



Laboratorio Analisi e Consulenza Igiene degli Alimenti Microbiologia Igiene e sicurezza nei luoghi di lavoro Indagini ambientali AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI DIFFUSE CON METODOLOGIA "CAMERA DI ACCUMULO" PRESSO LA DISCARICA DI CORINALDO IN DATA 7 DICEMBRE 2020

REVISIONE 1.0

Committenti:

ASA SRL Via San Vincenzo, 18 60013 Corinaldo (AN)

ASJA AMBIENTE ITALIA SPA Via Ivrea 79 10098 Rivoli (TO)

Data	7/12/2020	
		Il tecnico incaricato:
		Dott Sacchi Enrico Maria
		Ena Hero Jecel

Indice

Premesse	Pag 3
Relazione tecnica	Pag 4
Interpolazione dei Dati	Pag 6
Analisi Statistico-descrittiva: BOX-PLOT	Pag 7
Dispersione del Biogas	Pag 16
Discussione dei risultati	Pag 21
Conclusioni	Pag 73
Indice delle Mappe di Isoflusso	
CH₄ Mappa dei Flussi	Pag 34
CO ₂ Mappa dei Flussi	Pag 47
Mappe degli Outlier	Pag 60

Premesse

Il presente lavoro è stato effettuato per conto delle Aziende ASA S.r.l. e ASJA S.p.a. presso la discarica intercomunale di CORINALDO al fine di individuare e misurare i flussi di CO₂ e CH₄ emessi dalla superficie delle vasche di coltivazione dei rifiuti sia attive che ultimate con presenza di capping. Le misure di flusso sono state effettuate attraverso il flussimetro portatile della "West Systems" la cui metodologia si basa sul principio della camera di accumulo, tecnica statica non stazionaria. Lo strumento in oggetto consente di misurare in continuo le concentrazioni di CO₂ e CH₄ all'interno di una apposita camera di accumulo al fine di ottenere un'immediata valutazione del tasso di incremento del biossido di carbonio e del metano. I dati raccolti nel mese di Dicembre 2018 sono stati comparati con quelli elaborati nella campagna di misura compiuta nei mesi di Gennaio 2008, Dicembre 2009, Dicembre 2010, Dicembre 2011, Dicembre 2012, Dicembre 2013, Dicembre 2014, Ottobre 2015, Dicembre 2016, Dicembre 2017, Dicembre 2018, Dicembre 2019 e Dicembre 2020.

Rispetto ad altri metodi, il flussimetro descritto è in grado di determinare i flussi di CO₂ e CH₄ dai suoli a prescindere dalla conoscenza delle caratteristiche dei suoli stessi e del regime di flusso; infatti al fine della determinazione del flusso non vengono utilizzati coefficienti empirici legati alle caratteristiche del suolo.

Pertanto la strumentazione innovativa utilizzata si è rilevata particolarmente efficace e veloce per la definizione dei parametri di flusso richiesti.

RELAZIONE TECNICA

Il presente lavoro è consistito nella rilevazione di misure puntuali al fine di determinare i Flussi di Anidride Carbonica e Metano emessi dal corpo dei rifiuti della discarica intercomunale di CORINALDO in Provincia di ANCONA.

L'aerea in oggetto, che si estende su una superficie di 8 ettari c.a., è costituita da tre moduli:

 un vecchio modulo (in parte ricompreso nel 1° Lotto Ampliamento), che si estende su una superficie 4,0 ettari ca., suddiviso in due settori di cui quello più vecchio è stato ultimato nel 1999 e quello più recente nel 2005. I punti monitorati nel suddetto modulo in relazione alle campagne di indagine sono riportati in Tabella 1.

Campagna di Misura	Punti Monitorati
gennaio 2008	130
dicembre 2009	151
dicembre 2010	171
dicembre 2011	185
dicembre 2012	178
dicembre 2013	130
dicembre 2014	135
ottobre 2015	136
dicembre 2016	130
dicembre 2017	130
dicembre 2018	130
dicembre 2019	123
dicembre 2020	62

Tabella 1: Punti monitorati nelle campagne di misura 2008 – 2020 nel Vecchio Modulo

 un nuovo modulo, che si estende su una superficie di 3 ettari c.a., in cui sono stati rilevati nelle varie campagne di misure i punti riportati in tabella 2

Campagna di Misura	Punti Monitorati
gennaio 2008	130
dicembre 2009	181
dicembre 2010	139
dicembre 2011	182
dicembre 2012	188
dicembre 2013	137
dicembre 2014	146
ottobre 2015	144
dicembre 2016	154
dicembre 2017	174
dicembre 2018	125
dicembre 2019	120
dicembre 2020	110

Tabella 2: Punti monitorati nelle campagne di misura 2008 – 2020 nel Nuovo Modulo

• 1° Lotto Ampliamento, che si estende su una superficie di 1 ettari c.a., in cui sono stati rilevati nelle varie campagne di misure i punti riportati in tabella 3

dicembre 2017	20
dicembre 2018	28
dicembre 2019	40
dicembre 2020	79

Tabella 3: Punti monitorati nelle campagne di misura 2017 – 2020 nel 1° lotto ampliamento

I punti oggetto di misurazione sono riferiti ai nodi di maglie immaginarie del lato di 10,0 – 20,0 mt e sono stati georeferenziati tramite GPS (Global Positioning System) Modello Garmin etrex 30, in cui l'errore di localizzazione, stimato al momento delle misure, variava 1,0 a 2,0 mt. I valori di flusso, ottenuti attraverso lo strumento "Flussimetro della West Systems", sono stati sottoposti ad un'analisi statistico-descrittiva e i risultati riportati

in forma di mappe di distribuzione dei flussi di CO₂ e CH₄. Tali mappe, che possono essere considerate delle fedeli rappresentazioni delle modalità di dispersione incontrollata del biogas, forniscono una rappresentazione areale delle perdite incontrollate. Inoltre sui dati ottenuti è stata applicata una statistica uninominale mediante l'utilizzo dei BOX-PLOT al fine di determinare i punti di Outlier, ovvero i punti a maggior emissione anomala rispetto al resto dell'area indagata.

Interpolazione dei Dati

Le mappe areali di flusso sono state elaborate in termini di $ln(\phi CO2)$ e $ln(\phi CH4)$, al fine di normalizzare i dati, per poi essere riconvertite in Exp $[ln(\phi CO_2)]$ Exp $[ln(\phi CH_4)]$ mediante l'interpolazione dei dati sperimentali, utilizzando la metodologia di stima: Inverce Distance to Power (IDP) in cui i dati vengono interpolati orizzontalmente per trasformare la distribuzione spaziale di osservazioni sparse in una griglia regolare di punti, più adatta alla realizzazione di mappe di isoflussi. Con la metodologia adottata ogni valore osservato viene "pesato" mediante l'inverso del quadrato della distanza della stazione dal punto di interesse. Le mappe areali di flusso sono state elaborate utilizzando l'apposito software Surfer® 8.0 (Golden Software).

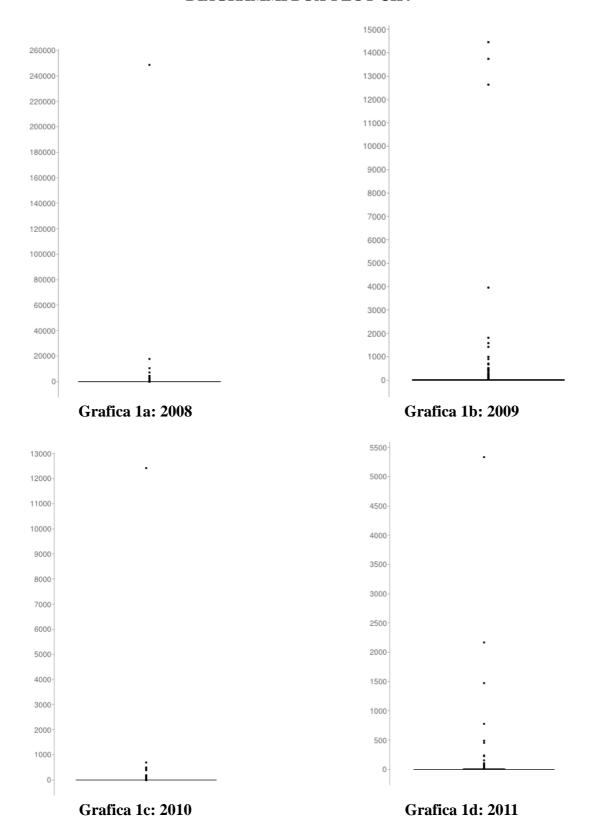
Nell'elaborazione delle mappe di isoflusso sono state individuate a scopo puramente descrittivo 9 classi di valori di flusso per la CO₂ e 9 per il CH₄ compresi in un intervallo di valori rappresentativo.

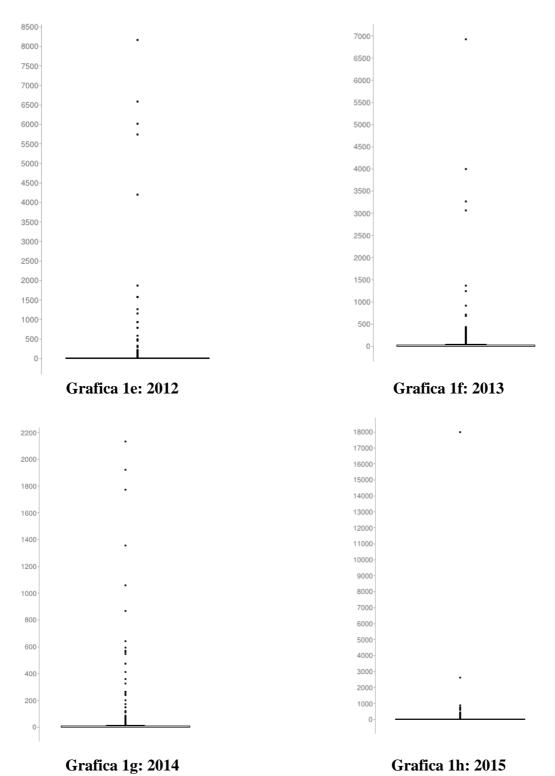
Analisi statistico descrittiva

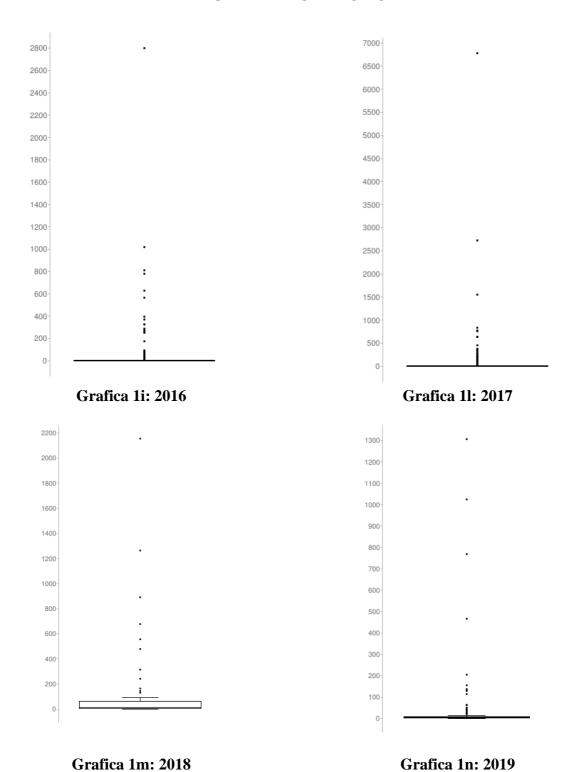
Diagrammi BOX-PLOT

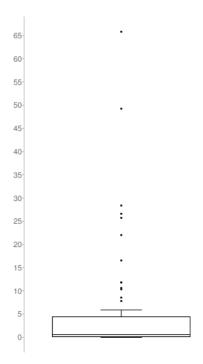
I diagrammi in oggetto sono stati utilizzati al fine di elaborare una statistica univariata dei dati; nei grafici 1a-n e nei grafici 2a-n sono riportati gli schemi del diagramma in oggetto elaborati sulla base dei dati raccolti sulla discarica di Corinaldo. Tali grafici consentono di visualizzare la struttura delle distribuzioni statistiche e di avere un'immediata rappresentazione del grado di normalità della distribuzione delle emissioni, del suo livello di asimmetria e della presenza di valori anomali (outliers) che possono indicare l'esistenza di eventuali problematiche nei dati che vengono analizzati.

Gli outlier ottenuti inerenti alla CO₂ e il CH₄ sono stati riportati su carta in figure 4a-n.

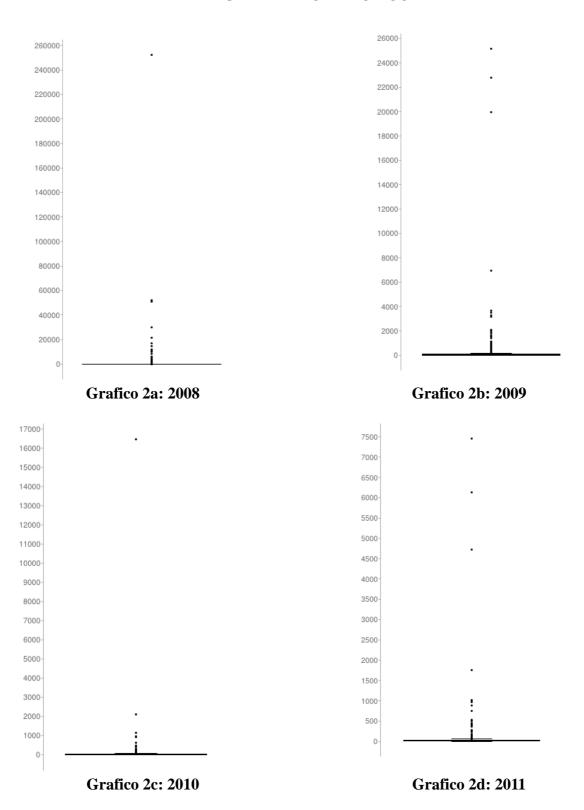








Grafica 10: 2020



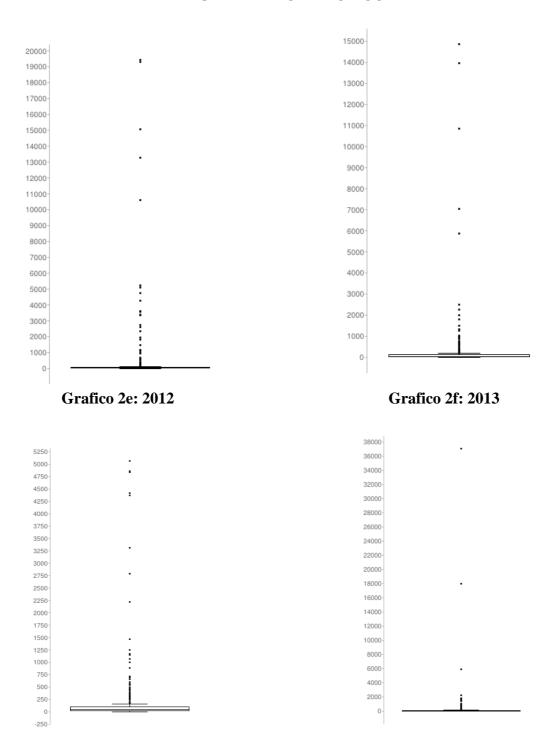


Grafico 2g: 2014 Grafico 2h: 2015

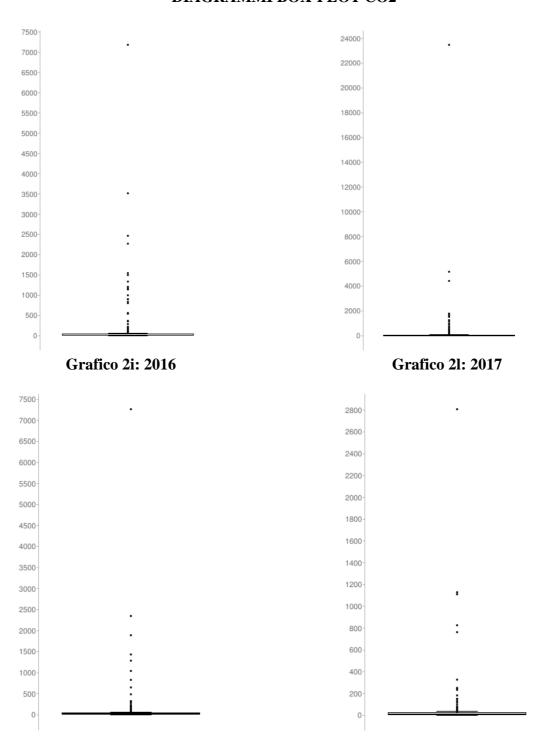


Grafico 2m: 2018 Grafico 2n: 2019

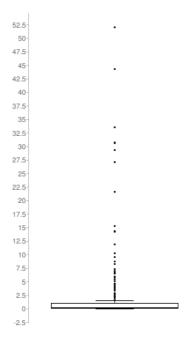


Grafico 20: 2020

Dispersione del Biogas

Al fine di verificare l'andamento dei flussi sono stati utilizzati i grafici 4a-n in cui sono stati riportati sulle ascisse il rapporto volumetrico tra CH₄ e CO₂ e sulle ordinate i flussi dei due composti. Tali Grafici sono stati elaborati per la discarica di Corinaldo dal 2008 al 2020.

Il rapporto tra i due composti riscontrato nelle analisi del biogas captato dalla rete di aspirazione è di norma prossimo a 1. Dalla lettura dei grafici si osserva come per rapporti CH4/CO2 < di 1, a decrementi dei flussi di CO2 corrispondono incrementi dei flussi di CH4 Tale fenomeno, caratteristico di una fase metanigena non stazionaria all'interno delle vasche di coltivazione è evidenziato nel Grafico 3 (parte III – Fase metanigena non stazionaria). Per rapporti prossimi a 1 si riscontra una netta correlazione tra i due flussi definita dal rapporto CH4/CO2 = 1 che indica una fase di stabilità della produzione di metano (parte IV – Fase Metanigena Stazionaria).

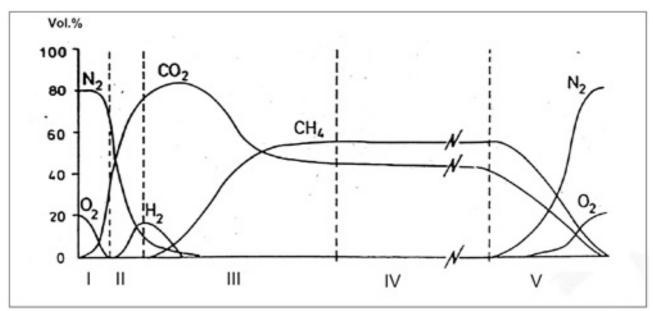
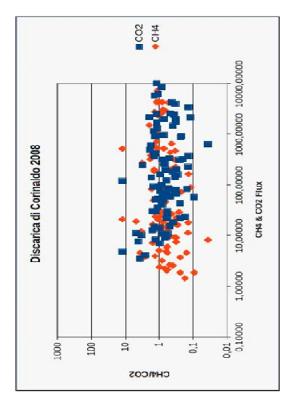


Grafico 3: Fasi di produzione del biogas



■ CO2 10000 1000 Discarica di Corinaldo 2009 8 CH4 & CO2 Flux +100 1000 100 9 CH4/COS

Grafico 4a: Gennaio 2008

■CO2 ◆CH4

Discarica di Corinaldo 2010

1000

100



10000

1000

8

0,1

+100

0,1

Grafico 4b: Dicembre 2009

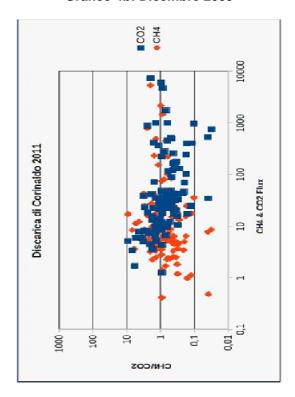
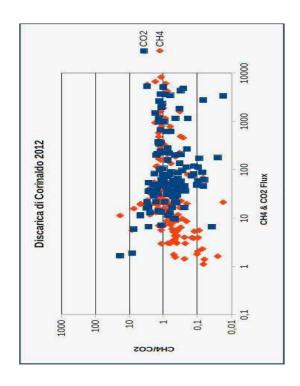


Grafico 4c: Dicembre 2010

CH4/COS

9

Grafico 4d: Dicembre 2011



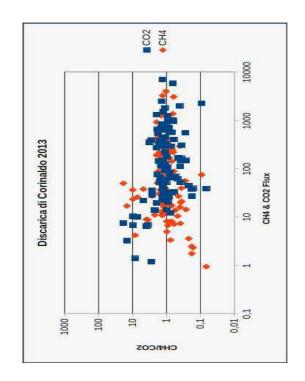


Grafico 4e: Dicembre 2012

Grafico 4f: Dicembre 2013

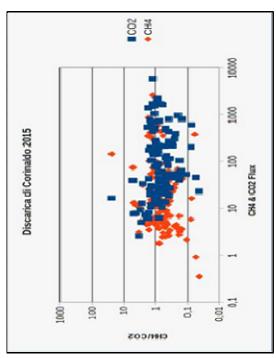
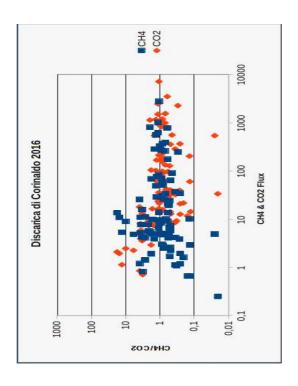


Grafico 4g: Dicembre 2014

Grafico 4h: Ottobre 2015



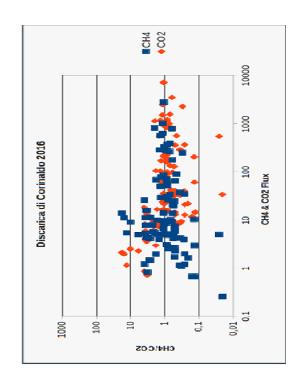
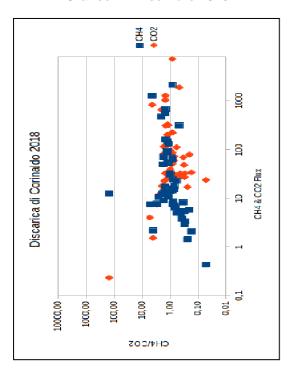


Grafico 4i: Dicembre 2016

Grafico 4I: Dicembre 2017 CH4



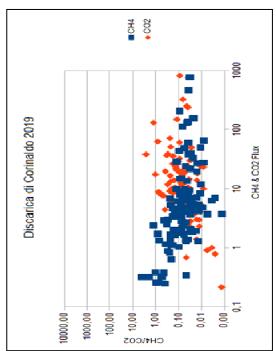


Grafico 4m: Dicembre 2018

Grafico 4n: Dicembre 2019

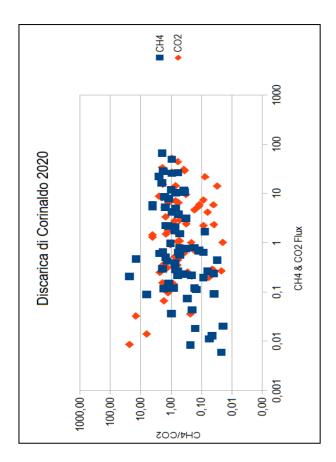


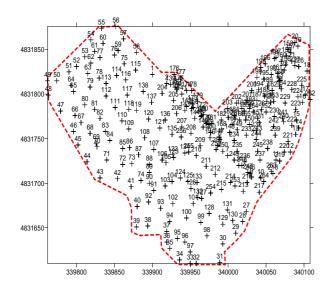
Grafico 4o: Dicembre 2020

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

Come già accennato sulla discarica esaminata sono state rilevate misure di flusso (figura 1a-n) in 260 punti nel 2008, 332 punti nel 2009, 310 nel 2010, 367 nel 2011, 366 nel 2012, 267 nel 2013, 281 nel 2014, 280 nel 2015, 284 nel 2016, 304 nel 2017, 283 nel 2018, 283 nel 2019 e 251 nel 2020; ripartiti come illustrato in tabella 3.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1° Lotto Ampliamento	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	28	40	79
Punti nuovo Modulo	130	151	171	182	188	130	146	144	154	154	125	120	62
Punti vecchio Modulo	130	181	139	185	178	130	135	136	130	130	130	123	110
Punti Totali	260	332	310	367	366	260	281	280	284	304	283	283	151

Tabella 3: Riepilogo punti monitorati nel periodo 2008 – 2020



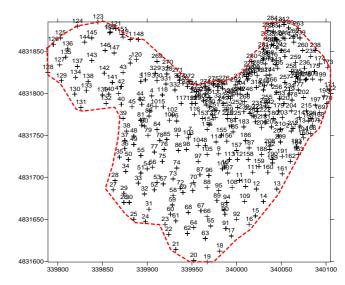


Figura 1a: Punti 2008

Figura 1b: Punti 2009

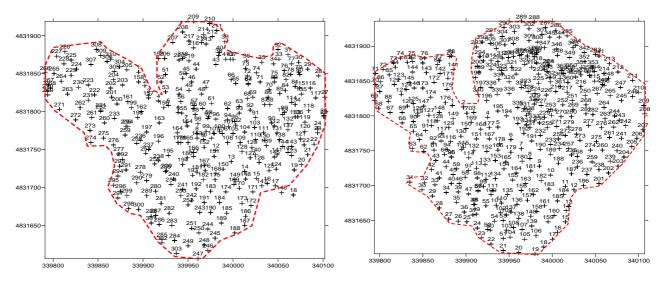


Figura 1c: Punti 2010

Figura 1d: Punti 2011

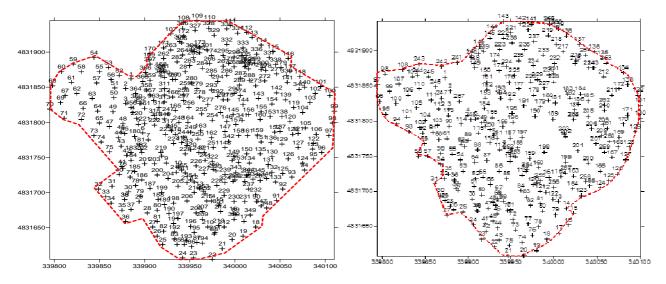


Figura 1e: Punti 2012

Figura 1f: Punti 2013

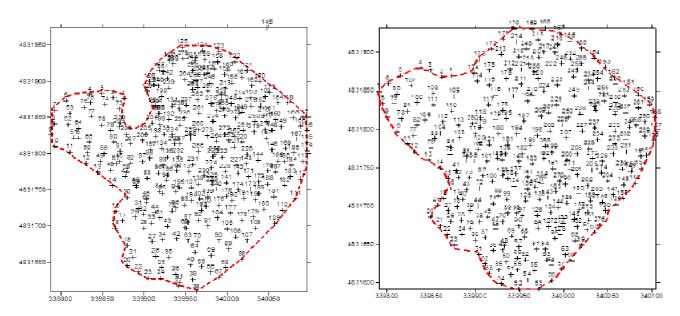


Figura 1g: Punti 2014

Figura 1h: Punti 2015

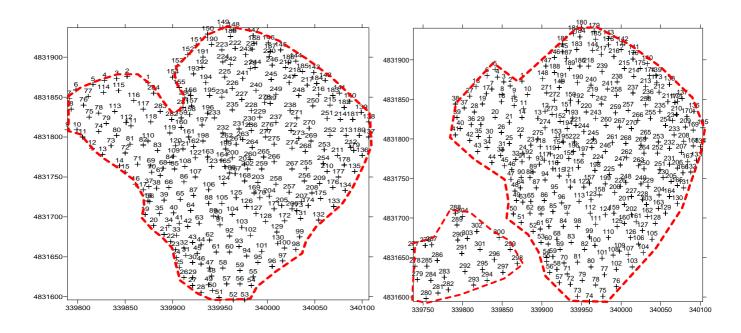


Figura 1i: Punti 2016

Figura 1I: Punti 2017

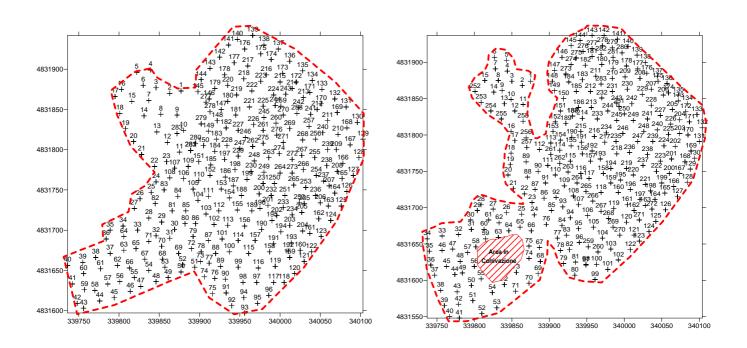


Figura 1m: Punti 2016

Figura 1n: Punti 2016

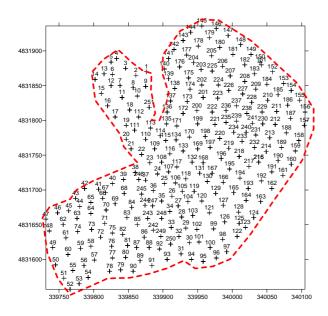


Figura 1o: Punti 2020

Sulla fascia attigua al perimetro della discarica che, come noto, costituisce una via di fuga preferenziale del biogas per il minor grado di compattazione dei rifiuti in prossimità della geomembrana di impermeabilizzazione, sono state compiute le misure riportate in tabella 4.

Anno	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2016	2017	2018	2019	2020
Punti Perimetro	65	80	88	96	82	79	82	85	81	92	101	103	121	80

Tabella 4: Punti monitorati lungo il perimetro nelle campagne di misura 2008 - 2019

Nell'ambito temporale significativo, dal 2008 a dicembre 2020, si è sostanzialmente verificata cronologicamente la seguente situazione che consente di avere un quadro generale dell'evoluzione delle emissioni diffuse di anidride carbonica e biogas nelle vasche di coltivazione dei rifiuti oggetto di indagine.

In particolare:

- Dall'anno 2008 si registra nell'ambito dell'intera area della discarica una significativa diminuzione del flusso totale di biogas (CO₂ + CH₄), in termini di emissioni diffuse, come si evince dai dati evidenziati dal grafico 5 e riportati in tabella 5.
- Anno 2009: si riscontrata una sensibile e graduale diminuzione del biogas pari al 30% rispetto al 2008.
- Anno 2010: si registra una riduzione del 53% rispetto al 2009 e nel 2011 del 43% rispetto al 2010. Il 2011. è Si tratta dell'anno caratterizzato da minori emissioni a causa della saturazione dei terreni di ricopertura imputabile alle abbondanti precipitazioni, anche a carattere nevoso, registrate in quel particolare periodo.
- L'incremento dei flussi negli anni successivi è strettamente connesso alle condizioni climatiche caratterizzate da minori precipitazioni e temperature medie più elevate, fattori che hanno favorito l'insorgenza di sistemi fessurativi diffusi nei suoli argillosi

- dando luogo a preferenziali vie di fuga del biogas.
- Nelle campagne di monitoraggio di dicembre 2013, 2014 e 2015 le concentrazioni di biogas provenienti dalle emissioni diffuse risultano piuttosto stabili in tutto il corpo della discarica.
- Nel 2016 le emissioni di CO₂ e CH₄ rispetto l'anno precedente si sono pressoché dimezzate come evidenziato in Tabella 1 e nel Grafico 5.
- Nel 2017 le concentrazioni di CO₂ sono triplicate rispetto al 2016, le maggiori emissioni si concentrano lungo le scarpate di sud est e sud ovest del Nuovo Lotto.
- Nel 2020 le concentrazioni di Biogas (CH4 + CO2) sono in linea con quelle misurate nel 2018 e nel 2019. Le maggiori emissioni si concentrano lungo le scarpate di sud est e sud ovest del Nuovo Lotto e nella zona attualmente in coltivazione (1° lotto di ampliamento).

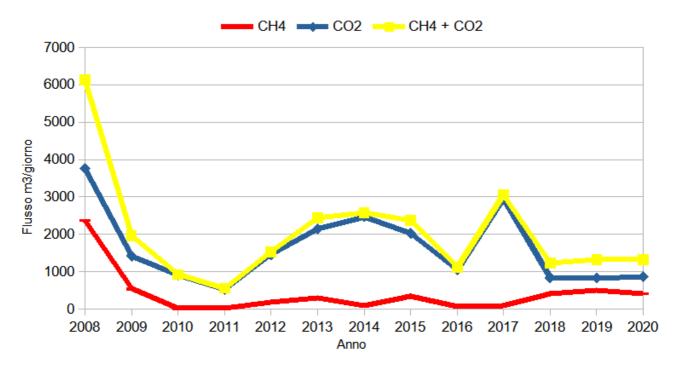


Grafico 5: Flussi di CO2, CH4 e CO2+CH4 negli anni tra il 2008 e il 2020

Anno	Flussi in m³/d CH₄	Flussi in m³/d CO₂	Flusso Totale in m³/d CH₄+CO₂
2008	2373	3766	6139
2009	538	1415	1953
2010	12	912	924
2011	27	528	555
2012	177	1450	1527
2013	290	2145	2435
2014	96	2471	2567
2015	348	2019	2367
2016	66	1046	1112
2017	92	2967	3059
2018	401	831	1232
2019	495	823	1318
2020	411	870	1319

Tabella 5: Flussi di CO2 e CH4 dal 2008 al 2020

A seguire sono riportate alcune panoramiche circa l'evoluzione di coltivazione dell'impianto dal 2008 a oggi.

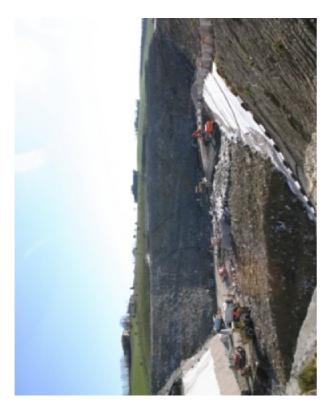


Foto 1a: Nuovo Modulo 2008



Foto 1b: Nuovo Modulo 2009

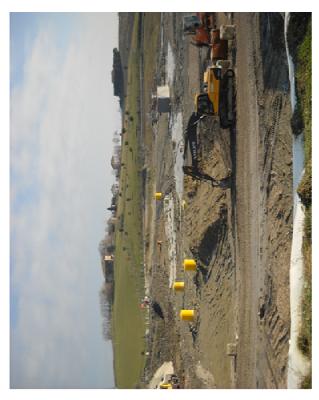


Foto 1c: Nuovo Modulo 2010



Foto 1d: Nuovo Modulo 2011



Foto 1e: Nuovo Modulo 2012



Foto 1f: Nuovo Modulo 2013



Foto 1g: Nuovo Modulo 2014



Foto 1h: Nuovo Modulo 2015



Foto 1i: Nuovo Modulo 2016



Foto 1I: Nuovo Modulo 2017



Foto 1m: Nuovo Modulo 2018



Foto 1n: Nuovo Modulo 2019



Foto 1o: Nuovo Modulo 2020



Foto 2a: scarpate del vecchio modulo, sullo sfondo l'ampliamento nel 2017



Foto 2b: scarpate del vecchio modulo, sullo sfondo l'ampliamento nel 2018



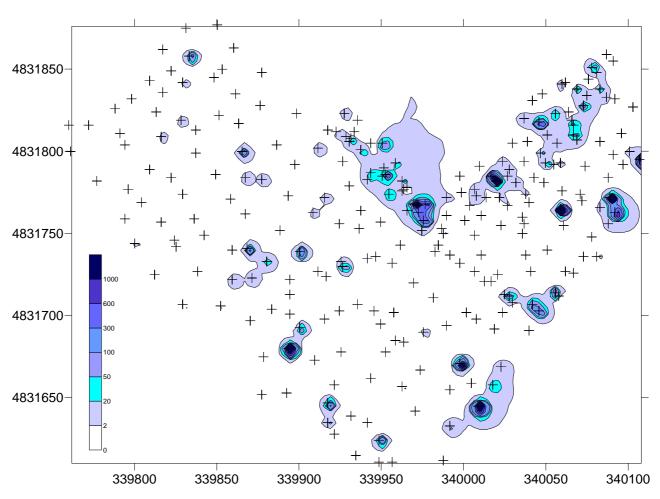
Foto 2c: scarpate del vecchio modulo, sullo sfondo l'ampliamento nel 2019



Foto 2d: scarpate del vecchio modulo, sullo sfondo l'ampliamento nel 2020

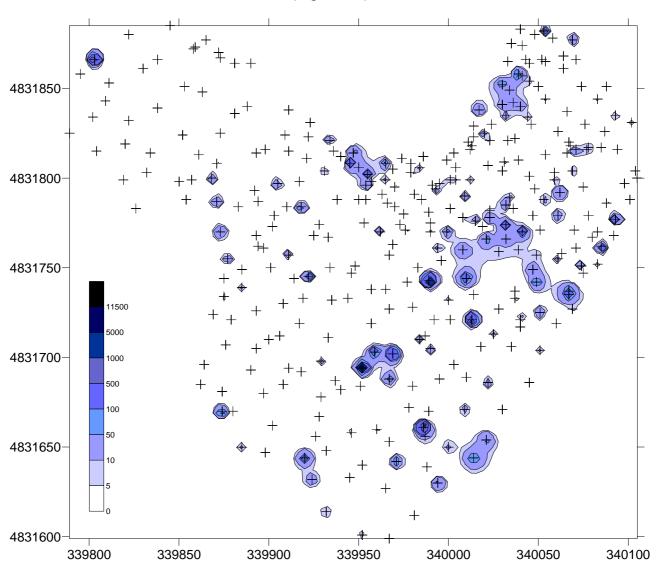
Mappa di Flusso CH4 – Gennaio 2008

(Figura 2a)



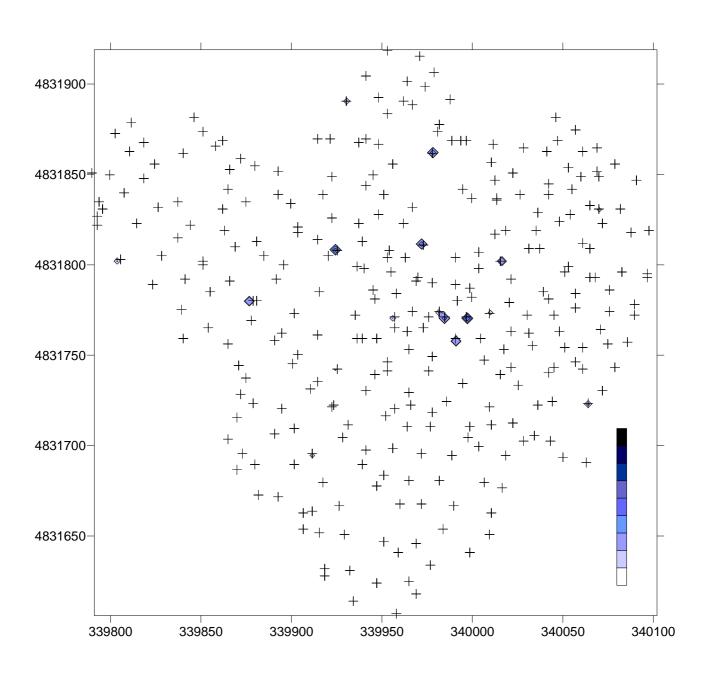
Mappa di Flusso CH4 – Dicembre 2009

(Figura 2b)

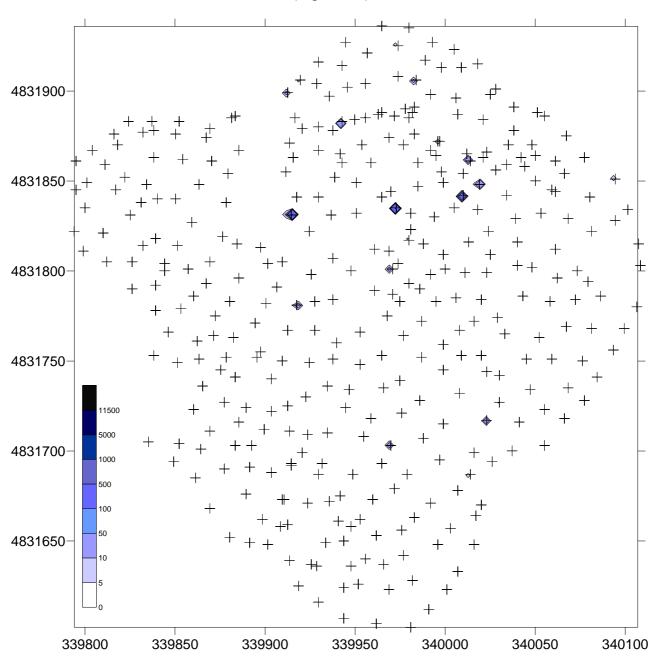


Mappa di Flusso CH4 – Dicembre 2010

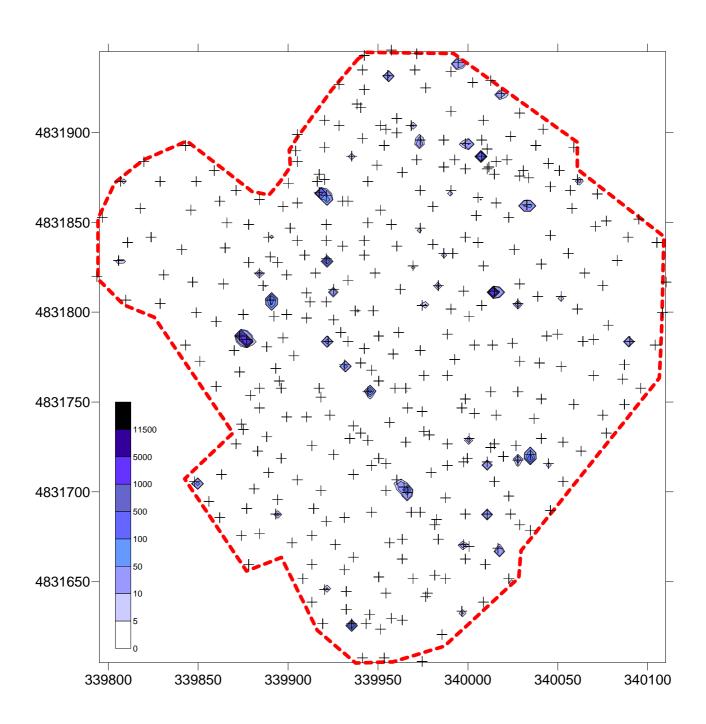
(Figura 2c)



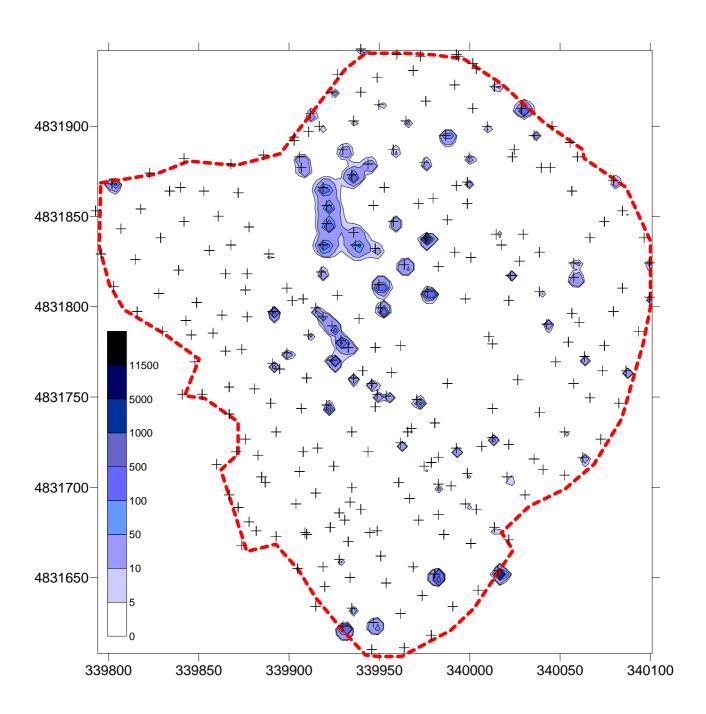
(Figura 2d)



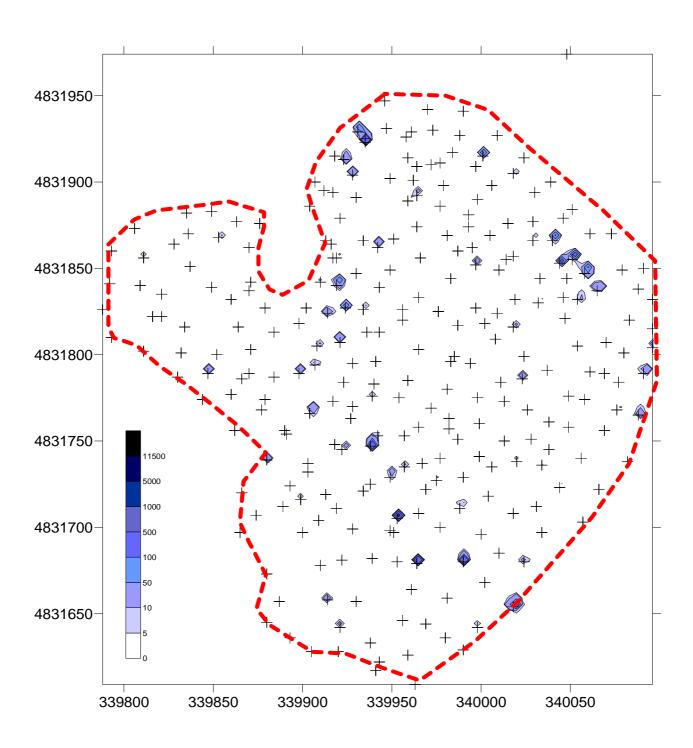
(Figura 2e)



(Figura 2f)

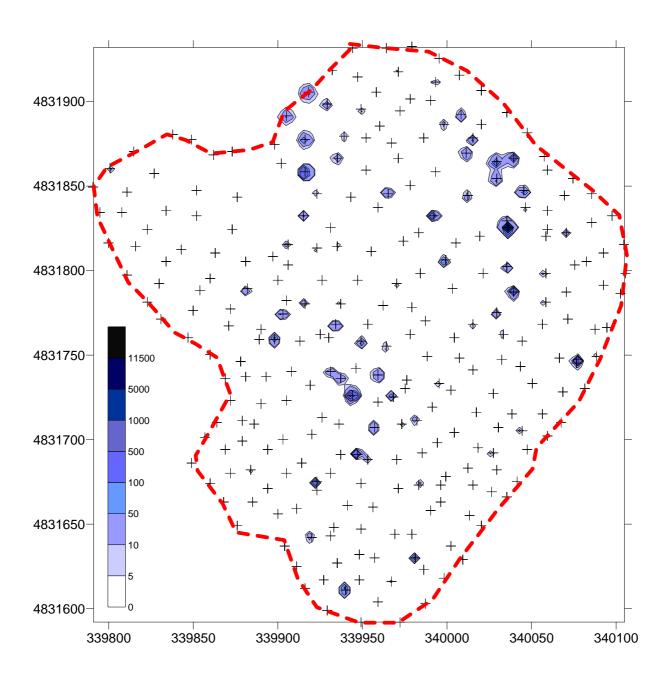


(Figura 2g)

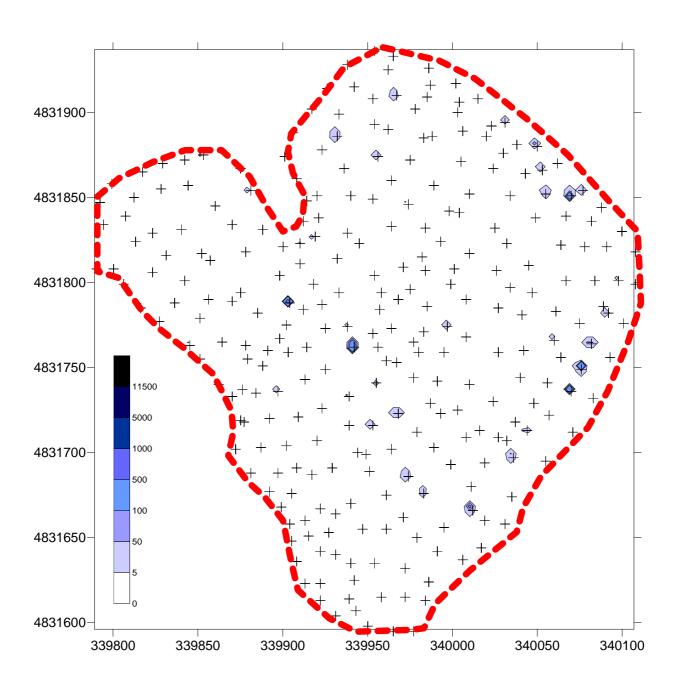


Mappa di Flusso CH4 – Ottobre 2015

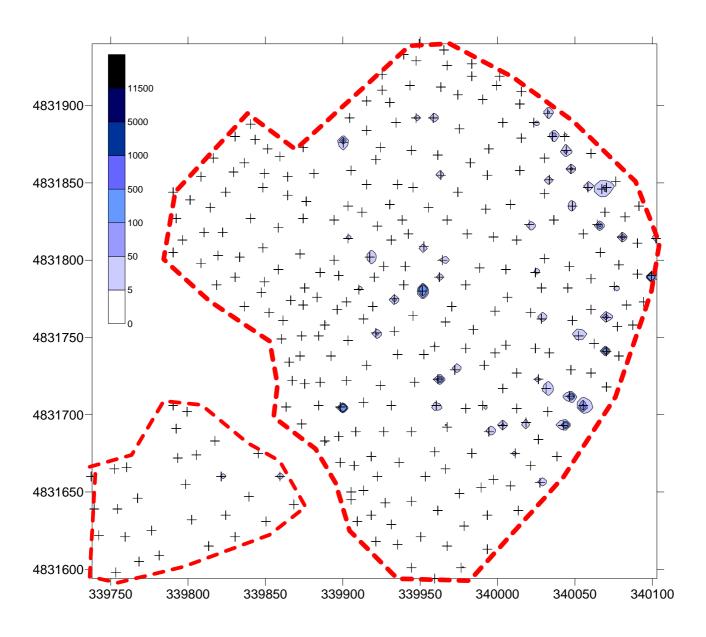
(Figura 2h)



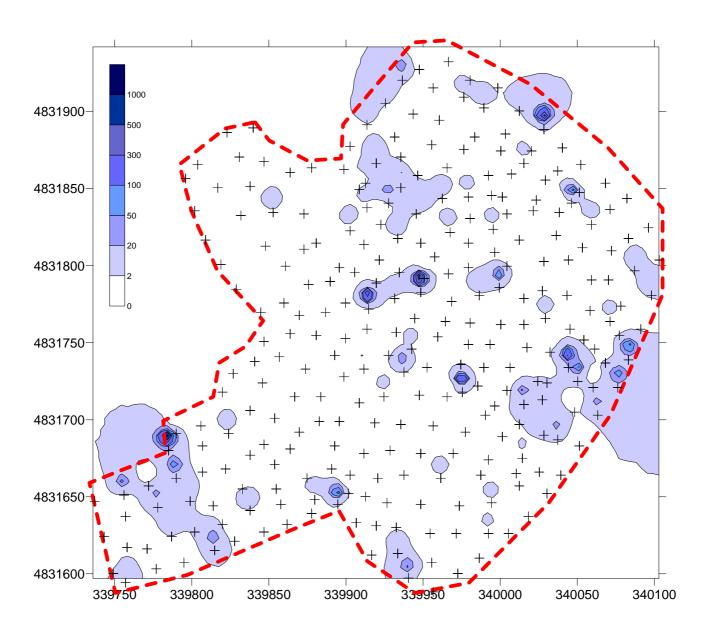
(Figura 2i)



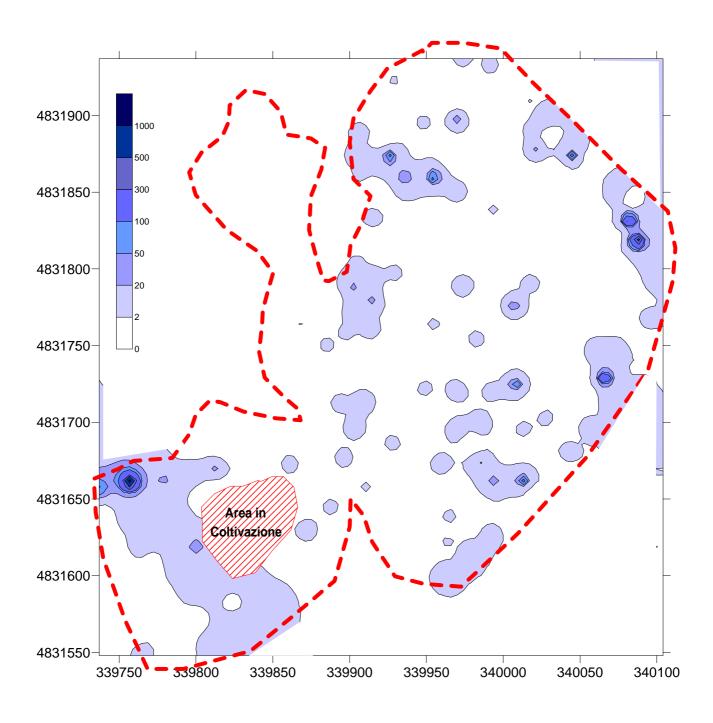
(Figura 2I)



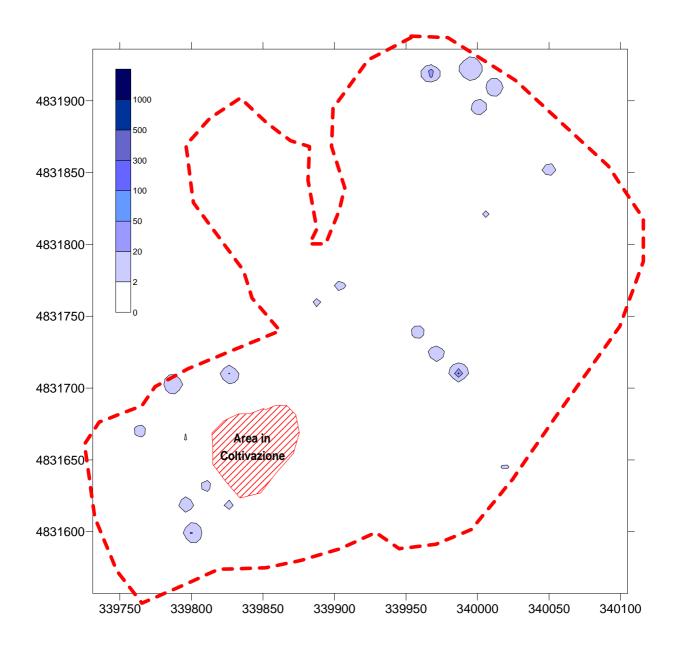
(Figura 2m)



(Figura 2n)

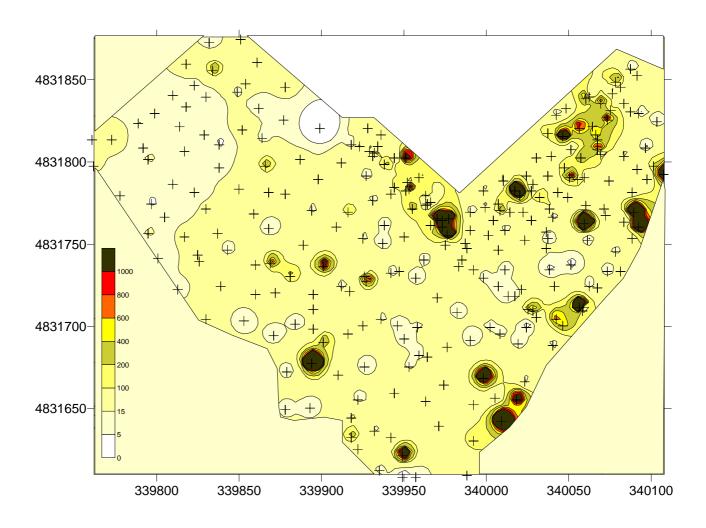


(Figura 2o)

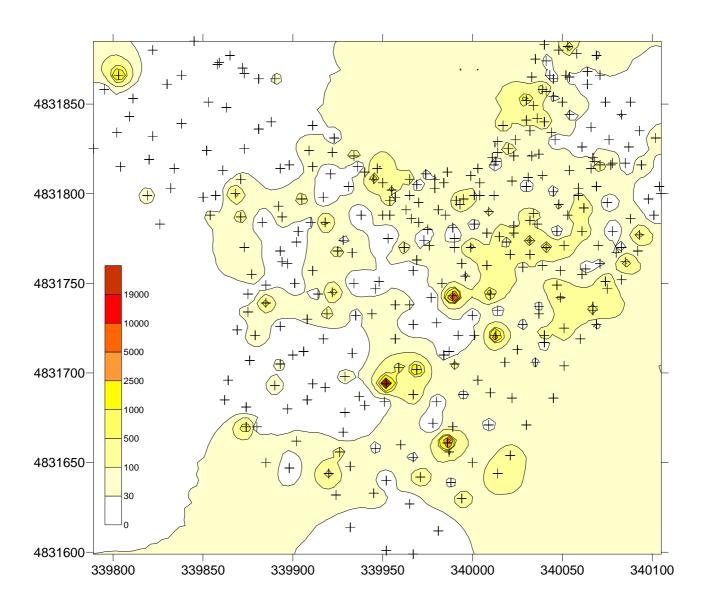


Mappa di Flusso CO2 – Gennaio 2008

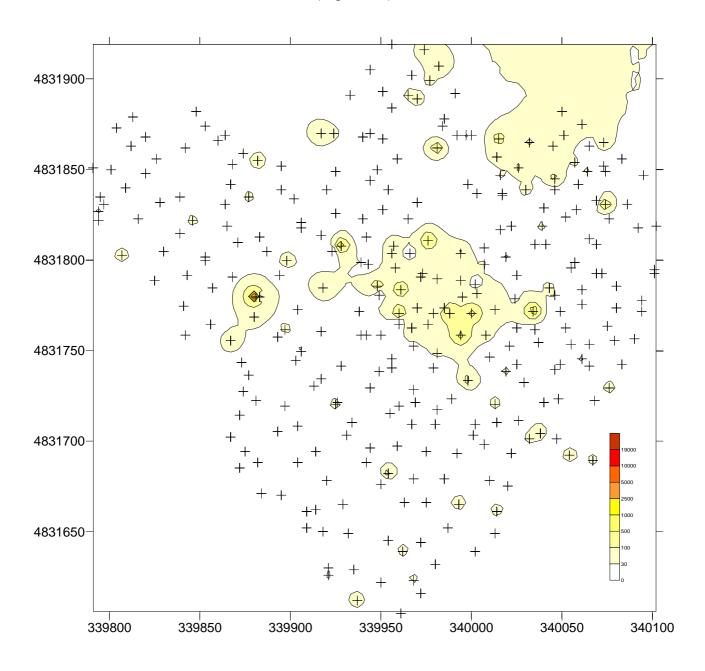
(Figura 3a)



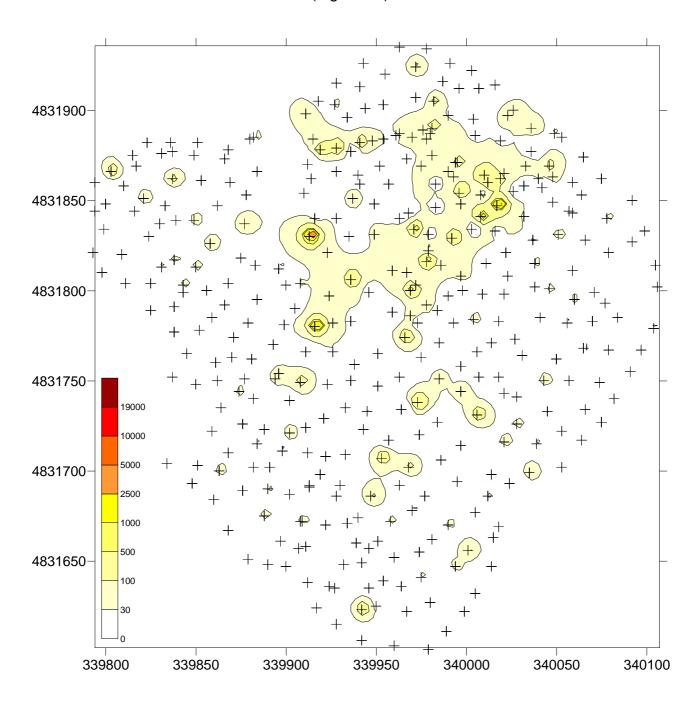
(Figura 3b)



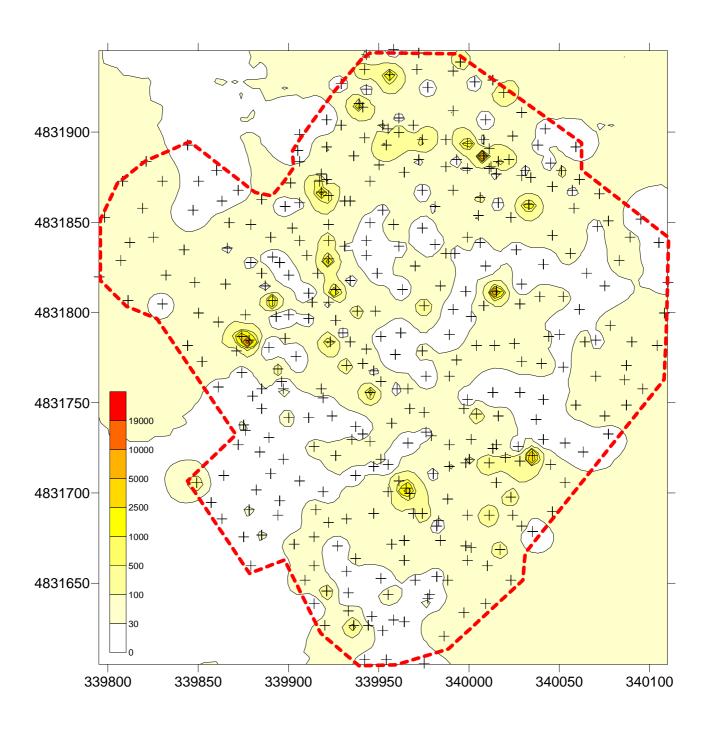
(Figura 3c)



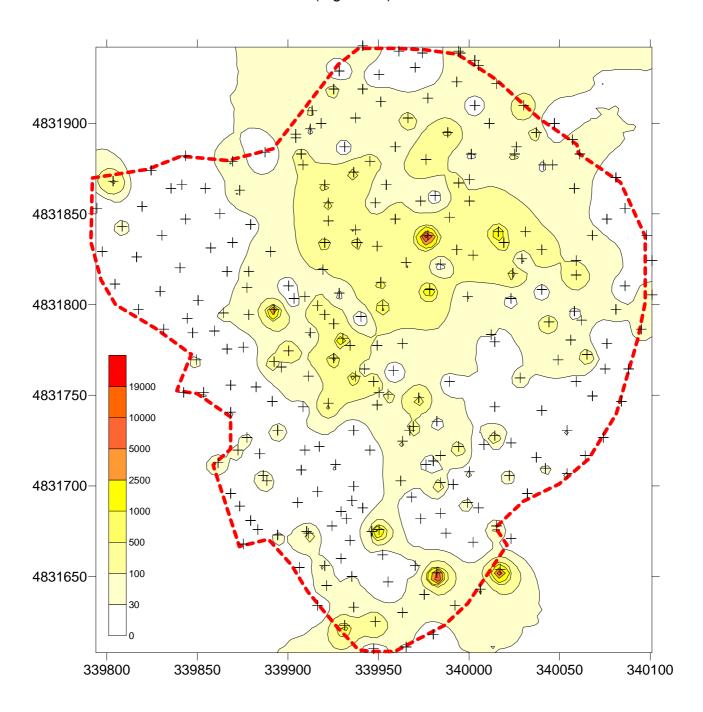
(Figura 3d)



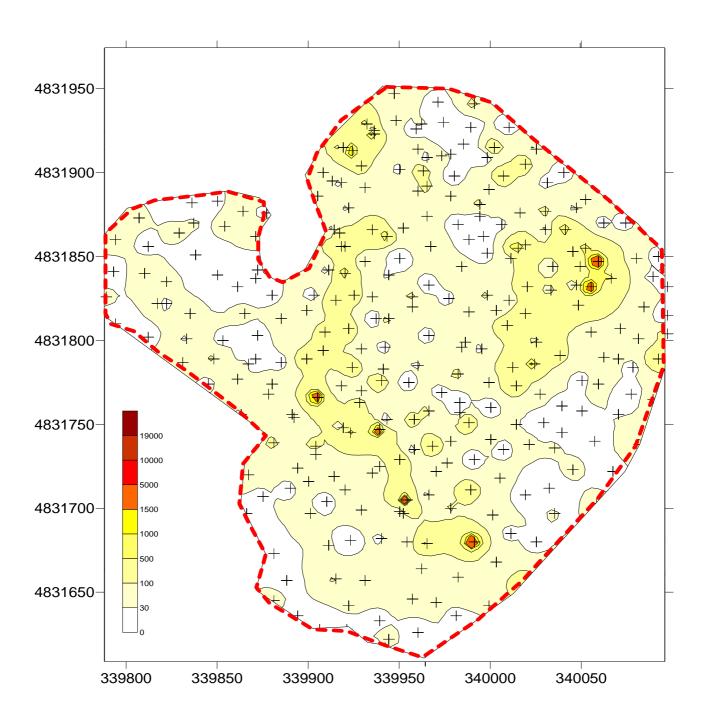
(Figura 3e)



(Figura 3f)

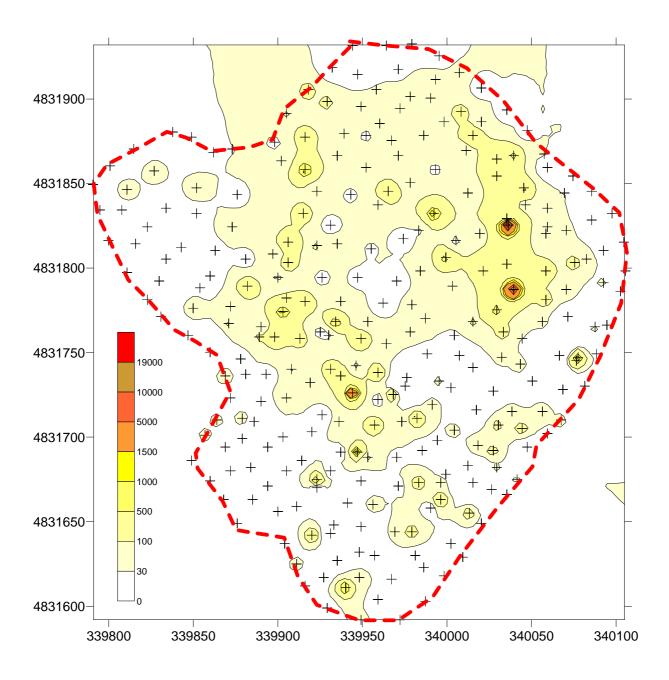


(Figura 3g)

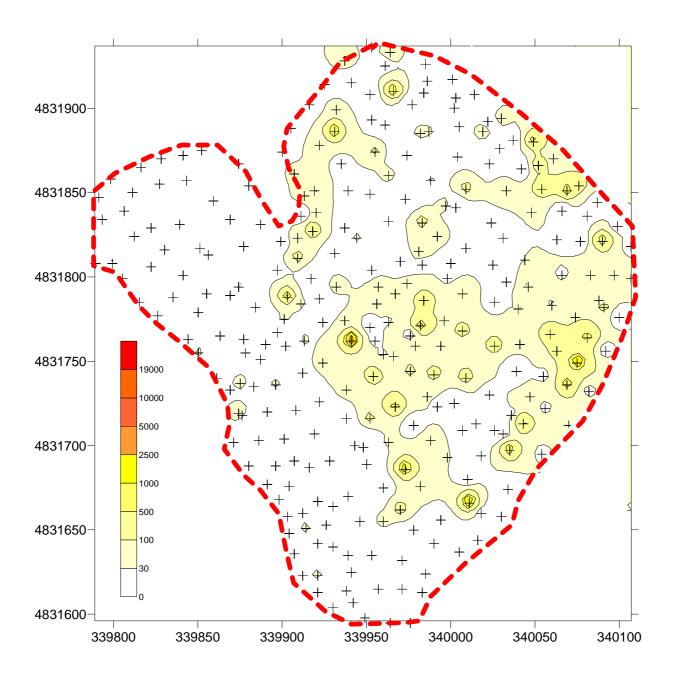


Mappa di Flusso CO2 – Ottobre 2015

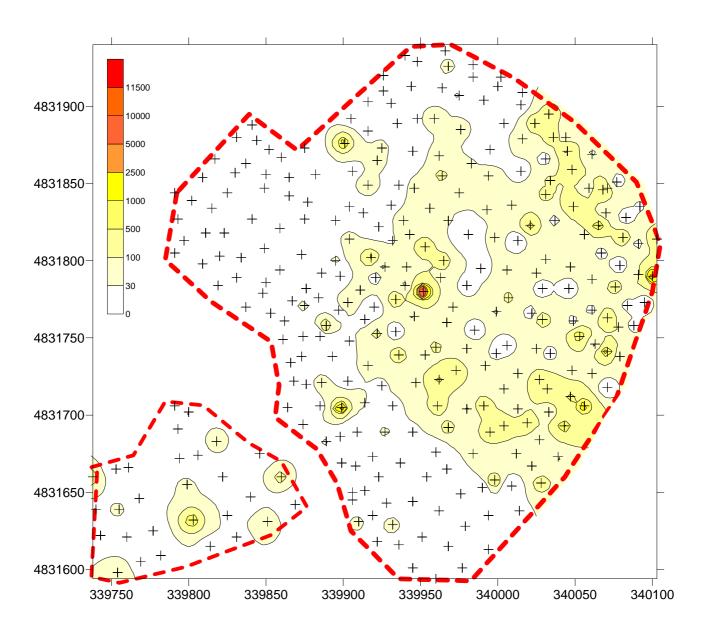
(Figura 3h)



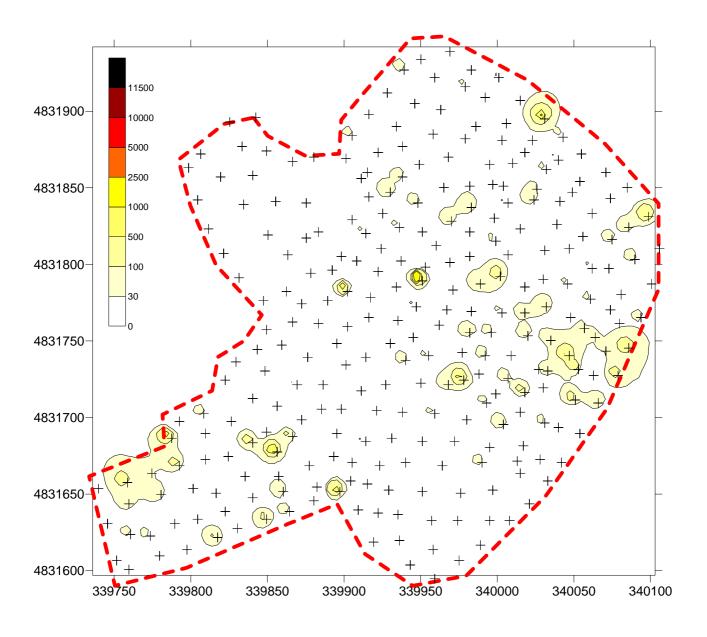
(Figura 3i)



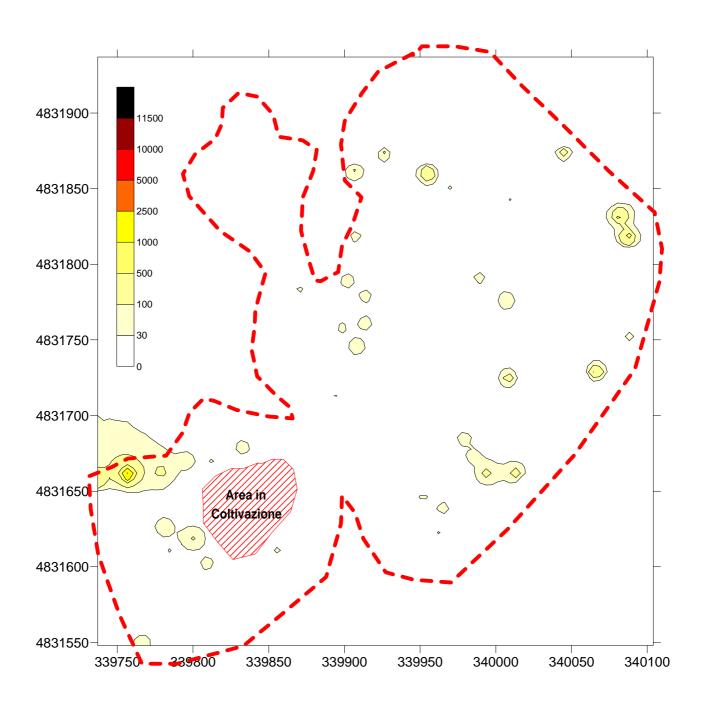
(Figura 3I)



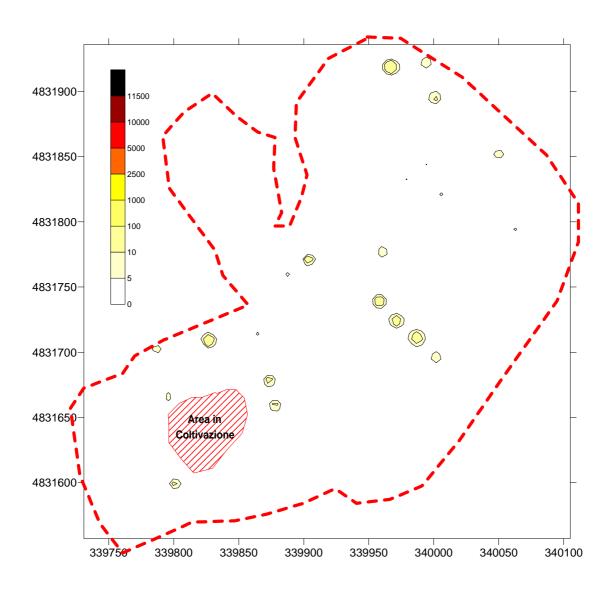
(Figura 3m)



(Figura 3n)



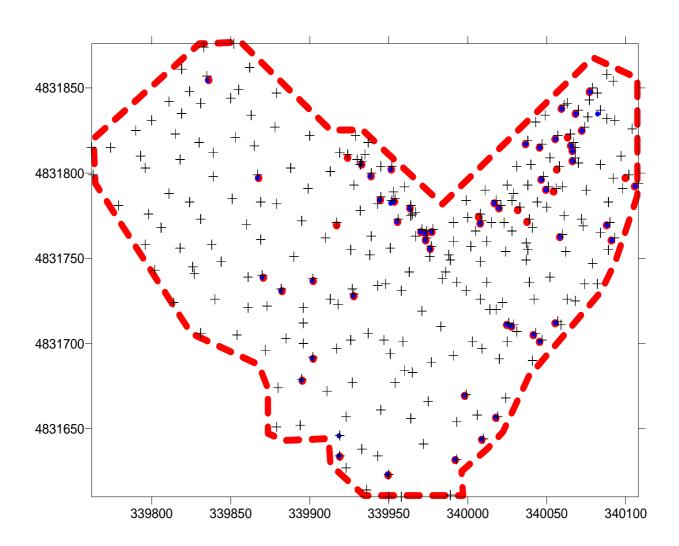
(Figura 30)



Mappa Outlier - Gennaio 2008

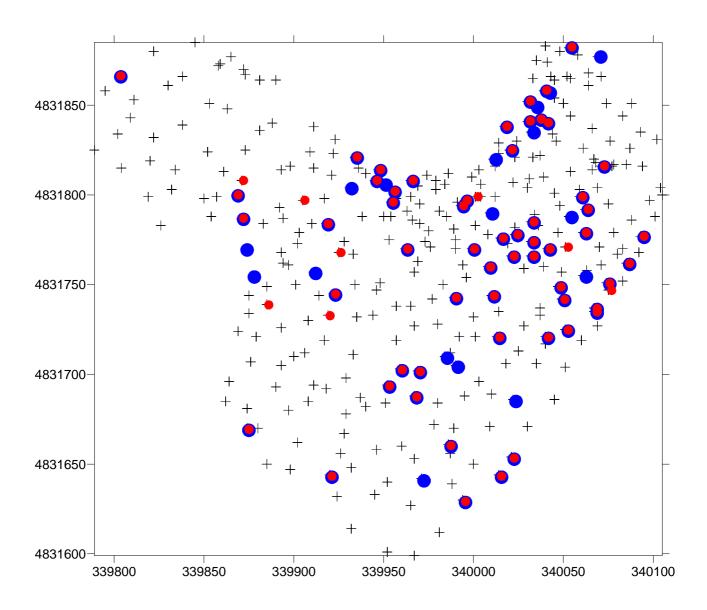
(Figura 4a)





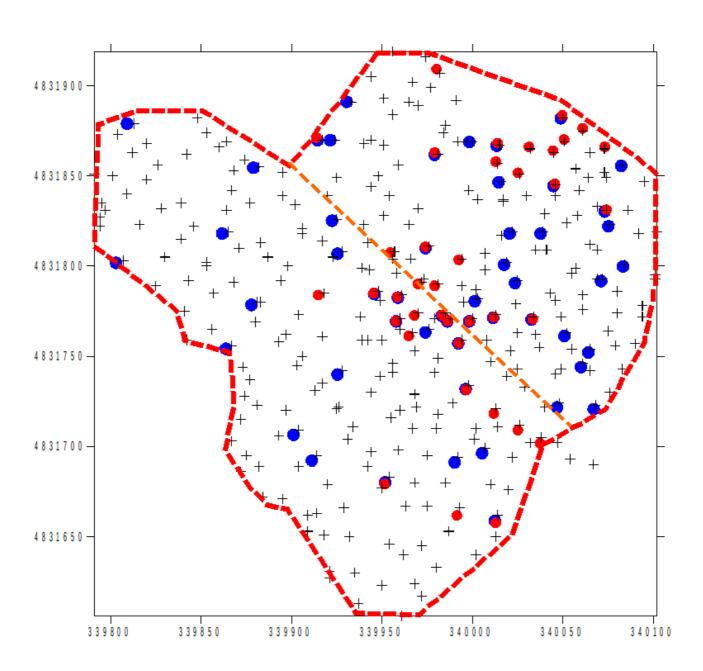
(Figura 4b)





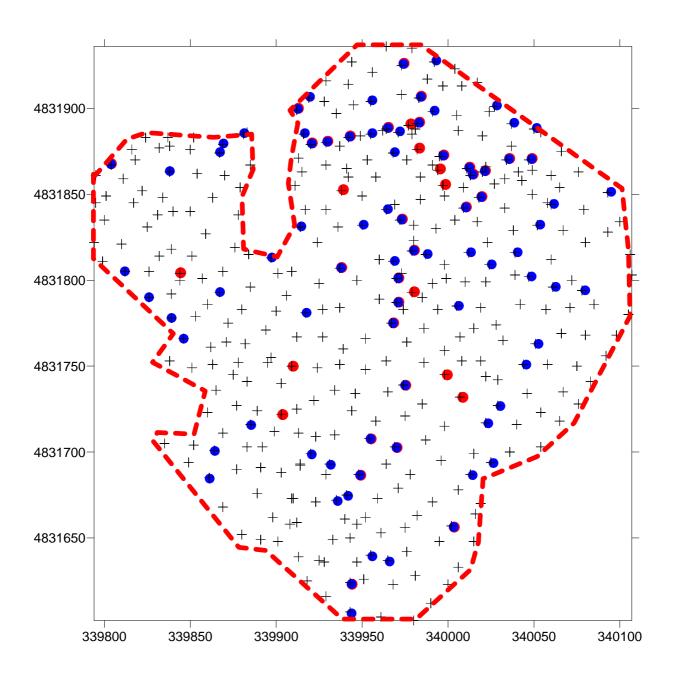
(Figura 4c)

• CH4 • CO2



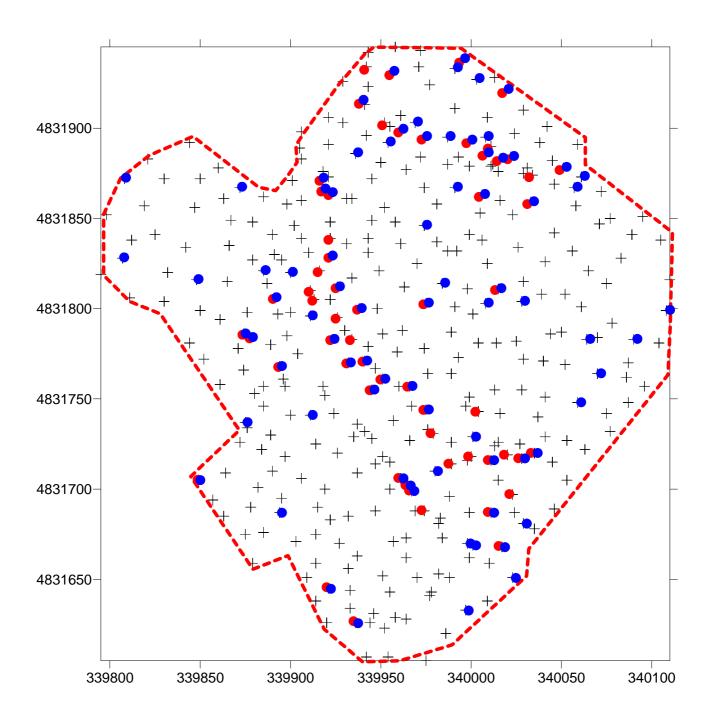
(Figura 4d)

CH4CO2



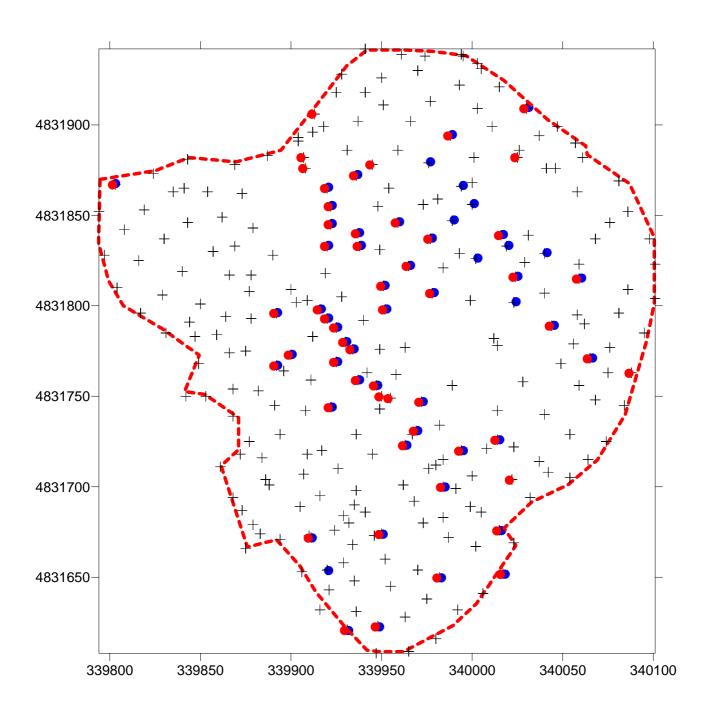
(Figura 4e)

CH4CO2



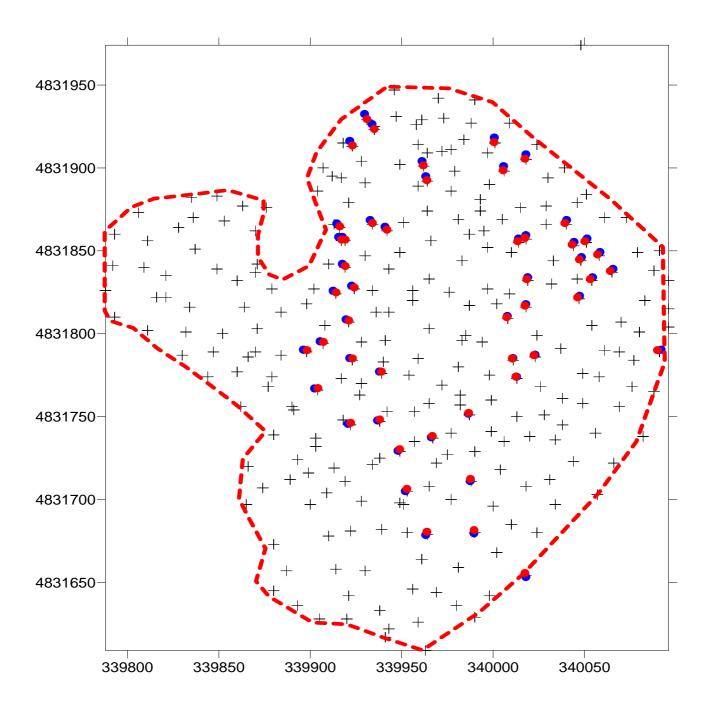
(Figura 4f)





(Figura 4g)



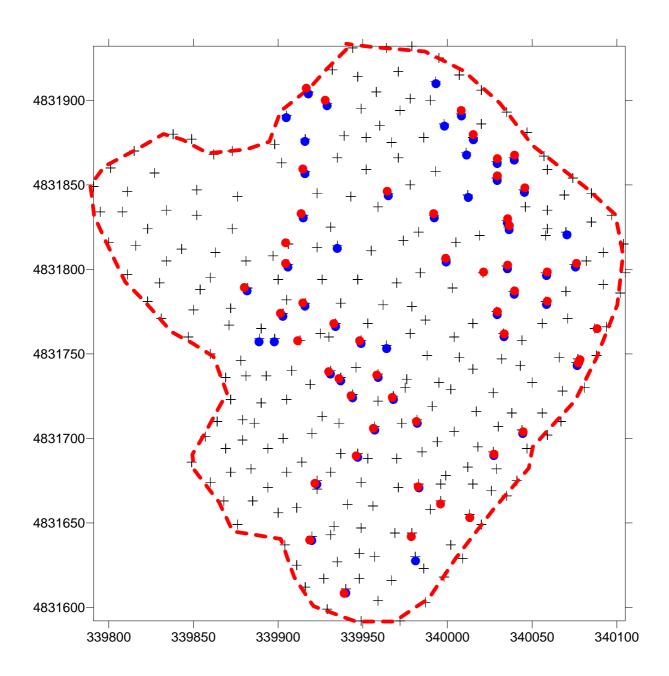


Mappa Outlier – Gennaio 2015

(Figura 4h)

CH4

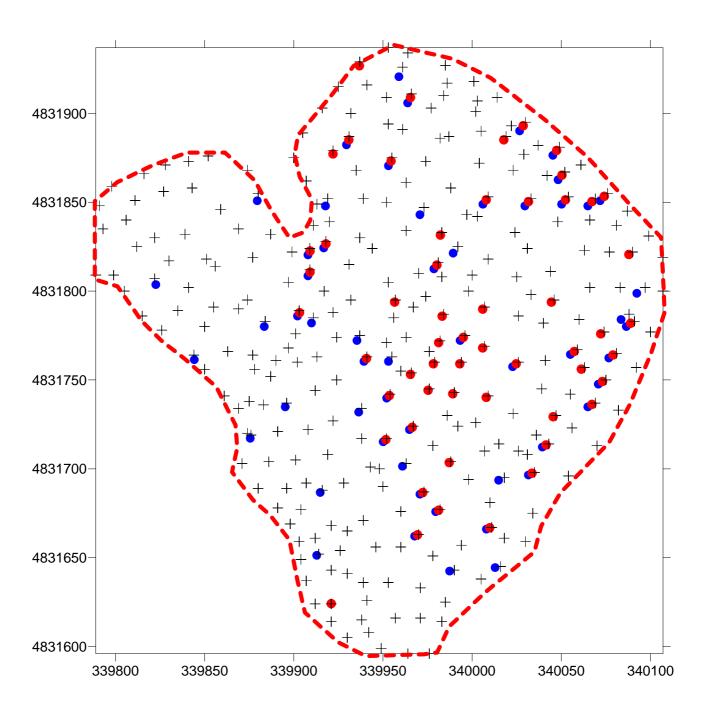
• CO2



(Figura 4i)

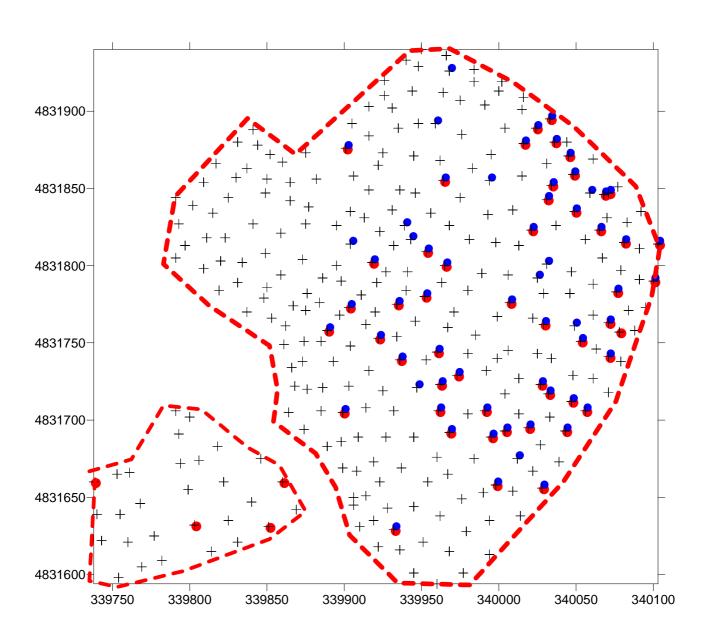
CH4

• CO2



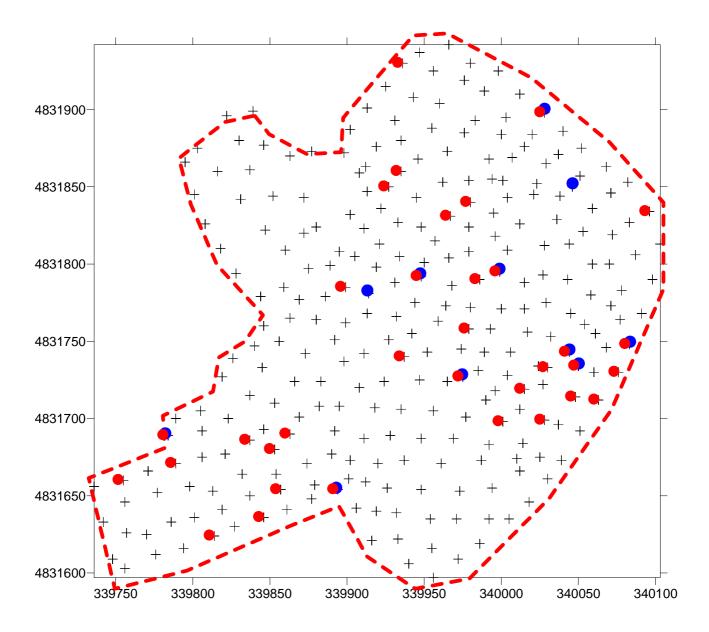
(Figura 4I)

• CH4 • CO2



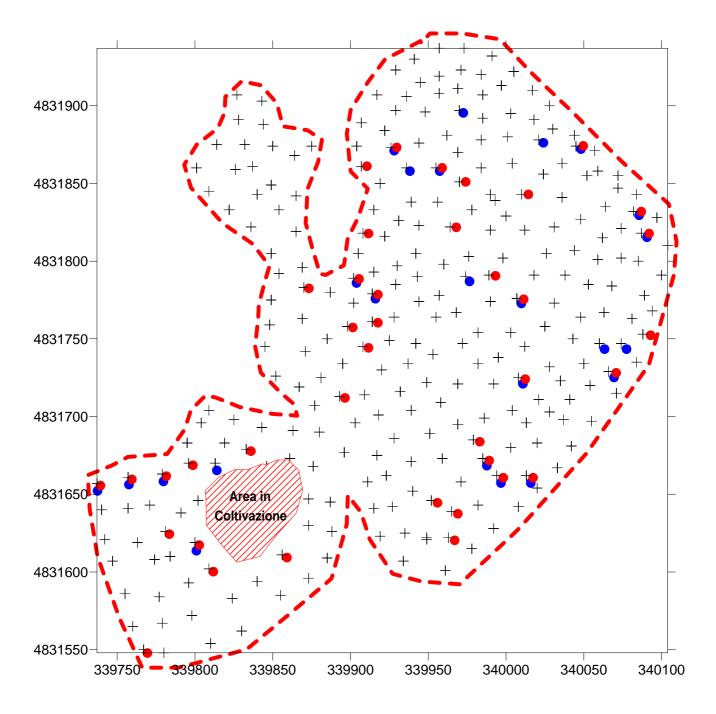
(Figura 4m)

CH4



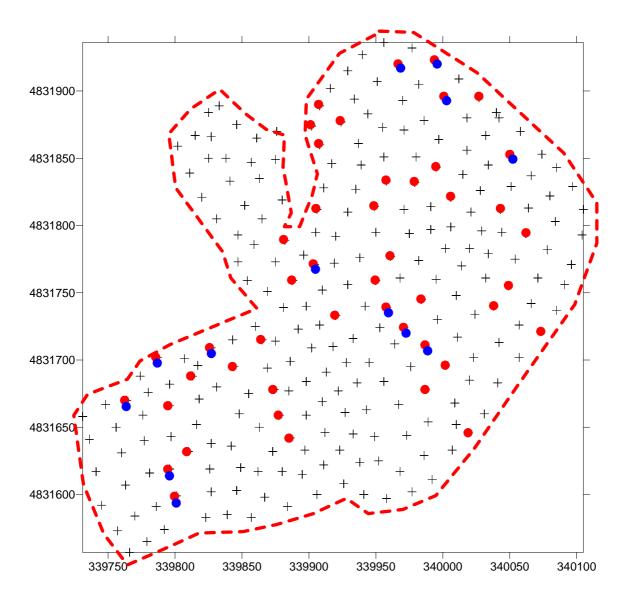
(Figura 4n)

• CH4



(Figura 4o)

CH4



CONCLUSIONI

Le anomalie di flusso di CO₂ e CH₄, come si evince dalle carte degli outlier riportate in figure 4a-n evidenziano come le emissioni diffuse insistono prevalentemente nel nuovo modulo, il quale è privo di capping definitivo e nel 1° lotto di ampliamento dove attualmente vengono abbancati i rifiuti.

Le emissioni di CO₂, pari a 0,48 moli/m²/giorno sono paragonabili a quelle emesse da un suolo maturo come evidenziato nella tabella seguente:

Flusso di CO ₂ (mol/m²/giorno)	Tipologia di vegetazione Riferimento bibliografico	
0,16	Terreni aridi (Jensen et al., 1996)	
0,18	Betulle e Ontani (Arnold K.V. et al., 2005)	
0,70	Manto erboso (Parkinson, 1981)	
0,60	Foresta di Pioppi (Nwutang et al., 2009)	
0.8 - 1.3	Grano vernino (Fiener et al., 2012)	
1,6	Campi fertilizzati (Jones et al., 2006)	
0,4	Pascolo (Salimon et al., 2004)	

Tabella 5: Dati bibliografici: tasso di respirazione dei suoli

L'Ente per la Protezione Ambientale della Gran Bretagna (UKEPA) nel documento "LFTGN07 – Guidance on monitoring landfill gas surface emissions (2010)" indica, per il metano i seguenti standard emissivi:

- 0,001 mg/m²/s per le coperture definitive.
- 0,1 mg/m²/s per coperture provvisorie.

L'emissione media di CH₄ sull'intero corpo della discarica è di 0,042 mg/m²/s, ovvero un ordine di grandezza inferiore rispetto al limite indicato dal documento LFTGN07 per le coperture provvisorie.

ALLEGATO I

Calcoli

CH₄ misurato	Unità di Misura
411	m³/giorno
411 x 365 = 150015	m³/anno
150015 : 0,022414 = 6692915,142	moli/anno
6692915,142 x 16 = 107086642,3	grammi/anno
107086642,3 : 1000000 = 107,08	ton/anno

CH₄ misurato	Unità di Misura
411	m³/giorno
411 : 24 = 17,125	m³/ora
17,125 : 3600 = 0,0047	m3/secondo
0,0047 : 0,022414 = 0,212	moli/secondo
0,212 x 16 = 3,395	grammi/secondo
3,395 x 1000 = 3395	mg/secondo
3395 : 80000 = 0,042	mg/s/m ²