



Milano
13 Settembre 2023
La filiera del riso e le sfide
della razionalità



Società agraria di Lombardia

Impatto ambientale della risicoltura, metodi di misura e possibilità di mitigazione

Jacopo Bacenetti

Department of Environmental Science and Policy (ESP)

University of Milan

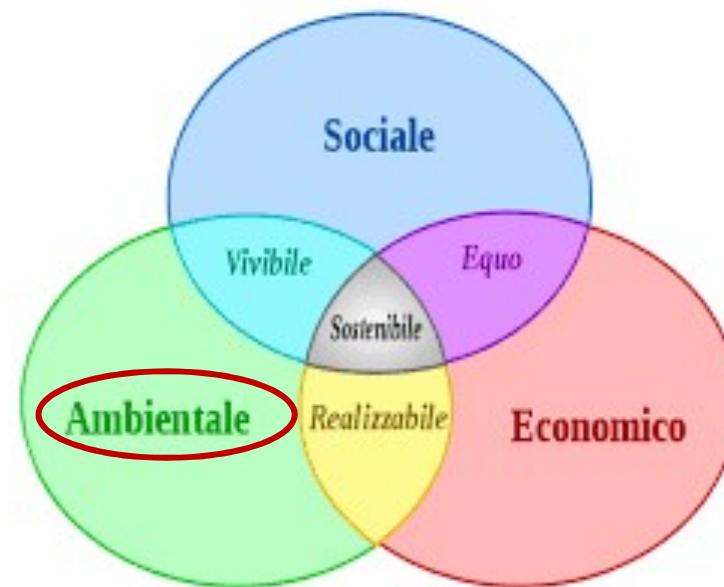
jacopo.bacenetti@unimi.it



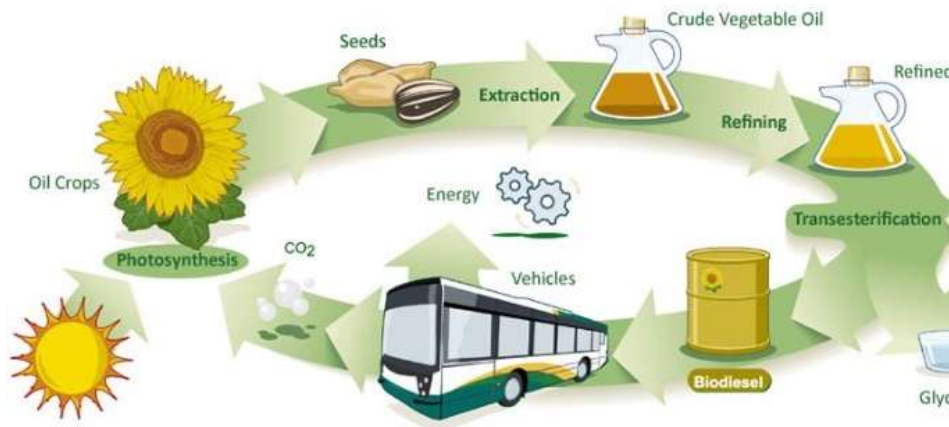
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

Sostenibilità e l'altra faccia della medaglia rispetto all'impatto

→ TRE PILASTRI DELLA SOSTENIBILITA'



LCA



Approccio di valutazione definito da standards ISO. è il più usato ed accettato metodo di valutazione delle performance ambientali di un prodotto e/o servizio. Considera l'intero ciclo di vita del prodotto dall'estrazione delle materie prime alla gestione degli eventuali rifiuti generati

Processo di compilazione e valutazione degli ingressi e delle uscite e degli impatti ambientali potenziali di un sistema prodotto attraverso il suo ciclo di vita



OUTPUT DI UNO STUDIO LCA :



Impronta di carbonio

Impronta idrica





1 - GOAL DEFINITION
Definizione degli **obiettivi dell'analisi** e del campo di applicazione (**confini** e **unità funzionale**)

2 - ANALISI DI INVENTARIO
Analisi di inventario, finalizzata al reperimento dei dati necessari relativamente a **input** e **output** del sistema

3 - ANALISI DEGLI IMPATTI
Conversione ed aggregazione dei dati di inventario in pochi indici sintetici numerici

4 - INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI
e definizione di potenziali azioni di miglioramento

Quando fare LCA

INDIVIDUARE i processi che - all'interno del sistema analizzato - sono responsabili del maggior impatto potenziale sull'ambiente.

CONFRONTARE SOLUZIONI e/o FILIERE DIVERSE al fine di individuare quella a minor impatto



Confronto di due diverse modalità di gestione della:

- (1) Sommersione (asciutta aggiuntiva nel corso della levata)
- (2) Fertilizzazione (rateo variabile)
- (3) Densità di semina (densità ridotta della dose di semente)





Il Progetto BESTsomRICE



INTRODUZIONE

Impronta di carbonio e riscaldamento globale:



Sommersione della risaia



Degradazione della sostanza organica in condizioni anaerobiche



Emissioni di metano



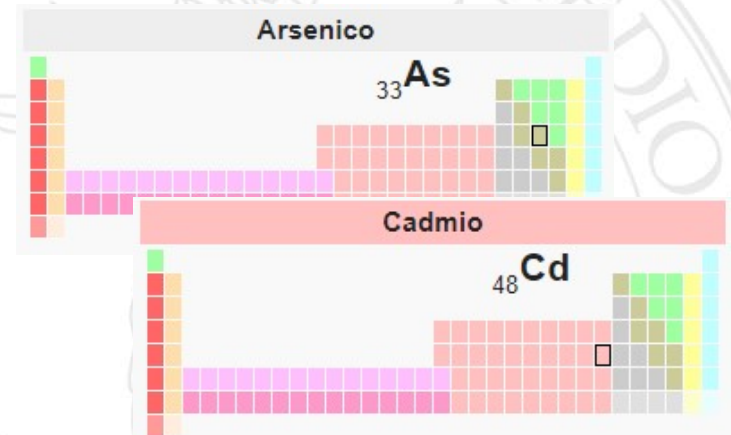
Opportune strategie di gestione dell'acqua possono ridurre le emissioni



Metalli pesanti:

Influenza sulla biodisponibilità e assorbimento di Arsenico e Cadmio:

- Condizioni anaerobiche: ↑ Arsenico ↓ Cadmio
- Condizioni aerobiche: ↓ Arsenico ↑ Cadmio



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



BESTSOMRICE

M. Zoli
Il Progetto BESTSOMRICE
10 novembre 2021

OBIETTIVO DEL PROGETTO

Obiettivo: sviluppo di un protocollo alternativo di gestione della sommersione per una risicoltura più sostenibile:

- Riduzione emissioni di metano e impronta di carbonio;
- Controllo assorbimento Arsenico e Cadmio.



La proposta: aggiunta di una asciutta durante il ciclo colturale

Trade-off arsenico-cadmio

- Asciutta nel periodo della levata;
- Sommersione dalla botticella alla maturazione cerosa.



1. Quantificazione dei benefici ambientali tramite l'analisi del ciclo di vita (LCA);
2. Controllo delle performance produttive;
3. Controllo del contenuto di Arsenico e Cadmio nella granella.



SCHEMA SPERIMENTALE

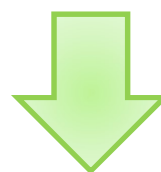
2020

Azienda 1: Carnaroli;
Azienda 2: Carnaroli e Caravaggio;
Azienda 3: Caravaggio.



2021

Azienda 1: Carnaroli;
Azienda 2: Caravaggio;
Azienda 3: Caravaggio.



2 campi attigui:

- Stessa varietà;
- Stessa tecnica colturale;
- Diversa gestione idrica: ➤ **Tradizionale (controllo):** gestione idrica comunemente adottata;
- **Protocollo alternativo (trattato):** aggiunta di una asciutta.



APPLICAZIONE LCA

Unità funzionale

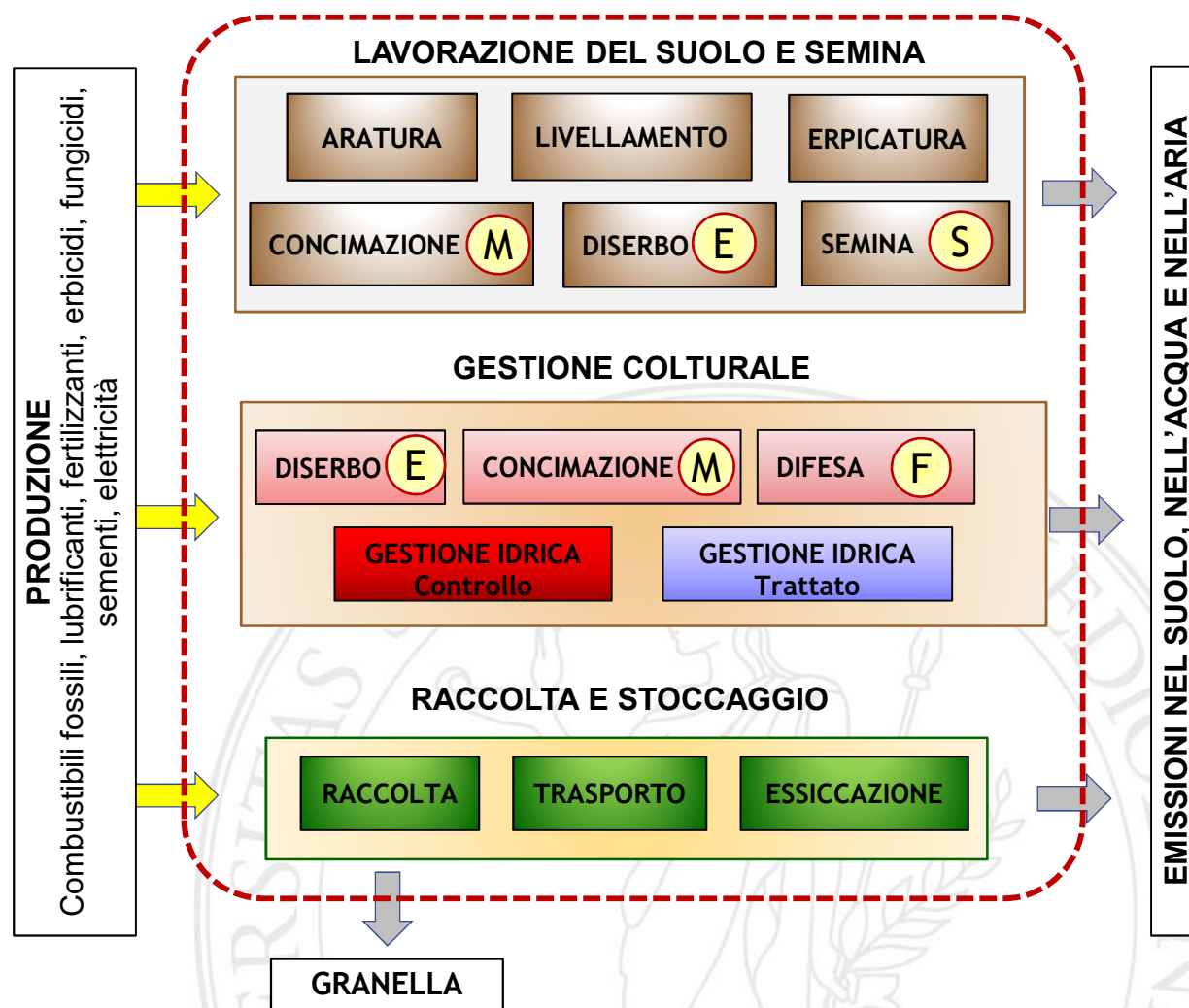
→ 1 tonnellata di risone all'umidità commerciale (14%).

Confini del sistema

→ Approccio *from cradle to farm gate*.

Dati di inventario

→ Dati primari: interviste e rilievi in azienda (es: sequenza pratiche colturali, dosi fattori produttivi, misure morfologiche, ecc.);
→ Dati secondari: modelli di stima per le emissioni di inquinanti nell'ambiente (es. IPCC, 2006 per CH₄) o Databases Ecoinvent ®.



DATI PRIMARI

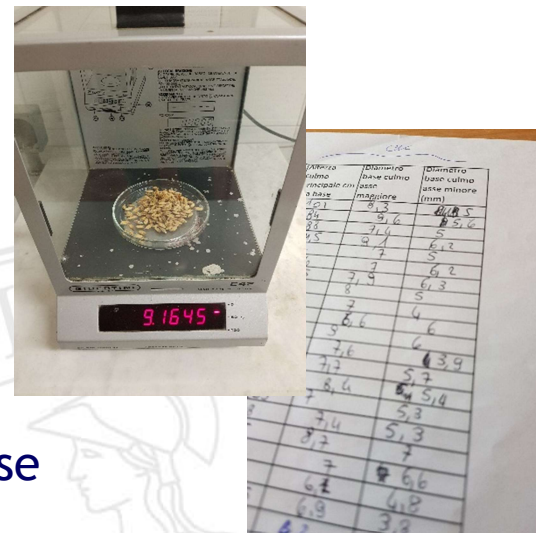
Sopralluoghi sul campo: durante il ciclo colturale e poco prima della raccolta. Per ogni azienda e trattamento:



- Prelievo di 3 campioni di suolo;
- Stima del n. piante/mq;
- Prelievo di 20 piante.



N. pannocchie/pianta;
Altezza culmo principale;
Diametro dell'asse maggiore della base del culmo;
Diametro dell'asse minore della base del culmo;
Harvest index;
Peso 1000 semi.



Analisi statistica per confrontare le differenze tra i trattamenti



DATI PRIMARI

Intervista all'agricoltore (post-raccolta):

- Operazioni colturali e input;
- Ritiro campione di 5 kg di risone per analisi metalli pesanti sul riso sbramato;
- Rese produttive.



Rese produttive 2020

Azienda	Varietà	Trat.	Resa 14% (t/ha)	Var. %
Az. 1	Carnaroli	Controllo	6,90	+ 1,3%
		Trattato	6,99	
Az. 2	Carnaroli	Controllo	5,21	- 18,8%
		Trattato	4,23	
Az. 2	Caravaggio	Controllo	6,65	- 4,9 %
		Trattato	6,32	
Az. 3	Caravaggio	Controllo	6,38	+ 3,1%
		Trattato	6,58	



DATI SECONDARI

→ Le emissioni di metano sono state stimate seguendo la metodologia dell'*IPCC*, considerando:

Quantità e tipologia di sostanza organica introdotta nel suolo



PAGLIA

Stimata con il calcolo dell'*Harvest index*



FERTILIZZANTI ORGANICI (COMPOST)

Numero di asciutte durante la coltivazione

Durata della sommersione

Emissioni di CH_4 ↑ con maggiore applicazione di fertilizzanti organici e maggior durata della sommersione;

Emissioni CH_4 ↓ con l'aggiunta di asciutte, riduzione della sommersione e riduzione dell'applicazione di materia organica.

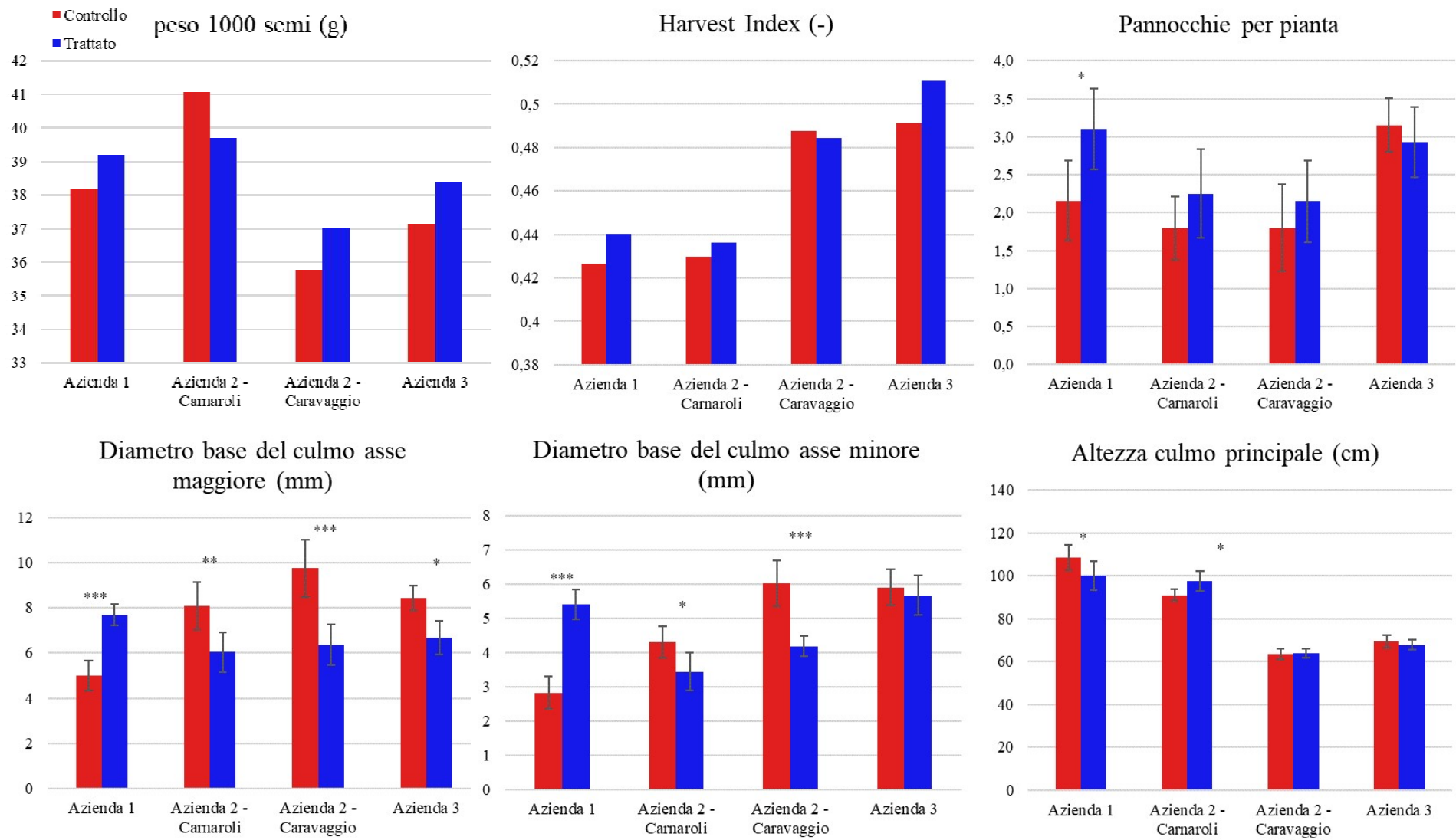




Categorie di impatto analizzate

Impronta di carbonio (CC),
Assottigliamento strato di ozono (OD),
Tossicità umana - effetti non cancerogeni e cancerogeni (HT-Noc, HT-c),
Formazione di polveri sottili (PM),
Formazione di smog fotochimico (POF),
Acidificazione (TA),
Eutrofizzazione terrestre (TE), delle acque dolci (FE) e Marina (ME),
Ecotossicità delle acque dolci (FEx),
Consumo di risorse abiotiche (MFRD).

RISULTATI 2020 - CONFRONTO DELLE CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE



Differenze statisticamente significative riscontrate mediante test ANOVA o test non parametrico e livello di significatività: 0 ‘****’ 0.001 ‘***’ 0.01 ‘**’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘.’ 1.



RISULTATI AMBIENTALI 2020

→ Climate change varia da 696 a 1659 kg CO₂ eq;

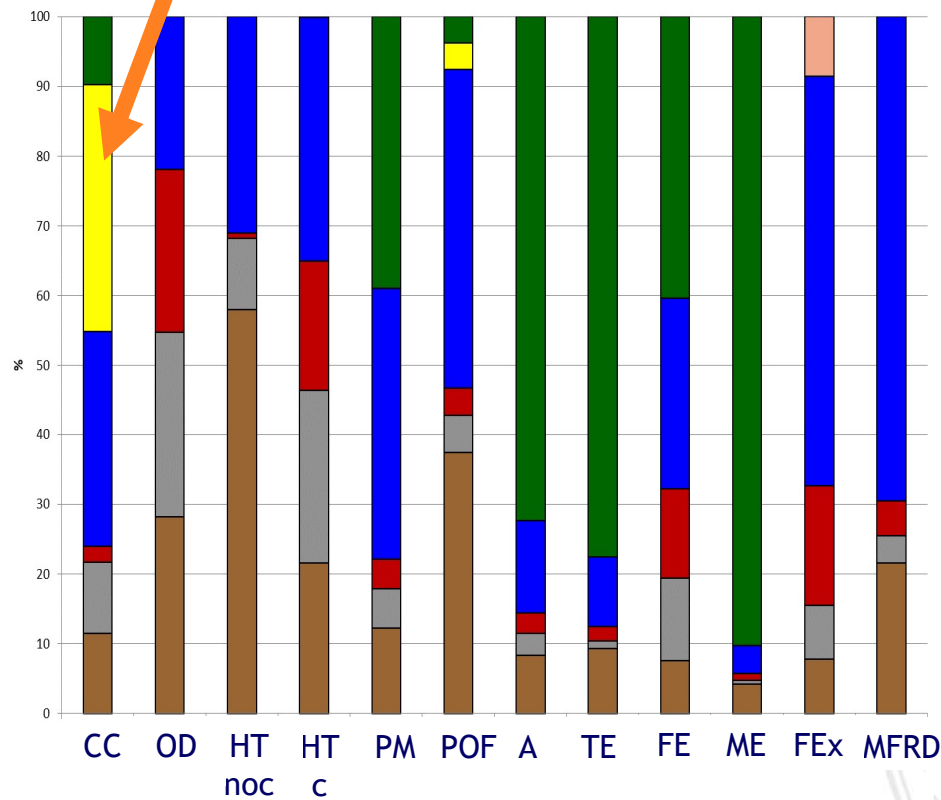
→ Caravaggio azienda 3 presenta i risultati migliori, ad eccezione di PM, TA, TE e ME.

Categoria d'impatto	Unità	Az. 1 - Carnaroli		Az. 2 - Carnaroli		Az. 2 - Caravaggio		Az. 3 - Caravaggio	
		Controllo	Trattato	Controllo	Trattato	Controllo	Trattato	Controllo	Trattato
Impronta di carbonio (CC)	kg CO ₂ eq	944	696	1659	1187	1373	940	890	781
Assottigliamento strato di ozono (OD)	mg CFC-11 eq	44,97	41,31	48,93	56,22	42,55	44,46	35,30	32,07
Tossicità umana non cancerogena (HT-noc)	CTUh/1000	0,208	0,199	0,170	0,202	0,173	0,182	0,154	0,145
Tossicità umana cancerogena (HT-c)	CTUh/1000	0,019	0,017	0,018	0,021	0,013	0,014	0,014	0,013
Formazione di polveri sottili (PM)	kg PM _{2.5} eq	0,389	0,373	0,446	0,422	0,352	0,365	0,648	0,618
Formazione di smog fotochimico (POF)	kg NMVOC eq	2,788	2,626	2,759	2,931	2,802	2,744	2,137	2,019
Acidificazione (TA)	molc H ⁺ eq	9,64	9,18	15,32	13,29	9,59	9,84	23,27	22,23
Eutrofizzazione terrestre (TE)	molc N eq	40,23	38,46	66,89	57,66	41,83	42,93	102,69	98,26
Eutrofizzazione acque dolci (FE)	kg P eq	0,146	0,140	0,142	0,198	0,106	0,111	0,112	0,105
Eutrofizzazione marina (ME)	kg N eq	8,054	7,815	7,478	6,800	7,421	7,689	9,801	9,387
Ecotossicità acque dolci (Fex)	CTUe	4139	4000	3434	4091	3112	3266	2646	2505
Consumo di risorse abiotiche (MFRD)	g Sb eq	14,27	13,94	8,02	9,58	7,88	8,27	6,59	6,28

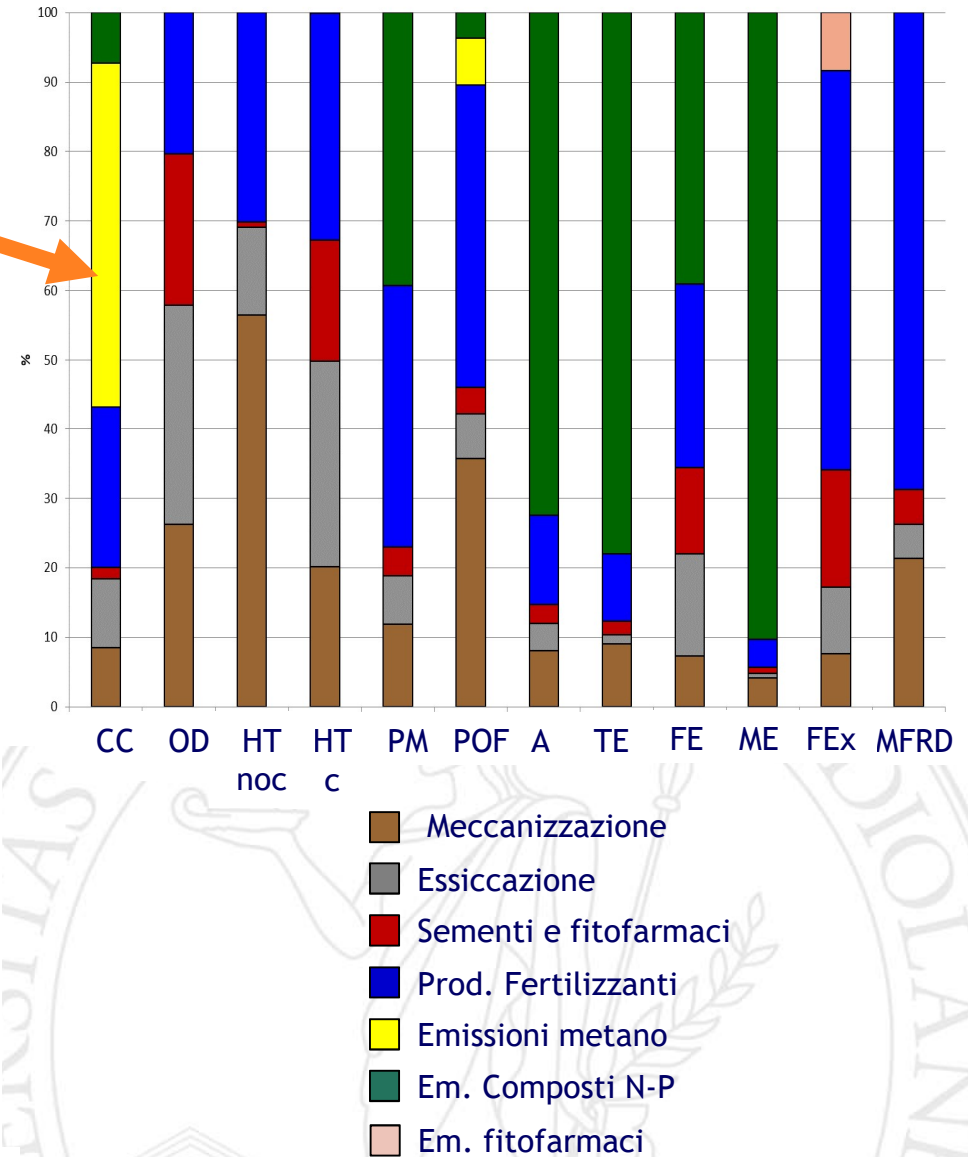


RISULTATI AMBIENTALI 2020 - ANALISI DEI CONTRIBUTI

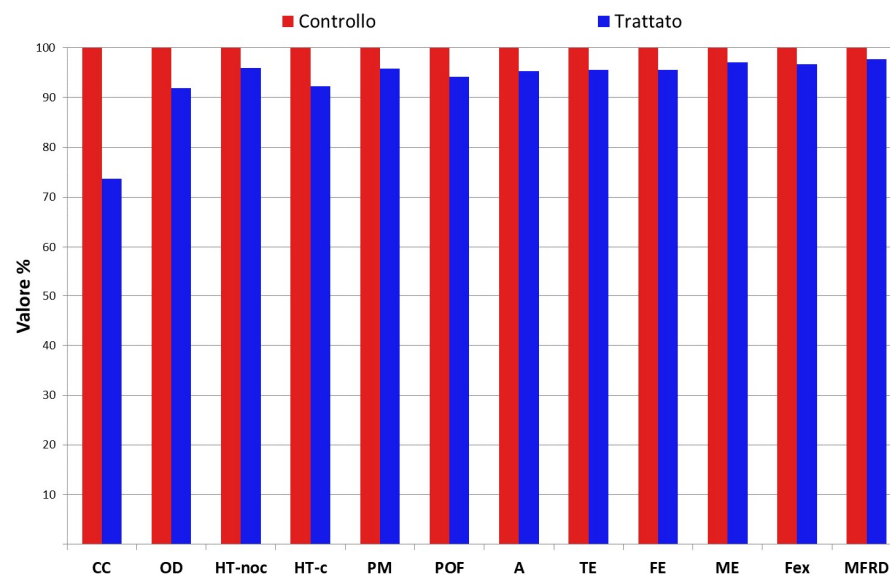
Az. 1 - Carnaroli - Trattato



Az. 1 - Carnaroli - Controllo

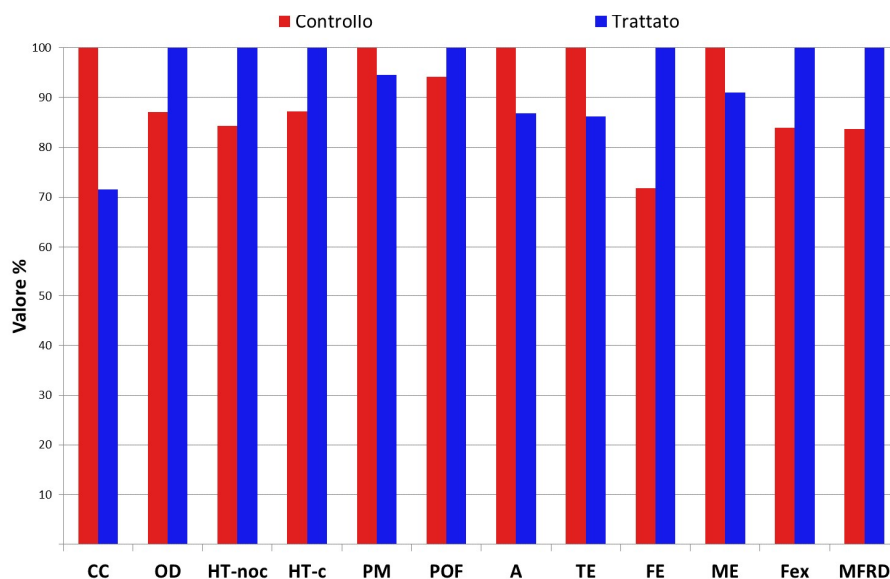


CONFRONTO PERFORMANCE PRODUTTIVE E AMBIENTALI 2020



AZIENDA 1 - CARNAROLI
 Resa t/ha → **6,90 Controllo**
 14% → **6,99 Trattato** +1,3%

Scenario	N. asciutte	Em. CH ₄ (kg ha ⁻¹)	Var. %	CC (kg CO ₂ eq)	Var. %
Controllo	0	129,19		996	
Trattato	1	65,97	-49%	696	-26%

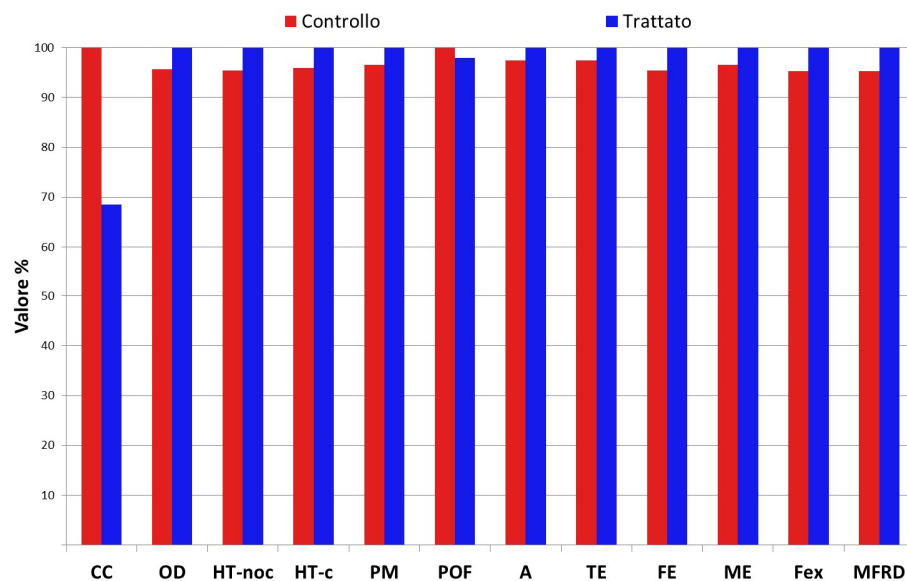


AZIENDA 2 - CARNAROLI
 Resa t/ha → **5,21 Controllo**
 14% → **4,23 Trattato** -18,8%

Scenario	N. asciutte	Em. CH ₄ (kg ha ⁻¹)	Var. %	CC (kg CO ₂ eq)	Var. %
Controllo	0	257,95		1659	
Trattato	2	125,03	-52%	1187	-28%



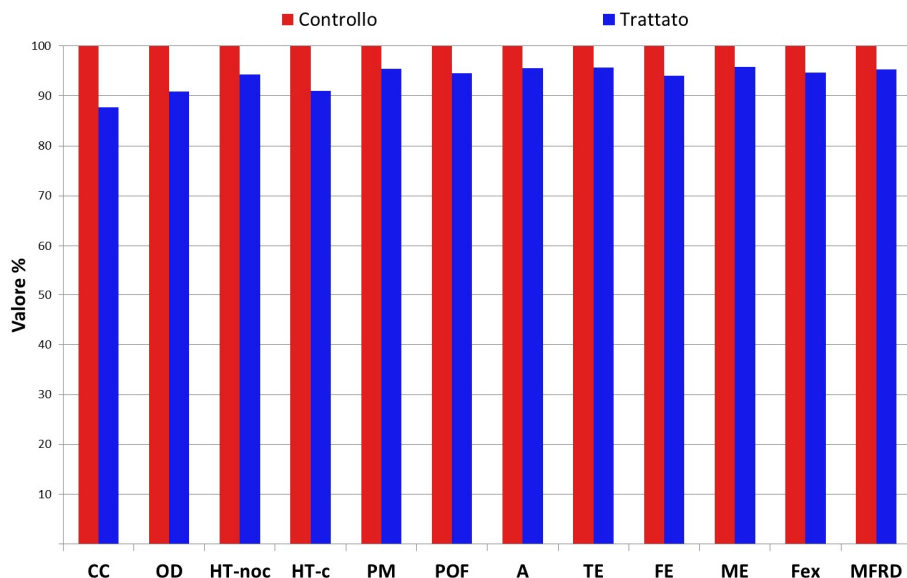
CONFRONTO PERFORMANCE PRODUTTIVE E AMBIENTALI 2020



AZIENDA 2 - CARAVAGGIO

Resa t/ha → **6,65 Controllo** -4,9%
 14% → **6,32 Trattato**

Scenario	N. asciutte	Em. CH ₄ (kg ha ⁻¹)	Var. %	CC (kg CO ₂ eq)	Var. %
Controllo	0	257,13		1373	
Trattato	2	131,26	-49%	940	-32%



AZIENDA 3 - CARAVAGGIO

Resa t/ha → **6,38 Controllo** +3,1%
 14% → **6,58 Trattato**

Scenario	N. asciutte	Em. CH ₄ (kg ha ⁻¹)	Var. %	CC (kg CO ₂ eq)	Var. %
Controllo	1	101,2		890	
Trattato	3	85,98	-15%	780,8	-12%



RISULTATI METALLI PESANTI 2020

Contenuto di Arsenico e Cadmio nella granella sbramata

Azienda	Varietà	Trat.	Arsenico totale (mg/kg)	Var. %	Cadmio (mg/kg)	Var. %
Az. 1	Carnaroli	Controllo	0,372±0,039	-30,9%	0,011±0,003	-27,3%
		Trattato	0,257±0,028		0,008±0,002	
Az. 2	Carnaroli	Controllo	0,482 ±0,048	-14,3%	0,012±0,003	+75%
		Trattato	0,413±0,042		0,021±0,005	
Az. 2	Caravaggio	Controllo	0,59±0,059	-51,7%	0,012±0,004	+66%
		Trattato	0,285±0,031		0,02±0,003	
Az. 3	Caravaggio	Controllo	0,714±0,071	-15,7%	0,034±0,007	+97,1%
		Trattato	0,602±0,060		0,067±0,0012	

L'inserimento della asciutta aggiuntiva diminuisce il contenuto di As, ma aumenta quello di Cd in 3 casi su 4; Valori di Cd molto bassi; Limite 0,15 mg/kg.

Contenuto di Arsenico e Cadmio nei campioni di suolo

Azienda	Varietà	Trat.	Arsenico totale (mg/kg s.s.)	Var. %	Cadmio (mg/kg)
Az. 1	Carnaroli	Controllo	1,4	n.d.	<1
		Trattato	<1		<1
Az. 2	Carnaroli	Controllo	7,4±0,1	+24,3%	<1
		Trattato	9,2±0,2		<1
Az. 2	Caravaggio	Controllo	1,6	+12,5%	<1
		Trattato	1,8		<1
Az. 3	Caravaggio	Controllo	3,4±0,1	-26,5%	<1
		Trattato	2,5±0,1		<1

→ Dinamica non costante del contenuto di As;
→ Valori di Cd non rilevabili.



E NEL 2021...

- 3 aziende coinvolte con lo stesso schema sperimentale;
- Raccolta dati primari, campioni di granella e rese produttive;

Rese produttive 2021

Azienda	Varietà	Trat.	Resa14% umidità (t/ha)	Var. %
Az. 1	Carnaroli	Controllo Trattato	5,9 6,9	+ 17%
Az. 2	Caravaggio	Controllo Trattato	7,77 7,77	/
Az. 3	Caravaggio	Controllo Trattato	6.4 6.6	+3.1%



1. Riduzione degli impatti ancora più marcata.;
2. Risultati simili per metallic pesanti.



Confronto tra due modalità di gestione della nutrizione azotata: Come può l'uso di smart app ridurre l'impatto ambientale del riso?



Livia Paleari, Michele Zoli, Jacopo Bacenetti, Roberto Confalonieri



Department of Environmental Science and Policy,
Università degli Studi di Milano





Nel contesto dell'agricoltura di precisione, la fertilizzazione azotata a rateo variabile (VR) può svolgere un ruolo chiave.

Può migliorare l'efficienza della fertilizzazione a seguito di:

- Resa superiori e con qualità superiori sono correlate a minori perdite di prodotto a causa di parassiti (funghi) e/o allettamento
- Migliori risultati economici
- Minore impatto ambientale.



Info sul NDVI (normalized difference vegetation index), proxy del vigore della pianta

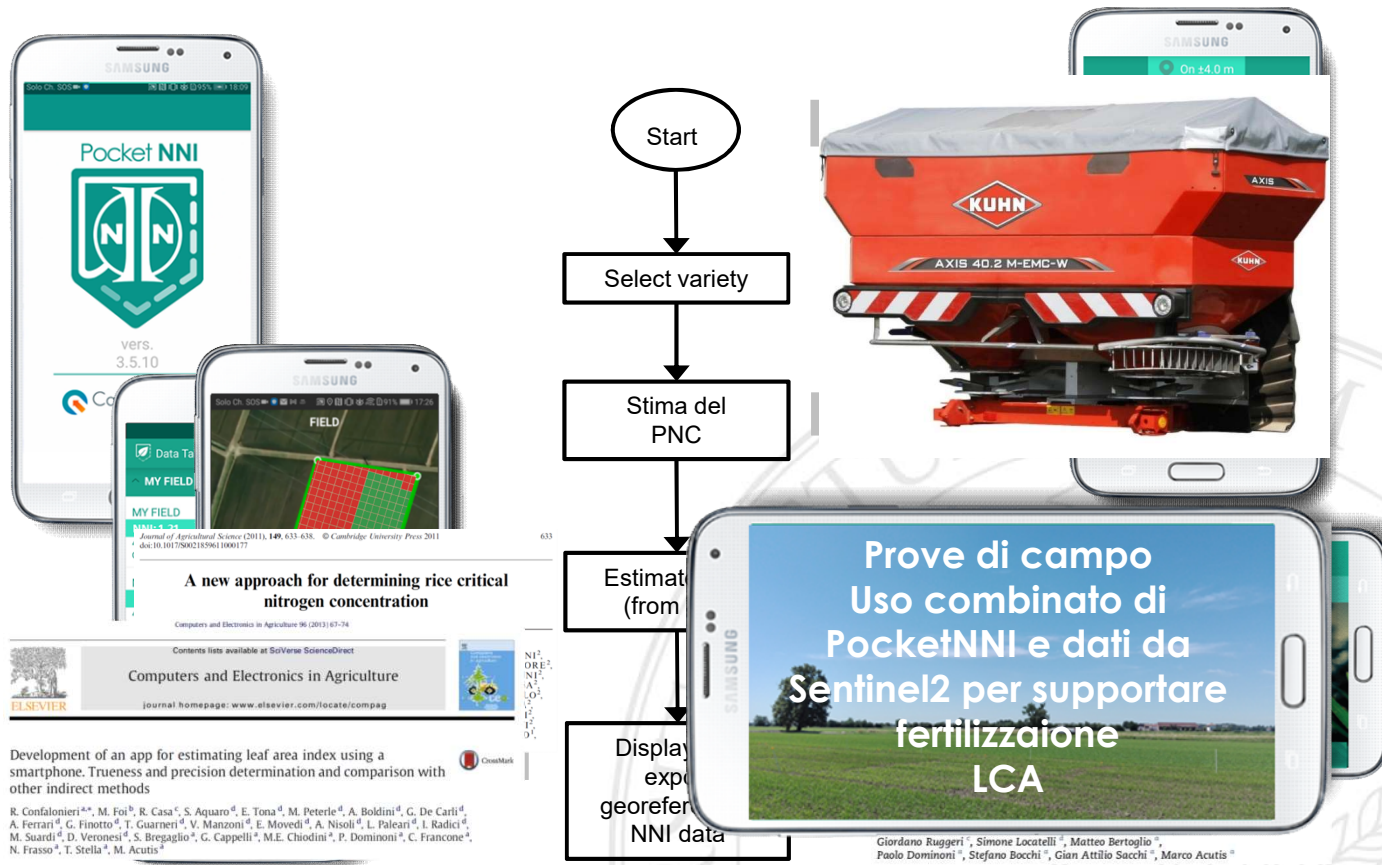


Georeferenziazione dei diversi campi (una volta)



Acquisizione guidata in campo





A new approach for determining rice critical nitrogen concentration
Computers and Electronics in Agriculture 96 (2013) 67–74
 doi:10.1016/j.compag.2013.05.017

Development of an app for estimating leaf area index using a smartphone. Trueness and precision determination and comparison with other indirect methods

R. Confalonieri^{a,*}, M. Fai^b, R. Casa^c, S. Aquaro^d, E. Tona^d, M. Peterle^d, A. Boldini^d, G. De Carli^d, A. Ferrari^d, G. Finotto^d, T. Guarneri^d, V. Manzoni^d, E. Movedi^d, A. Nisoli^d, L. Paleati^d, I. Radici^d, M. Suardi^d, D. Veronesi^d, S. Bregaglio^e, G. Cappelli^e, M.E. Chiodini^e, P. Dominoni^e, C. Francone^e, N. Frasso^e, T. Stella^e, M. Acutis^e

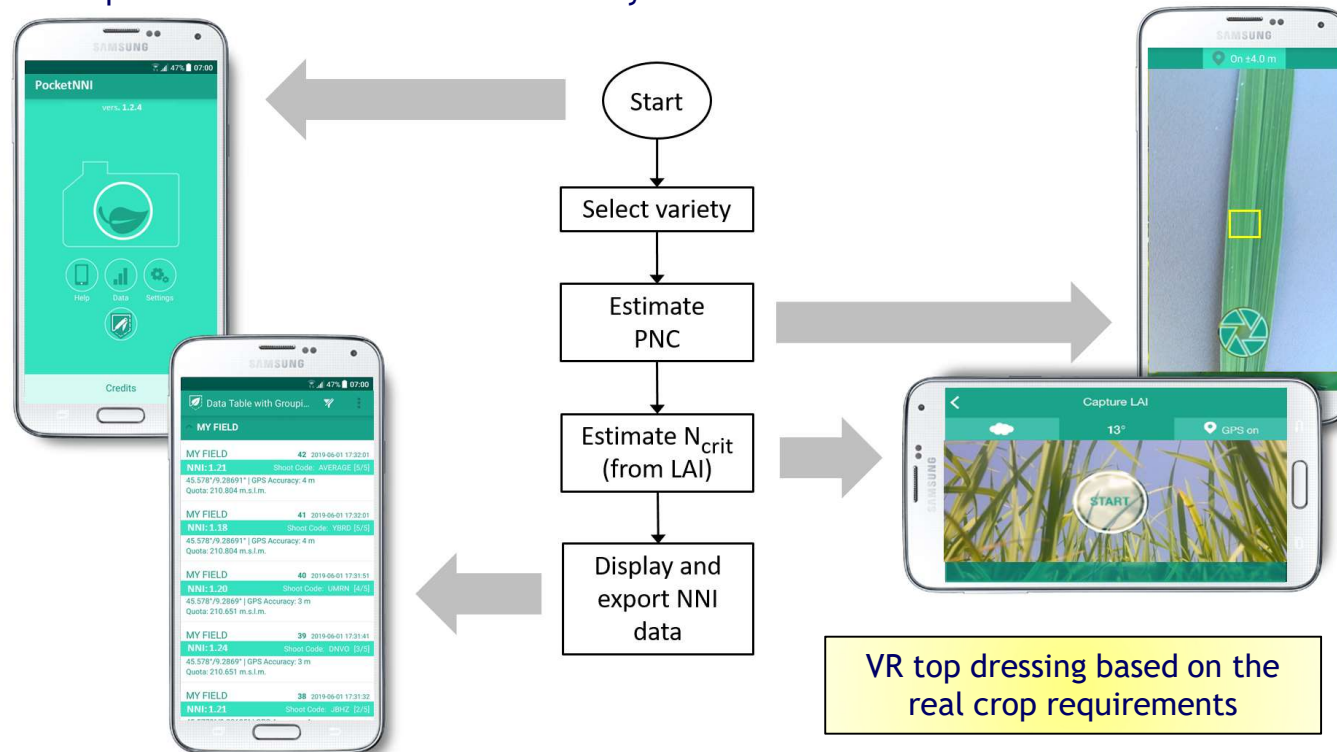
Giordano Ruggeri^a, Simone Locatelli^b, Matteo Bertoglio^c, Paolo Dominoni^d, Stefano Bocchi^e, Gian Attilio Sacchi^f, Marco Acutis^g



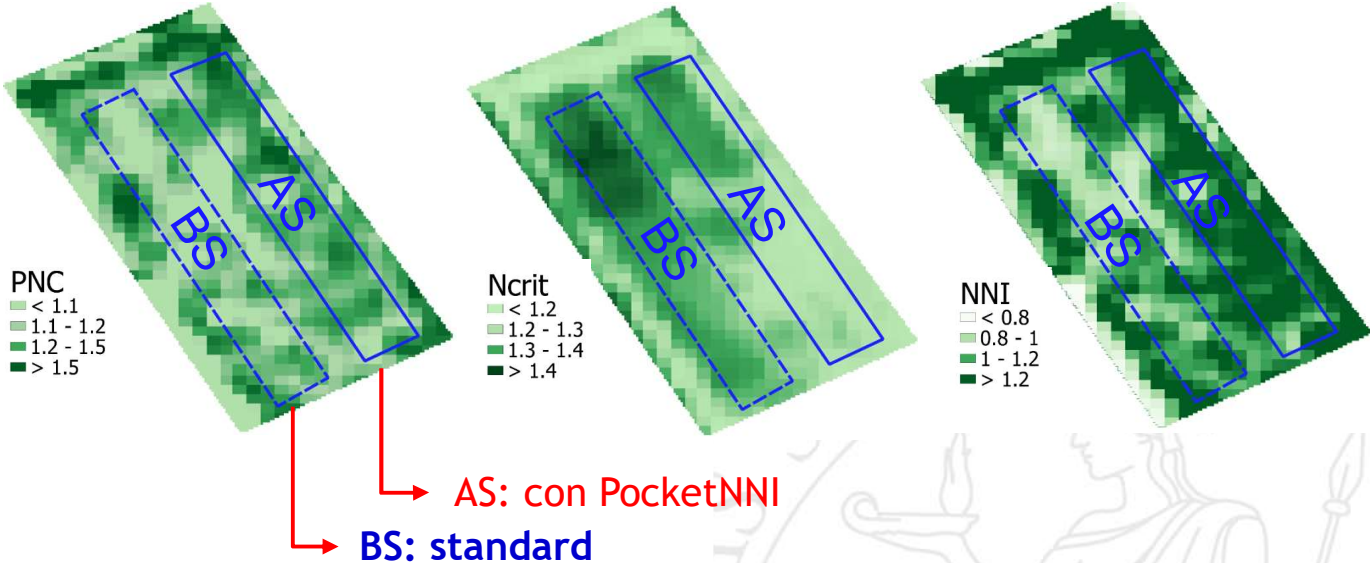
PocketNNI

Integrates two other smart apps (PocketLAI, PocketN) and dedicated calibration curves developed for European rice cultivars to directly estimate NNI

Geo-referenced estimates, PocketNNI can be easily coupled to satellite data or used as a standalone tool in case of production contexts characterized by small fields

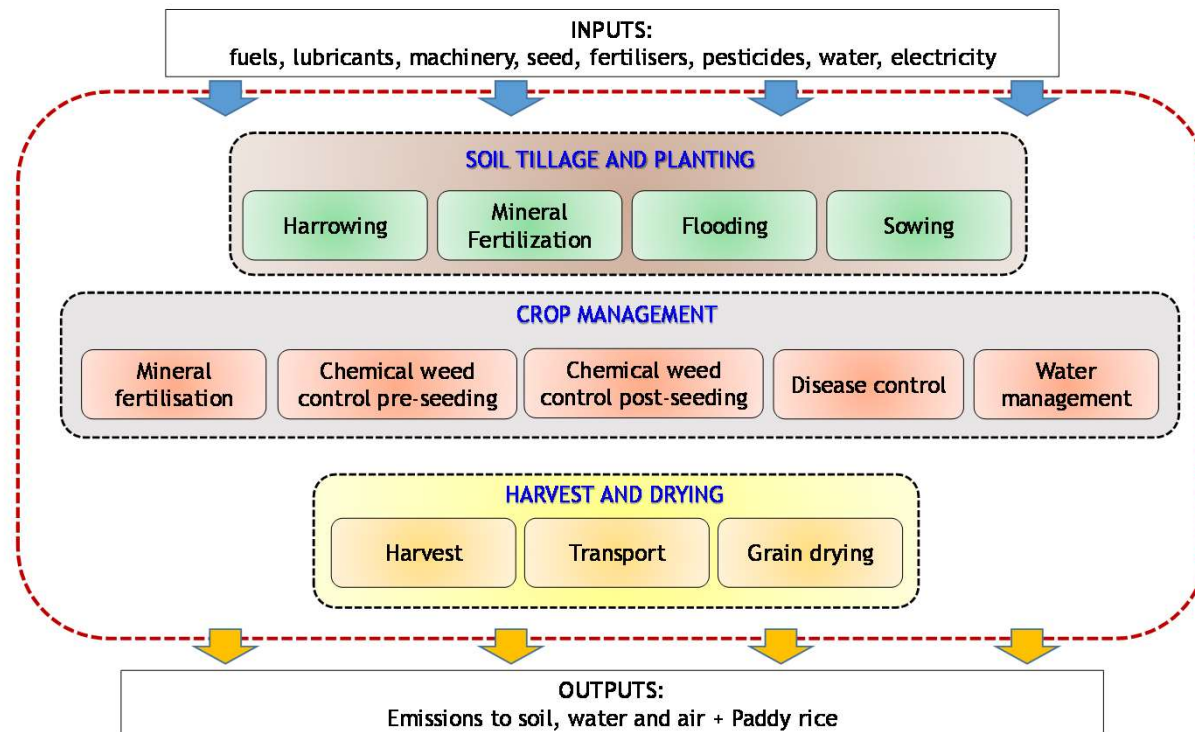


Quantificare, utilizzando l'approccio della valutazione del ciclo di vita (LCA), i benefici ambientali legati all'adozione di PocketNNI durante la coltivazione del riso nel Nord Italia



Azienda risicola in provincial di Milano, Due scenari:
Fertilizzazione con o senza il support di PocketNNI

Unità funzionale →  di risone all'umidità commerciale



DATI DI INVENTARIO

Subsystem	Field operation	Operative machine	Tractor		Fuel cons.	Input		Working time
			kW	kg	kg·ha ⁻¹	Product	Amount (·ha ⁻¹)	h·ha ⁻¹
Soil tillage and sowing	Harrowing	Rotary harrow	91	5000	19.5			1.70
	Mineral fertilization	Fertilizer spreader	91	5000	3.5	Potassium chloride	152.9 kg	0.25
	Flooding Sowing	Fertilizer spreader	91	5000	8.4		229.3 kg	0.30
Crop management	Mineral fertilization	Fertilizer spreader	91	5000	3.5	Biammonic phosphate	138 kg	0.25
	Weed control pre seeding	Sprayer	91	5000	3.0	Rifit (pretilachlor)	1.52 kg	0.20
						Cadou (flufenacet)	0.61 kg	
						Ronstar (oxadiazon)	0.61 kg	
	Weed control pre seeding	Sprayer	91	5000	3.0	Glyphosate	3.06 kg	0.20
						Ronstar (oxadiazon)	0.30 kg	
	Weed control post germination	Sprayer	91	5000	3.0	Tripion (MCPA)	1.53 kg	0.20
						Viper (penoxsulam)	1.53 kg	
						Gulliver (azimsulphuron)	0.024 kg	
						Contest (alpha-cypermethrin)	0.12 kg	
Mineral fertilization	Fertilizer spreader	91	5000	3.5	Urea	153 kg in BS 156 kg in AS	0.25	
Mineral fertilization	Fertilizer spreader	91	5000	3.5	23-0-30	138 kg	0.25	
Disease control	Sprayer	91	5000	3.0	Azbany (alpha-cypermethrin)	1 L	0.20	
Disease control	Sprayer	91	5000	3.0	Opinion (propiconazole)	0.5 L	0.20	
					Azbany Siapton (alpha-cypermethrin)	1 L		
Harvesting & storage	Harvest	Combine harvester	335	12,000	39.1		6.85 t in BS 7.73 t in AS	0.80
	Transport	Trailer	91	5000	11.5			0.80
	Transport	Trailer	100	5050	13.5			0.80
	Drying	Dryer				Diesel	Moisture from 21% to 14%	-

SCENARIO ALTERNATIVO
 → Resa +12% (7,73 t/ha vs 6,85 t/ha)
 → + 2% di urea (156 vs 153 kg/ha)

Metano, ammoniaca, nitrati e protossido stimati secondo le IPCC guidelines



12 impatti ambientali:

- Cambiamento climatico - CC
- Assottigliamento strato di ozono - OD
- Tossicità umana - Eff. non cancerogeni - HT-nc
- Tossicità umana - Eff. Cancerogeni - HT-c
- Formazione Particolato - PM
- Formazione smog fotochimico - POF
- Acidificazione - TA
- Eutrofizzazione terrestre - TE
- Eutrofizzazione acque dolci - FE
- Eutrofizzazione Marina - ME
- Ecotossicità acque dolci - Fex
- Consumo di risorse minerali e fossili - MFRD



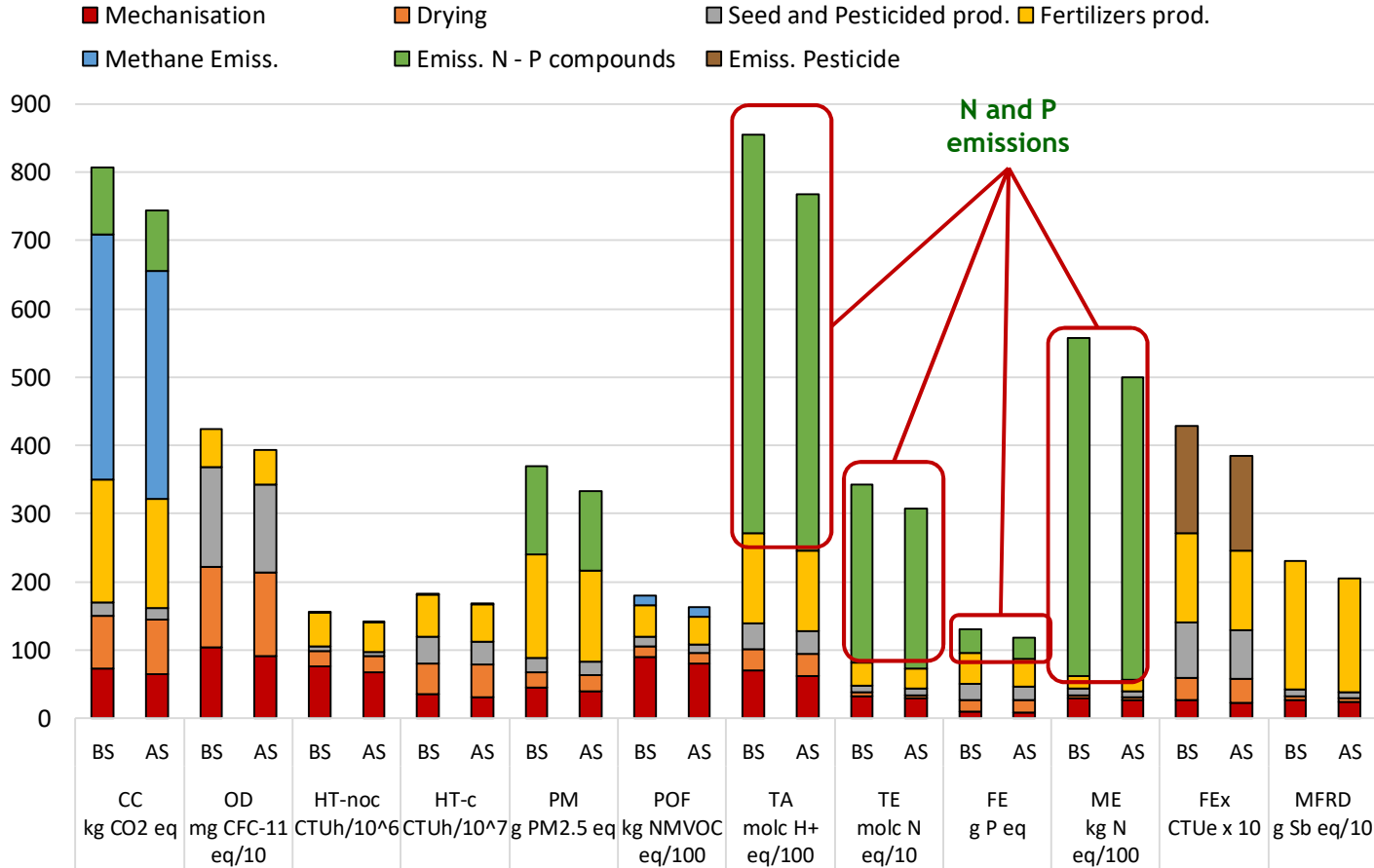
RISULTATI ASSOLUTI per 1 t di RISONA AL 14%

Impatto	Scenario Base	Scenario Alternativo	Δ
Cambiamento climatico _CC	937,3 kg CO ₂ eq	832,7 kg CO ₂ eq	-11,2%
Assottigliamento strato di ozono - OD	49,27 mg CFC-11 eq	43,83 mg CFC-11 eq	-11,0%
Tossicità umana - Eff.non cancerogeni - HT-nc	1,66 · 10 ⁻⁴ CTUh	1,46 · 10 ⁻⁴ CTUh	-12,2%
Tossicità umana - Eff. Cancerogeni - HT-c	2,11 · 10 ⁻⁵ CTUh	1,87 · 10 ⁻⁵ CTUh	-11,3%
Formazione Particolato - PM	0,439 kg PM _{2,5} eq	0,383 kg PM _{2,5} eq	-12,8%
Formazione smog fotochimico - POF	2,13 kg NMVOC eq	1,86 kg NMVOC eq	-12,8%
Acidificazione - TA	8,89 molc H ⁺ eq	10,20 molc H ⁺ eq	-12,9%
Eutrofizzazione terrestre - TE	41,00 molc N eq	35,63 molc N eq	-13,1%
Eutrofizzazione acque dolci - FE	0,154 kg P eq	0,134 kg P eq	-12,5%
Eutrofizzazione Marina - ME	6,68 kg N eq	5,81 kg N eq	-13,0%
Ecotossicità acque dolci - Fex	5091 CTUe	4423 CTUe	-13,1%
Consumo di risorse minerali e fossili - MFRD	27,52 g Sb eq	23,79 g Sb eq	-13,6%

Riduzione di tutti gli impatti ambientali considerati legata a:

- Aumento della resa
- Riduzione delle emission di composti legati alla fertilizzazione azotata
- Impatto ambientale dell'incremento di fertilizzazione con urea ampiamente compensato dai benefici legati alla fertilizzazione a rateo variabile







L'uso combinato di PocketNNI e di prodotti di telerilevamento ha comportato un notevole aumento della resa al prezzo di un aumento trascurabile della quantità di fertilizzanti azotati consumati, riducendo così la quantità di N utilizzata per unità di prodotto.



Dal punto di vista ambientale, PocketNNI porta un doppio beneficio: la riduzione dell'impatto per tutte le categorie considerate grazie all'aumento della produttività e - soprattutto per acidificazione ed eutrofizzazione - la riduzione delle emissioni di composti dell'azoto.



In termini di sostenibilità economica, il sistema proposto presenta vantaggi sia diretti (maggiore rapporto resa/fertilizzanti) che indiretti (minore rischio di perdite dovute a malattie e all'allettamento).

Le attività agricole (almeno la coltivazione del riso 😊) possono essere efficacemente ridotte utilizzando tecnologie smart (economiche e familiari per i potenziali utenti) per migliorare l'efficienza della fertilizzazione.



Analisi del ciclo di vita di varietà di riso ad alta produttività con diverse densità di semina



Francesca Di Cara, Michele Zoli, Jacopo Bacenetti, Roberto Confalonieri

Department of Environmental Science and Policy,
Università degli Studi di Milano





Tecnica di coltivazione:

Aspetto trascurato:
ottimale densità di semina



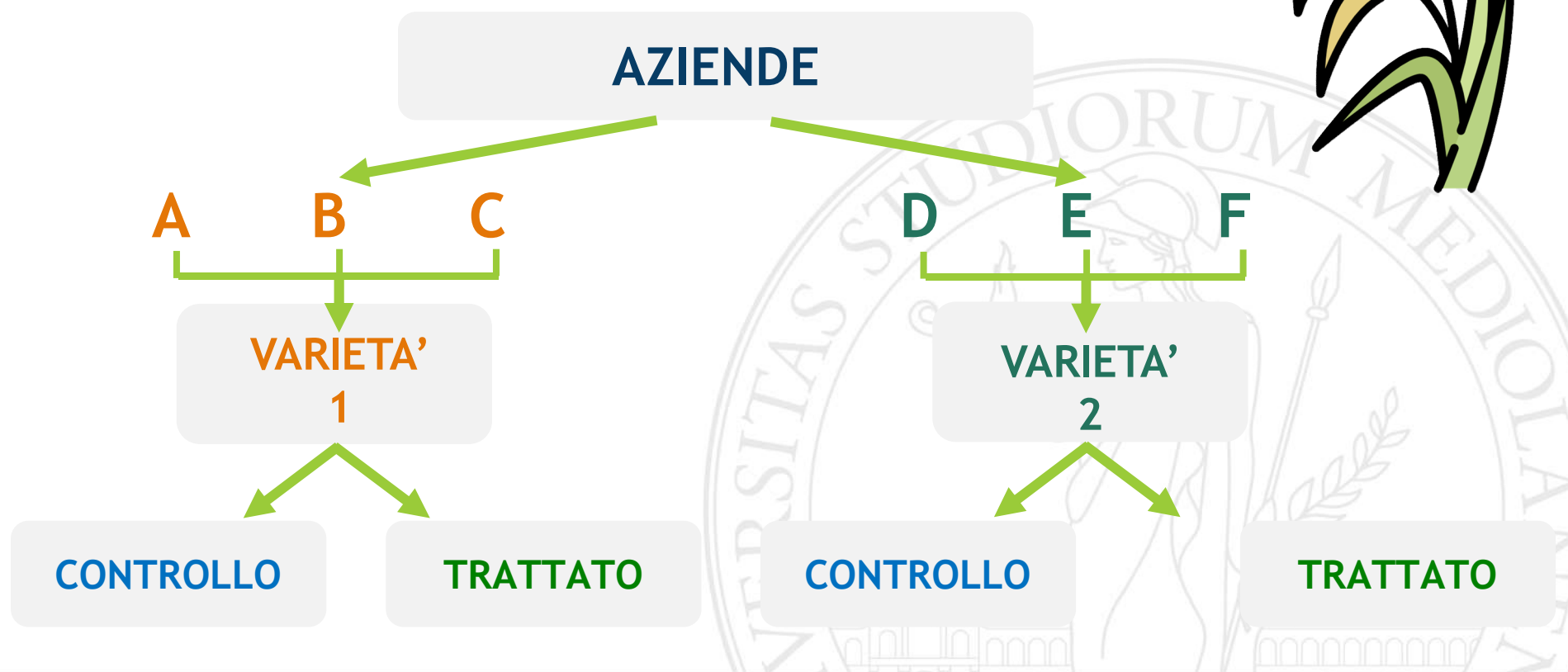
Spesso densità di semina
necessario

Portano a:

- competizione
- conseguenze su:
resistenza alle avversità e
alle concimazioni



L'obiettivo di questo studio è valutare, attraverso l'applicazione del Life Cycle Assessment, l'impatto ambientale di due varietà di riso considerando due densità di semina.



I risultati non mostrano un trend costante.

La variazione degli impatti tra controllo e trattato è **più influenzata dalle rese che dalla densità di semina**

Riduzioni maggiori negli impatti con:

- **modifica della gestione irrigua**
- **uso di fertilizzanti inibiti**

I benefici legati alla riduzione della densità di semina sull'impatto ambientale **sono modesti** ma occorre considerare che sono **facilmente conseguibili** e **potenzialmente** associati anche a una **riduzione dei costi**.

Lo studio si ripeterà per limitare l'influenza delle condizioni ambientali sulla resa e i risultati ambientali.

Lo schema sperimentale comprenderà anche l'inserimento di una asciutta



CONCLUSIONI E PROSPETTIVE FUTURE

Per ridurre emissioni di metano e, quindi, impronta di carbonio, la **semina in asciutto** andrebbe preferita a quella in sommersione mentre la gestione della sommersione dovrebbe prevedere un **numero di asciutte non inferiore a due**. Ove possibile la durata della sommersione andrebbe limitata svuotando le risaie anticipatamente

La riduzione dell'acidificazione del suolo, delle diverse eutrofizzazioni (FE, TE e ME) e, in minor misura, della formazione di particolato sottile (PM) andrebbe ricercata agendo sulla fertilizzazione e, in particolare: i) **calibrando gli apporti di elementi nutritivi in funzione delle reali asportazioni della coltura**, ii) scegliendo modalità di distribuzione dei fertilizzanti organici in grado di ridurre la volatilizzazione dell'ammoniaca (es. rapido interrimento dei fertilizzanti organici o distribuzione sotto-superficiale), iii) privilegiando fertilizzanti minerali caratterizzati da ridotti fattori emissivi;

Relativamente all'impatto ambientale legato al consumo di risorse minerali e fossili (MFRD), una **riduzione dell'applicazione di fertilizzanti minerali**, la cui produzione è fortemente energivora soprattutto per quelli azotati, in favore di quelli organici consentirebbe una riduzione dell'impatto. In tal caso però, occorrerebbe tener presente che a fronte di una riduzione del MFRD si avrebbe un probabile **aumento dell'impronta di carbonio a causa dell'aumento delle emissioni di metano**

