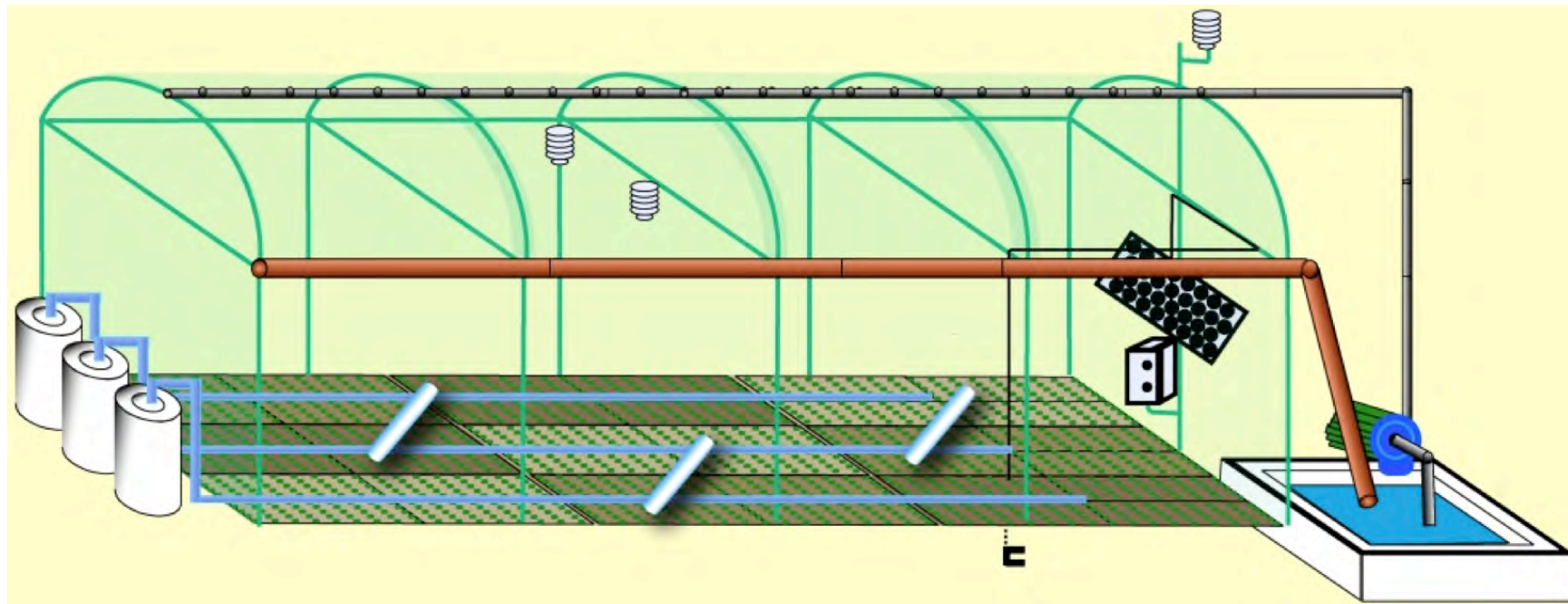


# “La serra sostenibile risultati di un triennio di monitoraggi”



***Giorgio Prosdocimi Gianquinto***

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali  
Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

# Il progetto Sustgreenhouse

Prevede l'adozione di diverse tecnologie in serra che riguardano :

- a) **substrati di crescita** che favoriscano la fertilità e biodiversità del terreno, aumentino l'efficacia dell'assorbimento radicale, riducano le necessità di somministrazione di sostanze nutritive di sintesi e di apporti idrici, incrementino l'assorbimento e l'immobilizzazione della CO<sub>2</sub>;
- b) **sistemi previsionali e/o diagnostici**, al fine di ottimizzare la gestione di irrigazione e concimazione e ridurre i consumi e sprechi di acqua e nutrienti.

INOLTRE

- a) **sistemi di protezione** delle colture in serra dalle basse temperature invernali, alternativi alla tradizionale "idroterra".



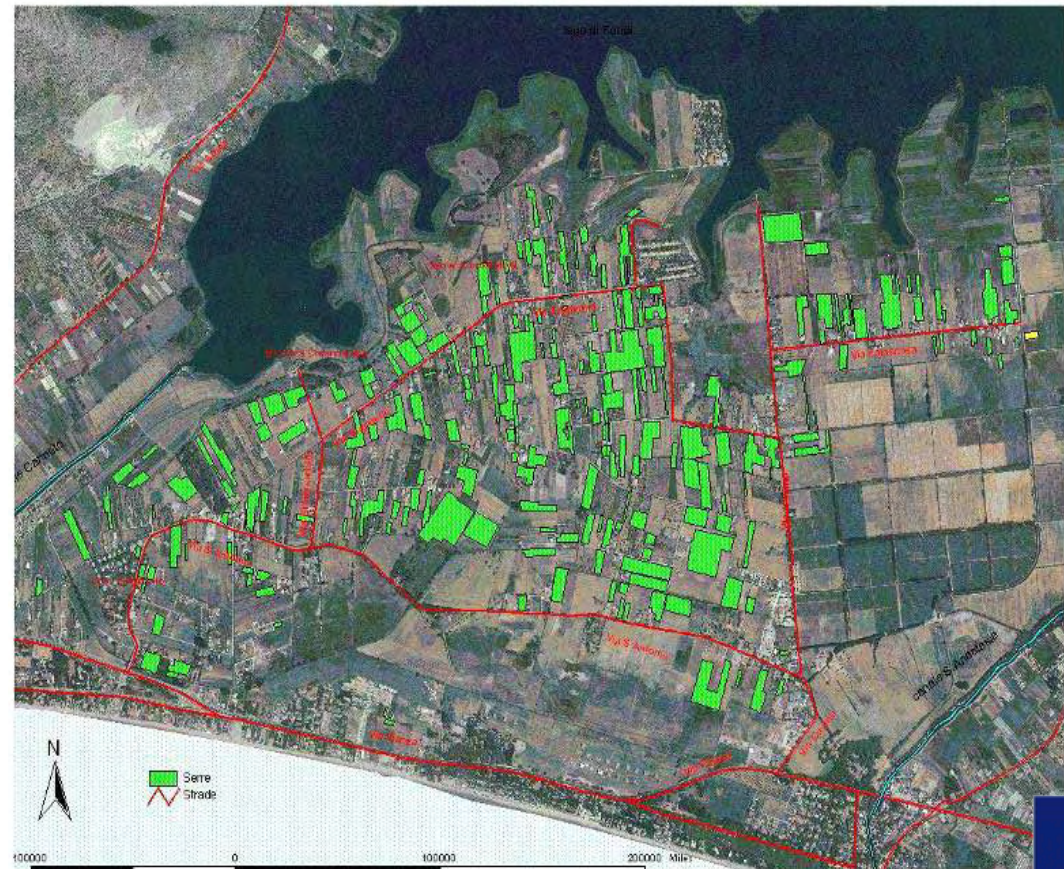
L' idroserra presenta un forte impatto ambientale, poiché è attuata a ciclo aperto con prelevamento dell'acqua dalle falde profonde senza prevederne il recupero e riciclo.

- I volumi prelevati possono variare da 600 a 900 litri al minuto per ettaro di serra.
- Considerando per ogni intervento un intervallo di 10 ore di attività, si ha un prelievo totale per singolo ciclo di 360-540 metri cubi di acqua per ettaro di serre.
- Se si considera che dei circa 4500 ettari di serre nel sud Pontino almeno il 60-70 % ne fa uso ..... prelievi elevatissimi, nell'ordine di 1.000.000-1.500.000 metri cubi di acqua prelevati nel corso di una nottata a rischio gelo.



La dispersione di milioni di metri cubi di acqua dolce all'anno porta all'impovertimento delle falde idriche, che risulta tanto più pericoloso gravando su un territorio fortemente esposto a:

- ✓ subsidenza dei suoli
- ✓ intrusione salina con progressiva salinizzazione dei pozzi
- ✓ depauperamento delle falde idriche
- ✓ erosione dei terreni
- ✓ sovraccarico stagionale degli impianti idrovori costretti simultaneamente al sollevamento di ingenti volumi idrici
- ✓ aumento dei costi della gestione consortile con aggravio sulla pubblica utenza



# Obiettivo generale del progetto

Evidenziare e dimostrare come l'impiego integrato di tecnologie alternative e a basso impatto ambientale possa permettere:

- 1) l'ottenimento di produzioni di qualità,
- 2) senza un ulteriore aggravio delle spese,
- 3) consentendo nella maggior parte dei casi minori costi colturali e risparmi di energia, acqua e fertilizzanti.



# Sito sperimentale

Tab. 1. Principali caratteristiche della serra utilizzata per le prove agronomiche.

<b>Orientamento asse maggiore</b>	nord-sud
<b>Struttura portante</b>	ferro zincato, 50 mm di diametro e arcate con passo di 2 m
<b>Materiale di copertura</b>	film PE tristrato dello spessore di 0,20 mm
<b>Lunghezza</b>	66 m
<b>Larghezza totale</b>	22,5 m
<b>Larghezza singola navata</b>	7,50 m
<b>Altezza in gronda</b>	2,00 m
<b>Altezza al colmo</b>	3,60 m
<b>Superficie totale</b>	1484 m <sup>2</sup>
<b>Volume totale serra</b>	4306,5 m <sup>3</sup>
<b>Aerazione</b>	naturale con aperture al colmo, laterali e in testata

Serra monocamera a 3 navate, circa 1500 m<sup>2</sup>,  
volume:superficie di circa 2,9 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup>.

Azienda agricola A. Nogarotto,  
Salto di Fondi (LT),  
(41°18'N, 13°19'E, 4 m s.l.m.).



# Materiali e metodi (aspetti generali)

Coltivazione su diversi tipi di substrato:

- terreno tal quale (**tal quale**)
- terreno + compost + micorrize (**compost**)..... 3 kg/m<sup>2</sup>
- terreno + zeoliti (**zeolite**).....15 kg/m<sup>2</sup>

su ognuno dei quali erano previsti 2 diversi metodi di gestione dell'irrigazione (I<sub>max</sub> e I<sub>rid</sub>) combinati fattorialmente con 2 diversi metodi di gestione della concimazione (**C<sub>max</sub>** e **C<sub>rid</sub>**):

- I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub>: irrigazione massima e concimazione massima
- I<sub>max</sub>-C<sub>rid</sub>: irrigazione massima e concimazione ridotta
- I<sub>rid</sub>-C<sub>max</sub>: irrigazione ridotta e concimazione massima
- I<sub>rid</sub>-C<sub>rid</sub>: irrigazione ridotta e concimazione ridotta.



# Gestione dell'irrigazione



## Sonde FDR

Prof. = 5 e 15 cm.

Irrigazione: umidità suolo = 50% RU.

Volumi di adacquamento ( $V_a$ )

$I_{max}$  :  $V_a$  azienda ospite;

Irid:  $V_a = 70\% I_{max}$

manichetta a doppia camera:

punti goccia ogni 20 cm

portata teorica  $5 \text{ litri h}^{-1} \text{ m}^{-1}$



# Gestione della concimazione

N, P e K sulla base del bilancio semplificato  
(Emilia-Romagna e Campania)

$C_{max} \neq C_{rid}$  per la gestione di N (fertirrigazione)

In  $C_{rid}$  si tiene conto dell' N apportato con l'acqua di irrigazione.

Durante il ciclo, quantità differenziate sulla base delle asportazioni nelle diverse fasi fenologiche.



# Serra sperimentale



Coltura	Zucchino	Pomodoro	Zucchino	Pomodoro
Cultivar	Ortano	Caramba	Ortano	Caramba
Densità colturale (piante/m <sup>2</sup> )	1,23	2,50	1,33	2,77
Data trapianto	20/09/2009	20/01/2010	30/09/2010	29/01/2011
Periodo di raccolta	31/10/2009 – 06/01/2010	04/05/2010 – 26/06/2010	01/11/2010 – 06/01/2011	10/05/2011 – 26/06/2011

## Rilievi:

- C, N, P, K in piante, frutti e suolo
- Respirazione ed evaporazione del suolo
- Fotosintesi e principali parametri fisiologici
- Produzione
- Qualità della produzione (dimensioni, calibro e scarto)
- Acqua utilizzata



Zucchino (1° ciclo)

Dati indicizzati

Tal quale I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub> (controllo)= 100

Substrato	Irrigazione	Concimazione	Acqua	Azoto	Produzione	CPU
Tal quale	max	max	100	100	100	100
		rid	100	74	115	88
	rid	max	88	98	100	100
		rid	88	72	115	88
Compost	max	max	100	100	107	97
		rid	100	74	107	97
	rid	max	88	98	107	97
		rid	88	72	107	97
Zeolite	max	max	100	100	107	95
		rid	100	74	107	95
	rid	max	88	98	107	95
		rid	88	72	107	95
		<b>100 =</b>	<b>609 (mc/ha)</b>	<b>83 (kg/ha)</b>	<b>15.1 (t/ha)</b>	<b>2.57 (€/kg)</b>

COSTO UNITARIO (imprenditore reale) = 1,81 €/kg

PREZZO MEDIO DI VENDITA (al produttore) = 1,52 €/kg



Pomodoro (1° ciclo)

Dati indicizzati

Tal quale I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub> (controllo)= 100

Substrato	Irrigazione	Concimazione	Acqua	Azoto	Produzione	CPU
Tal quale	max	max	100	100	100	100
		rid	100	75	100	100
	rid	max	71	97	100	100
		rid	71	67	100	100
Compost	max	max	100	100	100	100
		rid	100	75	100	100
	rid	max	71	97	100	100
		rid	71	67	100	100
Zeolite	max	max	100	100	100	100
		rid	100	75	100	100
	rid	max	71	97	100	100
		rid	71	67	100	100
		<b>100 =</b>	<b>2566 (mc/ha)</b>	<b>141 (kg/ha)</b>	<b>143 (t/ha)</b>	<b>0.44 (€/kg)</b>

COSTO UNITARIO (imprenditore reale) = 0,29 €/kg

PREZZO MEDIO DI VENDITA (al produttore) = 0,74 €/kg



Zucchino (2° ciclo)

Dati indicizzati

Tal quale I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub> (controllo)= 100

Substrato	Irrigazione	Concimazione	Acqua	Azoto	Produzione	CPU
Tal quale	max	max	100	100	100	100
		rid	100	70	100	100
	rid	max	73	100	126	81
		rid	73	70	126	81
Compost	max	max	96	100	129	82
		rid	96	70	129	82
	rid	max	70	100	129	82
		rid	70	70	129	82
Zeolite	max	max	125	100	112	92
		rid	125	70	112	92
	rid	max	91	100	135	77
		rid	91	70	135	77
		<b>100 =</b>	<b>108 (mc/ha)</b>	<b>74 (kg/ha)</b>	<b>9.7 (t/ha)</b>	<b>3.88 (€/kg)</b>

COSTO UNITARIO (imprenditore reale) = 2,75 €/kg

PREZZO MEDIO DI VENDITA (al produttore) = 1,81 €/kg



Pomodoro (2° ciclo)

Dati indicizzati

Tal quale I<sub>max</sub>-C<sub>max</sub> (controllo)= 100

Substrato	Irrigazione	Concimazione	Acqua	Azoto	Produzione	CPU
Tal quale	max	max	100	100	100	100
		rid	100	82	100	100
	rid	max	73	97	84	115
		rid	73	79	84	115
Compost	max	max	100	100	100	82
		rid	100	82	100	82
	rid	max	73	97	84	115
		rid	73	79	84	115
Zeolite	max	max	100	100	100	92
		rid	100	82	100	92
	rid	max	73	97	84	115
		rid	73	79	84	115
		<b>100 =</b>	<b>3545 (mc/ha)</b>	<b>148 (kg/ha)</b>	<b>147 (t/ha)</b>	<b>0.40 (€/kg)</b>

COSTO UNITARIO (imprenditore reale) = 0,27 €/kg

PREZZO MEDIO DI VENDITA (al produttore) = 0,52 €/kg



# Analisi di impatto ambientale attraverso LCA

- Il Life Cycle Assessment (LCA), o Analisi del Ciclo di Vita, è uno strumento di gestione che permette di valutare gli impatti sull'ambiente derivanti da tutto il ciclo di vita di un prodotto, dall'estrazione delle risorse fino alla gestione dei residui, includendo tutti gli stadi di produzione, trasporto ed uso dello stesso.



# Fasi dell' LCA

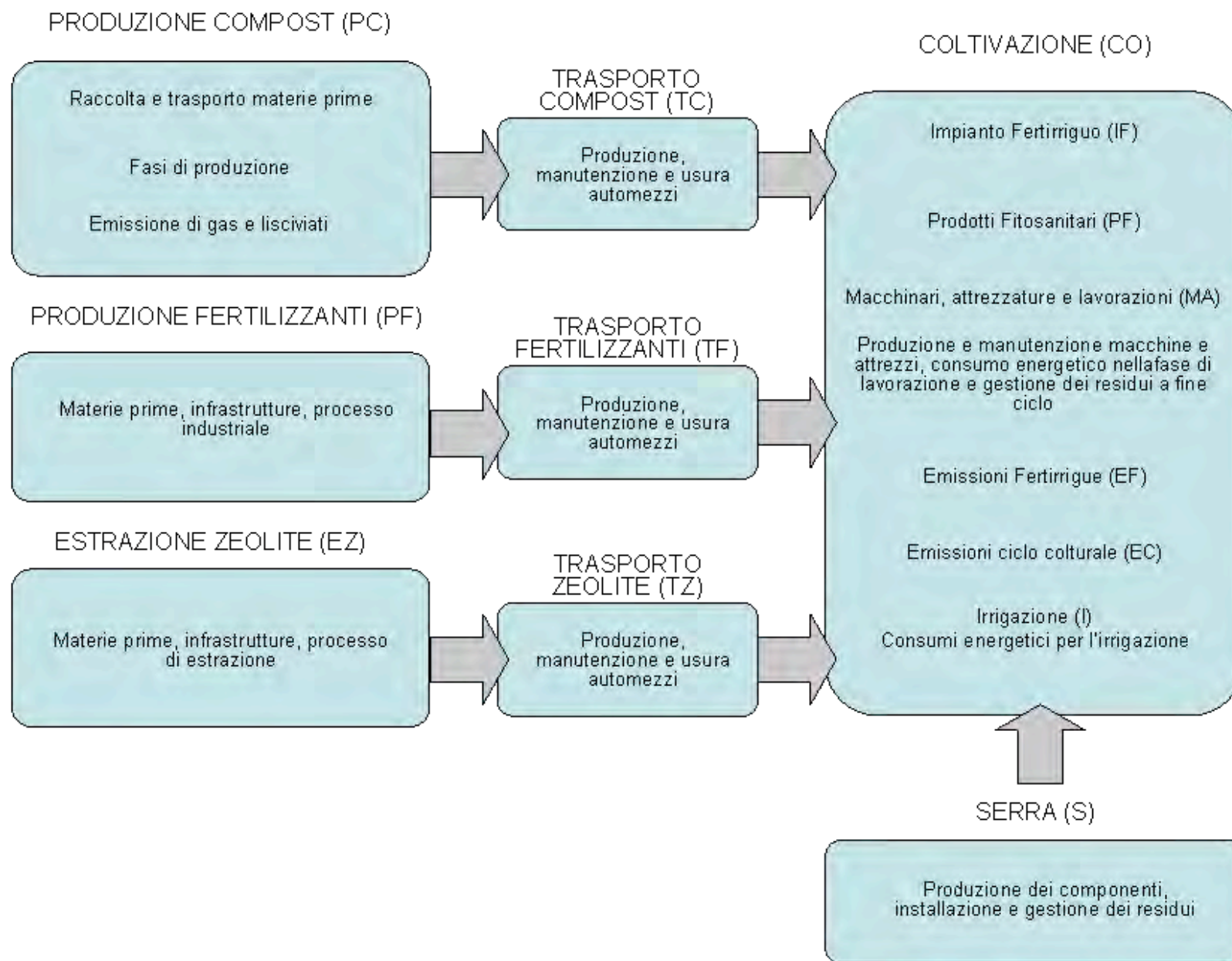
- Definizione dei confini del sistema e dell' unità funzionale
- Inventario (Life Cycle Inventory)
- Valutazione degli impatti (Life Cycle Impact Assessment)
- Interpretazione e miglioramento (Life Cycle Interpretation)



# Confini del sistema

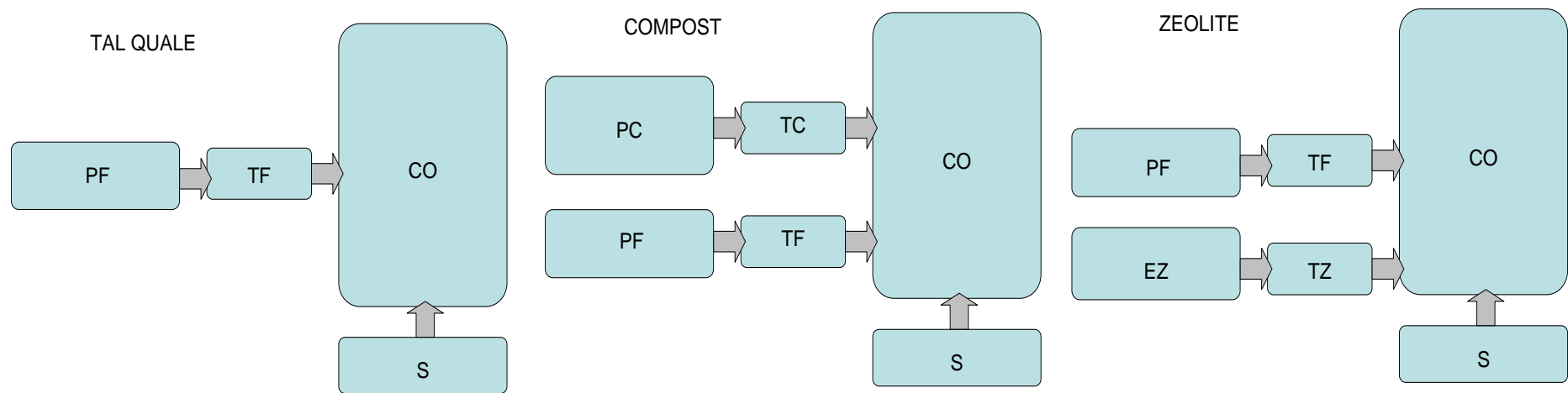
- Dalla produzione di compost e zeolite ed emissioni relative fino al prodotto raccolto
- L' unità funzionale: tonnellata di zucchini o pomodoro prodotto





## LCA-zucchino/pomodoro - Processi presi in considerazione e limiti del sistema





## LCA-zucchino/pomodoro - Processi specifici di ogni sistema colturale a confronto

# Inventario (Life Cycle Inventory)

- Strutture
  - Concimi
  - Mezzi tecnici
  - Lavorazioni
  - Trattamenti
  - Energia
  - Emissioni della coltura
- ...principalmente parametri misurati



# Categorie di impatto

- C1- Riscaldamento Globale (Global Warming) - GW
- C2- Assottigliamento della fascia di ozono (Stratospheric ozone depletion) - OD
- C3- Acidificazione delle acque (Acidification) - Ac
- C4- Eutrofizzazione delle acque (Nutrient Enrichment) - Eu
- C5- Formazione di smog fotochimico (Photosmog formation) - PO
- C6- Consumo di risorse non rinnovabili (Resource depletion) - AD

Operativamente la classificazione consiste nell'organizzare i dati dell'inventario, ovvero tutti i valori delle emissioni provocate direttamente ed indirettamente dalle operazioni considerate, distribuendoli nelle varie categorie di impatto. Il problema però non è semplice, poiché una stessa sostanza costituente un'emissione può contribuire a più fenomeni di impatto, provocando effetti a catena sovente di difficile interpretazione.



# LCA Zucchini

FENOMENO INQUINANTE	TAL QUALE	COMPOST	ZEOLITE	100 =
Effetto serra	100	97	120	942 (kg CO <sub>2</sub> eq.)
Assottigliamento della fascia d'ozono	100	55	110	3.16E-05 (kg CFC-11 eq.)
Consumo di risorse non rinnovabili	100	82	107	4.14 (kg Sb eq.)
Acidificazione (piogge acide)	100	886	108	2.52 (kg SO <sub>2</sub> eq.)
Eutrofizzazione	100	458	110	0.38 (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.)
Formazione di smog fotochimico	100	0	107	0.11 (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.)

- La tesi *Compost* ha valori più bassi rispetto sia a *Tal Quale* che *Zeolite* in quasi tutte le categorie (dovuti alla carica ambientale evitata), eccetto che per “**Acidificazione**” e “**Eutrofizzazione**”.
- Lieve riduzione di emissione di CO<sub>2</sub> - non tanto rispetto a *Tal Quale* ma rispetto alla *Zeolite*.
- Dimezzamento delle emissioni che riducono lo strato di ozono e mancata produzione di agenti provocanti ossidazione fotochimica.
- Riduzione di circa il 20% per il consumo di risorse non rinnovabili
- Notevole aumento del potere acidificante (più di 8 volte) e del potere eutrofizzante (più 4 volte).



# LCA Pomodoro

FENOMENO INQUINANTE	TAL QUALE	COMPOST	ZEOLITE	100 =
Effetto serra	100	69	83	94.3 (kg CO <sub>2</sub> eq.)
Assottigliamento della fascia d'ozono	100	64	109	3.06E-06 (kg CFC-11 eq.)
Consumo di risorse non rinnovabili	100	91	108	0.42 (kg Sb eq.)
Acidificazione (piogge acide)	100	821	108	0.26 (kg SO <sub>2</sub> eq.)
Eutrofizzazione	100	456	110	0.04 (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq.)
Formazione di smog fotochimico	100	0	100	0.01 (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.)

- La tesi *Compost* ha valori più bassi rispetto sia a *Tal Quale* che *Zeolite* in quasi tutte le categorie (dovuti alla carica ambientale evitata), eccetto che per “**Acidificazione**” e “**Eutrofizzazione**”.
- Circa 35% in meno delle emissioni che riducono lo **strato di ozono** e mancata produzione di agenti **provocanti ossidazione fotochimica**.
- Riduzione di circa il 10% per il **consumo di risorse non rinnovabili**
- Notevole aumento del potere acidificante (più di 8 volte) e del potere eutrofizzante (più 4 volte).
- Oltre il 30% di riduzione di emissione di CO<sub>2</sub> con la tesi *Compost* e quasi 20% con la tesi *Zeolite*.



## TAL QUALE, ZEOLITE

FENOMENO INQUINANTE	TAL QUALE	ZEOLITE
Effetto serra	100	83-120
Assottigliamento della fascia d'ozono	100	109-110
Consumo di risorse non rinnovabili	100	107-108
Acidificazione (piogge acide)	100	108
Eutrofizzazione	100	110
Formazione di smog fotochimico	100	100-107

- In tutte le categorie di impatto, eccetto per l' “**Effetto serra**” la **struttura serra** ha l'incidenza maggiore, spesso superiore al 50% ... a causa delle materie prime utilizzate, le quali vanno a incidere in maniera considerevole sulla categoria “**Consumo di risorse non rinnovabili**” (circa 60%) e per valori molto alti anche per le altre categorie di impatto.
- Per quanto riguarda la categoria “**Effetto serra**” le emissioni preponderanti, in questo caso di CO<sub>2</sub>, derivano dal ciclo di produzione, inteso prevalentemente come **respirazione del terreno**.



FENOMENO INQUINANTE	TAL QUALE	ZEOLITE
Effetto serra	100	83-120
Assottigliamento della fascia d'ozono	100	109-110
Consumo di risorse non rinnovabili	100	107-108
Acidificazione (piogge acide)	100	108
Eutrofizzazione	100	110
Formazione di smog fotochimico	100	100-107

A seguire, per ordine d'importanza, sono:

- 1) le **operazioni colturali**, soprattutto per quanto riguarda le categorie “**Acidificazione**” (circa 20%), “**Eutrofizzazione**” (circa 25%) e “**Assottigliamento della fascia d'ozono**” (circa 30%);
- 2) **impianto di fertirrigazione** nelle categorie “**Consumo di risorse non rinnovabili**” (circa 20%) e “**Formazione di smog fotochimico**” (circa 15%), dove l'utilizzo di materie prime non rinnovabili e il processo di lavorazione portano un contributo significativo.
- 3) i **concimi** hanno un ruolo importante (solo **pomodoro**) nelle categorie “**Acidificazione**” (21%) e “**Eutrofizzazione**” (30%) e sull’ “**Effetto serra**” (18%circa).



# COMPOST

FENOMENO INQUINANTE	COMPOST
Effetto serra	69-97
Assottigliamento della fascia d'ozono	55-64
Consumo di risorse non rinnovabili	82-91
Acidificazione (piogge acide)	821-886
Eutrofizzazione	456-458
Formazione di smog fotochimico	0

- 1) La **struttura serra** è preponderante nella categoria “**Consumo di risorse non rinnovabili**” (50-60%), “**Assottigliamento della fascia d’ozono**” (40-45%) e “**Formazione di smog fotochimico**” (30-35%)
- 2) Elevata rimane l’importanza relativa del ciclo di coltivazione (**respirazione del suolo**) sull’ “**Effetto serra**” (30-45% circa).
- 3) Il **processo di produzione del compost** è il maggior responsabile di “**Acidificazione**” (85%), “**Eutrofizzazione**” (70%), a causa soprattutto dell’elevato dispendio energetico, della produzione di composti volatili e colatici, che vanno ad interessare principalmente queste categorie di impatto.

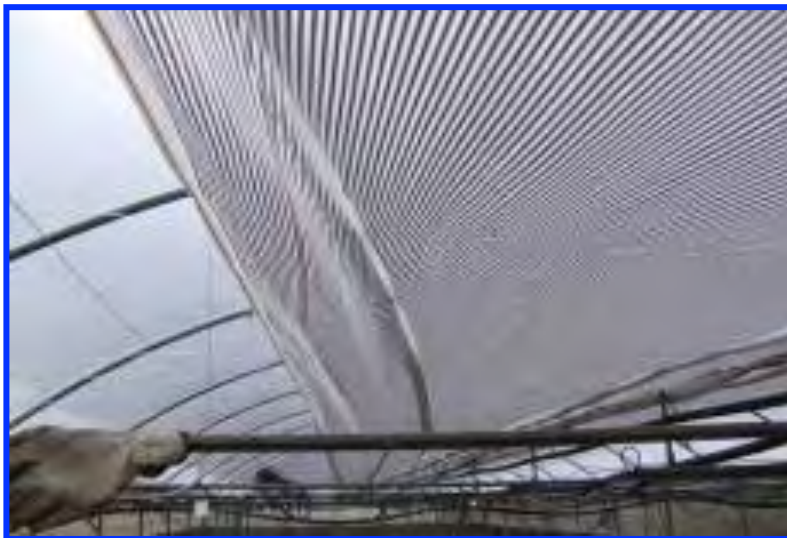


# Conclusioni (1)

- Riduzione della concimazione N (produzioni elevate, buona qualità, elevata efficienza di N)
- Riduzione dei volumi irrigui (non sempre a buon frutto)
- Compost (buone produzioni, costi contenuti, basso impatto ambientale)
- Gli elevati valori di alcune categorie di impatto in corrispondenza dell'uso di compost, sono da attribuire alla ridotta tecnologia adottata nella produzione di compost.



# Idroserra vs. Schermi termici



periodo ante avvio pompa						
	Ora	T aria est.	T centro s1	T centro s2	T lato s2	T lato s1
24/02/2011	19	5,7	11,3	9,1	8,0	10,8
24/02/2011	20	5,2	9,2	6,9	5,5	8,4
24/02/2011	21	4,3	8,0	5,5	4,4	7,3
24/02/2011	22	3,7	6,5	5,2	4,1	5,9
24/02/2011	23	3,3	5,5	4,6	3,4	4,8
media		4,4	8,1	6,3	5,1	7,4
periodo attività pompa						
	Ora	T aria est.	T centro s1	T centro s2	T lato s2	T lato s1
24/02/2011	23	3,3	5,5	4,6	3,4	4,8
24/02/2011	24	3,0	4,5	3,9	2,7	3,9
25/02/2011	1	2,9	4,6	3,8	2,9	3,7
25/02/2011	2	2,5	5,5	4,4	3,5	4,4
25/02/2011	3	1,8	5,4	4,5	3,5	4,2
25/02/2011	4	1,5	5,3	4,4	3,5	4,2
25/02/2011	5	1,8	5,0	4,2	3,3	3,8
25/02/2011	6	1,5	4,9	4,1	3,3	3,6
25/02/2011	7	0,1	4,5	3,8	3,0	3,3
25/02/2011	8	1,9	5,1	6,5	4,7	3,7
media		2,0	5,0	4,4	3,4	4,0

Nel corso del mese di febbraio 2011, il sistema idroserra della S 2 è entrato in funzione nel corso di sette nottate, per un totale di 67 ore di attività.

Questi interventi che necessitano di un prelievo di circa 270 mc di acqua per ettaro di serra per ogni ora di attività, hanno portato a un **consumo totale per il mese di febbraio di oltre 18.300 mc/ha di acqua .....**

**che supera di gran lunga il fabbisogno totale irriguo annuale di un ettaro di serra che possiamo individuare in 5.000 – 7.000 mc.**



Confronto dei costi per la difesa fitosanitaria del pomodoro cv. Caramba nel ciclo colturale 2011

(per 1000 m<sup>2</sup> di serra)

	Serra 1	Serra 2
Numero dei trattamenti	8 (1,9 kg)	11 (5,3 kg)
Costo dei fitofarmaci	33,4	41,8
Costo m.opera+macchine	320	440
Totale	353,4	481,8
Differenza		+ 128,4



*Serra 1 (sx): effetto dello schermo ai fini del microclima, che ha consentito un sensibile risparmio di fitofarmaci*

*Serra 2 (dx): evidenti attacchi di patogeni fungini nonostante una maggior apporto di fitofarmaci rispetto alla serra 1*



	Serra 1 con schermo termico	Serra 2 con imbiancatura	Differenza di produzione In kg e %
Produzione per 1000 m <sup>2</sup> (kg)	14.730	12.670	+ 2.060 ( + 16,25 % )
Produzione per pianta (kg)	5,45	4,69	+ 0,76



## Materiali e costi di gestione per schermo termico di 1500 mq

### Bilancio sintetico per allestimento a movimentazione manuale

<u>materiali</u>	Prezzo (€ ) iva comp.	Quota ammortamento annuale ( € )
Telo in alluminio tipo PH 55 FP Carrucole di testata, tubolare zincato, fili di supporto in poliestere trasparente, clips, ganci, misura e taglio dei teli	Garanzia del fornitore: anni 6 Durata tecnica: anni 10 4.200	420
<u>Preparazione materiali e montaggio:</u> <u>ore 40 x 7.0</u>	280	28
Gestione e movimentazione teli periodo invernale ( antibrina) Previste 25 interventi x ore 1 x 7.0		175
Totale costo per ciclo invernale		623
Gestione e movimentazione teli periodo primavera-estate( raffrescamento) Previsti 10 interventi x ore 1 x 7.0		70
Totale costi gestione invernale+ estiva		693
Incremento della produzione lorda vendibile +10% ( pomodoro prod.media: 15 t su 1000 mq) = 1,5 T x € 600 = 900 Riduzione dei costi di difesa chimica		900* 100*
Saldo annuale della gestione economica dello schermo termico		<b>+ euro 307</b>

\*n.b.: l'incremento della produzione è indicato con % cautelativo, nella realtà sono confermati incrementi superiori, così come la minor spesa della difesa fitosanitaria



Bilancio sintetico con allestimento a movimentazione assistita

<u>materiali</u>	Prezzo (€ ) iva comp.	Quota annuale ( € )
Telo in alluminio tipo PH 55 FP, motori Ridder/De geer, con fine corsa, riduttori, carrucole di testata, tubolare zincato, fili di supporto in poliestere trasparente, clips, ganci, misura e taglio dei teli	Garanzia del fornitore: anni 6 Durata tecnica: anni 10 8.000	820
<u>Preparazione materiali e montaggio:</u> <u>ore 60 x 7.0</u>	420	42
Gestione e movimentazione teli periodo invernale ( antibrina) Previste 25 interventi x minuti 6 = ore 2,30 x 7.0		17,5
<b>Totale costo per ciclo invernale</b>		<b>879,5</b>
Gestione e movimentazione teli periodo primavera-estate( raffrescamento) Previsti 10 interventi = ore 1 x 7.0		7
<b>Totale costi gestione invernale+ estiva</b>		<b>886,5</b>
Incremento della produzione lorda vendibile +10% ( pomodoro prod.media:15 t su 1000 mq) = 1,5 T x € 600 = 900 Riduzione dei costi di difesa chimica		900 100
Saldo annuale della gestione economica dello schermo termico		<b>+ euro 113,5</b>



# Conclusioni (2)

- Esistono sistemi alternativi all'idroserra
- Schermi termici (per es.) sono convenienti sia dal punto di vista economico che ambientale
- Necessità di adottare strutture più efficienti
- Importante sarà il contributo della politica nel favorire la diffusione dei sistemi sostenibili

