



Impianto di trattamento rifiuti e produzione di biometano

Proponente "HUMUS S.R.L."

Cutrofiano (Le)

Osservazioni sul progetto

Autore:

Dott. Sergio Mangia

Associazione italiana Medici per l'Ambiente

Sezione di Lecce

Lecce, 20 aprile 2024

Documento composto da un totale di 20 pagine

Amministrazioni competenti:

- 1) Regione Puglia servizio.ecologia@pec.rupar.puglia.it
protocollo@pec.ager.puglia.it
- 2) Provincia di Lecce protocollo@cert.provincia.le.it
ambiente@cert.provincia.le.it
- 3) Comune di Cutrofiano protocollo.comune.cutrofiano@pec.rupar.puglia.it
- 4) ARPA, Sezione Provinciale di Lecce dap.le.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it
- 5) Vigili del Fuoco, Comando Provinciale di Lecce ... com.lecce@cert.vigilfuoco.it
- 6) Azienda ULS di Lecce dipartimento.prevenzione.asl.lecce@pec.rupar.puglia.it
protocollo.asl.lecce@pec.rupar.puglia.it

Indice

1. *Introduzione*
2. *Mancata coerenza del progetto con il fabbisogno locale di trattamento della FORSU, mancata sostenibilità ambientale, inadeguata analisi delle alternative progettuali*
3. *Emissione di sostanze odorigene e rischio di inquinamento olfattivo*
4. *Rischi tossicologici e infettivologici*
5. *Emissioni inquinanti*
6. *Emissioni di gas clima-alteranti*
7. *Rischi di incidente rilevante e assoggettabilità dell'impianto alla normativa Seveso*
8. *Bibliografia*

1. Introduzione

Il presente documento è finalizzato alla formulazione di osservazioni riguardanti il progetto per un impianto di trattamento rifiuti e produzione di biometano proposto da "HUMUS S.R.L." nel territorio comunale di Cutrofiano (Le). Considerazioni più generali sulla gestione sostenibile della frazione organica dei rifiuti urbani (FORSU) sono state già espresse da ISDE Italia (International Society of Doctors for Environment) nel position paper disponibile al seguente link <http://www.isde.it/wp-content/uploads/2014/02/2015-02-Position-Paper-FORSU-finale.pdf>

Si descriveranno, in particolare, gli elementi in base ai quali sarebbe opportuno un diniego autorizzativo da parte degli enti competenti in merito alla possibile realizzazione di tale insediamento industriale, che appare non essenziale per la Comunità, molto costoso, inquinante, scarsamente sostenibile e potenzialmente a rischio di incidente rilevante.

Si ricorda, in premessa, che la FORSU deve essere gestita secondo la gerarchia di priorità individuata dalla UE (Direttiva 2008/98/CE), privilegiando la riduzione della produzione (prevenzione, mediante autocompostaggio) e il riciclaggio/recupero di materia.

Quest'ultimo è identificabile unicamente con il compostaggio aerobico tradizionale, mentre la digestione anaerobica (DA), che è principalmente finalizzata al recupero di energia, è da considerare scelta di secondo livello¹ e, come tale, subordinata alla sussistenza di condizioni tali da impedire o rendere inadeguata la realizzazione di un impianto di compostaggio aerobico o, al contrario, da rendere necessario il recupero energetico in base al reale fabbisogno locale o a criteri di sostenibilità ambientale.

Pertanto, indipendentemente dalle possibili criticità proprie degli impianti di DA ed a quelle legate alle particolari caratteristiche del digestato (descritte di seguito nel documento), nel caso specifico in esame una corretta analisi decisionale non dovrebbe prescindere dalle seguenti evidenze:

- in base ad una recente revisione ufficiale, l'attuale fabbisogno regionale pugliese di trattamento della FORSU è nullo, in quanto gli impianti esistenti e quelli già autorizzati e in via di realizzazione sono in grado di coprire adeguatamente le necessità regionali;
- lo specifico contesto locale e regionale nel quale l'impianto di DA è stato proposto non è caratterizzato da alcun deficit energetico da colmare. La produzione di energia elettrica pugliese è attualmente superiore di oltre il 90% rispetto al fabbisogno regionale (Fonte:

TERNA) e la presenza della regione Puglia al primo posto a livello nazionale per produzione di gas clima-alteranti da impianti industriali (Fonte: ISTAT) rende urgente e indispensabile, ai fini del raggiungimento degli obiettivi internazionali (COP21), un deciso cambio di rotta verso l'utilizzo di fonti rinnovabili (ad es. eolico, solare) che NON PREVEDANO combustioni. Questo aspetto non può essere garantito da un impianto di DA (per aspetti di seguito chiariti) né dal biometano da esso prodotto, che sarà comunque destinato alla combustione. Come meglio specificato in seguito nel presente documento, la produzione energetica generata dagli impianti di DA non procede nella direzione della sostenibilità di cui la Puglia ha urgente necessità e non garantirebbe miglioramenti significativi né in relazione alla produzione di gas clima-alteranti, né in termini di stoccaggio di carbonio nel suolo.

Il compostaggio aerobico tradizionale, con impianti adeguatamente dimensionati e realizzati, dovrebbe essere preferito in via prioritaria rispetto agli impianti di DA anche per i minori costi di realizzazione e gestione, per il minore impatto ambientale e per l'assenza di rischi di incidenti rilevanti. Proprio in considerazione degli elevati costi per la realizzazione e la gestione degli impianti di DA, la sostenibilità di questi ultimi è ancora fortemente legata alla erogazione di incentivazioni statali, senza le quali questi impianti sarebbero difficilmente proponibili, realizzabili e gestibili dal punto di vista imprenditoriale².

2. Mancata coerenza del progetto con il fabbisogno locale di trattamento della FORSU, mancata sostenibilità ambientale, inadeguata analisi delle alternative progettuali.

Il progetto prevede che l'impianto tratti, nel suo complesso, 80.000 t/anno di rifiuti in ingresso (60.000 ton/anno di FORSU e 20.000 ton di sfalci di vegetazione), sviluppando una produzione di biometano di circa 546 Smc/h. Tra i rifiuti in ingresso troviamo: rifiuti biodegradabili di cucine e mense, rifiuti dei mercati, feci animali, urine e letame (comprese le lettiere usate), scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione di alimenti, scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione di frutta, conserve ecc. , scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione della industria Lattiero casearia), scarti inutilizzabili per il consumo o la trasformazione della industria dolciaria e panificazione), rifiuti prodotti dalla distillazione di bevande alcoliche, fanghi di recupero dei bagni di macerazione (green liquor), scarti di tessuti vegetali, rifiuti derivanti dalla silvicoltura, scarti di corteccia e sughero, segatura, trucioli, residui di taglio, legno, pannelli di truciolare e piallacci, scarti di corteccia e legno, rifiuti biodegradabili, fanghi di depurazione delle acque civili o di origine agro-industriale.

L'individuazione del fabbisogno residuo di impianti di trattamento della FORSU raccolta in maniera differenziata nelle diverse regioni Italiane è stata infatti oggetto di una ricognizione pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

Secondo tale ricognizione, il fabbisogno residuo della regione Puglia è NULLO, in considerazione della capacità degli impianti esistenti, tale da coprire completamente le necessità regionali.

Alle capacità di ricezione della FORSU degli impianti esistenti a livello regionale ed alla ricognizione ufficiale citata, inoltre, andrebbero aggiunte le capacità di ricezione che saranno a breve rese disponibili da altri impianti autorizzati ed in via di realizzazione.

L'impianto proposto, dunque, appare sproporzionato sia rispetto al fabbisogno regionale (considerando anche le eventuali previsioni di incremento della raccolta di FORSU) che agli altri impianti esistenti.

Dal punto di vista imprenditoriale questa evidenza non è ovviamente sufficiente a giustificare la mancata realizzazione dell'impianto che, in considerazione della grande capacità di trattamento e del regime di libero mercato e al fine di consentire la copertura degli elevatissimi costi di realizzazione (oltre 30 milioni di euro) e gestione e adeguati profitti, quasi certamente e inevitabilmente accoglierà FORSU proveniente da altre regioni.

In questo documento, tuttavia, l'analisi parte dalla tutela dei fabbisogni e degli interessi delle Comunità locali e non di quelli imprenditoriali. Da questo punto di vista, ai fini dell'espressione di un adeguato giudizio di compatibilità territoriale dell'impianto, dovrebbe prevalere la considerazione che l'eventuale previsione di misure economiche di compensazione non servirà ad annullare le conseguenze dei possibili impatti ambientali e sanitari dell'impianto in progetto, che saranno a completo ed esclusivo carico delle aree interessate dall'insediamento.

L'elevata capacità di trattamento dell'impianto proposto e la sproporzione tra questa e il fabbisogno locale/regionale di trattamento della FORSU renderà inevitabile l'accoglienza di rifiuti provenienti da lunga distanza (fuori provincia, fuori regione). La distanza dell'impianto dal luogo di produzione e raccolta della FORSU incide pesantemente e negativamente sulla sostenibilità e sull'impatto ambientale, sia in termini di emissioni di gas clima-alteranti che di bilancio tra energia consumata per approvvigionamento/trattamento della FORSU ed energia prodotta³.

Anche alla luce di queste considerazioni, non sembra che nell'ambito del progetto dei proponenti sia stata eseguita un'adeguata analisi delle alternative progettuali, che avrebbero dovuto comprendere almeno altre due possibilità:

- Alternativa zero (non realizzare il progetto)
- Alternative di processo o strutturali (differenti tecnologie e processi)

In particolare, non emergono elementi di rilievo per escludere l'alternativa zero in considerazione dei dati disponibili ed illustrati in precedenza, relativi alla capacità regionale esistente di trattamento della FORSU.

In secondo luogo, le eventuali necessità locali di trattamento della FORSU potrebbero, comunque, essere completamente coperte, più facilmente e in modo più economico e sostenibile, da un impianto di compostaggio aerobico che, con un investimento imprenditoriale di molto inferiore e con un corretto dimensionamento, potrebbe essere adeguato alle migliori tecnologie disponibili (BAT) di settore, annullando le criticità ambientali (in particolare l'inquinamento odorigeno) e garantendo il rispetto dei limiti di legge. Quest'ultima possibilità (peraltro prevista come parte del progetto dei proponenti) escluderebbe anche le possibili ricadute ambientali legate all'emissione di inquinanti da processi di combustione del biogas/biometano prodotto e le possibili criticità legate al digestato (vedi seguito).

3. Emissione di sostanze odorogene e rischio di inquinamento olfattivo

Una delle motivazioni addotte dai proponenti per giustificare la realizzazione dell'impianto di DA è anche quella di evitare potenziali odori molesti generati da un impianto di trattamento aerobico della FORSU.

Tuttavia, bisogna considerare i seguenti aspetti:

- anche gli impianti di DA generano inquinamento odorigeno, soprattutto a causa dell'emissione di H₂S, ammonio e composti volatili organici (VOCs)⁴⁻⁶, con variabilità stagionale ⁶.
- Le emissioni odorogene degli impianti di compostaggio aerobico tradizionale non sono inevitabili e, al contrario, possono essere ben controllate soprattutto grazie ad un adeguato dimensionamento degli impianti, a biofiltri adeguati e al rispetto delle BAT (Best Available Technologies) di settore.
- Il progetto dei proponenti prevede anche una sezione di compostaggio aerobico, che in tal modo continuerà ad essere presente nell'ambito territoriale di riferimento.

Alla luce delle considerazioni esposte, l'obiettivo della riduzione delle emissioni odorogene:

- potrebbe non essere completamente garantito in seguito alla realizzazione dell'impianto in progetto, perché anche la DA (specie in alcune fasi di lavorazione) rende possibile inquinamento odorigeno (nonostante le previste misure di mitigazione) e in seguito alla persistenza di una sezione destinata al compostaggio aerobico;

- sarebbe perseguibile, secondo legge e nel rispetto delle comunità esposte, anche indipendentemente dalla realizzazione dell'impianto di DA, mediante adeguamento alle BAT delle strutture finalizzate al solo compostaggio aerobico della FORSU.

In merito al monitoraggio delle emissioni odorigene, l'analisi dei parametri prevista dal piano di monitoraggio e controllo appare non dettagliata, mancando in particolare informazioni specifiche sulle emissioni di *dietilammina*, *dimetilammina*, *etilammina*, *dimetilsolfuro*, *dimetildisolfuro*, *a-pinene*, *b-pinene*.

I controlli solo semestrali, inoltre, potrebbero sottostimare, specie nel primo anno di attività dell'impianto, il reale impatto odorigeno delle fasi di lavorazione sia durante l'ordinaria operatività che, soprattutto, in caso di eventuali e possibili criticità transitorie.

4. Rischi tossicologici e infettivologici

Il digestato prodotto dagli impianti di DA può avere caratteristiche molto differenti e quindi un diverso impatto ambientale, costo di produzione, valore di mercato e utilità in agricoltura⁷. Un digestato di alta qualità, in particolare, richiede dei trattamenti che ne riducano il contenuto di sostanze chimiche tossiche organiche e inorganiche e di batteri potenzialmente pericolosi, e che limitino la conversione dell'azoto proteico in ammoniaca⁸.

Tutto questo concorre ad aumentare i costi energetici ed economici riducendo l'efficienza e non sempre si dimostra completamente efficace. La DA, infatti, non è sempre in grado di rimuovere efficacemente alcuni contaminanti tossici organici e inorganici presenti nelle frazioni in ingresso come, ad esempio, farmaci^{9, 10}, sostanze chimiche tossiche^{11, 12} e metalli pesanti¹³.

Dal punto di vista tossicologico alcune sostanze chimiche (compresi alcuni farmaci^{9, 10}), possono raggiungere nel prodotto finale della DA concentrazioni maggiori rispetto al materiale in ingresso all'impianto. Un recente studio condotto sulla DA di FORSU ha mostrato che tale procedura può comportare una concentrazione di metalli pesanti nel digestato, con un incremento medio di 1.6 volte¹³. Le elevate concentrazioni di metalli pesanti, inoltre, possono essere trasferite a prodotti agricoli coltivati in campi trattati con digestato, con possibili conseguenze sulla salute umana¹⁴.

L'aspetto relativo alla presenza di metalli pesanti assume particolare rilievo nel caso del progetto dei proponenti, in quanto tra i codici CER dei rifiuti in ingresso compaiono anche quelli relativi a fanghi di depurazione.

La mancata capacità, da parte della DA, di rimuovere efficacemente contaminanti organici dalla frazione organica^{11, 12} può generare genotossicità¹².

Dal punto di vista microbiologico, la DA non è sempre in grado di rimuovere efficacemente germi patogeni presenti nelle frazioni organiche in ingresso all'impianto¹⁵, compresi i clostridi¹⁶. È stato rilevato che rischi particolarmente alti per i consumatori finali possono derivare dalla presenza di *Klebsiella* e *Salmonella*¹⁷, rendendo indispensabili ulteriori trattamenti di igienizzazione. Tuttavia,

neanche il successivo compostaggio aerobico del digestato appare in grado di ridurre in maniera utile la presenza di alcuni batteri patogeni come, ad esempio, la *Salmonella Derby*¹⁸, un batterio di origine animale in grado di causare infezioni ed epidemie nell'uomo¹⁹⁻²¹.

La pericolosità sanitaria secondaria a tali evidenze deriva dal fatto che ammendanti provenienti da impianti di DA possano essere veicolo di trasferimento di batteri patogeni a vegetali destinati al consumo umano²².

Inoltre, indipendentemente dalla presenza di batteri patogeni, la presenza di residui di antibiotici¹⁰ e di geni di antibiotico-resistenza (ARG) nel digestato¹⁰ può incrementare il rischio di diffusione ambientale di antibiotico-resistenza^{23, 24}.

In merito all'impianto in progetto, rischi potrebbero anche derivare dall'alimentazione diretta dell'impianto con fanghi provenienti da impianti di depurazione delle acque civili o di origine agro-industriale.

I fanghi in ingresso all'impianto possono contenere un ampio spettro di sostanze tossiche organiche e inorganiche come metalli pesanti¹⁴, farmaci²⁵, pesticidi.

Come nel caso del digestato, la presenza nei fanghi di antibiotici, antibatterici e metalli²⁶⁻²⁸ può in particolare promuovere la selezione di geni di antibiotico-resistenza (ARG) e batteri antibiotico-resistenti che, oltre a generare rischi sanitari per esseri umani e animali, possono alterare la comunità microbica naturale dei suoli e la loro funzione, oltre che entrare nella catena alimentare²⁹.

Nei fanghi compostati è stata segnalata la presenza di numerosi farmaci (ad es. antibiotici, antinfiammatori, psicofarmaci, ormoni) e il compostaggio è in grado di ridurre la concentrazione solo di alcune di queste sostanze tossiche²⁷.

5. Emissioni inquinanti

Gli impianti di DA generano numerose emissioni inquinanti (particolato, NOx, SOx, HCl, VOCs, odori, CH₄, H₂S, NH₃, ammine, COD) durante tutte le fasi di lavorazione, che sono più numerose, tecnicamente più complesse e difficili da monitorare rispetto al solo compostaggio aerobico tradizionale.

In particolare, la combustione in loco di gas naturale in impianti di co-generazione finalizzati alla produzione di energia elettrica e termica, pur se dotati di sistemi di abbattimento per gli ossidi di azoto e composti organici volatili, causa l'emissione in atmosfera di numerosi composti chimici, tra i quali sostanze nocive alla salute umana (alcune delle quali cancerogeni): formaldeide (Gruppo 1 IARC), monossido di carbonio, NOx, HCl, VOCs, acetaldeide, metano incombusto, anidride carbonica.

Tali emissioni espongono potenzialmente sia i lavoratori che la popolazione residente in prossimità degli impianti a rischi non trascurabili e addizionali rispetto all'esistente.

Nell'analisi dei proponenti manca un'adeguata previsione quantitativa del biogas/biometano che sarà bruciato nella torcia di sicurezza, che avrà effetti addizionali rispetto alle emissioni generate in corso di normale operatività. La portata della torcia è di 1.250 Nm³/h (dunque, non affatto trascurabile) e le emissioni di quest'ultima non sono state incluse nella quantificazione degli effetti delle emissioni sull'ambiente insieme ad altre sorgenti inquinanti responsabili soprattutto di emissione di gas climaalteranti ³⁰ [sfiati, caldaia a metano, caldaia a biogas, gruppo elettrogeno a metano, emissioni diffuse delle vasche].

Dall'analisi sugli impatti ambientali (e, di conseguenza, sanitari) delle emissioni prodotte dall'impianto in progetto sono stati esclusi alcuni specifici inquinanti primari tossici (ad es. formaldeide, silossani) e, soprattutto, gli inquinanti secondari ³¹ (particolato secondario, ozono). Un recente studio condotto su impianti italiani di produzione di biogas/biometano alimentati con FORSU ha dimostrato elevati livelli di rischio (definiti dagli Autori "non trascurabili" e "alti") per i lavoratori, a causa delle significative concentrazioni atmosferiche, nell'ambiente di lavoro, di particolato (in media fino a circa 204.88 µg/m³, concentrazioni di molto superiori a quelle indicate come tollerabili dall'OMS per la popolazione generale, pari ad una media annua di 20 µg/m³) e di bioaerosol (una miscela di tossine, batteri e miceti)³². I rischi per i lavoratori legati al bioaerosol sono stati esaminati anche da un altro recente studio che ha rilevato consistenti pericoli per la contaminazione di funghi patogeni³³.

Si noti che i limiti di emissione per gli inquinanti gassosi concessi dalla normativa vigente agli impianti di cogenerazione sono notevolmente superiori rispetto a quelli concessi alle centrali termoelettriche alimentate a gas naturale che, pur rispettando i limiti di emissione, possono avere effetti misurabili sulla salute umana ³⁵. I fattori di emissione di polveri sottili di un impianto di cogenerazione alimentato a biogas, inoltre, sono maggiori di quelli di un simile impianto alimentato con gas naturale³⁶.

Anche per questi motivi gli impianti di cogenerazione costituiscono un rischio per la salute dei residenti nelle aree limitrofe, addizionale rispetto all'esistente.

Le emissioni di *formaldeide* rappresentano un problema assolutamente non trascurabile e non adeguatamente valutato nel progetto dei proponenti. La formaldeide è il principale inquinante, fra i composti del carbonio, che si forma nei processi di combustione del metano in un motore a combustione interna³⁷, per l'incompleta combustione del metano, particolarmente favorita dal basso potere calorifico del gas.

Una recente analisi condotta in impianti italiani ha registrato emissioni di formaldeide comprese tra 0.50 e 0.88 mg/Nm³ (38). Queste concentrazioni sono di assoluto rilievo alla luce della classificazione IARC della formaldeide come "cancerogeno certo" (classe 1), del valore guida stabilito dall'OMS già nel 1987 per la popolazione generale, pari nel breve termine a 0.1mg/m³ (media 30 minuti)³⁹ ed al valore guida proposto per esposizione cronica, pari a 0.21 mg/m³. I possibili sforamenti dei limiti di legge per la maggiore parte delle emissioni e la presenza della formaldeide dovrebbero spingere il legislatore al divieto, attraverso una normativa adeguata, della combustione in loco del biogas.

La tutela della salubrità ambientale e l'assenza di conseguenze sanitarie per i residenti nelle aree limitrofe all'impianto secondarie all'emissione in atmosfera di inquinanti sarebbe, secondo i proponenti, garantita dal semplice rispetto dei limiti di legge e delle MTD.

Tale affermazione non appare in grado di assicurare un'adeguata tutela ambientale e sanitaria alla luce delle considerazioni esposte in precedenza nel presente paragrafo e per le seguenti motivazioni aggiuntive:

- secondo le stime dei proponenti, l'impianto in progetto emetterà *PTS*.

Incrementi nelle concentrazioni atmosferiche di *PTS* da 29 a 92 µg/m³ sono in grado di aumentare il rischio di disturbi respiratori negli adulti⁴⁰. Effetti ancora più marcati sono possibili per esposizioni in età pediatrica e in gravidanza.

Incrementi significativi della mortalità in bambini di età inferiore a 10 anni sono stati descritti per concentrazioni di *PTS* superiori a 100 µg/m³ (41). Peggioramenti proporzionali della funzionalità respiratoria in età pediatrica sono stati rilevati per ogni incremento di 40 µg/m³ delle concentrazioni atmosferiche di *PTS*⁴² e, per esposizioni durante la gravidanza, incrementi proporzionali delle concentrazioni atmosferiche di *PTS* (variazioni medie inter-quartile) sono associate ad incrementi significativi del rischio di mortalità neonatale per tutte le cause e di mortalità neonatale per cause respiratorie⁴³.

- Secondo le stime dei proponenti, l'impianto in progetto emetterà *Nox*. Le emissioni di *NOx* hanno effetti diretti sulla salute umana, senza un limite al di sotto del quale le concentrazioni atmosferiche di questo inquinante gassoso siano ritenute innocue per la salute⁴⁴. Il rischio sanitario negli esposti è proporzionale alle concentrazioni atmosferiche^{45, 46} e le emissioni di *NOx* generano, nel breve termine, aumento di mortalità per tutte le cause e per cause cardio-respiratorie⁴⁷ e, nel lungo termine, tumore maligno del polmone^{45, 46}. Il rischio di cancro del polmone è proporzionale alle concentrazioni atmosferiche di *NOx* (incremento del rischio del 3% per ogni incremento di 10 µg/m³ delle concentrazioni atmosferiche di *NOx*) e di *NO₂* (incremento del rischio del 4% per ogni incremento di 10 µg/m³ delle concentrazioni atmosferiche di *NO₂*)⁴⁵.

Le emissioni di *NOx* dell'impianto in progetto, inoltre, si sommerebbero a quelle dello stesso inquinante prodotte dal traffico veicolare, dal riscaldamento domestico e da altre fonti presenti nell'area e contribuirebbero ad incrementare in maniera significativa la formazione di ozono e di

altri inquinanti secondari^{31, 48-51}. Le emissioni di NOx sono, infatti, insieme a quelle di ammonio, tra le cause principali di formazione di particolato secondario da impianti di produzione di biogas⁵², oltre che essere precursori dell'ozono. È opportuno sottolineare che l'analisi dei proponenti non ha considerato l'impatto dell'impianto in progetto in termini di formazione degli inquinanti secondari. Tale considerazione è aggravata dall'evidenza che l'analisi degli impatti ambientali dell'impianto non considera l'inquinamento potenziale da ozono fotochimico e da gas ad effetto serra.

- i Silossani sono sostanze frequentemente contenute in rifiuti di origine domestica e in acque reflue e sono volatilizzati nel biogas prodotto da DA. Quando ossidati, i silossani si convertono in ossidi di silicone³⁷ e sono presenti nelle emissioni da combustione di biogas come particelle di dimensioni nanometriche (5-100nm), con effetti potenzialmente tossici per la salute umana (cancerogeni, mutageni, asmagenici e con effetti negativi per la riproduzione)⁵³. È rilevante ricordare come le particelle nanometriche possano spostarsi anche di centinaia di Km dal punto di origine per effetto degli agenti atmosferici e che rappresentano la frazione granulometrica con i rischi più elevati dal punto di vista sanitario.

È stato recentemente dimostrato come particelle nanometriche di ossidi di silicone siano in grado di generare processi flogistici cronici (specie se associati a temperature fredde) e alterazioni metaboliche in cellule adipose⁵⁴ e, in modelli animali, sono in grado di attivare processi neurodegenerativi^{55, 56}. La presenza di ossidi di silicone nelle emissioni dell'impianto non è stata considerata dai proponenti, così come le potenziali conseguenze ambientali e sanitarie.

- Alcune delle sostanze tossiche emesse dall'impianto non sono normate (ad es. VOCs, formaldeide), pur comportando documentati e rilevanti rischi sanitari anche per incrementi modesti delle loro concentrazioni atmosferiche.

- Come ricordato in precedenza, l'analisi dei proponenti ha ignorato la formazione di inquinanti secondari (soprattutto particolato secondario, ozono) che si formano a valle delle sorgenti puntiformi e diffuse a partire da precursori gassosi, ammonio e acqua⁵⁷. Gli effetti ambientali (e, di conseguenza, sanitari) degli inquinanti secondari sono stati ignorati dai proponenti.

L'impianto in progetto, in particolare, emetterà, oltre agli ossidi di azoto (vedi in precedenza), anche NH₃, uno dei principali precursori del PM_{2.5} secondario, che contribuisce per più dell'80% alla frazione atmosferica totale di PM_{2.5}^{58, 59}. Questo può influenzare la mortalità generata da PM_{2.5}⁶⁰.

Si ricorda, a questo proposito, che per il particolato non è identificabile una soglia minima al di sotto della quale esso non sia in grado di causare effetti sanitari misurabili^{61, 62} e che qualunque incremento (anche minimo) delle concentrazioni atmosferiche di particolato nell'area in esame potrebbe essere responsabile di conseguenze misurabili sulla salute degli esposti (compresi i lavoratori). Le concentrazioni di particolato secondario, inoltre, potrebbero essere di molto superiori a quelle di particolato primario (quello emesso direttamente dall'impianto in progetto).

Tra gli inquinanti secondari deve essere ricordato anche l'ozono (O₃), uno dei principali componenti dello smog fotochimico. Si forma per processi fotochimici dalla reazione della luce solare con inquinanti quali NO_x, SO₂, ossidi di carbonio⁶³ e composti organici volatili^{64, 65}. Tutti questi inquinanti saranno prodotti dall'impianto in progetto e, di conseguenza, le emissioni di quest'ultimo potranno generare un incremento delle concentrazioni atmosferiche di ozono nell'area. La formazione e le conseguenze di tale inquinante non sono state considerate dai proponenti nella loro analisi progettuale. L'ozono può causare problemi respiratori, scatena crisi asmatiche, riduce la funzione polmonare e causa patologie polmonari⁶⁶, compromette lo sviluppo dell'apparato respiratorio in età pediatrica⁶⁷. La concentrazione atmosferica di questo inquinante è persino stata messa recentemente in relazione all'insorgenza e alla frequenza degli attacchi di panico negli esposti⁶⁸.

Alcuni studi condotti in Paesi europei hanno dimostrato che per ogni incremento di 10µg/m³ nella concentrazione atmosferica di ozono (indipendentemente dal rispetto dei limiti di legge) si hanno incrementi significativi della mortalità giornaliera per tutte le cause, per cause respiratorie e cardiovascolari (studio APHEA 2)^{69, 70}. È stato inoltre dimostrato che l'esposizione a lungo termine di ozono può contribuire alla patogenesi del tumore maligno del polmone⁷¹, induce una serie di alterazioni neurologiche⁷² e aumenta il rischio di M. di Parkinson negli esposti⁷³.

- La valutazione del rischio secondaria a dispersione e ricaduta degli inquinanti utilizzata dai proponenti considera unicamente il ruolo di inquinanti assunti per via inalatoria, trascurando completamente il ruolo di sostanze tossiche assunte con alimenti provenienti da suoli e alimenti potenzialmente contaminati. È di assoluto rilievo, a questo proposito, ricordare la presenza di terreni agricoli in aree limitrofe all'impianto.

Questo renderebbe necessario lo sviluppo di uno studio adeguato sulle ricadute degli inquinanti prodotti dall'impianto in progetto sulle produzioni agricole o gli allevamenti presenti nel raggio di ricaduta.

6. Emissioni di gas clima-alteranti

La Puglia ha il primato nazionale di emissioni di gas serra e inquinanti da emissioni industriali (Fonte: ISTAT). Questo ha generato e continua a generare criticità ambientali e sanitarie ed è urgente rivedere i modelli di sviluppo da perseguire, ricorrendo a scelte sostenibili finalizzate a ridurre i rischi ed a perseguire rapidamente ed efficacemente gli obiettivi internazionali fissati dalla COP21. Tale percorso non può, in un contesto come quello regionale pugliese, fare a meno di escludere per quanto possibile forme di produzione energetica che prevedano forme di combustione, privilegiando il ricorso a fonti rinnovabili con minore impatto ambientale (ad es. eolico, solare).

L'impianto in progetto contribuirà alle emissioni di gas con effetto clima-alterante a causa dell'utilizzo di combustibili fossili (alimentazione dell'impianto, traffico veicolare), per i processi di

combustione *in loco* del biogas/gas naturale, per le emissioni fuggitive, per le emissioni prodotte dal digestato³⁰, per il trasporto della FORSU dal luogo di raccolta all'impianto³, in seguito alla raffinazione del biogas a biometano³⁰ ed alla combustione di quest'ultimo.

È stato osservato anche come la produzione di CO₂ da combustione diretta di biogas sia maggiore rispetto a quella, pur significativa, prodotta in seguito a combustione di metano³⁷. Se è vero che gli impianti di DA contribuiscono ad un minore utilizzo di combustibili fossili ed allo stoccaggio del carbonio nel suolo, è stato tuttavia suggerito che i benefici relativi in termini di riduzione di gas clima-alteranti sono inferiori rispetto alle conseguenze ambientali da essi prodotti⁷⁴.

La quantità di CO₂ liberata in atmosfera dal solo compostaggio è maggiore della quantità di CO₂ prodotta dalla sola digestione anaerobica, se però non comprendiamo la CO₂ risultante dal compostaggio successivo del digestato e dalla depurazione dei liquidi, nonché quella prodotta dai processi di raffinazione da biogas a biometano e dalla combustione del biogas/biometano derivato da quest'ultimo processo. È rilevante notare che la quantità di gas serra risparmiata grazie al deposito di carbonio nei suoli si può ottenere anche grazie al compost prodotto in soli impianti aerobici, specie se adeguatamente realizzati (rispetto delle BAT, biofiltri, adeguato dimensionamento etc.), evitando in tal modo gli effetti negativi dei processi di combustione utilizzati in seguito a DA.

A livello di ecologia del suolo, inoltre, gli effetti del digestato possono rivelarsi controintuitivi. Se da un lato il digestato può (nel caso di una buona qualità del prodotto) apportare importanti elementi nutritivi al suolo (in particolare azoto), i complessi fattori metabolici che regolano le relazioni tra microorganismi e caratteristiche fisico-chimiche del suolo possono dar luogo a "effetti di rimbalzo". Il digestato, con il suo altro contenuto di azoto, può alterare il metabolismo del suolo portando alla rapida degradazione del carbonio organico e quindi al rilascio di gas a effetto serra dal suolo: l'opposto di quanto si prefigge un'agricoltura che miri alla sostenibilità⁷⁵.

Una recente analisi basata sulla revisione di 147 studi LCA (Life Cycle Assessment) ha dimostrato la superiorità del compostaggio aerobico rispetto alla DA in termini di cattura e sequestro del carbonio nei suoli e di risparmio di acqua, con maggiori benefici in termini di riduzione di gas clima-alteranti⁷⁶. Secondo la stessa LCA, l'unico concreto motivo per preferire la DA sarebbe la necessità di produzione energetica.

Tuttavia, la Puglia, il contesto regionale nel quale questo impianto sarebbe realizzato, è la regione italiana con le maggiori emissioni di gas clima-alteranti a livello nazionale (Fonte: ISTAT) ed è per questo motivo prioritario, rispetto alla produzione energetica (di cui non si sente il bisogno), l'adozione di tutte le tecnologie possibili sia per ridurre ulteriori emissioni che, d'altra parte, per migliorare le misure di mitigazione come, ad esempio, proprio la cattura e il sequestro di carbonio nei suoli.

Da questo punto di vista, dunque, impianti di DA come quello in progetto avrebbero da un lato lo svantaggio di favorire le emissioni di gas serra in seguito a combustione sia di biogas (*in loco*) che

di biometano (*in loco* e in seguito a utilizzo finale) e, dall'altro, minori capacità di cattura e sequestro di carbonio nei suoli in confronto a impianti di compostaggio aerobico tradizionale. Un'altra recente analisi LCA ha dimostrato che la combustione del biogas/biometano genera impatti ambientali in termini di eutrofizzazione, ecotossicità delle falde acquifere, acidificazione, produzione di particolato atmosferico, formazione di ozono e tossicità per l'uomo e che i benefici relativi in termini di riduzione di gas clima-alteranti sono inferiori rispetto alle conseguenze ambientali⁷⁴.

I guadagni ambientali in termini di riduzione delle emissioni di gas clima-alteranti sono fortemente limitati dall'elevato consumo di energia nelle differenti fasi di lavorazione, dalle emissioni fuggitive di gas clima-alteranti e dal rilascio di CH₄ in seguito a conferimento in discarica degli abbondanti residui di processo⁷⁷.

Riguardo alle emissioni di gas serra da parte degli impianti di digestione anaerobica con utilizzo del biogas (da sottoporre a trattamento per la trasformazione in biometano) finalizzato alla produzione di energia, un'analisi LCA ha evidenziato come questa dipenda da numerosi fattori e quanto sia pesantemente influenzata dalla forma di energia non rinnovabile che andrebbe sostituita³⁶.

È a questo proposito da sottolineare che, nel particolare contesto geografico di riferimento, l'utilizzo del combustibile finale prodotto dall'impianto (biometano) non *sostituirebbe* le emissioni provenienti da altre fonti (combustibili fossili) ma *si sommerebbe* ad esse in considerazione dell'assenza attuale di un'adeguata pianificazione di settore.

È anche utile ricordare che, in considerazione del particolare contesto regionale pugliese (produzione di energia superiore al 90% rispetto al fabbisogno [fonte: TERNA]), la combustione di biometano/gas naturale prodotto dall'impianto in oggetto, oltre a non sostituire altre forme di approvvigionamento fossile, potrebbe persino avere effetto inibente sulla produzione di energia da fonti rinnovabili. Una valutazione adeguata dell'impatto degli impianti di DA in termini di emissione di gas ad effetto serra non dovrebbe mai prescindere dalla situazione preesistente alla realizzazione.

È infine da ricordare che un incremento delle emissioni di gas serra nell'area in esame penalizzerebbe qualità e produttività delle colture presenti nell'area, in maniera addizionale rispetto a quanto già evidente in conseguenza delle modificazioni climatiche.

In questo caso il danno vegetale indotto dall'incremento della concentrazione atmosferica di gas clima-alteranti si sommerebbe a quello causato dall'incremento delle concentrazioni di altri inquinanti primari e secondari e di ozono.

7. Rischi di incidente rilevante e assoggettabilità dell'impianto alla normativa Seveso.

Gli impianti di DA generano gas infiammabili e utilizzano elevate temperature e pressioni come strumenti del processo produttivo. Per questi motivi sono ad elevatissimo rischio di incidenti rilevanti.

Qualche anno fa è stata pubblicata su una rivista internazionale una revisione di alcuni incidenti occorsi in Europa in impianti per la produzione di biogas. Gli Autori osservano che la rapida crescita degli impianti a biogas realizzati negli ultimi anni nel nostro continente è associata ad un incremento nel numero assoluto di incidenti durante le fasi di operatività e che quest'ultimo sta crescendo molto più rapidamente della quantità di energia prodotta da queste installazioni⁷⁸. Sono stati esaminati un totale di 208 incidenti occorsi in impianti di produzione di biogas europei tra il 2006 e il 2016, un numero che gli stessi Autori hanno definito inferiore rispetto a quello reale. Tutti gli impianti erano stati realizzati e monitorati secondo le normative vigenti e gli incidenti consistevano in gran parte in incendi, emissioni anomale, avvelenamenti o soffocamenti da gas, esplosioni, sversamenti inquinanti nell'ambiente. Nel periodo 2006-2015 quattro di questi incidenti sono stati fatali e, tra il 2007 e il 2011, il numero degli incidenti si è quintuplicato⁷⁸.

Queste evidenze dimostrano che la sicurezza di questa tipologia impiantistica deve essere ancora di molto migliorata e che, qualora realizzati, la presenza fisica degli impianti rappresenta un pericolo per i lavoratori e per i territori limitrofi, nonostante le precauzioni previste per legge. Probabilmente quando l'evoluzione tecnologica e normativa sarà tale da rendere la sicurezza di questi impianti efficace ed efficiente, la loro realizzazione e gestione sarà molto meno conveniente per l'imprenditoria privata, specie se dovessero venir meno le incentivazioni statali.

Dal punto di vista normativo, in ogni caso, le nuove disposizioni in materia di classificazione di sostanze pericolose (D.Lgs. 105/2015) rendono indispensabile l'assoggettabilità dell'impianto in progetto alla normativa Seveso secondo quanto definito dall'art. 3, comma 1, lett. "o" del D.Lgs 105, anche perché la normativa Seveso III, in modo più esplicito rispetto al passato, inserisce i rifiuti tra le sostanze/miscele che concorrono al raggiungimento delle soglie che determinano l'assoggettabilità al campo di applicazione della suddetta normativa. In particolare, la Nota 5 all'Allegato 1 del D.Lgs 105/2015 riporta che *"Le sostanze pericolose che non sono comprese nel regolamento CLP (CE) n. 1272/2008, compresi i rifiuti, ma che si trovano o possono trovarsi in uno stabilimento e che presentano o possono presentare, nelle condizioni esistenti in detto stabilimento, proprietà analoghe per quanto riguarda la possibilità di incidenti rilevanti, sono provvisoriamente assimilate alla categoria o alla sostanza pericolosa specificata più simile, che ricade nell'ambito di applicazione del presente decreto"*.

8. Bibliografia

1. Di Ciaula A, Gentilini P, Laghi F, Tamino G, Mocci M, Migaleddu V. Il trattamento della frazione organica dei rifiuti urbani (FORSU): International Society of Doctors for Environment (ISDE), 2015.
2. Vasco-Correa J, Khanal S, Manandhar A, Shah A. Anaerobic digestion for bioenergy production: Global status, environmental and techno-economic implications, and government policies. *Bioresource technology* 2018; **247**: 1015-26.
3. Fan YV, Klemes JJ, Lee CT, Perry S. Anaerobic digestion of municipal solid waste: Energy and carbon emission footprint. *Journal of environmental management* 2018; **223**: 888-97.
4. Smet E, Van Langenhove H, De Bo I. The emission of volatile compounds during the aerobic and the combined anaerobic/aerobic composting of biowaste. *Atmospheric Environment* 1999; **33**(8): 1295-303.
5. Fisher RM, Barczak RJ, Stuetz RM. Identification of odorant characters using GC-MS/O in biosolids emissions from aerobic and anaerobic stabilisation. *Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research* 2018; **2017**(3): 736-42.
6. Kong X, Liu J, Ren L, et al. Identification and characterization of odorous gas emission from a fullscale food waste anaerobic digestion plant in China. *Environmental monitoring and assessment* 2015; **187**(10): 624.
7. Tampio E, Salo T, Rintala J. Agronomic characteristics of five different urban waste digestates. *Journal of environmental management* 2016; **169**: 293-302.
8. Tampio E, Salo T, Rintala J. Characteristics and agronomic usability of digestates from laboratory digesters treating food waste and autoclaved food waste. *Journal of Cleaner Production* 2015; **94**: 86-92.
9. Boix C, Ibanez M, Fabregat-Safont D, et al. Behaviour of emerging contaminants in sewage sludge after anaerobic digestion. *Chemosphere* 2016; **163**: 296-304.
10. Wolters B, Widyasari-Mehta A, Kreuzig R, Smalla K. Contaminations of organic fertilizers with antibiotic residues, resistance genes, and mobile genetic elements mirroring antibiotic use in livestock? *Applied microbiology and biotechnology* 2016; **100**(21): 9343-53.
11. Guerra P, Kleywegt S, Payne M, et al. Occurrence and Fate of Trace Contaminants during Aerobic and Anaerobic Sludge Digestion and Dewatering. *Journal of environmental quality* 2015; **44**(4): 1193-200.
12. Gonzalez-Gil L, Papa M, Feretti D, et al. Is anaerobic digestion effective for the removal of organic micropollutants and biological activities from sewage sludge? *Water research* 2016; **102**: 211-20.
13. Knoop C, Dornack C, Raab T. Nutrient and heavy metal accumulation in municipal organic waste from separate collection during anaerobic digestion in a two-stage laboratory biogas plant. *Bioresource technology* 2017; **239**: 437-46.
14. Shamsollahi HR, Alimohammadi M, Momeni S, et al. Assessment of the Health Risk Induced by Accumulated Heavy Metals from Anaerobic Digestion of Biological Sludge of the Lettuce. *Biological trace element research* 2018.
15. Burch TR, Spencer SK, Borchardt SS, Larson RA, Borchardt MA. Fate of Manure-Borne Pathogens during Anaerobic Digestion and Solids Separation. *Journal of environmental quality* 2018; **47**(1): 336-44.
16. Romanazzi V, Bonetta S, Fornasero S, De Ceglia M, Gilli G, Traversi D. Assessing *Methanobrevibacter smithii* and *Clostridium difficile* as not conventional faecal indicators in effluents of a wastewater treatment plant integrated with sludge anaerobic digestion. *Journal of environmental management* 2016; **184**(Pt 2): 170-7.
17. Owamah HI, Dahunsi SO, Oranusi US, Alfa MI. Fertilizer and sanitary quality of digestate biofertilizer from the co-digestion of food waste and human excreta. *Waste management* 2014; **34**(4): 747-52.
18. Maynaud G, Pourcher AM, Ziebal C, et al. Persistence and Potential Viable but Non-culturable State of Pathogenic Bacteria during Storage of Digestates from Agricultural Biogas Plants. *Frontiers in microbiology* 2016; **7**: 1469.
19. Arnedo-Pena A, Sabater-Vidal S, Herrera-Leon S, et al. An outbreak of monophasic and biphasic *Salmonella* Typhimurium, and *Salmonella* Derby associated with the consumption of dried pork sausage in Castellon (Spain). *Enfermedades infecciosas y microbiologia clinica* 2016; **34**(9): 544-50.

20. Moanna A, Bajaj R, del Rio C. Emphysematous cholecystitis due to Salmonella derby. *The Lancet Infectious diseases* 2006; **6**(2): 118-20.
21. Simon S, Trost E, Bender J, et al. Evaluation of WGS based approaches for investigating a foodborne outbreak caused by Salmonella enterica serovar Derby in Germany. *Food microbiology* 2018; **71**: 46-54.
22. Murphy S, Gaffney MT, Fanning S, Burgess CM. Potential for transfer of Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes and Salmonella Senftenberg from contaminated food waste derived compost and anaerobic digestate liquid to lettuce plants. *Food microbiology* 2016; **59**: 7-13.
23. Luo G, Li B, Li LG, Zhang T, Angelidaki I. Antibiotic Resistance Genes and Correlations with Microbial Community and Metal Resistance Genes in Full-Scale Biogas Reactors As Revealed by Metagenomic Analysis. *Environmental science & technology* 2017; **51**(7): 4069-80.
24. Ma Y, Wilson CA, Novak JT, et al. Effect of various sludge digestion conditions on sulfonamide, macrolide, and tetracycline resistance genes and class I integrons. *Environmental science & technology* 2011; **45**(18): 7855-61.
25. Rizzo L, Manaia C, Merlin C, et al. Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: a review. *The Science of the total environment* 2013; **447**: 345-60.
26. Gao P, He S, Huang S, et al. Impacts of coexisting antibiotics, antibacterial residues, and heavy metals on the occurrence of erythromycin resistance genes in urban wastewater. *Applied microbiology and biotechnology* 2015; **99**(9): 3971-80.
27. Verlicchi P, Zambello E. Pharmaceuticals and personal care products in untreated and treated sewage sludge: Occurrence and environmental risk in the case of application on soil - A critical review. *The Science of the total environment* 2015; **538**: 750-67.
28. Fujimoto M, Carey DE, McNamara PJ. Metagenomics reveal triclosan-induced changes in the antibiotic resistome of anaerobic digesters. *Environmental pollution* 2018; **241**: 1182-90.
29. Thiele-Bruhn S. Pharmaceutical antibiotic compounds in soils – a review. *J Plant Nutr Soil Sci* 2003; **166**(2): 145-67.
30. Moller J, Boldrin A, Christensen TH. Anaerobic digestion and digestate use: accounting of greenhouse gases and global warming contribution. *Waste management & research : the journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA* 2009; **27**(8): 813-24.
31. Grosjean D, Seinfeld JH. Parameterization of the formation potential of secondary organic aerosols. *Atmospheric Environment* 1989; **23**: 1733-47.
32. Traversi D, Gorrasi I, Pignata C, et al. Aerosol exposure and risk assessment for green jobs involved in biomethanization. *Environment international* 2018; **114**: 202-11.
33. Mbareche H, Veillette M, Dubuis ME, et al. Fungal bioaerosols in biomethanization facilities. *Journal of the Air & Waste Management Association* 2018.
34. Schievano A, Adani F, Terruzzi L. Emissioni da cogeneratori installati in impianti di biogas. Revisione critica di dati da letteratura scientifica. Milano: Dipartimento di scienze agrarie e ambientali, Università di Milano.
35. Di Ciaula A. Emergency visits and hospital admissions in aged people living close to a gas-fired power plant. *European journal of internal medicine* 2012; **23**(2): e53-8.
36. Blengini GA, Brizio E, Cibrario M, Genon G. LCA of bioenergy chains in Piedmont (Italy): A case study to support public decision makers towards sustainability. *Resources, Conservation and Recycling* 2011; **57**(0): 36-47.
37. Kuo J, Dow J. Biogas production from anaerobic digestion of food waste and relevant air quality implications. *Journal of the Air & Waste Management Association* 2017; **67**(9): 1000-11.
38. Benato A, Macor A, Rossetti A. Biogas engine emissions: standards and on-site measurements. *Energy Procedia* 2017; **126**(09): 398-405.
39. Binetti R, Costamagna FM, Marcello I. Development of carcinogenicity classifications and evaluations: the case of formaldehyde. *Annali dell'Istituto superiore di sanita* 2006; **42**(2): 132-43.
40. Vegni FE, Castelli B, Auxilia F, Wilkinson P. Air pollution and respiratory drug use in the city of Como, Italy. *European journal of epidemiology* 2005; **20**(4): 351-8.

41. Diaz J, Linares C, Garcia-Herrera R, Lopez C, Trigo R. Impact of temperature and air pollution on the mortality of children in Madrid. *Journal of occupational and environmental medicine* 2004; **46**(8): 768-74.
42. Sugiri D, Ranft U, Schikowski T, Kramer U. The influence of large-scale airborne particle decline and traffic-related exposure on children's lung function. *Environmental health perspectives* 2006; **114**(2): 282-8.
43. Son JY, Bell ML, Lee JT. Survival analysis of long-term exposure to different sizes of airborne particulate matter and risk of infant mortality using a birth cohort in Seoul, Korea. *Environmental health perspectives* 2011; **119**(5): 725-30.
44. Kraft M, Eikmann T, Kappos A, et al. The German view: effects of nitrogen dioxide on human health-derivation of health-related short-term and long-term values. *IntJHygEnvironHealth* 2005; **208**(4): 305-18.
45. Hamra GB, Laden F, Cohen AJ, Raaschou-Nielsen O, Brauer M, Loomis D. Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental health perspectives* 2015.
46. Yang WS, Zhao H, Wang X, Deng Q, Fan WY, Wang L. An evidence-based assessment for the association between long-term exposure to outdoor air pollution and the risk of lung cancer. *European journal of cancer prevention : the official journal of the European Cancer Prevention Organisation* 2015.
47. Heinrich J, Thiering E, Rzehak P, et al. Long-term exposure to NO₂ and PM₁₀ and all-cause and cause-specific mortality in a prospective cohort of women. *Occupational and environmental medicine* 2013; **70**(3): 179-86.
48. Cassee FR, Boere AJ, Bos J, Fokkens PH, Dormans JA, van LH. Effects of diesel exhaust enriched concentrated PM_{2.5} in ozone preexposed or monocrotaline-treated rats. *InhalToxicol* 2002; **14**(7): 721-43.
49. European Commission D-GfSr, Development. ExternE - Externalities of energy. Vol. 4, Oil & gas. 2011/05/27/ 1995. <http://www.externe.info/oldvolumes/vol4.pdf>.
50. Janssen NA, Schwartz J, Zanobetti A, Suh HH. Air conditioning and source-specific particles as modifiers of the effect of PM(10) on hospital admissions for heart and lung disease. *EnvironHealth Perspect* 2002; **110**(1): 43-9.
51. Laden F, Neas LM, Dockery DW, Schwartz J. Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U.S. cities. *EnvironHealth Perspect* 2000; **108**(10): 941-7.
52. Paolini V, Petracchini F, Segreto M, Tomassetti L, Naja N, Cecinato A. Environmental impact of biogas: A short review of current knowledge. *Journal of environmental science and health Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering* 2018; **53**(10): 899-906.
53. Tansel B, Surita SC. Oxidation of siloxanes during biogas combustion and nanotoxicity of Si-based particles released to the atmosphere. *Environmental toxicology and pharmacology* 2014; **37**(1): 166-73.
54. Zhang Y, Li X, Lin Y, et al. The combined effects of silicon dioxide nanoparticles and cold air exposure on the metabolism and inflammatory responses in white adipocytes. *Toxicology research* 2017; **6**(5): 705-10.
55. You R, Ho YS, Hung CH, et al. Silica nanoparticles induce neurodegeneration-like changes in behavior, neuropathology, and affect synapse through MAPK activation. *Particle and fibre toxicology* 2018; **15**(1): 28.
56. Salem A, Oudhabechi A, Sakly M. Effect of Nano-sized SiO₂ particles in Rats: Cognitive function and biochemical response. *Archives of environmental & occupational health* 2018: 1-19.
57. Ozgen S, Cernuschi S, Giugliano M. Factors governing particle number emissions in a waste-to-energy plant. *Waste management* 2015; **39**: 158-65.
58. Hand J, Schichtel BA, Pitchford M, Malm W, NH. F. Seasonal composition of remote and urban fine particulate matter in the United States. *J Geophys Res Atmospheres* 2012; **117**(D5).
59. Zhang Q, Jimenez J, Canagaratna MR, et al. Ubiquity and dominance of oxygenated species in organic aerosols in anthropogenically-influenced Northern hemisphere midlatitudes. *Geophys Res Lett* 2007; **34**(13).
60. Lee CJ, Martin RV, Henze DK, Brauer M, Cohen A, Donkelaar A. Response of global particulate matter-related mortality to changes in local precursor emissions. *Environmental science & technology* 2015; **49**(7): 4335-44.
61. Ware JH. Particulate air pollution and mortality--clearing the air. *NEnglJMed* 2000; **343**(24): 1798-9.
62. World Health Organization G. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project- first results. Denmark: World Health Organization - Regional Office for Europe, 2013.

63. Susaya J, Kim KH, Shon ZH, Brown RJ. Demonstration of long-term increases in tropospheric O₃ levels: causes and potential impacts. *Chemosphere* 2013; **92**(11): 1520-8.
64. Zheng J, Shao M, Che W, et al. Speciated VOC emission inventory and spatial patterns of ozone formation potential in the Pearl River Delta, China. *Environmental science & technology* 2009; **43**(22): 8580-6.
65. Bureau EC-EI. Best Available Techniques (BAT) Reference Document in the Large Volume Organic Chemical Industry. Seville, Spain: Institute for Prospective Technological Studies, Sustainable Production and Consumption Unit, European IPPC Bureau, 2014.
66. Uysal N, Schapira RM. Effects of ozone on lung function and lung diseases. *Curr Opin Pulm Med* 2003; **9**(2): 144-50.
67. Hwang BF, Chen YH, Lin YT, Wu XT, Leo Lee Y. Relationship between exposure to fine particulates and ozone and reduced lung function in children. *Environmental research* 2015; **137**: 382-90.
68. Cho J, Choi YJ, Sohn J, et al. Ambient ozone concentration and emergency department visits for panic attacks. *J Psychiatr Res* 2015; **62**: 130-5.
69. Samoli E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. The temporal pattern of mortality responses to ambient ozone in the APHEA project. *Journal of epidemiology and community health* 2009; **63**(12): 960-6.
70. Gryparis A, Forsberg B, Katsouyanni K, et al. Acute effects of ozone on mortality from the "air pollution and health: a European approach" project. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; **170**(10): 1080-7.
71. Valavanidis A, Vlachogianni T, Fiotakis K, Loridas S. Pulmonary oxidative stress, inflammation and cancer: respirable particulate matter, fibrous dusts and ozone as major causes of lung carcinogenesis through reactive oxygen species mechanisms. *International journal of environmental research and public health* 2013; **10**(9): 3886-907.
72. Martinez-Lazcano JC, Gonzalez-Guevara E, del Carmen Rubio M, et al. The effects of ozone exposure and associated injury mechanisms on the central nervous system. *Rev Neurosci* 2013; **24**(3): 337-52.
73. Kirrane EF, Bowman C, Davis JA, et al. Associations of Ozone and PM_{2.5} Concentrations With Parkinson's Disease Among Participants in the Agricultural Health Study. *Journal of occupational and environmental medicine* 2015; **57**(5): 509-17.
74. Ruiz D, San Miguel G, Corona B, Gaitero A, Dominguez A. Environmental and economic analysis of power generation in a thermophilic biogas plant. *The Science of the total environment* 2018; **633**: 1418-28.
75. Rigby H, Smith SR. Nitrogen availability and indirect measurements of greenhouse gas emissions from aerobic and anaerobic biowaste digestates applied to agricultural soils. *Waste management* 2013; **33**(12): 2641-52.
76. Morris J, Brown S, Cotton M, Matthews HS. Life-Cycle Assessment Harmonization and Soil Science Ranking Results on Food-Waste Management Methods. *Environmental science & technology* 2017; **51**(10): 5360-7.
77. Liu Y, Sun W, Liu J. Greenhouse gas emissions from different municipal solid waste management scenarios in China: Based on carbon and energy flow analysis. *Waste management* 2017; **68**: 653-61.
78. Travníček P, Kotek L, Junga P, Vítez T, Drapela K. Quantitative analyses of biogas plant accidents in Europe. *Renewable Energy* 2018; **122**(July): 89-97.

Dott. Sergio Mangia

Associazione italiana Medici per l'Ambiente
Sezione di Lecce

