

Università degli studi di Napoli Federico II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

Tesi di laurea:

TEST DI BIO-METANAZIONE E BIO-IDROGENAZIONE SU SCARTI ORGANICI E RESIDUI
AGROINDUSTRIALI

Relatore:

Ch.mo prof. Massimiliano Fabbricino

Candidato:

Michele Lerro

Luigi Molettieri

INDICE

1

- Consumo energetico globale

2

- Scopo della Tesi

3

- Processo di Digestione Anaerobica

4

- Processo di Dark Fermentation

5

- Metodo sperimentale

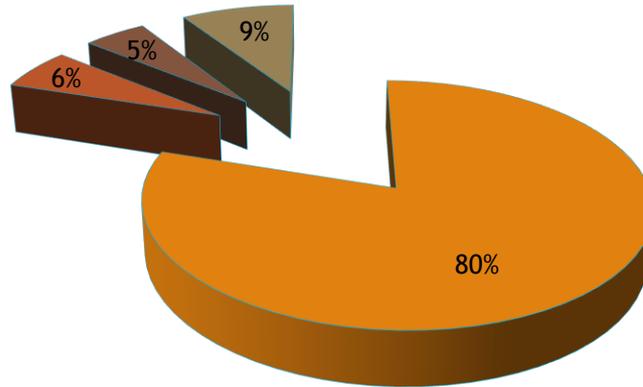
6

- Studio delle cinetiche

7

- Risultati e conclusioni

CONSUMO ENERGETICO SUDDIVISO PER FONTE



- PETROLIO, CARBONE E GAS METANO
- IDROELETTRICO
- BIOMASSE, GEOTERMICO ED EOLICO
- ALTRO



BIOMASSA

- CONSUMO ENERGETICO GLOBALE

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

BIOMASSA COME FONTE DI ENERGIA



MATRICE ORGANICA:

- ❑ *VEGETALE*
- ❑ *ANIMALE*

- CONSUMO ENERGETICO GLOBALE

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

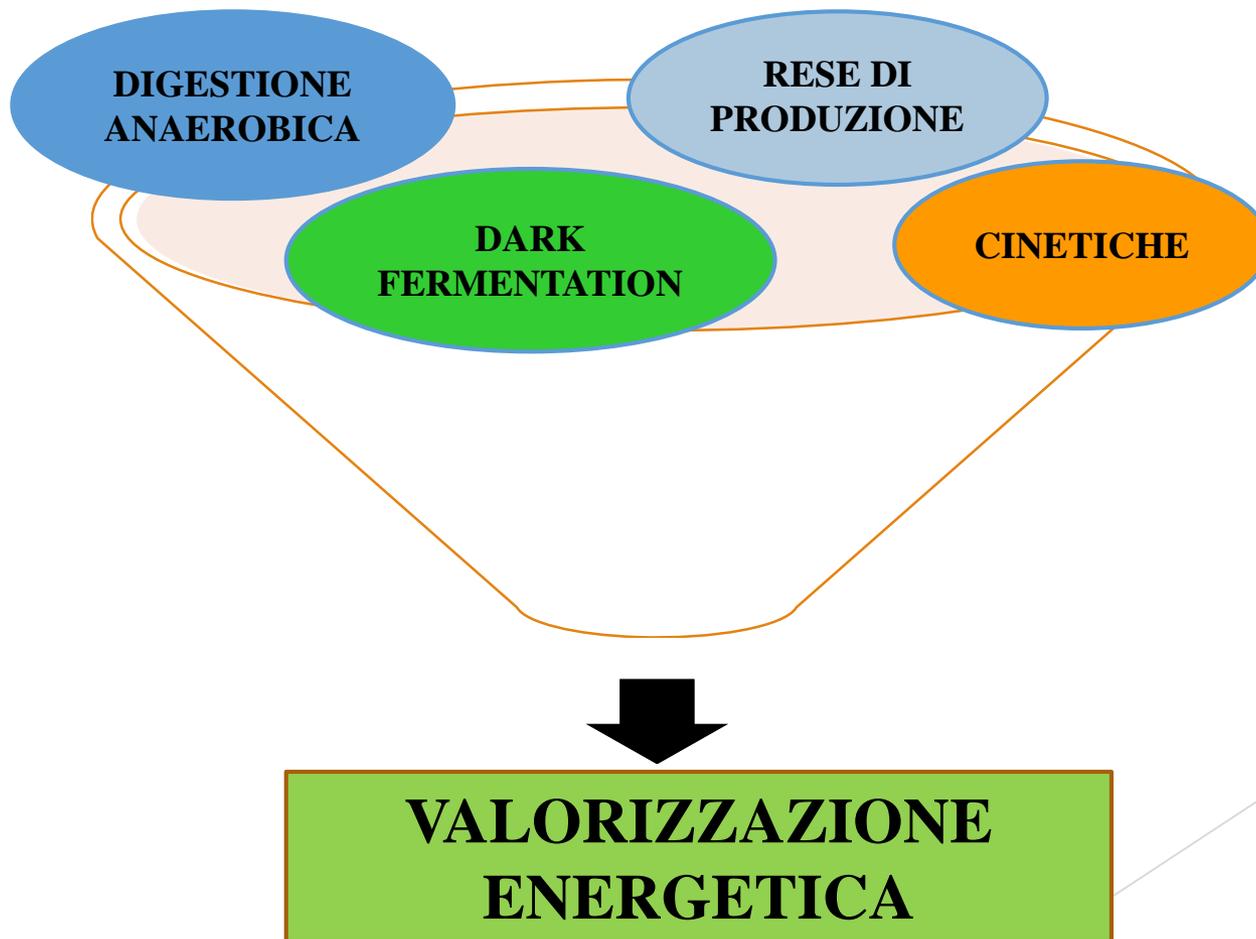
- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

LE BIOMASSE PROVENGONO ESSENZIALMENTE :

- **FILIERA DEL LEGNO**
- **FILIERA DELL'AGRICOLTURA**
- **FILIERA DEGLI SCARTI E DEI RIFIUTI**

SCOPO DELLA TESI



CONSUMO ENERGETICO GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

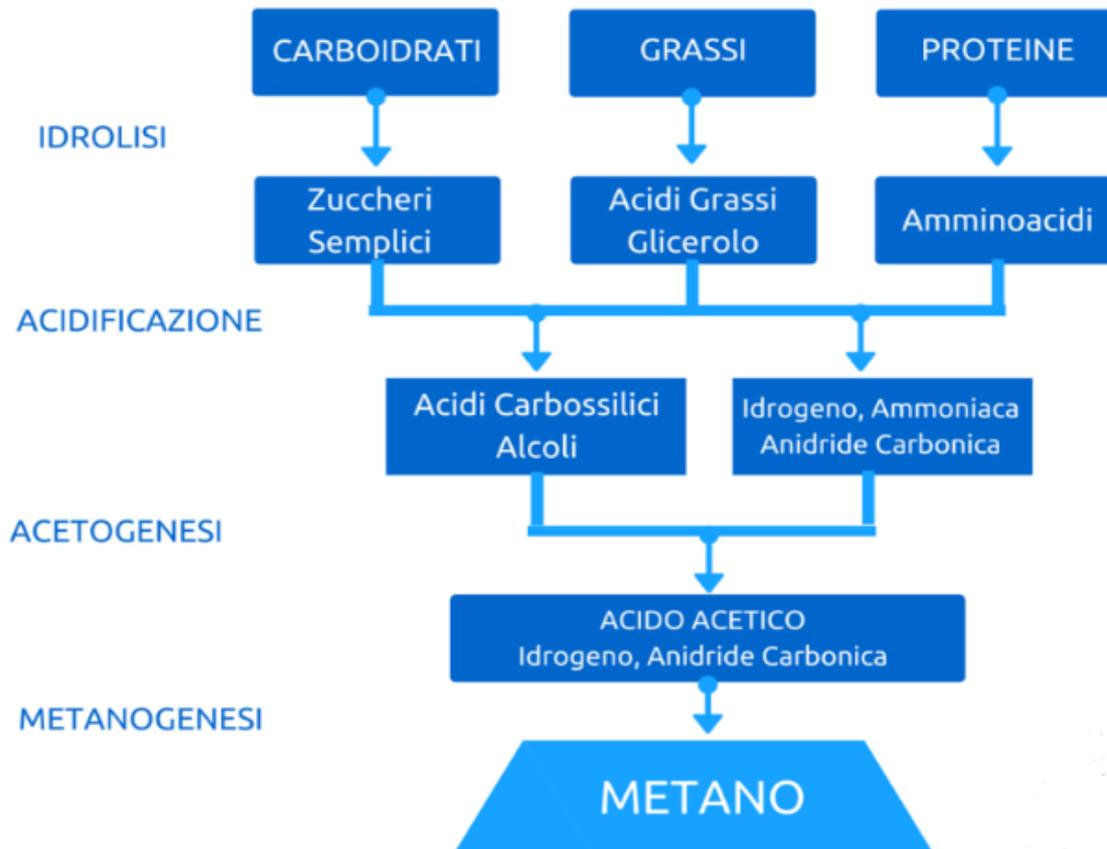
- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

PROCESSO DI DIGESTIONE ANAEROBICA

DECOMPOSIZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA IN AMBIENTE ANAEROBICO



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

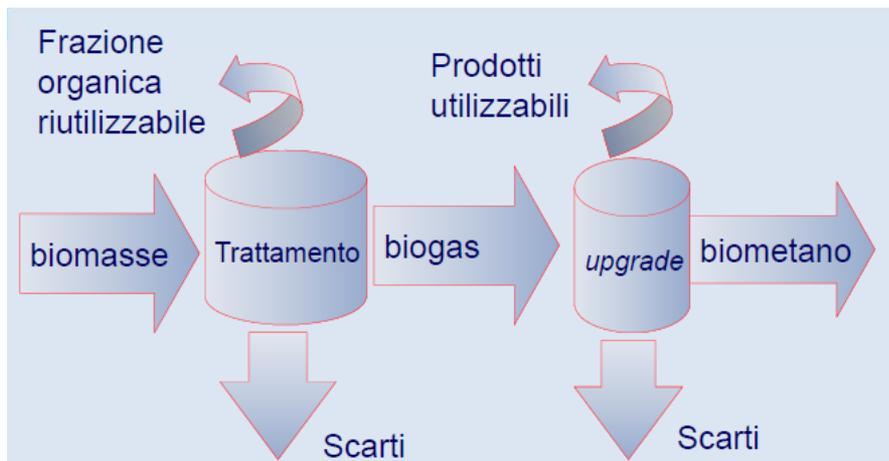
- RISULTATI E CONCLUSIONI

PROCESSO DI DIGESTIONE ANAEROBICA

BIO-METANO



BIOGAS DEPURATO
DALL'ANIDRIDE CARBONICA



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

PROCESSO DI DARK FERMENTATION

DECOMPOSIZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA AL BUIO – IN CONDIZIONE ANAEROBICA

- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

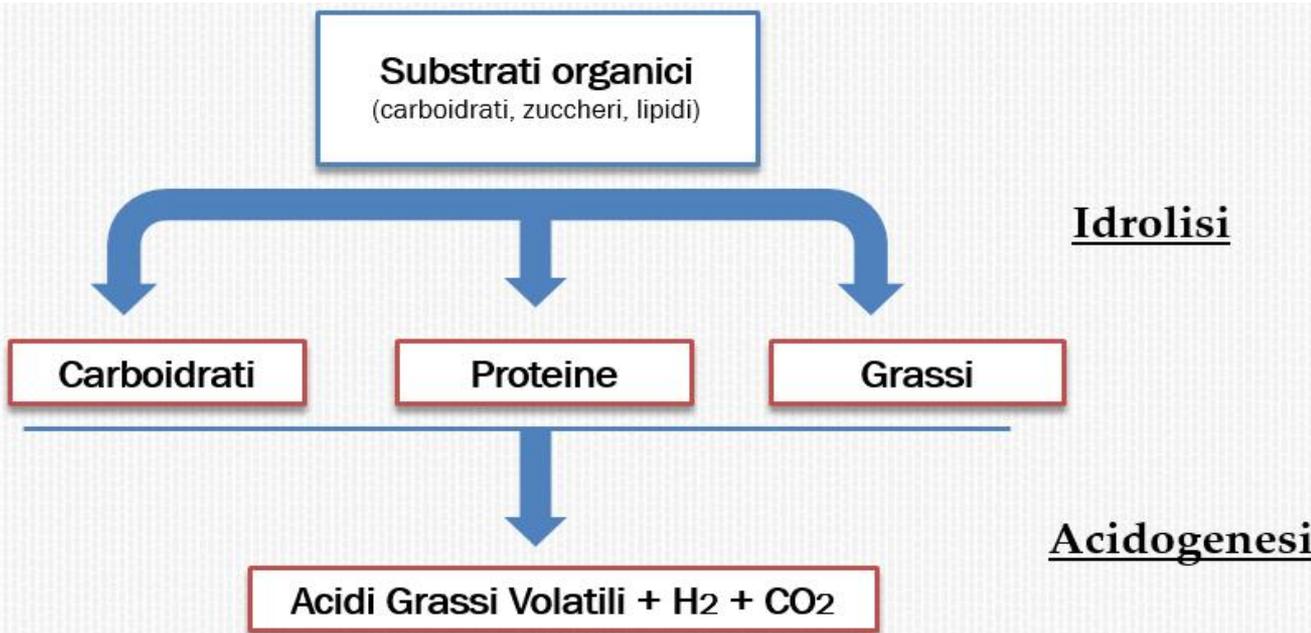
- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

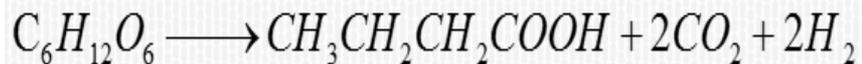
- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI



Acido Acetico



Acido Butirrico

Attiva Window
Passa a impostazion

PROCESSO DI DARK FERMENTATION



✓ È un gas inodore, incolore, insapore e completamente atossico

PRO

- *Elevato potere calorifico inferiore*
- *Nessuna emissione*
- *Non tossico*

CONTRO

- *Inaccessibilità in natura*
- *Difficoltà nel trasporto e stoccaggio*
- *Costo di produzione elevato*

- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

METODO SPERIMENTALE

SUBSTRATI



INOCULO



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

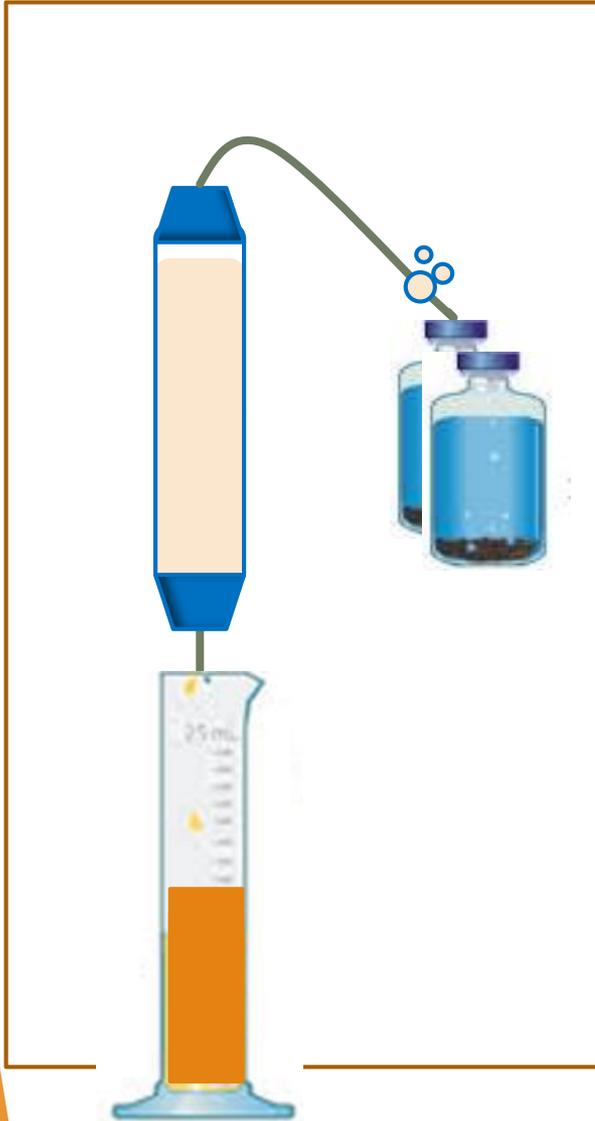
- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

METODO SPERIMENTALE



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

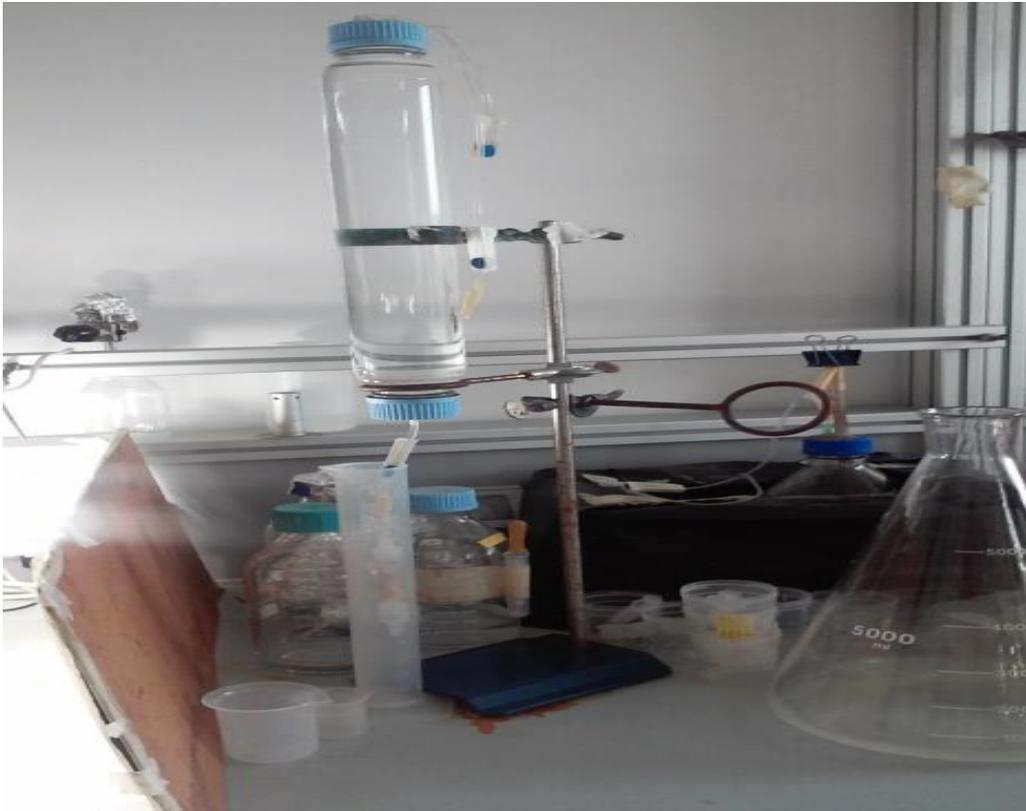
- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

METODO SPERIMENTALE

Misura del biogas



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

METODO SPERIMENTALE

Misura del biometano e bioidrogeno



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

METODO SPERIMENTALE

Analisi dei V.F.A.

Misura del pH



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

METODO SPERIMENTALE

PROVA	SUBSTRATO	PROCESSO	CONDIZIONE PRODUZIONE		F/M
A1	FOOD WASTE	DARK FERMENTATION	MESOFILA	BIOGAS	5
B1	FOOD WASTE	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIOGAS	0,5
C1	FOOD WASTE	DARK FERMENTATION	TERMOFILA	BIOGAS	5
D1	FOOD WASTE	DIGESTIONE ANAEROBICA	TERMOFILA	BIOGAS	0,5
E1	PAGLIA	DARK FERMENTATION	MESOFILA	BIOGAS	5
F1	PAGLIA	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIOGAS	0,5
G1	PAGLIA	DARK FERMENTATION	MESOFILA	BIO-IDROGENO	5
H1	PAGLIA	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIO-METANO	0,5
I1	FOOD WASTE	DARK FERMENTATION	MESOFILA	BIO-IDROGENO	5
L1	FOOD WASTE	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIO-METANO	0,5
M1	50 % F.W + 50 % PAGLIA	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIO-METANO	0,9
N1	70 % F. W + 30 % PAGLIA	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIO-METANO	0,9
P1	30 % F. W + 70 % PAGLIA	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIO-METANO	0,9
R1	50 % F. W + 50 % PAGLIA	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIO-METANO	2
S1	70 % F. W + 30 % PAGLIA	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIO-METANO	1,5
T1	30 % F. W + 30 % PAGLIA	DIGESTIONE ANAEROBICA	MESOFILA	BIO-METANO	2,4

- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

STUDIO DELLE CINETICHE



MODELLO DI GOMPERTZ MODIFICATO

$$C(T) = H * \exp \left[- \exp \left[(R * e / H) * (\lambda - t) + 1 \right] \right]$$



MODELLO LOGISTICO

$$C(T) = H / (1 + \exp(4 R (\lambda - t / H) + 2))$$

- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

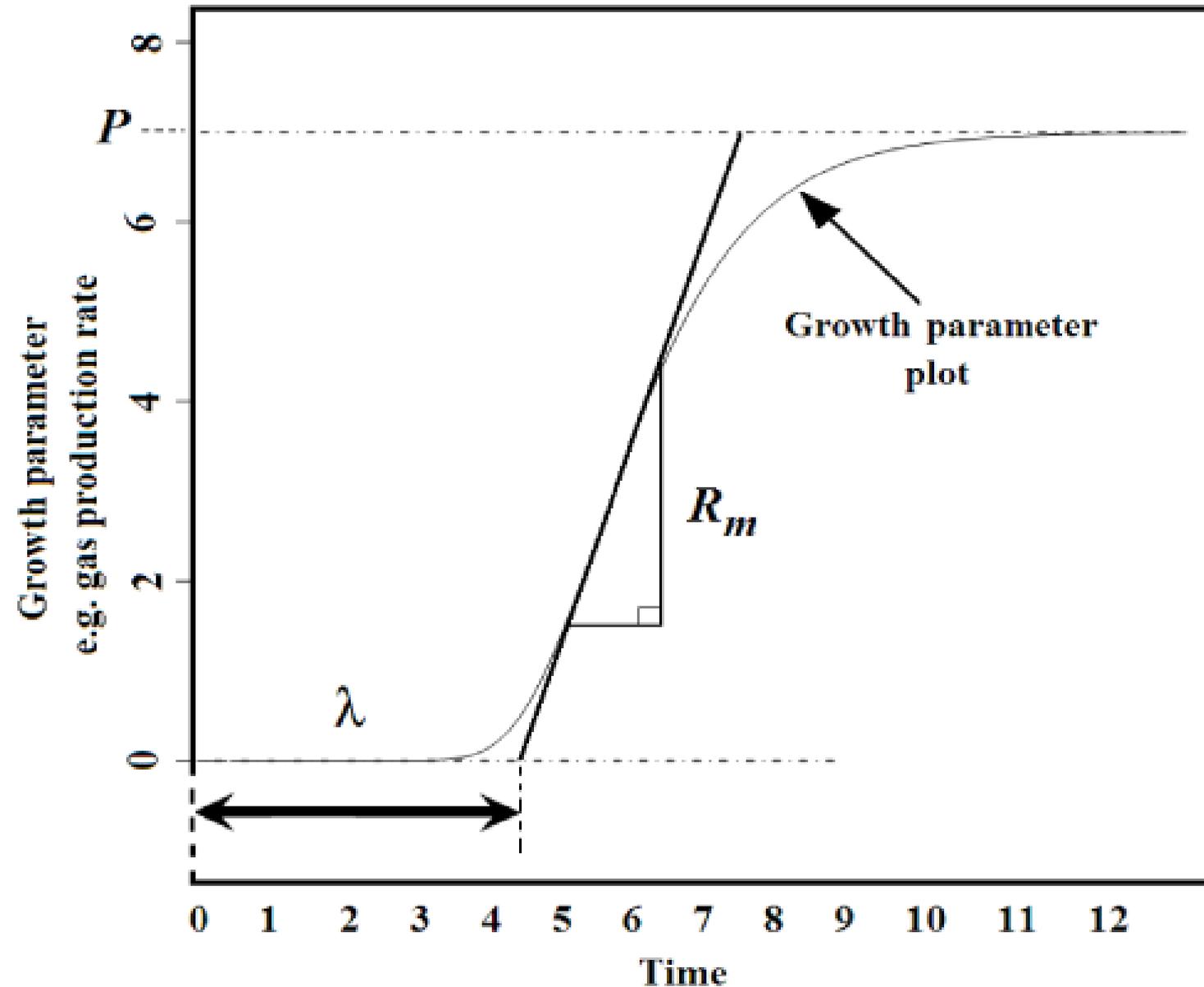
- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

STUDIO DELLE CINETICHE



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

STUDIO DELLE CINETICHE

REATTORE	H(ml)	R(ml)	e	λ (giorni)	t(giorni)
A	488,5	190	2,718	0	9
B	483	198	2,718	0	9
D	196,5	272	2,718	0	5
G1	1257	108	2,718	0	38
H1	753	110	2,718	0	31
I	376	38	2,718	6	31
L	1075	86	2,718	0	34
M	1862	210	2,718	0	34
N	711	204	2,718	0	10
O	452	291	2,718	0	9
P	368	219	2,718	0	7
R	1499	118	2,717	0	25
S	533	244	2,718	0	13
T	1396	271	2,718	0	25
U	1305	108	2,718	0	25
SOLO PAGLIA	1194	118	2,718	0	31

- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

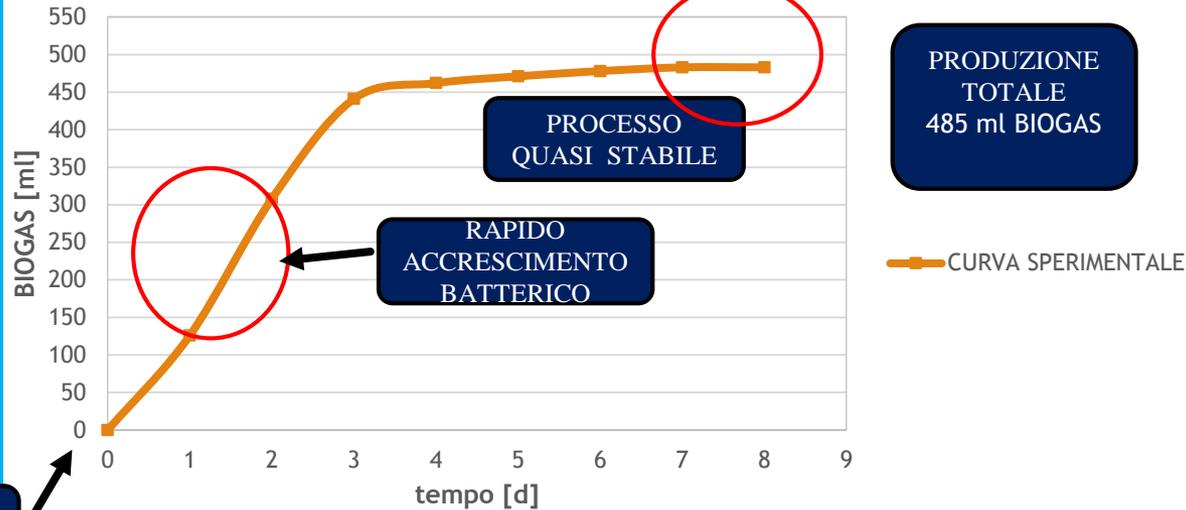
- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

RISULTATI: DIGESTIONE ANAEROBICA

DIGESTIONE ANAEROBICA - SUBSTRATO FOOD WASTE

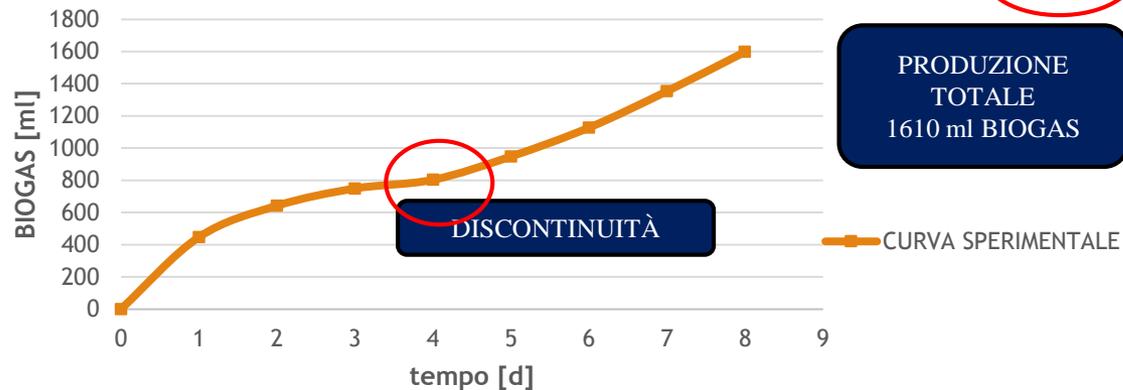
$T = 35^{\circ}\text{C}$



NO LAG PHASE

DIGESTIONE ANAEROBICA - SUBSTRATO FOOD WASTE

$T = 55^{\circ}\text{C}$



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

- SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

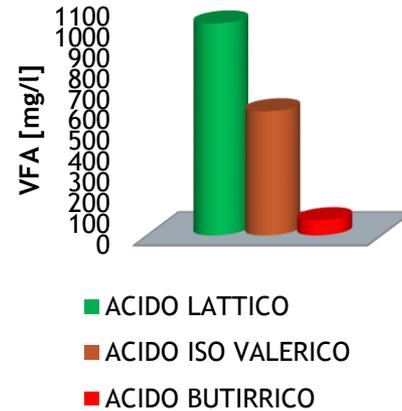
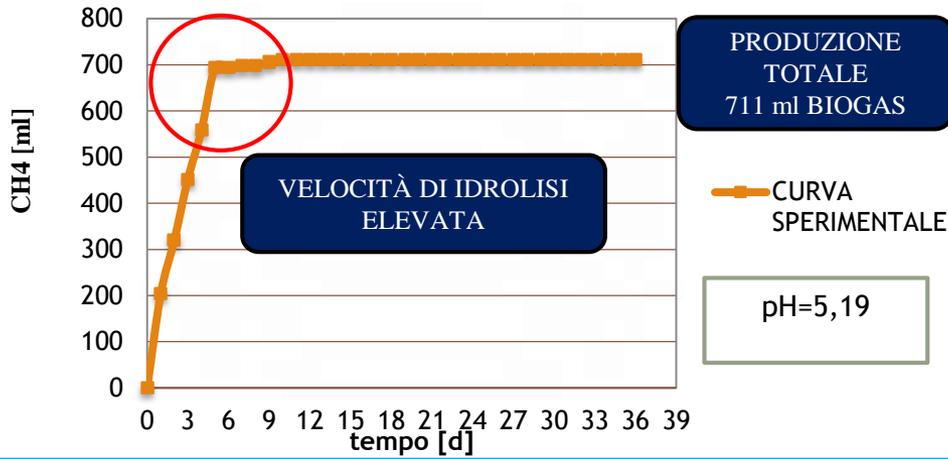
- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

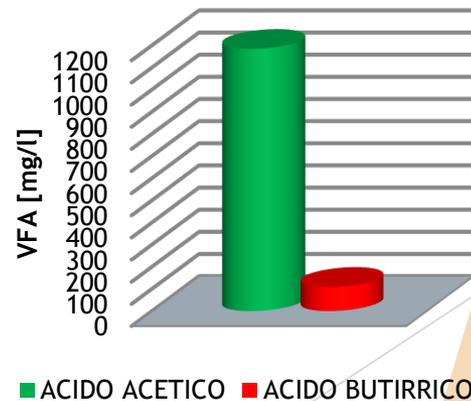
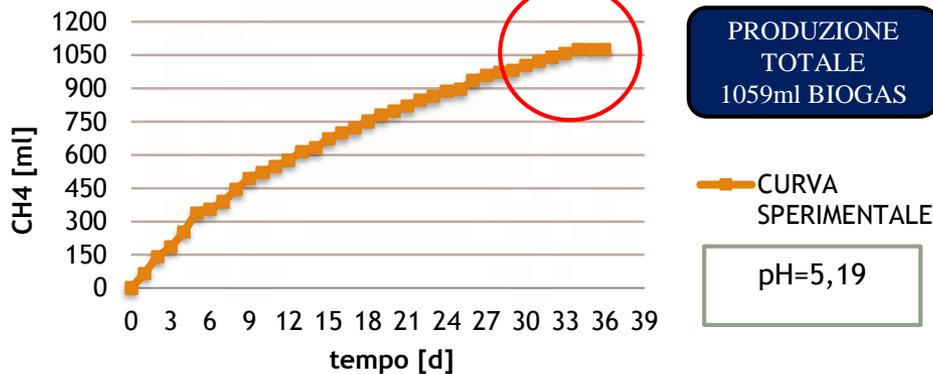
- RISULTATI E CONCLUSIONI

RISULTATI: DIGESTIONE ANAEROBICA

DIGESTIONE ANAEROBICA - SUBSTRATO FOOD WASTE



DIGESTIONE ANAEROBICA - SUBSTRATO PAGLIA



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

- SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

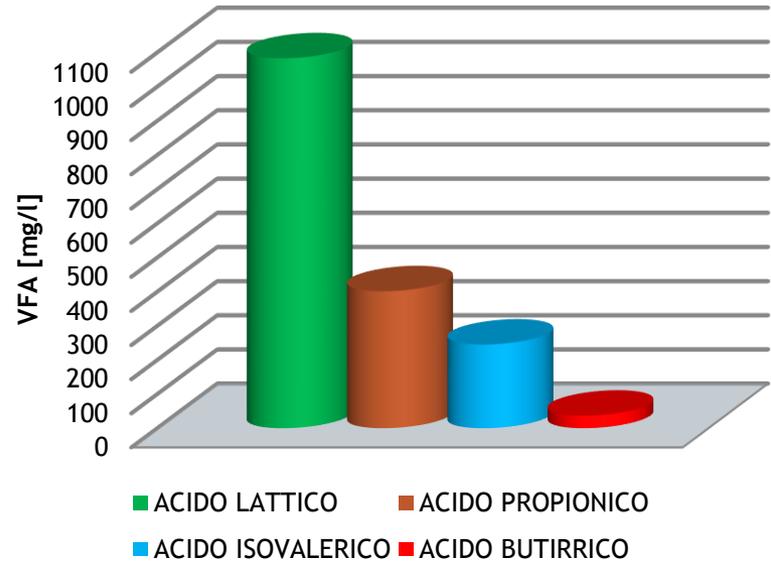
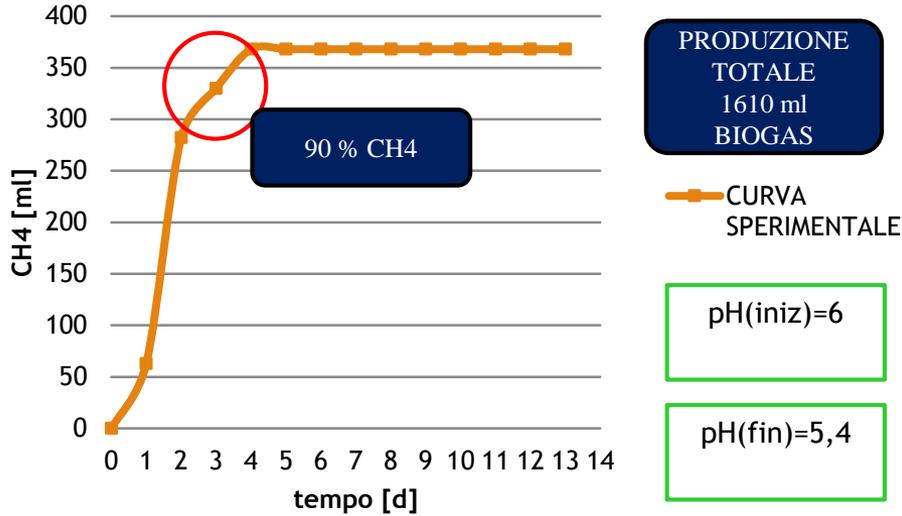
- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

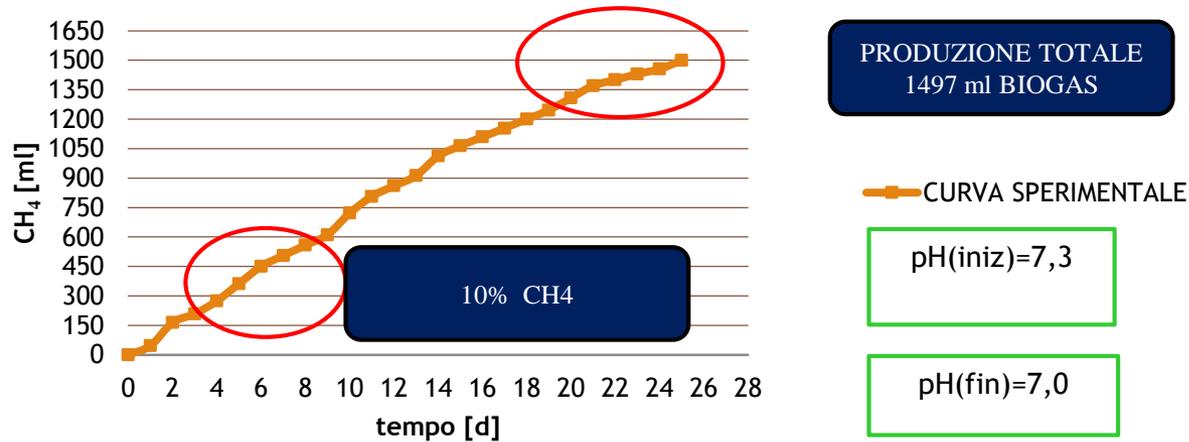
- RISULTATI E CONCLUSIONI

RISULTATI: DIGESTIONE ANAEROBICA

DIGESTIONE ANAEROBICA - 70% F.W + 30% PAGLIA



DIGESTIONE ANAEROBICA - 70% PAGLIA + 30% FOOD WASTE

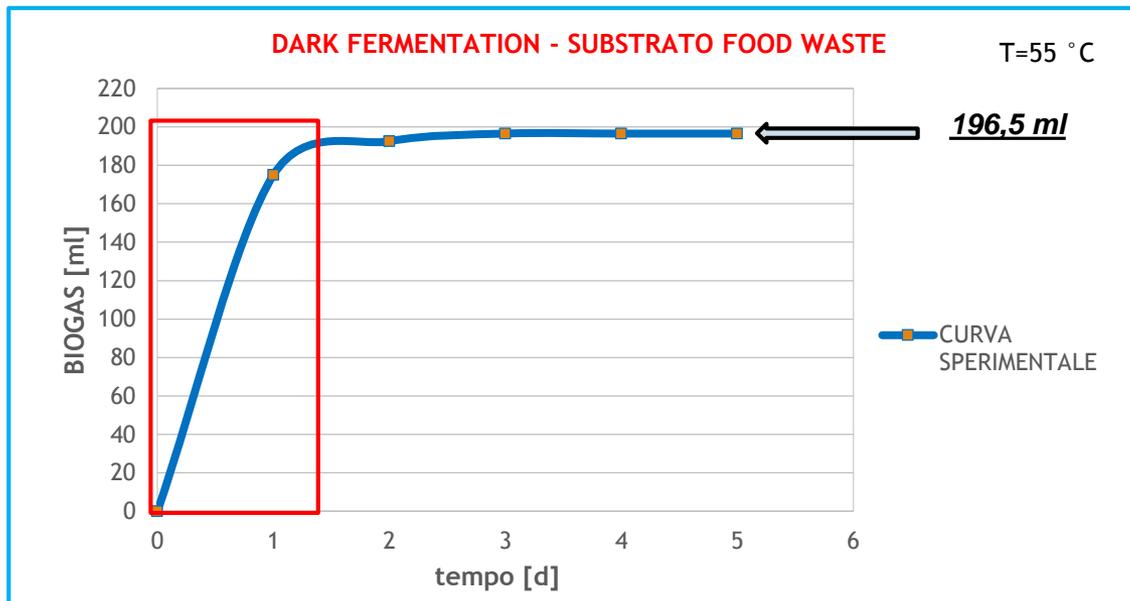
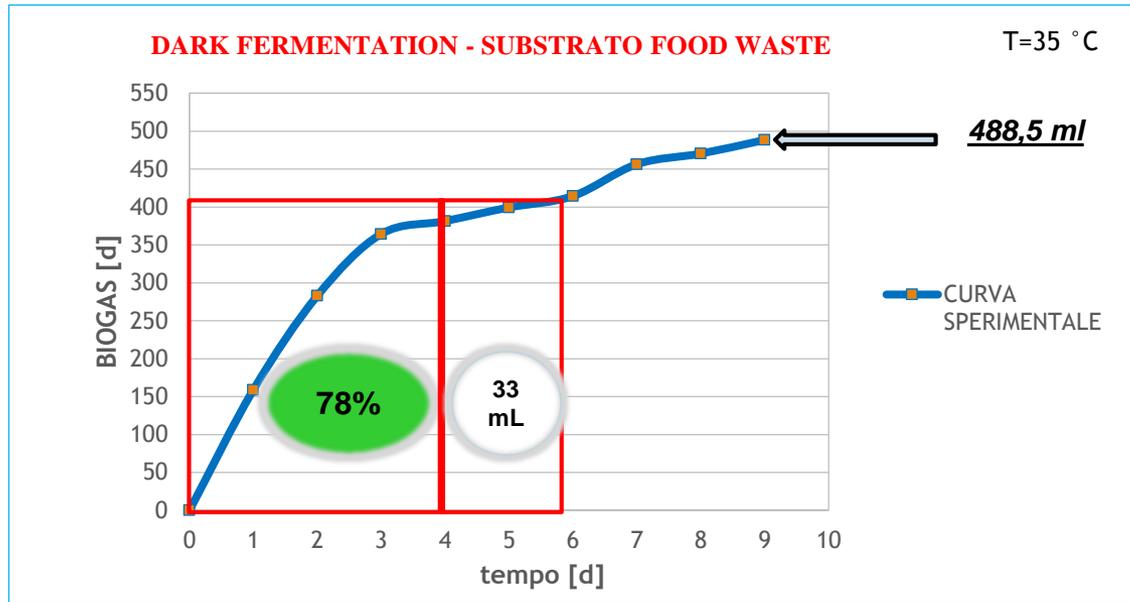


• METODO SPERIMENTALE

• STUDIO DELLE CINETICHE

• RISULTATI E CONCLUSIONI

RISULTATI: DARK FERMENTATION (1)



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

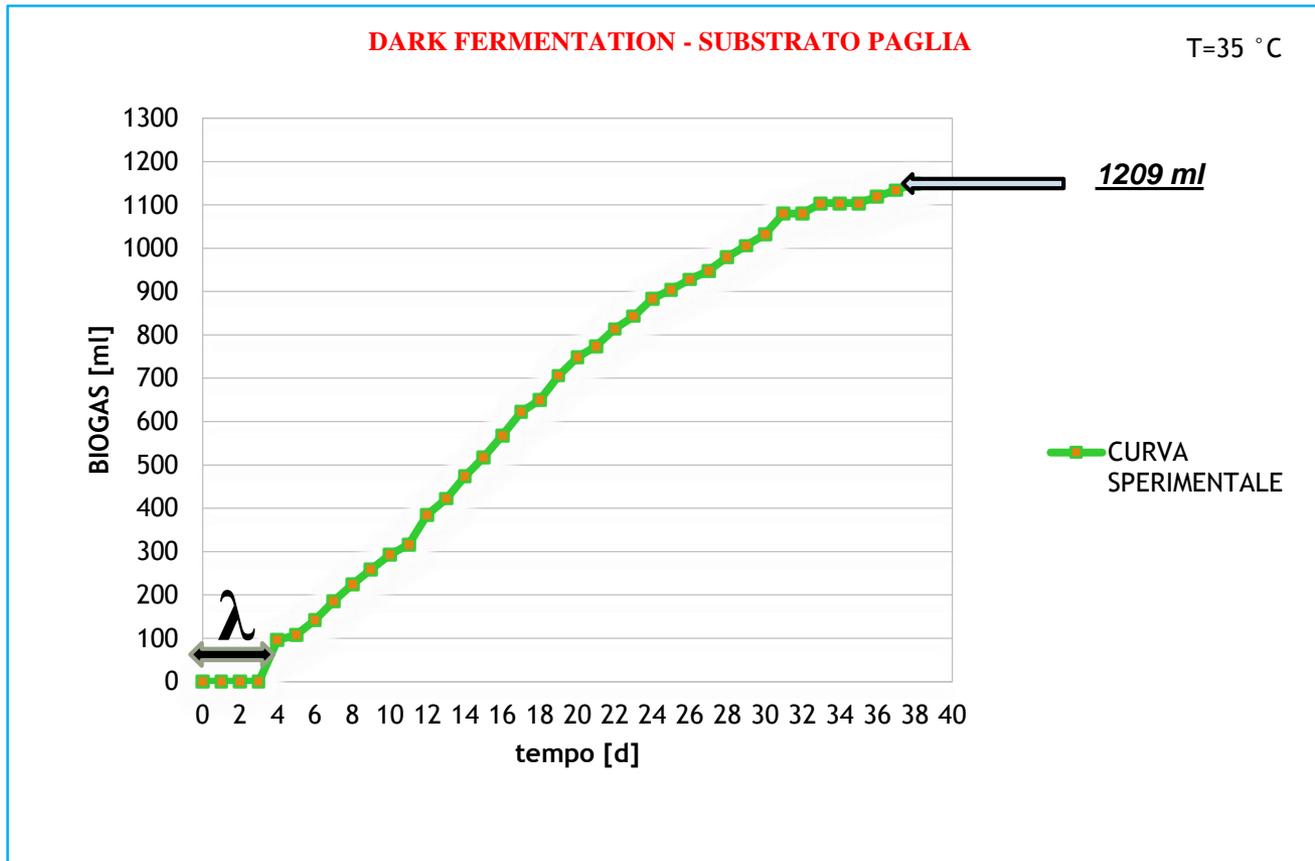
- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

RISULTATI: DARK FERMENTATION (2)



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

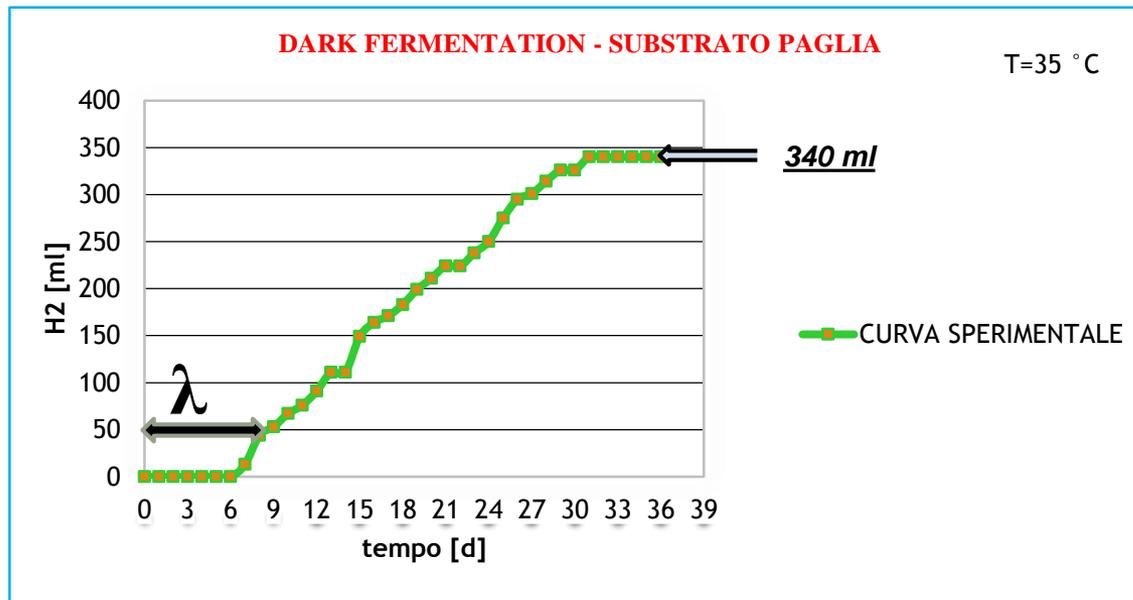
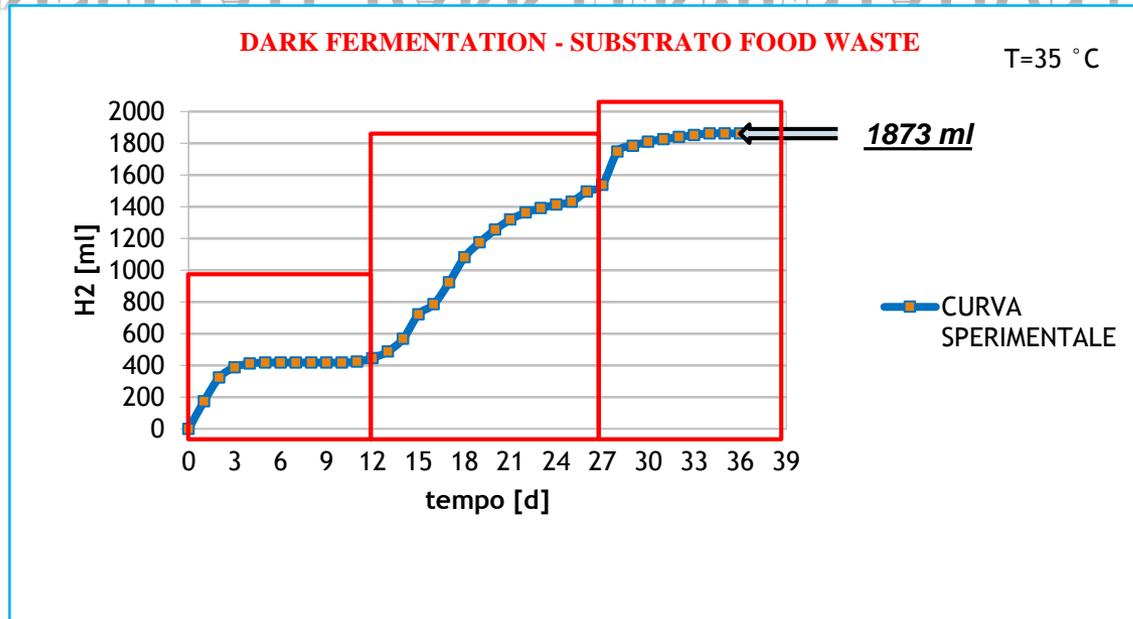
- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

RISULTATI: DARK FERMENTATION (3)



- PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

- PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

- PROCESSO DI DARK FERMENTATION

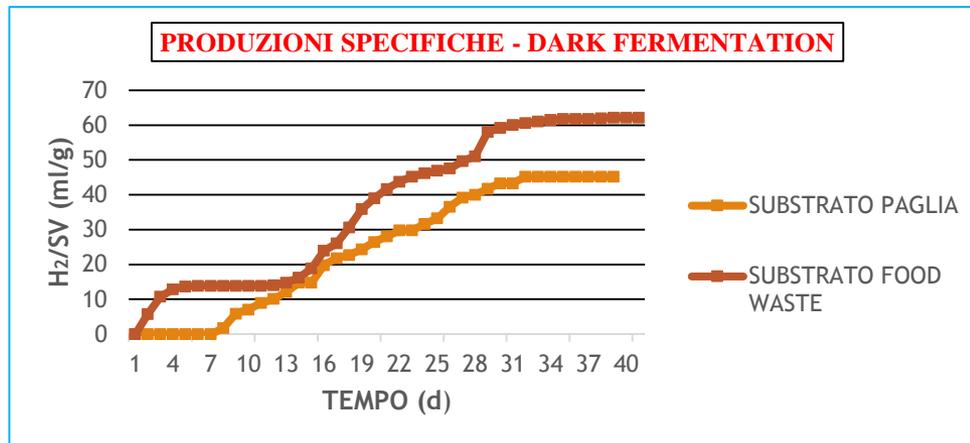
- METODO SPERIMENTALE

- STUDIO DELLE CINETICHE

- RISULTATI E CONCLUSIONI

CONCLUSIONI (1)

■ PRODUZIONE BIO-IDROGENO



■ TEMPERATURA

• PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

• PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

• PROCESSO DI DARK FERMENTATION

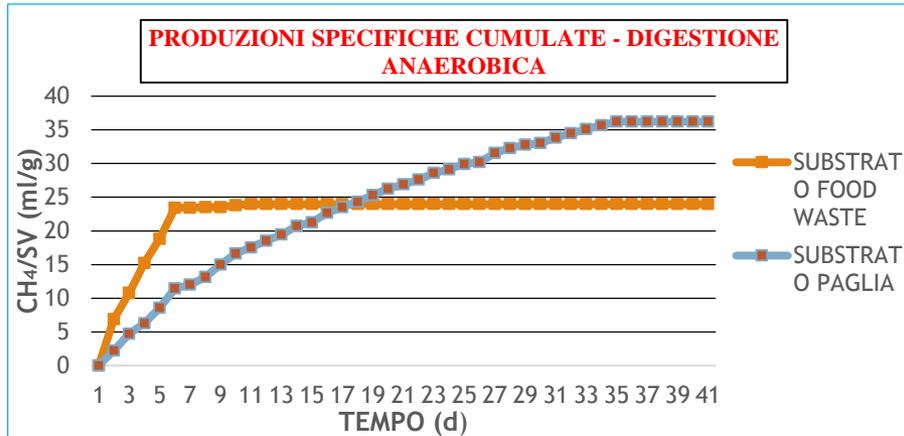
• METODO SPERIMENTALE

• STUDIO DELLE CINETICHE

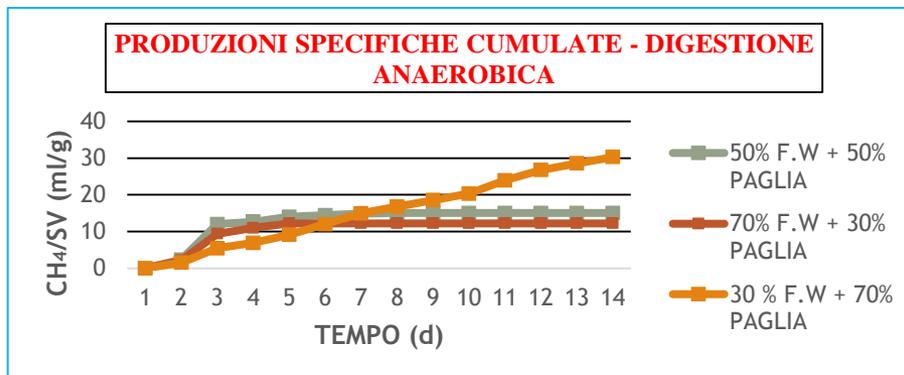
• RISULTATI E CONCLUSIONI

CONCLUSIONI (2)

PRODUZIONE BIO-METANO



RAPPORTO SUBSTRATI



• PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

• PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

• PROCESSO DI DARK FERMENTATION

• METODO SPERIMENTALE

• STUDIO DELLE CINETICHE

• RISULTATI E CONCLUSIONI

PROSPETTIVE FUTURE

■ Ottimizzazione del processo:

- *PRE-TRATTAMENTO*
- *pH: 4,5-6,5*
- *C/N: 47-200*

• PRODUZIONE ENERGETICA GLOBALE

SCOPO DELLA TESI

• PROCESSO DI DIGESTIONE ANEROBICA

• PROCESSO DI DARK FERMENTATION

• METODO SPERIMENTALE

• STUDIO DELLE CINETICHE

• RISULTATI E CONCLUSIONI