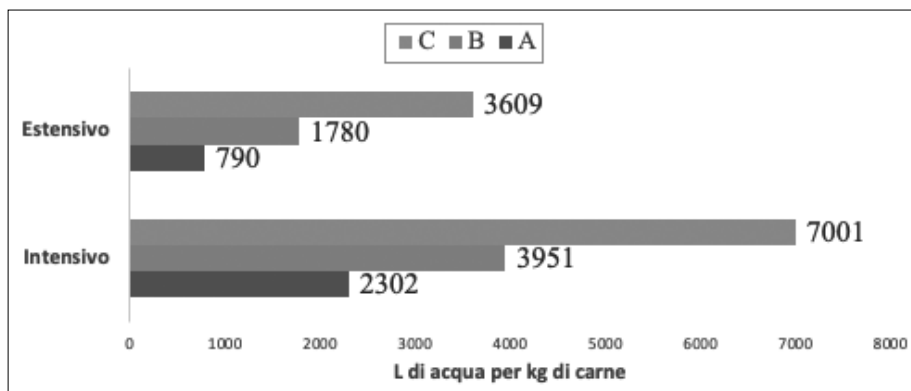


Fig. 4 La Wfpnet della carne di vitellone, nelle condizioni di bassa (C), media (B) e alta (A), efficienza nell'uso dell'irrigazione

mi produttivi intensivi, da 137 a 358 L, rispetto a quelli estensivi, a causa del maggiore utilizzo nella dieta degli animali, di alimenti provenienti da terreni irrigui (fig. 3).

LA WFPNET DELLA CARNE BOVINA

In questo caso, la Wfpnet è variata da 790 a 3.609 L di acqua per kg di carne prodotta nei sistemi estensivi, in condizioni di alta e bassa Wue, mentre ha presentato valori maggiori, che vanno da 2.302 a 7.001 L, nei sistemi intensivi ad alta e bassa Wue, rispettivamente (fig. 4).

I risultati ottenuti, pur essendo strettamente collegati alle condizioni vegetazionali e climatiche locali, generano importanti effetti a livello di impatto globale, evidenziando la rilevanza in termini consuntivi degli elementi paradigmatici considerati, non tenuti in debito conto dalle procedure di calcolo più diffuse (Fil-Idf, 2017; Mekonnen e Hoekstra, 2012).

In conclusione, l'applicazione del metodo Wfpnet ha evidenziato: 1) valori di gran lunga inferiori, rispetto alla metodologia tradizionale (Wfp) per latte e carne e, in qualche caso, anche negativi (ciò significa che allevare animali in quelle condizioni consente di risparmiare acqua); 2) in condizioni di ambiente mediterraneo, caratterizzati dal largo uso dell'irrigazione, la Wfpnet degli allevamenti intensivi è maggiore di quella degli estensivi, dato nettamente in controtendenza negli ambienti caratterizzati da sufficiente piovosità estiva (ad esempio, il Veneto per la produzione di carne di vitellone); 3) non si tiene conto della componente grey dell'acqua

nella consapevolezza che un allevamento ben gestito non genera questo tipo di consumo.

RIASSUNTO

I prodotti di origine animale sono considerati i più alti consumatori di acqua. La riduzione della pressione sulle risorse idriche dei prodotti alimentari è una grande sfida per l'umanità e la conoscenza del consumo di acqua è rilevante per i governi nazionali per pianificare e valutare la loro politica ambientale e la sicurezza alimentare. In questo lavoro si riportano i risultati ottenuti con l'applicazione del metodo dell'impronta idrica netta (WFPnet), alla stima del consumo di acqua per la produzione di latte ovino e bovino e di carne bovina in diverse situazioni di differenti utilizzazioni idriche delle colture (water use efficiency WUE; alto, medio e basso) in condizioni mediterranee. Il risultato dei valori WFPnet è risultato di molto inferiore a quelli normalmente riportati dal WFPnetwork per carne e latte.

ABSTRACT

Animal products are considered the highest consumers of water. The reduction in the pressure on water resources from food products is a major challenge for humanity, and knowledge of water consumption is relevant for national governments to plan and assess their environmental policy and food security. The net Water Footprint (WFPnet), a new approach to calculate the water footprint, estimate the water consumption for sheep and cow milk and cattle meat production in different crop water use efficiencies (WUE; high, medium and low) scenarios under Mediterranean conditions. The WFPnet values result much lower than current WFP values for both meat and milk.

BIBLIOGRAFIA

- ATZORI A.S., CANALIS C., FRANCESCONI A.H.D., PULINA G (2016): *A preliminary study on a new approach to Estimate water resources allocation: The net water footprint applied to animal products*, «Agric. and Agricult. Sci. Procedia», 8, pp. 50-57.
- ATZORI A.S., PULINA G. (2017): *The Net Waterfootprint: a proposal to calculate The water consumption of animal products*, «Ital J Anim Sci», vol.16:s1, pp. 182-183.
- CHAPAGAIN A.K., HOEKSTRA A.Y. (2004): *Water footprints of nations. Value of Water Research*, Report Series No. 16, Unesco-Ihe, Delft (NL).
- DE BOER I.J.M., HOVING I.E., VELLINGA T.V., VAN DE VEN G.W.J., LEFFELAAR P.A., GERBER P.J. (2013): *Assessing environmental impacts associated with freshwater consumption along the life cycle of animal products: the case of Dutch milk production in Noord-Brabant*, «Int. J. Life Cycle Assess.», 18, pp. 193-203.
- FIL IDF (2017): *The Idf Guide to Water Footprint Methodology for the Dairy Sector*, «Bulletin of the International Dairy Federation», 486, <http://www.fil-idf.org>.

- MEKONNEN M.M., HOEKSTRA A.Y. (2012): *A Global assessment of the water footprint of farm animal products*, «Ecosystems», 15, pp. 401-415.
- NUNEZ M.S., PFISTER S., ROUX P., ANTOIN A. (2013): *Estimating water consumption of potential natural vegetation on global dry lands: Building and Lca framework for green water flows*, «Environ. Sci. Technol.», 47, Suppl. 21, pp. 12258-12265.
- PFISTER S., KOEHLER A., HELLWEG S. (2009): *Assessing the environmental impacts of fresh-water consumption in Lca*, «Environ. Sci. Technol.», 43, pp. 4098-4104.
- POSTLE M., GEORGE C., UPSON S., HESS T., MORRIS J. (2012): *Assessment of The Efficiency of the Water Footprinting Approach and of the Agricultural Products and Foodstuff Labelling and Certification Schemes*, Report for the European Commission, DG Environment.
- PULINA G., CANALIS C., ATZORI A.S. (2018): *La sostenibilità dei consumi idrici dei sistemi zootecnici*, pp. 97-141, in Stefanon B., Mele M., Pulina G., *Allevamento animale e sostenibilità ambientale*, FrancoAngeli, Milano.
- RAN Y., LANNERSTAD M., HERRERO M., VAN MIDDELAAR C.E., DE BOER I.J.M. (2016): *Assessing water resource use in livestock production: A review of methods*, «Livest. Sci.», 187, pp. 68-79.
- RIDOUTT B.G., WILLIAMS S.R.O., BAUD S., FRAVAL S., MARKS N. (2010): *Short communication: The Water footprint of dairy products: case study involving skim milk powder*, «J. Dairy Sci.», 93, pp. 5114-5117.
- RIDOUTT B.G., SANGUANSRI P., FREER M., HARPER G.S. (2012): *Water footprint of livestock: comparison of six geographically defined beef production systems*, «Int. J. Life Cycle Assess.», 17, pp. 1.

Benessere idrico della bovina da latte**

Il benessere animale è stato definito in diversi modi (es. assenza di sofferenza, capacità di adattamento, buone condizioni di salute e performance), ma indubbiamente la definizione basata sulle cosiddette “5 libertà”, proposta dal Farm Animal Welfare Council (1979), è la più nota ed utilizzata¹. Secondo questa dichiarazione il benessere animale è soddisfatto quando sono garantite la libertà: da fame e sete, dal disagio, dal dolore ferite o malattie, di esprimere un comportamento normale, dalla paura e dal distress. La condizione di benessere quindi non riguarda la sola sfera fisica, ma anche quella mentale, in quanto tra le 5 modalità di espressione esistono strette relazioni che coinvolgono l'animale in tutte le sue funzioni psico-fisiche (Carenzi e Verga, 2009).

Nella prima libertà, necessaria a soddisfare il benessere animale, è espressamente menzionata la necessità di garantire l'adeguata disponibilità idrica. Il National Research Council fin dal 1978 aveva sottolineato come la sofferenza per la mancanza di acqua fosse assai più rapida e grave rispetto a quella di un qualsiasi altro nutriente (Ensminger e Olentine, 1978). Questo rende ragione del fatto che l'acqua è il più semplice, ma il più importante dei nutrienti e partecipa a tutti i processi vitali. Molteplici sono le sue funzioni fisiologiche, tra cui dare volume e tonicità intra ed extra cellulare, favorire il trasporto di nutrienti entro e tra le cellule, partecipare ai processi digestivi (che nei ruminanti

* Dipartimento di Scienze Animali, degli Alimenti e della Nutrizione (DiANA), Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

** Il Prof. Luigi Calamari è improvvisamente scomparso il 15 febbraio 2018 dopo breve malattia. Questo breve contributo, a cui ha parzialmente contribuito, sia traccia e memoria del suo appassionato lavoro dedicato alla valutazione del benessere della bovina da latte.

¹ Cfr. *Il benessere animale e la qualità delle produzioni nei piccoli ruminanti*. Accademia dei Georgofili, «I Georgofili. Quaderni», 2006, pp. 1-118.

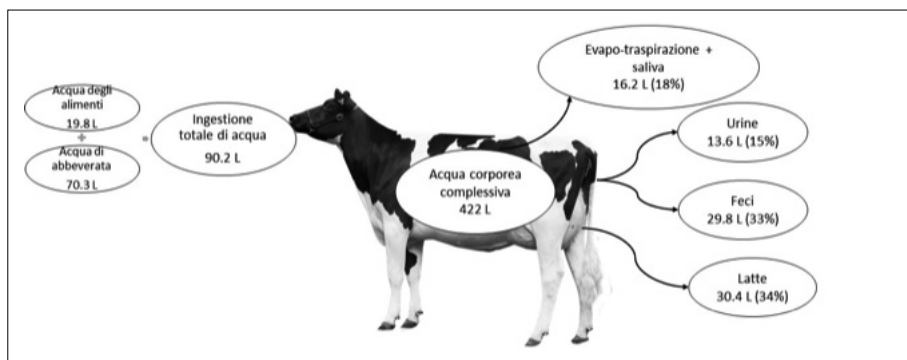


Fig. 1 Distribuzione dell'acqua assunta tramite le varie fonti (L/giorno) e riserve corporee (L) in una bovina da latte allevata a 18°C con le seguenti caratteristiche: Peso vivo di 640 kg, ingestione di sostanza secca pari a 18.7 kg/giorno e una produzione di latte di 34.6 kg/ giorno. I valori tra parentesi riferiti a latte, feci, urine, evaporazione e saliva sono la percentuale del totale di acqua ingerita giornalmente

includono le fermentazioni nei prestomaci) e metabolici, permettere l'eliminazione delle molecole di rifiuto e del calore dal corpo, consentire lo sviluppo della placenta e la crescita del feto (NRC, 2001; INRA, 2018).

La libertà dalla sete si ottiene quando l'animale si trova in uno stato di bilancio idrico, ovvero se l'assunzione di acqua compensa le perdite. In una bovina da latte, fatta 100 la quota eliminata ogni giorno, le perdite sono rappresentate dalla produzione di latte (30%), dal contenuto fecale (30-35 %) e urinario (15-21 %) e dall'evapo-traspirazione (dipendente dalle condizioni climatiche). Una perdita di acqua corporea superiore al 20% può risultare fatale per la bovina (Osborne, 2006).

Le fonti di assunzione di acqua sono rappresentate dall'acqua di bevanda, dall'acqua di costituzione degli alimenti e da quella metabolica, prodotta durante i processi fisiologici. Mantenere il bilancio idrico è indispensabile per mantenere sia il benessere dell'animale che quello dell'ecosistema ruminale. Il rumine rappresenta una fonte di riserva idrica supplementare nei periodi di limitato accesso all'abbeverata e questo spiega la maggiore resistenza dei ruminanti alla sete.

L'alterazione del bilancio idrico causa severi danni alla bovina, specialmente in caso di carenza. In questa condizione aumenta la consistenza delle feci e si altera la minzione, diminuisce l'ingestione di alimenti, la produzione di latte e il peso corporeo, si disidratano i tessuti e si verifica una emo-concentrazione. Nel caso di eccesso si riscontra ugualmente una diminuzione dell'ingestione di alimenti, ma aumenta la produzione di urine con alterazione degli equilibri

Parametro	Valori ottimali	Minerale	Concentrazione Max (mg/L)	Minerale	Concentrazione Max (mg/L)
pH	6.5 – 8.5	Alluminio	0.5	Manganese	0.05
Durezza , CaCO ₃ mg/L	61- 120 (acque medio dure)	Arsenico	0.05	Mercurio	0.003
Residuo Fisso , mg/L H ₂ O	< 3.000	Boro	5.0	Molibdeno	0.5
Escherichia coli, n/100 ml H ₂ O	<1 vitello; <15 bovino adulto	Berillio	0.1	Nickel	0.25
Streptococco fecale, n/100 ml H ₂ O	<3 vitello; <30 bovino adulto	Cadmio	0.005	Piombo	0.015
NO ₃ ⁻ , mg/L H ₂ O	< 220	Cromo	0.1	Rame	1.0
SO ₄ ²⁻ , mg/L H ₂ O	< 800	Cobalto	1.0	Selenio	0.05
		Ferro	0.3	Zinco	5.0
		Fluoro	2.0		

Tab. 1 *Condizioni ottimali dell'acqua di abbeverata per bovine da latte e concentrazioni massime tollerabili per alcuni minerali*

elettrolitici e dell'emo-diluizione. Per garantire l'adeguato approvvigionamento idrico è fondamentale conoscere i fabbisogni nelle specifiche fasi fisiologiche. La stima del fabbisogno di acqua (Water Intake = WI) è effettuata con equazioni che includono i seguenti fattori: livello produttivo, fase fisiologica, livello di ingestione, peso corporeo e temperatura ambientale (NRC, 2001; INRA, 2018). Il consumo di acqua varia tra i 35-50 L/giorno delle bovine in asciutta e i 180-200 L/giorno delle bovine in piena lattazione in periodi di caldo intenso.

Non meno importante della disponibilità idrica risulta la qualità del nutriente acqua. Sebbene al momento non esistono norme di legge per l'acqua di abbeverata a uso zootecnico, le caratteristiche igienico-fisico-chimico-organolettiche risultano di fondamentale importanza per garantire condizioni adeguate di vita e un'ottimale qualità del latte (tab. 1). In particolare l'acqua non deve contenere microrganismi patogeni (es. enterobatteriacee) e contaminanti chimici (es. metalli pesanti, nitrati) sopra soglie considerate rischiose per i ruminanti (Gastaldo e Rossi, 2006). Dove possibile si utilizzano come riferimento gli stessi criteri di potabilità delle acque ad uso umano.

Il WI non è costante ma è influenzato da svariati fattori che dipendono dalle condizioni ambientali (che includono il management aziendale), dalle caratteristiche della razione alimentare e da fattori intrinseci dell'animale (razza, taglia, fase fisiologica, stato salute ecc.). Un fattore ambientale molto rilevante è la temperatura, in quanto impone importanti adattamenti omeostatici del metabolismo e di conseguenza altera il comportamento alimentare e di abbeverata. Temperature superiori alla zona di termo-neutralità (15 °C) determinano l'aumento del WI e la diminuzione dell'ingestione di sostanza secca (INRA, 2018; Meyer et al., 2004). Anche fattori strettamente legati all'organizzazione aziendale influiscono sul WI, tra questi spiccano numero, disposizione e dimensione abbeveratoi, dimensione e composizione dei gruppi, temperatura dell'acqua di abbeverata e frequenza igienizzazione, modalità di distribuzione della razione, numero e intervallo delle mungiture (Cardot

et al., 2008). Relativamente ai fattori dietetici, di grande importanza sono la tipologia di alimento somministrato e la quantità di acqua di costituzione che questi apportano (es. erba e insilati forniscono molta più acqua di fieni e concentrati), il cui consumo è inversamente correlato a quello dell'acqua; il livello di ingestione di sostanza secca (DMI), il contenuto di alcuni minerali (es. K e Na) e di proteina (Murphy et al., 1983), fattori positivamente correlati al WI. Considerando invece i fattori riferibili all'animale, il WI è associato al peso corporeo, all'ambiente (pasto, mungitura), allo stadio fisiologico (in particolare al livello produttivo) e allo stato sanitario. La presenza di patologie ad esempio, incide negativamente, così come la fase estrale (Meyer et al., 2004), mentre il periodo di transizione si associa a un aumento del WI (Huzzey et al., 2007). Per comprendere se una bovina è in grado di soddisfare il proprio fabbisogno idrico, va dunque esaminato il suo comportamento di abbeverata (drinking behavior), frutto dell'interazione del sistema allevamento con la sua dotazione di punti di abbeverata, la tecnica di alimentazione adottata e le sue specifiche caratteristiche fisiologiche.

La valutazione del drinking behaviour negli allevamenti è certamente un aspetto rilevante e può essere eseguita con sistemi di valutazione del benessere animale. Non tutti i sistemi disponibili tuttavia considerano i tre aspetti fondamentali che determinano la soddisfazione del benessere idrico, ovvero ambiente-management, alimentazione, animale. Il Sistema Diagnostico Integrato Benessere (SDIB) sviluppato dall'Università Cattolica del Sacro Cuore valuta numerosi indicatori – diretti e indiretti – del WI, nei tre clusters (Ambiente, Alimenti, Animali) in cui esamina dettagliatamente le condizioni di benessere (Calamari e Bertoni, 2009). Tutti gli indicatori sono elaborati, attraverso formule dedicate che consentono di esprimere un punteggio rispetto alla situazione ideale. Il punteggio SDIB complessivo fornisce per ciascun gruppo di animali allevati in una determinata struttura un indice sintetico di benessere. Il punteggio può tuttavia anche essere analizzato valutando i singoli cluster e, al loro interno, i vari aspetti. In questo modo si possono evidenziare le problematiche che non consentono di raggiungere un adeguato benessere, tra le quali anche l'aspetto della libertà dalla sete. Il sistema SDIB offre anche la possibilità di un'analisi dinamica nel tempo, e di programmare gli interventi più rilevanti.

Sebbene l'acqua rappresenti l'alimento più importante per la vita, e sebbene disponiamo delle tecnologie per soddisfare le esigenze anche degli animali più esigenti, la sua grande disponibilità (almeno nelle nostre condizioni), la rende un alimento "scontato". Tuttavia, la necessità di garantire sempre ottimali condizioni di benessere alle bovine e la limitatezza di questa risorsa in

aree crescenti del globo dovranno mutare radicalmente l'approccio al suo uso e alla sua distribuzione agli animali.

ABSTRACT

Water is the most simple but more limiting nutrient required for life of living beings. Water is indispensable for all the biological processes, from digestion to excretion. In ruminants, the water also allows the microbe fermentation in forestomachs and the maintenance of rumen functions. These essential role of the water justify the inclusion of thirst among the five freedoms necessary to guarantee a good welfare of animals. In whichever breeding condition, dairy cows need a free access of water, with a high hygiene and chemical quality. The requirement in dairy cows ranges among 35 to 200 L/d, in accordance to physiological status and environmental conditions. In intensive livestock systems, the water accessibility could be limited for many reasons (i.e. grouping strategy, environment, hygienic status). Therefore, the satisfaction of water welfare requires constant attention to quality of offered water and usability of the drinking troughs. Methods of welfare assessment, as the Integrated Diagnostic System (ISDW), can be used to verify the respect of freedom from thirst in intensive and extensive dairy production systems.

BIBLIOGRAFIA

- CALAMARI L., BERTONI G. (2009): *Model to evaluate welfare in dairy cow farms*, «Ital. J. Anim. Sci.», 8, pp. 301-323.
- CARDOT V., LE ROUX Y., JURJANZ S. (2008): *Drinking Behavior of Lactating Dairy Cows and Prediction of Their Water Intake*, «J. Dairy Sci.», 91, pp. 2257-2264.
- CARENZI C., VERGA M. (2009): *Animal welfare: review of the scientific concept and definition*, «Ital. J. Anim. Sci.», 8, pp. 21-30.
- ENSMINGER M.E., OLENTINE JR C.G. (1978): National Research Council (NRC) Requirements, «Feed. Nutr.», pp. 1022-1025.
- GASTALDO A., ROSSI P. (2006): *Le caratteristiche che deve avere l'acqua di abbeverata*, «L'informatore Agrar.», 29, pp. 35-38.
- HUZZEY J.M., VEIRA D.M., WEARY D.M., VON KEYSERLINGK M.A.G. (2007): *Prepartum Behavior and Dry Matter Intake Identify Dairy Cows at Risk for Metritis*, «J. Dairy Sci.», 90, pp. 3220-3233.
- INRA (2018): *Feeding System for Ruminants*, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, pp. 1-640.
- MEYER U., EVERINGHOFF M., GÄDEKEN D., FLACHOWSKY G. (2004): *Investigations on the water intake of lactating dairy cows*, «Livest. Prod. Sci.», 90, pp. 117-121.
- MURPHY M.R., DAVIS C.L., MCCOY G.C. (1983): *Factors Affecting Water Consumption by Holstein Cows in Early Lactation*, «J. Dairy Sci.», 66, pp. 35-38.
- NRC. (2001): *Nutr. Requir. Dairy Cattle*. 7th Rev. Ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC., pp. 1-333.
- OSBORNE V.R. (2006): *Water, the Forgotten Nutrient*, «WCDS Adv. Dairy Technol.», 18, pp. 197-210.

Stress idrici e produzioni animali

I sistemi agro-zootecnici sono largamente dipendenti dai fattori climatici, che ne condizionano sia la possibilità di esercizio, sia i risultati produttivi ed economici.

Poiché tali sistemi sono largamente basati sulla possibilità di autoproduzione di foraggi, risentono fortemente dei fattori climatici, che influenzano disponibilità e qualità della biomassa foraggera (per il pascolo, per il foraggiamento verde, per l'insilamento, per la fienagione), come la temperatura ambientale e la disponibilità di acqua piovana.

I mutamenti climatici in atto e, in particolare, l'aumento della variabilità climatica, stanno creando problemi sempre più frequenti per l'agricoltura e per l'allevamento anche in aree geografiche considerate storicamente indenni. Ne sono testimonianza i diffusi problemi creati dalla siccità nel corso del 2017 in buona parte dell'arco alpino e della catena appenninica, costringendo gli allevatori a una riduzione della monticazione estiva e all'acquisto di grandi quantità di fieno. Altrettanto gravi sono stati i problemi creati nel 2013 da alluvioni diffuse in numerose parti d'Italia.

Ai problemi derivanti da carenza o eccesso di piogge, si vengono ad aggiungere sull'agricoltura i problemi derivanti dalla cattiva qualità delle acque disponibili (fiumi, laghi, falde), spesso inquinate da sostanze provenienti da insediamenti industriali e/o urbani, ma anche dalle pratiche agronomiche, con inevitabili ricadute anche a lungo termine sulla salute umana.

Lo "stress idrico" consegue a una carenza prolungata di acqua rispetto alle richieste, o quando la cattiva qualità dell'acqua ne impedisce o ne limita l'uso.

* *Università della Tuscia*

** *Università di Pisa*

Lo stress idrico è responsabile del deterioramento, anche qualitativo, delle risorse idriche, con conseguenze sulla salute pubblica e sull'ecosistema.

Secondo quanto proposto da Falkenmark (1989), lo stress idrico corrisponde a una disponibilità di acqua per singolo abitante nel corso dell'anno inferiore a 1,700 metri cubi. Valori estremamente critici corrispondono a una disponibilità inferiore a 500 metri cubi.

Negli ultimi decenni, a seguito del forte incremento demografico, si è registrato in molte aree del pianeta un forte aumento della richiesta di acqua per l'irrigazione delle aree destinate alla produzione agricola, e un parallelo incremento delle situazioni di stress idrico.

Le disponibilità di risorse idriche sono influenzate da una serie di componenti, quali:

- parametri climatici e idrologici (es.: precipitazioni, evapotraspirazione);
- infrastrutture (riserve idriche, sistemi di distribuzione);
- politiche per le risorse idriche (investimenti, prezzi);
- qualità delle risorse idriche.

Negli ultimi decenni si è assistito a un enorme incremento del fabbisogno di acqua per l'irrigazione in agricoltura. A livello mondiale le aree rurali attrezzate per l'irrigazione sono passate dai 140 milioni di ha degli anni sessanta agli attuali 324 milioni di ha, interessando circa il 20% della terra coltivabile (FAO, 2014). Per i prossimi decenni è previsto un ulteriore incremento, soprattutto per far fronte alle necessità dei paesi in via di sviluppo.

Insieme al problema della irregolare o scarsa disponibilità di acqua, l'agricoltura e l'allevamento devono fare i conti anche con il problema della salinizzazione delle acque. Si stima che la salinità del suolo e delle acque interessi un quarto delle terre irrigate a livello mondiale, con maggiore incidenza nei paesi medio-orientali, in Africa Settentrionale, in India e in Cina (FAO, 2011). Le alte temperature e la scarsità di apporti idrici naturali causano un incremento della salinità del suolo, e quindi delle acque, in alcuni periodi dell'anno. Ma le cause principali di incremento della salinità del suolo sono da ricercare in cattive pratiche agronomiche di irrigazione e di fertilizzazione minerale. L'incremento della salinità delle risorse idriche pone problemi per una vasta gamma di colture e limita, al di sopra di certe concentrazioni, la capacità di assunzione volontaria da parte degli animali.

Dall'analisi dei dati climatici registrati in Italia emergono informazioni importanti per comprendere tendenze in atto e prevedere gli scenari futuri con i quali l'agricoltura e l'allevamento dovranno confrontarsi, al fine di mantenere un livello accettabile di sostenibilità economica e ambientale. Nel corso degli ultimi decenni, a partire dagli anni Ottanta, si è verificato in Ita-

lia: un aumento della temperatura media; un aumento del numero di giorni estivi; un aumento delle onde di calore e della loro durata; una riduzione delle precipitazioni (ISPRA, 2013).

Le anomalie climatiche che si sono registrate in Italia negli ultimi anni hanno determinato conseguenze di rilievo sui sistemi agro-zootecnici. Gli ultimi episodi di prolungata siccità hanno causato a livello nazionale: una notevole riduzione della biomassa dei pascoli montani, con scadimento anche del loro valore nutritivo; una riduzione della produzione di foraggi destinati all'insilamento e alla fienagione; un notevole aumento del costo dei fieni e delle paglie (CLAL, 2018).

I sistemi agro-zootecnici, così come gli altri sistemi di produzione animale, dovranno adottare linee strategiche di adattamento ai mutamenti climatici in corso, cercando di mantenere un livello accettabile di efficienza produttiva e di redditività, prestando particolare attenzione all'uso delle risorse naturali, acqua *in primis*.

Alcune soluzioni potranno derivare da:

- sistemi agricoli e di allevamento più resilienti (sistemi misti, agroforestry);
- aumento dell'impiego di foraggiere poliennali (aumento della copertura di terreno e miglioramento della capacità di incorporare acqua dei terreni);
- colture meno richiedenti acqua (sorgo, miglio, panico per le colture estive);
- sostituzione parziale o totale di insilato di mais con insilati di cereali autunno-vernini (soprattutto nelle aree interne del centro-sud);
- impiego di sistemi di irrigazione a risparmio idrico (sub-irrigazione e irrigazione a goccia);
- impiego di razze animali più adattate agli stress idrici e termici.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- CLAL (2018): Web site: <http://teseo.clal.it/clal20/index>.
- FALKENMARK M. (1989): *The massive water scarcity now threatetening Africa. Why isn't it being addressed?*, «Ambio», 18, 2, pp. 112-118.
- FAO (2011): Web site: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faowater
- FAO (2014): Web site: <http://www.fao.org/nr/acquastat>
- ISPRA (2013): *Variazioni e tendenze degli estremi di temperatura e precipitazione in Italia*.

Mangimi e *Water Footprint* in acquacoltura intensiva

Un adeguato sviluppo del settore Acquacoltura, sostenuto dai necessari sforzi per ricerca e investimento, consentirebbe di contenere nel nostro Paese l'importante voce di spesa relativa all'importazione di prodotti alieutici che pesa in negativo per almeno 3,7 miliardi di euro (dati 2012).

I principali problemi che l'acquacoltura sta affrontando richiedono però uno sforzo di ricerca che da molti anni almeno in Italia è palesemente insufficiente in questo settore, fatti salvi recenti investimenti privati delle fondazioni di origine bancaria (AGER, 2016; Fondazione CARIPLO, 2014, 2015). L'imprenditoria nazionale ha dimostrato di essere in grado di fornire un ottimo prodotto al consumatore, minimizzando l'impatto sull'ambiente, ma sono necessarie nuove soluzioni che riducano le più importanti voci di costo, quale quella relativa al mangime, nel rispetto della sostenibilità ambientale ed economica, mantenendo elevati il valore della qualità e della sicurezza alimentare dei prodotti. Esistono obiettivi trasversali da perseguire, sulla strada della sostenibilità e della qualità, tra i quali la produzione di alimenti acquatici ricchi di acidi grassi polinsaturi a lunga catena del tipo -3 (EPA e DHA) a costi competitivi. In questo modo si andrebbe a favorire un rapporto -6/-3 ottimale per la dieta umana.

L'ACQUACOLTURA NEL CONTESTO MONDIALE, EUROPEO E NAZIONALE

Il consumo medio di pesce a livello mondiale ha superato 20 kg/*per caput*, come riportato per il 2014 (FAO, 2016) e dal 2013 l'acquacoltura fornisce

* Dipartimento Biotecnologie e Scienze della Vita, Università dell'Insubria, Varese

oltre il 50% del fabbisogno ittico totale, continuando a crescere con un ritmo del 7,8% all'anno, a fronte di una produzione della pesca ormai stabilizzata se non in declino. In tale quadro si prevede che l'acquacoltura raggiungerà i 2/3 della produzione alieutica complessiva entro il 2030 (FAO, 2014). Circa l'80% della produzione mondiale dell'acquacoltura è concentrata in Asia, prevalentemente in Cina. Tra gli stati membri dell'Europa (esclusa quindi la Norvegia), la produzione dell'acquacoltura è di 1,4 milioni di tonnellate, corrispondente al 2,1% del totale della produzione mondiale e di questa quota l'Italia ricopre a sua volta il 12%. Tuttavia l'Italia produce solo un terzo del pesce che consuma, mentre per i due terzi è dipendente dall'importazione. Anche se il problema investe tutta l'Europa, l'Italia è in questo settore il paese dell'Unione maggiormente deficitario. Infatti, mentre a livello Comunitario la data figurativa indicata negli ultimi anni come la fine dell'autosufficienza alimentare per il pesce è il 2 luglio, per l'Italia tale soglia è anticipata al 30 di aprile.

Ampia letteratura mostra come il consumo di pesce sia positivamente correlato a migliori condizioni generali di salute delle popolazioni umane e questo particolare aspetto è un importante tassello nel quadro della sostenibilità globale. La relazione esistente a livello mondiale tra consumo di pesce e mortalità, dovuta a qualsiasi causa, riporta una differenza di 450 decessi ogni 100.000 abitanti (Hibbeln et al., 2006) e in tale quadro, per i Paesi grandi consumatori di prodotti ittici come Giappone e Islanda, sono riportati i valori di mortalità più bassi. La media europea e quella italiana si pongono solo a metà strada su tale statistica, ne deriva pertanto la necessità di incrementare una produzione ecologicamente sostenibile, fase preliminare indispensabile al fine di promuovere un incremento dei consumi, anche per ridurre gli enormi costi associati a carico delle amministrazioni sanitarie pubbliche.

La sostenibilità ovvero l'impatto ambientale di un'azienda ittica dipende in gran parte dall'alimentazione e può essere minimizzato proprio con un perfezionamento delle diete, una migliore conversione dei mangimi e una minore perdita di capi per patologie che sono spesso sostenute proprio da cattiva strategia nutrizionale.

La sostituzione delle farine (FM) e degli oli di pesce (FO) con sorgenti proteiche o lipidiche alternative di natura vegetale o animale, si rende necessaria per la sostenibilità economica e ambientale del settore, con l'obiettivo di ridurre il rapporto *Fish-In/Fish-Out* (FIFO), ossia la biomassa di prodotti della pesca necessaria per produrre una unità di biomassa in acquacoltura. D'altra, parte però la sostituzione di farine e oli di pesce con sorgenti alternative di proteine e di lipidi è origine di patologie e scarse per-

formance del pesce, a causa di carenze nutrizionali associate ad alcuni dei prodotti alternativi impiegati per la formulazione dei mangimi (limitata digeribilità, presenza di fattori anti-nutrizionali e/o infiammatori quali saponine, ecc.). Inoltre l'impatto sulla risorsa idrica (*water footprint*) dell'allevamento è in gran parte influenzato dal tipo di dieta fornita e sembrerebbe aumentare nelle diete dove FM e FO sono sostituiti con sorgenti proteiche e oleose di origine vegetale. Inoltre l'effimero vantaggio economico che l'allevatore può apparentemente aver ottenuto acquistando mangimi più economici, si perde poi con una crescita ritardata, ridotta efficienza di conversione, perdita di capi per patologie ricorrenti, oltre a perdita di qualità nutrizionale del prodotto e maggiore impatto ambientale.

IL CONCETTO DI WATER FOOTPRINT IN ACQUACOLTURA

Il concetto di *water footprint* rappresenta un indicatore del consumo diretto e indiretto di acqua dolce e indica il volume di acqua utilizzato per produrre un bene, misurato lungo l'intera filiera produttiva. Si tratta di un indicatore multidimensionale che definisce il volume di acqua consumato in funzione della tipologia della sorgente e del volume di acqua inquinata, tenendo conto della tipologia di inquinamento. Per "consumo" si intende la perdita di acqua per evaporazione, deviazione della risorsa idrica in altro alveo o in mare, ovvero incorporazione nello stesso prodotto. Il concetto di "*water footprint*" sviluppato in Hoekstra (2003), è descritto sul manuale dello stesso Autore (Hoekstra et al., 2011). L'acqua viene suddivisa in "*blue*", "*green*" e "*gray*". Con *blue-water footprint* (o acque blu) si intende il consumo di acque superficiali e sotterranee. Con *green-water footprint* (o acque verdi) si intende il consumo di acque meteoriche che sono distolte dal ruscellamento. Con *grey-water footprint* (o acque grigie) si indica l'inquinamento, quantificato in termini di volume d'acqua dolce necessario per diluire un carico inquinante fino alla concentrazione dei potenziali inquinanti corrispondente ai valori naturali, ovvero fino a raggiungere per gli stessi parametri i valori riportati sugli standard di qualità della legislazione e dei regolamenti.

La domanda di risorse naturali necessarie per produrre gli alimenti indispensabili all'Acquacoltura cresce con l'incremento mondiale e regionale del settore. Mentre è possibile ridurre la pressione sulla risorsa oceanica sostituendo la farina e l'olio di pesce con ingredienti di provenienza terrestre, è perciò importante comprendere quali siano le implicazioni di tali sostitui-

zioni. L'utilizzo di mangimi con una grande percentuale di risorse terrestri può aumentare notevolmente la pressione sulle risorse d'acqua dolce a causa del relativo consumo idrico per la loro produzione. In Pahlow et al. (2015), è stato determinato il valore del *water footprint* relativo ai mangimi impiegati per l'allevamento delle principali specie di pesci e crostacei, in un quadro che rappresenta l'88% della produzione totale di mangimi, calcolandone un impiego complessivo che per il 2008 era all'interno di un intervallo $31-35 \times 10^9 \text{ m}^3$.

In seguito a uno studio condotto su mangimi diversamente sostituiti, dove la componente in farina di pesce passa dal 52% al 5%, Pahlow et al. (2015) riportano per mangimi dedicati alla spigola, un rapporto da 1 al 577% nel valore di *water footprint*, dove i consumi di acqua dolce sono via via più elevati in funzione della percentuale di sostituzione della farina di pesce con farine proteiche vegetali. Attraverso il miglioramento di dettagli tecnologici, una scelta oculata delle materie prime, il recupero di scarti di alcune altre produzioni, è possibile ridurre i consumi dell'acqua dolce necessaria per la produzione dei mangimi (*blue- e green-water footprint*), ma anche l'inquinamento delle acque da parte dei prodotti del catabolismo dei pesci e delle loro deiezioni, dovuto alla tipologia di mangime distribuito e alla sua digeribilità (*grey-water footprint*).

Una contestazione sul metodo di calcolo del consumo idrico per evapotraspirazione delle colture vegetali impiegate come sorgente proteica alternativa alla farina di pesce, è stata tuttavia presentata da Pulina (2018), il quale proponendo una variazione nel calcolo dell'evapotraspirazione netta della coltura, deducendo il valore di evapotraspirazione che nella stessa area presenterebbe un climax naturale selvatico, riscontra valori di *water footprint* molto più contenuti. È tuttavia necessario, al fine di ridurre la pressione sulla risorsa idrica, massimizzare l'utilizzo degli ingredienti *feed-grade* disponibili localmente, facendo il migliore uso possibile dei prodotti di scarto provenienti da altre lavorazioni di prodotti agricoli e zootecnici, quali residui della lavorazione e commercializzazione di ortofrutticoli, resti della lavorazione di avicoli e di suini, ovvero di altre specie animali, qualora le condizioni igieniche e la legislazione lo consentano.

BIBLIOGRAFIA

AGER (2016): Progetti Acuacoltura: "Fine Feed For Fish (4F)"; "Sustainable Fish Feed Innovative Ingredients (SUSHIN)", <<https://acquacoltura.progettoager.it>>.

- FAO (2014): *The State of World Fisheries and Aquaculture 2014*, Rome, 223 pp.
- FAO (2016): *The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all*, Rome, 200 pp.
- FONDAZIONE CARIPLO (2016): *Progetto MYSUSHI*, <http://www.mysushibiotech.com/it/>
- HIBBELN J.R., NIEMINEN L.R.G., BLASBALG T.L., RIGGS J.A., LANDS W.E.M. (2006): *Healthy intakes of n-3 and n-6 fatty acids: estimations considering worldwide diversity*, «Am. J Clin. Nutr.», 83 (suppl):1483S-93S.
- HOEKSTRA A.Y. (ed.) (2003): *Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No 12, UNESCO-IHE, Delft, Netherlands, <www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf>.
- HOEKSTRA A.Y., CHAPAGAIN A.K., ALDAYA M.M., MEKONNEN M.M. (2011): *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the global standard*, <http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf>.
- PAHLOW M., VAN OEL P.R., MEKONNEN M.M., HOEKSTRA A.Y. (2015): *Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production*, «Sci. of the Total Env.», 536, pp. 847-857.
- PULINA G., STEFANON B., ATZORI A. (2018): *La WaterFootprint nei sistemi zootecnici*, Seminario: *Acqua e Allevamenti Animali*, Università della Tuscia, Viterbo, 22 marzo 2018.