



FEASR



REGIONE DEL VENETO



PSR
VENETO
2014-2020



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



“Orticultura sostenibile. Aggiornamenti”

Cod. P4-08-24



FORMAZIONE
IN PRESENZA

Giovedì 25 Luglio 2024
Veneto Agricoltura Agripolis,
Legnaro (PD)

«La gestione delle risorse idriche e delle concimazioni»
Carlo Nicoletto, Università degli Studi di Padova



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Iniziativa finanziata dal Programma di Sviluppo Rurale per il Veneto 2014-2020
Intervento 2.3.1 Formazione dei consulenti
Organismo responsabile dell'informazione: Veneto Agricoltura
Autorità di gestione: Regione del Veneto - Direzione Adg FEASR Bonifica e Irrigazione



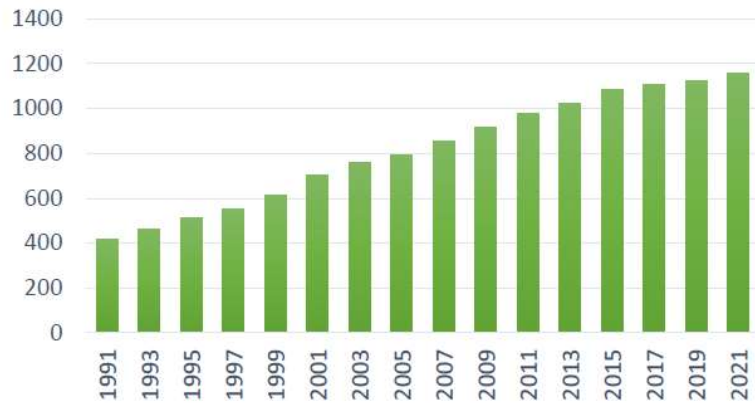
L'importanza dell'orticoltura e florovivaismo per l'Italia

- Italia maggiore produttore a livello mondiale di alcune colture tipiche del mediterraneo (es. carciofo, finocchio, rucola) e tra i primi in Europa per la produzione di alcune specie ornamentali
- Italia terzo paese nel mediterraneo e sesto nel mondo come estensione in colture protette
- Italia secondo paese produttore in Europa di colture ornamentali
- Valore economico della produzione di ortaggi si colloca al primo posto in Italia e al secondo posto in Europa rispetto alle altre produzioni agricole
- Italia paese europeo con il maggior numero di prodotti agroalimentari (e orticoli) a denominazione di origine e a indicazione geografica riconosciuti dall'Unione Europea
- Italia paese ispiratore del modello nutrizionale della Dieta Mediterranea (in cui gli ortaggi hanno un ruolo fondamentale)

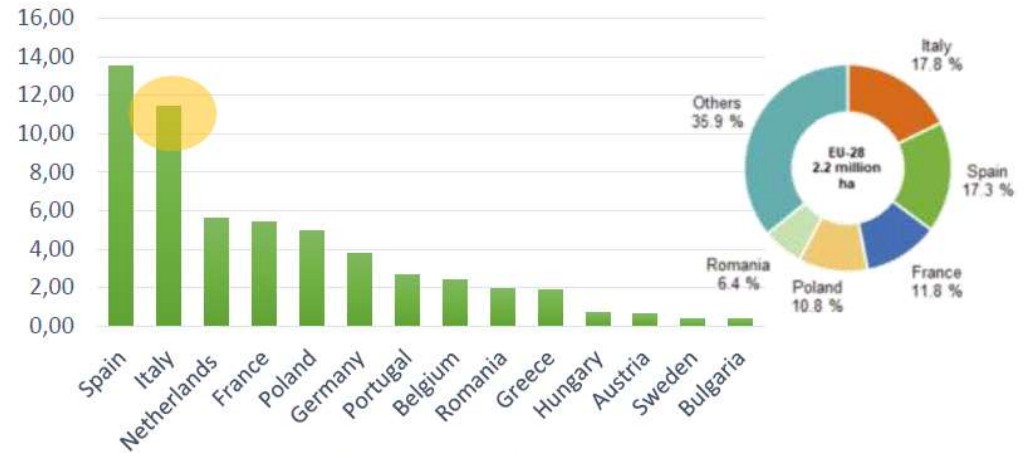


Cenni introduttivi

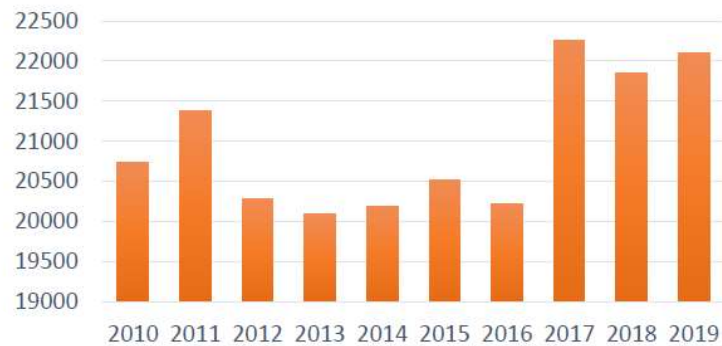
Produzione mondiale di ortaggi (Mt)



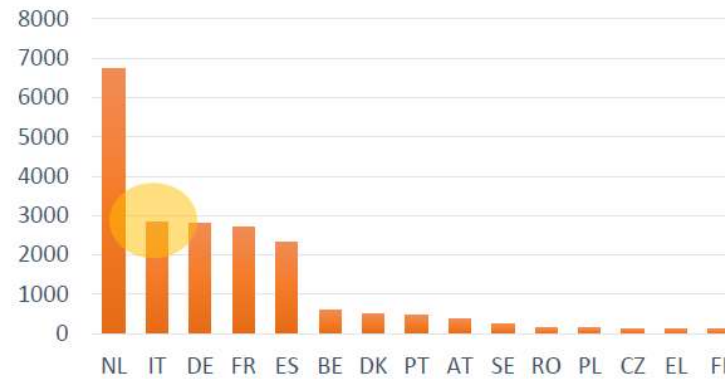
Produttori UE di ortaggi (Mt)



Valore piante ornamentali UE (M€)



Valore ornamentali UE (M€)

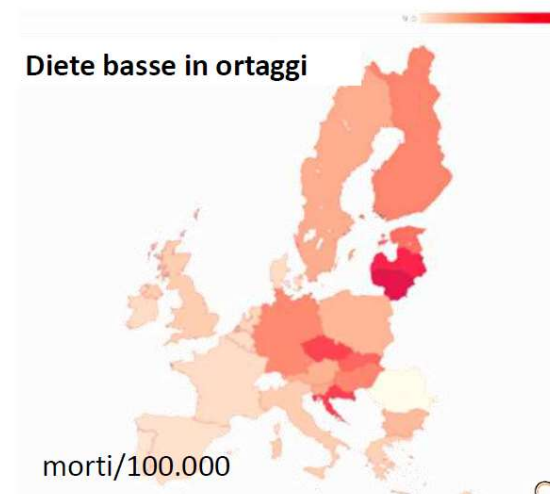


Cenni introduttivi

Buon contenuto di vitamine, sali minerali, acqua, fibra ed elevato

- Vitamina A: zucca, peperone, pisello, fagiolo, ortaggi da foglia
- Vitamina C: *Brassicaceae*, pomodoro, peperone, melone, patata, molti ortaggi da foglia
- Minerali: tutte
- Scarso-contenuto apporto calorico generalmente in media < 30 kcal per 100 g di prodotto edibile
- Composti antiossidanti ad azione nutraceutica
- Carboidrati: patata dolce, patata bianca, piselli secchi
- Grassi: semi maturi di alcune leguminose
- Proteine: leguminose

Mortalità generale per tutte le cause, in entrambi i sessi e per tutte le fasce di età, attribuibile al basso consumo di ortaggi in UE (Global Disease Burden Tool, 2017).

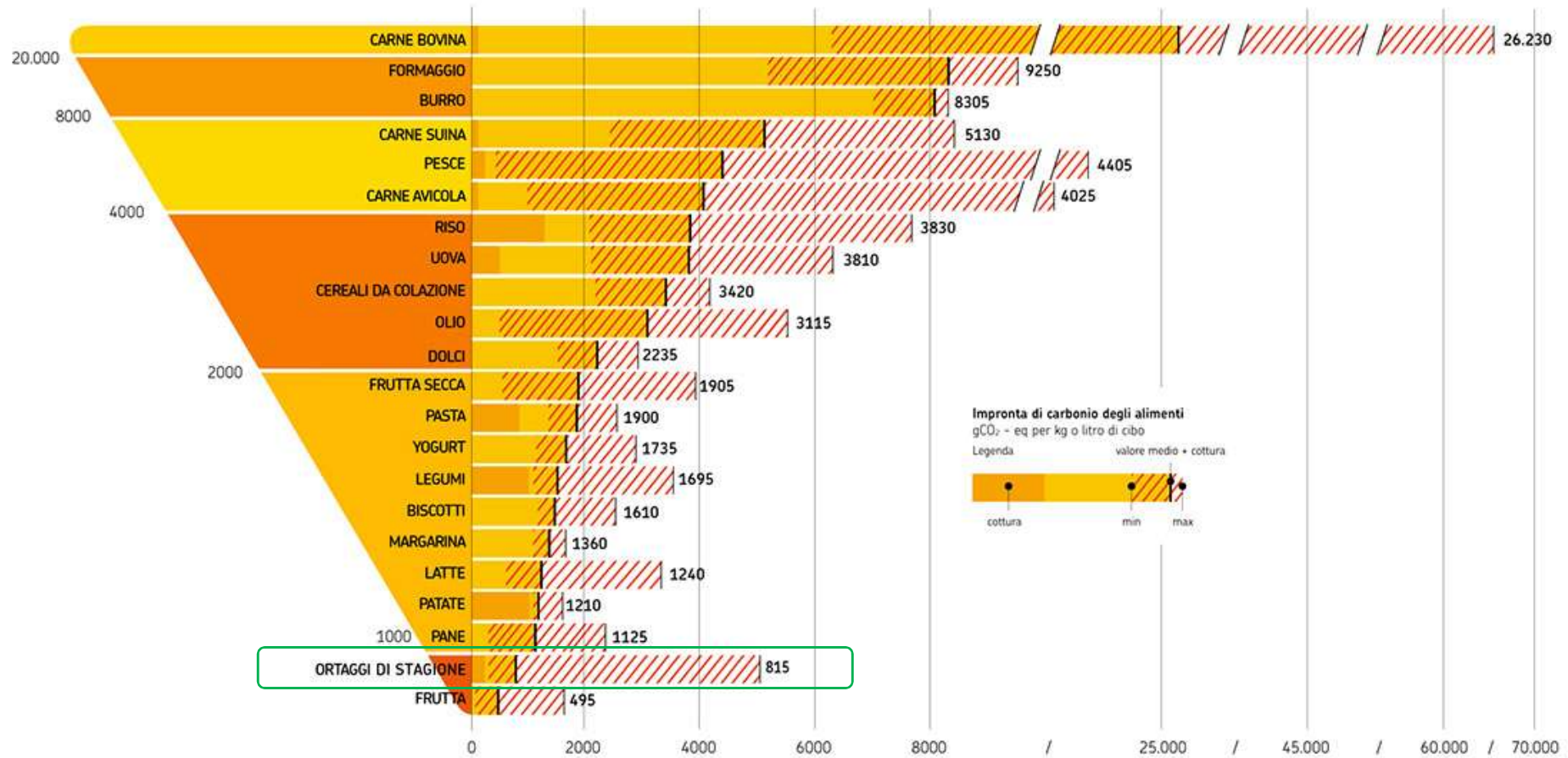


(Massa, De Pascale, 2023)



Cenni introduttivi

Carbon footprint



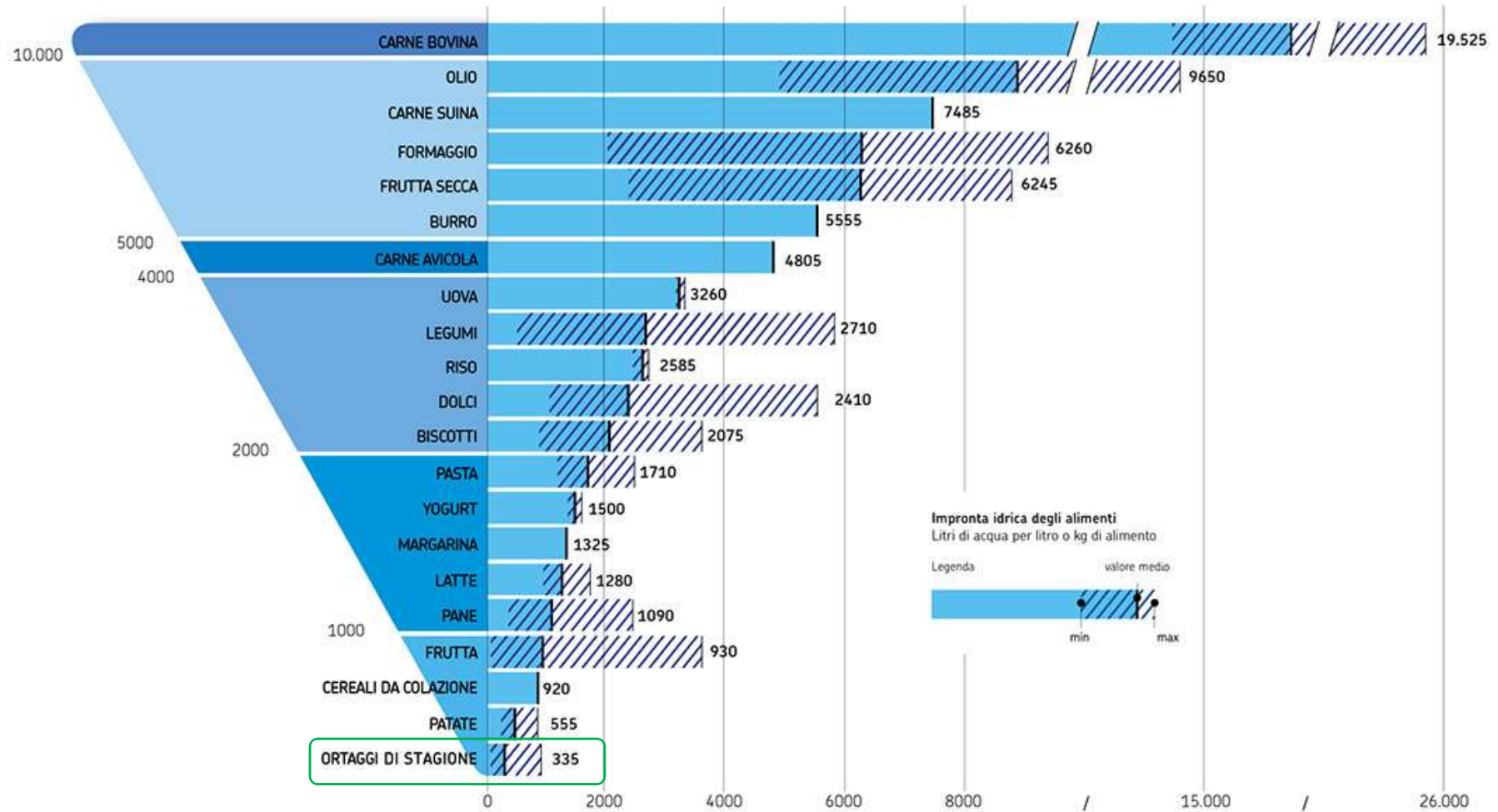
©BCFN FOUNDATION 2015

(dati Fondazione Bcfn, 2015)



Cenni introduttivi

Water footprint

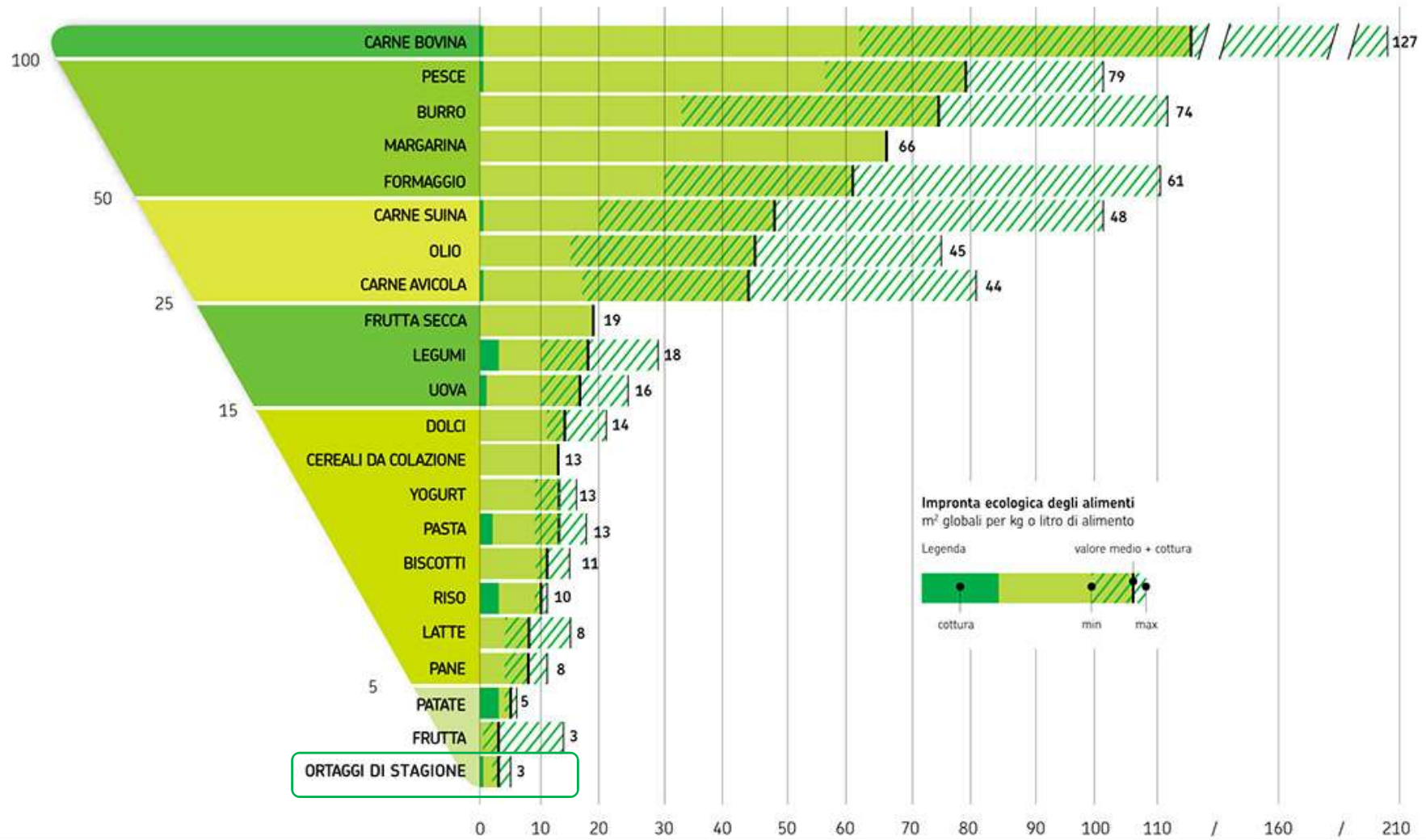


(dati Fondazione Bcfn, 2015)



Cenni introduttivi

Ecological footprint

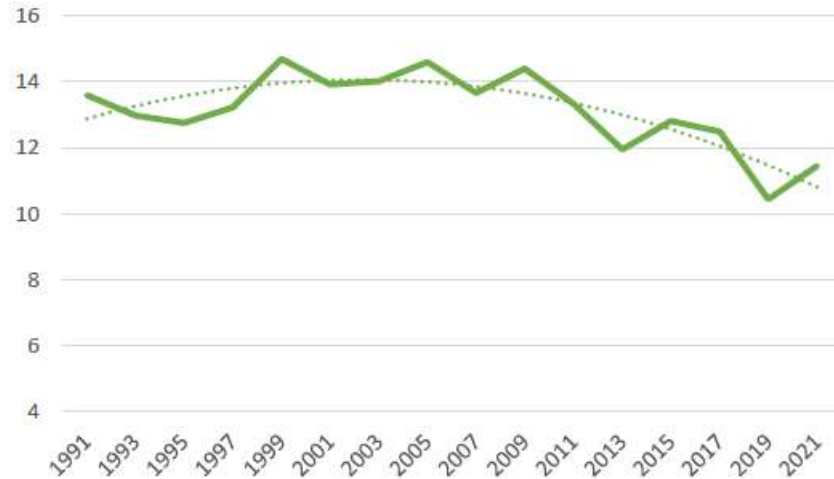


(dati Fondazione Bcfn, 2015)

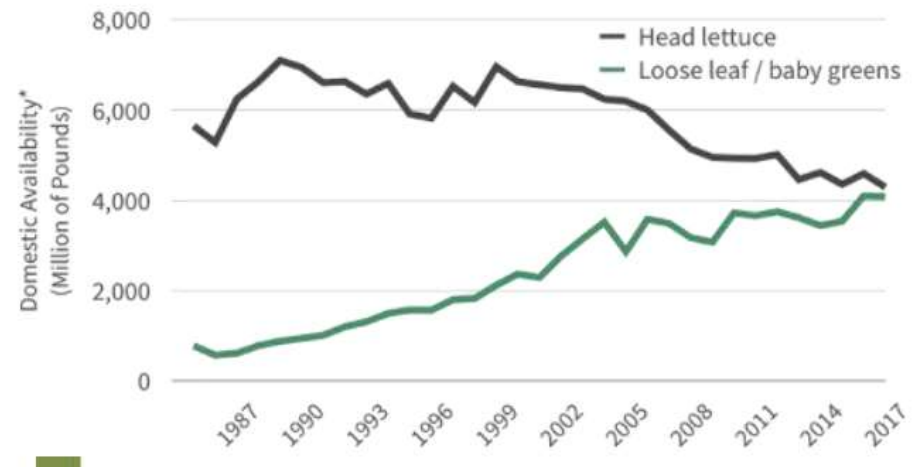


Cenni introduttivi

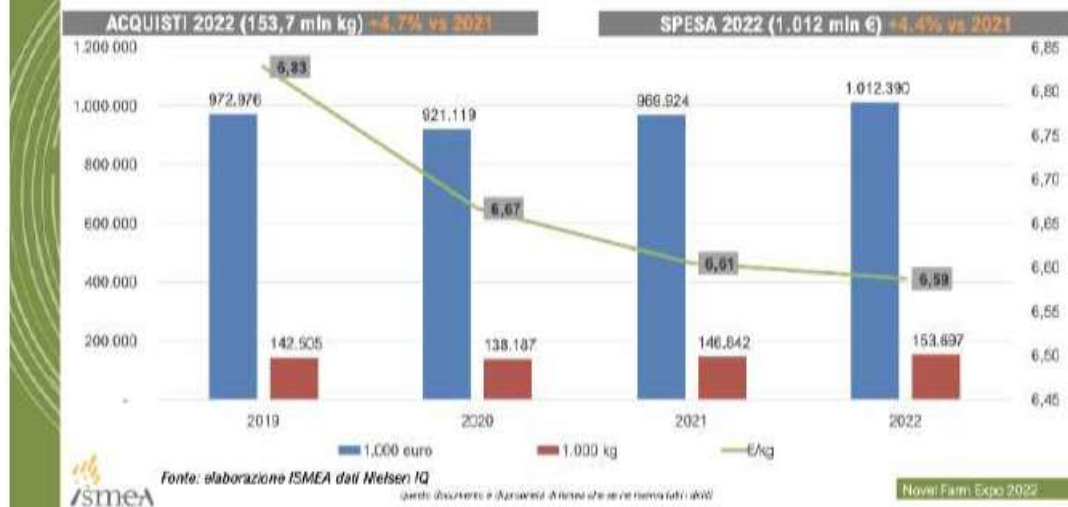
Produzione ortaggi Italia (Mt)



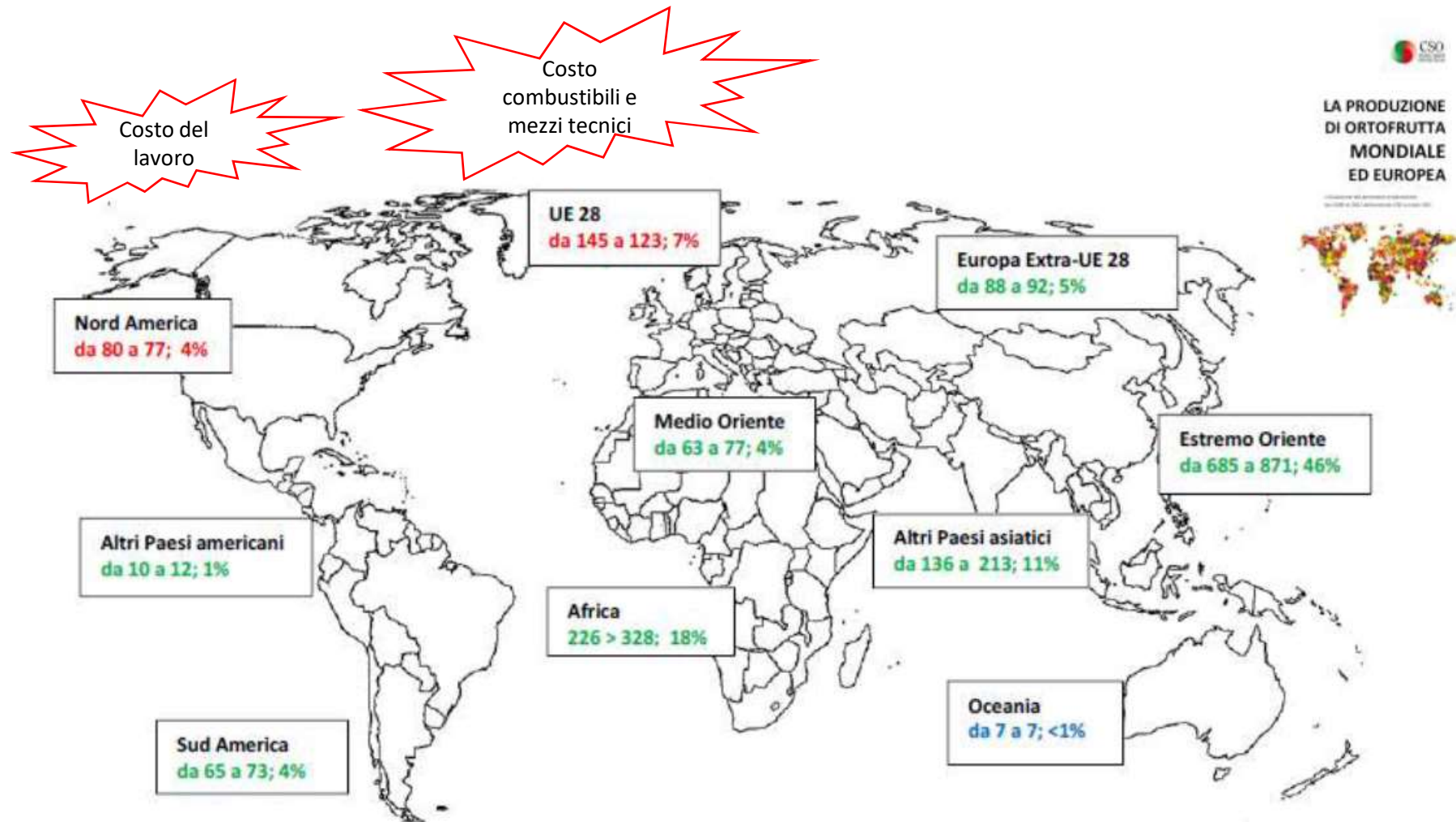
US consumption of head lettuce vs. loose leaf + baby greens



GLI ACQUISTI AL DETTAGLIO DI F&V DI IV GAMMA



Cenni introduttivi



Produzione globale di ortaggi aumentata del 25% nel periodo 2000-2012 nei paesi emergenti a discapito di altri



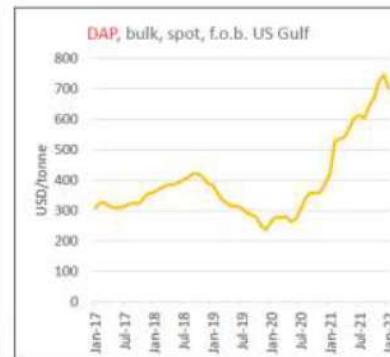
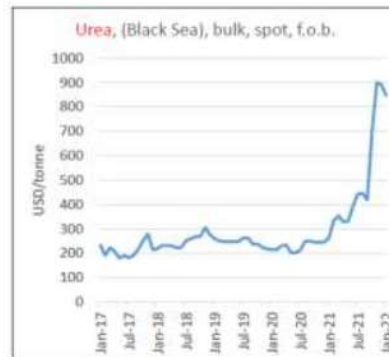
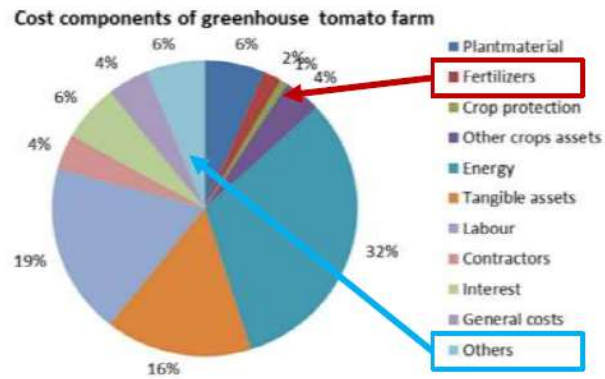
Cenni introduttivi

Qualche anno fa...



...oggiogiorno???

Fertilizer prices have risen to new record high even prior to the conflict: US Spot prices for N, P and K



Source: FAO (2022). The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets and the risks associated with the current conflict (Rome), pp. <https://www.fao.org/3/cb9013en/cb9013en.pdf>.

Nut Cycl. Agric. Syst. (2018) 104:281–287
DOI: 10.1007/s10705-015-9742-1



PERSPECTIVE

The future of phosphorus in our hands

Jessica G. Shepherd¹ · Rosanna Klemm² · Jaleh Bahri-Esfahani¹ · Lee Hudek¹ · Lalith Suriyagoda¹ · Elke Vandamme¹ · Kim C. van Dijk¹

Global Environmental Change 19(2018) 300–305

Contents lists available at ScienceDirect

Global Environmental Change

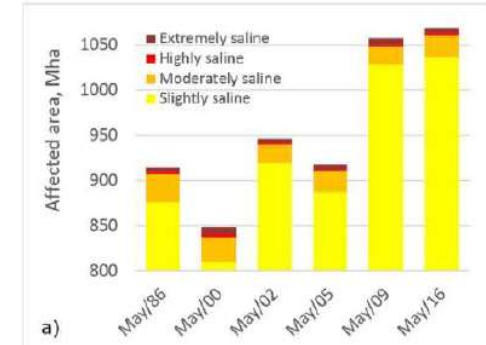
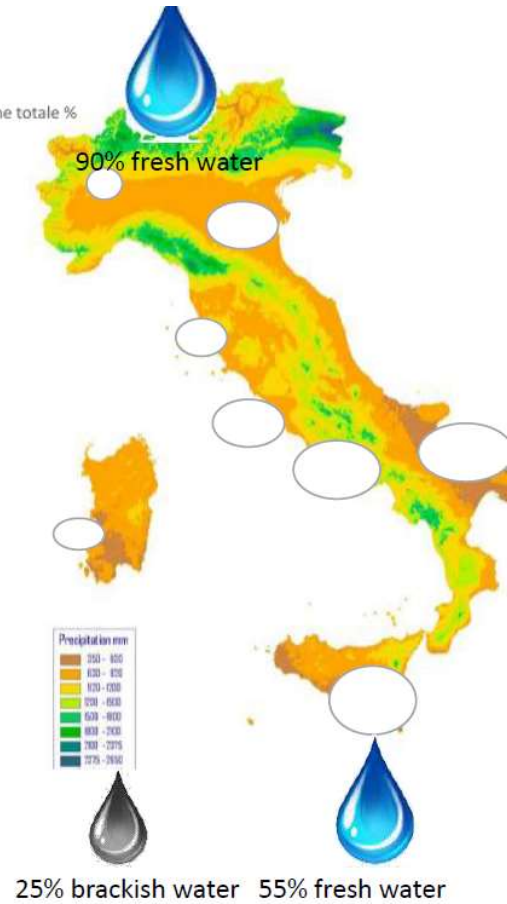
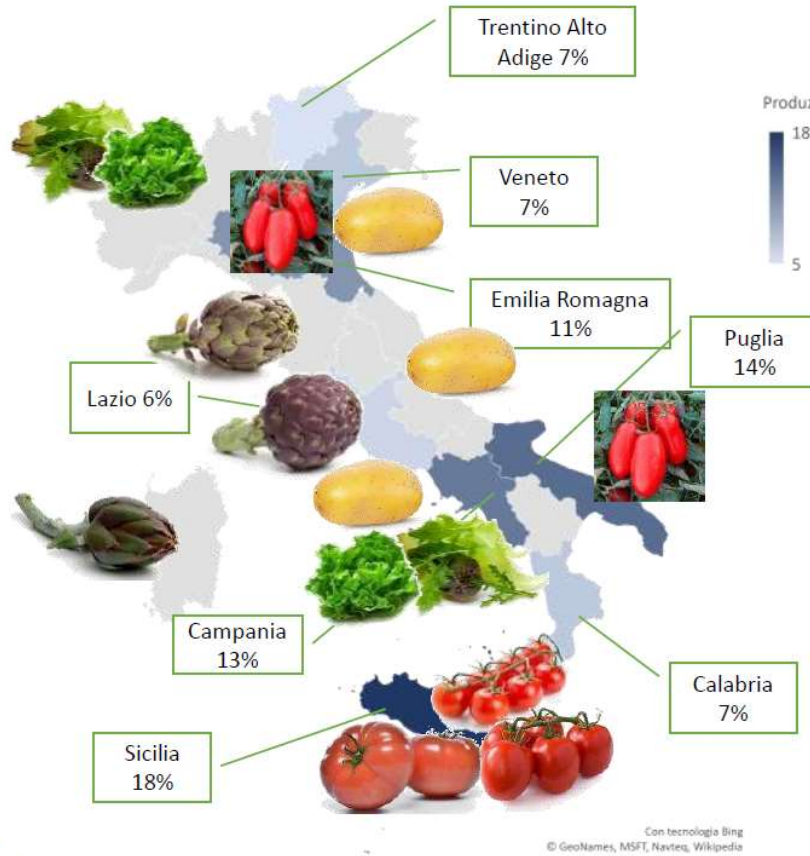
Journal homepage: www.elsevier.com/locate/gloenvcha



The story of phosphorus: Global food security and food for thought
Dana Cordell^{a,b,*}, Jan-Olof Drangert^a, Stuart White^b



Cenni introduttivi



(Massa, De Pascale, 2023)



Cenni introduttivi

- **Green deal**

- Neutralità climatica entro il 2050
- Ridurre le emissioni di CO₂
- Economia circolare e fonti rinnovabili
- Transizione verde ed equa

- **Farm to fork entro il 2030**

- Ridurre del 50% l'uso di agrofarmaci
- Ridurre del 20% l'uso di fertilizzanti
- Ridurre gli sprechi alimentari
- 25% della SAU in biologico

- **Nuova PAC 2023-2027**

- Competitività
- Ambiente
- Sviluppo equo
- Soddisfare i fabbisogni della società



(Massa, De Pascale, 2023)



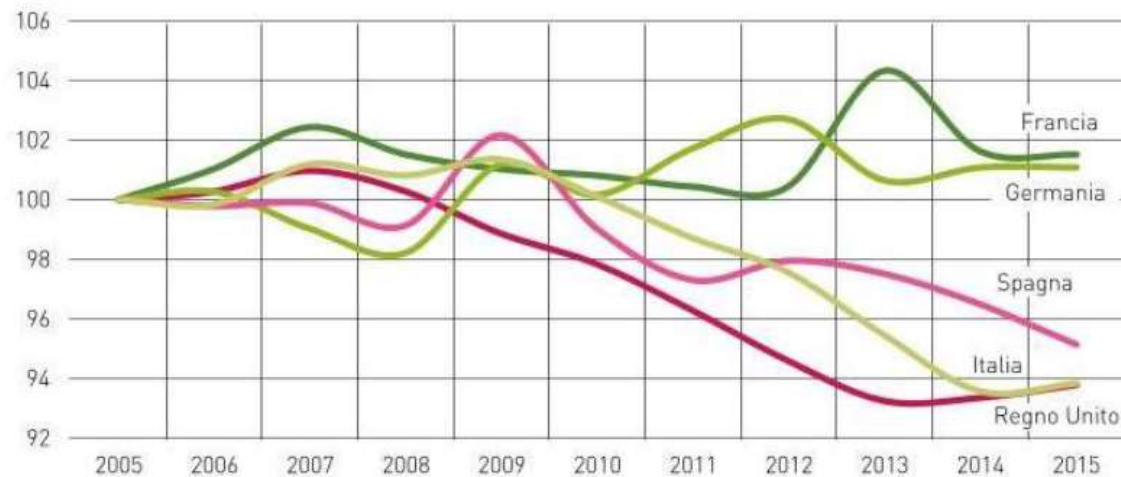
Cenni introduttivi



edonismo, salutismo, ambientalismo...
nutraceutica, dietetica, *convenience*...



FIGURA 36. TREND DEI CONSUMI PRO-CAPITE DI FRUTTA E ORTAGGI FRESCHI
(INDICE 2005=100, SONO ESCLUSE PATATE E ALTRI TUBERI)



Fonte: elaborazioni Nomisma su dati Euromonitor International.

(Massa, De Pascale, 2023)



Cenni introduttivi

Obiettivi agricoltura italiana: le strategie Agritech



Cenni introduttivi

- Collezione, mantenimento e valorizzazione del germoplasma
- Miglioramento genetico con approcci biotecnologici (es., TEA Tecnologie di Evoluzione Assistita)
- Miglioramento genetico tradizionale, partecipativo e innovazione di prodotto
- Qualità e produzione
- Resistenza tolleranza agli stress biotici e abiotici
- Innovazione di prodotto: micro-ortaggi, fiori eduli, ornamentali secchi

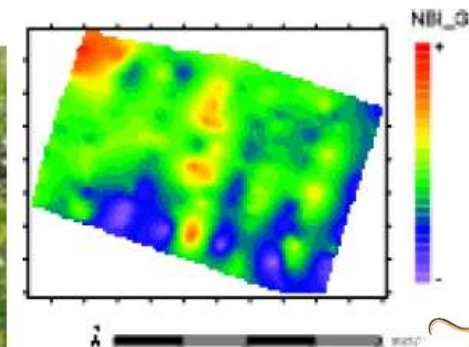
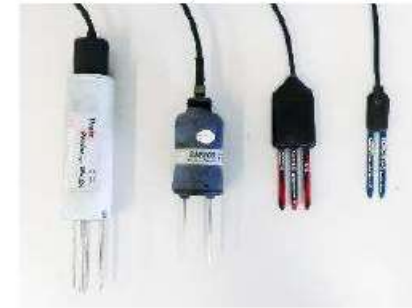
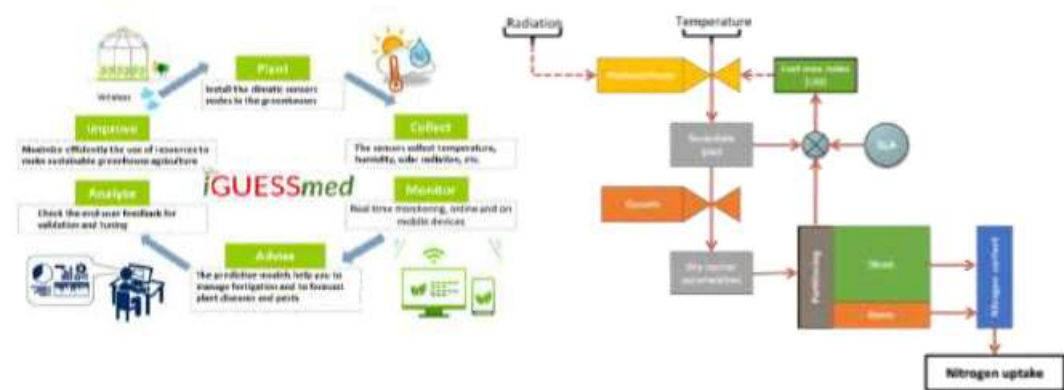


(Massa, De Pascale, 2023)



Cenni introduttivi

- Sistemi di supporto alle decisioni DSS
- Irrigazione, concimazione, fertirrigazione specie in suolo e fuori suolo
- Gestione agronomica aree verdi in ambiente urbano
- Monitoraggio fitosanitario
- Sensoristica digitale
- Sensori dielettrici per il controllo irriguo
- Fluorescenza, spettroradiometria per il monitoraggio dello stato nutrizionale e sanitario



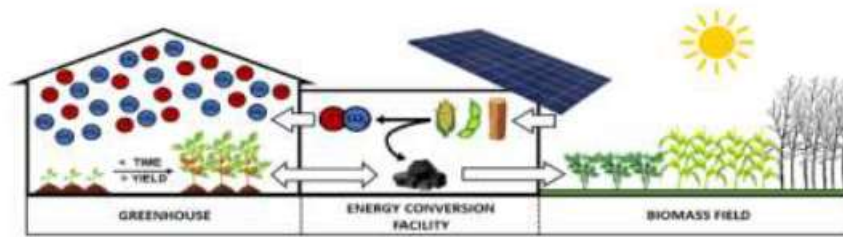
(Massa, De Pascale, 2023)



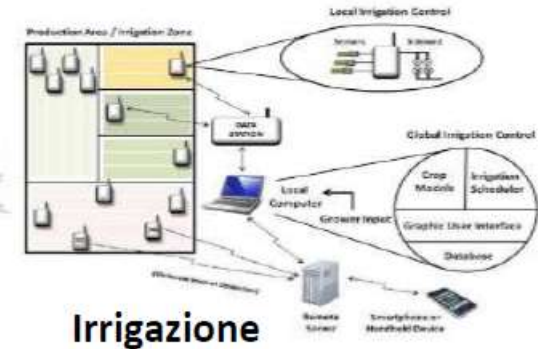
Cenni introduttivi



Materiali di copertura



Climatizzazione



Irrigazione



Illuminazione artificiale



Vertical farming



Difesa



Vivaismo



Idroponica

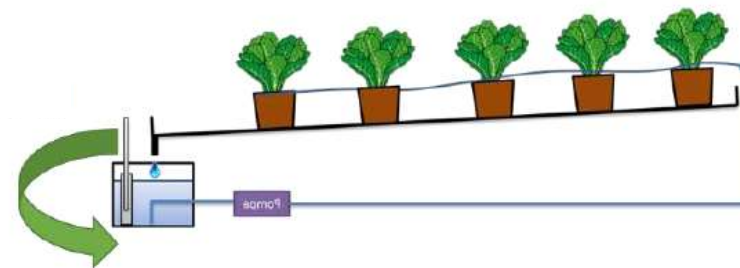


Acquaponica



Cenni introduttivi

- Compostaggio aziendale per la valorizzazione degli scarti colturali per migliorare la qualità del suolo e la sostenibilità delle coltivazioni attraverso l'apporto di sostanza organica e nutrienti
- Orticoltura biologica: rotazioni e diversificazione delle colture, cover crops e consociazioni, tecniche di lavorazione conservative minimum tillage e zero tillage
- Substrati di coltivazione professionali alternativi alla torba per colture intensive in contenitore ottenuti da scarti verdi
- Sistemi di produzione fuori suolo con particolare attenzione ai sistemi a ciclo chiuso in ambiente mediterraneo



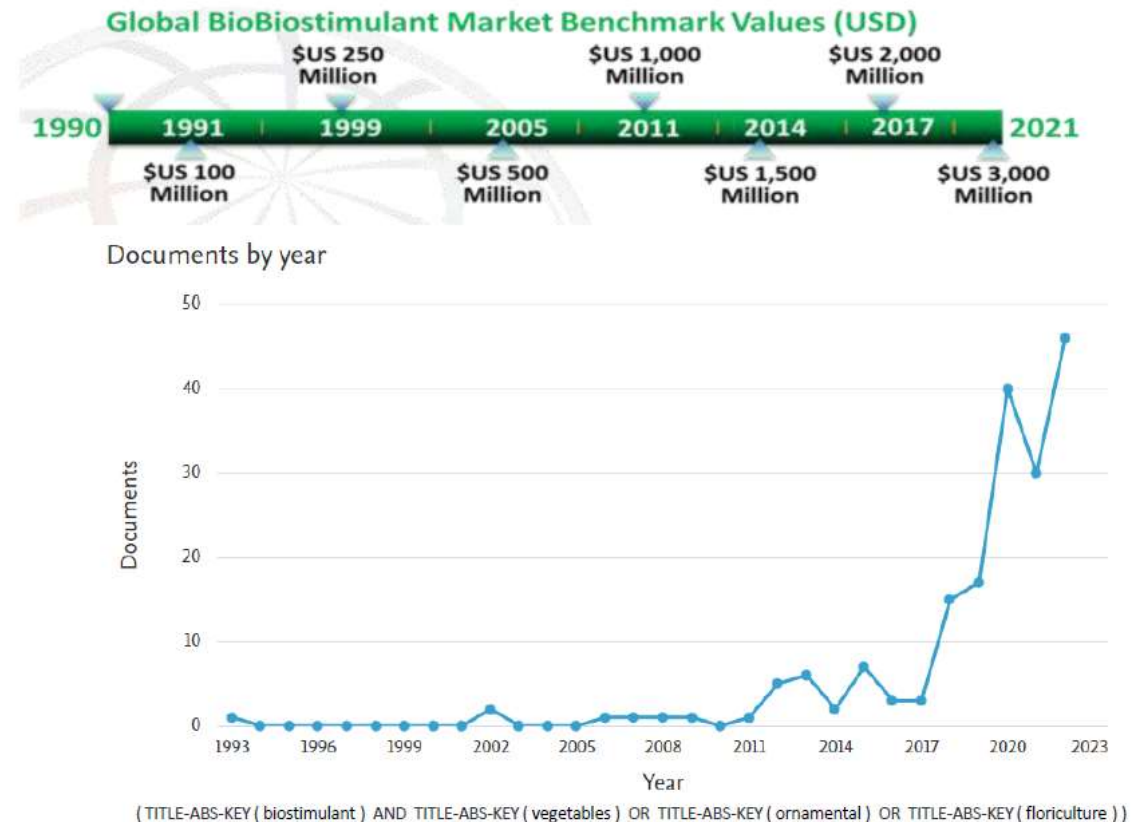
(Massa, De Pascale, 2023)



Cenni introduttivi

Prodotti biostimolanti e per la difesa alternativa alla chimica

- Microrganismi promotori della crescita e altre sostanze biostimolanti organiche
- Biostimolanti di origine inorganica
- Uso di compost per le loro proprietà soppressive nei confronti di patogeni e biostimolanti
- Microrganismi antagonisti per il controllo biologico delle malattie telluriche (soprattutto in fuori suolo)
- Uso glucosinolati da Brassicaceae e altri metaboliti secondari (per la difesa delle colture, la biostimolazione)

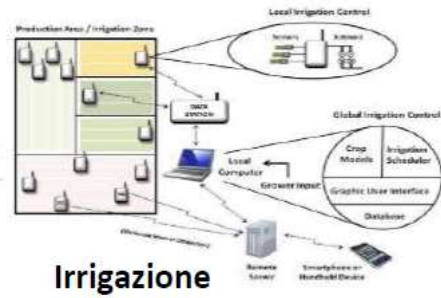


Tracciabilità, marketing, comunicazione

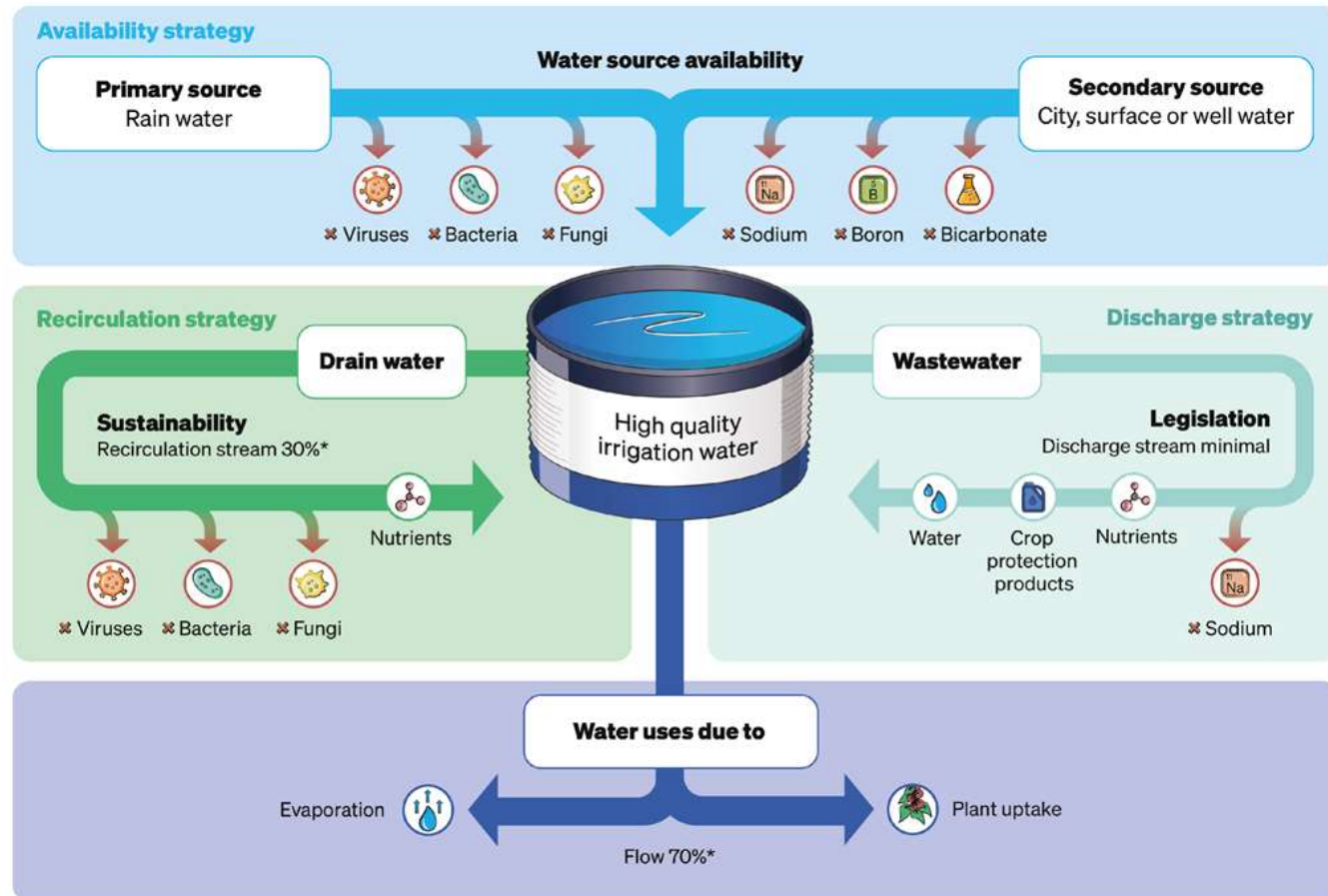
- Diversificazione dei prodotti
- Necessità di veicolare le informazioni al consumatore e di canalizzarlo verso prodotti nuovi
- Uso del marchio per l'identificazione del prodotto
- Progressiva affermazione del prodotto confezionato e selezionato
- Tecnologie digitali per registrare (e certificare) in modo univoco e irreversibile informazioni relative a tutti i passaggi lungo la filiera dal campo alla tavola a cui il consumatore finale può accedere facilmente (es. blockchain)



Gestione idrica in serra



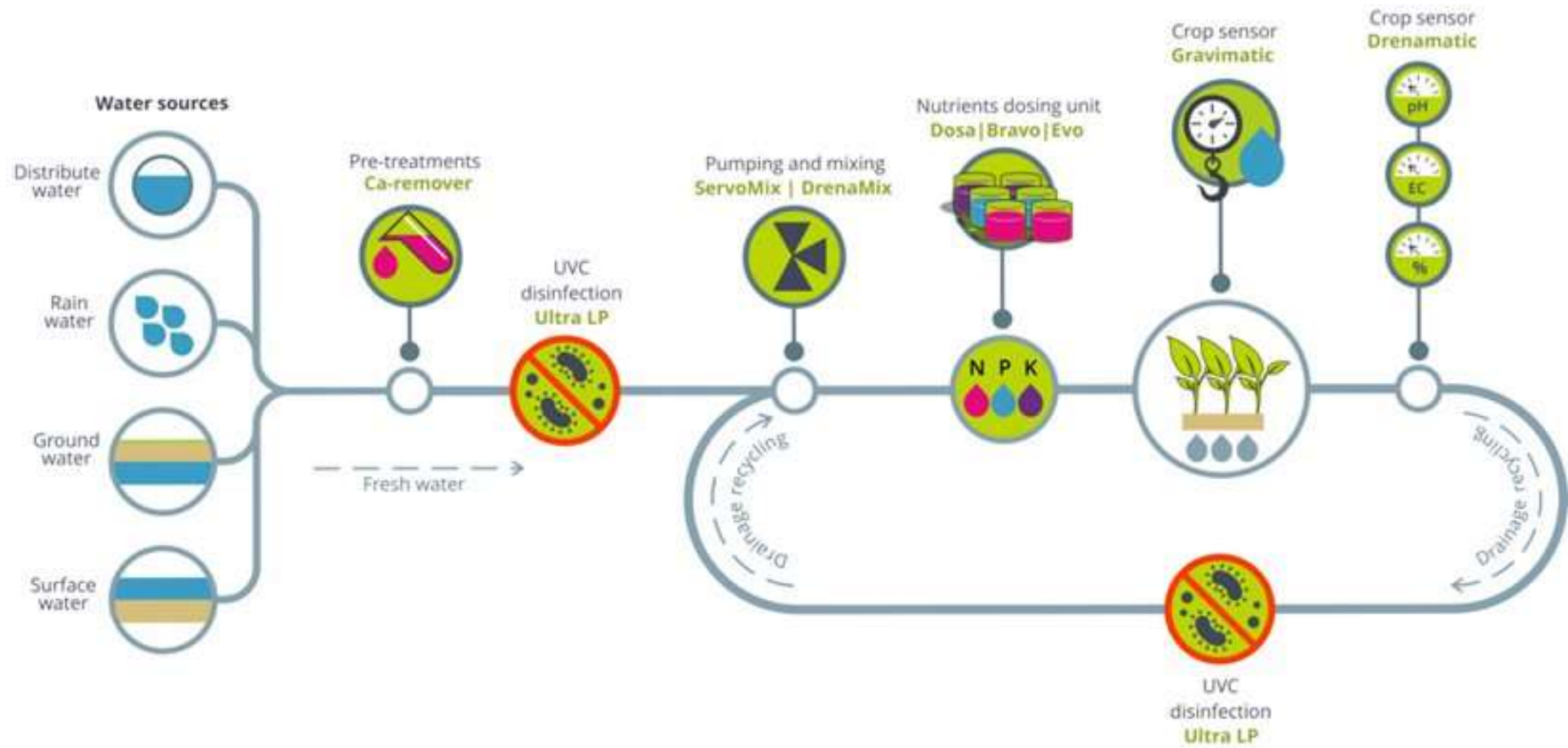
GREENHOUSE HORTICULTURE WATER MANAGEMENT



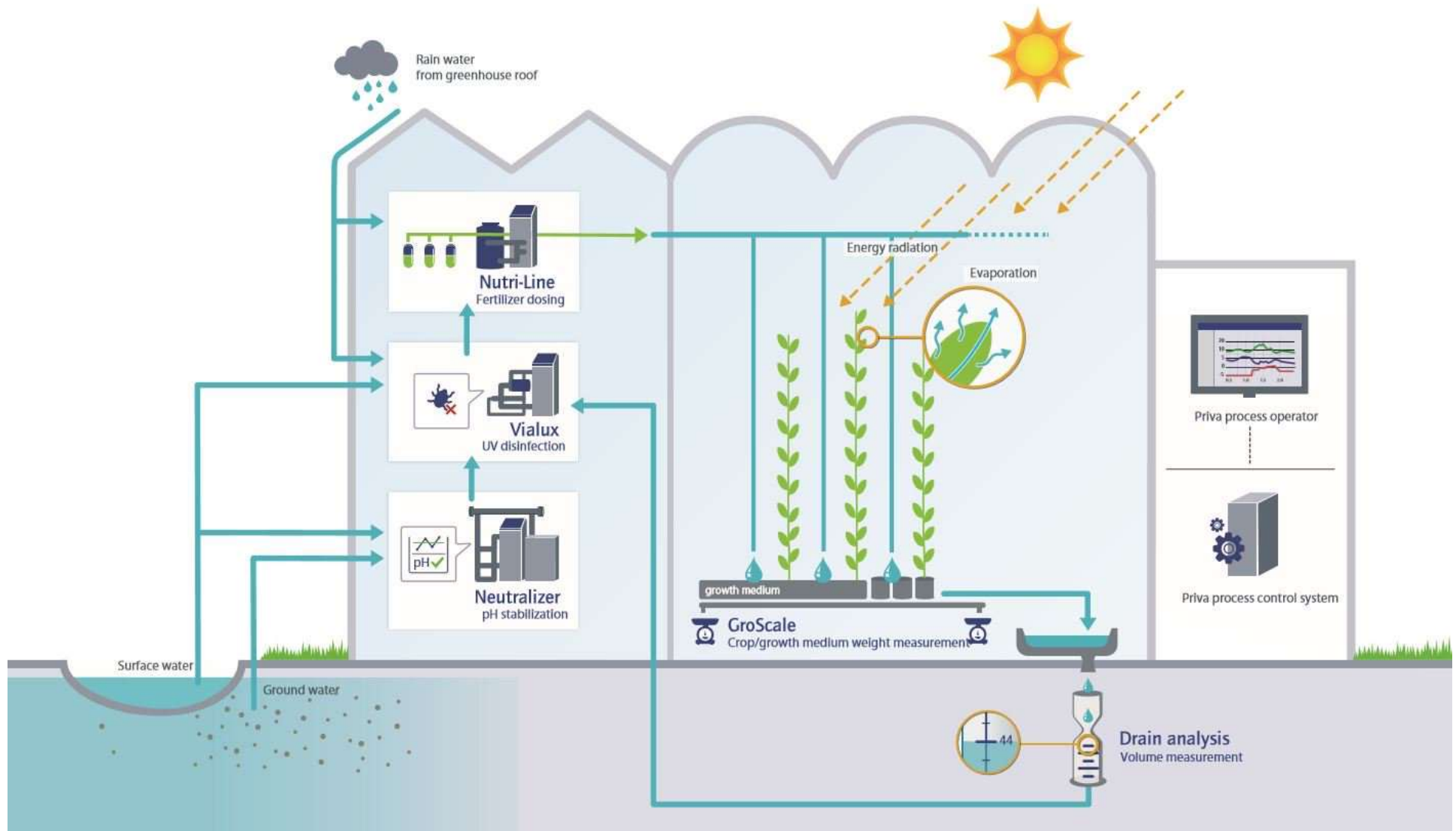
*Average values, depends on cultivation strategy, type of greenhouse, type of crop, season etc.



Gestione idrica in serra



Gestione idrica in serra



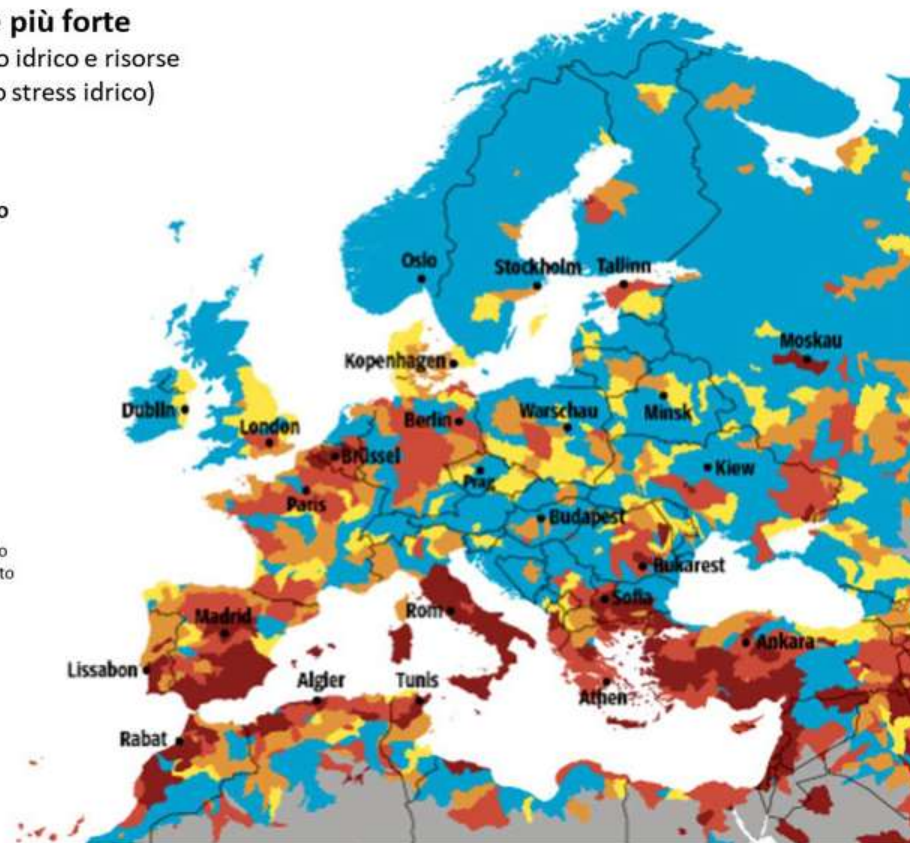
Gestione idrica in serra - premesse

Una gestione ottimale dell'irrigazione è necessaria per aumentare sensibilmente la produttività dell'acqua (o l'efficienza nell'uso dell'acqua) nella produzione di ortaggi in serra. Questo è particolarmente importante considerando la crescente scarsità di risorse idriche dolci in molte delle zone dove è concentrata la produzione di ortaggi in serra in Europa, come nel **sud Europa** (Thompson et al., 2020).

Dove la carenza è più forte

Rapporto tra consumo idrico e risorse disponibili (cosiddetto stress idrico)

- Livello di stress basso**
meno del 10%
- Da basso a medio**
dal 10 al 20%
- Da medio ad alto**
dal 20 al 40%
- Molto alto**
dal 40 all'80%
- Estremamente alto**
più dell'80%
- Zone povere d'acqua, ridotto consumo idrico o nessun dato disponibile

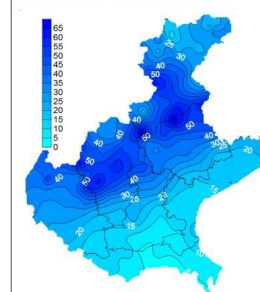


MAPPA SZ; FONTE: WORLD RESOURCES INSTITUTE

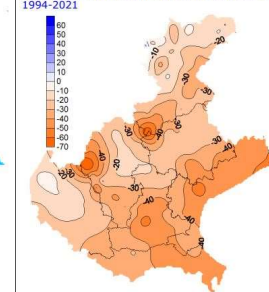
Riduzione delle precipitazioni

Precipitazioni del mese di Febbraio 2022

Precipitazioni del mese di Febbraio (mm)



Differenza in mm rispetto alla media del periodo 1994-2021



Risalita cuneo salino

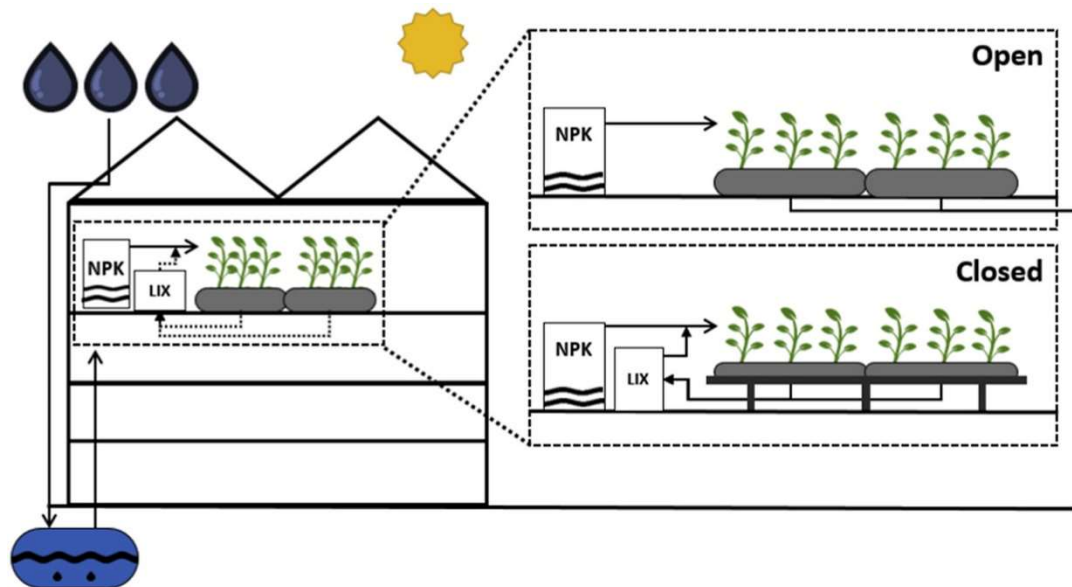


Gestione idrica in serra - premesse

La produzione di ortaggi in serra è comunemente associata a un apprezzabile **rilascio di nitrati** (NO_3^-) e alla contaminazione da NO_3^- degli acquiferi (Thompson et al., 2020).

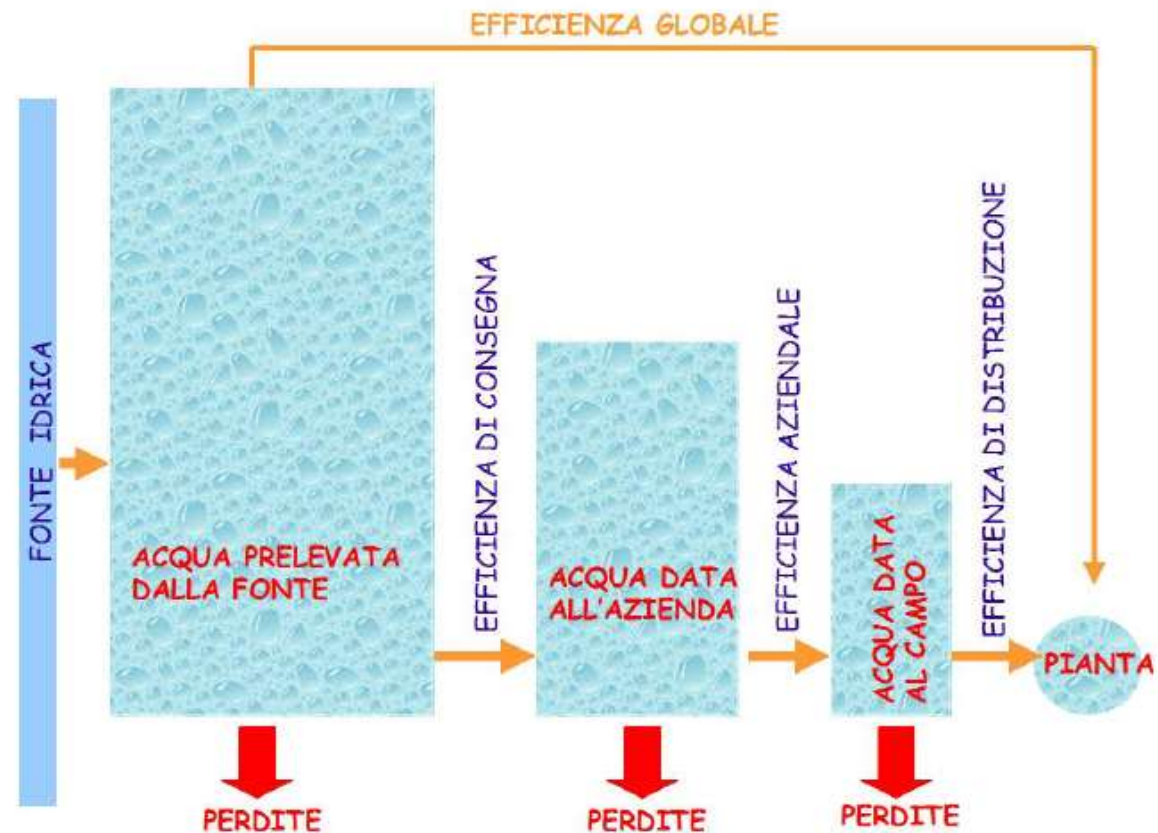
- **crescente pressione legislativa** e sociale per ridurre la perdita da lisciviazione di NO_3^- e altre perdite di nutrienti nei corpi idrici (Thompson et al., 2020).
- Un'irrigazione eccessiva è un importante fattore contributivo alla lisciviazione di NO_3^- (Quemada et al., 2013).

Una gestione ottimale dell'irrigazione è un prerequisito per ridurre considerevolmente la contaminazione da NO_3^- degli acquiferi derivante dalla produzione di ortaggi in serra.



Innovazione nel miglioramento efficienza

L'innovazione va ricercata in tutto il tragitto dal prelievo alla fonte alla pianta, riducendo le perdite non produttive con strategie tecnologiche e di gestione. L'innovazione agronomica deve poi individuare per ogni coltura e prodotto obiettivi strategici determinanti per un'alta *efficienza fisiologica* all'acqua distribuita alla pianta (more crop per drop).



metodi e sistemi irrigui efficienti

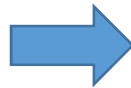
- Il metodo ed sistema irriguo hanno efficienze di applicazione molto diverse, con rilevanti riflessi sulla produttività della coltura, sulla qualità delle produzioni, sulla pressione necessaria (€).
- Il risparmio idrico si riflette anche sulla quantità di **nutrienti rilasciati** dal suolo per effetto della uniformità di distribuzione e dei volumi distribuiti in difformità delle esigenze della coltura.

	EFFICIENZA --
sommersione (risaie)	25-30%
• scorrimento superficiale	40-50%
• aspersione tradizionale	70-75%
• Aspersione macchine moderne	80-85%
• microirrigazione (goccia, spruzzo)	80-90%
• Microirrigazione interrata e ULDI	90-95%

Gestione idrica in serra - premesse

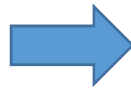
Negli ultimi trent'anni, l'adozione di sviluppi tecnici ha contribuito a ridurre la perdita da lisciviazione di nutrienti dalla produzione di ortaggi in serra in Europa.

Drip e sprinkler irrigation

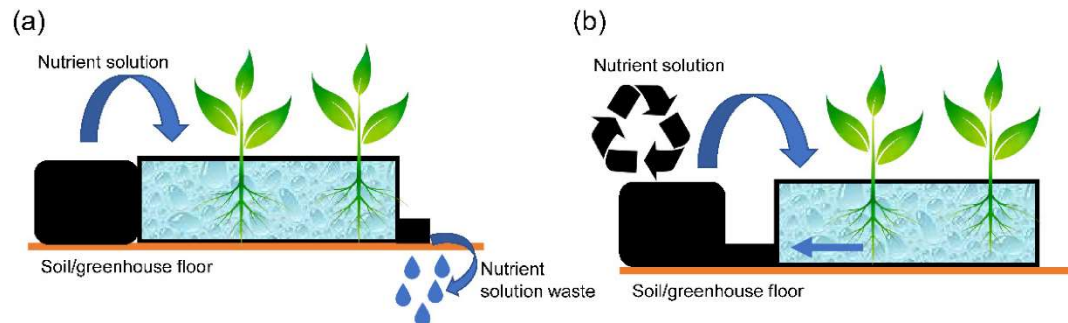


La loro diffusa adozione, negli ultimi decenni, ha ridotto notevolmente l'eccessiva irrigazione comunemente associata ai sistemi di irrigazione superficiale.

Soiless systems



Il ciclo chiuso nelle zone nord-occidentali (NW) dell'Europa, in particolare nei Paesi Bassi e in Belgio, ha ridotto notevolmente le perdite di nutrienti dalla produzione di ortaggi protetti.



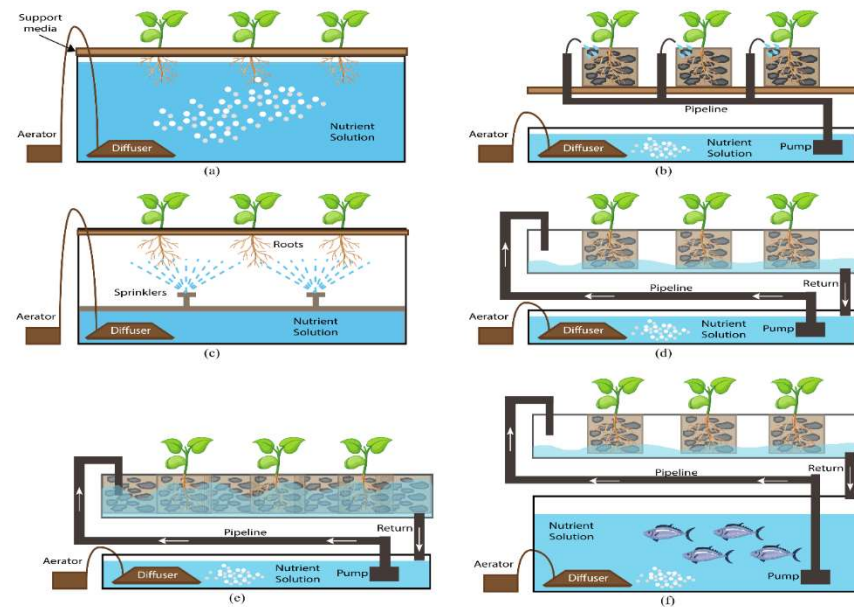
SUD europa?

Gestione idrica

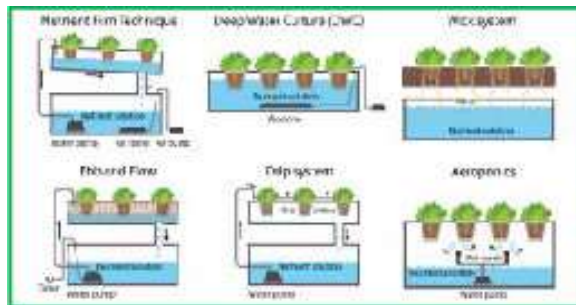
Coltivazione su suolo



Coltivazione fuori suolo



Gestione idrica



crop improvement, phenological
 improvement, biofertilizers &
 biocontrol agent interventions,
 nanotechnology, natural
 farming, computer led sensor
 based technology, research
 promotion, employment
 creations

soilless
green
revolution

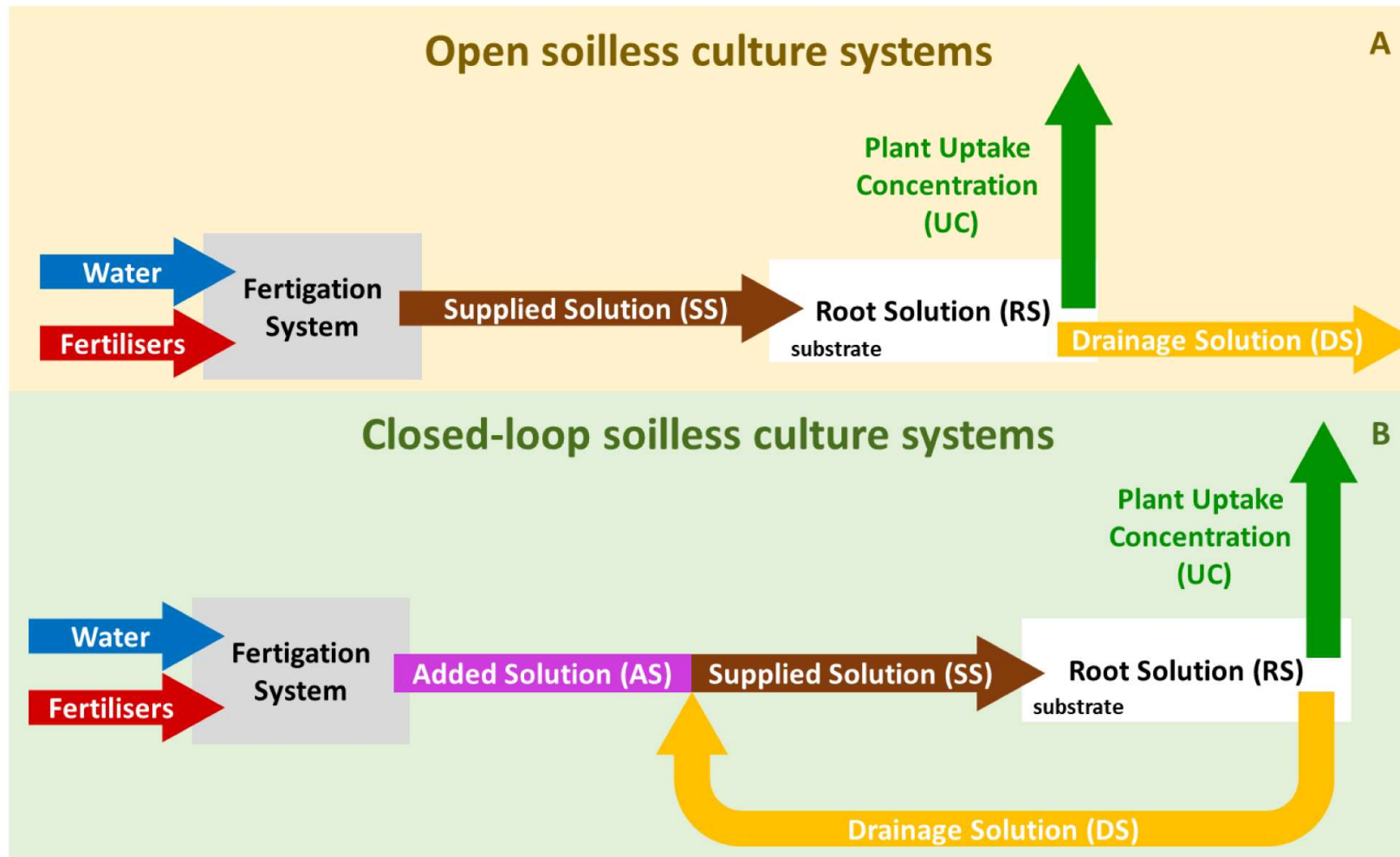
large farmers, small farmers,
 marginal farmers, landless
 farmers, industry, institutes



low & high cost technology:
 open, closed, protected
 cultivation, vertical farming

Gestione idrica e fuori suolo

Stato dell'arte e nuove tecnologie per il riciclo degli effluenti di fertirrigazione nei sistemi di coltivazione senza suolo chiusi con l'obiettivo di massimizzare l'efficienza nell'uso dell'acqua e dei nutrienti nelle coltivazioni in serra.



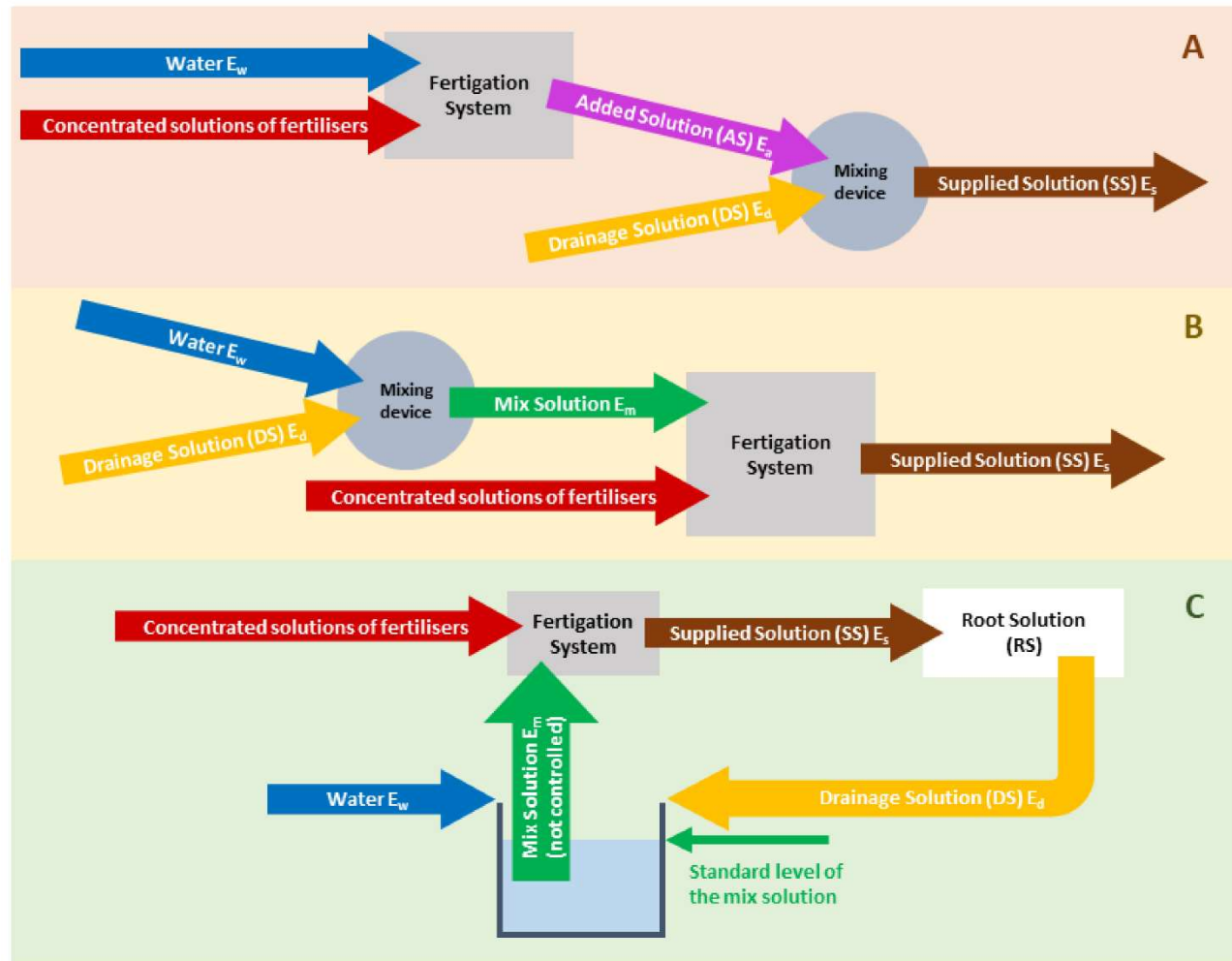
Gestione idrica e fuori suolo

Diverse approcci per preparare la NS per le coltivazioni senza suolo quando si riutilizza la soluzione di drenaggio sono:

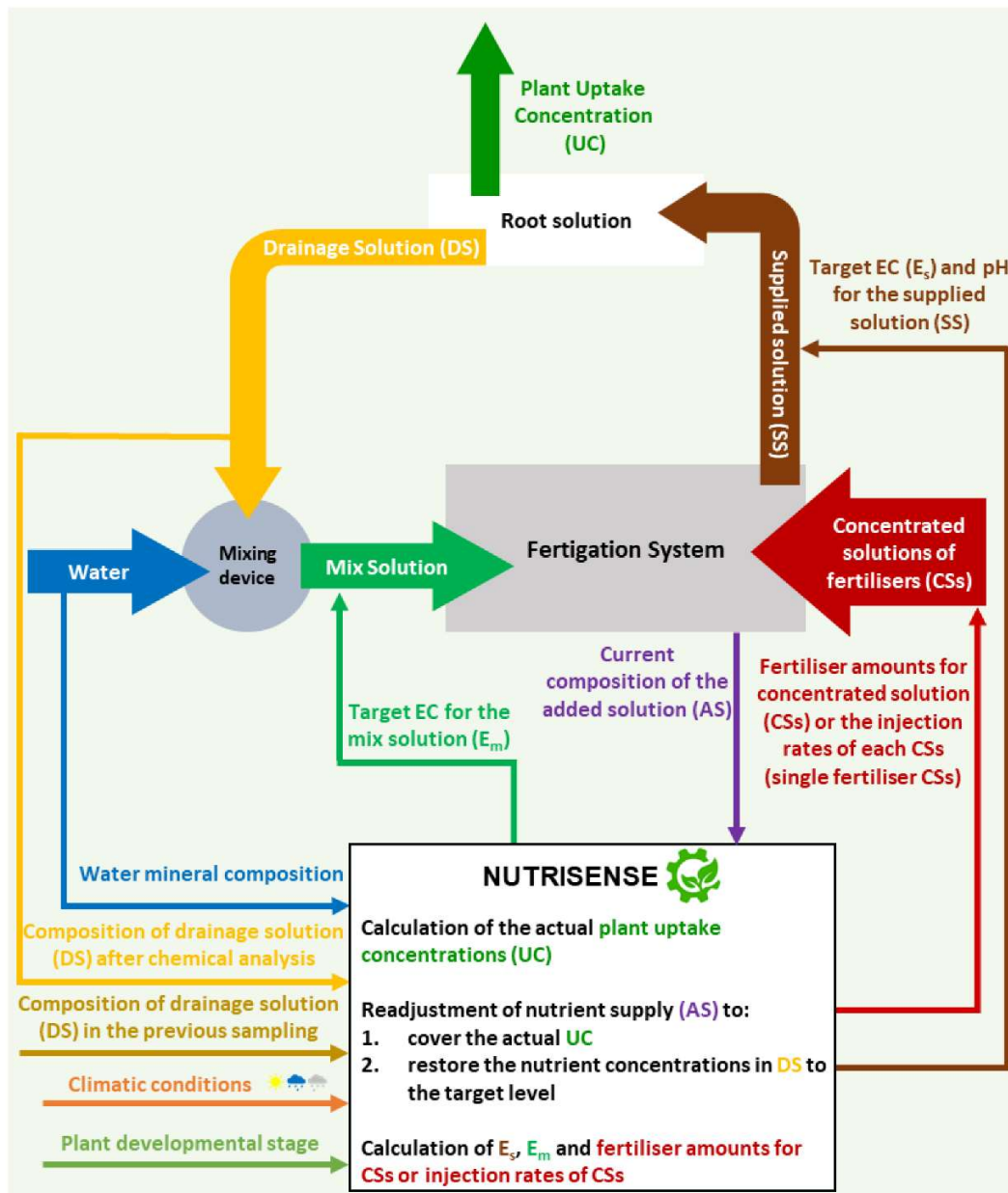
(A) Inizialmente, i fertilizzanti vengono aggiunti all'acqua per preparare AS con un EC target (E_u); successivamente, il DS viene miscelato con l'AS per preparare SS con un EC target (E_s).

(B) Inizialmente, il DS viene miscelato con acqua grezza per ottenere una miscela con un EC predefinito (E_m); successivamente, i fertilizzanti vengono aggiunti a questa miscela per preparare AS con un EC target (E_s).

(C) Inizialmente, il DS viene miscelato con acqua grezza senza controllare l'EC della miscela; successivamente, i fertilizzanti vengono aggiunti a questa miscela per preparare AS con un EC target (E_s).



Gestione idrica e fuori suolo



Schema schematizzato dei calcoli necessari per riassetare l'apporto di nutrienti in un sistema di coltivazione senza suolo a circuito chiuso (CLS) utilizzando il sistema di supporto decisionale (DSS) NUTRISENSE. I dati di input per i DSS sono lo stadio di sviluppo della pianta, la composizione minerale dell'acqua di irrigazione, l'analisi chimica dei DS attuali e precedenti, la composizione minerale dell'AS attualmente applicata e le condizioni climatiche. L'output del DSS è la composizione riassetata dell'AS, inclusi l'EC target per la miscela di acqua grezza e soluzione di drenaggio, l'EC e il pH target per la SS, le quantità di fertilizzanti necessari per preparare le rispettive CS, o i tassi di iniezione di ciascuna CS quando vengono utilizzate CS di fertilizzanti singoli.

<https://nutrisense.online/>

Gestione idrica in serra - Metodi

L'irrigazione delle coltivazioni di ortaggi in serra, almeno nel sud Europa, è **generalmente in eccesso rispetto alle esigenze delle colture** (Fernández et al., 2007; Pardossi and Incrocci, 2011; Peña-Fleitas et al., 2013), ed è basata sull'esperienza accumulata da coltivatori e consulenti.

METODI EFFICACI DI STIMA



Questi metodi e strumenti dovrebbero informare gli orticoltori delle serre su quando irrigare e su quanta irrigazione applicare.



DIRETTI

Coinvolgono la **misurazione** di un parametro per assistere gli orticoltori nella presa di decisioni o per automatizzare l'irrigazione.



INDIRETTI

Basati su **condizioni climatiche**, tali metodi anticipano le esigenze di irrigazione o riforniscono le riserve del suolo/substrato utilizzando equazioni per stimare la domanda atmosferica sperimentata dalla coltura.

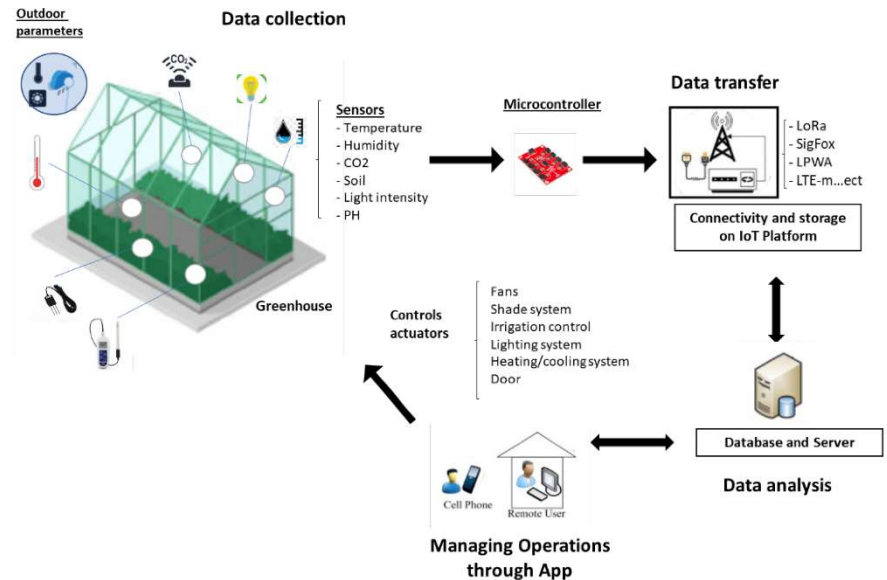
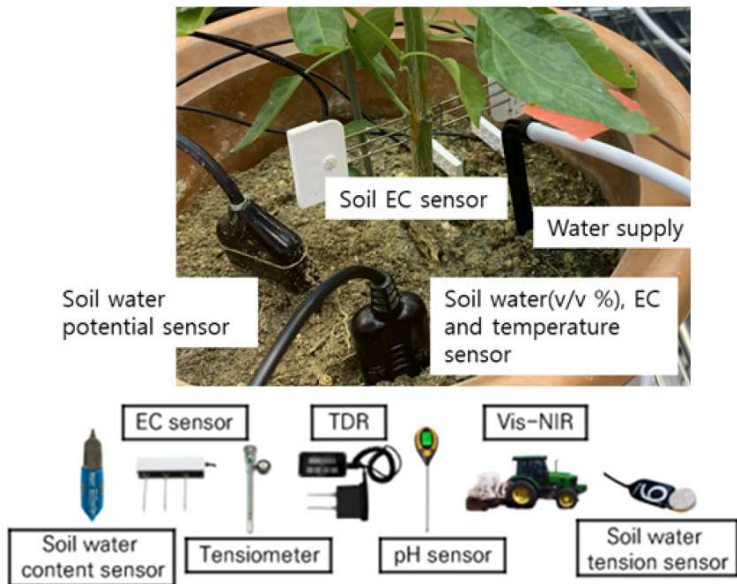
Gestione idrica in serra - Metodi

DIRETTI

I metodi diretti più comunemente utilizzati e studiati sono i sensori del suolo e delle piante, nonché i vassoi di drenaggio e di pesatura.

INDIRETTI

Le applicazioni pratiche includono l'incorporazione di queste equazioni nei controller di irrigazione automatici, nei modelli di simulazione e nelle app dei sistemi di supporto decisionale (DSSs).



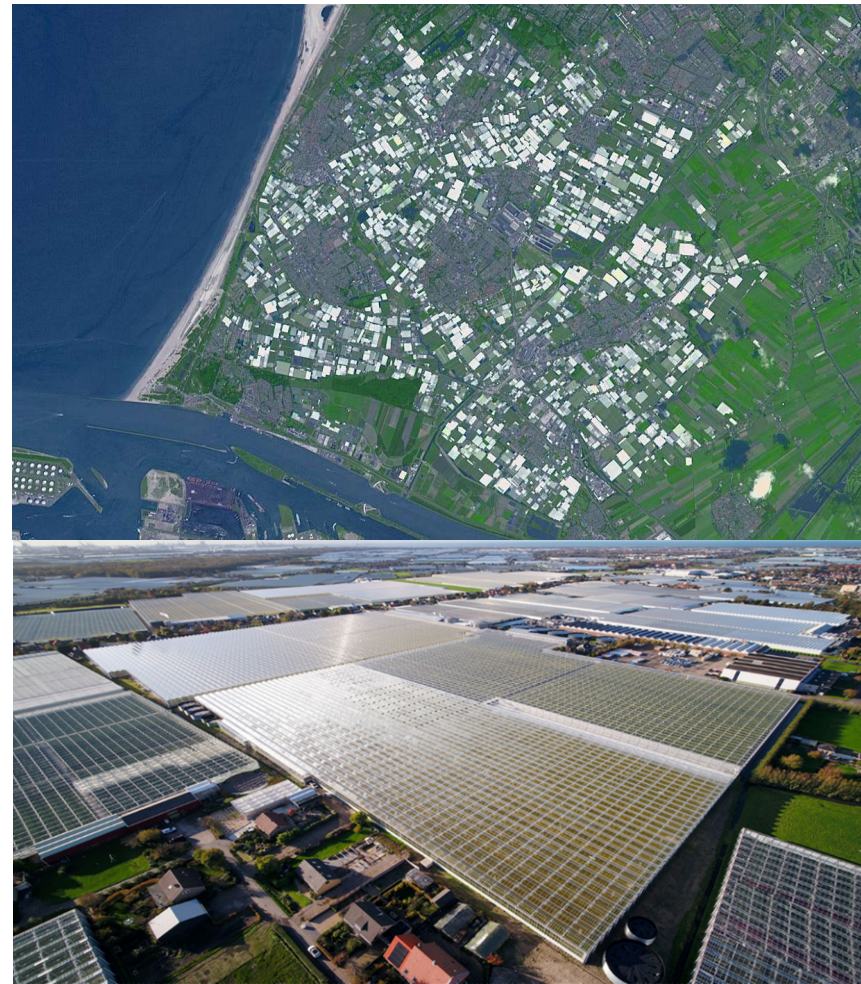
Gestione idrica in serra - Esempi

C'è pochissima informazione statistica dettagliata per identificare le pratiche di gestione dell'irrigazione nella produzione commerciale di serre in tutta Europa.

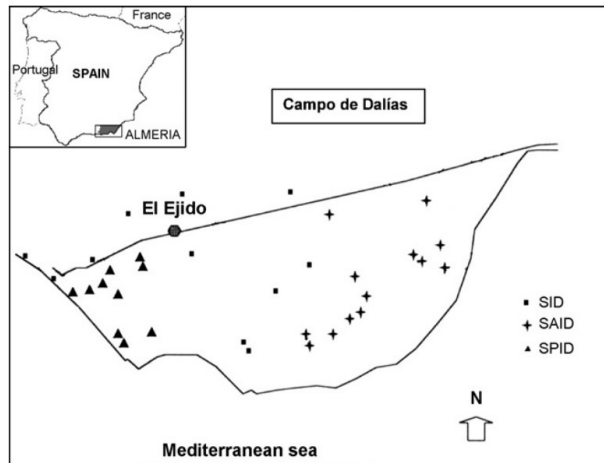
ALMERIA



OLANDA



Gestione idrica in serra - Almeria



Distribuzione delle serre monitorate nei distretti di irrigazione Sol y Arena (SAID) e Sol-Poniente (SPID), e nei piccoli distretti di irrigazione (SID) situati sulla costa di Almería, nel sud-est della Spagna.

Table 1 – Mean values of emission uniformity (EU), irrigation water electrical conductivity (EC_w), irrigation water supply (IWS), relative irrigation supply (RIS), irrigation water use efficiency (IWUE) and irrigation water productivity (WP) per crop in the irrigation districts of Sol y Arena (SAID) and Sol-Poniente (SPID), and in the greenhouse group from small irrigation districts (SID). (Almería, southeast Spain)

Irrigation district	N^a	EU (%)	EC_w ($dS\ m^{-1}$)	IWS (mm)	RIS	IWUE ($kg\ m^{-3}$)	WP ($€\ m^{-3}$)
SAID	58	91	1.44 b	245	1.15	25.4	11.8
SPID	80	95	0.90 a	226	1.16	25.7	11.3
SID	62	86	0.70 a	216	1.06	20.7	12.8

Values with different letters in the same column are significantly different ($P < 0.05$).

^a Number of measured greenhouse crops per irrigation district.

(Fernandez et al., 2007)



Gestione idrica in serra - Almeria

Table 3 – Values, averaged for six cropping seasons, and their coefficients of variation (in parentheses) of annual irrigation water supply (AIWS), annual relative water supply (ARIS) and annual water productivity (AWP) of the main crop rotations in the irrigation area of Campo de Dalías (Almería), southeast Spain

Crop rotations	N ^a	AIWS (mm)	ARIS	AWP (€ m ⁻³)
Autumn-spring sweet pepper	11	363 (30)	1.02 (29)	8.7 (40)
Sweet pepper-melon	14	502 (28)	1.07 (31)	11.4 (33)
Sweet pepper-green bean	4	489 (40)	1.01 (27)	12.9 (12)
Sweet pepper-watermelon	12	465 (25)	0.88 (30)	10.4 (29)
Cucumber-melon	17	486 (26)	1.45 (29)	12.1 (41)
Cucumber-watermelon	4	439 (41)	1.22 (24)	9.4 (40)
Green bean-green bean	12	365 (24)	1.16 (18)	15.3 (28)

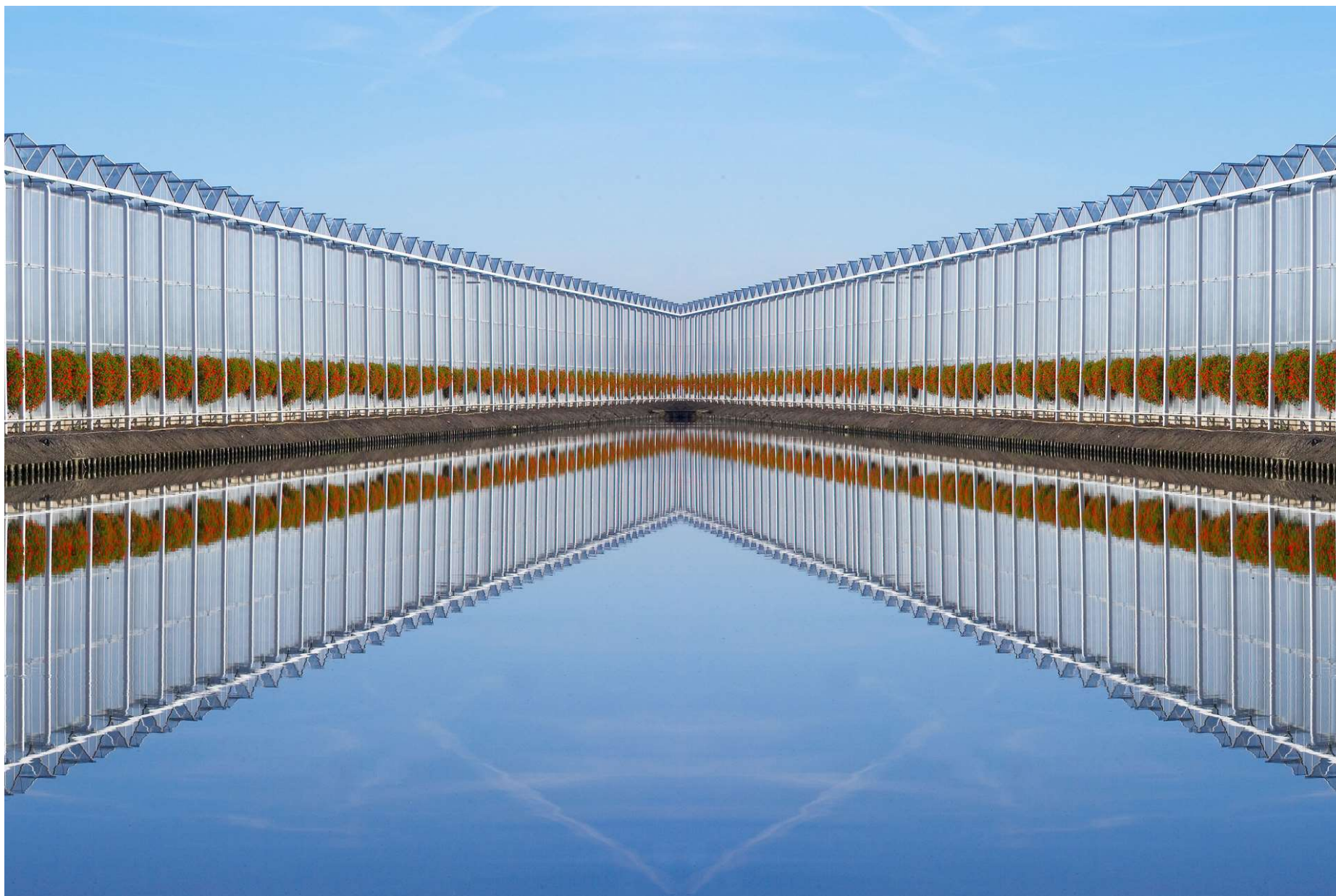
^a Number of measured greenhouses per crop rotation.



(Fernandez et al., 2007)



Gestione idrica in serra - Olanda



Gestione idrica in serra - Olanda

Massima emissione accettabile annuale di azoto (N) nelle acque di drenaggio scaricate secondo le informazioni fornite da Infomil (2012).

	2013 & 2014	2015- 2017	>2018
Other vegetables	25	25	25
Anthurium, Container crops, Bedding plants	50	33	25
Orchid (Cymbidium)	75	50	38
Tulip, Annual	100	67	50
Tomato, Herbs	125	83	67
Cucumber, Potted plants, Propagation ornamentals	150	100	75
Strawberry, Eggplant, Sweet pepper	200	133	100
Rose, Gerbera, Propagation vegetables	250	167	125
Pot orchids (Phalaenopsis)	300	200	150



(Voogt et al. 2013)

Gestione idrica in serra - Olanda

I principali punti delle normative sono i seguenti:

- **Normative specifiche per le colture riguardanti le emissioni di azoto (N) (Tabella 1), che saranno progressivamente ridotte fino a raggiungere lo zero nel 2027.**
- **Gli agricoltori devono presentare una relazione annuale contenente i dati sull'uso dell'acqua registrato, lo scarico e l'uso dei fertilizzanti.**
- L'obbligo di raccolta dell'acqua piovana sarà revocato.
- L'acqua scaricata può essere utilizzata per altri settori, come le colture di ortaggi da campo.

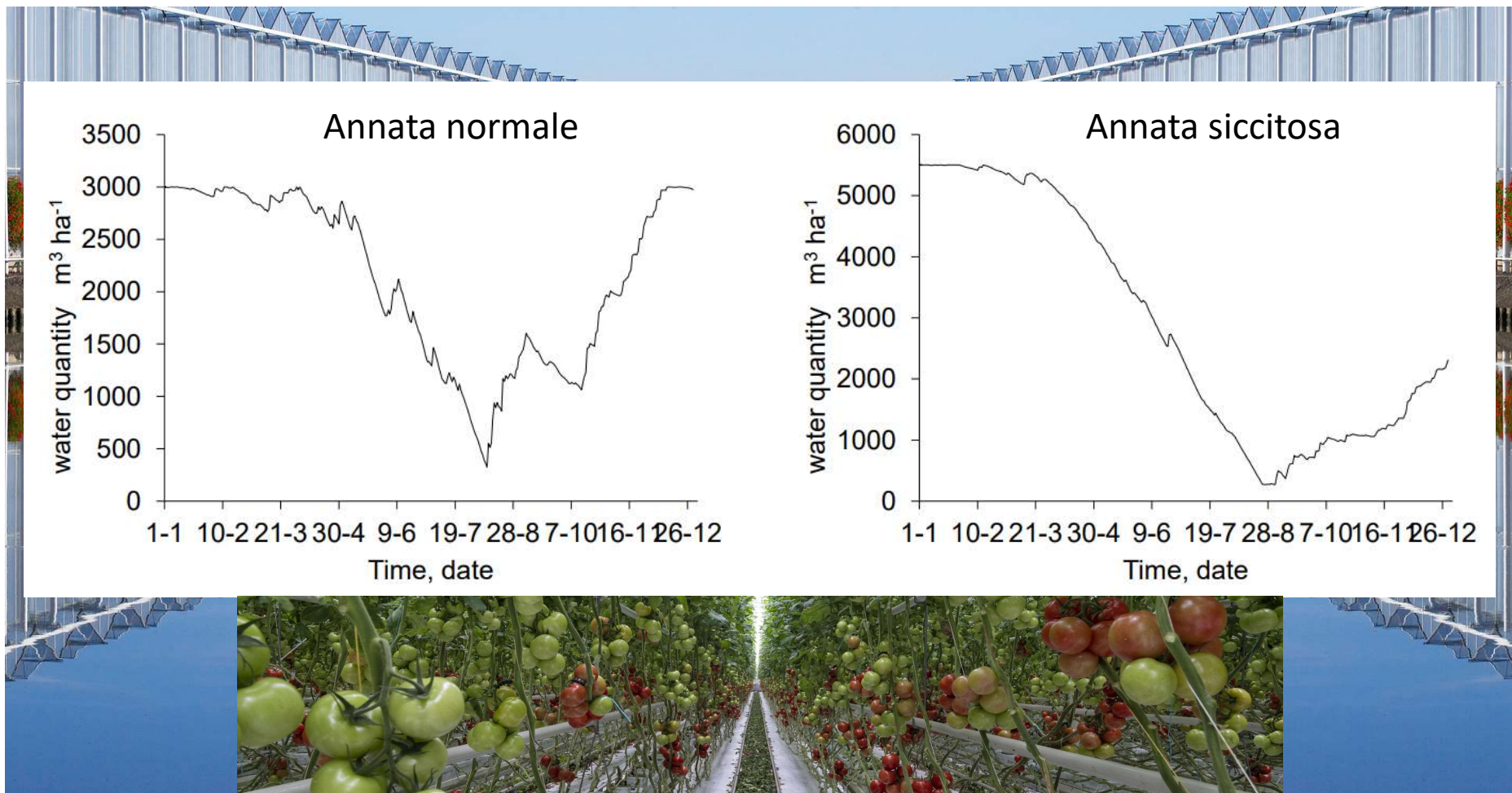
*Valori guida per la **qualità dell'acqua** per i sistemi di coltivazione chiusi sono riportati nel libro "Nutrient Management in Closed Systems" di Sonneveld e Voogt, pubblicato nel 2009.*

Class	EC mS cm ⁻¹	Na mmol l ⁻¹	Cl mmol l ⁻¹	
1.1	<0.5	<0.2	<0.2	Suitable for all crops
1.2	<0.5	0.2 – 0.5	0.2 – 0.5	Suitable for salt sensitive crops
1.3	<0.5	0.5 – 1.0	0.5 - 1.0	Suitable for salt tolerant crops or crops with high Na uptake



Gestione idrica in serra - Metodi

La capacità richiesta del bacino ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e l'acqua disponibile ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{giorno}^{-1}$) in un bacino di raccolta delle acque piovane durante un anno normale (a sinistra) e un anno estremamente secco. I risultati della simulazione per una coltura di **pomodori** tutto l'anno in un sistema chiuso, con il modello Watersteams (Voogt et al., 2012).



Gestione idrica in serra - Metodi



- East Macedonia and Thrace
- Central Macedonia
- West Macedonia
- Thessaly
- Epirus
- Ionian Islands
- Central Greece
- West Greece
- Peloponessos
- Attica
- Crete
- South Aegean
- North Aegean

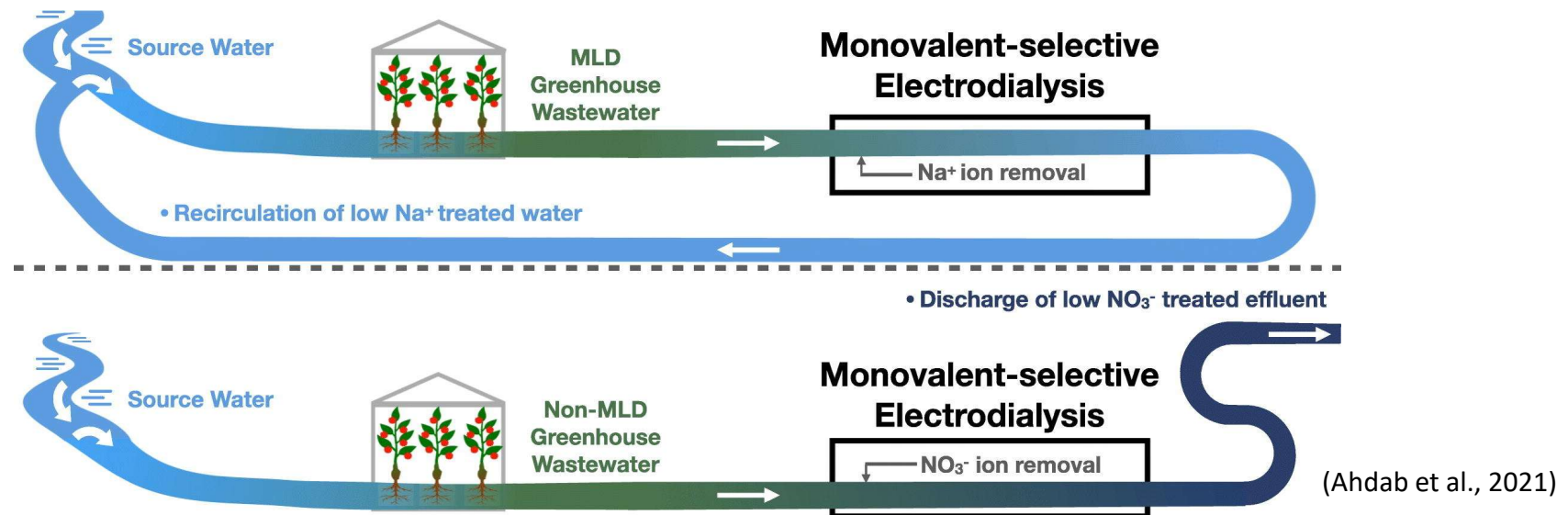


https://www.irrigation-management.eu/deliverables/IRMA_Del523_100IrriAuditsGreece.pdf

Myriounis et al., 2020)

Gestione idrica in serra - Metodi

Minimal liquid discharge (MLD) nelle serre minimizza il volume di acque reflue scaricate, aumentando così il volume di effluente che può essere riutilizzato. L'accumulo di sodio nelle acque reflue è spesso considerato il principale ostacolo per raggiungere il riutilizzo al 100%. Di conseguenza, le serre hanno iniziato ad adottare l'osmosi inversa (RO), la tecnologia di dissalazione più comunemente utilizzata per il trattamento delle acque reflue. L'RO rimuove gli ioni dalle acque reflue in modo indiscriminato, incluso i nutrienti multivalenti per le colture (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}). Al contrario, l'elettrodialisi selettiva monovalente (MSED) rimuove selettivamente il sodio monovalente mantenendo i nutrienti multivalenti in soluzione. Per le serre che non hanno raggiunto MLD, la MSED ha un'applicazione alternativa nel ridurre i livelli di nitrati, un ione monovalente e inquinante agricolo, nelle acque reflue per lo smaltimento.



Gestione idrica in serra - Metodi

Sistemi di irrigazione e metodi di programmazione dell'irrigazione utilizzati nella produzione di ortaggi nelle serre europee

Superficie totale delle serre nazionali utilizzate per la produzione di ortaggi in vari paesi europei nel 2013 (Eurostat, 2019).

Country	Total greenhouse surface area in 2013 (ha)	Surface area cropped in soil (%)	Irrigation system adopted in soil				
			Drip irrigation (%)	Micro sprinkler (%)	Over-head sprinkler (%)	Furrow irrigation (%)	Other irrigation systems (%)
Spain ¹	41,120 ¹¹	93	95	2	3	0	0
Italy ²	33,230	91	65	10	20	5	0
France ³	9370	70	80	0	20	0	0
Poland ⁴	6750	20	10	10	80	0	0
The Netherlands ⁵	4890	5	70	25	3	1	1
Greece ⁶	4480 ¹²	93	75	10	10	5	-
Romania	2950	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Hungary ⁷	2040	65	70	30	0	0	0
United Kingdom ⁸	1820	50	0	0	100	0	0
Portugal ⁹	1480	50	95	5	0	0	0
Belgium ¹⁰	1320	5	25	0	75	0	0
Germany	1190	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Bulgaria	1050	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Other 19 EU countries	3305	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Circa 65% tra Spagna e Italia

Circa 85% in 5 Paesi

Gestione idrica in serra - Metodi

Per la maggior parte delle colture coltivate su terreno nelle serre europee, la programmazione dell'irrigazione si basa sull'esperienza degli agricoltori e/o dei consulenti tecnici, e vi è un'ampia opportunità per l'adozione di pratiche di programmazione dell'irrigazione più basate su criteri scientifici.

Il 70-90% della pianificazione dell'irrigazione si basa sull'esperienza individuale degli agricoltori e/o dei consulenti.

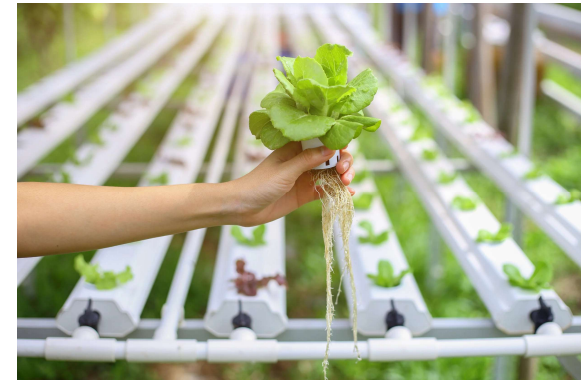
Country	Irrigation scheduling method adopted in soil				
	Tensiometers (%)	Other soil moisture sensors	Methods based on estimation of ET_c (%)	Methods based on solar radiation (%)	Experience of grower/ advisor using timer/ manual control (%)
Spain ¹	15	0	5	0	80
Italy ²	5	5	5	10	75
France ³	10	5	5	5	75
Poland ⁴	0	0	10	0	90
The Netherlands ⁵	5	5	5	60	25
Greece ⁶	1	3	0,5	0,5	95
Romania	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Hungary ⁷	0	0	< 1	< 1	99
United Kingdom ⁸	0	0	0	0	100
Portugal ⁹	10	10	30	5	45
Belgium ¹⁰	5	5	10	10	70
Germany	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Bulgaria	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Other 19 EU countries	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

(Incrocci et al., 2021; Eurostat, 2019)

Gestione idrica in serra - Metodi

Superficie totale delle serre stimate che utilizzano sistemi fuori suolo

Country	Greenhouse surface with soilless systems (ha)	Fraction of greenhouse surface area with soilless systems (%)	Main soilless-grown crops ^a	Types of soilless media		
				Fraction in hydroponics e.g. NFT, floating system (%)	Fraction in substrate (%)	Main substrates used ^b
Spain	3000	7	TO, PE, WM, ZU, ST	3	97	PER, CO, SW
Italy	2990	9	TO, PE, EG, ST, LE	7	93	PEA, CO, PU, PER
France	2811	30	TO, ST, EG, ZU, ME	2	98	SW, CO, PER
Poland	5400	80	TO, PE, CU, ST	2	98	SW, CO, PEA, SD
The Netherlands	4646	95	TO, PE, CU, ST, EG	5	95	SW, PER, CO, PEA
Greece	300	7	TO, CU, EG, LE, ST	5	95	SW, CO, PU, PER
Hungary	714	35	PE, TO, ST, ME, LE	0	100	SW, CO, PEA, WC
United Kingdom	910	50	TO, PE, EG, LE, ST	0	100	CO, PEA
Portugal	740	50	TO, CU, LE, RA, CF	5	95	CO, PER
Belgium	1254	95	TO, ST, LE, RA, PE	5	95	PEA, CO, SW, PER



^a CU: cucumber; EG: eggplant; LE: lettuce; ME: melon; PE: pepper; RA: raspberry; ST: strawberry; TO: tomato; WM: watermelon; ZU: zucchini.

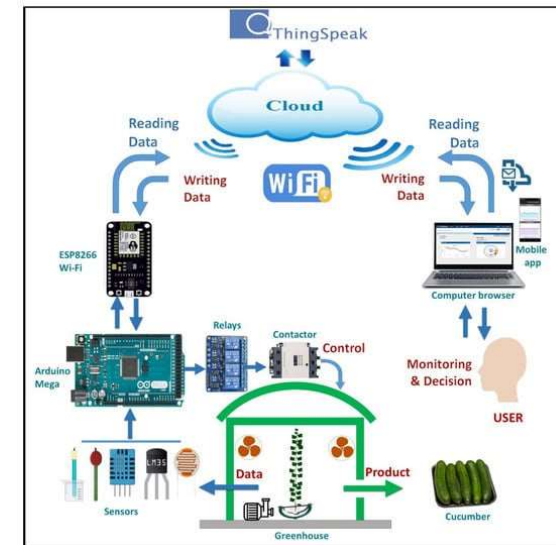
^b CO: coir fibre coconut fibre; PEA: peat; PER: perlite; PU: pumice; SW: stonewool; SD sawdust; WC: woodchips.

(Incrocci et al., 2021; Eurostat, 2019)

Gestione idrica in serra - Metodi

Sistemi di programmazione irrigua nelle serre che utilizzano sistemi fuori suolo

Country	Irrigation scheduling method					
	Fraction soilless crops using recirculation (%)	Tensiometers (%)	Other soil/ substrate moisture sensors (%)	Methods based on estimation of ET_c or global radiation (%)	Methods based on irrigation trays or weighing (%)	Experience of grower/advisor using timer/ manual control (%)
Spain	10	10	0	10	65	15
Italy	10	5	5	20	5	65
France	70	1	1	15	5	78
Poland	5	0	0	20	10	70
The Netherlands	100	0	10	60	25	5
Greece	10	0	0	20	0	80
Hungary	< 5	0	0	25	15	60
United Kingdom	5	0	0	95	0	5
Portugal	0	5	10	79	5	1
Belgium	95	0	0	80	10	10



(Sagheer et al., 2021)



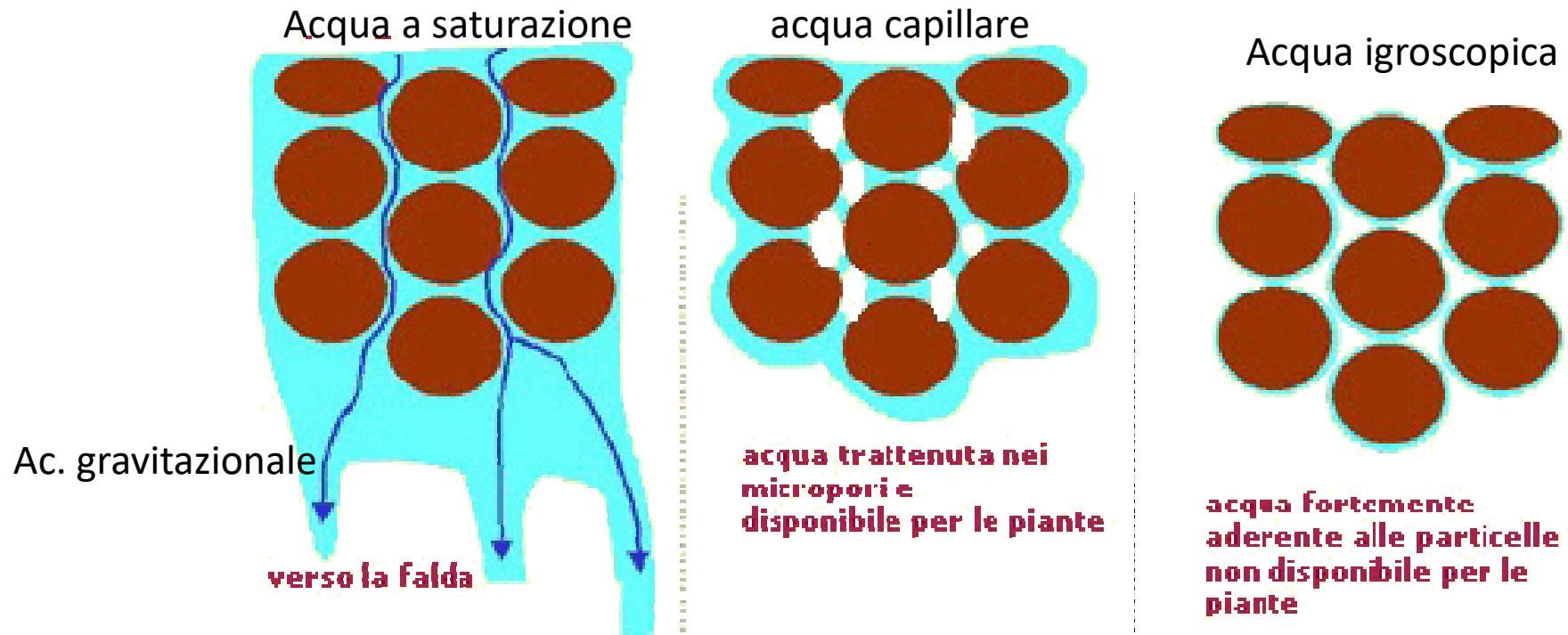
(Ferrarezi et al., 2020)

^a CU: cucumber; EG: eggplant; LE: lettuce; ME: melon; PE: pepper; RA: raspberry; ST: strawberry; TO: tomato; WM: watermelon; ZU: zucchini.

^b CO: coir fibre coconut fibre; PEA: peat; PER: perlite; PU: pumice; SW: stonewool; SD sawdust; WC: woodchips.

(Incrocci et al., 2021; Eurostat, 2019)

EQUIVALENZE AGRONOMICHE - ORTICOLE



Porosità totale → Capacità idrica massima

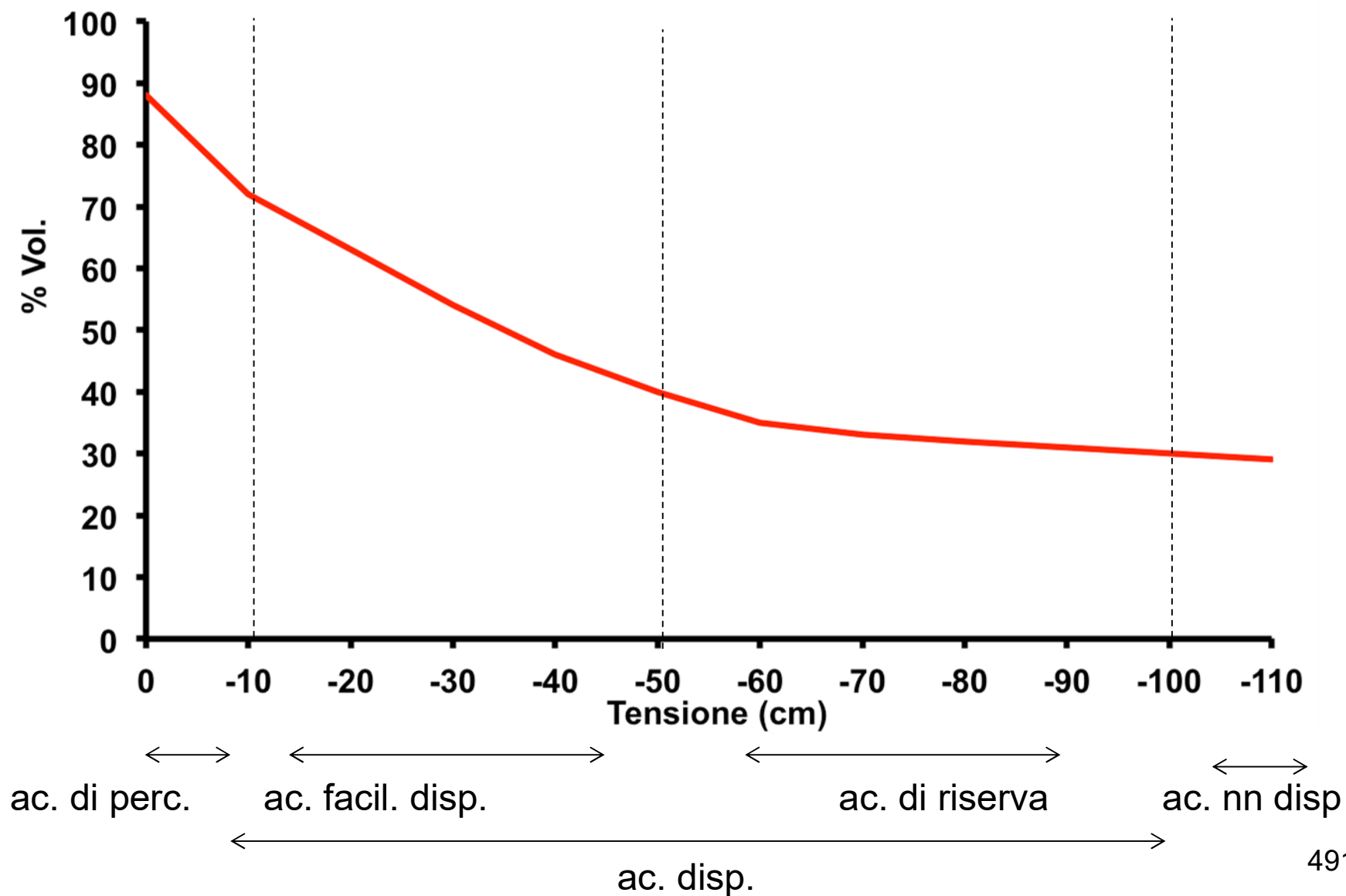
Porosità per l'acqua (capacità di ritenzione idrica) → Capacità di campo

La differenza (=acqua gravitazionale) = porosità per l'aria

In agronomia: questi parametri vengono espressi in peso

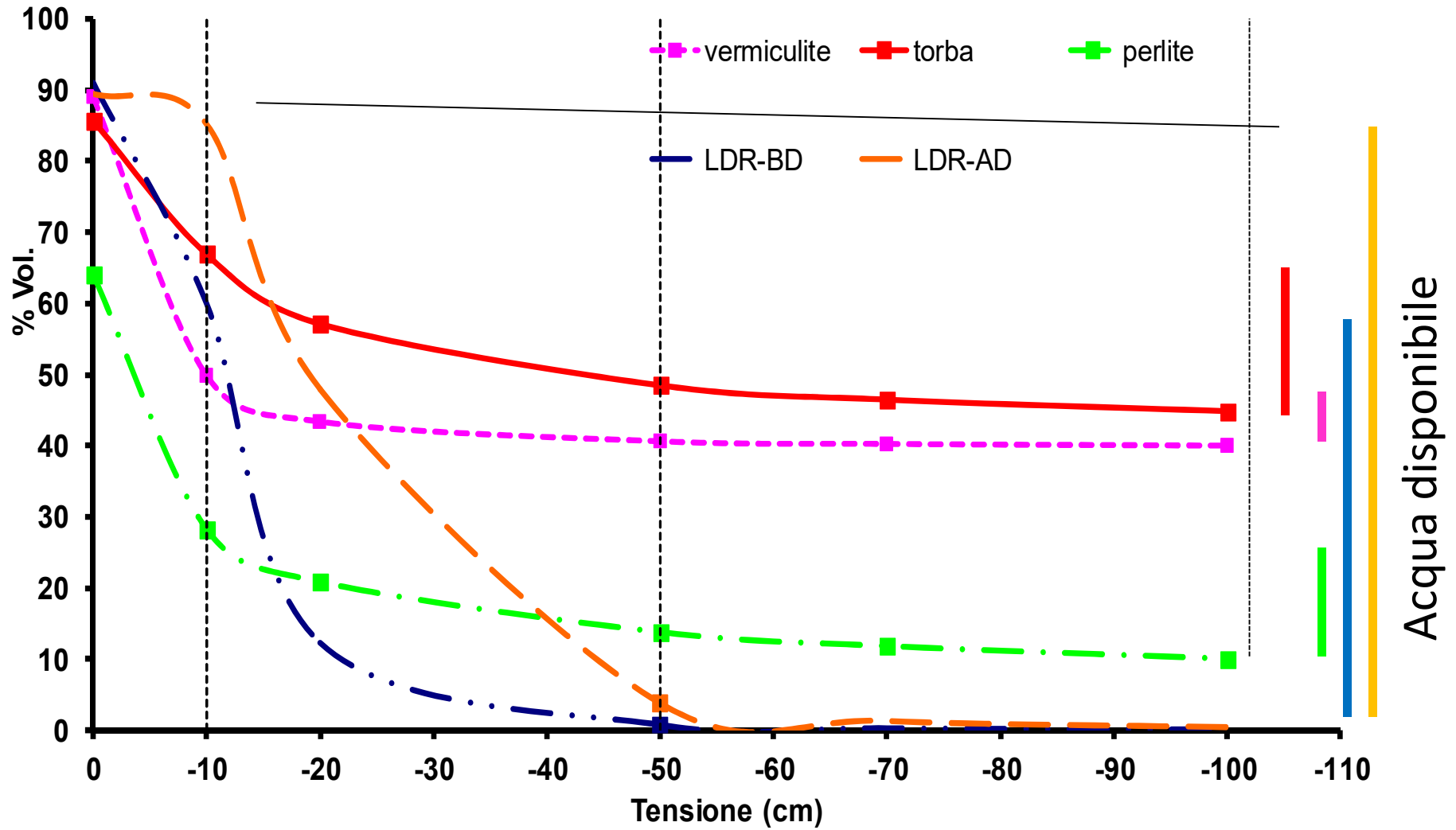
In orticoltura: espressi in volume

Per meglio descrivere le caratteristiche idrologiche del substrato →
individuazione della curva di ritenzione idrica



Acqua di percolazione:	acq trattenuta ad una tensione tra	<ul style="list-style-type: none"> 0 e - 10 cm 0 e -1 kPa 0 e 1 pF
Acqua disponibile:	acq trattenuta ad una tensione tra	<ul style="list-style-type: none"> -10 e -100 cm -1 e -10 kPa 1 e 2 pF
Acqua facilmente disponibile:	acq trattenuta ad una tensione tra	<ul style="list-style-type: none"> -10 e -50 cm -1 e -5 kPa 1 e 1.7 pF
Acqua di riserva:	acq trattenuta ad una tensione tra	<ul style="list-style-type: none"> -50 e -100 cm -5 e -10 kPa 1.7-2.0pF
(rimanente → acqua non disponibile o acqua igroscopica)		

Per meglio descrivere le caratteristiche idriche del substrato →
 individuazione della curva di ritenzione idrica



I substrati di coltivazione – Parte generale

	Porosità totale	Macroporosità	A. fac. disponibile	A. di riserva
	% Vol.	% Vol.	% Vol.	% Vol.
Vermiculite	89.0	39.8	9.0	0.9
Torba	85.7	17.9	20.6	1.6
Perlite	64.0	43.4	6.3	0.4
Basalto	39.6	35.8	1.4	0.0
LdR Alta D.	89.5	2.9	83.9	0.8
LdR Bassa D.	91.0	30.8	59.4	0.2

I substrati di coltivazione – Parte generale

Torba contenitore di substrato 6 L

Substrato 15% = 0,9 L

Porosità totale 85% = 5,1 L

Macroporosità (18%) = 1,08 L

Microporosità (21%AFD) = 1,26 L

Lana di roccia BD 6 L

Substrato 9% = 0,54 L

Porosità totale 91% = 5,46 L

Macroporosità (31%) = 1,86 L

Microporosità (60%AFD) = 3,6 L

I substrati di coltivazione – Parte generale

Pianta X = consumo giornaliero di 0,6 L/giorno

Torba

$1,26/0,6$

=

2,10 giorni

LDRBD

$3,6/0,6$

=

6,0 giorni

$6/2,10 = 2,86$ volte in meno

I substrati di coltivazione – Parte generale

Peso di volume (peso specifico apparente o naturale) = rapporto tra il peso ed il volume; $\gamma = W / V$

Peso secco = rapporto tra il peso del terreno asciutto ed il volume totale; $\gamma_d = W_s / V$

Peso specifico del solido = rapporto tra peso del solido e volume del solido; $\gamma_s = W_s / V_s$

Porosità = rapporto tra volume dei vuoti e volume totale; $n = V_v / V$

Indice dei vuoti = rapporto tra volume dei vuoti e volume del solido; $e = V_v / V_s$; $e = n / (1 - n)$

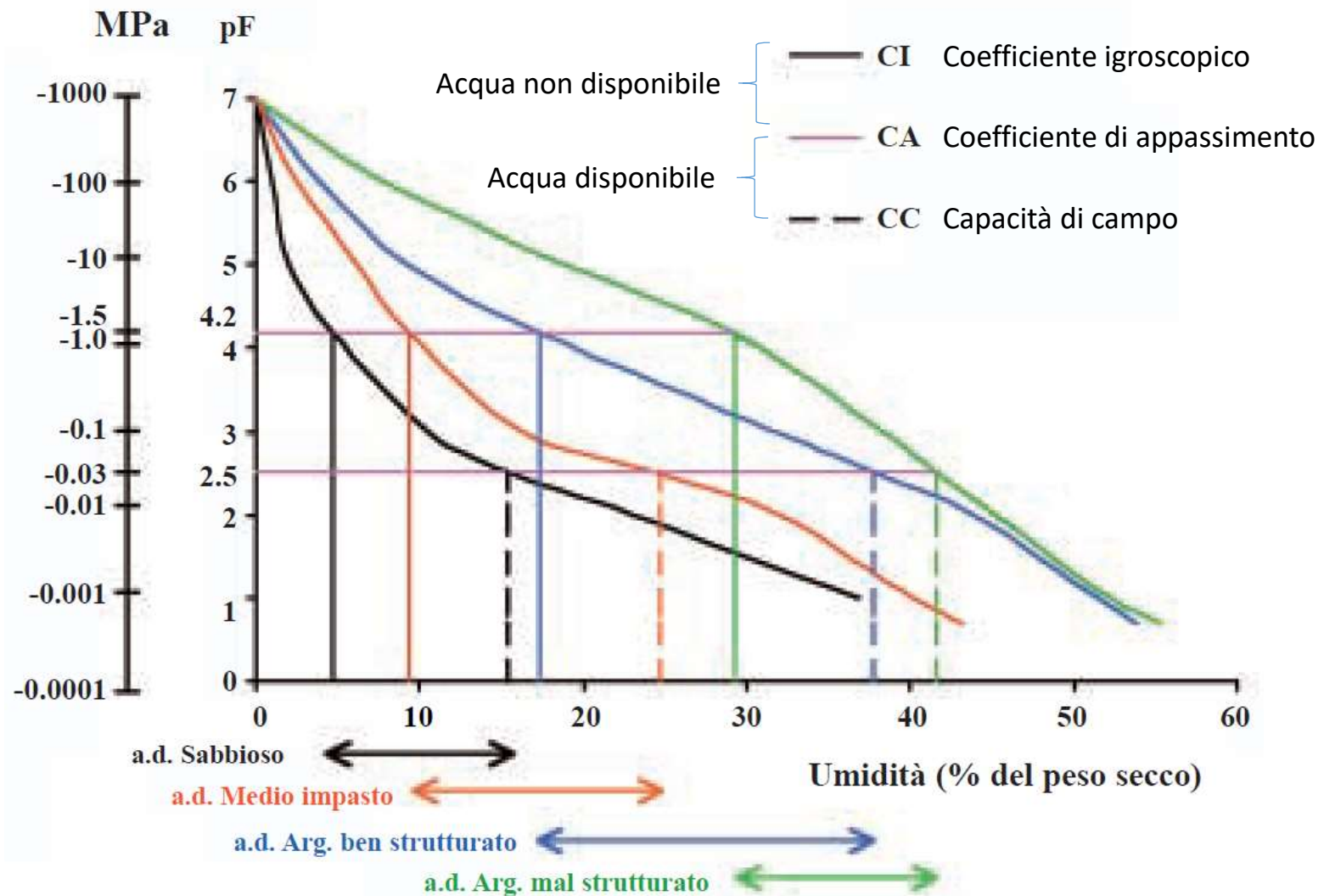
Contenuto di umidità = rapporto tra peso dell'acqua e quello del solido; $\theta = W_w / W_s$

Grado di saturazione = rapporto tra volume di acqua e volume dei vuoti; $S_i = V_w / V_v$

Porosità efficace = rapporto tra volume dei vuoti in comunicazione e volume totale; $n_e = V_e / V$



I substrati di coltivazione – Parte generale



I substrati di coltivazione – Parte generale

In rapporto all'andamento della curva di ritenzione dell'acqua, si possono individuare quattro tipi di substrati di coltivazione

substrati ad elevata aerazione (> 20%), a forte disponibilità in acqua (> 25%) ed elevato potere tampone del potenziale idrico (**tipo I**)



questo tipo di substrato consente di condurre l'irrigazione con relativa semplicità ed è considerato il materiale ideale



alcune torbe bionde e spesso nei miscugli

substrati poco aerati e con disponibilità in acqua medio-alta (**tipo II**);



Presentano una forte ritenzione idrica e una minore macroporosità dei precedenti materiali



l'inconveniente legato al loro impiego risiede sui possibili rischi di asfissia

I substrati di coltivazione – Parte generale

In rapporto all'andamento della curva di ritenzione dell'acqua, si possono individuare quattro tipi di substrati di coltivazione

substrati molto aerati e a debole disponibilità idrica (**tipo III**)



substrato è principalmente utilizzato in miscuglio con i materiali del precedente tipo al fine di migliorarne l'aerazione



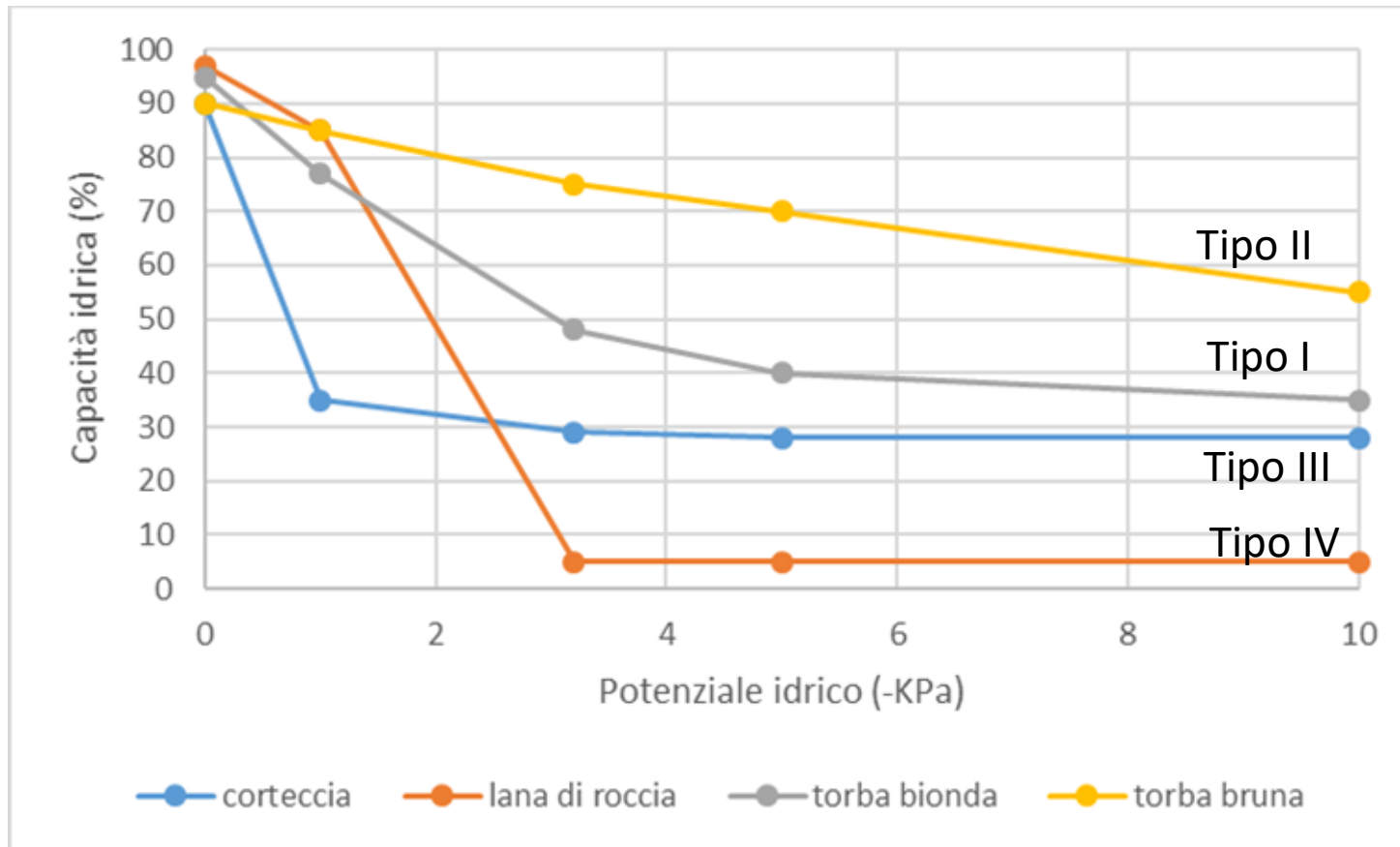
cortecce fresche o compostate, perlite, argilla espansa, ecc.

substrati aerati e a forte disponibilità di acqua, ma con debole potere tampone del potenziale idrico (acqua di riserva) (**tipo IV**)



Questa categoria corrisponde a materiali a struttura fibrosa (lana di roccia e fibre di legno) con ritenzione debole o nulla all'interno delle fibre, essendo l'acqua trattenuta in corrispondenza della superficie di contatto tra le fibre stesse

I substrati di coltivazione – Parte generale



I substrati di coltivazione – Parte generale

Capacità di ritenzione idrica (=capacità per l'acqua)

→ microporosità

Probabilmente la funzione più importante di un substrato è di trattenere l'acqua in una forma che sia disponibile per l'assorbimento.

E' la quantità massima di acqua che un substrato può contenere contro la gravità nel contenitore in cui è stato posizionato → detto anche capacità di contenitore.

Se troppo bassa → irrigazione frequente per evitare stress idrico.

Se alta → no spazio per aria. Inoltre, se si è in fertirrigazione continua → irrigazioni poco frequenti possono portare a carenze o squilibri nutrizionali.

Jenkins e Jerrell (1989) → 50 - 65%. In alcuni casi valori maggiori (es. torba).

Programmazione dell'irrigazione

Il fabbisogno idrico della coltura è il volume di acqua necessario per una coltura per mantenere i tassi massimi di evapotraspirazione della coltura (ETc), garantendo così che la coltura non subisca stress idrico.

ETc = fabbisogno idrico netto della coltura

Il **fabbisogno idrico lordo** include l'irrigazione aggiuntiva applicata per gestire la salinità del suolo/substrato, se necessario, e per affrontare la uniformità di applicazione. Può essere necessaria acqua aggiuntiva rispetto a ETc per gestire le variazioni delle piante e garantire che nessuna pianta sia limitata dall'acqua.

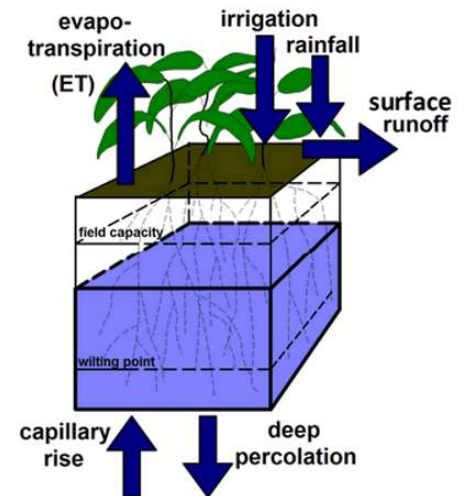
→Comunemente, nelle serre dotate di sistemi di irrigazione a goccia o a pioggia ben progettati e ben mantenuti, l'alta uniformità di applicazione evita efficacemente la necessità di irrigazione aggiuntiva per compensare una uniformità di applicazione ridotta.

Gestione idrica in serra - Metodi

La salinità del substrato di coltivazione, nella produzione intensiva di ortaggi in serra, può essere gestita regolando l'irrigazione in base alla stima della conducibilità elettrica soluzione circolante (EC_p) utilizzando campionatori a suzione.

Pieno campo vs serra

Il fabbisogno netto di acqua della coltura, per le colture in campo aperto, è generalmente calcolato utilizzando **l'approccio del bilancio idrico** (Allen et al., 1998), come differenza tra l' ET_c e l'acqua ottenuta dalle precipitazioni e dal suolo.



Nelle serre, non entra pioggia e l'estrazione d'acqua dal substrato di coltivazione è generalmente molto limitata perché il suolo/substrato è continuamente vicino alla capacità di campo/contenitore a causa dell'irrigazione a goccia o a pioggia ad alta frequenza. Di conseguenza, **in genere si può assumere che il fabbisogno idrico delle colture coltivate in serra sia equivalente a ET_c .**



Con l'attuale aumento della pressione sui coltivatori di ortaggi in serra per ridurre la contaminazione degli acquiferi sottostanti e migliorare la produttività dell'acqua (Thompson et al., 2020), i coltivatori dovranno adottare approcci basati criteri scientifici o su metodologie per la pianificazione dell'irrigazione.

- 1. stima dei fabbisogni idrici delle coltivazioni**
- 2. l'uso di sensori del suolo/substrato**
- 3. l'uso di sensori per le piante**

Per coltivazioni fuori suolo inoltre...

- 1. bilanci che misurano l'ETc dal substrato con le piante in crescita**
- 2. Water-demand sensors che controllano empiricamente il contenuto di acqua del substrato**

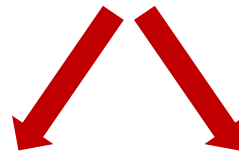


Stima dell'evapotraspirazione colturale

ET_c → stimata con **metodi indiretti** (basati sul clima) o **metodi diretti** (utilizzando lisimetri di pesatura o di drenaggio, bilance, ecc.).

METODI INDIRECTI

conoscenza dei parametri climatici come la radiazione solare (utilizzata per calcolare la radiazione netta), la temperatura dell'aria, l'umidità relativa e la velocità del vento, e dei parametri della coltura come l'indice di area fogliare (LAI) e la conducibilità stomatica (r_s).



“one-step” o “two-step”



“two-step”

L'approccio a **due passaggi** coinvolge innanzitutto la stima dell'evapotraspirazione di riferimento (ET_0) e successivamente il calcolo dell' ET_c moltiplicando l' ET_0 per i valori del coefficiente di coltura (K_c). Questo è noto come **metodologia FAO56** ed è completamente descritto da Allen et al. (1998). Nell'approccio a due passaggi, l' ET_0 rappresenta la domanda atmosferica di acqua dal sistema coltura-suolo e i valori di K_c riflettono come la coltura modula tale domanda.

$$Et_c = Et_0 * Kc$$

“one-step”

L'approccio in un solo passo calcola direttamente l' ET_c utilizzando un'unica equazione che incorpora sia il componente di domanda atmosferica che il componente di modulazione della coltura dell'approccio a due passaggi.



Dato il limitato numero di dati climatici richiesti dal metodo **della radiazione di Almeria** e dall'equazione di **Hargreaves-Samani**, e la relativa semplicità rispetto all'equazione PM-ET₀, **questi due metodi sono raccomandati per la stima pratica dell'ET₀ nelle serre in plastica nelle condizioni climatiche mediterranee.**

$$Et_c = Et_0 * Kc$$

✓ ?

Kc →

- differenze tra colture
- densità colturale
- Sistemi di coltivazione
- Pacciamatura
- differenze varietali

Es. Le colture sostenute verticalmente nelle serre hanno generalmente valori massimi di Kc più elevati rispetto alle colture equivalenti nei campi aperti (Orgaz et al., 2005).

Al contrario, i valori massimi di Kc per le colture non tutorate nelle serre sono generalmente simili ai valori per le colture in pieno campo.



Gestione idrica in serra - Metodi indiretti

Valori iniziali, massimi e finali del coefficiente colturale sono stati determinati per le colture di ortaggi **coltivate nelle serre mediterranee** (Modificato da Gallardo et al., 2013, 2016; Fernández et al., 2001). Nella tabella sono riportate anche alcune informazioni sulla stagione e sulla lunghezza minima e massima (in numero di giorni) del periodo di crescita sperimentale.

Crop	Plant density (plants m ⁻²)	Cycle and crop duration (min-max days)	Kc _{ini}	Kc _{max}	Kc _{end}
Cucumber	2.0	Autumn-winter (78-154)	0.2	1.2	n.a.
Eggplant	1.33	Autumn-winter (216)	0.2	1.2	n.a.
Melon	1.0	Winter-spring (118-134)	0.2	1.1	1.0-
Melon (vertical supported)	1.0 – 2.0	Spring-summer (78-90)	0.2	1.3	1.1
Pepper	2.0	Autumn-spring (247-258)	0.2	1.4	0.9
Tomato	2.0	Autumn-spring (247-258)	0.2	1.4	0.85
Watermelon	0.25	Spring (81)	0.2	1.1	1.0
Zucchini	1.0 – 1.5	Autumn-spring (81-203)	0.2	1.1	n.a.

n.a.: not applicable, Kc_{end} values same as Kc_{max}.

Reference

Fernández et al. (2001)
 Fernández et al. (2001)
 Orgaz et al. (2005)
 Orgaz et al. (2005)
 Orgaz et al. (2005), Fernández et al. (2005)
 Magán et al. (2008)
 Orgaz et al. (2005)
 Fernández et al. (2001)

Incrocci et al. 2020



Gestione idrica in serra - Metodi indiretti

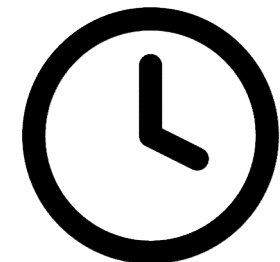


coltivazioni senza suolo...

quantità di acqua disponibile nella zona radicale del substrato è molto più piccola rispetto a quella del terreno

necessarie numerose piccole irrigazioni ogni giorno

Piuttosto che **calcoli su base giornaliera** come richiesto per le colture **coltivate su terreno**, i calcoli dei fabbisogni idrici delle colture devono essere effettuati su scala oraria o addirittura minuto per minuto.

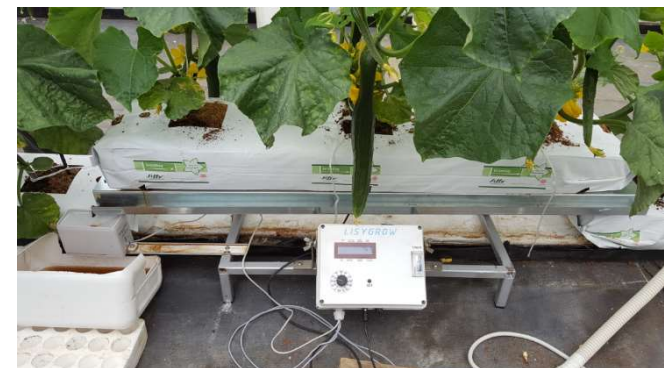


Misurazione diretta dell'evapotraspirazione delle colture tramite bilancia.

L'ETc viene continuamente misurata utilizzando celle di carico, del peso dei sacchi di substrato con le piante. Si presume che in periodi brevi, le variazioni nel peso misurato dovute alla crescita delle piante siano trascurabili rispetto a quelle dovute all'ETc.

Il recente rapido declino dei costi delle celle di carico utilizzate per la pesatura ha reso questo un metodo accessibile per i coltivatori di ortaggi senza suolo.

Dopo ogni evento di irrigazione, i sistemi di pesatura registrano il peso del substrato-contenitore-pianta combinati. L'utente imposta un valore per la massima perdita di peso consentita. Una volta raggiunto questo valore, viene avviato un nuovo evento di irrigazione; il volume netto di irrigazione corrisponde alla perdita di peso.



Gestione idrica in serra - Metodi diretti

Sono stati riscontrati alcuni problemi con le specie che sono alte o hanno ampie chiome, dove il movimento della chioma della pianta può risultare in una misurazione instabile e inaccurata.



I sistemi di pesatura sono stati integrati con i **sistemi di controllo del clima** in modo tale che forniscono avvisi quando la traspirazione misurata, ottenuta dal sistema di pesatura, differisce notevolmente dal valore atteso di ETc calcolato dai dati climatici.



Gestione idrica in serra - Metodi diretti



Fonte: Spagnol automazioni

La programmazione dell'irrigazione basata sul contenuto di umidità del suolo/substrato

I sensori di umidità del suolo misurano sia:

- (i) il **potenziale matriciale** del suolo (SMP, ψ_m)
- (ii) il **contenuto di acqua volumetrico** (VWC, θ) del terreno o del substrato.

potenziale matriciale = misura della disponibilità di acqua per le colture

I dati del potenziale matriciale indicano direttamente la disponibilità di acqua del suolo per le colture. I dati provenienti dai sensori di potenziale matriciale possono essere facilmente correlati ai limiti raccomandati per prendere decisioni sull'irrigazione.

contenuto volumetrico di acqua (VWC) = misura la proporzione del volume del terreno occupata dall'acqua.

I dati sul contenuto di VWC richiedono interpretazione per prendere decisioni sulla pianificazione dell'irrigazione per un sito specifico.



TENSIOMETRI

Semplici ed economici; hanno un intervallo efficace da **0 a -80 kPa**. Questo range limitato è un vincolo in alcuni sistemi di coltivazione. Tuttavia, questo intervallo è generalmente sufficiente per le colture di ortaggi in serra dove i suoli sono mantenuti a livelli di umidità relativamente costanti.

Sono stati raccomandati limiti di circa -40 a -50 kPa per evitare l'inizio del livello iniziale di stress idrico delle specie orticole in serra.

I requisiti per la preparazione e la manutenzione sono stati ostacoli a un'adozione più diffusa (Thompson e Gallardo, 2003; Gallardo et al., 2013). È possibile che programmi informativi più efficaci e la formazione degli agricoltori possano compensare questi problemi.



Gestione idrica in serra - Metodi diretti – (tensiometri)

Per la pianificazione dell'irrigazione nella produzione commerciale di ortaggi, i sensori principalmente utilizzati per misurare il potenziale matriciale del suolo sono i tensiometri e i sensori a matrice granulare.



L'acqua del tensiometro si pone in equilibrio con quella presente nel terreno creando una tensione.

Man mano che il terreno si asciuga, richiama l'acqua dal tensiometro tramite la coppa porosa → tensione misurata nel vacuometro.



Gestione idrica in serra - Metodi diretti – (tensiometri)

Il tensiometro idraulico presenta l'inconveniente che, se viene posto in **ambienti molto secchi** per periodi prolungati, tende a disidratarsi e permette l'entrata di aria al suo interno con la conseguenza che, essendo l'aria comprimibile, a differenza del liquido, può fornire misure non attendibili (**fenomeno denominato «cavitazione»**).

I tensiometri rappresentano sistemi molto precisi per la misurazione del potenziale idrico, **non sono influenzati dal contenuto salino** e operano efficacemente nel range 0-100 kPa.



SENSORI A MATRICE GRANULARE

I **sensori a matrice granulata** hanno un intervallo di misurazione più ampio rispetto ai tensiometri.

Watermark® sensor made by the Irrrometer company (Riverside CA USA).

Hanno un intervallo di misurazione più ampio da -10 kPa a -200 kPa. Richiedono poche preparazioni e nessuna manutenzione una volta installati.

Rispetto ai tensiometri, non funziona bene in terreni molto umidi (ad esempio, ≥ 10 kPa), risponde più lentamente nei terreni che si asciugano rapidamente ed è generalmente leggermente meno preciso.

Il sensore Watermark® è più **adatto alle colture in campo aperto** che alle colture in serra, dove il terreno è generalmente mantenuto relativamente umido.

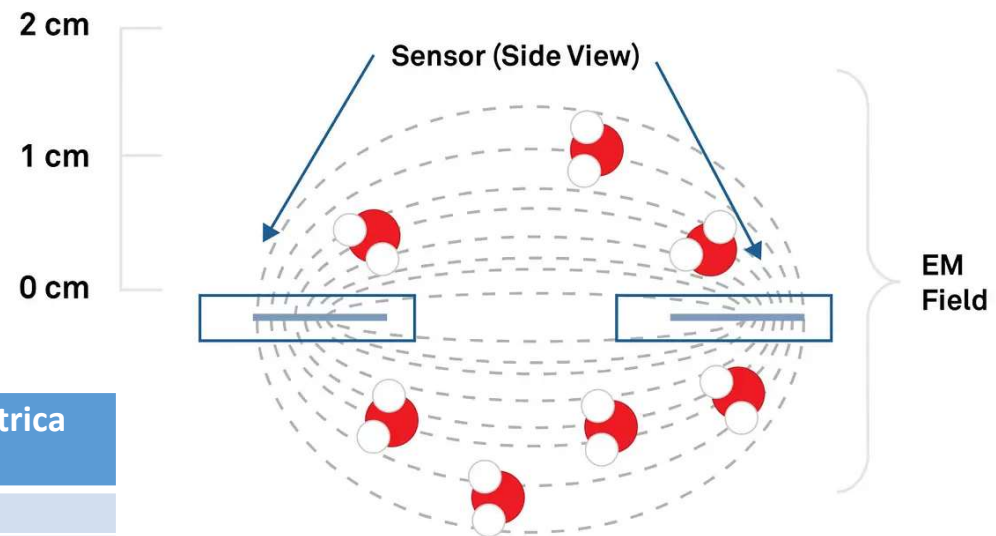


SENSORI DIELETTRICI

tecnologia capacitiva

Il contenuto volumetrico d'acqua può essere misurato anche indirettamente: ciò significa che si misura un parametro correlato al VWC e si utilizza una calibrazione per convertire tale quantità in VWC.

La tecnologia della capacità utilizza due elettrodi metallici (sonde o aghi) per misurare la capacità di immagazzinare carica (o la permittività dielettrica apparente) di ciò che si trova tra loro.



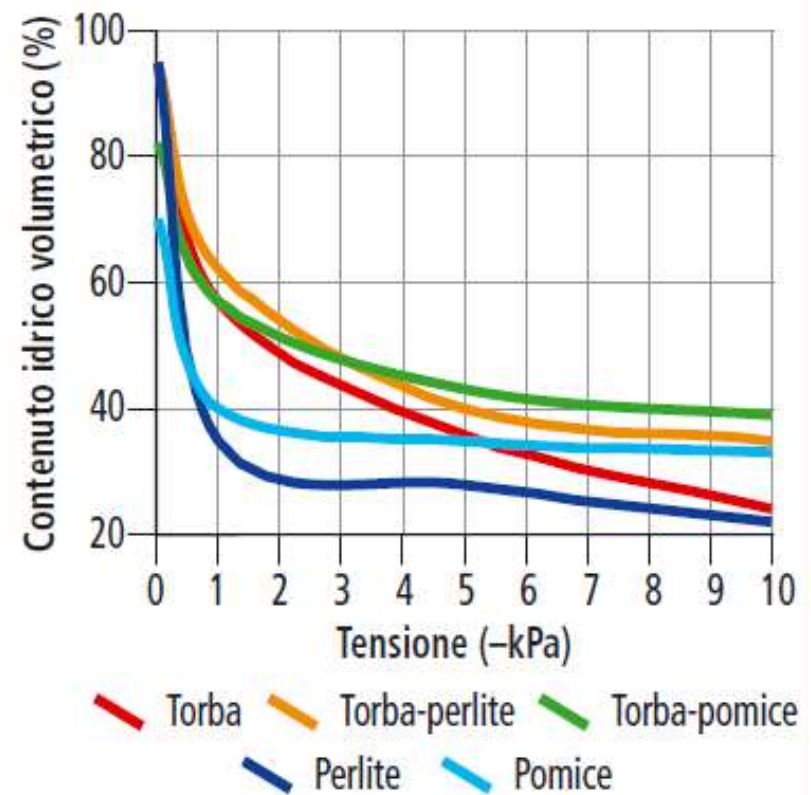
Materiale	Permittività dielettrica apparente
Aria	1
Minerali del suolo	3 – 16
Materia organica	2 – 5
Ghiaccio	5
Acqua	80

SENSORI DIELETTRICI

Le quattro principali classi di sensori dielettrici sono:

- Time Domain Reflectometry (TDR)
- Frequency Domain Reflectometry (FDR)
- Time Domain Transmissiometry (TDT)
- Amplitude Domain Reflectometry (ADR)

Il **contenuto idrico volumetrico** (VWC, θ) rappresenta la quantità di acqua presente nel suolo per unità di volume. In realtà questa informazione non è sufficiente per conoscere se l'acqua presente è disponibile o meno in quanto, a parità di contenuto idrico volumetrico, il potenziale matriciale dell'acqua presente può differire anche notevolmente fra un substrato e l'altro (grafico A).



Incrocci et al.



Gestione idrica in serra - Metodi diretti – (sensori dielettrici)

I **sensori TDR**, sebbene ampiamente utilizzati nella ricerca, sono poco utilizzati per la gestione pratica dell'irrigazione:

- **limitazioni della lunghezza del cavo dai sensori all'attrezzatura elettronica associata**
- **delle difficoltà di misurazione a profondità superiori a 30 cm**
- **costosi**



Gestione idrica in serra - Metodi diretti – (sensori dielettrici)

I **sensori FDR** (o capacitivi) sono ampiamente utilizzati per la gestione dell'irrigazione (Thompson e Gallardo, 2003; Gallardo et al., 2013).

- hanno un intervallo di misurazione molto ampio;
- sono disponibili in diverse configurazioni, ad esempio sonde di varie lunghezze in centimetri o anelli montati a varie profondità su una sonda verticale (Thompson e Gallardo, 2003; Gallardo et al., 2013);
- costo contenuto;
- misura è in parte influenzata sia dalla salinità e temperatura del mezzo
- misura influenzata dal corretto posizionamento della sonda nel mezzo da misurare (ad esempio una scarsa adesione degli elettrodi al suolo)



Gestione idrica in serra - Metodi diretti

I **sensori TDT** sono un adattamento semplificato e notevolmente più economico della tecnologia TDR, e diversi sensori disponibili commercialmente sono adatti per l'uso nelle colture di ortaggi in serra.



Time Domain Transmissometry (TDT) è simile al TDR, tuttavia **misura la trasmissione, piuttosto che la riflessione**, di un impulso lungo una sonda a circuito chiuso o ad anello. Il TDT misura il tempo impiegato per la propagazione (percorso) di un'onda elettromagnetica lungo una determinata lunghezza di una linea di trasmissione nel terreno.

più accurati, ma più costosi

Sensori e fuorisuolo

Un certo numero di sensori dielettrici sono stati utilizzati efficacemente con substrati (Gallardo et al., 2013). Con alcuni substrati, ad esempio la perlite, l'alta porosità può influenzare la misurazione del sensore (Gallardo et al., 2013).

Il produttore di lana di roccia Grodan (Roermond, Paesi Bassi) produce il sistema Grodan GroSens® MultiSensor che misura il contenuto d'acqua nei loro substrati.

I sensori di potenziale matriciale hanno un uso limitato nei substrati

- **fragilità**
- **costo**
- **necessità di manutenzione.**

I sensori a **matrice granulare non possono essere utilizzati nei substrati** a causa del range molto limitato di potenziale matriciale del substrato.



Gestione idrica in serra - Metodi diretti

Alcuni sensori dielettrici forniscono anche misurazioni della conducibilità elettrica (EC) del substrato circostante.

Alcuni esempi sono:

WET (Delta-T Devices Ltd., Burwell, Cambridge, Regno Unito)

GS3 EC (Meter, Pulman, WA, Stati Uniti).

Non è la conducibilità elettrica dell'acqua porosa (ECP) quella di maggior interesse per la gestione pratica della salinità. La conducibilità elettrica bulk è fortemente influenzata dal contenuto d'acqua del substrato.



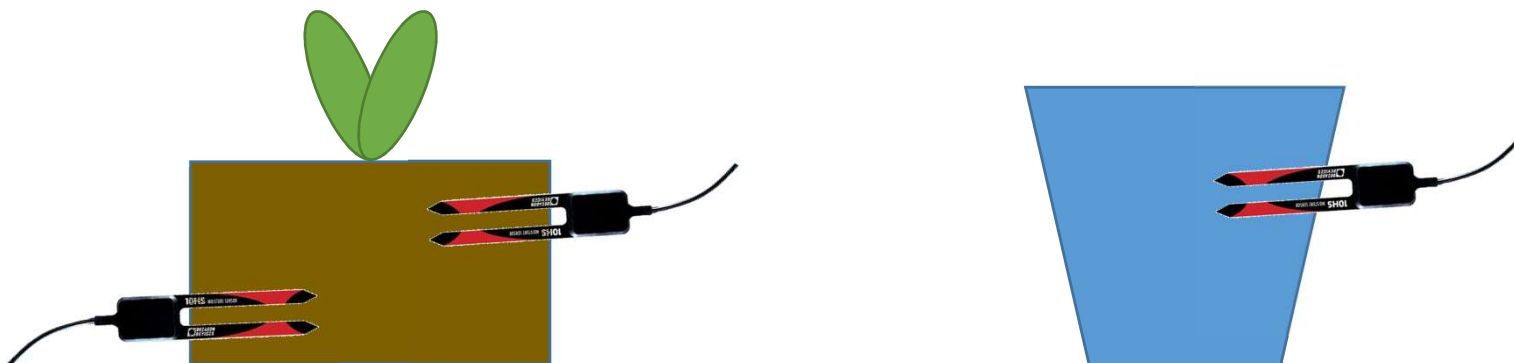
Gestione idrica in serra - Metodi diretti

Una considerazione importante con i sensori di umidità del suolo è il piccolo volume di suolo che viene misurato. Pertanto, la profondità e la posizione dei sensori rispetto agli emettitori sono particolarmente importanti nell'irrigazione localizzata.



IMPORTANZA DEL POSIZIONAMENTO

Una singola sonda di zona radicale (RZS) potrebbe non essere sufficiente a causa di possibili malfunzionamenti e, perché monitora solo un volume limitato (la coppa del sensore ha una piccola sfera di azione) e un'area della coltivazione.

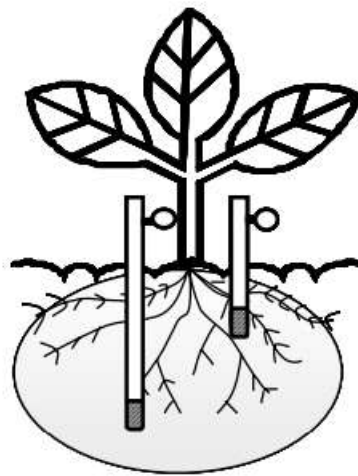


Posizionamento dei sensori

Sensor configuration 1



Sensor configuration 2



Sensor configuration 3



- 1) Configurazione che serve ad informare **QUANDO** irrigare → quando la maggior parte dell'apparato radicale attivo si avvicina al punto di ricarica
- 2) Forniscono informazioni che aiutano a capire **QUANTO IRRIGARE** → Un sensore più profondo serve per garantire che l'intera zona delle radici riceva acqua e fornisce informazioni sull'irrigazione eccessiva.

Pianificazione dell'irrigazione basata sulla misurazione dello stato idrico delle piante

Teoricamente, lo stato idrico delle piante misurato in modo continuo e sensibile è un metodo ideale per la presa di decisioni nella gestione dell'irrigazione delle colture orticole.

Tuttavia, nonostante l'ampia attività di ricerca, queste misurazioni sono raramente utilizzate nell'agricoltura commerciale.

Gli **svantaggi** dell'utilizzo dei parametri delle piante per la pianificazione dell'irrigazione delle colture orticole coltivate in serra sono:

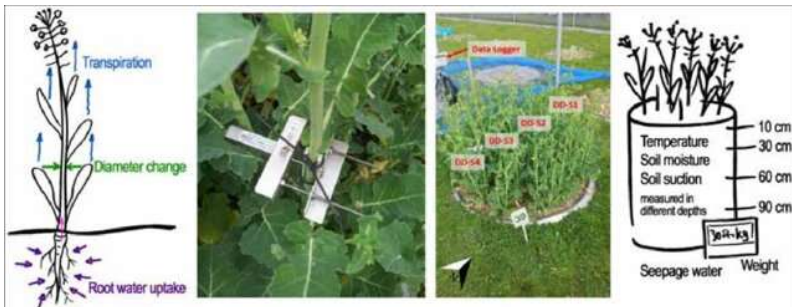
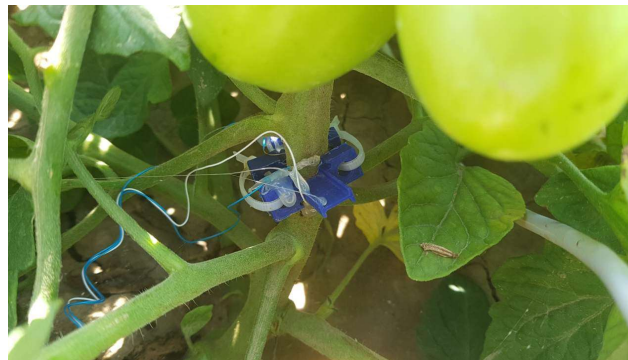
- (i) forniscono solo informazioni su quando irrigare, non su quanto,
- (ii) sono più adatti ai sistemi di irrigazione a bassa frequenza,
- (iii) la complessità dell'installazione, manutenzione e calibrazione di queste misurazioni,
- (iv) richiedono un'elevata elaborazione dei dati
- (v) la variabilità spaziale tra le singole misurazioni
- (vi) i valori sono fortemente influenzati dal clima e dalla fase di crescita, il che aumenta la difficoltà dell'interpretazione dei dati e del fissare i valori soglia.



Gestione idrica in serra - Metodi diretti - stato idrico delle piante

Le misurazioni dello stato idrico delle piante valutate per applicazioni di irrigazione con colture orticole coltivate in serra sono:

- (i) variazioni del diametro del fusto
- (ii) pressione di turgore delle foglie
- (iii) traspirazione misurata con sensori di flusso della linfa
- (iv) temperatura delle foglie/coltura
- (v) indici di riflessione.

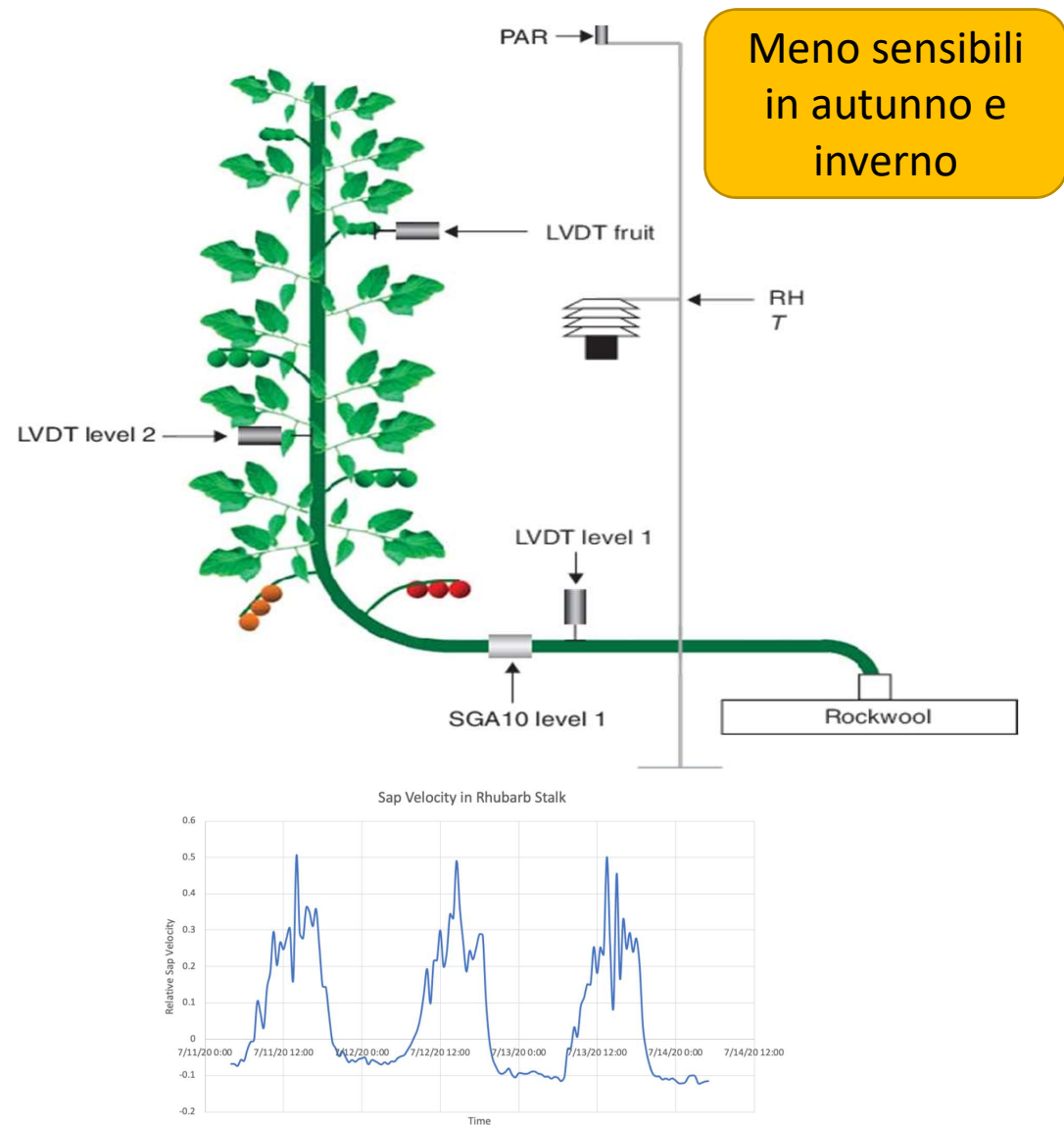


Gestione idrica in serra - Metodi diretti - stato idrico delle piante

Le variazioni del diametro del fusto (SDV) misurate con sensori lineari a trasduzione di spostamento variabile (LVDT) sono state l'indicatore vegetale più studiato per le applicazioni di pianificazione dell'irrigazione negli ultimi 20 anni.

I sensori del diametro del fusto misurano

- (i) le **contrazioni del diametro** del fusto che avvengono durante il giorno in risposta alla traspirazione (come contrazione massima giornaliera, MDS)
- (ii) il **tasso di crescita giornaliero** del fusto (SGR), che è l'aumento complessivo del diametro del fusto tra giorni successivi.

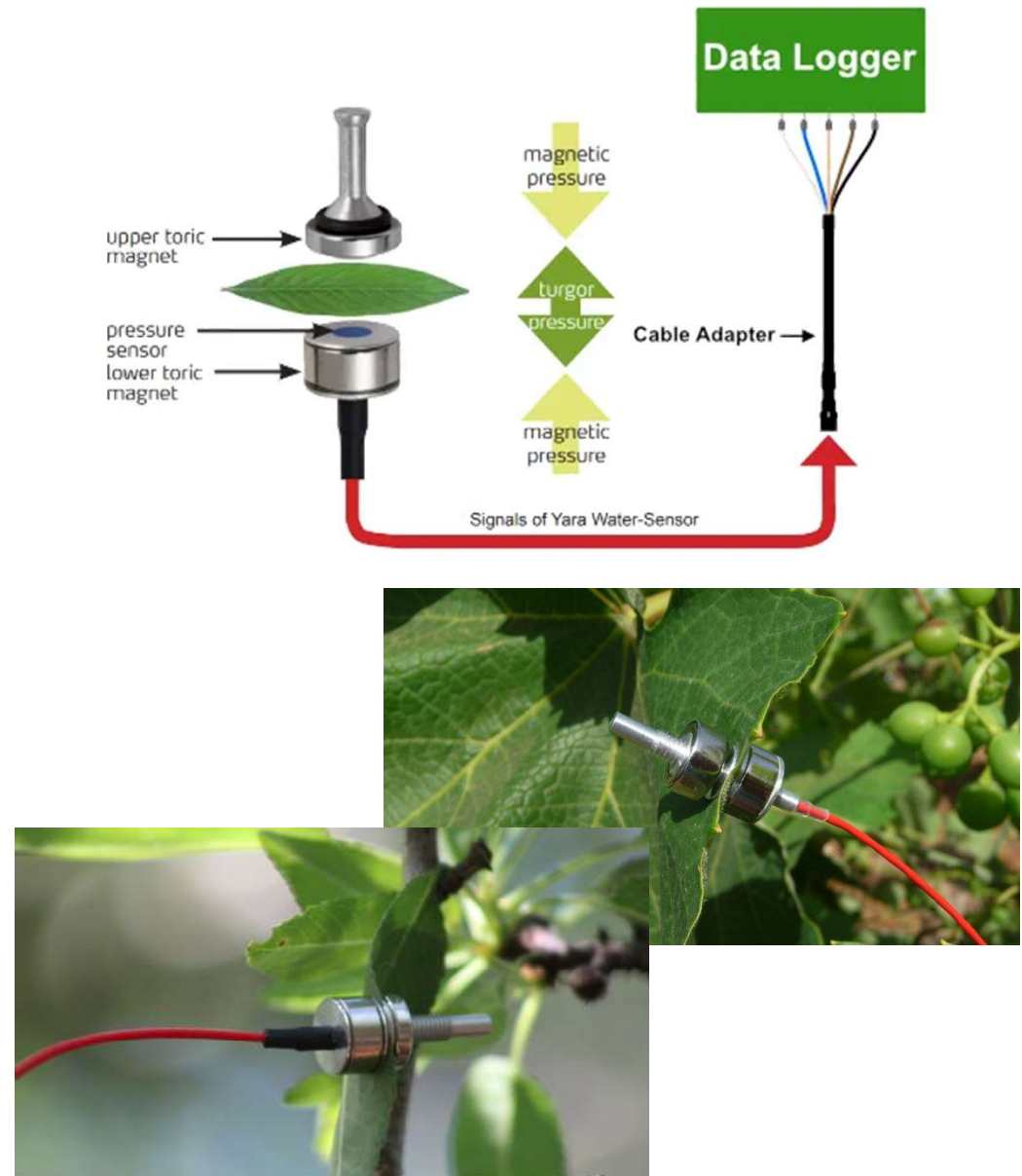


Gestione idrica in serra - Metodi diretti - stato idrico delle piante

Uno strumento promettente per determinare lo stress idrico delle piante è la **sonda ZIM (Yara International, Oslo, Norvegia)**

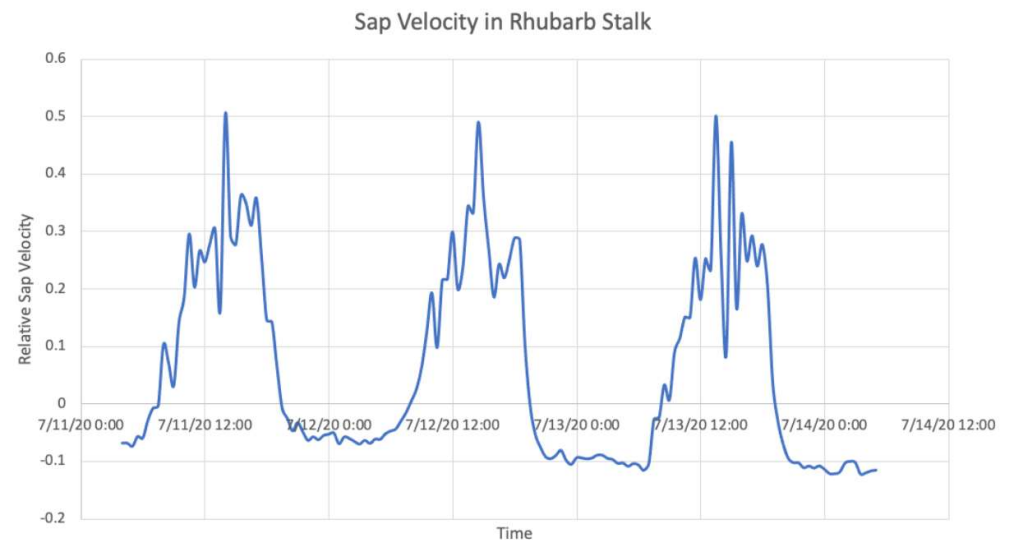
Un sensore che fornisce misurazioni continue della pressione di turgore delle foglie.

Il sensore è composto da due magneti che esercitano una pressione esterna su una porzione di una foglia che copre un'area di 87 mm². Uno dei due magneti contiene un sensore di pressione in grado di misurare la differenza di pressione tra i magneti, fornendo informazioni sui cambiamenti relativi nella pressione di turgore delle foglie in tempo reale (Zimmermann et al., 2013; Martínez-Gimeno et al., 2017).



Gestione idrica in serra - Metodi diretti - stato idrico delle piante

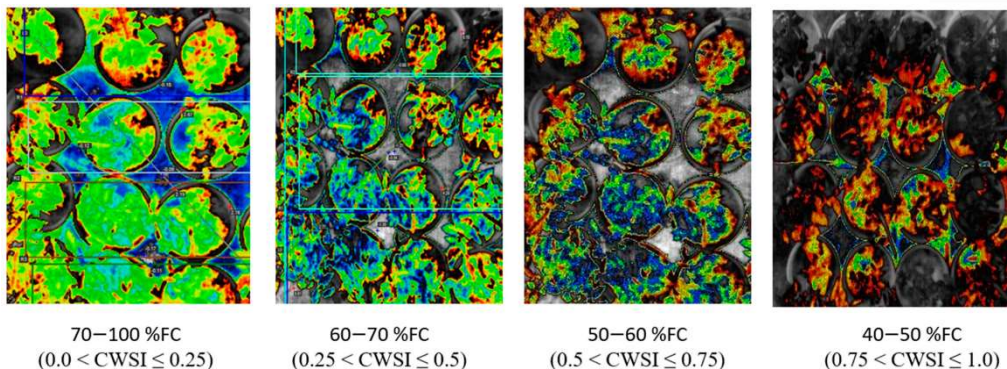
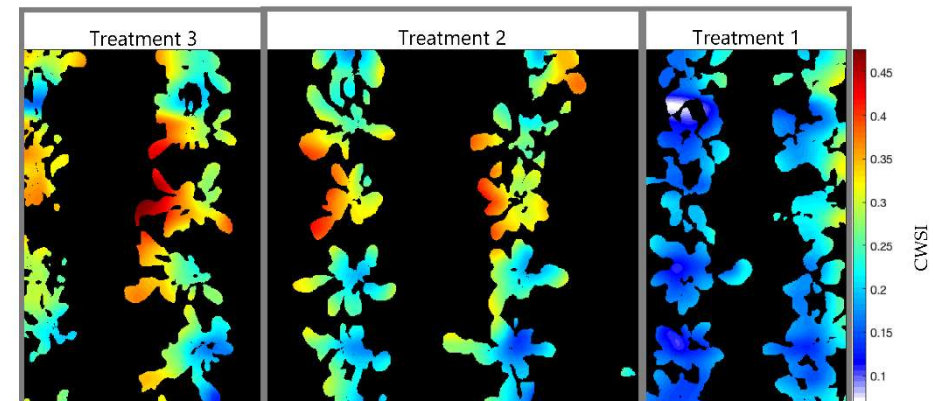
I sensori di flusso della linfa che misurano direttamente la traspirazione delle piante sono stati principalmente studiati nelle colture legnose. A causa del loro costo elevato e della complessità tecnica, sono stati utilizzati principalmente nella ricerca, con un utilizzo molto limitato per la gestione dell'irrigazione delle colture orticole.



Gestione idrica in serra - Metodi diretti

La **differenza di temperatura tra la foglia o la copertura della coltura e l'aria circostante** è un indicatore sensibile dello stress idrico delle piante (Jones, 2004). Le misurazioni della temperatura vengono effettuate con termometri a infrarossi o telecamere termiche. Sono stati proposti indicatori, basati su semplici formule matematiche, per l'applicazione alla gestione dell'irrigazione, ad esempio **l'indice di stress idrico della coltura (CWSI)**.

Per le colture in serra, Nikolaou et al. (2017) hanno riportato una buona correlazione tra la temperatura delle foglie e la traspirazione del cetriolo coltivato senza suolo, e hanno stabilito una relazione tra entrambi utilizzando un'equazione semplificata di Penman-Monteith.



Gestione idrica in serra – PRATICHE SINERGICHE

L'uso di pratiche di **pacciamatura**, **innesti** e **biostimolanti vegetali** per ridurre le perdite d'acqua nella coltivazione di ortaggi in serra.

Oltre all'uso di sistemi di irrigazione efficienti e pratiche di programmazione dell'irrigazione basate sulla scienza, le perdite d'acqua dalla zona delle radici possono essere ridotte utilizzando pratiche di gestione che consentono:

- (i) una **riduzione della frequenza di irrigazione** mediante la diminuzione dell'evaporazione del suolo tramite la pacciamatura del terreno
- (ii) un **aumento del volume di suolo esplorato** dal sistema radicale attraverso l'innesto o l'uso di biostimolanti vegetali (PBs).



Gestione idrica in serra – Conclusioni e prospettive future

- **diversi metodi, strumenti e tecnologie** sono disponibili per i coltivatori di ortaggi in serra al fine di ottimizzare la gestione dell'irrigazione.
- migliorando la gestione dell'irrigazione, si **ridurrà il drenaggio**, fondamentale per ridurre in modo apprezzabile la **perdita di NO_3^-** per lisciviazione e la conseguente contaminazione da NO_3^- delle falde acquifere derivante dalla coltivazione in serra non ricircolante.
- notevoli progressi recenti nello sviluppo di equazioni per **stimare l'ETO e i valori di Kc** nelle serre mediterranee.
- sviluppo di sistemi di **supporto decisionale (DSSs)** user-friendly per aiutare i coltivatori di ortaggi e gli advisor a stimare i requisiti idrici delle colture.
- gamma di **sensori di umidità del suolo/substrato** è disponibile con una capacità dimostrata di migliorare la gestione dell'irrigazione e di ridurre il drenaggio.
- I sensori dello stato idrico delle piante, nonostante la loro attrattiva teorica, hanno avuto una scarsa adozione. Nei loro formati attuali, sembrano non essere adatti per le colture di ortaggi in serra.
- Nuove tecnologie: idroritentori e plasma freddo





FEASR



REGIONE DEL VENETO



PSR
VENETO
2014-2020



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



“Orticoltura sostenibile. Aggiornamenti”

Cod. P4-08-24



FORMAZIONE
IN PRESENZA

Giovedì 25 Luglio 2024
Veneto Agricoltura Agripolis,
Legnaro (PD)

«La gestione delle risorse idriche e delle concimazioni»
Carlo Nicoletto, Università degli Studi di Padova



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Iniziativa finanziata dal Programma di Sviluppo Rurale per il Veneto 2014-2020
Intervento 2.3.1 Formazione dei consulenti

Organismo responsabile dell'informazione: Veneto Agricoltura

Autorità di gestione: Regione del Veneto - Direzione Adg FEASR Bonifica e Irrigazione

