



UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Produrre energia per l'agricoltura 4.0

## Agrovoltaico e ambiente: studio del ciclo di vita

Alessandro Agostini

*alessandro.agostini@unicatt.it*  
*alessandro.agostini@enea.it*



## Outline

- **Introduzione all'analisi del ciclo di vita**
- **Impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici**
- **Impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici combinati con la produzione di elettricità da digestione anaerobica di mais**
- **Conclusioni e lavori futuri**



# Introduzione all'analisi del ciclo di vita

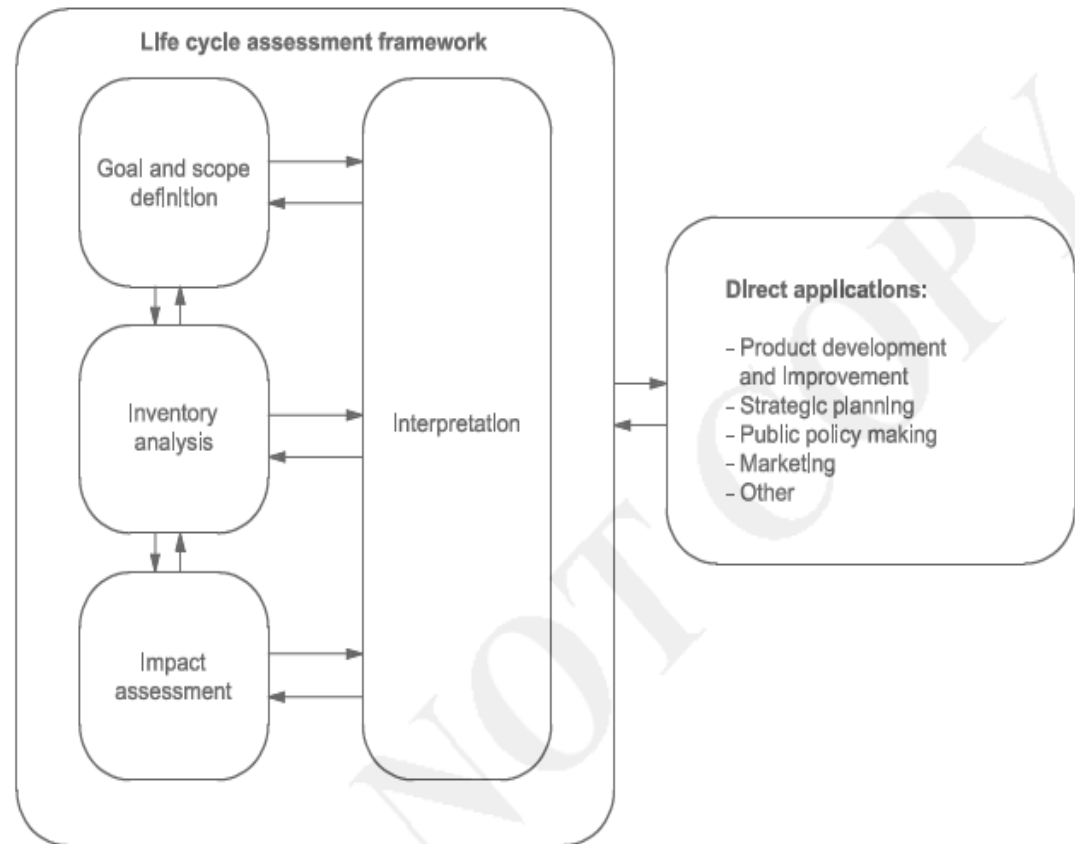
- **Standard internazionali (ISO 14040:2006)**
- *Definizione: compilazione e valutazione degli inputs, degli outputs e dei potenziali impatti ambientali di un sistema o di un prodotto durante il suo intero ciclo di vita*
- **Principi fondanti**
- *Prospettiva di analisi dell'intero ciclo di vita*
- *Focus ambientale*
- *Approccio relativo, basato su di una unità funzionale*
- *Trasparenza*



## Fasi di uno studio LCA

- Uno studio di LCA è composto di 4 fasi

1. Definizione di obiettivo e scopo
  2. Analisi di inventario
  3. Analisi degli impatti
  4. Interpretazione
- .





UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici

## Definizione di obiettivo e scopo

- **Obiettivo**
- Valutazione dei potenziali impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici. Ottimizzazione degli impianti agrovoltaici dal punto di vista ambientale (eco-design)
- **Scopo**
- Comparativa di 3 diverse configurazioni di infrastrutture e sistemi di inseguimento solare: biassiale (2A), monoassiale (1A), statico (ST)
- Durata 25 anni
- Valutazione delle emissioni di gas climalteranti
- Unità funzionale: 1 MJ di elettricità
- .





UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici

## Inventario: sistema biassiale



### Inventory for 2 axis sun tracking agrofotovoltaico systems: high density of PV panels

MAIN DATA					Comment
installed capacity	1000 kW				around 500 kW/ha
power production	1420-1460 MWh/Year	1440000 kWh/(MW*y)	Latitude north Italy		around 710-730 MWh/(ha*y)
power consumption	auxiliaries	20000 kWh/(MW*y)	1.3889%		10000 kWh/(ha*y)
	sun tracking	4000 kWh/(MW*y)	0.2778%		2000 kWh/(ha*y)
	inverters	1000 kWh/(MW*y)	0.0694%		500 kWh/(ha*y)

	tot in 25 years	127350000	pieces	7.85238E-09	
--	-----------------	-----------	--------	-------------	--

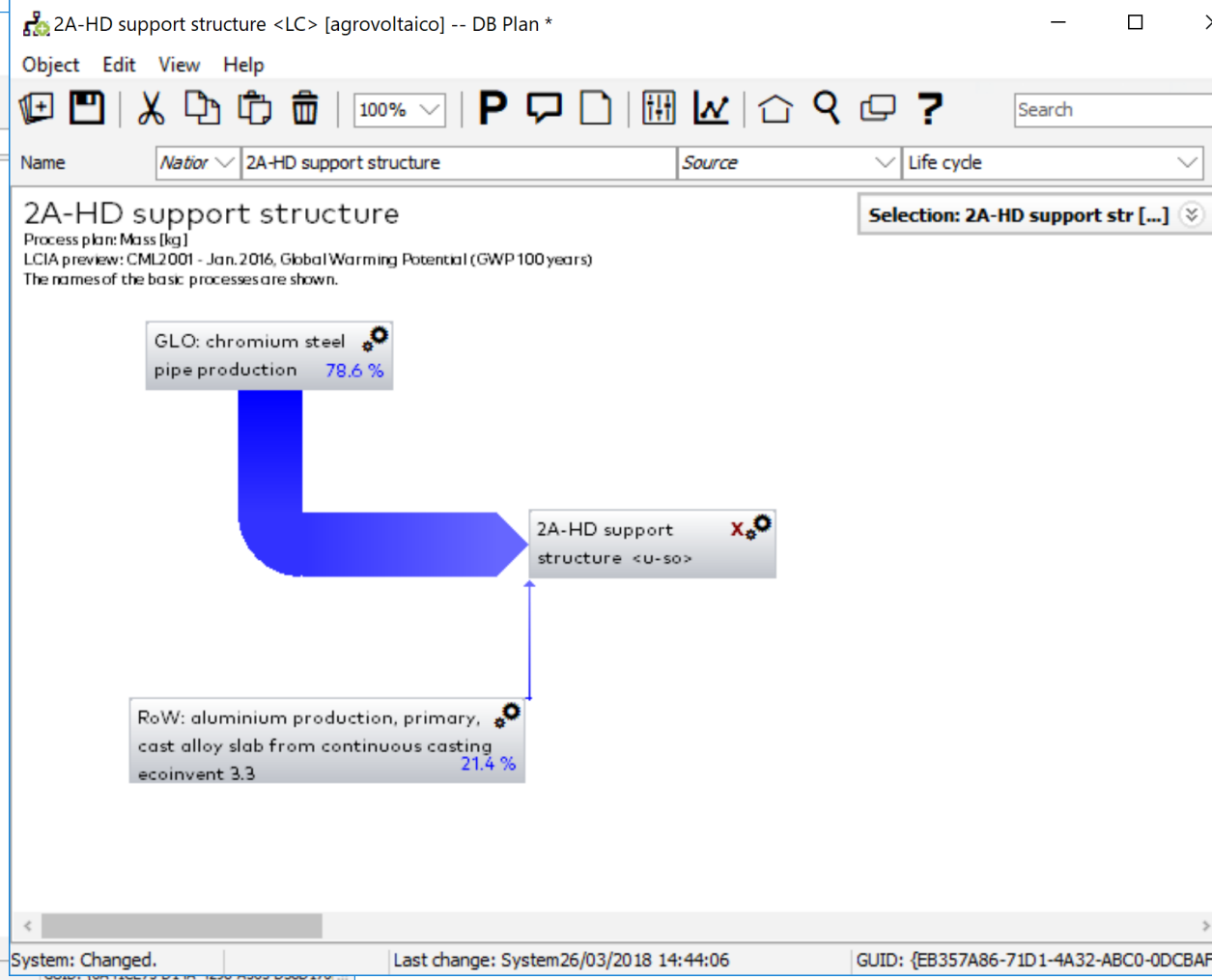
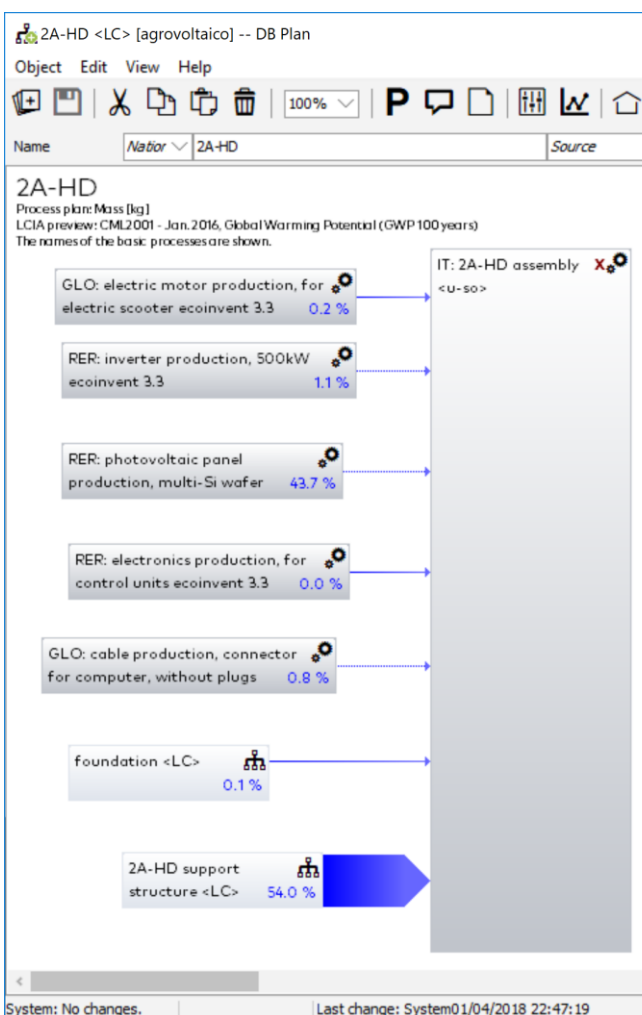
SUB-System	component	material	weight (kg)	transport distance*	mode*	packaging*	comment
support structure	stilts	concrete	not required	nr	nr	nr	60 celle 156*156=1.460160 m2/pannello
		steel	29,300	Italy	trucking	wooden	
	support structure	steel	29,710	China	shipping	containers	
	horizontal main axes	steel	69,600	China	shipping	containers	
	secondary axes	steel	79,280	China	shipping	containers	
		alluminium	11,800	China	shipping	containers	
PV modules	number of cells	1920/tracker					
	number of moduls	32/tracker					
	size of panel	1x1.65					
	number of panels	3571.428571					
auxiliaries	panels surface	5214.857143					
	foundations	concrete	13,125	Italy	trucking	nr	
		steel	372	Italy	trucking	nr	
	inverters	Steel,copper,plastic	45	Italy	trucking	nr	
	wiring	copper, rubber	2,950	Italy	trucking	wooden	
	control units	electronic	11	Italy	trucking	cardboard	
sun tracking system	electric motors	Steel,copper,plastic	606	Italy	trucking	cardboard	sun



UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici

## Vautazione degli impatti

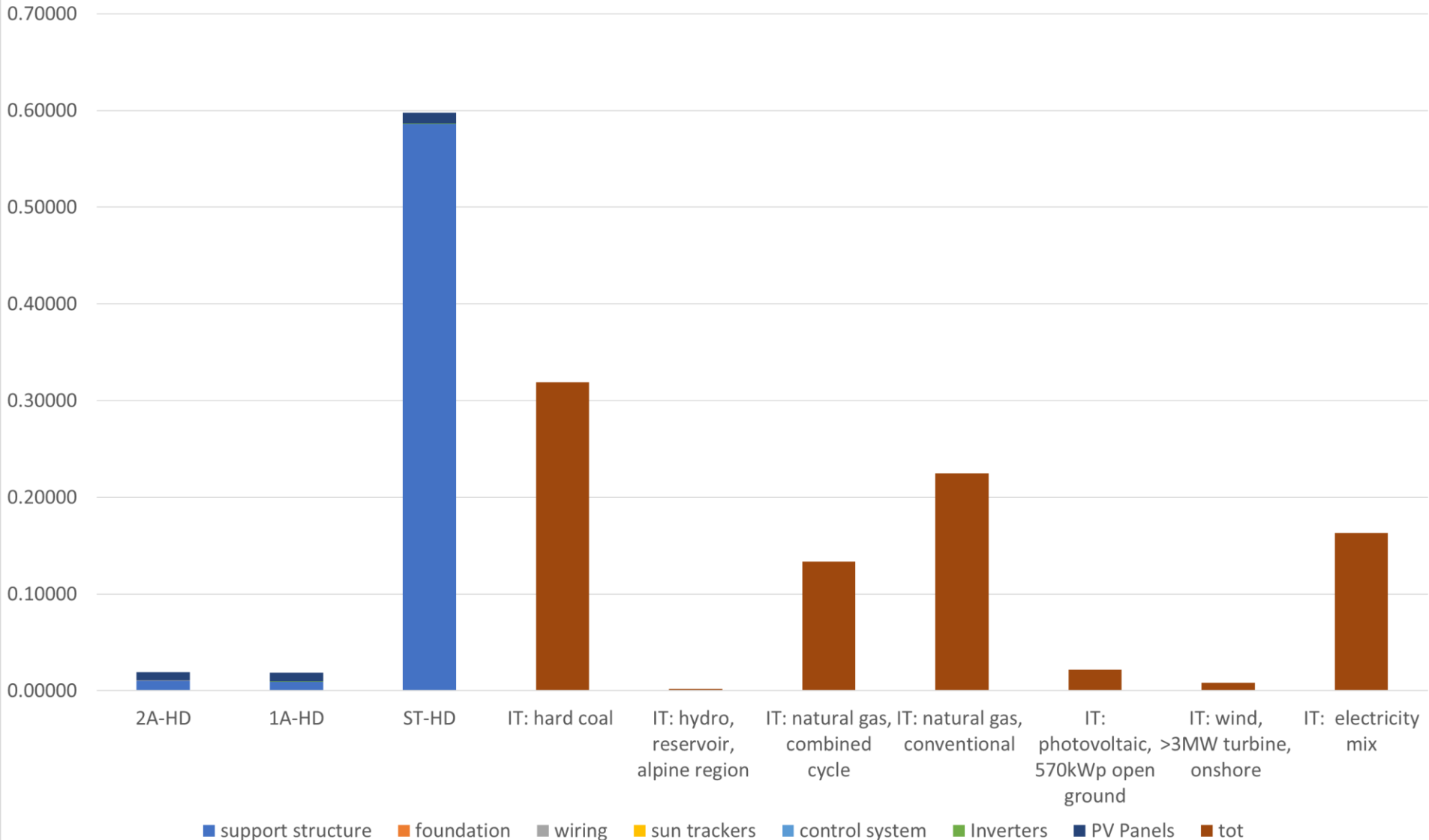




UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici

GHG emissions (kg CO<sub>2</sub>eq/MJ)





UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici

## Inventory for static agrofotovoltaico systems: high density of PV panels

### MAIN DATA

installed capacity	1000 KWp	around 680	kW/ha		Comment
power production	1100 MWh/year	around 760	kWh/(ha*y)		1100000
power consumption	auxiliaries		10000 kWh/(ha*y)		14705.88235
	sun tracking		0 kWh/(ha*y)		0
	inverters		500 kWh/(ha*y)		735.2941176

### tot in 25 years

97610294.12

pieces/ha

1.02448E-08

### SUB-System

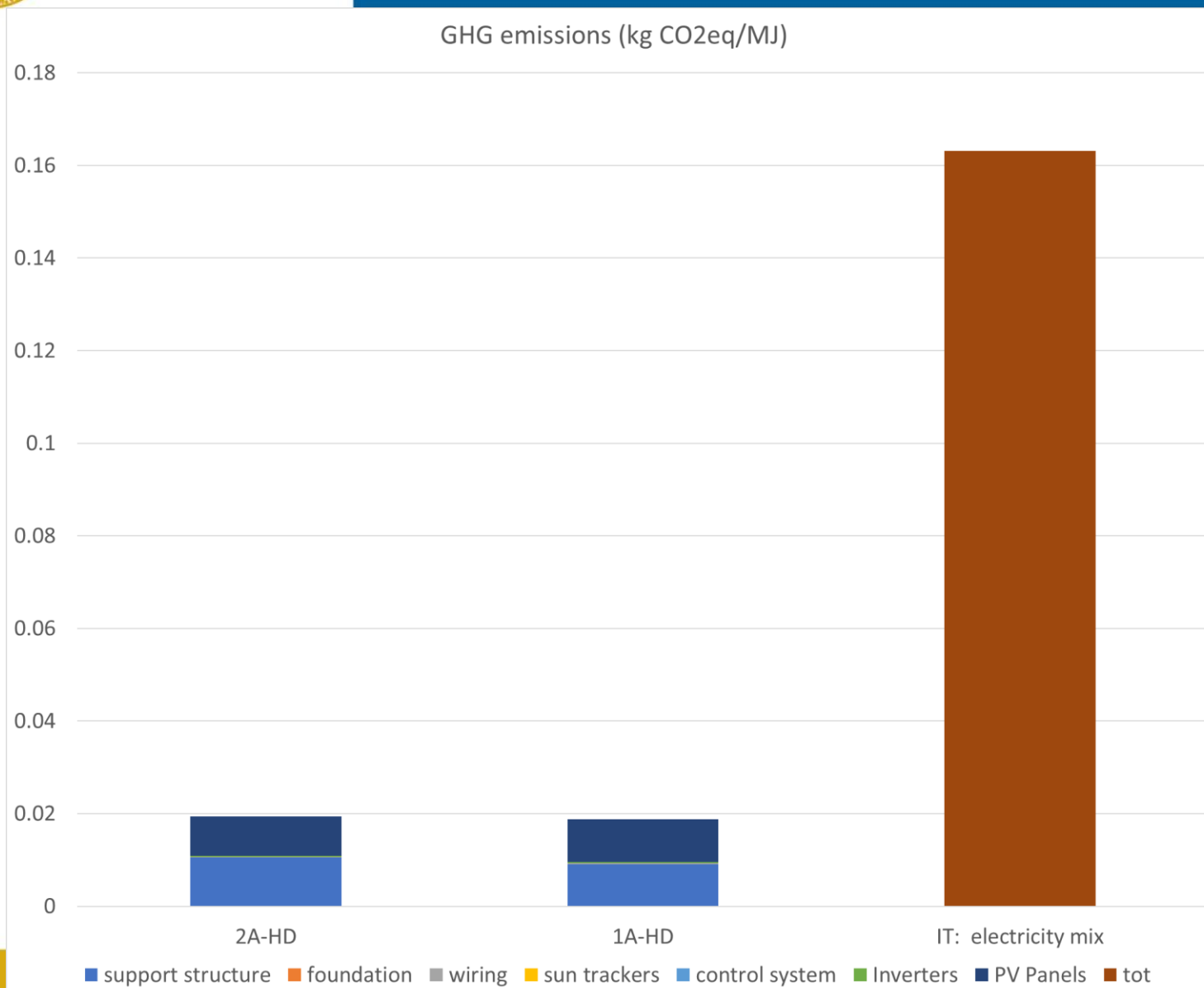
component	material	weight (kg)	tra	packaging*
support structure	stilts	concrete	704,000	containers
		steel	693,000	containers
	support structure	steel	176,000	containers
	horizontal main axes	steel	195,360	China shipping containers
	secondary axes	steel		
PV modules	number of cells	72/beam		
	number of moduls	13/beam		
	size of panel	1x2 m		
auxiliaries	foundations	concrete	13,125	Italy trucking nr
		steel	10,216	Italy trucking nr
	inverters	Steel,copper,plastic	45	Italy trucking nr
	wiring	copper, rubber	800	Italy trucking wooden
	control units	electronic	5	Italy trucking cardboard
sun tracking system	electric motors		nr	nr nr nr

1000 t steel  
700 t concrete



UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici

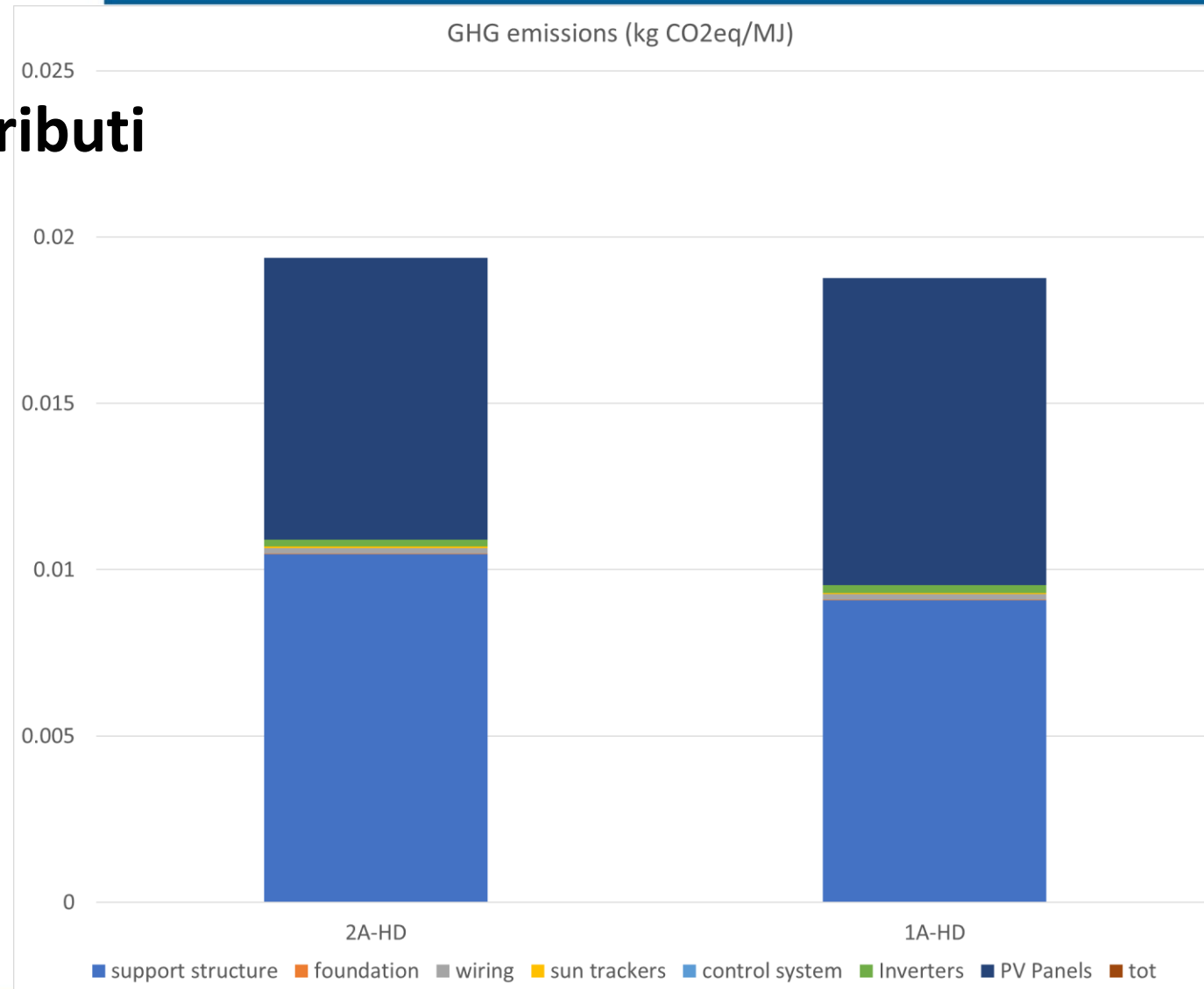




UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Impatti ambientali dei sistemi agrovoltaici

## Analisi dei contributi





## Conclusioni

- **I sistemi agrovoltaici possono contribuire sostanzialmente alla riduzione delle emissioni di gas serra, se comparati ad altre fonti di energia elettrica**
- **La riduzione dell'utilizzo di materiali per le strutture di supporto è fondamentale**
- **L'utilizzo di alluminio al posto dell'acciaio è controproduitivo**

## Limiti

- **Risultati preliminari**
- **Solo le missioni di gas serra sono analizzate**
- **.**



UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Performarce ambientali dei sistemi agrovoltaici combinati con la produzione di elettricità da digestione anaerobica di mais

## • Obiettivo

Valutazione degli impatti ambientali potenziali di sistemi agrovoltaici combinati con la produzione di elettricità da digestione anaerobica di mais.  
Ottimizzazione dei sistemi combinati agrovoltaico-biogas (approccio eco-design).



## • Scopo

Comparativa di 4 sistemi risultanti dalla combinazione di 2 diversi sistemi di inseguimento solare: biassiale (2A), statico (ST), e 2 densità di pannelli solari (HD, LD), e di un sistema montato a terra. I sistemi includono la produzione di energia elettrica da biogas

25 di analisi del progetto

Analisi delle emissioni di gas serra

Unità funzionale: 1 MJ elettricità

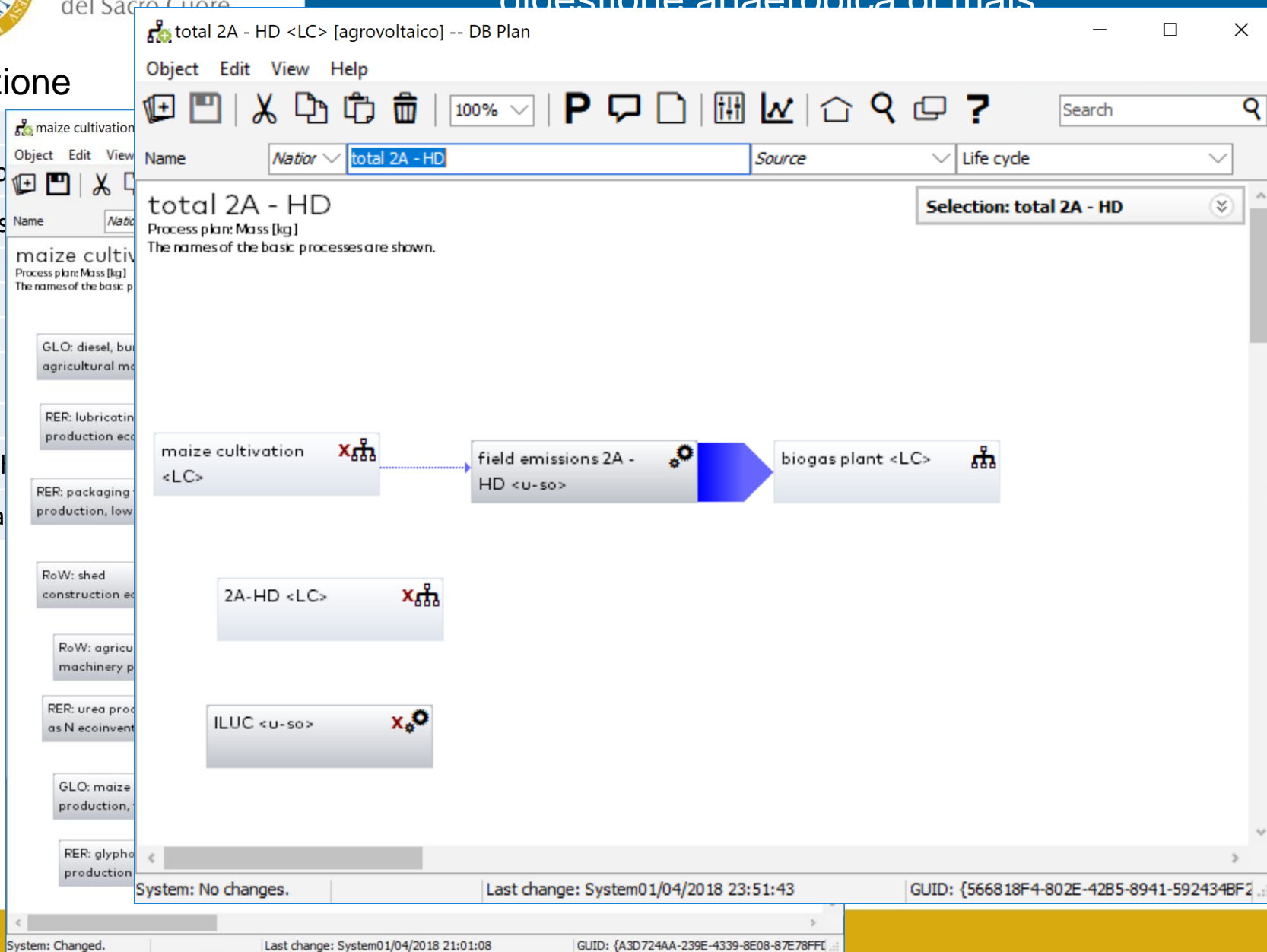


UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

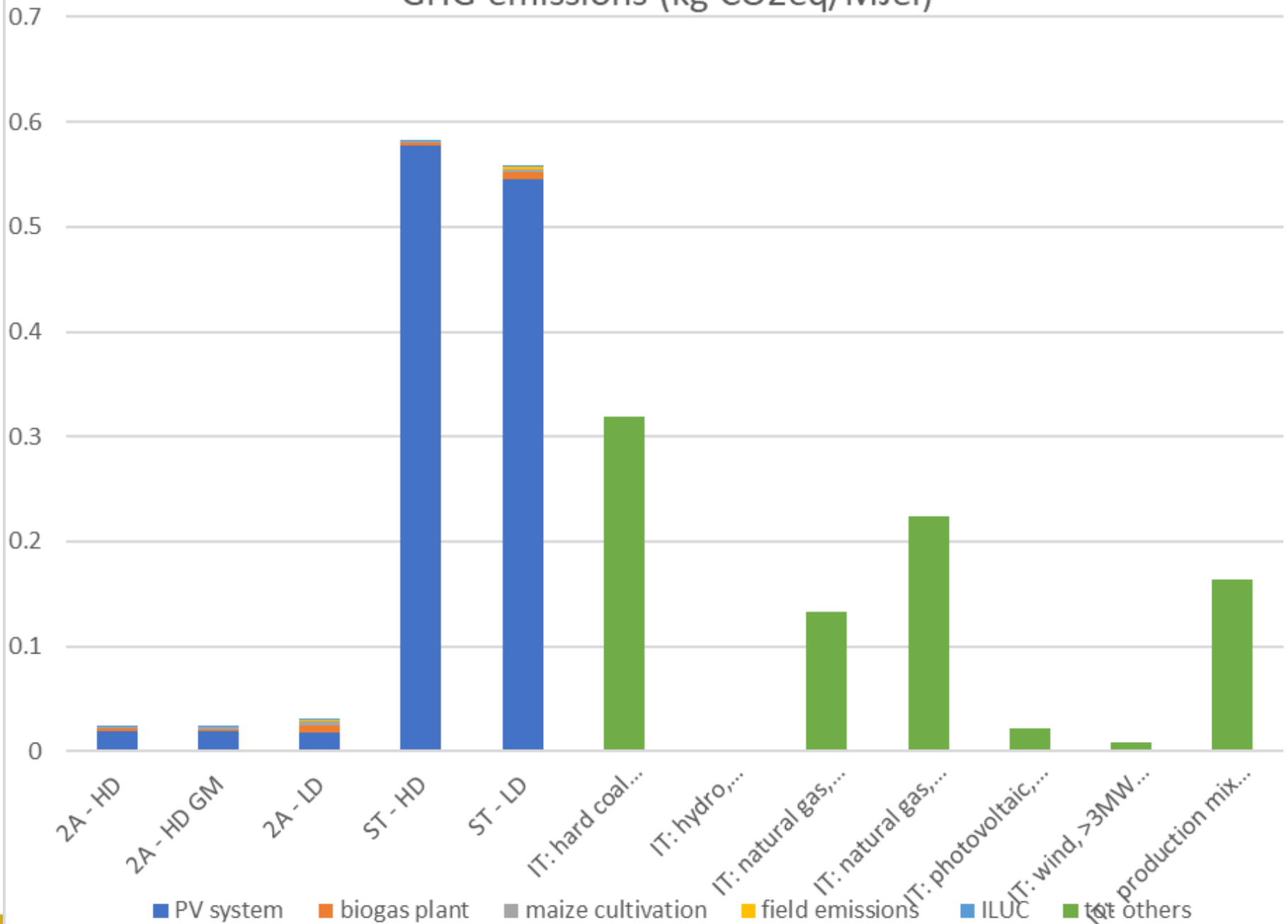
# Performarce ambientali dei sistemi agrovoltaici combinati con la produzione di elettricità da digestione anaerobica di mais

## Coltivazione

Diesel  
Lubricating oil  
Plastic wraps  
Urea as N  
Seed  
Herbicides  
Insecticides  
Machinery  
Machinery services  
Irrigation water



# GHG emissions (kg CO<sub>2</sub>eq/MJel)

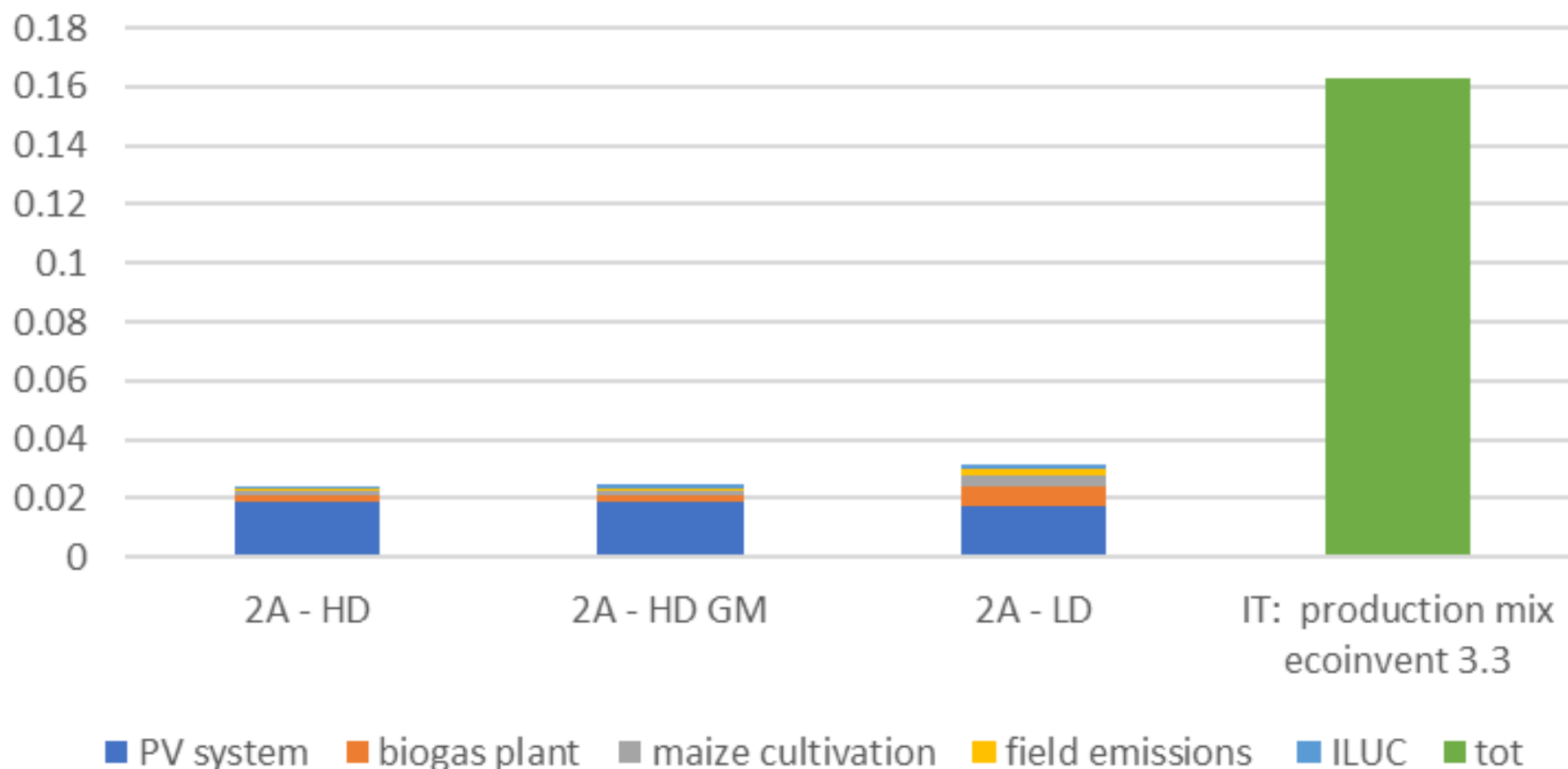




UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

## Performarce ambientali dei sistemi agrovoltaici combinati con la produzione di elettricità da digestione anaerobica di mais

### GHG emissions (kg CO<sub>2</sub>eq/MJel)

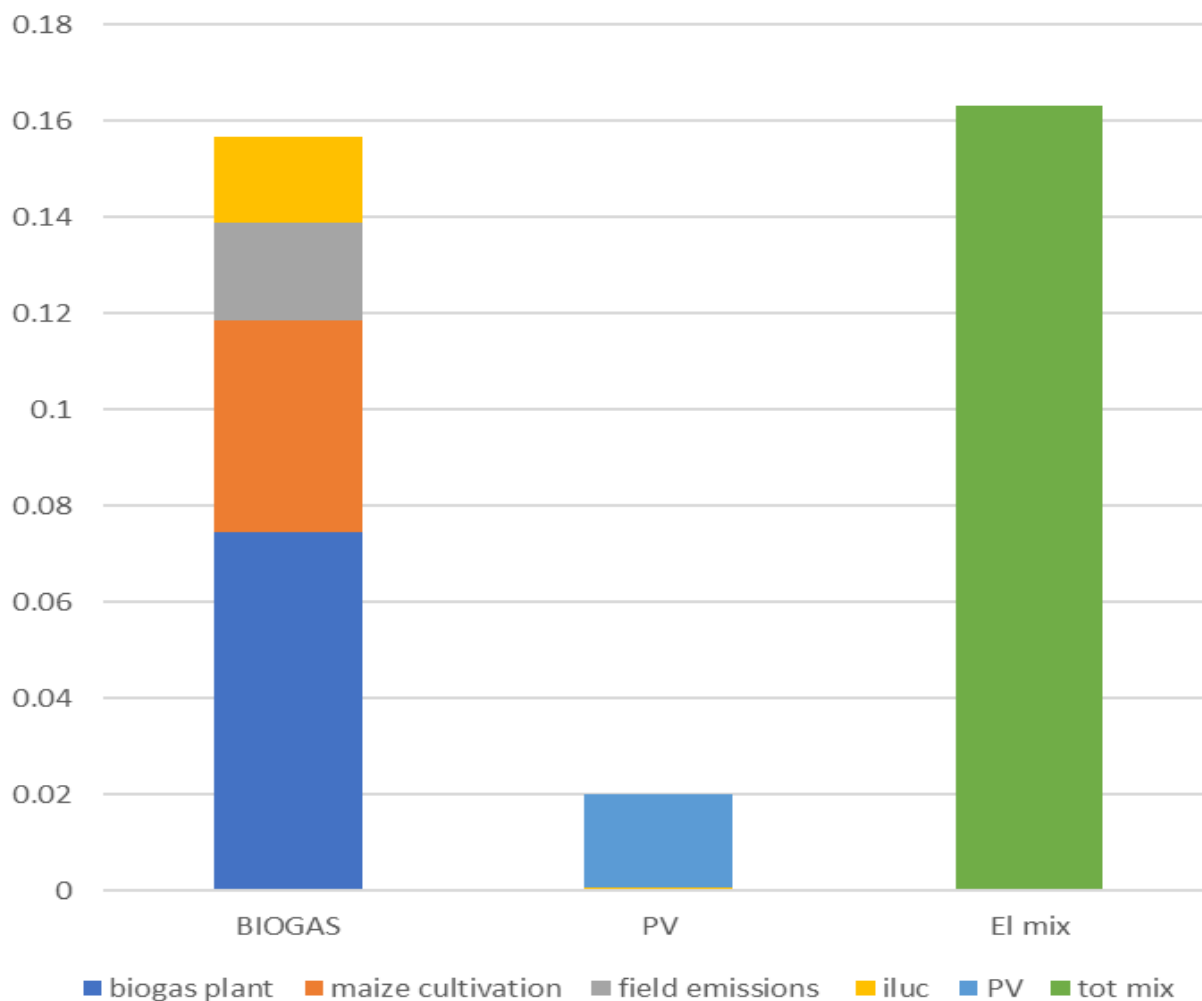




UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

## Performarce ambientali dei sistemi agrovoltaici combinati con la produzione di elettricità da digestione anaerobica di mais

GHG emissions (kg CO<sub>2</sub>eq/MJel)





## Electricity production per ha

MJ/y*ha	PhotoVoltaic	Biogas	tot	Ratio tot/biogas solo
2A - LD	919750	88954	1008704	11.40
ST - LD	958750	92654	1051404	11.88
2A - HD	2547000	90655	2637655	29.81
ST - HD	2655000	93675	2748675	31.06
full light	2547000	88485	2635485	28.78



## Conclusioni

- **Come riportato precedentemente:**
  - I sistemi agrovoltaici possono contribuire sostanzialmente alla riduzione delle emissioni di gas serra, se comparati ad altre fonti di energia elettrica
  - La riduzione dell'utilizzo di materiali per le strutture di supporto è fondamentale
  - L'utilizzo di alluminio al posto dell'acciaio è controproduitivo
- **LA maggior produttività in caso di stress idrico garantisce una maggior resilienza al cambiamento climatico**
- **La produzione di elettricità da digestione anaerobica di energy crops genera emissioni di gas serra molto maggiori del fotovoltaico, occupa più terra (circa 30 volte), e genera maggiori emissioni di altri inquinanti**

## Limiti

- **É analizzata solo l'emissione di gas serra**
- **I risultati sono preliminary**



## Lavori futuri:

- **Raffinamento e finalizzazione dello studio**
- **Inclusione di analisi di altri impatti ambientali**
- **Analisi economica**
- **Analisi dell'integrazione di smart PV nella rete elettrica**



UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Grazie per l'attenzione

Alessandro Agostini

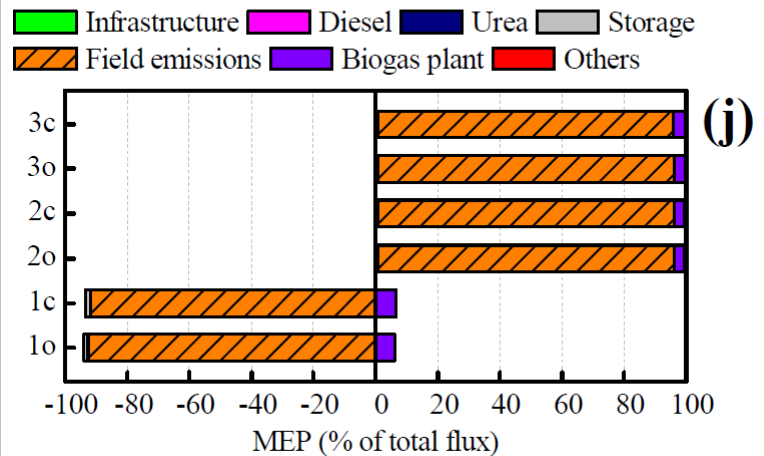
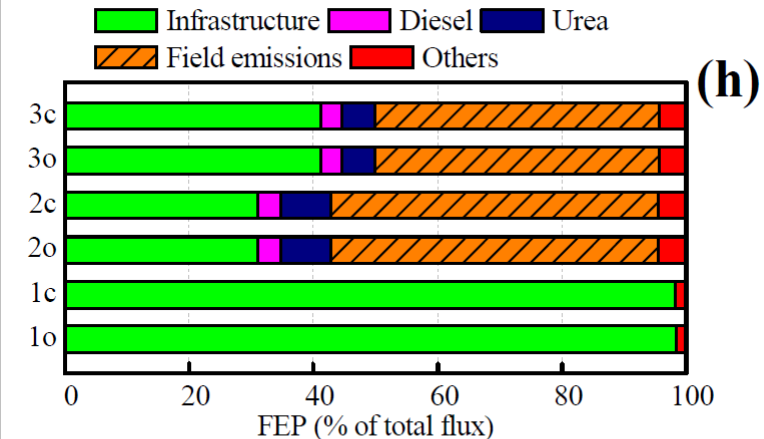
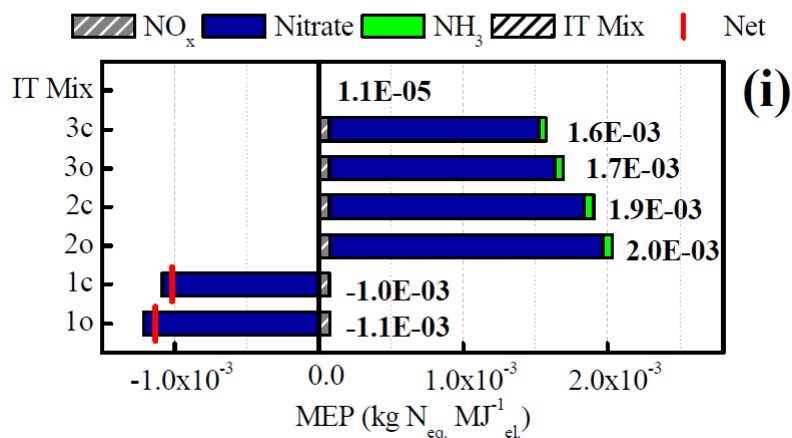
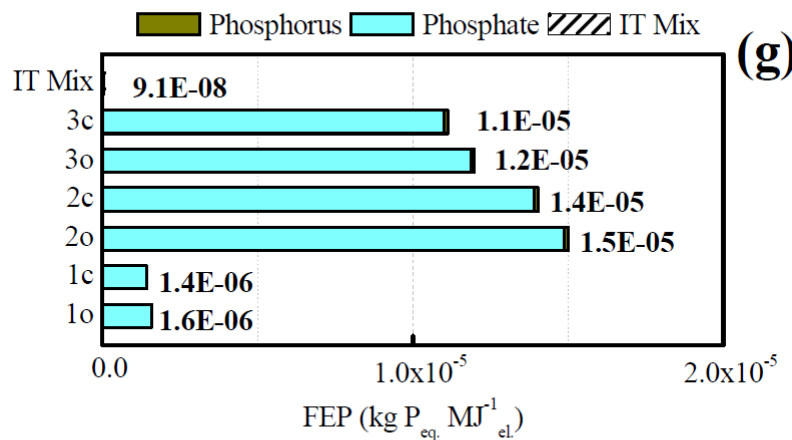
*alessandro.agostini@unicatt.it*

*alessandro.agostini@enea.it*



## Future work: additional environmental impacts

Agostini et al. 2015 Environmentally Sustainable Biogas? The Key Role of Manure  
Co-Digestion with Energy Crops



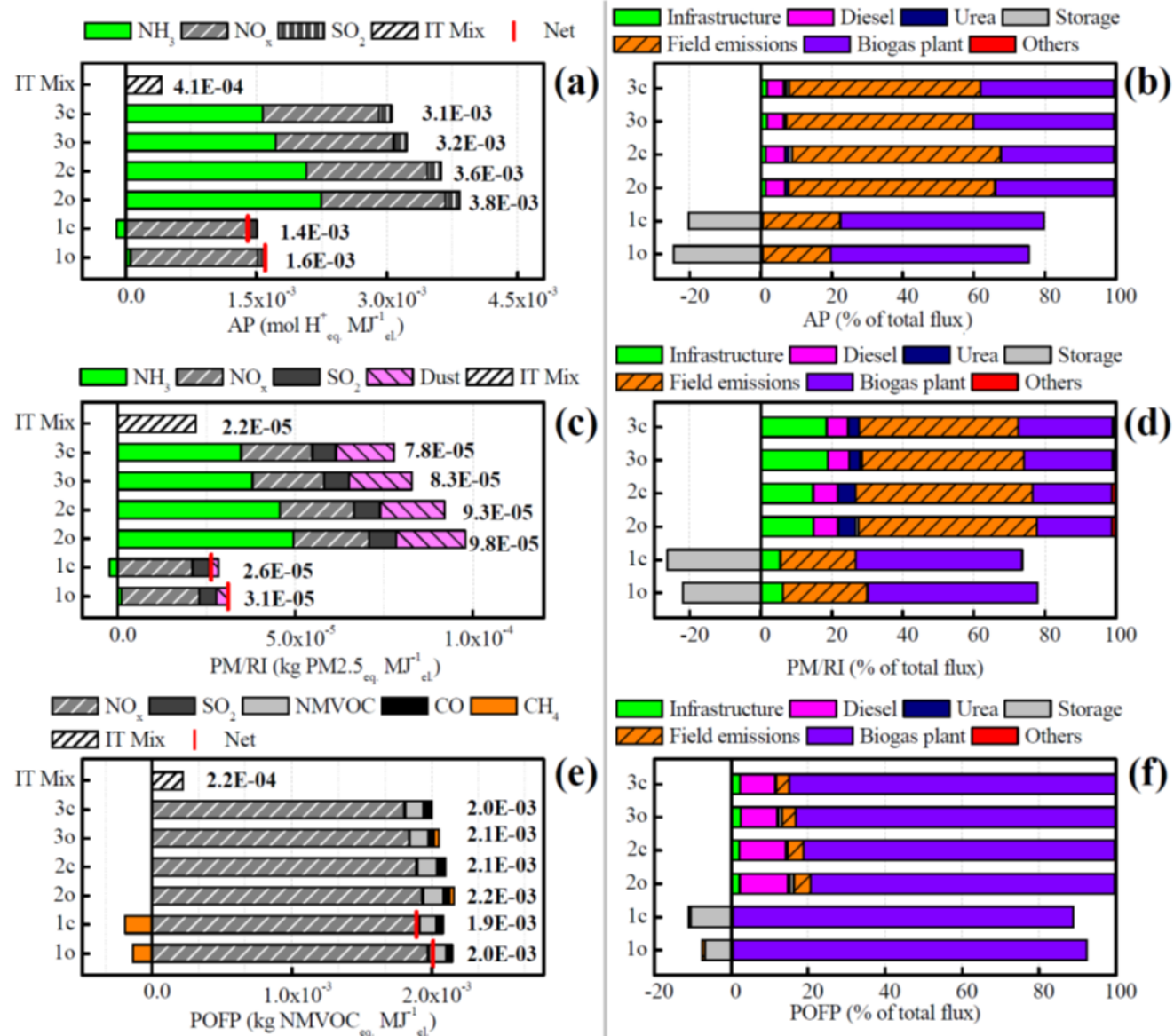


UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Interpretation, conclusions and future work

## Future work: additional environmental impacts

Agostini et al. 2015 Environmentally Sustainable Biogas? The Key Role of Manure Co-Digestion with Energy Crops





UNIVERSITÀ  
CATTOLICA  
del Sacro Cuore

# Interpretation, conclusions and future work

## Future work: economic analysis

Agostini et al.

Economics of GHG emissions mitigation  
via biogas production from  
Sorghum, maize and dairy farm manure  
digestion in the Po valley

## Future work: integration of smart PV in power grids

