



SAO Srl

Loc. Pian del Vantaggio 35/B - Orvieto



DISCARICA DI ORVIETO
LOC. PIAN DEL VANTAGGIO 35/A
ADEGUAMENTO MORFOLOGICO DEL SITO
ED OTTIMIZZAZIONE DEI VOLUMI
E DEL CAPPING SOMMITALE

PROGETTO DEFINITIVO

Attività di Consulenza Specialistica esterna

DATA GIUGNO 2014

SCALA

ELABORATO

1007 D R 007 O

Collaboratori Tecnico Specialistici

Responsabile Attività Specialistiche
Ing. Nicoletta Stracqualursi

Capo Progetto
Ing. Paolo Smurra

Coordinatore della progettazione
Ing. Pasquale Carbone

Responsabile Gestione Progetti
Ing. Pietro Anastasi

STIMA DELLA PRODUZIONE E
VALORIZZAZIONE DEL BIOGAS

AGG. N.	DATA	NOTE	FIRMA
3			
2			
1			



INDICE

1	PREMESSA	2
2.	QUADRO NORMATIVO E LIVELLO DI ACCETTABILITÀ	3
3.	GESTIONE DEL BIOGAS	4
4.	IL MODELLO LANDGEM	6
4.1	Descrizione del modello	6
4.2	Stima della produzione di metano (k, Lo)	7
5.	VALORIZZAZIONE DEL BIOGAS E VANTAGGI AMBIENTALI	11



1 PREMESSA

Nella presente relazione tecnica, redatta a corredo del progetto definitivo delle opere previste per l'adeguamento morfologico del sito ed ottimizzazione dei volumi e del capping sommitale che la Società SAO srl – Gruppo ACEA intende attuare presso la discarica in esercizio in località di Pian del Vantaggio, n.35/A, nel Comune di Orvieto, si illustra la stima di produzione e di valorizzazione del biogas di discarica, derivante dagli interventi in progetto.



2. QUADRO NORMATIVO E LIVELLO DI ACCETTABILITÀ

Il D.Lgs. 36/03 impone che le discariche che accettano rifiuti biodegradabili debbano essere dotate di impianti per l'estrazione dei gas che garantiscano la massima efficienza di captazione e il conseguente utilizzo energetico. Inoltre, lo stesso decreto, impone che la gestione del biogas deve essere condotta in modo tale da ridurre al minimo il rischio per l'ambiente e per la salute umana (anche in termini di sicurezza dell'ambiente di lavoro); l'obiettivo è quello di non far percepire la presenza della discarica al di fuori di una ristretta fascia di rispetto”(D. Lgs. 36/2003).

3. GESTIONE DEL BIOGAS

In attuazione del dettato normativo, presso la discarica in esercizio è presente un sistema di captazione del biogas, con un impianto in grado di valorizzare questa risorsa mediante la produzione di energia elettrica; l'impianto è così organizzato:

- rete di captazione e di collettamento, che interessa anche la discarica dismessa;
- stazioni di regolazione mobili;
- stazione di estrazione e sofffiaggio;
- impianto di generazione, composto da un motore a combustione interna accoppiato ad un alternatore;
- sistema di abbattimento delle emissioni in atmosfera;
- sistema di raccolta delle condense.

La rete di collettamento interconnette i diversi camini di captazione del biogas, tramite tubazioni in HDPE termosaldate, poste sulla superficie del ripiano di coltivazione. Tali tubazioni di raccolta vengono a confluire verso la sottostazione di regolazione, e permettono il convogliamento del biogas captato, tramite tubazione unica, verso l'impianto di combustione per la produzione di energia elettrica.

L'estrazione del biogas avviene tramite messa in modesta depressione del corpo della discarica (carico pari a 100 mm di H₂O); al fine di escludere che possano verificarsi fuoriuscite di biogas non captato dalla testa pozzo di estrazione, la base del camino drenante posta fuori terra, viene sigillata, previa apposizione di un telo in TNT con funzione anticontaminante, con un cumulo coniforme di argilla. Pertanto sia la messa in depressione del corpo della discarica e sia l'apposizione di cumuli di sigillatura della base dei camini di estrazione vengono a determinare la pressoché totale impossibilità di rilascio di biogas in atmosfera, sia in forma diffusa che convogliata.

Modeste condizioni di emissione possono verificarsi in corrispondenza del lotto in coltivazione dove le teste pozzo dei camini ricadenti all'interno del lotto stesso vengono scollegate dalla rete e la sigillatura della base del camino viene rimossa per permettere il ripristino della funzionalità idraulica dello stesso ai fini della raccolta del percolato. L'entità della emissione risulta comunque assai ridotta in relazione al fatto che in ogni singolo lotto di coltivazione ricadono, generalmente, non più di 1 o 2 camini.

L'impianto di recupero energetico del biogas è ubicato in un'area interna alla recinzione della discarica, ad una quota prossima a quella della strada di servizio ed è quindi facilmente raggiungibile.



All'interno dell'area sono installati il gruppo elettrogeno, il termoreattore, la cabina elettrica di trasformazione, un locale uffici e magazzino e la vasca di stoccaggio delle cisterne dell'olio fresco e di quello esausto.

L'impianto di estrazione e recupero energetico del biogas sarà mantenuto in esercizio finché il quantitativo di biogas captabile, e la sua composizione, saranno economicamente utilizzabili per la produzione di energia elettrica e compatibili con il funzionamento dei motori. Quando si arriverà alla condizione di non convenienza economica e tecnologica del riutilizzo energetico del biogas saranno rimosse le unità motore e gli accessori strettamente connessi, sarà mantenuta in vita l'intera rete di captazione e la centrale di soffiaggio, che sarà commutata ad esclusiva alimentazione della torcia, al fine di realizzare la captazione del biogas residuo oltre la vita dell'impianto di generazione, a termine di legge.

4. IL MODELLO LANDGEM

Per stimare la produzione di biogas è stato utilizzato il modello *Landfill Gas Emission Model* (LandGEM), sviluppato dalla U.S. Environmental Protection Agency (EPA); questo modello è stato incluso negli “*U.S. landfill performance standards*” e viene impiegato per controllare che le emissioni in aria delle discariche rientrino nei limiti prescritti da “*U.S. Clean Air Act*”.

Il LandGEM stima le emissioni (di metano, biossido di carbonio, composti organici non metanigeni NMOC) e altri elementi traccia presenti nel biogas generato dalla biodegradazione dei rifiuti messi a dimora in discarica; nel modello si fa l’assunzione che il biogas sia composto per circa il 50% da metano e per il 50% da anidride carbonica, con concentrazioni, in traccia, di altri inquinanti atmosferici. Le emissioni totali di biogas sono stimate calcolando la generazione di metano e raddoppiandola (si assume che il biogas sia composto per il 50% da metano e per il 50% da anidride carbonica).

4.1 Descrizione del modello

Il metodo di stima utilizzato dal modello è basato su un’equazione di decadimento del primo ordine che descrive il tasso di emissione (delle varie sostanze) dovuto alla degradazione anaerobica della componente organica dei rifiuti..

$$Q_{CH_4} = Lo * R (e^{kc} - e^{-kt})$$

dove:

Q_{CH_4} = tasso di generazione del CH_4 al tempo t , (m^3 /anno)

Lo = capacità potenziale (del rifiuto) di generazione del CH_4 , ($m^3 CH_4$ /t di rifiuto)

R = quantità media annuale di rifiuti accettati in discarica, (t/anno)

k = costante del tasso di generazione del CH_4 , (1/anno)

c = tempo trascorso dalla chiusura della discarica, (anni) [$c=0$ per discariche in attività]

t = tempo trascorso dalla messa a dimora iniziale del rifiuto, (anni).

I dati richiesti dal modello per poter stimare le emissioni sono, pertanto:

- la capacità della discarica;
- la quantità di rifiuti presente in discarica, oppure la quantità annuale deposta;
- il coefficiente di generazione del metano (k);

- la capacità potenziale di generazione di metano (Lo);
- la concentrazione totale di tutti i composti organici non metanigeni (NMOC);
- gli anni in cui la discarica rimane in esercizio;
- se la discarica ospita anche rifiuti pericolosi o meno (*codisposal* o *non codisposal*).

I dati riguardanti la quantità e l'età dei rifiuti devono essere inseriti dall'utente, mentre, per i parametri k e Lo e le concentrazioni di NMOC, il modello permette all'utente di scegliere se usare uno dei due set di valori standard (*CAA defaults* e *AP-42 defaults*), oppure inserire i valori calcolati in base a dati sito-specifici.

4.2 Stima della produzione di metano (k , Lo)

La produzione di metano viene valutata, nel modello, attraverso l'uso di due parametri: k , la quantità di metano prodotta a regime, che stima quanto velocemente la quantità di metano decresce dopo aver raggiunto il suo picco massimo (che si assume essere al momento della chiusura della discarica o della collocazione finale dei rifiuti nel sito), e Lo , la capacità potenziale di generazione del metano del rifiuto. Quindi, più elevato è il valore di k e più velocemente si sviluppa e decresce nel tempo la quantità di metano generata; il valore di k varia, in base ai dati raccolti dall'EPA, tra 0,003 e 0,21 anni^{-1} . La capacità potenziale di generazione del metano, Lo , dipende dall'umidità e dal contenuto organico del rifiuto deposto in discarica; i valori standard del codice LandGEM sono: 170 m^3/Mg (*CAA Defaults*) e 100 m^3/Mg (*AP-42 Defaults*). Il biogas contiene anche piccole concentrazioni di inquinanti atmosferici VOC (*volatile organic compounds*); dato che le loro concentrazioni possono variare sensibilmente, l'utente specifica il tipo di discarica in esame.

Per questo studio si considera la durata della produzione del biogas per un periodo di 30 anni dopo la chiusura della discarica, che rappresenta l'intera fase post-operativa. La stima di produzione di biogas è stata effettuata con un set di parametri sito-specifici, a partire dal 2008, anno in cui ha avuto inizio il recupero del biogas con produzione di energia elettrica. In considerazione dei pretrattamenti previsti con l'implementazione della sezione di digestione anaerobica presso l'impianto, ci si aspetta una produzione di biogas più limitata, se paragonata alle discariche "convenzionali".

Poiché le configurazioni operative dell'impianto di trattamento rifiuti evidenziano che una parte della materia organica subirà il ciclo combinato anaerobico + aerobico, e che una parte continuerà ad essere trattata con il solo processo aerobico, si sceglie di utilizzare, a favore della sicurezza ambientale, un valore della capacità potenziale del rifiuto in termini di generazione del metano pari ad $Lo = 80 \text{ m}^3/\text{Mg}$ di rifiuto considerato, ed un tasso di generazione pari a $k = 0,05 \text{ anno}^{-1}$.



Nelle seguenti figure sono presentati i dati inseriti nel modello LandGEM.

USER INPUTS Landfill Name or Identifier: **PROGETTO OTTIMIZZAZIONE DISCARICA**

1: PROVIDE LANDFILL CHARACTERISTICS

Landfill Open Year: 1998
Landfill Closure Year: 2035
Have Model Calculate Closure Year? ☒ Yes ☐ No
Waste Design Capacity: megagrams

2: DETERMINE MODEL PARAMETERS

Methane Generation Rate, k (year^{-1}):
Potential Methane Generation Capacity, L_0 (m^3/Mg): User-specified value: 80
NMOC Concentration (ppmv as hexane): Inventory No or Unknown Co-disposal - 600
Methane Content (% by volume): CAA - 50% by volume

3: SELECT GASES/POLLUTANTS

Gas / Pollutant #1: Total landfill gas
Gas / Pollutant #2: Methane
Gas / Pollutant #3: Carbon dioxide
Gas / Pollutant #4: NMOC

4: ENTER WASTE ACCEPTANCE RATE

Input Units: Mg/year

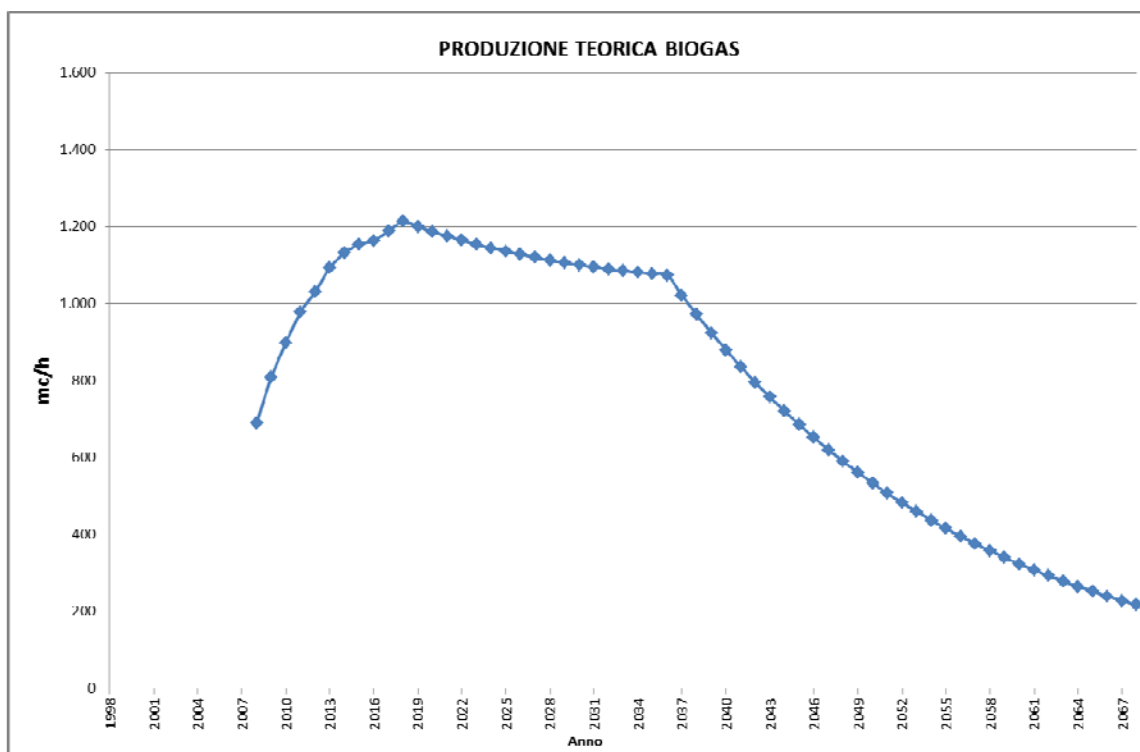
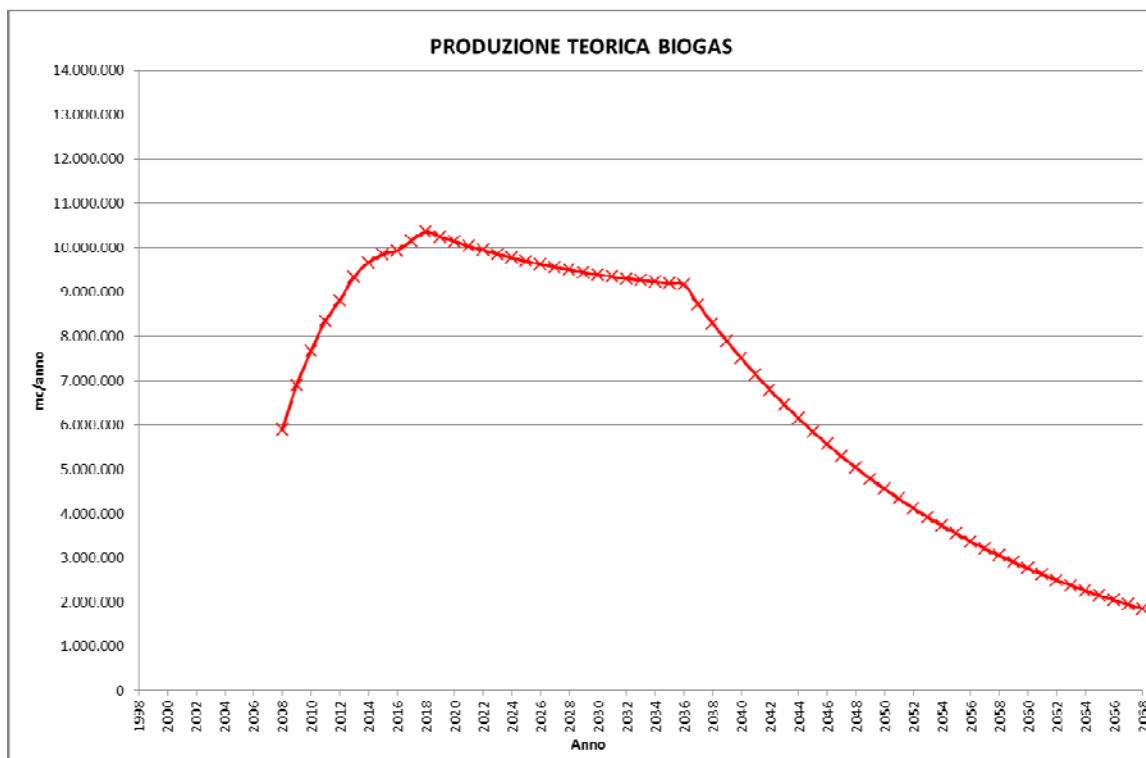
Year	Input Units (Mg/year)	Calculated Units (short tons/year)
1998	76.297	83.927
1999	63.692	70.061
2000	66.888	73.577
2001	108.713	119.584
2002	70.817	77.899
2003	153.556	168.912
2004	123.874	136.261
2005	69.718	76.690
2006	88.189	97.008
2007	98.691	108.560
2008	166.223	182.845
2009	141.013	155.115
2010	135.233	148.756
2011	110.474	121.521
2012	122.770	135.047
2013	99.953	109.948
2014	83.538	91.892
2015	73.193	80.512
2016	89.515	98.467
2017	89.719	98.691
2018	49.926	54.919
2019	50.134	55.147
2020	50.344	55.378
2021	50.556	55.612
2022	50.770	55.847
2023	50.986	56.085
2024	51.204	56.324
2025	51.423	56.565
2026	51.645	56.810
2027	51.869	57.056
2028	52.093	57.302
2029	52.320	57.552
2030	52.547	57.802
2031	52.776	58.054
2032	53.007	58.308
2033	53.238	58.562
2034	53.471	58.818
2035	53.706	59.077
2036		

L'output del modello è riportato nelle seguenti tabelle in cui vengono elencati, per ogni anno (nel caso specifico dal 2008 al 2065), i quantitativi di biogas prodotti, espressi in m^3/anno ed in m^3/ora .



Year	Produzione teorica Biogas		Year	Produzione teorica Biogas	
	(m3/year)	(m3/h)		(m3/year)	(m3/h)
1998			2031	9.346.448,86	1093,92
1999			2032	9.303.474,13	1088,89
2000			2033	9.264.402,38	1084,32
2001			2034	9.229.043,26	1080,18
2002			2035	9.197.231,33	1076,45
2003			2036	9.168.809,25	1073,13
2004			2037	8.721.641,15	1020,79
2005			2038	8.296.281,69	971,01
2006			2039	7.891.667,26	923,65
2007			2040	7.506.786,10	878,60
2008	5.884.088,01	688,68	2041	7.140.675,83	835,75
2009	6.897.449,69	807,29	2042	6.792.420,96	794,99
2010	7.664.179,68	897,02	2043	6.461.150,68	756,22
2011	8.348.296,50	977,09	2044	6.146.036,64	719,34
2012	8.805.363,11	1030,59	2045	5.846.290,90	684,26
2013	9.336.327,67	1092,73	2046	5.561.163,92	650,89
2014	9.662.903,58	1130,96	2047	5.289.942,76	619,14
2015	9.845.140,66	1152,29	2048	5.031.949,21	588,95
2016	9.937.562,90	1163,10	2049	4.786.538,15	560,22
2017	10.153.161,66	1188,34	2050	4.553.095,93	532,90
2018	10.359.841,41	1212,53	2051	4.331.038,82	506,91
2019	10.245.147,92	1199,10	2052	4.119.811,56	482,19
2020	10.137.675,24	1186,53	2053	3.918.885,98	458,67
2021	10.037.086,87	1174,75	2054	3.727.759,66	436,30
2022	9.943.062,68	1163,75	2055	3.545.954,67	415,02
2023	9.855.298,19	1153,48	2056	3.373.016,42	394,78
2024	9.773.503,75	1143,90	2057	3.208.512,47	375,53
2025	9.697.403,84	1135,00	2058	3.052.031,47	357,21
2026	9.626.728,57	1126,72	2059	2.903.182,14	339,79
2027	9.561.236,84	1119,06	2060	2.761.592,28	323,22
2028	9.500.691,49	1111,97	2061	2.626.907,83	307,46
2029	9.444.851,28	1105,44	2062	2.498.792,03	292,46
2030	9.393.510,21	1099,43	2063	2.376.924,50	278,20
			2064	2.261.000,52	264,63
			2065	2.150.730,23	251,72
			2066	2.045.837,88	239,45
			2067	1.946.061,19	227,77
			2068	1.851.150,66	216,66

L'andamento, nel tempo, della produzione teorica totale di biogas Q_{biogas} è presentato nelle seguenti figure.



5. VALORIZZAZIONE DEL BIOGAS E VANTAGGI AMBIENTALI

La captazione e lo sfruttamento del biogas svolgono un importante ruolo per quanto riguarda la limitazione degli impatti ambientali, visto che con un'efficace intercettazione si ottiene una forte limitazione della diffusione in aria di composti maleodoranti, inoltre si evita che gas serra climaalteranti vengano dispersi nell'atmosfera.

Come già avviene dal 2008 nella discarica in esercizio, è prevista, per l'ampliamento della discarica, la captazione e lo sfruttamento del biogas per la produzione di energia elettrica; per stimare la produzione di E.E. la formula utilizzata è la seguente:

$$E.E. = Q_{\text{biogas}} \times 0.8 \times W \times \eta_{\text{ele}} \times 0.5$$

dove:

0.8 = coefficiente di efficienza di captazione del metano Q_{CH_4}

$W = 9.9 \text{ kWh/Nm}^3$ potere calorifico del metano

$\eta_{\text{ele}} = 39\%$ rendimento elettrico del cogeneratore

0.5 = componente in volume di metano

Si considera che lo sfruttamento del biogas, per la produzione di E.E., sia possibile per un periodo non superiore a 15 anni dalla chiusura della discarica.

La letteratura di settore evidenzia, infatti, che dopo tale periodo dalla chiusura si determina una riduzione significativa della quantità di metano.

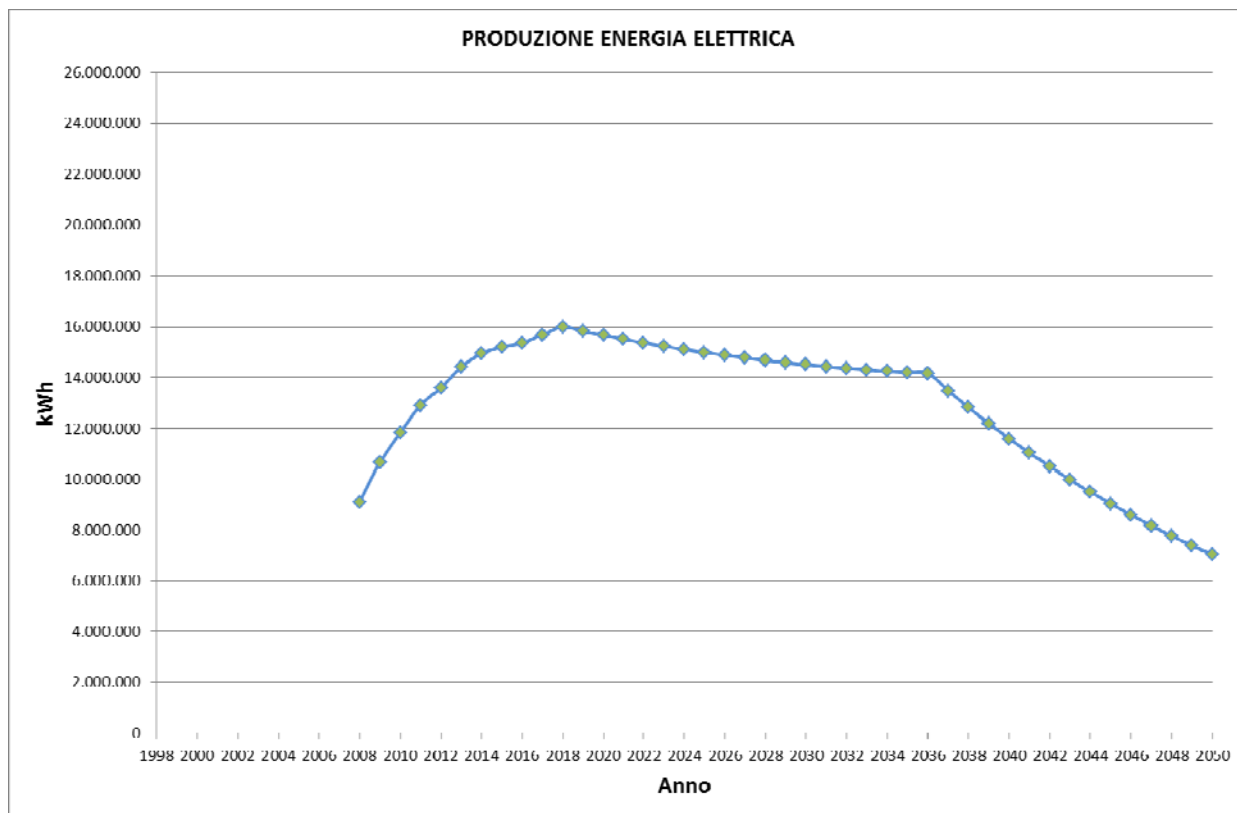
Sulla base dei risultati raggiunti, si prevede una produzione complessiva di energia elettrica E.E. di 555.436 MWh nel periodo 2008-2050.

Ipotizzando un funzionamento dell'impianto di produzione di E.E. pari a 8000 ore /anno, si valuta la potenza dell'impianto di produzione di energia elettrica da cui si evince che i motori esistenti, attualmente in esercizio, potranno far fronte ai nuovi quantitativi di biogas prodotti, in considerazione delle modifiche delle condizioni esterne legate all'evoluzione della raccolta differenziata, delle caratteristiche del rifiuto e della presenza di impianti di selezione e di trattamento a monte del conferimento in discarica.

I risultati sono riportati in Tabella e nel grafico successivo.



Year	Produzione energia elettrica (kWh)	Potenza impianto (kW)
1998		
1999		
2000		
2001		
2002		
2003		
2004		
2005		
2006		
2007		
2008	9.087.385,5	1136
2009	10.652.421,3	1332
2010	11.836.559,1	1480
2011	12.893.109,1	1612
2012	13.599.002,8	1700
2013	14.419.024,5	1802
2014	14.923.388,3	1865
2015	15.204.835,2	1901
2016	15.347.572,1	1918
2017	15.680.542,9	1960
2018	15.999.739,1	2000
2019	15.822.606,4	1978
2020	15.656.625,6	1957
2021	15.501.277,0	1938
2022	15.356.066,0	1920
2023	15.220.522,5	1903
2024	15.094.199,2	1887
2025	14.976.670,5	1872
2026	14.867.519,6	1858
2027	14.766.374,2	1846
2028	14.672.867,9	1834
2029	14.586.628,3	1823
2030	14.507.337,2	1813
2031	14.434.655,6	1804
2032	14.368.285,5	1796
2033	14.307.943,0	1788
2034	14.253.334,4	1782
2035	14.204.204,1	1776
2036	14.160.309,0	1770
2037	13.469.702,6	1684
2038	12.812.777,4	1602
2039	12.187.890,9	1523
2040	11.593.480,5	1449
2041	11.028.059,7	1379
2042	10.490.214,9	1311
2043	9.978.601,1	1247
2044	9.491.939,0	1186
2045	9.029.011,7	1129
2046	8.588.661,6	1074
2047	8.169.787,6	1021
2048	7.771.342,4	971
2049	7.392.329,5	924
2050	7.031.801,4	879
	TOTALE (MWh)	
	555.436,6	



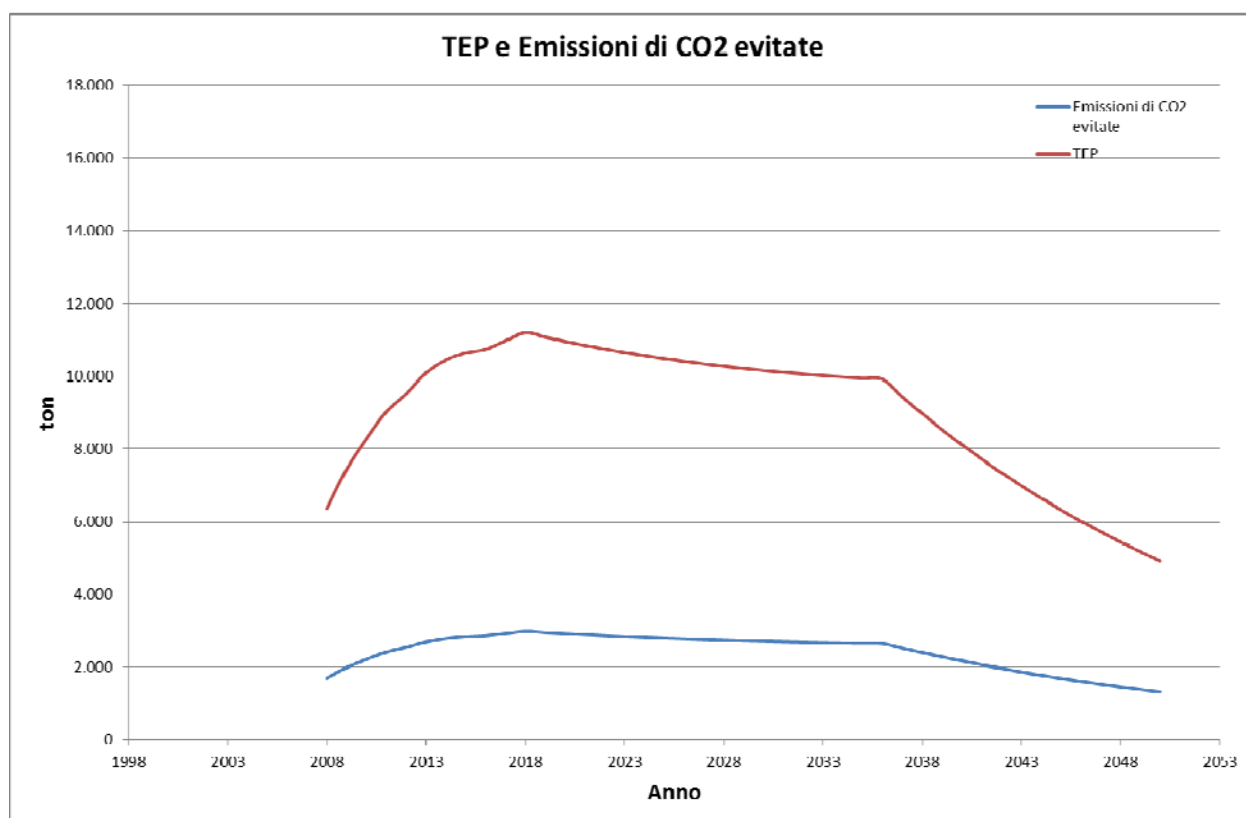
L'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile determina un risparmio di energia primaria che viene stimato in base alla Delibera EEN N° 3/08 dell'AUTORITÀ PER L'ENERGIA ELETTRICA E IL GAS pubblicata su GU n. 100 del 29.4.08 - SO n.107 *Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica* Articolo 2 *Nuovo valore del fattore di conversione dei kWh in tep* 2.1 Il nuovo valore del fattore di conversione dei kWh in tep è fissato pari a $0,187 \times 10^{-3}$ tep/kWh.

In base ai risultati raggiunti, si prevede un risparmio complessivo di energia primaria di circa 104.000 TEP.

Inoltre la captazione e l'utilizzo del biogas per recuperare energia dai rifiuti smaltiti in discarica, svolgono anche un'importante compito nei confronti della riduzione delle emissioni di gas serra.

Si può, infatti, valutare il vantaggio ambientale ottenibile considerando la maggior quantità di gas serra che verrebbe immessa nell'atmosfera se la stessa energia prodotta col biogas fosse prodotta con combustibili fossili. Queste quantità possono essere definite come emissioni evitate di CO₂ equivalenti,

assimilando, in questo modo, tutti i diversi composti che costituiscono i gas serra alla CO₂. Come dato di riferimento per la produzione di gas serra da impianti per la produzione di elettricità, si può assumere il valore medio di circa 0,7 kg CO₂ per kWh prodotto. Si prevede un complessivo di emissioni evitate di gas serra di circa 390.000 ton. I risultati sono riportati nel grafico e nella tabella successivi.





Year	TEP (ton)	Emissioni di CO2 evitate (ton)
1998		
1999		
2000		
2001		
2002		
2003		
2004		
2005		
2006		
2007		
2008	1.699,3	6.361,2
2009	1.992,0	7.456,7
2010	2.213,4	8.285,6
2011	2.411,0	9.025,2
2012	2.543,0	9.519,3
2013	2.696,4	10.093,3
2014	2.790,7	10.446,4
2015	2.843,3	10.643,4
2016	2.870,0	10.743,3
2017	2.932,3	10.976,4
2018	2.992,0	11.199,8
2019	2.958,8	11.075,8
2020	2.927,8	10.959,6
2021	2.898,7	10.850,9
2022	2.871,6	10.749,2
2023	2.846,2	10.654,4
2024	2.822,6	10.565,9
2025	2.800,6	10.483,7
2026	2.780,2	10.407,3
2027	2.761,3	10.336,5
2028	2.743,8	10.271,0
2029	2.727,7	10.210,6
2030	2.712,9	10.155,1
2031	2.699,3	10.104,3
2032	2.686,9	10.057,8
2033	2.675,6	10.015,6
2034	2.665,4	9.977,3
2035	2.656,2	9.942,9
2036	2.648,0	9.912,2
2037	2.518,8	9.428,8
2038	2.396,0	8.968,9
2039	2.279,1	8.531,5
2040	2.168,0	8.115,4
2041	2.062,2	7.719,6
2042	1.961,7	7.343,2
2043	1.866,0	6.985,0
2044	1.775,0	6.644,4
2045	1.688,4	6.320,3
2046	1.606,1	6.012,1
2047	1.527,8	5.718,9
2048	1.453,2	5.439,9
2049	1.382,4	5.174,6
2050	1.314,9	4.922,3
TOTALE (ton)	TOTALE (ton)	
	103.866,6	388.805,6