



CARBON FOOTPRINT

“Servizio di captazione ed adduzione di acqua potabile”

REV. 3

DATA: 11/10/2012

3	11/10/2012				Aggiornamento dati 2011
2	27/06/2011				Aggiornamento dati 2010
1	24/01/2011				Prima emissione
0	14/01/2011				Documento interno
REV.	DATA	REDATTA	VERIFICATA	APPROVATA	DESCRIZIONE



**INDICE**

1.1	ASPETTI GENERALI	4
1.1.1	PREMESSA	4
2.1	AGGIORNAMENTO NORMATIVO	5
3.1	QUANTIFICAZIONE DELLA CARBON FOOTPRINT	6
3.1.1	OBIETTIVO DELLO STUDIO	6
3.1.2	CAMPO DI APPLICAZIONE DELLO STUDIO	6
4.1.	ANALISI D'INVENTARIO DEL CICLO DI VITA	9
4.1.1.	GENERALITÀ	9
4.2.	CAPTAZIONE ACQUA	9
4.2.1.	PRELIEVO DELL'ACQUA	9
4.2.2.	ACQUISIZIONE DELL'ACQUA DA POZZI/SORGENTI	10
4.2.3.	ACQUISIZIONE DELL'ACQUA DA POTABILIZZATORI/DISSALATORI	10
4.3.	TRATTAMENTO ACQUA	11
4.3.1	POTABILIZZAZIONE ACQUA	11
4.3.2	DISSALAZIONE ACQUA	14
4.4.	ADDUZIONE ACQUA	16
4.4.1	ACQUEDOTTI	16
4.4.2	FUNZIONAMENTO, MANUTENZIONE, INFRASTRUTTURE	17
4.5.	RISULTATI DELL'INVENTARIO	19
5.1	VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEL CICLO DI VITA	23
5.1.1	CATEGORIE D'IMPATTO	23
	Cambiamenti Climatici (GWP): emissione di gas serra	23
	Distruzione della fascia di ozono stratosferico (ODP): emissione di gas lesivi per l'ozono	23
	Formazione di Ossidanti Fotochimici (POCP)	24
	Acidificazione (AP)	24
	Eutrofizzazione (EP)	24
5.1.2	CARBON FOOTPRINT CICLO DI VITA	25
5.1.3	CONTRIBUTO POTABILIZZATORI	27
5.1.4	CONTRIBUTO DISSALATORI	28
5.1.5	CONTRIBUTO ACQUEDOTTI	29
6.1	CONCLUSIONI	31



1.1 ASPETTI GENERALI

1.1.1 PREMESSA

La Società Siciliacque S.p.A. ha deciso nel corso dell'anno 2010 di predisporre uno studio di "Carbon Footprint (CF)" come metodologia per l'identificazione e la quantificazione degli emissioni di gas serra del "Servizio di captazione ed adduzione di acqua potabile". Lo studio è aggiornato annualmente tramite la raccolta dei dati e delle informazioni necessarie a quantificare la Carbon Footprint.

Il presente studio è stato aggiornato con i dati raccolti durante l'anno 2011.

Lo studio è stato realizzato da docenti universitari del CE.Si.S.P. (Centro Interuniversitario per lo sviluppo della Sostenibilità dei Prodotti).

La Carbon Footprint del servizio in oggetto è stata quantificata, ove non diversamente specificato nel seguito, in conformità a quanto previsto dalla norma **ISO/DIS 14067.2 Carbon Footprint Of Products - Requirements And Guidelines For Quantification And Communication.**

Lo studio LCA, necessario per quantificare la CF, è stato condotto in accordo con le norme **ISO 14040** e **ISO 14044** seguendo le indicazioni del documento Product Category Rules (PCR - UN CPC code 6921 "Water distribution through mains, except steam and hot water") sviluppato all'interno dell'International EPD® system (www.environdec.com), un'applicazione della norma **ISO 14025.**

SOCIETÀ	
Siciliacque S.p.A.	Sede Legale e Operativa: Via G. di Marzo, 35 - 90145 - PALERMO (PA) Tel: (+39) 091 280.81 Fax: (+39) 091 280.859 E-mail: siciliacque@siciliacquespa.it Web: www.siciliacquespa.it
GRUPPO DI LAVORO STUDIO CF	
Prof. Ing. Adriana Del Borghi Dott.ssa Michela Gallo Ing. Carlo Strazza	Tel: (+39) 010 353.2918 Fax: (+39) 010 353.2586
CE.Si.S.P. - Centro Interuniversitario per lo sviluppo della Sostenibilità dei Prodotti	E-mail: cesisp@cesisp.unige.it Web: www.cesisp.unige.it



2.1 AGGIORNAMENTO NORMATIVO

Al momento della redazione del presente documento, lo standard di riferimento utilizzato, ovvero la ISO/DIS 14067-2, si trova nel seguente stato di approvazione:

ISO/DIS 14067.2

Carbon footprint of products -- Requirements and guidelines for quantification and communication

Edition: 1 (Monolingual)

ICS: [13.020.40](#)

Status: Under development

Stage: [40.20](#) (2012-10-04)

TC/SC: [TC 207/SC 7](#)

Number of Pages: 54

Target publication date: 2014-04-15

Lo stadio 40.20 corrisponde al *Enquiry stage*, ed in particolare a: *DIS ballot initiated: 5 months* (http://www.iso.org/iso/home/standards_development/resources-for-technical-work/stages_table.htm).

3.1 QUANTIFICAZIONE DELLA CARBON FOOTPRINT

La quantificazione della carbon footprint è stata effettuata in accordo con la norma internazionale ISO/DIS 14067.2, utilizzando la norma ISO 14040 come base metodologica per lo studio.

3.1.1 OBIETTIVO DELLO STUDIO

L'obiettivo dello studio è quello di valutare le emissioni di gas serra totali (GHG) associabili al ciclo di vita del **servizio di captazione ed adduzione di acqua potabile**.

3.1.2 CAMPO DI APPLICAZIONE DELLO STUDIO

Funzioni e unità funzionale

Funzione del sistema che si vuole studiare è il servizio di captazione ed adduzione di acqua potabile nella rete afferente a Siciliacque S.p.A..

L'unità funzionale è rappresentata da 1 m³ di acqua addotta

Ove non diversamente specificato, i dati raccolti si riferiscono all'anno **2011**.

Nella figure seguenti sono riportati i principali acquedotti ed impianti in Sicilia.

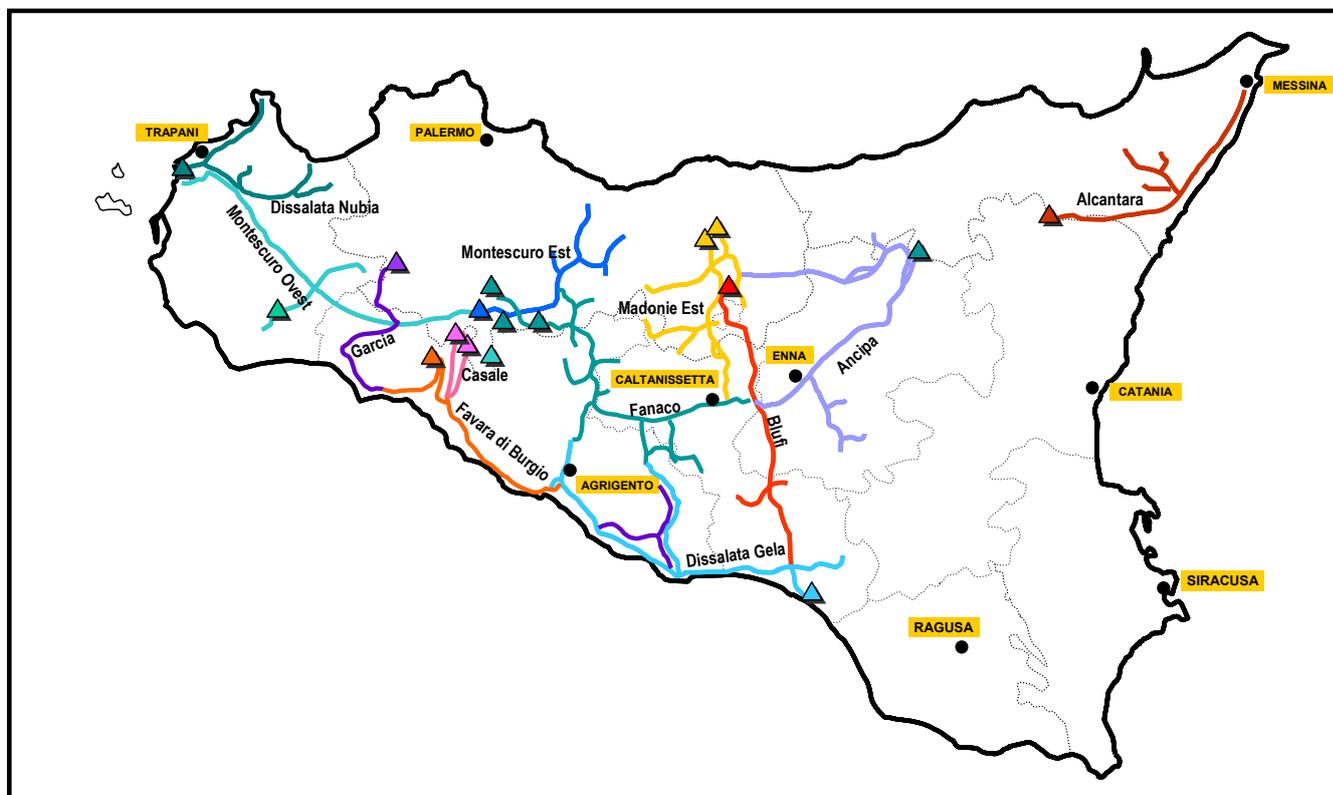


Figura 1 – Sistema degli acquedotti in Sicilia

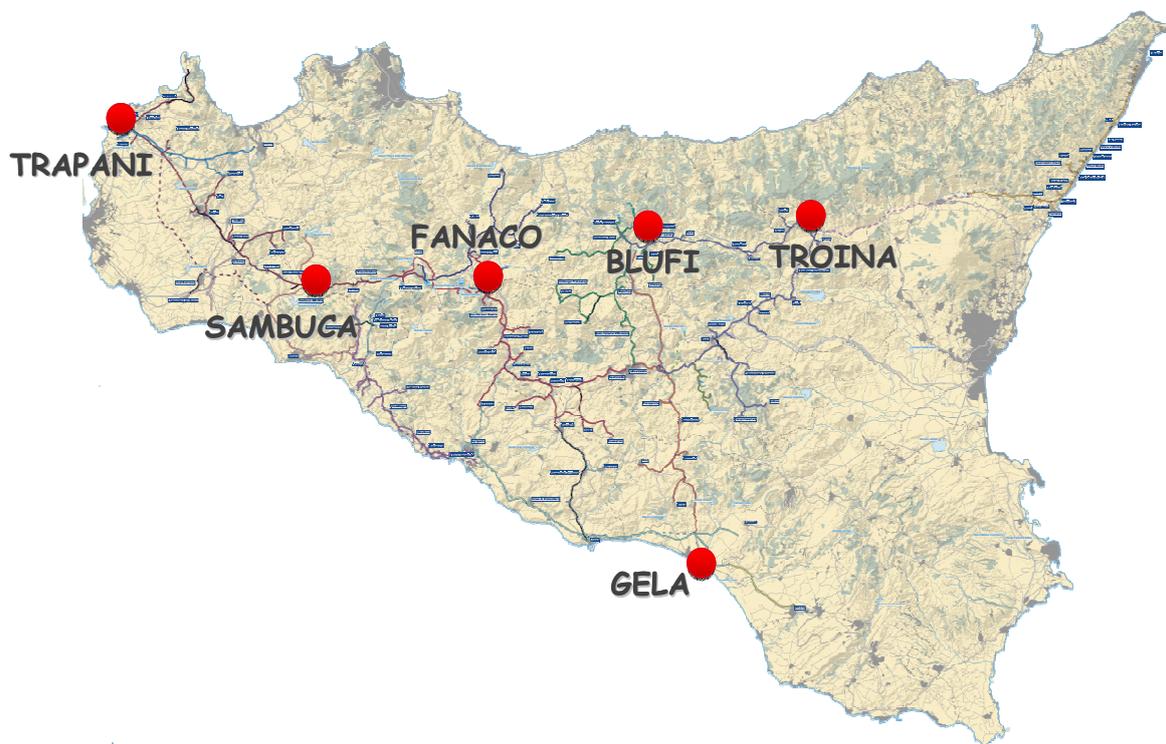


Figura 2 – Principali impianti gestiti da Siciliacque

Confini del sistema

I confini del sistema sono definiti in accordo alla bozza di PCR in corso di sviluppo all'interno dell'International EPD® System e sono rappresentati nella figura seguente.

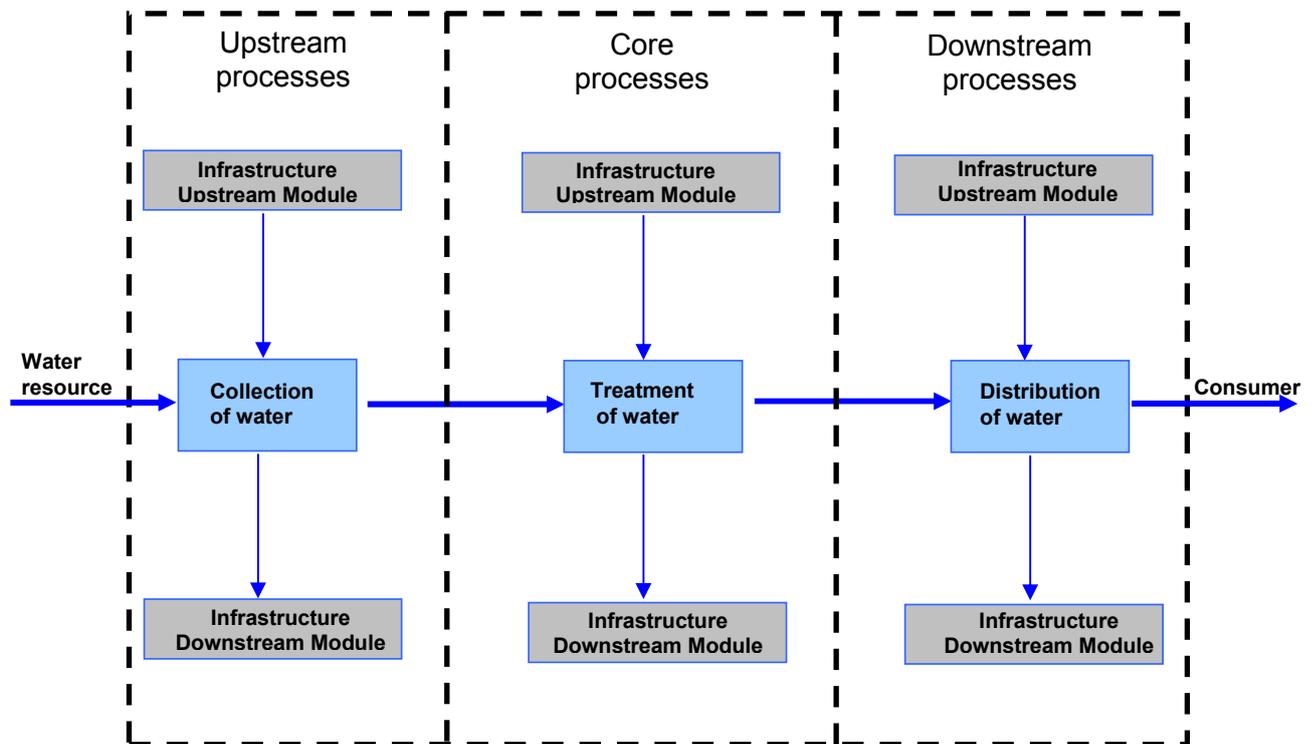


Figura 3 – Confini del sistema (Fonte: draft version PCR - UN CPC code 6921 "Water distribution through mains, except steam and hot water")

Nel presente studio, i confini del sistema considerati comprendono le seguenti fasi del ciclo di vita:

1. CAPTAZIONE ACQUA (Up-stream processes)

- Acquisizione dell'acqua da pozzi/sorgenti
- Acquisizione dell'acqua da invasi/fiumi
- Acquisizione dell'acqua di mare

2. TRATTAMENTO ACQUA (Core processes)

- Potabilizzazione acqua
- Dissalazione acqua

3. ADDUZIONE ACQUA (Down-stream processes)

- Perdite associate all'adduzione di acqua attraverso gli acquedotti.
- Funzionamento, manutenzione ed infrastrutture della rete di adduzione.



4.1. ANALISI D'INVENTARIO DEL CICLO DI VITA

4.1.1. GENERALITÀ

L'analisi d'inventario comprende la **raccolta dei dati** ed i **procedimenti di calcolo** che consentono di quantificare i flussi in entrata ed in uscita dal sistema.

4.2. CAPTAZIONE ACQUA

4.2.1. PRELIEVO DELL'ACQUA

Nel seguito sono riportati i dati relativi al prelievo totale 2011.

Acqua prelevata totale 2011	88.918.396 m³	
	m³	%
Acqua da potabilizzatori	46.438.033	52,23%
Acqua da dissalatori	6.837.252	7,69%
Acqua da pozzi/sorgenti	35.643.111	40,09%

Tabella 1 – Suddivisione prelievi tra potabilizzatori/dissalatori e pozzi/sorgenti

Rispetto al 2010, aumenta il contributo da potabilizzatori a discapito di quello da dissalatori che passa dal 12,41 al 7,69%. Nello studio di CF, tutti i dati raccolti devono essere riferiti al m³ di acqua addotta. Nel seguito sono riportati i dati relativi al 2011.

Acqua addotta totale 2011	74.785.991 m³	
ACQUA ADDOTTA (1m³)	1,1890	Acqua immessa in rete (1m ³)
ACQUA IMMESSA IN RETE		
	m³	%
Acqua da potabilizzatori	39.057.321	52,23%
Acqua da dissalatori	5.750.561	7,69%
Acqua da pozzi/sorgenti	29.978.109	40,09%
		100%

Tabella 2 – Suddivisione acqua addotta tra potabilizzatori/dissalatori e pozzi/sorgenti

La suddivisione dell'acqua prelevata tra potabilizzatori, dissalatori e pozzi/sorgenti è stata ricavata ripartendo le perdite (date dal rapporto tra l'acqua addotta e prelevata totale nell'anno) percentualmente sull'acqua da potabilizzatori, da dissalatori e da pozzi/sorgenti.



4.2.2. ACQUISIZIONE DELL'ACQUA DA POZZI/SORGENTI

Relativamente a questa fase, i dati raccolti si riferiscono al consumo elettrico delle pompe per il prelievo dell'acqua. I dati 2011 sono riassunti nella tabella seguente.

Utenze	Consumo elettrico	
	kWh	kWh/m ³ trattati
Totale pozzi	13.835.576	0,38816

Tabella 3 – Consumi relativi al prelievo di acqua da pozzi/sorgenti

4.2.3. ACQUISIZIONE DELL'ACQUA DA POTABILIZZATORI/DISSALATORI

Relativamente a questa fase, i dati raccolti si riferiscono al consumo elettrico delle pompe per il prelievo dell'acqua dagli invasi/fiumi e dal mare. I dati 2011 sono compresi in quelli relativi al funzionamento degli impianti e riassunti nei paragrafi seguenti.

4.3. TRATTAMENTO ACQUA

4.3.1 POTABILIZZAZIONE ACQUA

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati relativi al prelievo totale 2011, i consumi elettrici e di reagenti e la produzione di rifiuti, suddivisi tra i vari potabilizzatori.

Potabilizzatore	Acqua prelevata m ³	(solo potabizz.) m ³	Acqua in uscita m ³	Ripartizione % potabilizzatori (sull'uscita)
TROINA (invaso ANCIPA)	20.296.150	20.296.150	19.484.304 ¹	41,31
BLUFI (Fiume Imera merid.)	0	0	0	-
FANACO - Piano Amata	16.732.376 ²	13.479.997	15.847.879	33,60
SAMBUCA (invaso Garcia)	9.294.425	9.294.425	7.822.970 ³	16,58
GELA (invasi Ragoletto e Disueri)	3.367.461	3.367.461	4.014.093	8,51
	49.690.412	46.438.033	47.169.246	100,00%

Tabella 4 – Suddivisione prelievi tra i potabilizzatori

	Consumi elettrici		
	kWh	kWh/m ³ trattati	MJ/m ³ trattati
TROINA (invaso ANCIPA)	3.385.118	0,1668	0,6004
BLUFI	166.652	-	-
FANACO	1.153.144	0,0855	0,3080
SAMBUCA	14.229.007	1,5309	5,5113
GELA	540.454	0,1605	0,5778
	19.474.375		

Tabella 5 – Consumi elettrici suddivisi tra i potabilizzatori

¹ Stimato in base alle perdite 2010 (4%)

² Comprende Pozzi e Sorgenti

³ MOW + GAR (Totale in uscita)



	Ipoclorito		Policloruro	
	kg	kg/m ³ trattati	kg	kg/m ³ trattati
TROINA (invaso ANCIPA)	88.605	0,0044	774.130	0,0381
BLUFI	0	-	0	-
FANACO	194.976	0,0145	488.838	0,0363
SAMBUCA	52.607	0,0057	216.089	0,0232
GELA	9.065	0,0027	91.874	0,0273
	345.253		1.570.931	
Acido Solforico		Purate™		
	kg	kg/m ³ trattati	kg	kg/m ³ trattati
TROINA (invaso ANCIPA)	44.485	0,0022	29.240	0,0014
BLUFI	0	-	0	-
FANACO	87.018	0,0065	61.058	0,0045
SAMBUCA	16.060	0,0017	13.723	0,0015
GELA	0	-	0	-
	147.563		104.021	
Clorito di Sodio		Acido Cloridrico		
	kg	kg/m ³ trattati	kg	kg/m ³ trattati
TROINA (invaso ANCIPA)	58.549	0,0029	46.479	0,0023
BLUFI	0	-	0	-
FANACO	0	-	0	-
SAMBUCA	19.993	0,0022	15.108	0,0016
GELA	46.568	0,0138	45.686	0,0136
	125.110		107.273	
Permanganato		Carbone		
	kg	kg/m ³ trattati	kg	kg/m ³ trattati
TROINA (invaso ANCIPA)	0	-	0	-
BLUFI	0	-	0	-
FANACO	2.850	0,00021	0	-
SAMBUCA	0	-	2.220	0,00024
GELA	0	-	0	-
	2.850		2.220	
Poli elettrolita				
	kg	kg/m ³ trattati		
TROINA (invaso ANCIPA)	775	-		
BLUFI	0	-		
FANACO	0	0,00025		
SAMBUCA	300	-		
GELA	1.250	0,00006		
	2.325			

Tabella 6 – Consumi di reagenti suddivisi tra i potabilizzatori



	Fanghi prodotti	
	kg	kg/m³ trattati
TROINA (invaso ANCIPA)	205.820	0,0101
BLUFI	0	-
FANACO	207.220	0,0154
SAMBUCA	27.340	0,0029
GELA	175.700	0,0522
	616.080	

Tabella 7 – Produzione di rifiuti suddivisi tra i potabilizzatori



4.3.2 DISSALAZIONE ACQUA

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati relativi al prelievo totale 2011, i consumi elettrici e di reagenti e la produzione di rifiuti.

Solo la gestione del dissalatore di **Trapani** è in carico a Siciliacque: il 99,5% dell'acqua prelevata da dissalatori deriva da quello di Trapani, per cui si può ipotizzare che questo sia rappresentativo di tutta l'acqua prelevata da dissalatori.

Dissalatore	Acqua prelevata		% dissalatori
	m ³		
TRAPANI	6.801.417		99,48
GELA	0		-
PORTO EMPEDOCLE	35.835		0,52
	6.837.252		100,00%

Tabella 8 – Suddivisione prelievi tra i dissalatori

Dissalatore	Consumi elettrici		kWh/m ³ trattati	MJ/m ³ trattati
	m ³	kWh		
TRAPANI (MED-Multi Effect Distillation)	6.801.417	26.321.484	3,8700	13,9320

Tabella 9 – Consumi elettrici

Dissalatore	Consumi Metano		Nm ³ /m ³ trattati	MJ/m ³ trattati
	m ³	Nm ³		
TRAPANI	6.801.417	45.569.494	6,7000	222,0644

Tabella 10 – Consumi di metano



Dissalatore	Chemicals
TRAPANI	kg
BELGARD EV 2005	3.450
NALCO 131 S	2.090
CARBONATO DI SODIO	171.200
ANIDRIDE CARBONICA	1.001.546
ACIDO DEMI HCL	25.175
SODA DEMI	12.667
DEOX SG. EX NALCO BWT 15	2.302
CONTROL PO EX NALCO BWT 18	4.352
CALCE IDRATA	637.779
IPOCLORITO DI SODIO	58.089
OLIO LUBRIFICANTE GRASSO	2.610
ACIDO SOLFORICO	1.530
SOKALAN PI 16	7.205
BELGARD EV 2030	60.467
	3.955

Tabella 11 – Consumi di reagenti

TRAPANI	Rifiuti prodotti	kg/m³ trattati
	kg	
Soluzione acquosa di lavaggio e acque madri	112	
Imballaggi contaminati da sostanze pericolose	-	
Olio minerale esausto	630	
Imballaggi in plastica (150102)	112	
Plastica (200139)	-	
Carbonato di sodio (060314)	630	
	1.484	0,00022

Tabella 12 – Rifiuti prodotti



4.4. ADDUZIONE ACQUA

4.4.1 ACQUEDOTTI

Nel seguito sono riportati i dati relativi al prelievo totale 2011 suddivisi per acquedotto.

Acquedotto	Acqua prelevata m ³	Fonte	Acqua addotta m ³	%
ALCANTARA	3.497.472	pozzi/sorgenti	3.246.330	4,34%
ANCIPA	20.296.150	potabilizzatori/invasi	7.413.049	9,91%
BLUFI	0	potabilizzatori/invasi	4.507.070	6,03%
MADONIE EST	4.805.288	pozzi/sorgenti	3.966.399	5,30%
FANACO - MADONIE OVEST	13.479.997	potabilizzatori/invasi		
	3.282.379	pozzi/sorgenti	11.507.610	15,39%
MONTESCURO EST	3.174.443	pozzi/sorgenti	2.844.753	3,80%
MONTESCURO OVEST	5.029.915	pozzi/sorgenti	6.766.188	9,05%
DISSALATA DA NUBIA	6.801.417	dissalatore TRAPANI		
	311.271	pozzi/sorgenti	7.136.636	9,54%
DISSALATA GELA ARAGONA	3.367.461	potabilizzatori/invasi		
	0	dissalatore GELA	9.812.916	13,12%
FAVARA DI BURGIO	35.835	dissalatore PORTO EMP.		
	9.306.039	pozzi/sorgenti	11.040.074	14,76%
GARCIA	9.294.425	potabilizzatori/invasi		
	1.234.780	pozzi/sorgenti	1.187.670	1,59%
CASALE	1.682.694	pozzi/sorgenti	1.292.484	1,73%
VITTORIA-GELA	3.318.829	pozzi/sorgenti	2.868.131	3,84%
	88.918.396		73.589.310	
Totale Utenze rete esterna			1.196.681	
	88.918.396		74.785.991	

Tabella 13 – Suddivisione prelievi tra gli acquedotti

Relativamente al 2011, quindi l'acqua addotta è pari a **1,1890 m³** della quantità di acqua immessa in rete.



4.4.2 FUNZIONAMENTO, MANUTENZIONE, INFRASTRUTTURE

Relativamente al funzionamento, i dati raccolti si riferiscono al consumo elettrico delle pompe per il pompaggio e sollevamento dell'acqua. I dati 2011 sono riassunti nella tabella seguente.

ACQUEDOTTI+POZZI	kWh	kWh/m ³ addotti
Alcantara	961.907	0,2963
Ancipa	1.218.514	0,1644
Blufi	723.826	0,1606
Madonie Est	36.427	0,0092
Fanaco	13.091.763	1,1377
Montescuro Est	2.058.829	0,7237
Montescuro Ovest	7.813.746	1,1548
Nubia	540.454	0,0757
Favara	11.047.474	1,1258
Casale	1.001.409	0,0907
Dissalata Gela Aragona	4.641.833	3,9084
Garcia	0	0,0000
Vittoria Gela	2.781.649	0,9698
	45.917.832	

Tabella 14 – Consumi relativi al pompaggio e sollevamento dell'acqua negli acquedotti (incluse le pompe)

Dettaglio	kWh	kWh/m ³ addotti
Acquedotti + pozzi	45.917.832	0,6140
Acquedotti	32.082.256	0,4290
Pozzi	13.835.576	

Tabella 15 – Suddivisione consumi relativi al pompaggio e sollevamento dell'acqua negli acquedotti

Relativamente alla manutenzione, i dati raccolti si riferiscono ai viaggi effettuati dai mezzi (automobili) lungo gli impianti gestiti da Siciliacque.

	km	km/m ³
km percorsi	2.015.000	0,0269

Tabella 16 – km percorsi dai mezzi per le operazioni di manutenzione



Relativamente alle infrastrutture, il materiale utilizzato per le tubazioni si può ricavare dalla lunghezza degli acquedotti riassunto in tabella.

ACQUEDOTTI	km
Alcantara	68
Ancipa	221
Blufi	121
Madonie Est	159
Fanaco	284
Montescuro Est	109
Montescuro Ovest	256
Nubia	83
Favara	168
Casale	168
Dissalata Gela Aragona	47
Garcia	31
Vittoria Gela	28
TOTALE	1.743

Tabella 17 – Lunghezza acquedotti

Riferendo il consumo di materiale utilizzato per le infrastrutture all'unità funzionale, ovvero a tutta l'acqua addotta nella vita degli impianti interessati, tale valore diventa però trascurabile.



4.5. RISULTATI DELL'INVENTARIO

I risultati di un Inventario sono normalmente presentati in sei principali categorie di parametri:

1. materie prime;
2. combustibili primari;
3. feedstock;
4. rifiuti solidi;
5. emissioni gassose;
6. emissioni liquide.

Risultati energetici

Obiettivo principale dell'analisi energetica è quello di stabilire il carico energetico connesso ad un processo produttivo o alla fornitura di un servizio: in linea di principio questo carico comprende un numero elevato di voci, ma nella pratica comune basta prenderne in considerazione un numero limitato, che dipende sostanzialmente dall'obiettivo specifico dell'analisi.

I contributi più rilevanti al carico energetico complessivo sono dati dall'**energia diretta** e dall'**energia indiretta**: la prima rappresenta la quota di energia consumata per il funzionamento del processo (definita dalla letteratura anglosassone "delivered energy" o "energy content of fuel"), mentre la seconda comprende l'energia necessaria per produrre e trasportare l'energia e i materiali utilizzati nel processo medesimo.

Per quanto riguarda l'energia indiretta, è da sottolineare il contributo fondamentale dovuto all'energia di produzione e trasporto dei combustibili utilizzati direttamente nel processo indagato: questa quota è definita come "production and delivery energy" e la sua contabilizzazione rappresenta una delle parti peculiari dell'analisi LCA.

Dal punto di vista operativo, per la determinazione delle quote di energia diretta ed indiretta di un sistema produttivo si utilizza il criterio base dell'analisi dei processi, che consiste essenzialmente nel dividere la produzione in due fasi: la prima comprendente l'ottenimento delle materie prime (cioè i materiali e l'energia) che devono essere utilizzate dal sistema produttivo ed il loro trasporto; l'altra, la trasformazione di queste nel prodotto desiderato.

Risulta perciò corretto considerare come consumo diretto di materiali e di energia quello relativo all'attività oggetto dello studio (e a questo proposito si parla anche di "energia di funzionamento" oppure "energia di processo"), mentre sarà consumo indiretto quello relativo a tutto ciò che a monte o parallelamente all'attività considerata consente la realizzazione della stessa (corrispondentemente, si parla allora di "energia di impianto").



Oltre all'energia diretta ed indiretta esiste poi un'altra quota importante di energia (**energia feedstock**) legata al processo in esame, quella contenuta nei materiali, potenzialmente combustibili, che sono utilizzati come tali e non come combustibili: un tipico esempio è quello dei prodotti organici utilizzati nell'industria petrolchimica.

Questa quota, chiamata feedstock, è definita come il contenuto energetico dei materiali input che in linea di principio può essere eventualmente recuperato dai prodotti in uscita (ad esempio bruciando i prodotti, come avviene quando si tratta di plastica o di carta).

Il tenere separate la quota di energia spesa come combustibile del processo e quella contenuta nei materiali solo potenzialmente combustibili è importante proprio perché, mentre la prima è irreversibilmente consumata, la seconda è ancora potenzialmente disponibile alla fine della vita utile del prodotto.

Con feedstock si intende di solito il potenziale calorifico dei materiali input del sistema, facendo convenzionalmente riferimento al loro potere calorifico superiore.

Riassumendo, è possibile allora dire che il consumo di energia globale relativo ad un sistema produttivo o di servizi è dato dalla somma dei contributi di tutte le quote rilevanti di energia di ogni singola operazione, ovvero:

- energia diretta
- energia indiretta
- energia feedstock.

In altre parole, il consumo globale di energia di un sistema produttivo corrisponde all'energia complessiva che occorre "estrarre" dalla terra per poter disporre di quella unità di bene economico.

Tale quota viene detta "**gross energy requirement**" (GER), che può anche essere definita come l'energia che complessivamente deve essere resa disponibile in condizioni normali dalle risorse energetiche allo stato naturale e consumata dal sistema in modo tale da mantenere lo stesso sistema in produzione.

Per quanto riguarda i soli **RISULTATI ENERGETICI** è possibile quindi operare la seguente suddivisione dell'**energia cumulativa**:

- energia direttamente consumata ("fuel use"): è la quota di energia ricevuta dall'operatore finale. È indipendente dalla nazione (e cioè dal mix energetico di riferimento) ed è direttamente correlata al tipo di tecnologia utilizzata nei vari processi produttivi.
- energia feedstock: rappresenta il contenuto energetico dei materiali usati come tali e non come combustibili dal processo produttivo in analisi.



- energia dei trasporti ("transport"): raggruppa i consumi di energia associati alle operazioni di trasporto coinvolte nel sistema indagato.
- energia di produzione ("fuel production"): rappresenta infine l'energia che viene utilizzata dalle industrie produttrici dei combustibili per l'estrazione dei combustibili primari dalla terra, il loro trattamento e il loro recapito presso il consumatore nonché per la produzione dell'energia feedstock. Dipende dal mix energetico della nazione considerata.

I **vettori energetici** sono suddivisi in tre categorie principali: energia elettrica, combustibili derivati da petrolio e altri combustibili.

Il *vettore elettrico* costituisce il primo gruppo ed è tenuto separato per le spiccate caratteristiche di bassa efficienza e di dipendenza dal mix energetico nazionale.

Nella categoria dei *combustibili derivati da petrolio* ("oil fuels", nella letteratura anglosassone) si raggruppano tutti i combustibili derivanti direttamente dall'olio greggio, mentre nella categoria degli *"altri combustibili"* ("other fuels") si raggruppano i combustibili solidi (carbone, coke), il gas naturale e i combustibili biologici.

Il passo successivo è quello di identificare quantitativamente le risorse energetiche primarie che hanno contribuito alla formazione del valore totale di energia cumulata.

La stessa gross energy viene quindi ulteriormente suddivisa nei combustibili primari (primary fuels) che hanno permesso il funzionamento del sistema indagato (coal, oil, gas, nuclear, ecc.). Inoltre viene riportato il consumo di materiali (raw materials) che contiene le quantità di tutte le materie prime consumate. Oltre a tale consumo, viene riportato quello dell'acqua (water usage), anch'esso riferito ai diversi contributi (public supply, river/canal, sea, well, ecc.).

Sulla base del potere calorifico superiore è infine possibile ottenere le quantità in massa dei combustibili primari effettivamente consumate per ottenere il prodotto considerato.



Risultati ambientali

Per quanto riguarda i **RISULTATI AMBIENTALI**, è bene ribadire a questo punto l'importanza di una corretta e completa quantificazione dei rilasci nell'ambiente.

I risultati di un Inventario restituiscono i valori di impatto relativi al sistema analizzato e la precisione sarà tanto più elevata quanto il modello analogico del sistema e la contabilizzazione dei rilasci nell'ambiente avrà rappresentato la realtà in esame nella maniera più fedele possibile.

Come nel caso dell'energia, le **emissioni** vengono classificate a seconda del processo che le ha generate: con emissioni "*dirette*" intenderemo quelle imputabili al processo in esame, mentre con "*indirette*" quelle relative ai processi a monte, che hanno consentito lo svolgersi dell'operazione in esame (come la produzione dei vettori energetici utilizzati nel processo, i trasporti, ecc.).

Anche per i risultati di carattere ambientale è possibile identificare i diversi contributi alle emissioni complessive, dovuti a:

- produzione e trasporto dell'energia utilizzata nel processo;
- trasporti coinvolti nel ciclo di vita analizzato;
- singolo processo indagato;
- utilizzo di combustibili durante il processo;
- biomasse per le emissioni in aria.

Ai fini della carbon footprint, gli unici risultati considerati sono quelli ambientali ed in particolare le **emissioni di gas serra** valutate lungo il ciclo di vita.



5.1 VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DEL CICLO DI VITA

5.1.1 CATEGORIE D'IMPATTO

Dopo aver effettuato l'Analisi dell'Inventario, è necessario imputare i consumi e le emissioni ottenuti in questa fase a specifiche categorie di impatto riferibili ad effetti ambientali conosciuti (**classificazione**), e nel quantificare, con opportuni metodi di **caratterizzazione**, l'entità del contributo complessivo che il processo arreca agli effetti considerati.

Le categorie d'impatto considerate per i potenziali impatti ambientali sono le seguenti:

- **GWP:** Global Warming Potential (Cambiamenti climatici)
- **ODP:** Ozone Depletion Potential (Distruzione della fascia di ozono stratosferico)
- **POCP:** Photochemical Ozone Creation Potential (Formazione di ossidanti fotochimici)
- **AP:** Acidification Potential (Acidificazione)
- **EP:** Eutrophication Potential (Eutrofizzazione)

Cambiamenti Climatici (GWP): emissione di gas serra

L'anidride carbonica rappresenta il principale gas serra di origine antropica.

Gli altri gas che contribuiscono all'effetto serra sono il metano (CH₄), il protossido di azoto (N₂O), i cloro-fluoro-carburi (CFC) ed gli idro-cloro-fluoro-carburi (HCFC).

Il GWP (Global Warming Potential) di una sostanza è dato dal rapporto tra il contributo all'assorbimento della radiazione calda che viene fornito dal rilascio istantaneo di 1 kg di tale sostanza e quello fornito dall'emissione di 1 kg di CO₂.

Tali contributi sono valutati per un periodo di 100 anni di permanenza dei gas nell'atmosfera.

Distruzione della fascia di ozono stratosferico (ODP): emissione di gas lesivi per l'ozono

Le sostanze che contribuiscono all'assottigliamento della fascia di ozono stratosferico sono principalmente CFC e HCFC prodotti dall'attività antropica.

Il potenziale di riduzione dell'ozono ODP (Ozone Depletion Potential) di una singola sostanza viene definito come il rapporto tra il numero di reazioni di rottura della molecola di ozono in uno stato di equilibrio conseguente all'emissione nell'atmosfera di una data quantità di sostanza durante un anno di tempo ed il corrispondente numero di reazioni di rottura provocato, nelle stesse condizioni, da un'eguale quantità di CFC-11.



Formazione di Ossidanti Fotochimici (POCP)

L'immissione in atmosfera di idrocarburi incombusti e di ossidi di azoto deriva in primo luogo dalla combustione del petrolio e dei suoi derivati. Questi composti, in presenza di radiazione solare, reagiscono formando ozono (fenomeno di Smog Fotochimico).

Attraverso i potenziali di formazione di ozono fotochimico POCP (Photochemical Ozone Creation Potentials), si impiegano fattori di standardizzazione che riportano ai kg di etilene equivalenti.

Acidificazione (AP)

L'emissione di determinati composti nell'ambiente, soprattutto derivanti dalla combustione di combustibili fossili, provoca l'abbassamento del pH (di laghi, foreste, suoli agricoli) con pesanti e gravi conseguenze sugli organismi viventi.

Le emissioni potenzialmente acide (SO_2 , NO_x , ecc.) sono aggregate, per questo impatto, in base alla loro tendenza a formare ioni H^+ per poi determinare il potenziale complessivo esprimendolo in termini di sostanze acidificanti.

La sostanza di riferimento è SO_2 ed il coefficiente di peso prende il nome di potenziale di acidificazione (AP, Acidification Potential).

Eutrofizzazione (EP)

La crescita degli organismi viventi è naturalmente limitata dall'apporto di sostanze nutrienti essenziali quali l'azoto e il fosforo. Un rilascio di tali sostanze nell'ambiente può ridurre questa limitazione a causa di un abbassamento della concentrazione di ossigeno dovuta all'aumento dell'attività biologica. L'uso agricolo di fertilizzanti e gli scarichi industriali e urbani, in genere ricchi in azoto e fosforo, sono le fonti principali di eutrofizzazione.

Questo indicatore valuta l'effetto di eutrofizzazione, ovvero l'aumento della concentrazione delle sostanze nutritive in ambienti acquatici. Le sostanze che concorrono al fenomeno dell'eutrofizzazione sono i composti a base di fosforo e di azoto.

La sostanza di riferimento è PO_4^{3-} ed il coefficiente di peso prende il nome di potenziale di eutrofizzazione (EP, Eutrophication Potential).

Ai fini della carbon footprint, la valutazione dell'impatto viene effettuata solo sul **GWP**.

I fattori di caratterizzazione utilizzati sono quelli pubblicati da: IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change), Climate Change 2001: the Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge UK.

5.1.2 CARBON FOOTPRINT CICLO DI VITA

Considerando tutte le attività legate al ciclo di vita del servizio di captazione ed adduzione di acqua potabile, la carbon footprint complessiva del 2011 può essere quantificata circa in **2 kg CO₂eq/m³ addotto**, rispetto al valore del 2010 pari a **2,8 kg CO₂eq/m³ addotto** e quello del 2009 pari a 3,4 kg CO₂eq/m³ addotto.

Le emissioni di CO₂ del servizio di captazione ed adduzione di acqua potabile sono quindi diminuite di circa il 30% dal 2010 al 2011 e del 40% dal 2009 al 2011.

Il dettaglio ed il contributo delle varie componenti, sono riassunti nella tabella e figura seguenti.

	kg CO₂eq/m³
TOTALE	2,031
Acqua immessa in rete	1,643
Potabilizzatori	0,211
Dissalatori	1,405
Pozzi/Sorgenti	0,026
Perdite	0,310
Acquedotti/Manutenzione	0,078

Tabella 18 – CF del servizio di captazione ed adduzione di acqua potabile

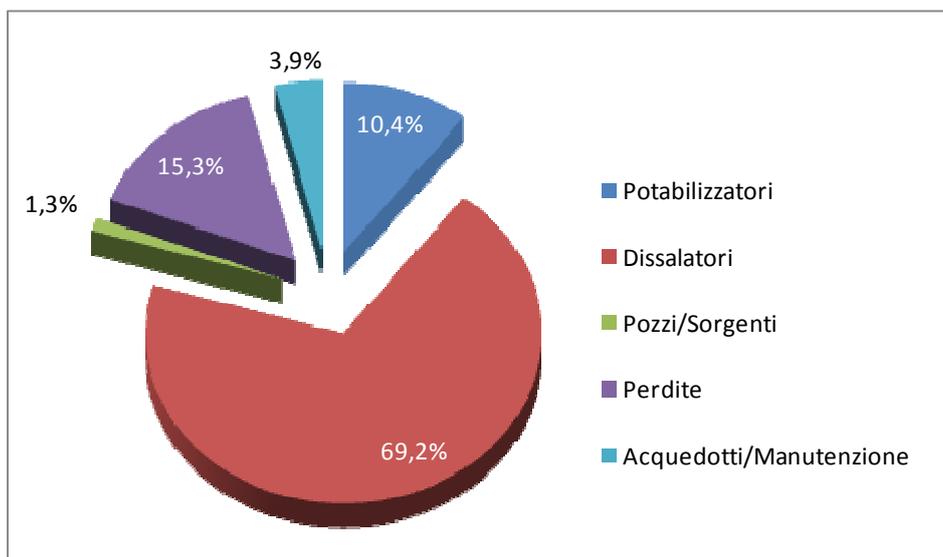


Figura 4 – Contributo % delle varie componenti (2011)

In questo caso l'analisi è stata effettuata differenziando gli impatti per impianto.

Dai risultati precedenti, si evince che la maggior parte degli impatti è da imputarsi agli impianti di dissalazione (69%). I potabilizzatori hanno un impatto sul totale limitato (10,4% - nel 2010 era 7,3% e nel 2009 era il 6,1%), ma comunque crescente a causa della maggiore percentuale di acqua addotta dai potabilizzatori. Un contributo minimo è legato al consumo di energia per il pompaggio dell'acqua negli acquedotti e per il prelievo da pozzi e sorgenti. Il 15% degli impatti è invece dovuto alle perdite, che causano il prelievo ed il trattamento di un ulteriore 18% di acqua.

Nella figura seguente è riportato il confronto della CF suddivisa per impianti tra il 2009 ed il 2011. L'impatto di potabilizzatori e pozzi/sorgenti rimane pressoché costante, mentre quello dei dissalatori diminuisce nel periodo di tempo considerato di circa $1 \text{ kgCO}_2/\text{m}^3$.

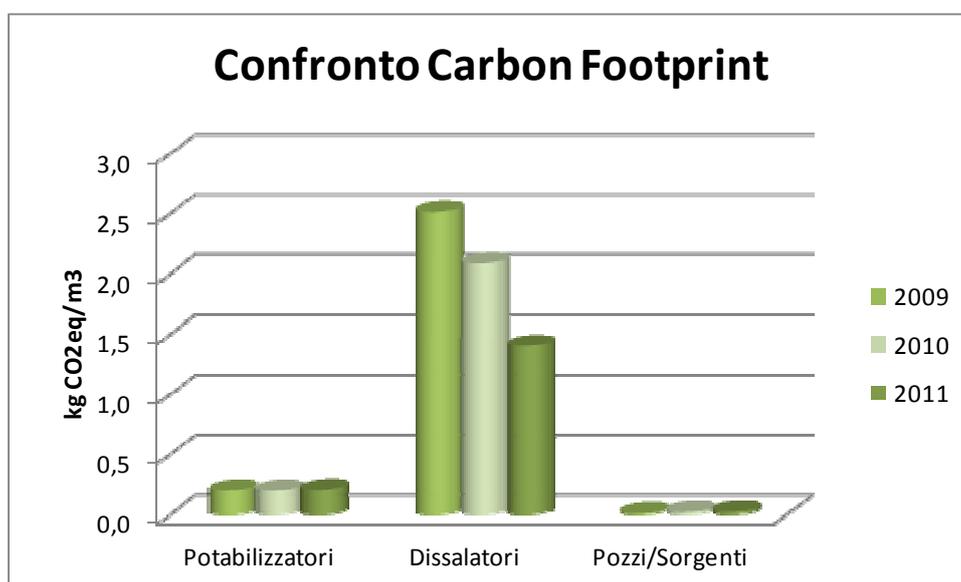


Figura 5 – Confronto Carbon Footprint negli anni

5.1.3 CONTRIBUTO POTABILIZZATORI

Analizzando i POTABILIZZATORI, l'impatto totale si distribuisce tra i vari impianti come rappresentato nella figura seguente.

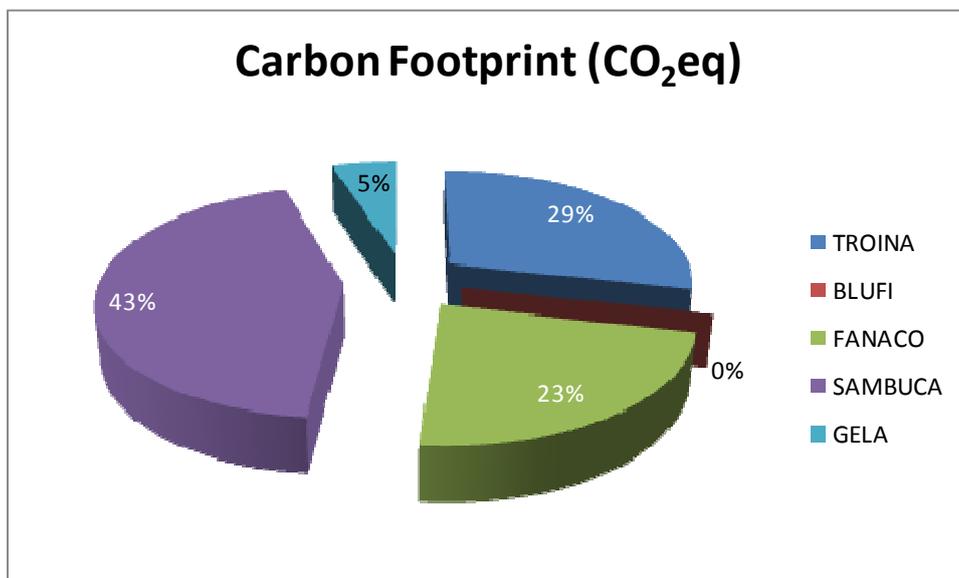


Figura 6 – Contributo % dei vari potabilizzatori

Anche nel 2011, gli impianti che danno il maggior contributo alla CF sono Sambuca, Fanaco e Troina. Analizzando invece le prestazioni specifiche di ogni singolo impianto per m³ di acqua trattata, si rileva che l'impianto di Sambuca presenta un impatto in termini di emissioni di CO₂ triplo rispetto agli altri potabilizzatori.

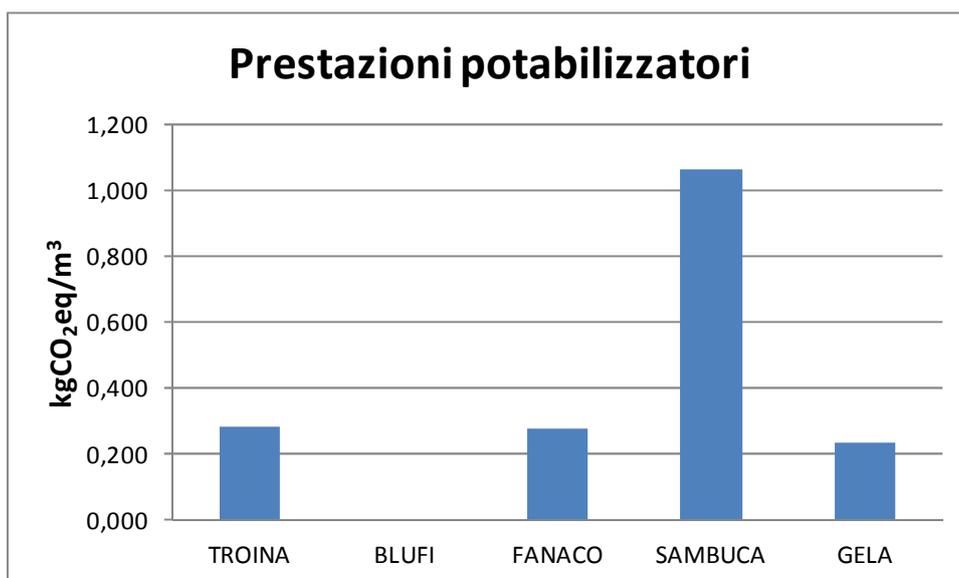


Figura 7 – Prestazioni specifiche dei singoli potabilizzatori

Nella figura seguente è riportato il confronto della CF dei potabilizzatori tra il 2009 ed il 2011. L'impatto dei vari potabilizzatori rimane pressoché costante, tranne per Sambuca dove la CF nel periodo considerato diminuisce di circa il 14%. Blufi nel 2010 e nel 2011 non è stato in funzione.

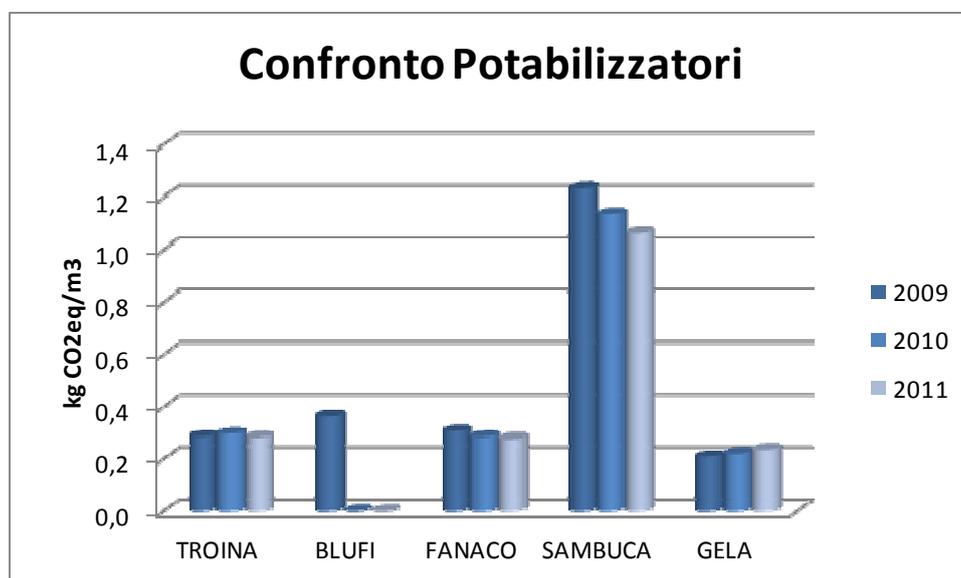


Figura 8 – Confronto Potabilizzatori negli anni

5.1.4 CONTRIBUTO DISSALATORI

Analizzando i DISSALATORI, l'impatto è totalmente da attribuirsi all'impianto di Trapani.

Nella figura seguente è riportato il confronto della CF di tale impianto tra il 2009 ed il 2011. L'impatto negli anni rimane pressoché costante.

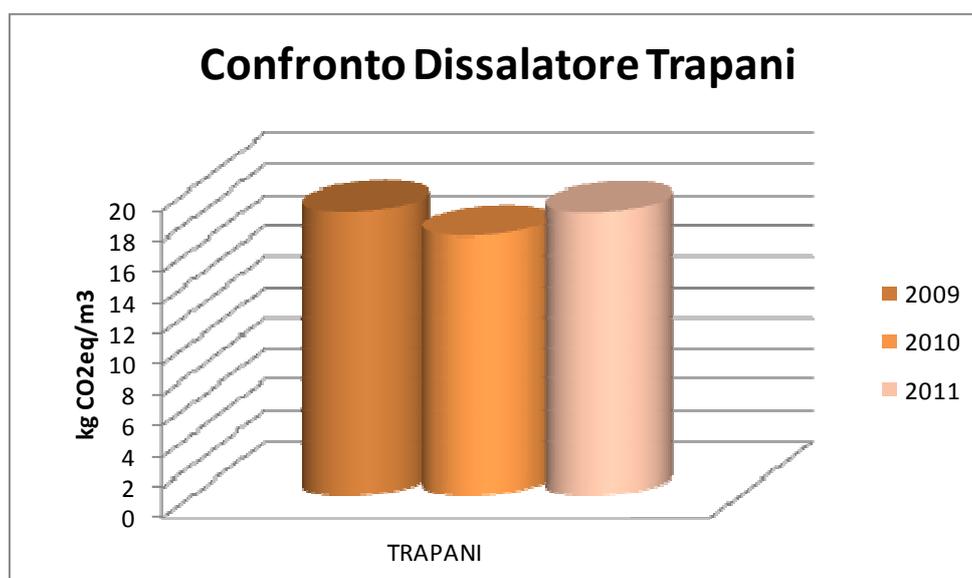


Figura 9 – Confronto Dissalatore Trapani negli anni

5.1.5 CONTRIBUTO ACQUEDOTTI

Analizzando gli ACQUEDOTTI, l'impatto del pompaggio dell'acqua (inclusi anche i pozzi) si distribuisce percentualmente tra i vari impianti come rappresentato nella figura seguente.

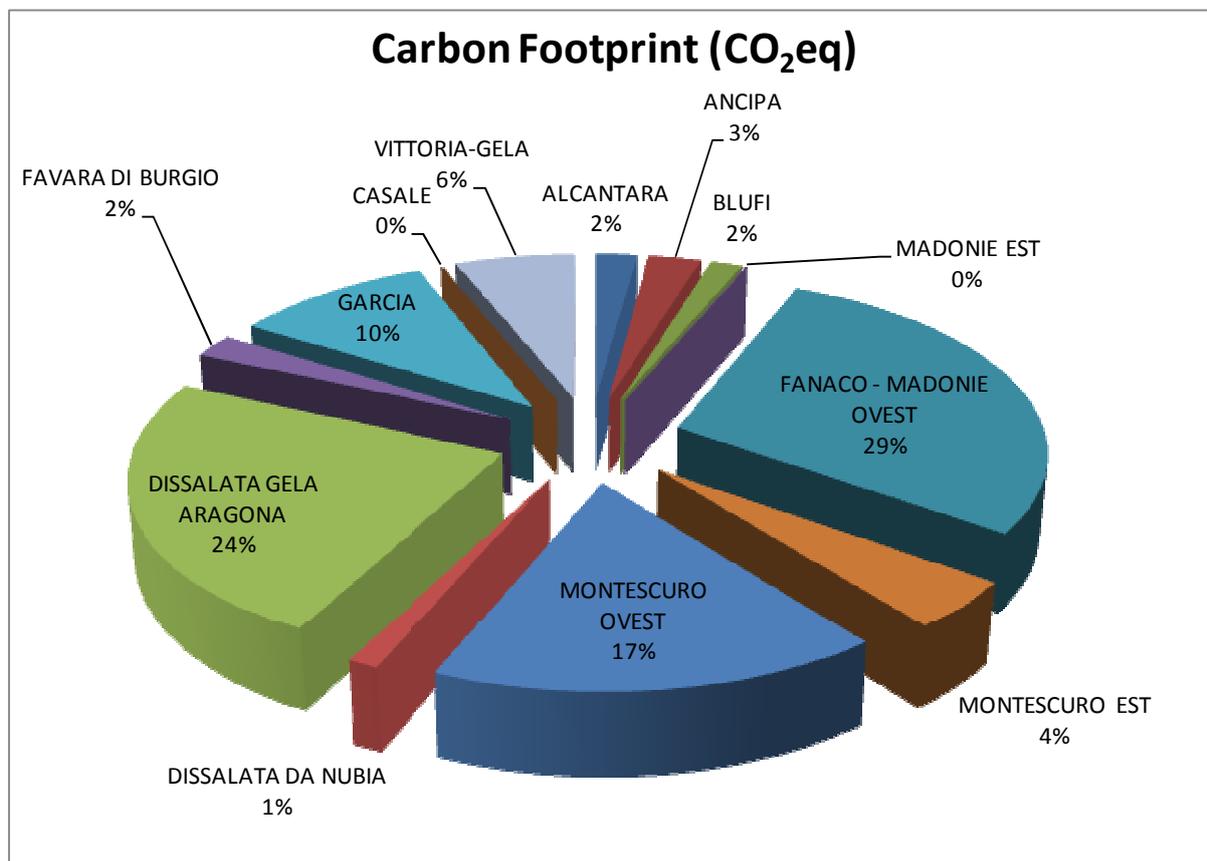


Figura 10 – Contributo % dei vari acquedotti

Nel 2011, gli impianti che danno il maggior contributo alla CF sono quelli di Fanaco-Madonie Ovest, Montescuro Ovest e Dissalata Gela-Aragona. Rispetto al 2010, scende l'impatto di Garcia – Favara di Burgio e sale quello di Dissalata Gela-Aragona.

A livello di prestazioni specifiche per m³ di acqua trattata, tutti gli impianti hanno un impatto confrontabile (circa 0,2 kgCO₂eq/m³ acqua) tranne Garcia che presenta un impatto 3 volte superiore alla media degli altri.

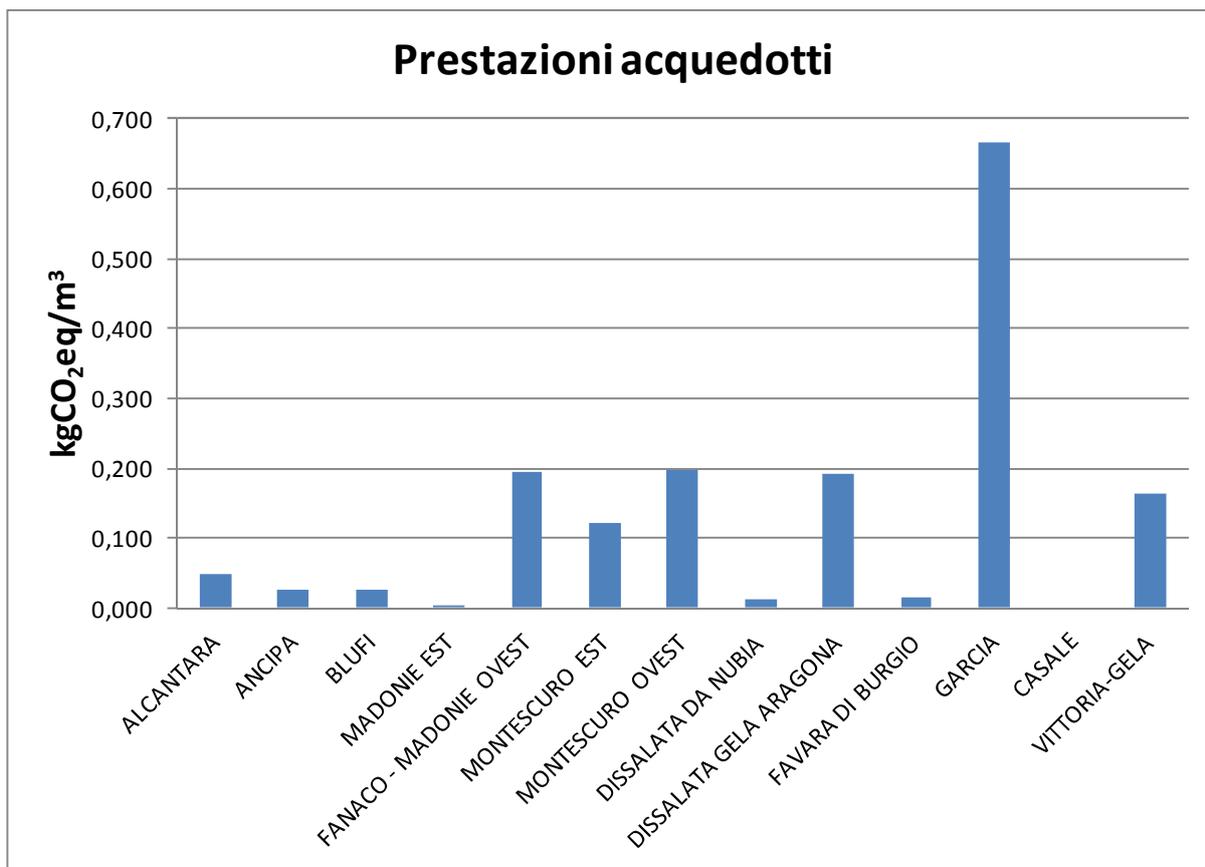


Figura 11 – Prestazioni specifiche dei singoli acquedotti



6.1 CONCLUSIONI

Dai risultati dello studio condotto utilizzando i dati del 2011, l'impatto in termini di CO₂ equivalente (GWP) emessa lungo tutto il ciclo di vita del servizio di captazione ed adduzione di acqua potabile in Sicilia (Carbon Footprint) è risultata essere pari a: **2,031 kg CO₂eq/m³ addotto**.

Da un confronto con il 2009 **l'impatto globale scende del 40%**.

Nella tabella seguente è riportato il confronto con altri studi effettuati nello stesso settore.

Distribuzione di acqua	kg CO ₂ eq/m ³	Fonte	Rif.
Acqua da sorgente	0,06	Comune di Lizzano in Belvedere (www.comune.lizzano.bo.it)	ISO 14025
Acqua potabile (solo da potabilizzatori)	1,04	Studio condotto in Sudafrica (Friedrich E. et al, 2009)	ISO 14040
Acqua potabile (studio corrente)	2,82	Carbon Footprint Siciliacque 2010	ISO 14067
Acqua minerale in bottiglia di PET (1,5 l)	180	Cerelia S.r.l. (www.acquacerelia.com)	ISO 14025
Acqua minerale in bottiglia di vetro (1 l)	600	Cerelia S.r.l. (www.acquacerelia.com)	ISO 14025

Tabella 19 – Confronto studi

Da tale confronto si evince come la carbon footprint della captazione ed adduzione di acqua potabile, e quindi l'impatto dell'acqua addotta in Sicilia, sia superiore a quello dell'acqua da sorgente e nettamente più basso rispetto all'acqua in bottiglia.

Il risultato è confrontabile con lo studio condotto in Sudafrica, che però include solamente la captazione, la potabilizzazione e la distribuzione dell'acqua.