

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II**



**SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE**

**TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN
INGEGNERIA PER L'AMBIENTALE E IL TERRITORIO**

*INDAGINE SPERIMENTALE VOLTA A OTTIMIZZARE LA RESA DI BIOGAS
DA RESIDUI DELLA SPREMITURA D'AGRUMI*

RELATORE

Ch.mo Prof. Massimiliano Fabbicino

CORRELATORE

Ing. Antonio Panico

Dr. Rokaya Bouaita

CANDIDATO

Giovanbattista Poziello

M67/504

ANNO ACCADEMICO 2018/2019

ECONOMIA CIRCOLARE



ECONOMIA LINEARE



SCARTI AGRUMARI

- acque reflue agrumarie
- Scarti solidi agrumari



UTILIZZO ATTUALE DEL PASTAZZO

COMPOST



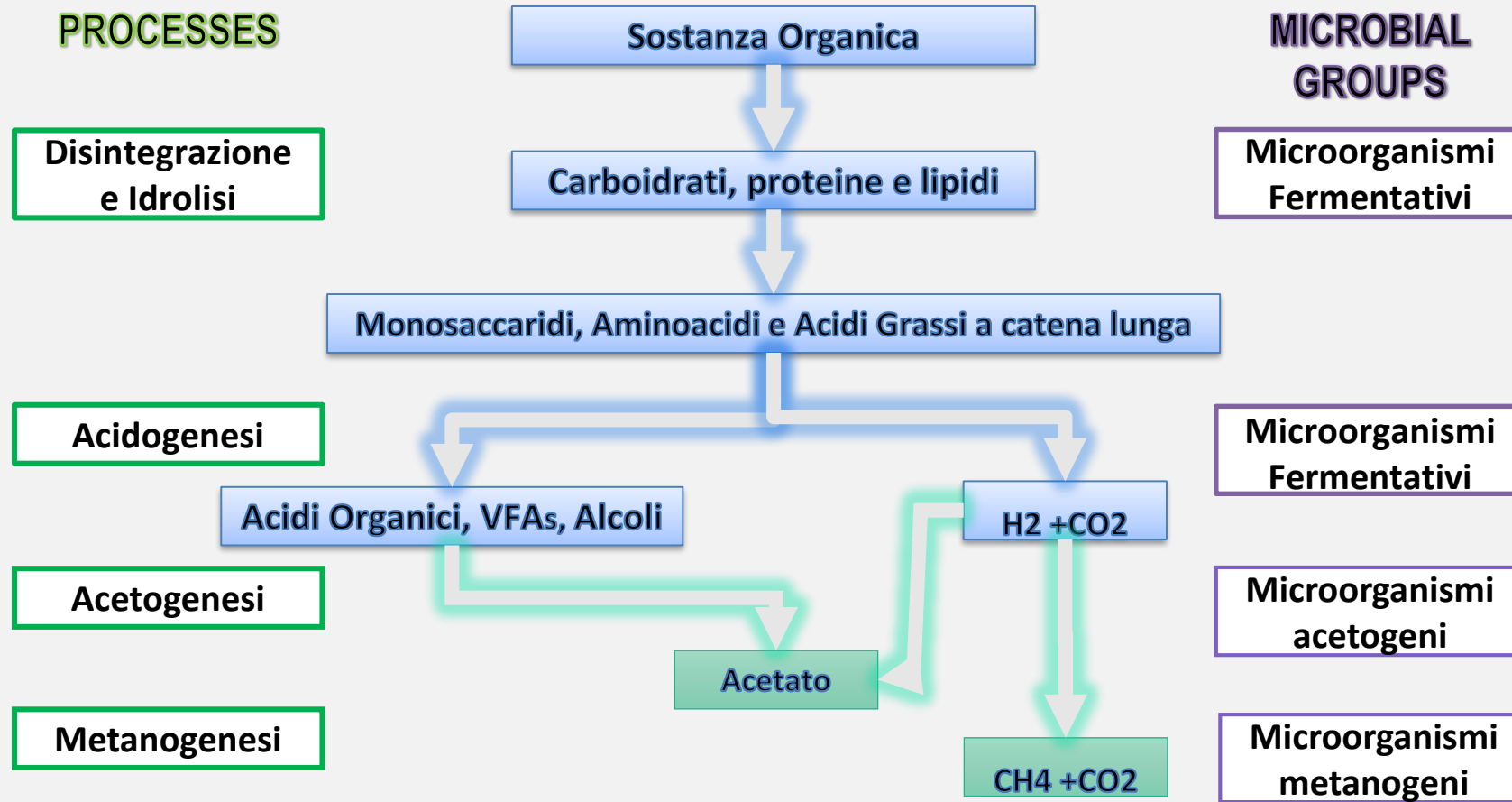
PECTINA

LIMONENE

ALIMENTAZIONE ZOOTECNICA

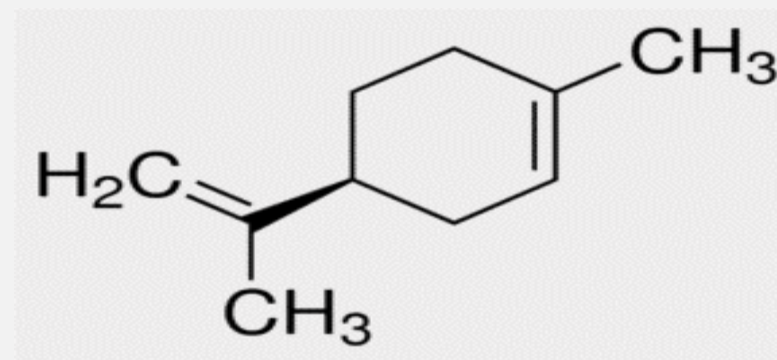


PASTAZZO COME SUBSTRATO PER LA PRODUZIONE DI BIOGAS

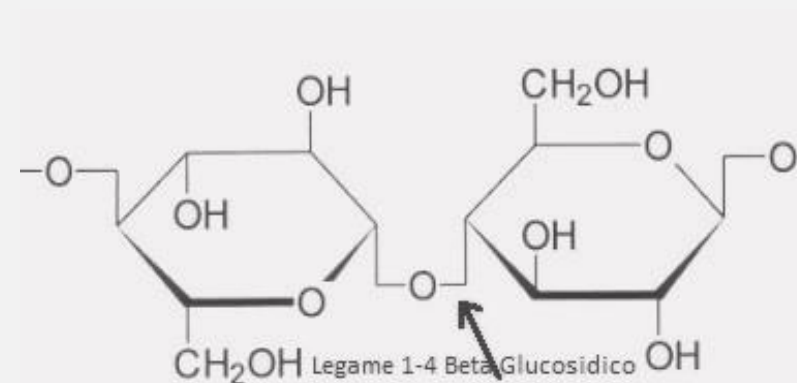


PASTAZZO COME FONTE ENERGETICA

- PRESENZA DI OLI ESSENZIALI



- SUBSTRATO CELLULOSICO



**STRATEGIE
UTILIZZATE**

**RIMOZIONE
DEL LIMONENE**

**ACCELERARE IDROLISI
DELLA CELLULOSA**

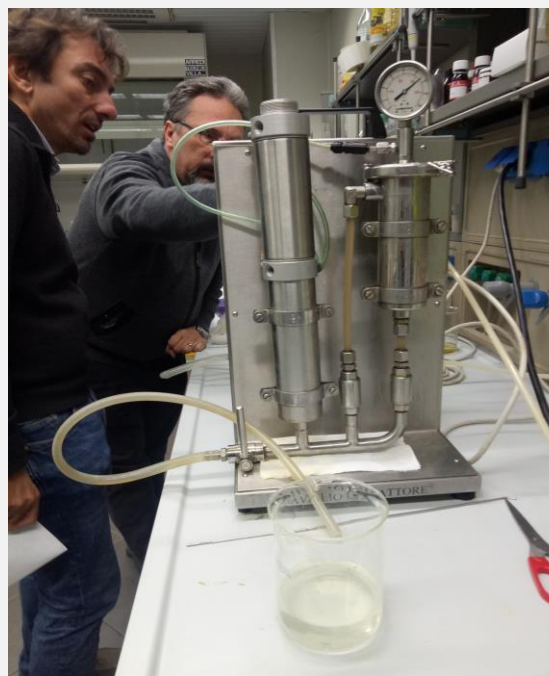


RIMOZIONE DEL LIMONENE

Distillazione in corrente di vapore



Estrattore Naviglio

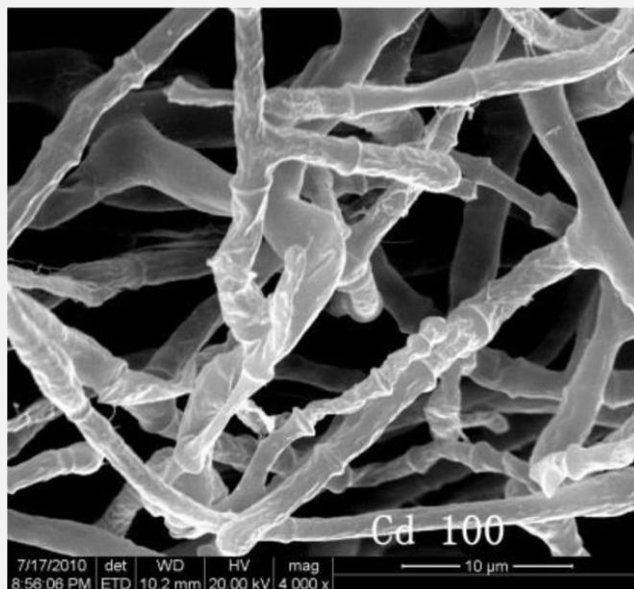


Trattamento Meccanico



ACCELERAZIONE DELL' IDROLISI DELLA CELLULOSA

Idrolisi enzimatica



Ultrasuoni



PREPARAZIONE DEI REATTORI

Trattamenti rimozione limonene	Trattamenti d'idrolisi	
	Ultrasuoni (US)	Idrolisi enzimatica (ENz)
Trattamento Meccanico [TM]	✓	✓
Distillazione in corrente di Vapore [SD]	✗	✓
Estrattore Naviglio [NE]	✗	✓



CONDIZIONI OPERATIVE



- **Bottiglie in vetro trasparente (Serum Bottles) da 120 mL (Volume di lavoro 90 mL).**
- **Chiusura ermetica**
- **Regime idraulico Batch**
- **Temperatura di processo 36-37 °C**



CONDIZIONI OPERATIVE



$$\frac{g_{VS} \text{ Inoculo}}{g_{VS} \text{ Substrato}} = 3$$

	Inoculo	Substrato non trattato
% TS	7,42	19,82
% VS	3,51	18,02
peso [g]	40	2,55
grammi VS	1,40	0,46



RISULTATI

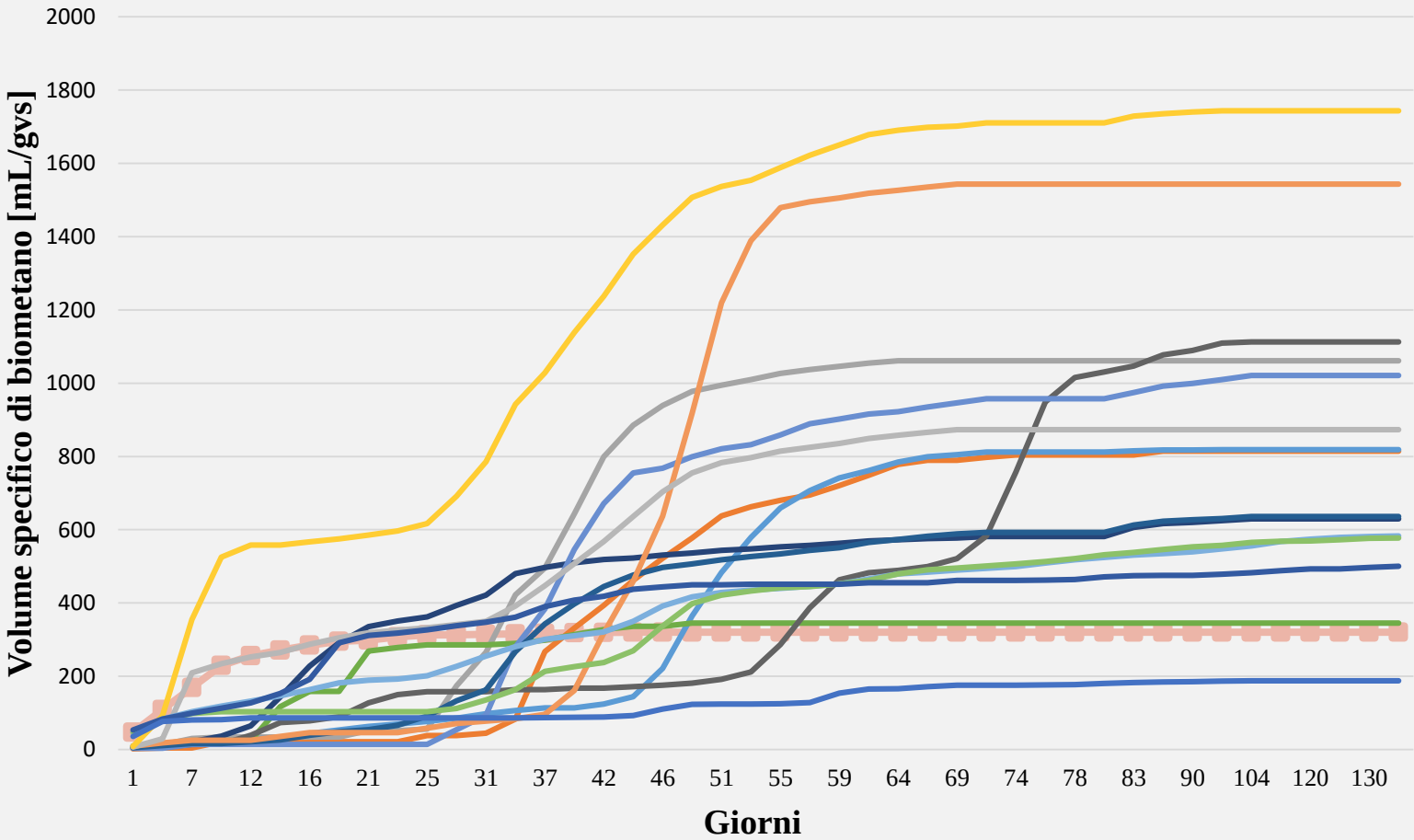


ESTRAZIONE LIMONENE

IDROLISI DELLA CELLULOSA

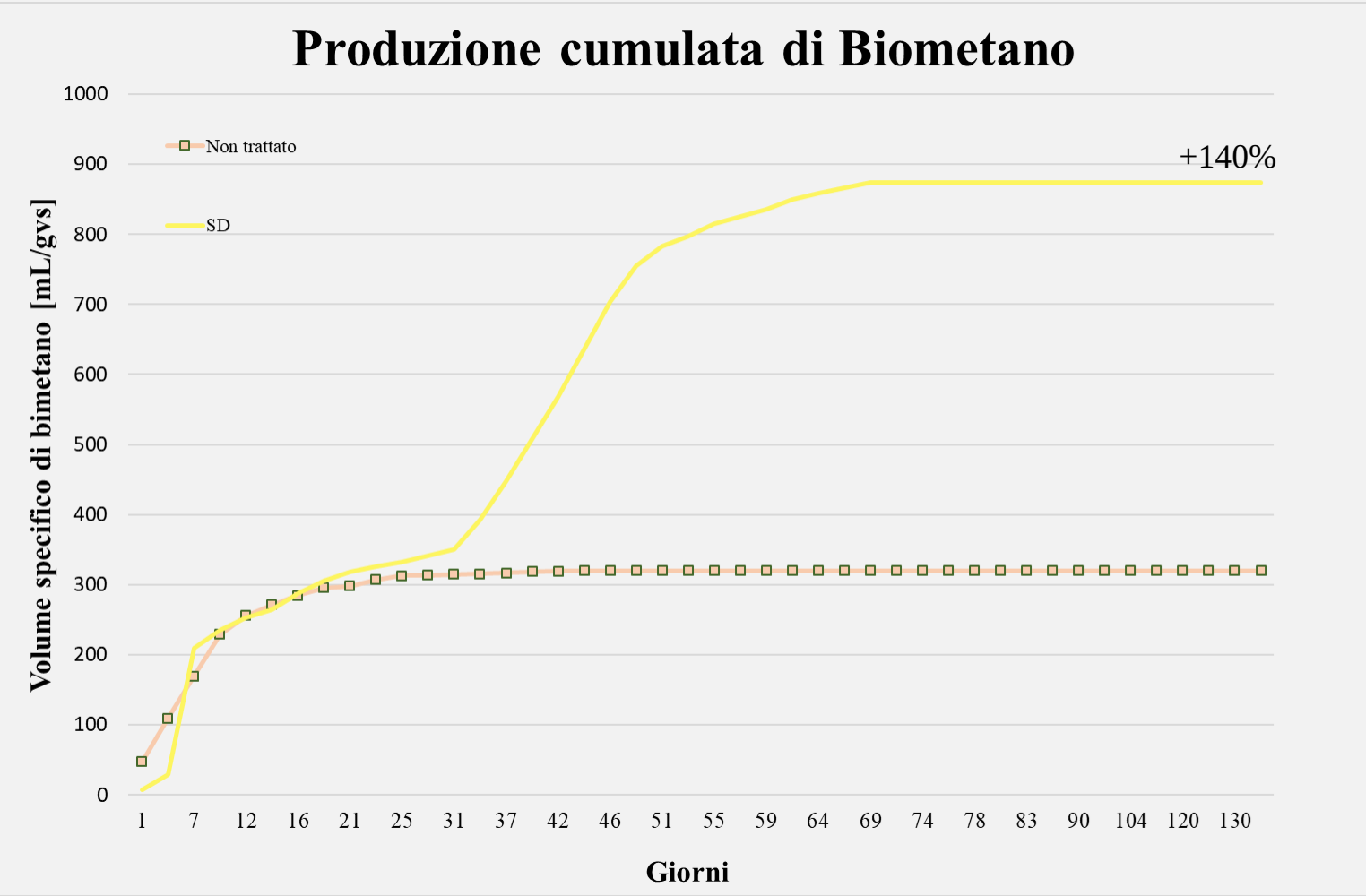
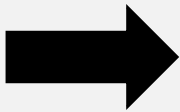


Produzione cumulata di Biometano



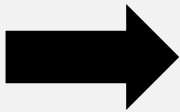


**DISTILLAZIONE IN
CORRENTE DI VAPORE**





**DISTILLAZIONE IN
CORRENTE DI VAPORE**



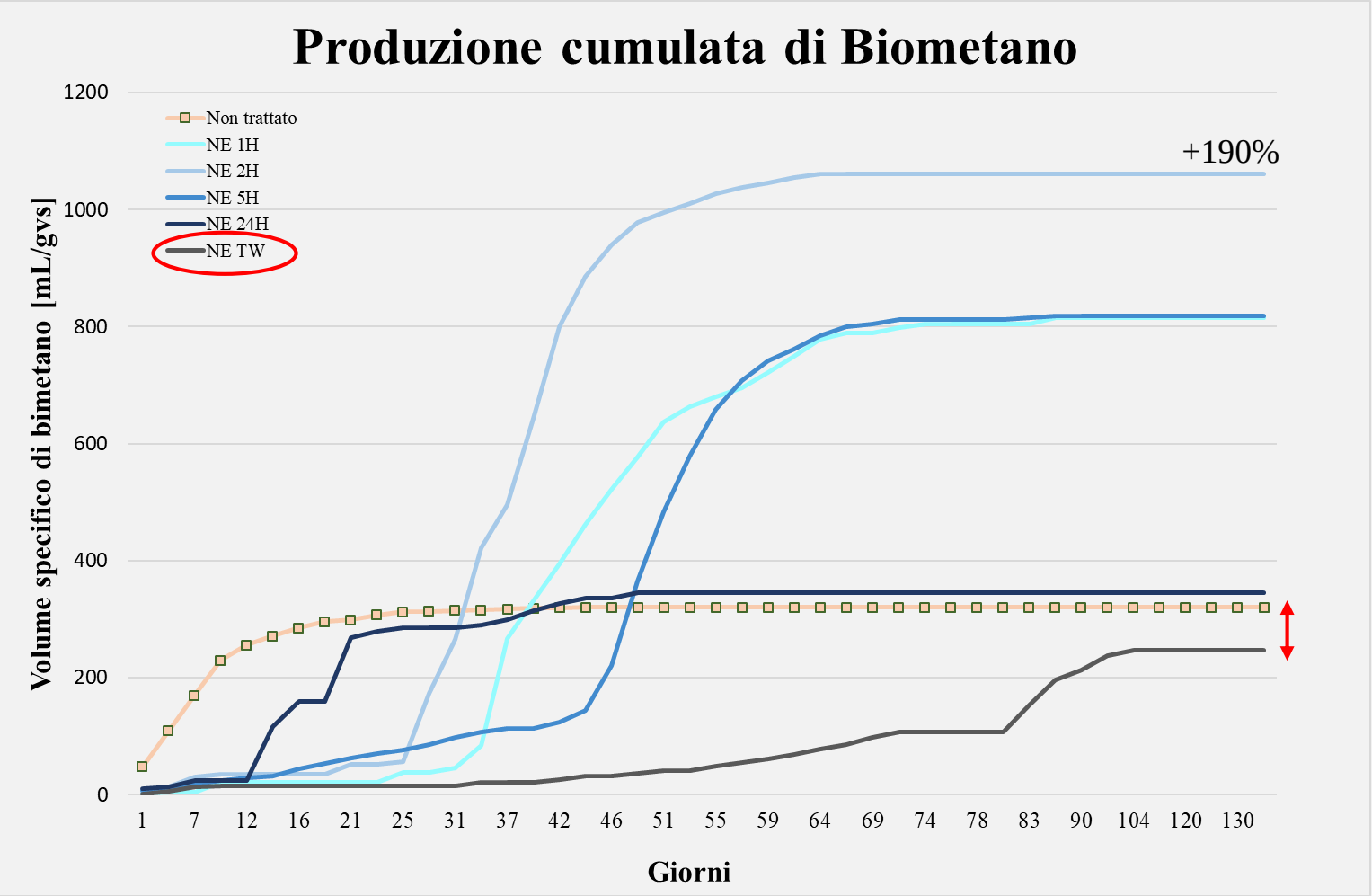
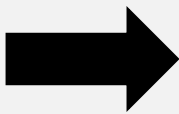
Campione	COD (mgO ₂ /l)	NH ₄ ⁴ -N (mg/l)	Azoto totale (mg N/l)	Fosforo (mg P/l)	pH	Rapporto Acidi grassi volatili Alcalinità totale
Non trattato	11049,80	62,16	382,65	152,94	8,05	0,11
Distillazione in corrente di vapore	4683,30	59,64	456,78	157,67	8,11	0,786



RISULTATI

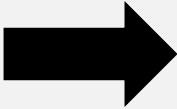


ESTRATTORE
NAVIGLIO



RISULTATI



**ESTRATTORE
NAVIGLIO** 

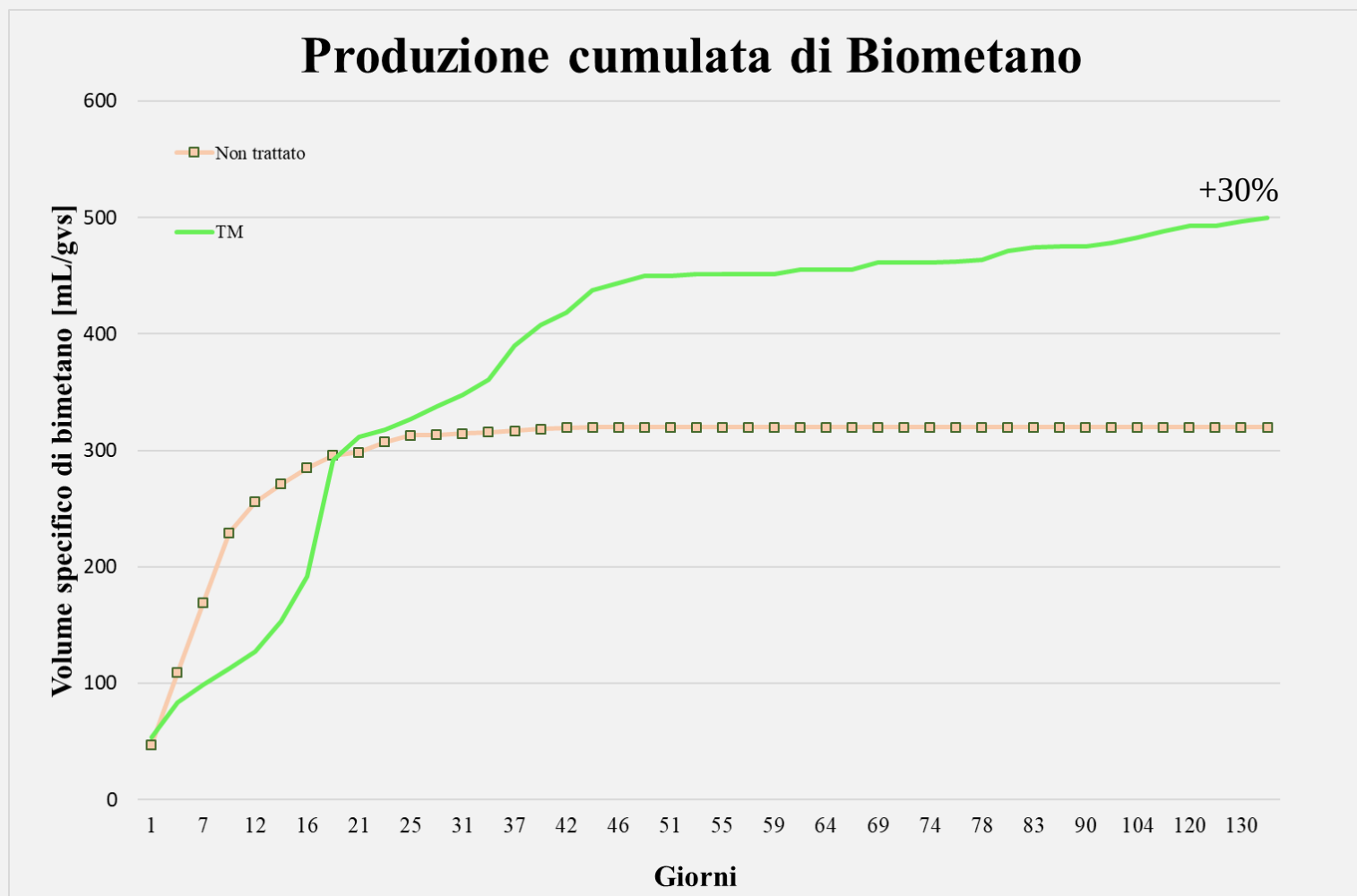
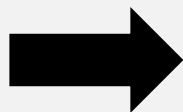


	Substrato non trattato	OPW Naviglio 1H	OPW Naviglio 2H	OPW Naviglio 5H	OPW Naviglio 24H	OPW Naviglio (H2O)
pH	4,57	4,55	4,47	4,68	5,09	4,2
TS (% w/w)	19,82	17,53	15,95	14,48	14,1	13,24
VS (% w/w)	18,02	15,52	14,12	13,41	12,30	11,63
Umidità (%w/w)	80,18	82,4	84	85,5	85,9	86,7

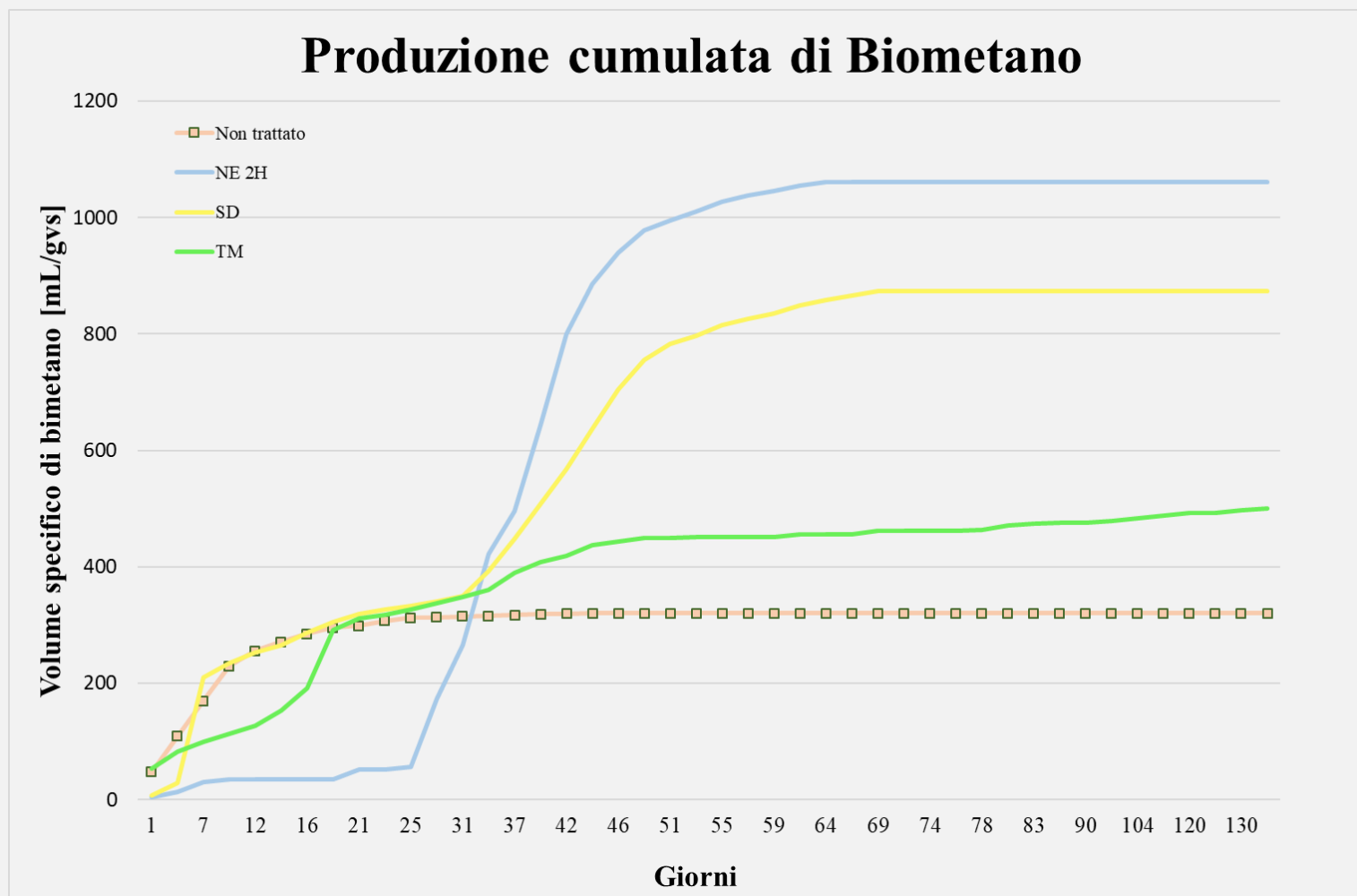
RISULTATI



**TRATTAMENTO
MECCANICO**



**CONFRONTO TRA I
TRATTAMENTI**



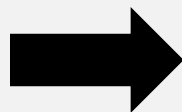
RISULTATI



DISTILLAZIONE

+

**IDROLISI
ENZIMATICA**



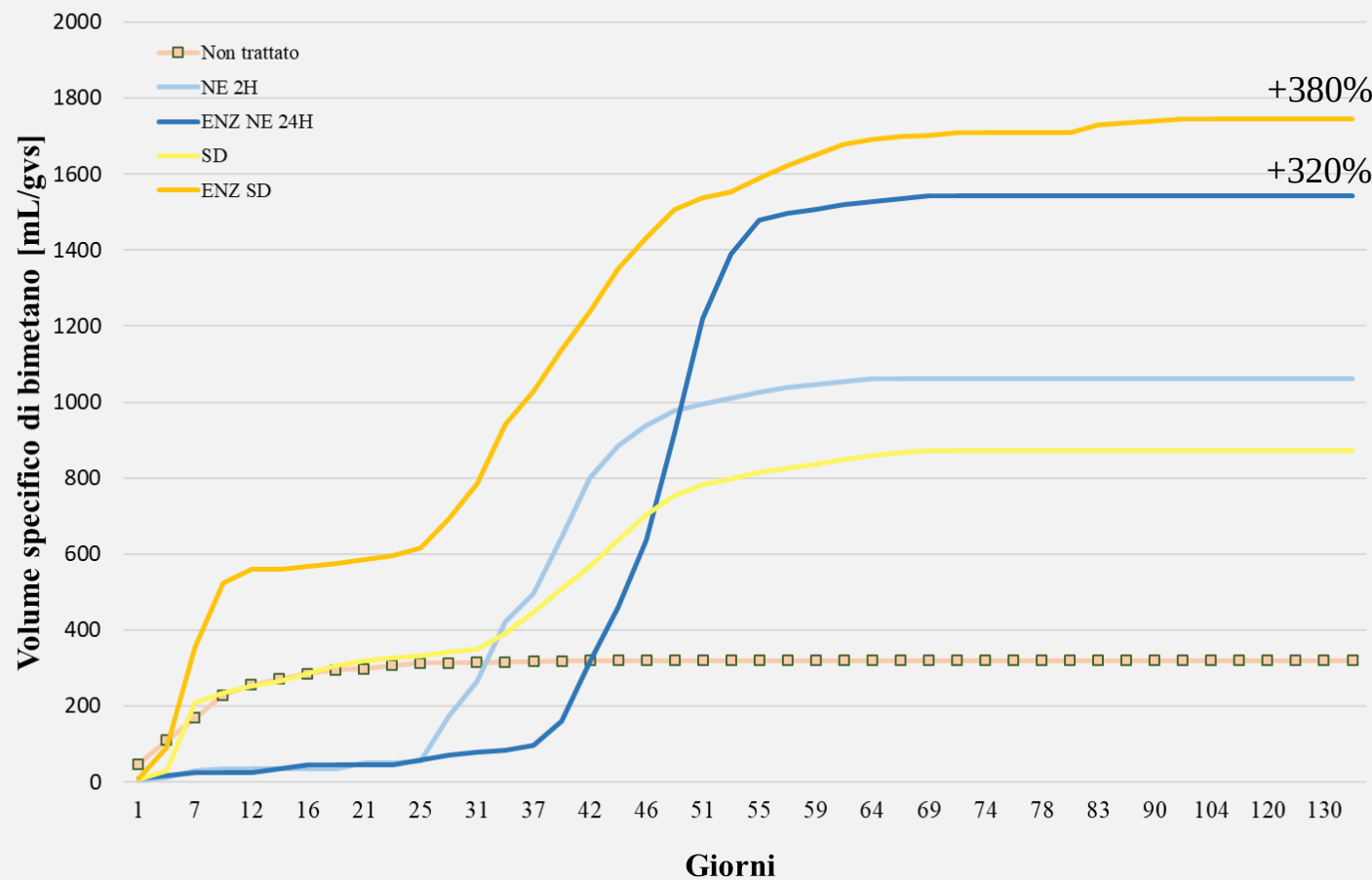
NAVIGLIO

+

**IDROLISI
ENZIMATICA**



Produzione cumulata di Biometano



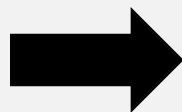
RISULTATI



DISTILLAZIONE

+

**IDROLISI
ENZIMATICA**



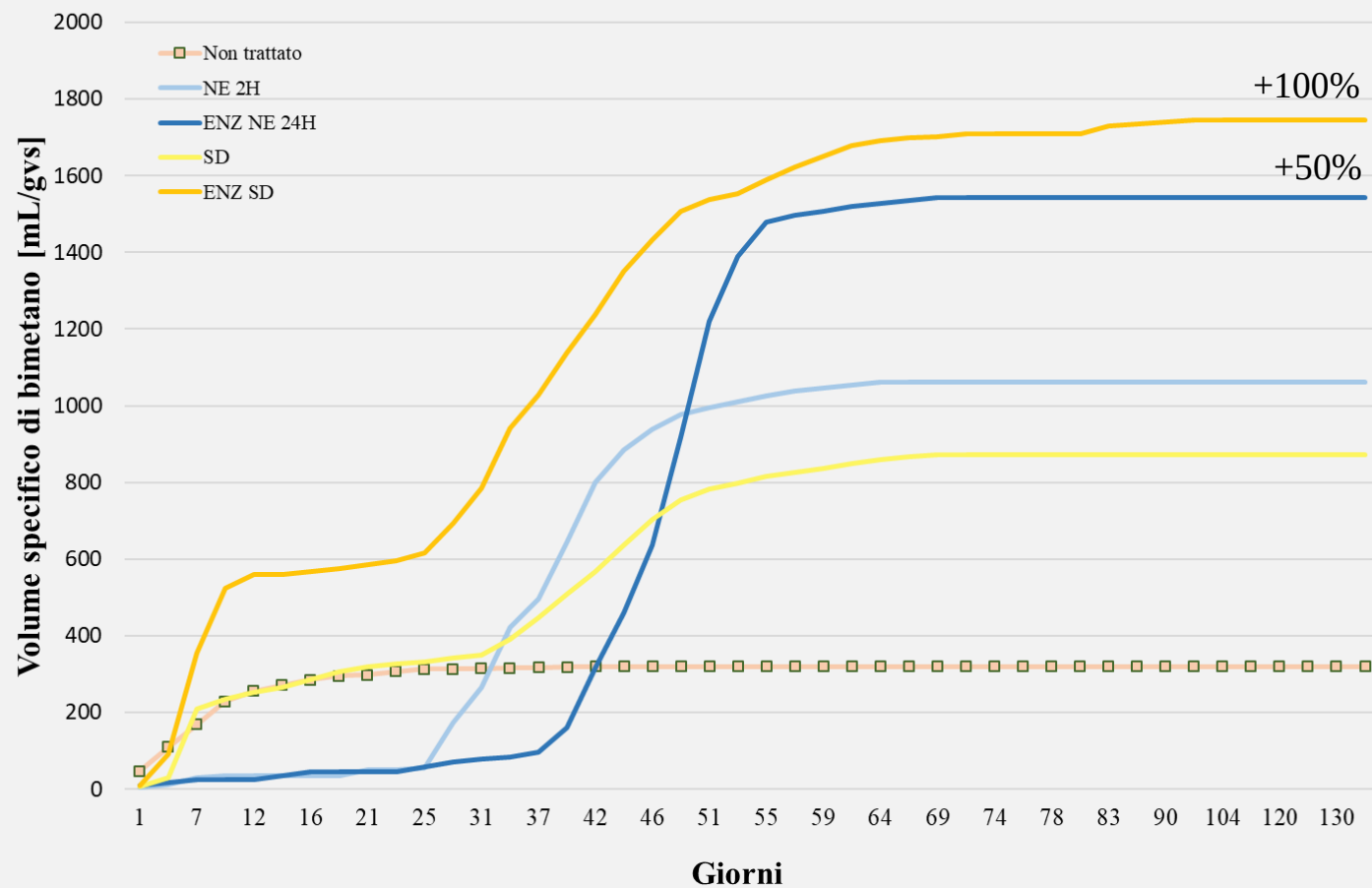
NAVIGLIO

+

**IDROLISI
ENZIMATICA**



Produzione cumulata di Biometano



RISULTATI



DISTILLAZIONE

+

**IDROLISI
ENZIMATICA**



NAVIGLIO

+

**IDROLISI
ENZIMATICA**

CAMPIONI	sCOD [mgO ₂ /L]
Substrato	5698,24
Substrato con idrolisi enzimatica	36107,2



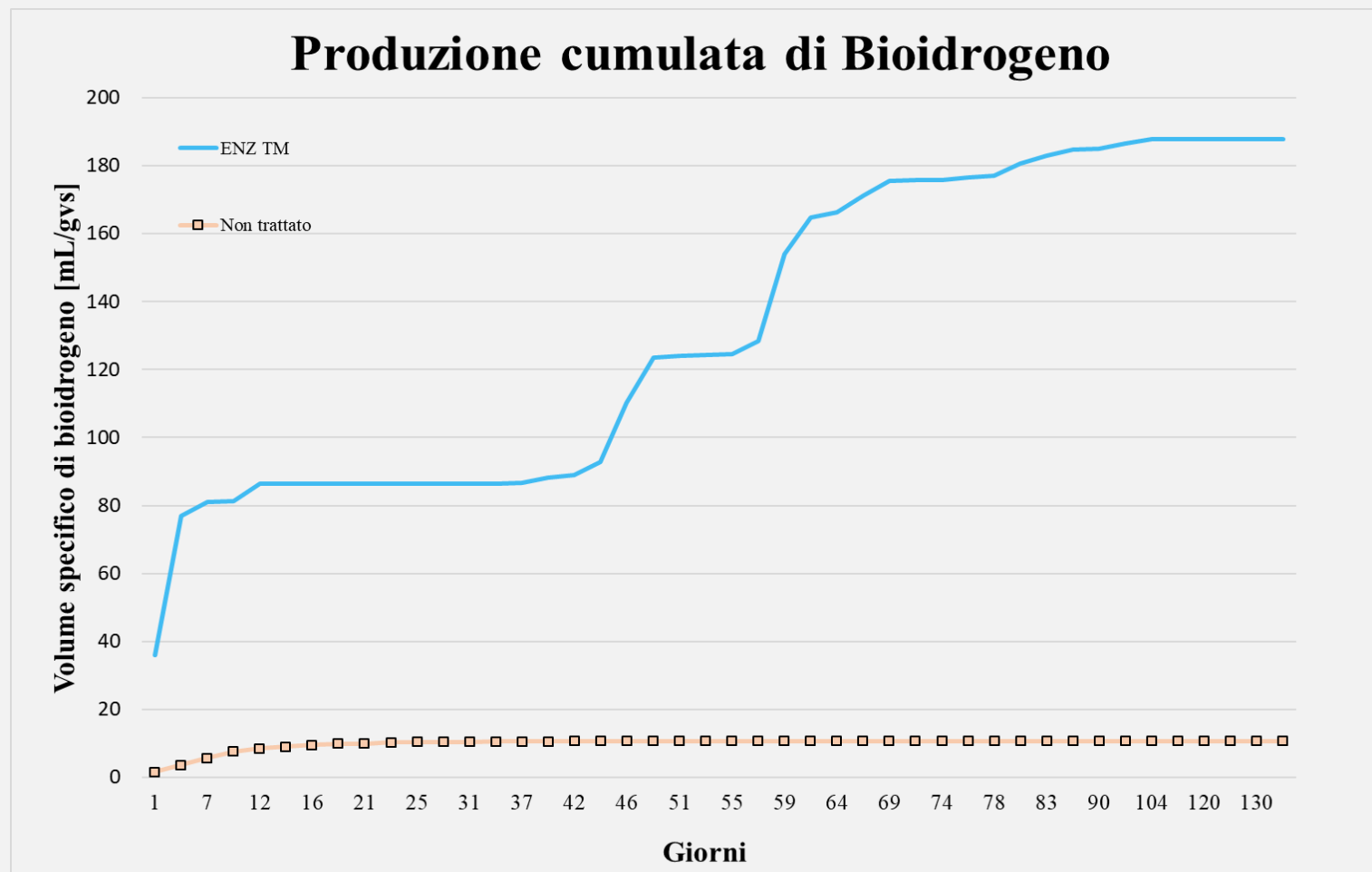
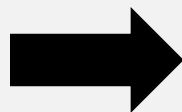
**6 VOLTE
MAGGIORE**



RISULTATI

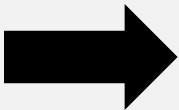


TRATTAMENTO
MECCANICO
+
IDROLISI
ENZIMATICA





TRATTAMENTO
MECCANICO
+
IDROLISI
ENZIMATICA



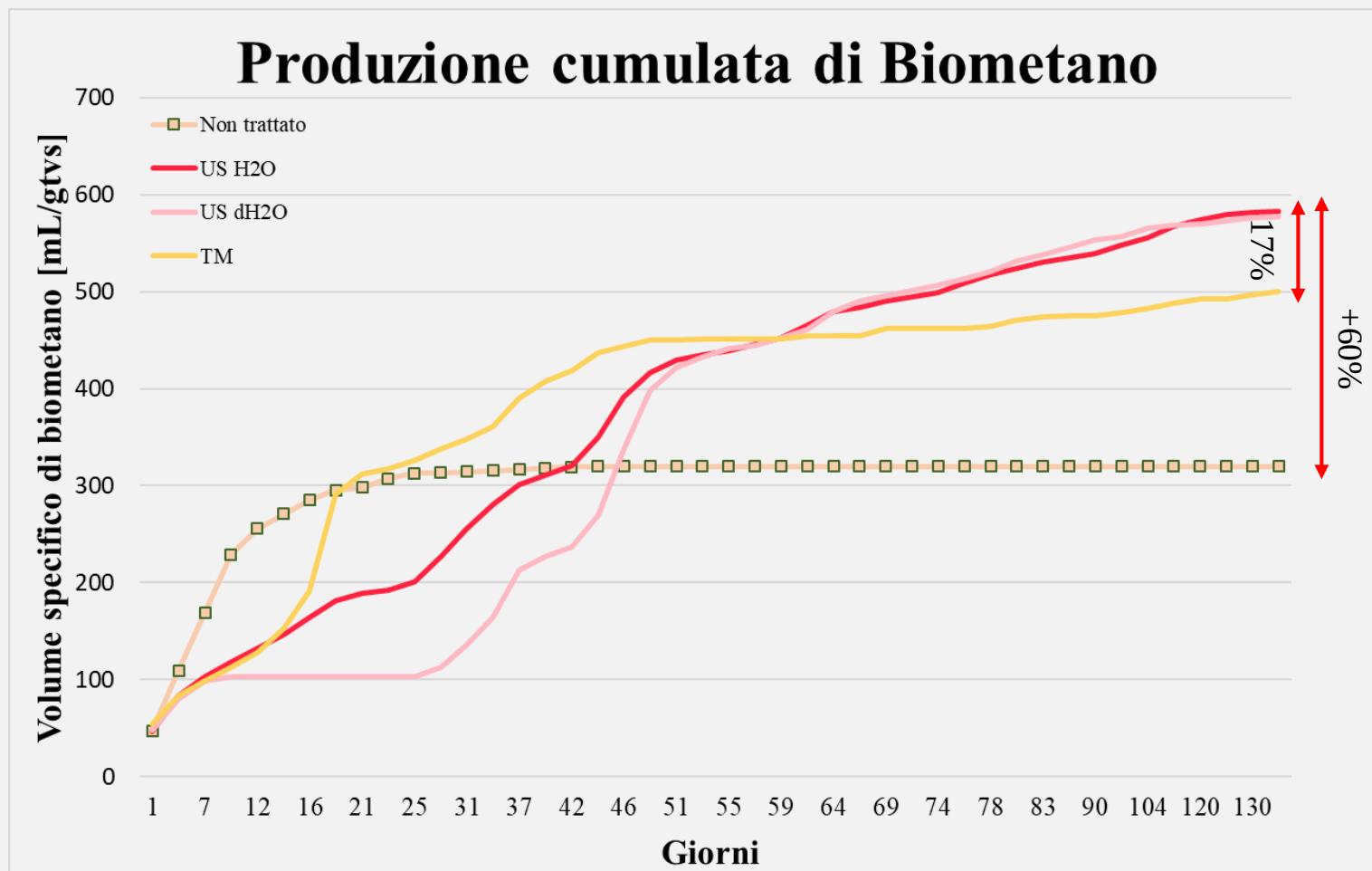
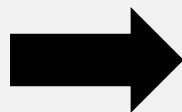
Campione	pH	Rapporto Acidi grassi volatili Alcalinità totale
TM	7,74	2,37
US H2O	7,99	0,55
US dH2O	7,45	2,98
ENZ TM	5,17	9,33



RISULTATI



TRATTAMENTO
MECCANICO
+
ULTRASUONI





VALUTAZIONE ECONOMICA

	Substrato non trattato	Distillazione in corrente di vapore	Estrattore Naviglio	Trattamento meccanico
Costo esercizio [€/ton]		208	523	22
biometano Prodotto [m ³ /ton]	65,30	157,17	148,52	89,96
Prezzo vendita Biometano [€/m ³]	0,25	0,25	0,25	0,25
Guadagno [€/ton]	16,32	-168,70	-485,87	0,49



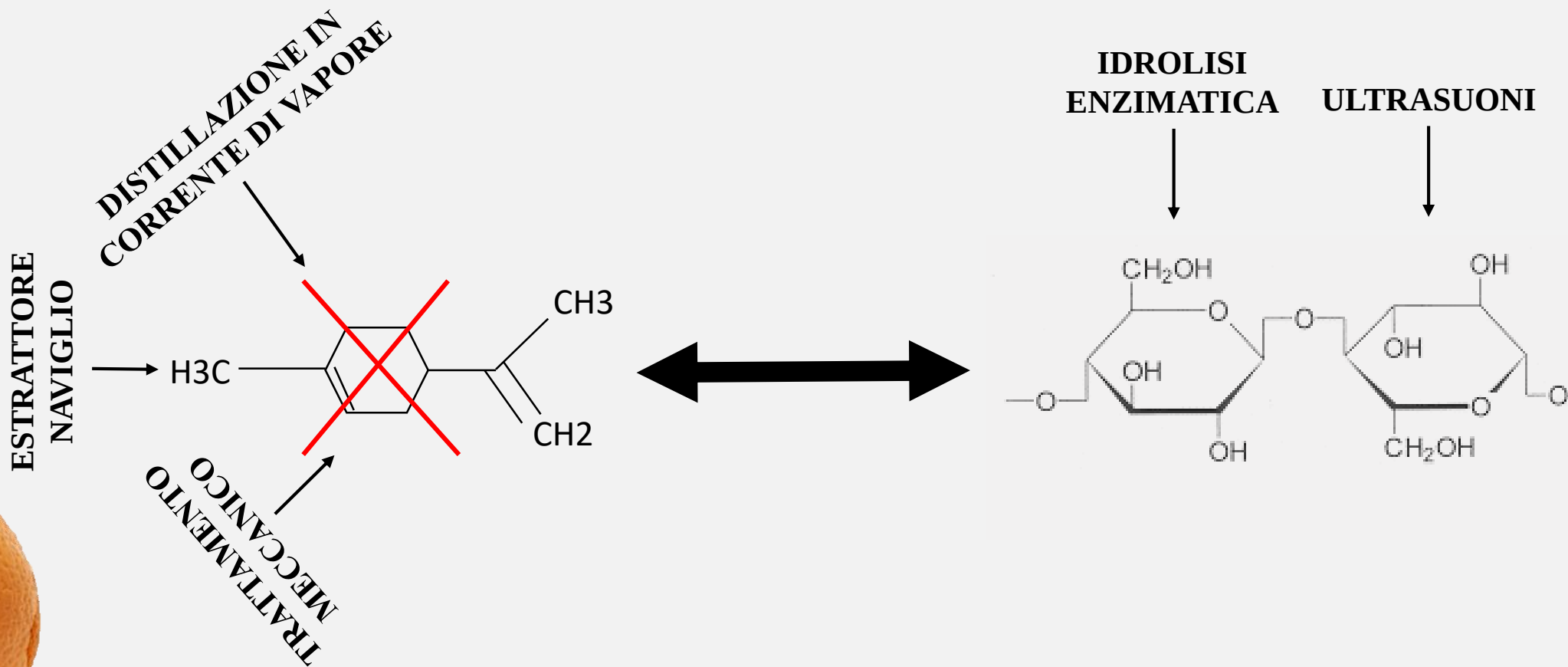
VALUTAZIONE ECONOMICA

	Distillazione in corrente di vapore	Estrattore Naviglio	Trattamento meccanico
Costo esercizio [€/ton]	208	523	22
biometano Prodotto [m ³ /ton]	157,17	148,52	89,95
Prezzo vendita Biometano [€/m ³]	0,25	0,25	0,25
Guadagno [€/ton]	181,29	-135,86	350,49

Il prezzo del Limonene per ogni tonnellata di pastazzo trattato è di circa 350 €



OTTIMIZZAZIONE DELLA RESA DI BIOGAS





*GRAZIE
PER
L'ATTENZIONE*