

Al Ministero dell'Ambiente della Tutela del
Territorio e del Mare

Div II - Sistemi di Valutazione Ambientale

Via Cristoforo Colombo, 44

00147 Roma

Email: **dgsalvanguardia.ambientale@pec.minambiente.it**

c. p. c.

Al Signor Ministro dell'Ambiente della Tutela del
Territorio e del Mare

Gen. Sergio Costa

Via Cristoforo Colombo, 44

00147 Roma

Email: **segreteria.ministro@pec.minambiente.it**

c.p.c

Al Ministero dello Sviluppo Economico

Direzione Generale per la Sicurezza
dell'Approvvigionamento e le Infrastrutture
Energetiche - DIV V

Email: **dgsaie.div07@pec.mise.gov.it**

c.p.c

Regione Lombardia

Direzione Generale Ambiente e Clima

Unità organizzativa Valutazioni e Autorizzazioni
Ambientali

Email:

ambiente_clima@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Alla Provincia di Brescia

Email: **protocollo@pec.provincia.bs.it**

c.p.c

Alla Pefettura di Brescia

Email: protocollo.prefbs@pec.interno.it

c.p.c

Alla Provincia di Cremona

Email: protocollo@provincia.cr.it

c.p.c

Alla Pefettura di Cremona

Email: protocollo.prefcr@pec.interno.it

c.p.c

Comune di Annicco

Cremona

comune.annicco@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Azzanello

Cremona

comune.azzanello@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Bordolano

Cremona

bordolano@postemailcertificata.it

c.p.c

Comune di Borgo S. Giacomo

Brescia

comune.borgosangiaco@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Casalbuttano

Cremona

egov.casalbuttano@cert.poliscomuneamico.net

c.p.c

Comune di Casalmorano

Cremona

comune.casalmorano@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Castelvisconti

Cremona

castelvisconti@pec.eleusi.at

c.p.c

Comune di Corte dei Cortesi con Cignone

Cremona

comune.cortedecortesiconcignone@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Olmeneta

Cremona

comune.olmeneta.cr@pec.it

c.p.c

Comune di Paderno Ponchielli

Cremona

comune.padernoponchielli@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Ponteviso

Brescia

amministrazione@pec.ponteviso.it

c.p.c

Comune di Quinzano d'Oglio

Brescia

protocollo@pec.comune.quinzanodoglio.bs.it

c.p.c

Comune di Robecco d'Oglio

Cremona

comune.robeccodoglio@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Soresina

Cremona

comune.soresina@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Verolanuova

Brescia

protocollo@pec.comune.verolanuova.bs.it

c.p.c

Comune di Verolavecchia

Brescia

protocollo@pec.comune.verolavecchia.bs.it

c.p.c.

Stogit S.p.A.

Via Libero Comune, 5

26013 Crema – CR

operazioni@pec.stogit.it

Oggetto: “Osservazioni” - Procedura di riapertura del procedimento VIA (ID_VIP:4864) Concessione “Bordolano stoccaggio”

PREMESSA

Le presenti osservazioni sono state elaborate da un gruppo di cittadini italiani variamente residenti in luoghi prossimi all'impianto rispetto alle sue dimensioni ed alle aree di dichiarata influenza (Vedi per esempio: Provvedimento Ministero dell'Ambiente n.18804 del 08-08-2013)

Si ritiene che tali soggetti, oltre che cittadini italiani rispetto all'ambiente indivisibile, possano considerarsi legittimati ad inoltrare qualsiasi utile osservazione/informazione riguardante la sicurezza e la salubrità dei luoghi di vita, nella fattispecie, inoltrare motivate osservazioni al riguardo.

Si ritiene utile ricordare preliminarmente che l'invalidazione del Decreto di compatibilità ambientale DM 1633 del 12 novembre 2009 è cagionato proprio dalla violazione degli articoli 3-bis e 23, comma 3 del Decreto legislativo 152/2006 (mancato deposito dello Studio di Impatto Ambientale presso i Comuni interessati) riguardante la partecipazione di alcuni soggetti tra i quali diverse amministrazioni inspiegabilmente escluse anche nella attuale procedura (vedi mail pec Ezio Corradi del 13-12-2019 a Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare , Ministero Sviluppo Economico, Comuni interessati, Prefetture e Province interessate, Stogit Allegato1).

CONTROLLO SPECIFICHE DI PROGETTO RETE MONITORAGGIO E CONTROLLO RUN-TIME DATI RILEVATI - ARPA vs. CTVV

Per quanto attiene al controllo/monitoraggio della sismicità dell'impianto in questione, si vogliono, per estrema chiarezza, definire necessariamente due ambiti, rispetto anche all'ottemperanza delle prescrizioni ministeriali.

Punto A) Il primo ambito riguarda la verifica delle specifiche di progetto del sistema di monitoraggio.

Tale verifica venne svolta con esito positivo dall’Agenzia Arpa Lombardia fin dal 2010 come da lettera CTVA 2739 del 29-7-2013 vista la comunicazione di ARPA - Dipartimento della Provincia di Cremona del 03-06-2010 prot. N. 78730 nella quale essa concorda sui contenuti.

OSSERVAZIONE

Con lettera prot.139500 del 23-09-2016 la stessa ARPA Lombardia “*ha rappresentato di non possedere le strutture tecniche necessarie per attendere ai compiti ad essa assegnati.*” (Vedi: Ministero Ambiente m_amte.DVA.REGISTRO DECRETI.R.0000054.22.02.2019).

A tal proposito non si comprende come sia potuto accadere che per 6 (sei) anni ARPA non abbia constatato all’interno della propria struttura l’assenza “*delle strutture tecniche necessarie per attendere ai compiti ad essa assegnati.*” (Vedi: m_amte.DVA.REGISTRO DECRETI.R.0000054.22.02.2019).

Come si evince dal m_amte.DVA.REGISTRO DECRETI.R.0000054.22.02.2019 pare impossibile da ciò dedurre che dal 2010 al 2016, periodo di realizzazione e avviamento dell’impianto, il controllo sulla validità del sistema sia effettivamente stato realizzato.

In presumibile assenza di tale controllo sarebbe anche mancata di conseguenza la validazione dei dati sismici ottenuti e riferiti da Stogit nelle successive comunicazioni di ottemperanza.

OSSERVAZIONE

Si ritiene pertanto che tutta la raccolta dei dati relativi al periodo citato non goda delle necessarie garanzie richieste nelle prescrizioni.

Punto B) Il secondo ambito riguarda la validazione dei dati sismici raccolti run-time (durante il funzionamento quotidiano) in forma grezza e la loro analisi puntuale rispetto alle prescrizioni sismiche cui ottemperare (ovvero la valutazione dell’andamento dell’impianto).

Pare ovvio che solo dall’analisi di ciò che il sistema ha prodotto nello storico e produce oggi, sia possibile valutare l’efficienza del sistema stesso. _

Per questa ragione l’ente incaricato di verificare tale effettiva efficienza deve avere le competenze e soprattutto le strutture in termini di hardware e di software capaci di analizzare i dati raccolti sul campo e valutare la *completezza* rispetto agli eventi e micro-eventi effettivamente accaduti nelle aree di misura.

Oltretutto tali rilevamenti devono essere eseguiti necessariamente in correlazione con i dati di funzionamento dell’impianto.

OSSERVAZIONE

Pare necessario quindi il coinvolgimento di un ente sismico specializzato in grado di valutare non solo il progetto (Vedi punto A), ma in correlazione con esso, i dati forniti in un certo periodo dagli strumenti e quelli di funzionamento dell’impianto.

GESTIONE DELLA SICUREZZA SISMICA

La validazione complessiva del progetto del sistema di monitoraggio e dei dati da esso dedotti, costituisce la premessa per un suo utilizzo affidabile in termini di sicurezza.

Si apre quindi l'ambito relativo all'utilizzo delle strutture precedentemente, eventualmente validate, ambito orientato alla sicurezza delle popolazioni.

La gestione quotidiana e continuativa h24 del sistema di monitoraggio viene suggerita dalle Linee Guida del 24 novembre 2014 del Ministero dello Sviluppo ed è da affidarsi in regime di terzietà.

OSSERVAZIONE

Non risulta che tale monitoraggio sia condotto secondo i criteri di terzietà suggeriti.

COMPLETEZZA DELLA RETE MICROSISMICA

Da una semplice analisi dei dati sismici rilevati dalla rete sismica di INOGS pubblicata all'indirizzo http://rts.crs.inogs.it/it/project/1_mappa.html nel periodo dicembre 2013/dicembre 2018 per Magnitudo Locale compresa tra M0.0 e M3.3 in un ambito di circa 30 km dallo stoccaggio di Bordolano, risultano più di 35 eventi pubblicati qui <http://rts.crs.inogs.it/it/search/advancedsearch.html>

Nel documento per ottemperanza <https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/254/10271> di Stogit "Monitoraggio Microsismico (Aggiornamento dati al 31 dicembre 2018)" a pagina 15/24 figura 8 si evidenziano i sismi monitorati dalla rete sismica Stogit. Risultano presenti circa 4 eventi.

OSSERVAZIONE

Dalla comparazione dei due documenti risultano NON rilevati dalla rete Stogit, nella stessa area, circa 30 eventi. Per tale motivo si ritiene che il livello di *completezza* del sistema Stogit di rilevamento NON sia sufficientemente performante, per ragioni che avrebbero dovuto essere indagate dall'Ente preposto a suo tempo alla verifica del progetto (ARPA?).

FLOWLINES vs. PIPELINES - LIVELLI DELLE FONTI NORMATIVE

Lo Stoccaggio gas Bordolano è classificato "stabilimento a rischio rilevante". Per questa ragione, la sicurezza impiantistica dello stabilimento (interna e per gli effetti sull'esterno - PEE) è regolata dalla legge c. d. Seveso ovvero le disposizioni di cui al d. lgs. 105/2015 (recante "Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose").

È previsto che, per ogni parte dell'impianto fonte di pericolo, venga eseguita una analisi di rischio ad hoc secondo le consuete, consolidate pratiche ingegneristiche, argomento di

qualsiasi corso di ingegneria chimica presso le università italiane.

Lo Stoccaggio elabora gas metano "consegnato" (in conto stoccaggio) da una grande tubazione Snam (da Snam realizzata e gestita) fino al "punto di consegna" fisico ove Stogit lo prende in carico dal punto di vista materiale, amministrativo e della sicurezza.

Tale punto di consegna determina anche il luogo in cui il metano stoccato viene consegnato quando estratto dal sottosuolo.

Qualsiasi elemento impiantistico e minerario situato oltre il punto di consegna fa parte dello stoccaggio, e quindi è regolato dalla Normativa "Seveso".

Ciò che è situato, dal punto di vista topografico impiantistico e amministrativo, dalla parte opposta del punto di consegna non riguarda lo stoccaggio ed è, nella fattispecie gestito da Snam Rete Gas.

Nella sostanza si tratta della "tubazione di trasporto" nazionale (**pipeline**) Cremona-Sergnano del diametro di 1200 mm.e di altra pipeline proveniente dal nord di Quinzano d'Oglio.

Lo Stoccaggio, tra i suoi numerosi componenti fluidici, è costituito da numerose tubazioni di tipo minerario (per materiali, e processo di produzione, installate a breve profondità nel terreno) ,utilizzate per collegare bidirezionalmente la centrale di elaborazione del gas con i pozzi che raggiungono il giacimento sotterraneo, pozzi che si trovano ad alcune centinaia di metri dalla centrale, in recinzioni separate.

Queste tubazioni prendono di consueto il nome di **flowlines**.

Ai fini del nostro discorso e per estrema chiarezza, si può affermare che le flowlines (dello stoccaggio Stogit) e le pipelines (di Snam Rete Gas) si trovano chiaramente da parti opposte rispetto al "punto/i di consegna" definito/i prima.

Occorre chiarire che la pipeline Cremona-Sergnano (SnamReteGas) è posata in ossequio al DM 17-04-2008 "*Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0.8.*" (Ministero dello Sviluppo Economico - MISE).

Il DM 17-04-2008 a pag5 dell'allegato A recita:

" *1.Disposizioni Generali*

1.1Scopo ed ambito di applicazione.

Le presenti norme hanno lo scopo di regolamentare la progettazione la costruzione e l'esercizio degli impianti di trasporto del gas naturale ed i relativi aspetti di sicurezza allo scopo di garantire la sicurezza e l'affidabilità del sistema di trasporto stesso.

Esse si applicano a tutti gli impianti di trasporto alle reti di trasporto locale del gas con pressione massima di esercizio (MOP) superiore a 5 bar compresi nei seguenti limiti:

- *confine di stato*
- *punto di consegna degli impianti di rigassificazione del gnl*
- **punto di consegna agli impianti di stoccaggio**
- **punto di consegna da impianti di stoccaggio e campi di produzione a valle degli impianti di trattamento gas**
- *punto di riconsegna alle utenze industriali*
- *punto di riconsegna ai sistemi di distribuzione impianto (Remi escluso).* "

Se non fosse sufficientemente chiaro: la norma è rivolta agli impianti di **trasporto** del metano (pipelines), e reciprocamente da non applicarsi alle strutture dalla parte dello stoccaggio rispetto ai "punti di consegna".

Questo Decreto Ministeriale (norma di terzo livello) autolimita quindi il suo campo di applicazione alle sole tubazioni di trasporto (pipelines).

Ciò è logico per diversi motivi tra i quali, il fatto che gli impianti/componenti (e quindi le flowlines) che si trovano dalla parte dello stoccaggio rispetto ai "punti di consegna" sono regolati dalla normativa Seveso.

Le flowlines, essendo strutturalmente e funzionalmente poste dalla parte dello stoccaggio, rispetto ai punti di consegna, fanno parte dello stoccaggio e quindi devono ottemperare alla normativa Seveso che prevede per ogni componente di evidente pericolosità, come qualsiasi recipiente in pressione contenente fluidi fortemente infiammabili, una specifica analisi di rischio.

Si tenga anche conto che, analisi di rischio, vengono realizzate per le aree pozzi in cui si trovano le medesime tubazioni che, un istante prima, si trovavano sul suolo liberamente deambulabile dalla cittadinanza.

Tale deroga nell'applicazione della normativa Seveso alle flowlines, non può trarre origine da alcuna fonte normativa di livello gerarchico inferiore a quello del Decreto Ministeriale (secondo livello) DM 17-04-2008 (mancato rispetto "dell'ambito di applicazione"), né tantomeno a quello della fonte di primo livello quale la legge Seveso (mancata analisi di rischio per componenti pericolosi dello stoccaggio).

OSSERVAZIONE

Si osserva quindi che la posa delle flowlines su particelle private e/o pubbliche a diretto contatto della popolazione dovrebbe essere rivista in funzione della normativa Seveso (e non invece del DM 17-04-2008) al fine di considerare opportunamente l'oggettivo livello di rischio presente in corrispondenza delle flowlines e le estensioni delle aree a forte rischio, anche in funzione della logistica dei mezzi di soccorso nei Piani di Emergenza Esterna.

Documento di osservazioni redatto da Prof. MARCO MUCCIARELLI Direttore Tecnico INOGS - Trieste

Il Prof. Marco Mucciarelli docente di sismologia presso l'Università della Basilicata e Direttore Tecnico dello INOGS (Istituto Nazionale di Oceanografia, Geofisica e Sismologia di Trieste), è stato richiesto, a suo tempo, di formulare un giudizio indipendente sulla possibile interrelazione tra le attività di stoccaggio e la vicina Sorgente Sismogenica Composita ITCS002, diventata ora ITCS116, (dai confini convenzionali grafici leggermente più discosta verso Nord di una quantità non significativa ai fini delle considerazioni qui svolte). La nota conferma le carenze relative a:

- Analisi sismica deterministica;
- Vicinanza di faglie attive;
- Liquefazione del suolo;
- Trasparenza dei monitoraggi.

(Vedi Allegato2)

Documento di osservazioni redatto da Prof. ENZO BOSCHI già Presidente dell'INGV

Il Prof. Enzo Boschi, già Presidente dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Roma) e autore di numerosi studi sismologici attinenti le entità geologiche della zona circostante lo stoccaggio del gas (studi sulla sismicità della Valle dell'Oglio, terremoto del 12 maggio 1802), richiesto da cittadini dell'area interessata dallo stoccaggio di gas di Bordolano di fornire un parere indipendente sul rischio sismico della zona in relazione anche all'impianto in questione, ha redatto nel maggio 2017 la nota che alleghiamo.

(Vedi Allegato3)

Articolo del Prof. NICOLA ARMAROLI – CNR - Bologna

Il Prof. Nicola Armaroli, è chimico, Dirigente di ricerca presso il Consiglio Nazionale delle Ricerche, Direttore della rivista "Sapere" e membro della Accademia Nazionale delle Scienze.

E' autore, tra l'altro, di un articolo sulla rivista RICHMAC MAGAZINE – novembre 2013 che, pur incentrato sulle emissioni delle centrali turbogas, evidenzia le criticità e gli effetti sulla salute della combustione del metano in generale connessa alla produzione di NOX e particolati.

(Vedi Allegato4)

OSSERVAZIONE

Effetti sulla salute non sufficientemente evidenziati nella documentazione del "Progetto Bordolano – Stogit 2008", uniti alla grave lacuna causata dalla assenza di una Valutazione di Incidenza Sanitaria (V.I.S.). Si rileva che, secondo i dati Stogit (AIA), dagli impianti di Centrale vengono emessi fumi per 4.190.000.000 m³/anno alla temperatura di 530 °C e di 190ton/anno di NOX e 160ton/anno di CO. Tali emissioni pare vengano disperse da camini di altezza 12m, poco adatti a disperdere su una più ampia superficie, rispetto all'abitato di Bordolano, le sostanze prodotte.

OSSERVAZIONE

Si segnala anche una fortissima emissione di gas metano (309.000 m³/anno incombusti) per effetto delle c.d. "emissioni fuggitive", che, è ormai noto rappresentano alcune delle principali cause dell'aumento del CH₄ nell'atmosfera. Tali perdite risultano di alcune decine di volte più dannose (effetto serra) delle già allarmanti quantità di CO₂ prodotte.

LIQUEFACIBILITA' DEI SUOLI

Si premette che tale aspetto cosismico è stato generalmente trascurato nella storia recente tra i rischi legati ai terremoti.

Nel sisma emiliano del maggio 2012 si è invece constatato quanto tale effetto costituisca motivo di preoccupazione (vedi Blog di Marco Mucciarelli: tersiscio.blogspot.com/2012/05/il-terremoto-in-emilia-il-fracking-lo-html?m=1) sia per la posa delle tubazioni (flowlines, pipelines), che per gli stoccaggi medesimi specialmente se siti in Lombardia.

Nella documentazione di progetto dello stoccaggio di Bordolano si cita il fenomeno proprio per escluderne categoricamente, non tanto la pericolosità rispetto agli impianti di superficie ed alle tubazioni interrate a piccola profondità, quanto la sua possibile insorgenza.

Tale assicurazione però non è suffragata (nel progetto) da valori oggettivi delle caratteristiche dei luoghi che concorrerebbero invece alla formazione degli strati fangosi che caratterizzano il fenomeno della liquefazione cosismica.

Infatti la trasformazione del terreno in fango rende il suolo incapace di sopportare i carichi sulle fondazioni e crea il pericoloso effetto di galleggiamento delle tubazioni interrate a piccola profondità.

Poiché molte sono le tubazioni che, facenti parte dello stabilimento, si troverebbero potenzialmente nelle condizioni suddette, ci si aspetterebbe un maggiore livello di oggettività nell'esclusione del fenomeno della liquefazione cosismica.

A tal proposito alleghiamo uno studio corredato di tutti i rilevamenti necessari atti a stabilire che l'insorgenza del fenomeno della liquefazione non è da escludere nella posizione di coordinate 45.284605, 9.969733 a 250m. dalla centrale di compressione e relative flowline Stogit e pipeline Snam.

(Vedi Allegato5)

STATO TENSIONALE DEL GIACIMENTO vs. DEFORMAZIONI DEL SUOLO

Nell'ambito degli studi geomeccanici del giacimento ed esplicitamente riferito alla breve analisi di essi rispetto alla sorgente sismogenica composita ITCS116, si afferma: *"...la variazione dello stato tensionale rimanga confinato ("a") nel livello di stoccaggio, non interessando quindi faglie sismogeniche profonde."*

Poiché l'affermazione è categorica, si evince che non prenda in considerazione le incertezze insite nella modellazione delle strutture, infatti qualsiasi oggetto elastico o plastico sollecitato da forze, riuscirebbe a "confinare lo stato tensionale" solo nell'ipotesi che fosse infinitamente rigido, assunto improponibile per qualsiasi materiale reale.

Quindi sarebbe opportuno comunicare l'entità di tali approssimazioni.

In verità non vengono mai accostati tra loro due fenomeni analizzati nel progetto e tra loro evidentemente correlati.

Si vuole evidenziare una ragionevole correlazione tra l'affermazione precedente riguardante la presunta rigidità infinita delle strutture sotterranee e l'ampiamente documentato fenomeno

della deformazione superficiale ciclica del suolo.

Poichè tali deformazioni superficiali sono ovviamente il risultato di una catena di deformazioni provenienti dal serbatoio sotterraneo (1.800 metri di profondità) e mediate dalle deformazioni degli strati intermedi, affermare che “lo stato tensionale rimane confinato nel livello di stoccaggio”, pare incongruente.

L'evidenza del fenomeno verticale qui descritto, suggerisce che negli strati adiacenti il serbatoio, le deformazioni effettive debbano essere notevolmente superiori a quelle di 8mm di ampiezza rilevate in superficie.

Se la totalità degli strati (di 1800m) compresi tra il serbatoio e la superficie di campagna sono interessati dalle evidenti tensioni/deformazioni verticali, ci si domanda logicamente se tali deformazioni non possano essere trasmesse lateralmente e/o verticalmente per distanze simili (1.800/2.500 metri) verso le strutture sismicamente instabili che costituiscono la Sorgente Sismogenica Composita ITCS116. Tale area sismica è descritta con linee ben determinate sulle mappe, ma sicuramente con tolleranze dimensionali e di posizione non altrettanto certe (vedasi il recente spostamento chilometrico verso Nord di ITCS116 rispetto alla precedente ITCS002, che conferma la variabilità interpretativa di questi simboli topografici).

OSSERVAZIONE

Alla luce di queste considerazioni non pare realistico affermare, in più circostanze, la assoluta mancanza di interazione fra stoccaggio (considerato infinitamente rigido) e sorgenti sismogeniche (dichiarate insospettabilmente lontane).

SPIAZZAMENTO DELL'ACQUIFERO PROFONDO, PRESSIONE DI PORO E VARIAZIONI DELL'ATTRITO

Come è noto il gas è confinato nel sottosuolo da una cupola costituita da uno strato di sedimenti di argilla (materiale plasto-elastico) e inferiormente dall'acquifero profondo variamente distribuito nella pianura.

Come si rileva dai documenti relativi a diversi giacimenti della zona (vedi per es. Bagnolo Mella), l'estrazione di gas ha comportato la variazione verticale dell'acquifero, negli strati a gas, di una misura superiore ai 10 metri che moltiplicati per la superficie su cui agisce il gas comporta volumi assai grandi.

Da ciò si evince che, nel caso in un giacimento di quel tipo si reiniettasse il gas, il livello dell'acquifero dovrebbe ragionevolmente abbassarsi nuovamente ai livelli originari.

In conclusione si ritiene ragionevole supporre che l'iniezione e l'estrazione periodica di gas creino un correlato spiazzamento e ripiazzamento delle acque profonde anche a distanze non trascurabili dal serbatoio.

OSSERVAZIONE

Non risultano parti del “Progetto Bordolano Stoccaggio – Stogit 2008” o altri studi, ovvero documenti che considerino analiticamente questo aspetto.

A tal proposito si ricorda che la stabilità delle strutture sotterranee, suscettibili di movimenti reciproci, è garantita dal coefficiente coulombiano dell'attrito statico.

Poichè le variazioni nella distribuzione dei fluidi (liquidi e gassosi nel sottosuolo – vedi pressione di poro) può alterare significativamente il coefficiente predetto ridimensionandolo drasticamente, ecco che l'effetto di movimento dell'acquifero assume un ruolo importante e a nostro parere non sufficientemente dibattuto.

Si tenga altresì conto che l'area di movimento probabile delle grandi quantità di acqua in questione, potrebbe svilupparsi per distanze lineari, trasversali al giacimento, di diverse volte le dimensioni del serbatoio medesimo.

Tali distanze, si ritiene logicamente, possano essere valutate nell'ordine delle migliaia di metri (km).

Se a queste considerazioni dimensionali si associa l'ampia tolleranza dimensionale dei confini (puramente convenzionali) della sorgente sismogenica composta ITCS116, si evince che i movimenti dei fluidi prima citati potrebbero ragionevolmente coinvolgerla.

OSSERVAZIONE

Si osserva pertanto che una più attenta valutazione del fenomeno dovrebbe essere presa in seria considerazione. Non risulta che la modellazione dello stoccaggio prenda in considerazione gli aspetti fluidici descritti sopra.

Se le considerazioni dimensionali sopra descritte non fossero prive di fondamento, a poco varrebbe la misurazione manometrica della pressione effettuata nei fondi-pozzo che rappresentano solo il punto di origine della perturbazione rispetto alle variazioni di attrito che potrebbero verificarsi altrove.

PER LE VALUTAZIONI MINISTERIALI

Con riferimento a quanto sopra espresso si chiede di essere informati sulle valutazioni al riguardo all'indirizzo

in alternativa: Ezio Corradi

Firme: vedi modulo qui sotto.

Firme

FIRME DI ADESIONE E CONDIVISIONE DELLE "OSSERVAZIONI" PROCEDURA DI RIAPERTURA DEL PROCEDIMENTO DI V.I.A. (ID_VIP:4864) CONCESSIONE "BORDOLANO STOCCAGGIO".
24 DICEMBRE 2019 - FOGLIO N. 1

COGNOME	NOME	DOC. IDENTITA'	RILASCIATO IL	DA	FIRMA
1	CORRADI	ELIO		COMUNE SORESINA (CR)	<i>Elio Corradi</i>
2	VILLA	CELESTINA		COMUNE PADERNO (CR)	<i>Celestina Villa</i>
3	CANTARELLI	ATTILIA		COMUNE CASALBUTTANO (CO)	<i>Attilia Cantarelli</i>
4	DELLAIO	ANGELO		QUESTURA BRESCIA	<i>Angelo Dellaio</i>
5	FERRARI	DAVIDE		COMUNE BORGO SAN GIACOMO (PS)	<i>David Ferrari</i>
6	GEREVINI	FRANCESCO		COMUNE CREMONA	<i>Francesco Gervini</i>
7	CAODURO	SANTA LINA		COMUNE CREMONA	<i>Santa Lina Caoduro</i>
8	BERNABE'	GRAZIELLA		COMUNE CREMONA	<i>Graziella Bernabe'</i>
9	Co'	ANGELO		COMUNE VEROLAVECCHIA (BS)	<i>Angelo Co'</i>
10	PICCINOTTI	LUIGINA		COMUNE VEROLAVECCHIA (BS)	<i>Luigina Piccinotti</i>
11	AMIGHETTI	ANNA MARIA		COMUNE VEROLANUOVA (BS)	<i>Anna Maria Amighetti</i>
12	BASSORIZZI	BRUNO		COMUNE SORESINA (CR)	<i>Bruno Bassorizzi</i>
13	BOLZONI	PIER-PAOLO		COMUNE SORESINA (CR)	<i>Pierpaolo Bolzoni</i>
14	FERRARI	JANTE		COMUNE CREMONA	<i>Jante Ferrari</i>

FIRME DI ADESIONE E CONDIVISIONE DELLE "OSSERVAZIONI" PROCEDURA DI RIAPERTURA DEL PROCEDIMENTO DI V.I.A. (ID_VIP:4864) CONCESSIONE "BORDOLANO STOCCAGGIO".
24 DICEMBRE 2019 - FOGLIO N. 2

COGNOME NOME DOC. IDENTITA' RILASCIATO IL DA FIRMA

15

BERTOLOTTI AGNESE



COMUNE QUINZANO d'Oglio Agnese Bertolotti
(BS)

16

~~BASSINI DANIELE~~

~~COMUNE DI OPZANNO (BS)~~

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

[Handwritten signature]

Allegato1 Lettera di Ezio Corradi al Ministero dell'Ambiente

Al Ministero dell'Ambiente della Tutela del
Territorio e del Mare

Div II - Sistemi di Valutazione Ambientale

Via Cristoforo Colombo, 44

00147 Roma

Email: dgsalvanguardia.ambientale@pec.minambiente.it

c. p. c.

Al Signor Ministro dell'Ambiente della Tutela del
Territorio e del Mare

Gen. Sergio Costa

Via Cristoforo Colombo, 44

00147 Roma

Email: segreteria.ministro@pec.minambiente.it

c.p.c

Al Ministero dello Sviluppo Economico

Direzione Generale per la Sicurezza
dell'Approvvigionamento e le Infrastrutture
Energetiche - DIV V

Email: dgsaie.div07@pec.mise.gov.it

c.p.c

Regione Lombardia

Direzione Generale Ambiente e Clima

Unità organizzativa Valutazioni e Autorizzazioni
Ambientali

Email: ambiente_clima@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Alla Provincia di Brescia

Email: protocollo@pec.provincia.bs.it

c.p.c

Alla Pefettura di Brescia

Email: protocollo.prefbs@pec.interno.it

c.p.c

Alla Provincia di Cremona

Email: protocollo@provincia.cr.it

c.p.c

Alla Pefettura di Cremona

Email: protocollo.prefcr@pec.interno.it

c.p.c

Comune di Annicco

Cremona

comune.annicco@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Azzanello

Cremona

comune.azzanello@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Bordolano

Cremona

bordolano@postemailcertificata.it

c.p.c

Comune di Borgo S. Giacomo

Brescia

comune.borgosangiacomo@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Casalbuttano

Cremona

egov.casalbuttano@cert.poliscomuneamico.net

c.p.c

Comune di Casalmorano

Cremona

comune.casalmorano@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Castelvevisconti

Cremona

castelvevisconti@pec.eleusi.at

c.p.c

Comune di Corte dei Cortesi con Cignone

Cremona

comune.cortedecortesiconcignone@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Olmeneta

Cremona

comune.olmeneta.cr@pec.it

c.p.c

Comune di Paderno Ponchielli

Cremona

comune.padernoponchielli@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

amministrazione@pec.pontevico.it	Comune di Pontevico Brescia
protocollo@pec.comune.quinzanodoglio.bs.it	c.p.c Comune di Quinzano d'Oglio Brescia
comune.robeccodoglio@pec.regione.lombardia.it	c.p.c Comune di Robecco d'Oglio Cremona
comune.soresina@pec.regione.lombardia.it	c.p.c Comune di Soresina Cremona
protocollo@pec.comune.verolanuova.bs.it	c.p.c Comune di Verolanuova Brescia
protocollo@pec.comune.verolavecchia.bs.it	c.p.c Comune di Verolavecchia Brescia

c.p.c.
Stogit S.p.A.
Via Libero Comune, 5
26013 Crema – CR

operazioni@pec.stogit.it

Oggetto: [ID_VIP:4864] - **Risposta** a lettera "a_amte.DVA.REGISTRO UFFICIALE.U.0029936.15-11-2019 con oggetto:"[ID_VIP:4864] Concessione "Bordolano Stoccaggio" - Riapertura del procedimento di VIA a seguito del seguito del decreto del Presidente della Repubblica del 16.09.2019 e relativo parere espresso Consiglio di Stato - Sezione Prima - n. 01901/2019, con cui sono stati decisi i ricorsi straordinari al Capo dello Stato proposti dal Coordinamento dei Comitati Ambientalisti Lombardia più altri per l'annullamento decreto DVA-DEC-2009-000163 del 12.11.2019, con conseguente annullamento in parte qua del decreto con riguardo alla mancata partecipazione al procedimento dei Comuni di Verolavecchia e Azzanello. **Richiesta di accesso agli atti del 05.11.2019.**"

Premesso che

- il sottoscritto Ezio Corradi ha inoltrato istanza di accesso (allegato A) a codesta Div II - Sistemi di Valutazione Ambientale del Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare in data 5-11-2019 nella quale chiedeva documentazione a supporto di assunti contenuti nella lettera di codesta medesima Direzione (ID Documento: DVA-D2-II-3426_2019-0287 Ufficio: DVA-D2-II ; Data stesura: 25/10/2019 inviata il 28/10/2019) con nome file: "DVA.REGISTRO UFFICIALE.2019.0028389.pdf", nella quale si dava **comunicazione della riapertura della procedura di VIA** (allegato1 all'allegato A) per l'impianto denominato "Bordolano Stoccaggio" - Stogit

- al punto 5) delle richieste di ostensione si chiedeva: **"ogni norma, documento, parere tecnico, pronuncia amministrativa che induce codesto Ministero a *mantenere con imcomprensibile determinazione, al di fuori della procedura di VIA riaperta* (proprio per il medesimo vizio procedurale sanzionato dal Consiglio di Stato), le altre 13 (tredici) amministrazioni (Allegato2) coinvolte territorialmente al pari dei Comuni di Verolavecchia e Azzanello, con la non remota prospettiva, assai gravosa anche in termini di economia amministrativa e conseguente possibile danno erariale, che cittadini o amministrazioni impugnino le conclusioni della nuova procedura di VIA ((ID_VIP:4864) dalla quale sarebbero *rimaste scientemente escluse per precisa scelta di codesto Ministero, per quanto "Amministrazioni interessate" (cfr. Parere Consiglio di Stato).*"**

considerato che

- codesta Direzione non ha fornito nessun documento, norma, testo che riscontrasse la richiesta 5) dell'istanza inoltrata

- la richiesta 5) è invece, stata riscontrata con l'assunto di carattere interpretativo: *"si rappresenta che il procedimento di cui trattasi è stato riavviato da questa Direzione in piena ottemperanza al disposto del decreto del presidente della Repubblica del 16 settembre 2019 e del parere del Consiglio di Stato Sezione Prima n. 01901/2019."*

Si osserva che

- il Consiglio di Stato, quale organo giudiziario/amministrativo è stato richiesto dal Capo dello Stato di derimere un contenzioso di natura specificamente amministrativa che verteva essenzialmente sulla controversa valenza da attribuire al termine "interessato" rispetto alla relazione ambientale che si poteva

instaurare tra l'impianto e i soli Comuni ricorrenti

- nel suo parere, il Consiglio di Stato ha ritenuto di evidenziare con chiarezza cristallina che tale "interesse" sussisteva per ammissione proprio di codesto Ministero che, invece, aveva inizialmente escluso i Comuni ricorrenti insieme a molti altri solo menzionati nel parere stesso.

- Il Consiglio di Stato si riferisce ai documenti ben noti, perché rigorosamente citati nel parere, che riguardano, tra l'altro, possibili correlazioni sismiche con i territori limitrofi al serbatoio di stoccaggio fin anche per un raggio di 10km da esso (fondo pozzi), rappresentante l'area che la stessa Commissione Tecnica di Valutazione di Impatto Ambientale ha ritenuto a suo tempo congrua.

- per le ragioni di cui sopra il Consiglio di Stato ha stabilito la **condizione necessaria** a concludere che i due comuni ricorrenti fossero da considerare "interessati", con le note conseguenze amministrative attuali

Si deduce ragionevolmente per tanto che

- il compito di "verificare impatti ambientali" gravanti su ulteriori territori comunali non spettasse evidentemente al Consiglio di Stato che si è limitato a verificare lo stato di "interesse" dei soli Comuni ricorrenti

- sia compito invece di codesto Ministero riesaminare l'esclusione originaria degli altri 13/16 comuni potenzialmente "interessati" al pari dei comuni ricorrenti, per stabilire la **condizione sufficiente** a determinare la corretta strategia territoriale e rispettare, per tutti i Comuni "impattati" a detta dello stesso Ministero dell'Ambiente, le norme infrante nel 2009

- gli altri 13/16 comuni relegati al di fuori della procedura di VIA originaria, debbano essere coinvolti in questa nuova procedura trovandosi nelle identiche condizioni rispetto all'impianto, dei 2/16 comuni ora riammesso.

Si conclude quindi che

- pare opportuno richiamare come la questione verta sull'aggettivo "**interessato**" (oggetto del parere del CdS.). Tale vocabolo, che in contesto amministrativo assume il significato di "coinvolto nella procedura", dal punto di vista ambientale dovrebbe essere tradotto più coerentemente con il termine "**impattato**" (da Valutazione di Impatto Ambientale), ma più elegantemente "colpito". D'altra parte se non si prefigurasse nessun impatto perché dovrebbe essere "coinvolto". Poiché la parola "interesse" nel linguaggio comune ha un significato prevalentemente positivo/attivo, nei casi in cui l'interesse è quello di valutare, e possibilmente scongiurare un danno (impatto ambientale), sarebbe più chiaro usare un termine a valenza passiva ("impattato", più chiaro: "colpito") che non attiva ("interessato") o neutra ("coinvolto"). Tale proposta lessicale porta ad una più facile percezione di chi è colpito rispetto a chi non lo è. Detto più prosaicamente: perché un Comune sarebbe "interessato" alla realizzazione di un stoccaggio di gas se si parla di "impatto ambientale" (Valutazione di Impatto Ambientale)? È pur vero che si può essere "interessati" all'analisi di un potenziale danno, ma ciò che sintetizza più chiaramente il concetto è "analizzare se si è colpiti". A questo punto è ragionevole che spetti al Ministero dell'Ambiente stabilire chi è potenzialmente colpito e chi no, non al Consiglio di Stato. Sarà poi l'amministrazione che riceve notizia di essere **colpita dal possibile impatto** che valuterà in piena autonomia se mostrarsi "**interessata**". A meno che l'**interesse** sia a prescindere dagli impatti, e per altri motivi tra i più vari.

- per quanto attiene alla responsabilità civica del sottoscritto tali precisazioni erano ritenute d'obbligo e in pieno spirito di responsabile collaborazione

- il Ministero auspicabilmente consideri tali riflessioni nell'interesse comune (quindi genuinamente strategico) e le faccia proprie se ragionevolmente condivise, riammettendo i 13 comuni esclusi dalla procedura.

Nell'attesa di un vostro cortese riscontro porgiamo distinti saluti.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ezio Corradi". The signature is written in a cursive style with a small dot above the 'i' in "Corradi".

allegato A

Al Ministero dell'Ambiente della Tutela del
Territorio e del Mare

Div II - Sistemi di Valutazione Ambientale

Via Cristoforo Colombo, 44

00147 Roma

Email: dgsalvanguardia.ambientale@pec.minambiente.it

Al Signor Ministro dell'Ambiente della Tutela del
Territorio e del Mare

Gen. Sergio Costa

Via Cristoforo Colombo, 44

00147 Roma

Raccomandata R/R

Email: segreteria.ministro@pec.minambiente.it

c.p.c

Al Ministero dello Sviluppo Economico

Direzione Generale per la Sicurezza
dell'Approvvigionamento e le Infrastrutture
Energetiche - DIV V

Email: dgsaie.div07@pec.mise.gov.it

c.p.c

Al Ministero per Beni e le Attività Culturali e per
il turismo

Direzione Generale Archeologia, Belle Arti e
Paesaggio - Servizio V

Email: mbac-dg-abap.servizio5@mailcert.beniculturali.it

c.p.c

Regione Lombardia

Direzione Generale Ambiente e Clima
Unità organizzativa Valutazioni e Autorizzazioni
Ambientali

Email: ambiente_clima@pec.regione.lombardia.it

c.p.c
Alla Provincia di Lodi

Email: provincia.lodi@pec.regione.lombardia.it

c.p.c
Alla Pefettura di Lodi

Email: protocollo.preflo@pec.interno.it

c.p.c
Alla Provincia di Brescia

Email: protocollo@pec.provincia.bs.it

c.p.c
Alla Pefettura di Brescia

Email: protocollo.prefbs@pec.interno.it

c.p.c
Alla Provincia di Cremona

Email: protocollo@provincia.cr.it

c.p.c
Alla Pefettura di Cremona

Email: protocollo.prefcr@pec.interno.it

c.p.c

Comune di Azzanello

Email: comune.azzanello@pec.regione.lombardia.it

c.p.c

Comune di Verolavecchia

Email: protocollo@pec.comune.verolavecchia.bs.it

c.p.c.

Stogit S.p.A.

Via Libero Comune, 5

26013 Crema – CR

Email: operazioni@pec.stogit.it

Oggetto: **istanza di accesso ai sensi del d. lgs. 33/2013, della l. 241/1990 e del d. lgs. 195/2005.** - argomento VIA (ID_VIP:4864)

Il sottoscritto Ezio Corradi,

Premesso che

- in data 16 settembre 2019 il Presidente della Repubblica ha emesso il decreto che recepisce il parere vincolante del Consiglio di Stato del 17 aprile 2019 n. 1901/2019.
- detto parere si basa su considerazioni ed evidenze squisitamente di indole territoriale relative anche agli "effetti sismici" correlabili, per stessa ammissione di codesto Ministero, al funzionamento dell'impianto di stoccaggio Stogit "Bordolano" (impianti "fuori terra" siti in PROVINCIA DI CREMONA)
- il citato parere del Consiglio di Stato indica come necessaria la caducazione del parere di VIA n. 1633 del 12 novembre 2009, proprio sulla scorta del violato diritto dei Comuni di Verolavecchia e Azzanello a ricevere la documentazione di progetto per poter eventualmente osservare in funzione dei possibili effetti territoriali sul proprio territorio (rispettivamente in PROVINCIA DI BRESCIA e in PROVINCIA DI CREMONA)

Considerato che

- il parere del Consiglio di Stato riconosce il coinvolgimento territoriale di parte della provincia di Brescia (Comune di Verolavecchia ed altri in Allegato2)
- la riapertura della procedura di VIA (ID_VIP:4864) (Allegato1) per il medesimo impianto, comunicata a tutti i ricorrenti (compresi i Comuni ricorrenti: Verolavecchia-BS e Azzanello-CR) con lettera del 28-10-2019 (nella quale si fa due volte riferimento probabilmente al documento di VIA invalidato con invece l'indicazione "*DVA-DEC-2009-000163 del 12.11.2019*") , possiede una enorme valenza territoriale in termini di sicurezza per le persone e cose,
- nell'indirizzario della lettera del 28-10-2019. inviata da codesto Ministero, è riportata solamente la provincia di Lodi
- tale indicazione territoriale appare incomprensibile, quanto assai fuorviante proprio per il fatto che la procedura di VIA e la relativa questione di sicurezza, possiedono un fondamento amministrativo quasi esclusivamente geografico/territoriale
- le province di Brescia e Cremona non trovano alcun riferimento nella lettera del 28-10-2019, lasciando tali amministrazioni nella pericolosa impossibilità di conoscere la procedura avviata.

Chiede

1) a quale documento di VIA caducato, codesto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare fa riferimento nella lettera del 28-10-2019

2) di poter conoscere ed ottenere copia di ogni documento di progetto, cartografia, studio sismologico, territoriale, geofisico, risalente a qualsiasi epoca storica, atto a comprendere il coinvolgimento ambientale della provincia di Lodi indicata esclusivamente come amministrazione sovracomunale nella nuova procedura di VIA (ID_VIP:4864) riaperta con comunicazione di codesto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con lettera del 28-10-2019, e quindi sola provincia legittimata ad analizzarne i numerosi risvolti ambientali e di sicurezza relativi al funzionamento dello stoccaggio Stogit "Bordolano" (sito **anche** in PROVINCIA DI CREMONA ed i cui effetti ambientali si possono ripercuotere **anche** su parte della PROVINCIA DI BRESCIA).

3) ogni documento, informazione atti a comprendere l'esclusione della provincia di Cremona dall'indirizzario della lettera del 28-10-2019 inviata da codesto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

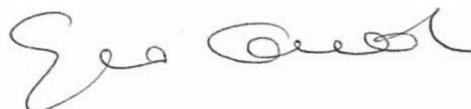
4) ogni documento, informazione atti a comprendere l'esclusione della provincia di Brescia dall'indirizzario della lettera del 28-10-2019 inviata da codesto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

5) ogni norma, documento, parere tecnico, pronuncia amministrativa che induce codesto Ministero a mantenere con imcomprensibile determinazione, al di fuori della procedura di VIA riaperta (proprio per il medesimo vizio procedurale sanzionato dal Consiglio di Stato), le altre 13 (tredici) amministrazioni (Allegato2) coinvolte territorialmente al pari dei Comuni di Verolavecchia e Azzanello, con la non remota prospettiva, assai gravosa anche in termini di economia amministrativa e conseguente possibile danno erariale, che cittadini o amministrazioni impugnino le conclusioni della nuova procedura di VIA ((ID_VIP:4864) dalla quale sarebbero rimaste scientemente escluse per precisa scelta di codesto Ministero, per quanto "Amministrazioni interessate" (cfr. Parere Consiglio di Stato).

6) di comunicare gli esiti della presente istanza al seguente indirizzo:

Soresina, 5/novembre/2019

Ezio Corradi



Allegato1



Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio e del Mare

ex DIREZIONE GENERALE PER LE VALUTAZIONI
E LE AUTORIZZAZIONI AMBIENTALI

Destinatari in allegato

DIVISIONE II – SISTEMI DI VALUTAZIONE AMBIENTALE

OGGETTO: [ID_VIP:4864] Concessione “Bordolano Stoccaggio” - Comunicazione di riapertura del procedimento di VIA a seguito del decreto del Presidente della Repubblica del 16.09.2019 e relativo parere espresso Consiglio di Stato – Sezione Prima – n. 01901/2019, con cui sono stati decisi i ricorsi straordinari al Capo dello Stato proposti dal Coordinamento dei Comitati Ambientalisti Lombardia più altri per l’annullamento decreto DVA-DEC-2009-000163 del 12.11.2019, con conseguente annullamento *in parte qua* del decreto con riguardo alla mancata partecipazione al procedimento dei Comuni di Verolavecchia e Azzanello.

Il Consiglio di Stato - Sezione I con parere n. 3196/2011 reso nell’adunanza del 17.04.2019, ha accolto i ricorsi straordinari al Presidente della Repubblica, proposti dal Coordinamento Comitati Ambientalisti, Pro Loco Soresina, Comuni di Verolavecchia ed Azzanello più altri ritenendo fondata la censura mossa dai ricorrenti riguardante la violazione dell’articolo 23, comma 3 del D.lgs n. 152/2006 applicabile *ratione temporis* in quanto la documentazione relativa alla VIA non è stata depositata anche presso i Comuni di Azzanello e Verolavecchia il cui sottosuolo è interessato dall’estensione del giacimento di gas convertito in stoccaggio di “Bordolano”.

La mancata presentazione della documentazione presso i detti Comuni comporta secondo il citato parere *“che il gravato decreto del Ministro dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con il Ministro per i beni e le attività culturali, prot. 1333 del 12 novembre 2009, ferme restando le prescrizioni ivi contenute, deve essere annullato limitatamente alla parte in cui ha espresso il giudizio favorevole di compatibilità ambientale”*

Successivamente all’espressione del parere del Consiglio di Stato con nota prot. 403/ER/CV del 08.08.2019, acquisita con prot. DVA/21351 del 13.08.2019, la Società Stogit, in ottemperanza al medesimo, ha presentato a questo Ministero un’istanza di riapertura del procedimento di valutazione dell’impatto ambientale riguardante il progetto di stoccaggio già definito con il summenzionato decreto DVA-DEC-2009-000163 del 12.11.2019 *“limitatamente alla partecipazione dei Comuni di Azzanello e Verolavecchia”*. Con la medesima nota la società informava di aver depositato nei Comuni di Verolavecchia ed Azzanello la documentazione già presentata presso gli altri enti interessati al procedimento di VIA.

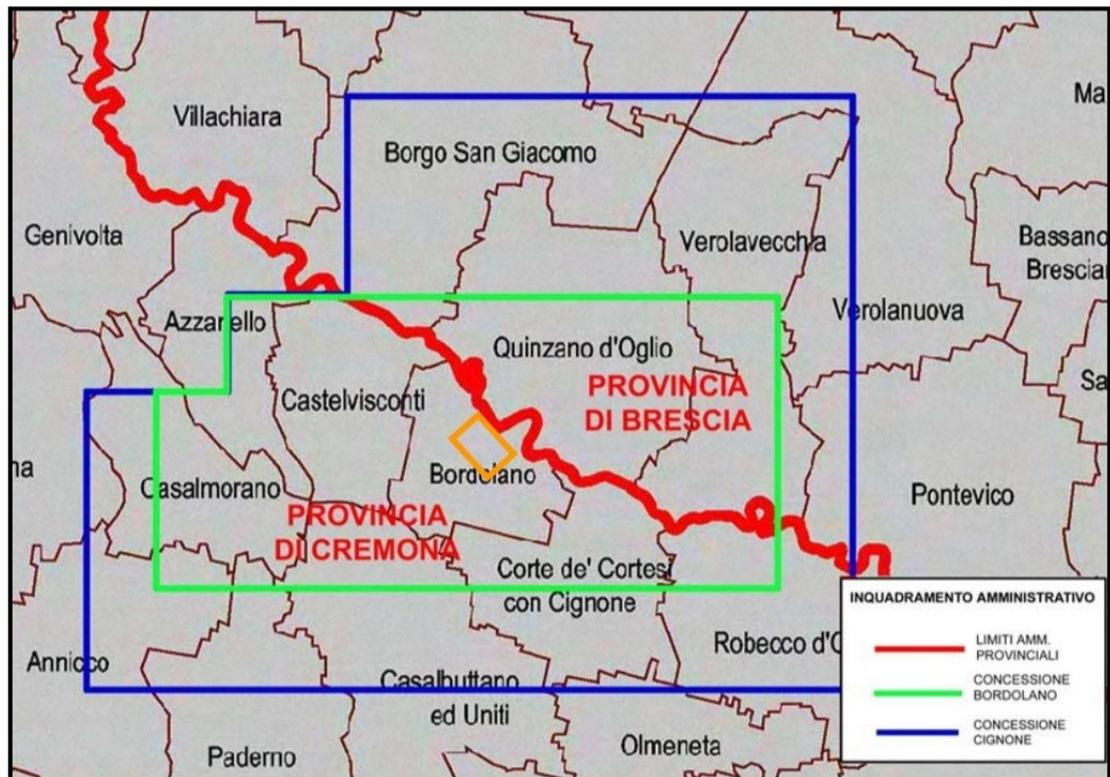
ID Utente: 3426
ID Documento: DVA-D2-II-3426_2019-0287
Data stesura: 25/10/2019

✓ Resp. Sez.: Bilanzone C.
Ufficio: DVA-D2-II
Data: 28/10/2019

Tuteliamo l'ambiente! Non stampate se non necessario. 1 foglio di carta formato A4 = 7,5g di CO₂

Via Cristoforo Colombo, 44 – 00147 Roma Tel. 06-57225903 - Fax 06-57225994 e-mail: dva-2@minambiente.it
e-mail PEC: DGSalvaguardia.Ambientale@PEC.minambiente.it

Firmato digitalmente in data 28/10/2019 alle ore 15:20



 **Area di sviluppo del p.**

Fig. 2.a – Delimitazione delle concessioni di Cignone e Bordolano

PROVINCIA DI LODI
provincia.lodi@pec.regione.lombardia.it

p.c.

Ministero dello Sviluppo Economico
 Direzione Generale per la
 sicurezza dell'approvvigionamento
 e le infrastrutture energetiche - DIV V
dgsaie.div07@pec.mise.gov.it

Comune di Bordolano
bordolano@postemailcertificata.it

Coordinamento Comitati Ambientalisti
 Lombardia più altri c/o Avv. Alberto Benatti
alberto.benatti@mantova.pecavvocati.it

Allegato2

(Immagine tratta da documentazione di progetto)

Legenda:

Impianti minerari "fuori terra" (centrale, cluster e flowlines) : linea arancione

STOC-B : Amministrazione coinvolta in "Stoccaggio Bordolano", linea verde chiaro

CONC-C : Amministrazione coinvolta in "Concessione Cignone", linea blu

CdS : Amministrazione citata nel parere del Consiglio di Stato come "amministrazione interessata" (CdS: *"violazione dell'art. 23, comma 3, del decreto legislativo n. 152/2006, nella versione applicabile ratione temporis, ove si prevedeva che: "La documentazione è depositata in un congruo numero di copie, a seconda dei casi, presso gli uffici dell'autorità competente, delle regioni, delle province e dei comuni il cui territorio sia anche solo parzialmente interessato dal progetto o dagli impatti della sua attuazione." "*)

Bordolano - CREMONA: STOC-B, CONC-C, "fuori terra", CdS

Ordine alfabetico

1) **Annicco - CREMONA:** STOC-B, CONC-C, (no CdS?)

2) **Borgo San Giacomo - BRESCIA:** CONC-C, CdS

3) **Casalbuttano - CREMONA:** STOC-B, CONC-C, CdS

4) **Casalmorano - CREMONA:** STOC-B, CONC-C, CdS

5) **Castelvisconti - CREMONA:** STOC-B, CONC-C, CdS

6) **Corte de' Cortesi con Cignone - CREMONA:** STOC-B, CONC-C, CdS

7) **Olmeneta :** CONC-C

8) **Paderno Ponchielli - CREMONA:** STOC-B, CONC-C, CdS

9) **Pontevico - BRESCIA:** CONC-C

10) **Quinzano d'Oglio - BRESCIA:** STOC-B, CONC-C, CdS

11) **Robecco d'Oglio - CREMONA:** STOC-B, CONC-C, CdS

12) **Soresina:** CONC-C

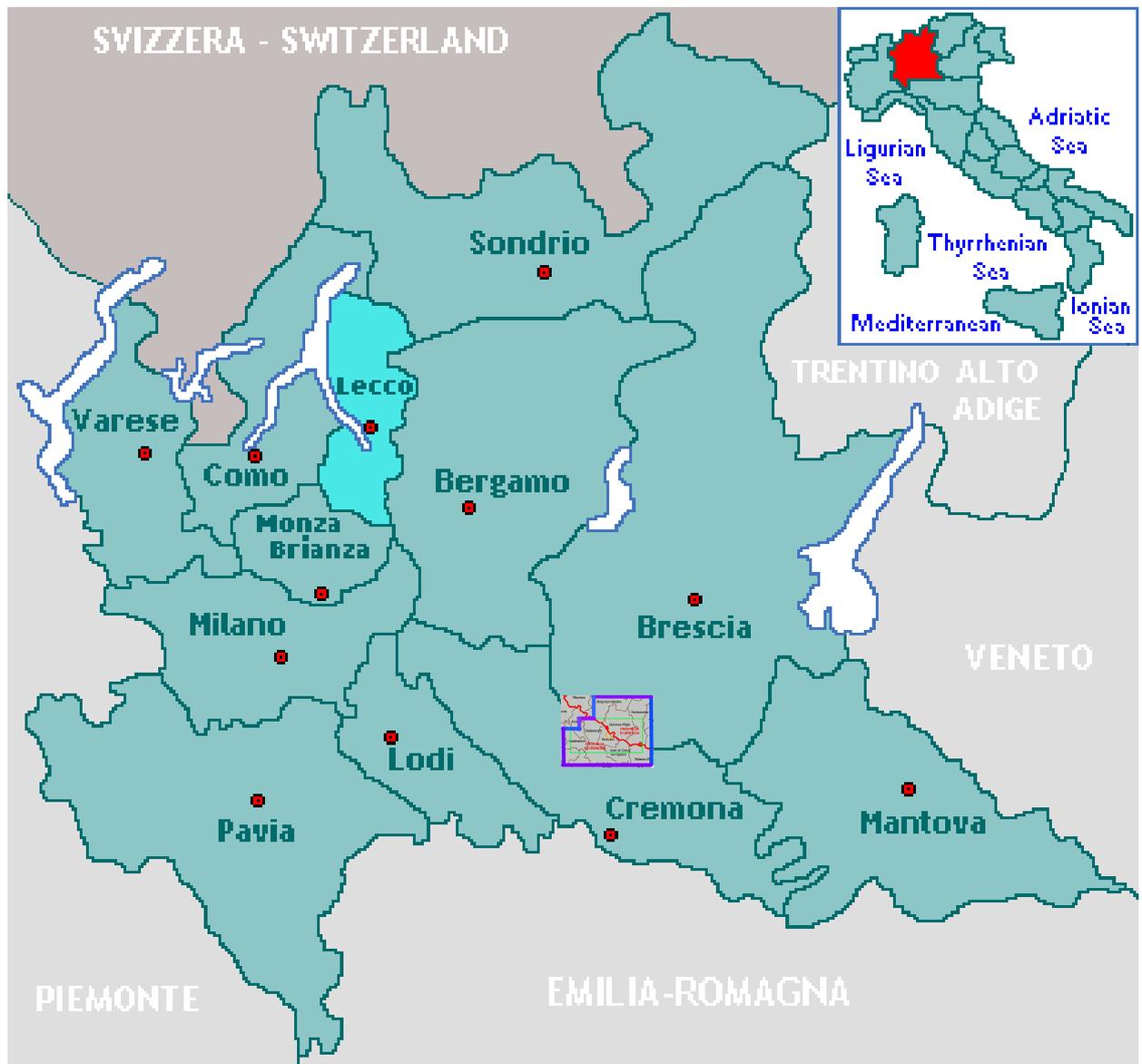
13) **Verolanuova - BRESCIA:** CONC-C

Azzanello e Verolavecchia: Comuni ricorrenti, unici inspiegabilmente ritenuti dal Ministero dell'Ambiente legittimati alla ricezione della documentazione dell'impianto e partecipazione alla nuova procedura di VIA.

14) **Parco Regionale Oglio Nord - CREMONA:** STOC-B, CONC-C

15) **Parco di Interesse Locale del fiume Strone - BRESCIA:** CONC-C

Allegato3: Informazioni geografiche utili



“Impianto del futuro” in provincia di BRESCIA E CREMONA

“Comuni interessati” (?)



L'IMPIANTO DI STOCCAGGIO DEL FUTURO GIÀ NEL PRESENTE

È il sito di Bordolano, nel cuore della Pianura Padana, il cui giacimento si estende nel sottosuolo attraverso le province di Cremona e Brescia (3 i Comuni interessati: Bordolano, Castelvisconti, Quinzano d'Oglio).

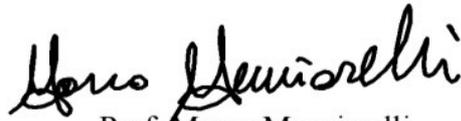
Considerazioni sulla pericolosità sismica dello stoccaggio gas Bordolano

Premesso che:

- Lo stoccaggio gas Bordolano è situato a breve distanza dalla sorgente sismica composta ITCS002INF riconosciuta dall'Istituto Nazionale di Geofisica come capace di produrre terremoti di magnitudo massima 6.1, come si evince dalla banca dati sulle sorgenti sismogeniche italiane (DISS, <http://diss.rm.ingv.it/dissHTML/ITCS002INF.html>).
- La classificazione sismica di riferimento per l'area riporta un valore probabilistico di accelerazione compreso nell'intervallo 0.075-0.0125g, molto inferiore a quanto si avrebbe per l'effettivo verificarsi di un terremoto di magnitudo 6.1.
- Il recente terremoto in Emilia ha mostrato come la magnitudo massima prevista da INGV tramite i dati della banca dati DISS sia effettivamente corrispondente a quella osservata, mentre le accelerazioni spettrali misurate eccedono largamente i valori probabilistici attesi, soprattutto per le componenti verticali del moto.
- Il recente terremoto in Emilia ha posto in luce il problema della possibile liquefazione dei suoli e gli effetti negativi che questi hanno sulla continuità delle tubazioni interrate.
- Il comune di Bordolano rientra tra quelli recentemente classificati a rischio sismico ma che non lo sono mai stati prima, presentando quindi un elevato deficit di protezione antisismica sia per le abitazioni private che per le strutture ed infrastrutture pubbliche.
- La recente ideazione degli impianti di stoccaggio gas in Italia fa sì che non siano ancora sottoposti all'obbligo di studi antisismici particolari come accade per altre strutture di rilevante importanza o rischio come, ad esempio, dighe e sbarramenti fluviali, impianti chimici. In altri paesi europei esistono già specifiche normative per la progettazione antisismica delle opere accessorie e la verifica dell'integrità del serbatoio geologico degli stoccaggi gas, includendo nel calcolo la sismicità indotta dagli impianti stessi.
- Negli Stati Uniti il rischio sismico indotto dalla estrazione/reiniezione di fluidi nel sottosuolo è attualmente all'attenzione di una commissione parlamentare di fronte alla quale noti esperti hanno testimoniato sulla concretezza di tale rischio, come emerso a seguito di un recente rapporto dell'Accademia Nazionale delle Scienze (Induced Seismicity Potential in Energy Technologies, http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13355)
- In Italia è stato finanziato nell'ambito dei progetti DPC-INGV uno studio che *“intende valutare la normativa esistente e individuare degli elaborati di pericolosità finalizzati alla gestione sicura di un impianto di stoccaggio di gas in serbatoio naturale”* dato che *“la valutazione della pericolosità sismica per un'infrastruttura di*

stoccaggio del gas all'interno di un serbatoio naturale sotterraneo presenta una serie di aspetti non convenzionali che devono essere riconosciuti e ricondotti all'interno di un contesto chiaro, ordinato e condiviso, che lasci il minor spazio possibile alla libera interpretazione del singolo soggetto valutatore”.

Appare opportuno subordinare l'inizio delle attività di stoccaggio gas ad un attento riesame della progettazione antisismica del sito, dopo aver provveduto ad una stima deterministica dell'*input* sismico di sito che tenga conto della sismotettonica regionale, della presenza di faglie attive, della risposta sismica locale inclusa la suscettibilità alla liquefazione. Andrebbe inoltre prevista la pubblicità in tempo reale dei dati di monitoraggio sismico dello stoccaggio, per garantire una corretta e trasparente informazione alle popolazioni interessate.



Prof. Marco Mucciarelli

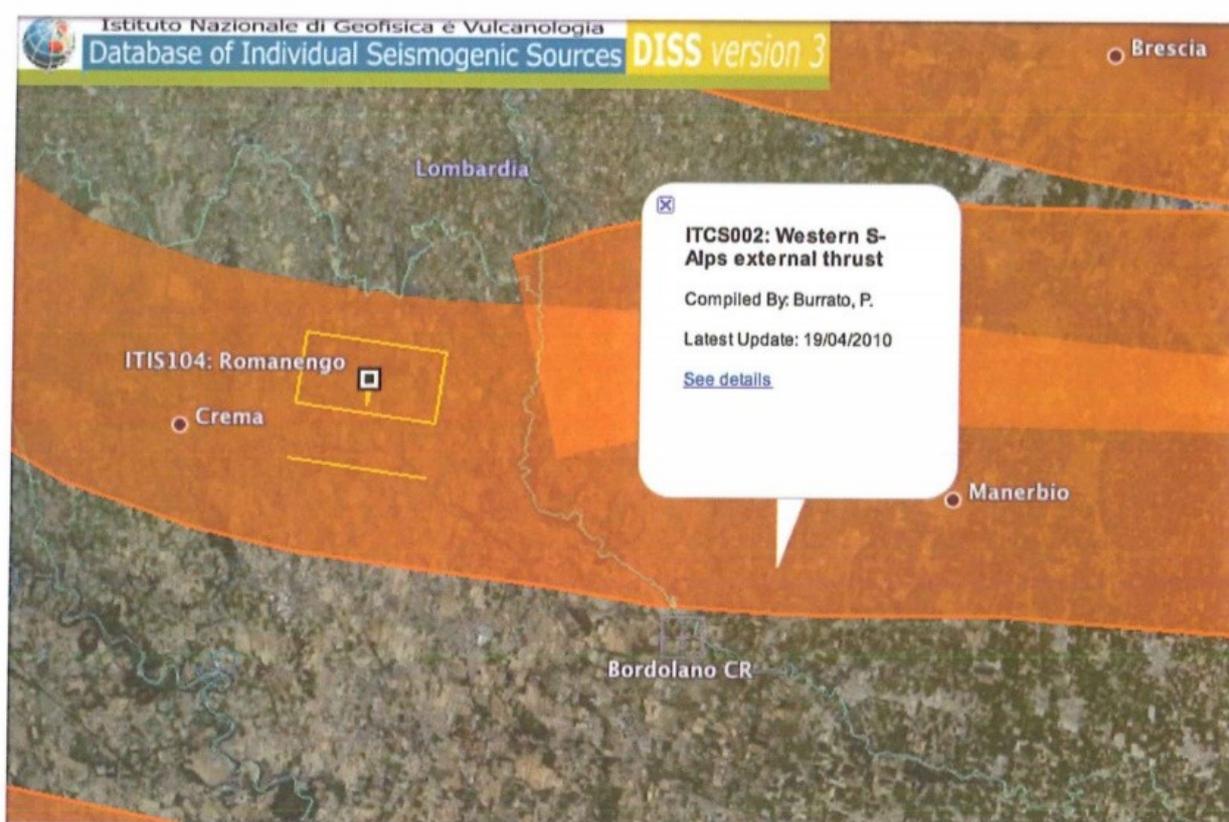
Docente di Sismologia Applicata

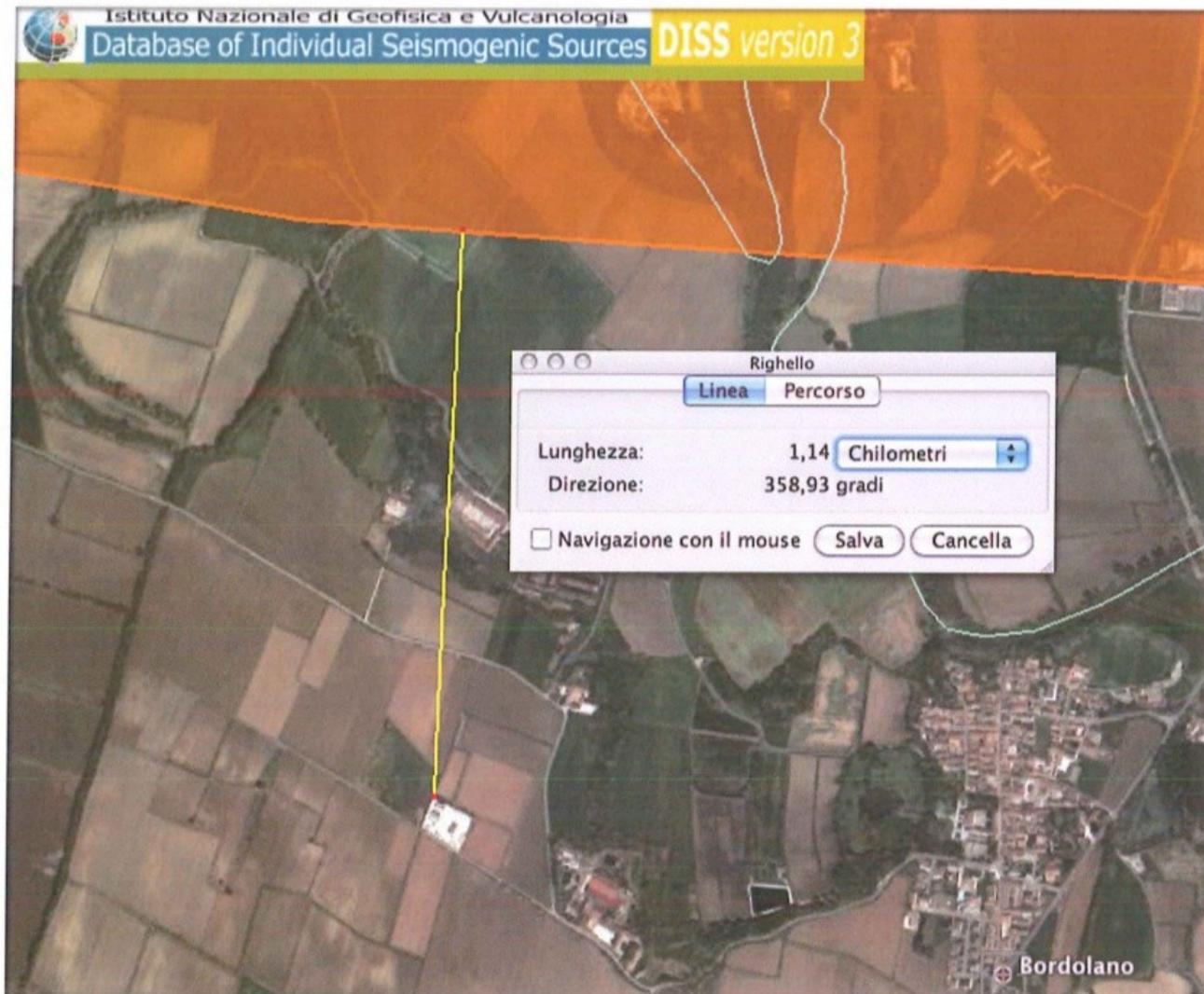
Facoltà di Ingegneria dell'Università della Basilicata

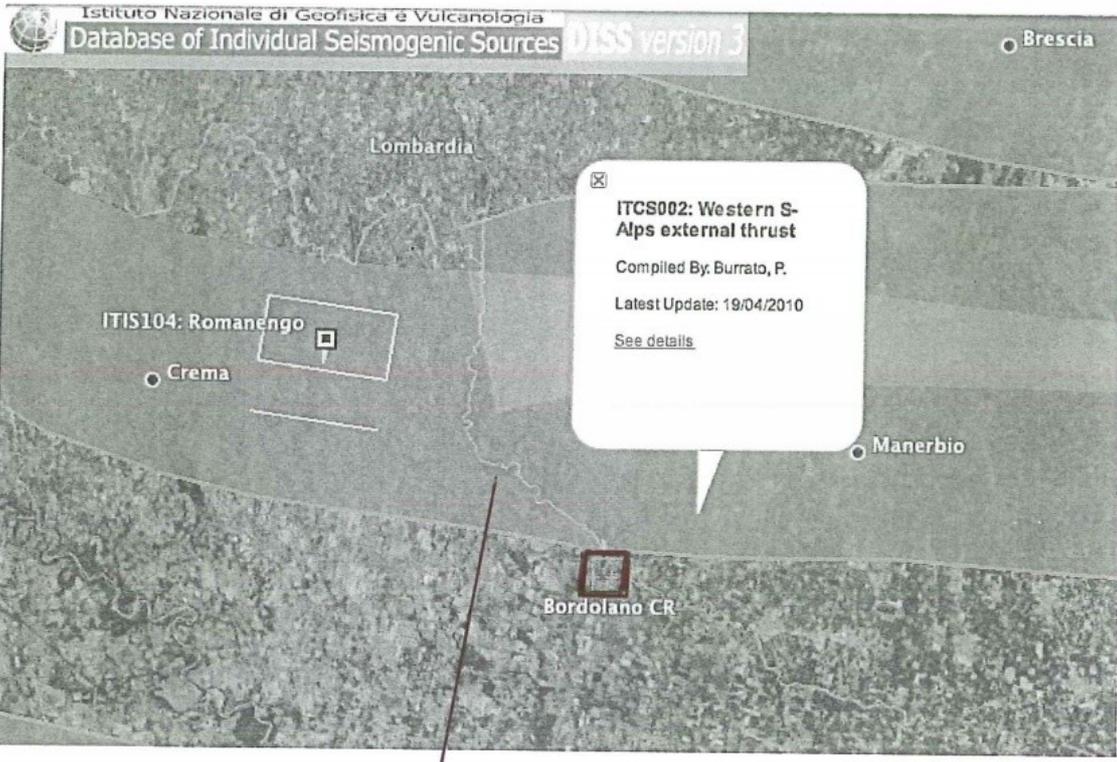
Direttore del Centro Ricerche Sismologiche

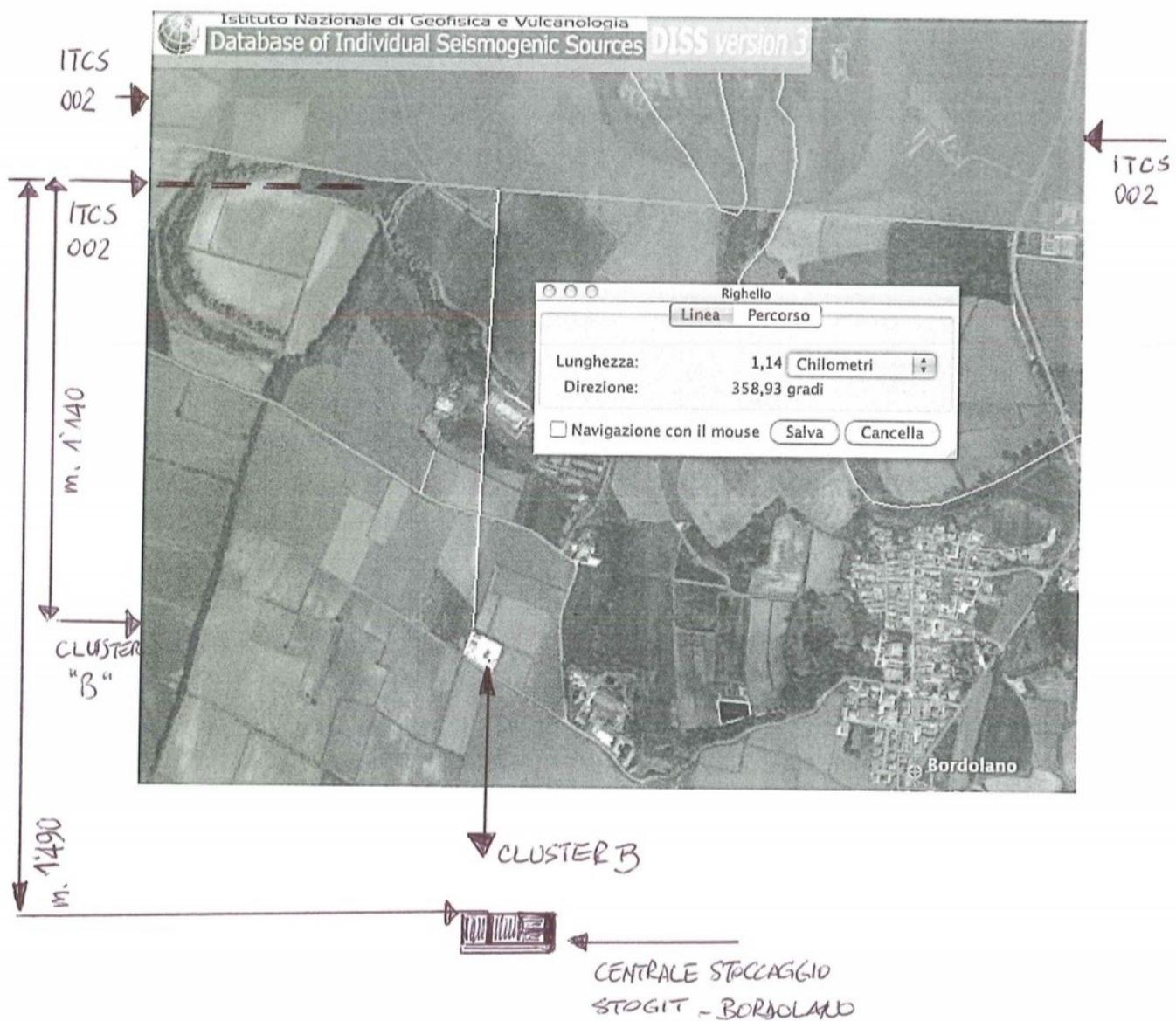
dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Applicata

14 luglio 2012









Allegato3 Nota Prof. Boschi

Da: "Enzo Boschi" <enzo.boschi@unibo.it>
Data: martedì 2 maggio 2017 12.24
A:
Oggetto: Testo

Considerazioni sulla pericolosità sismica in relazione allo stoccaggio gas di Bordolano

Enzo Boschi

Bordolano è un comune italiano di 619 abitanti della provincia di Cremona in Lombardia.

Lo stoccaggio gas di Bordolano è situato a brevissima distanza dalla sorgente sismica composita (ITCS002INF) ufficialmente evidenziata e catalogata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Una sorgente sismica in grado di produrre terremoti di fino a magnitudo 6.1. Questo si evince dalla banca dati sulle sorgenti sismogeniche italiane (DISS, <http://diss.rm.ingv.it/dissHTML/ITCS002INF.html>).

Si tenga presente che recenti terremoti, per esempio in Emilia (2012) e nell'Appennino Centrale (2016), hanno dimostrato come la magnitudo massima prevista da INGV tramite i dati della banca DISS corrisponde sistematicamente a quella osservata.

Un'analisi attenta e puntuale dei dati disponibili per l'area di Bordolano dovrebbe poi portare ad una valutazione realistica, se non già disponibile, delle accelerazioni spettrali misurate, soprattutto per le componenti verticali del moto prima di intraprendere qualunque opera nella zona.

I terremoti emiliani hanno posto drammaticamente in luce il problema della possibile liquefazione dei suoli e gli effetti molto negativi che questi hanno su tutte le possibili infrastrutture che l'uomo costruisce per i suoi scopi. E uno studio in questa direzione per Bordolano è assolutamente necessario.

Una questione delicata da tener presente è che solo molto recentemente il comune di Bordolano è rientrato tra quelli classificati a rischio sismico. Questo significa che non lo era mai stato prima e pertanto, in linea di principio, potrebbe presentare un elevato deficit di protezione antisismica sia per le abitazioni private che per le strutture ed infrastrutture pubbliche.

17/04/2018

La progettazione e la realizzazione degli impianti di stoccaggio gas in Italia fa sì che non siano ancora sottoposti all'obbligo di studi antisismici particolari come accade per altre strutture di rilevante importanza o rischio come, ad esempio, dighe e sbarramenti fluviali, impianti chimici. In altri paesi europei esistono già specifiche normative per la progettazione antisismica delle opere accessorie e la verifica dell'integrità del serbatoio geologico degli stoccaggi gas, includendo nel calcolo la sismicità indotta dagli impianti stessi.

Negli Stati Uniti il rischio sismico indotto dalla estrazione/iniezione di fluidi nel sottosuolo è attualmente all'attenzione di una commissione parlamentare di fronte alla quale noti esperti hanno testimoniato sulla concretezza di tale rischio, come emerso a seguito di un recente rapporto dell'Accademia Nazionale delle Scienze (Induced Seismicity Potential in Energy Technologies, http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=133355).

In Italia è stato finanziato nell'ambito dei progetti DPC-INGV uno studio che “intende valutare la normativa esistente e individuare degli elaborati di pericolosità finalizzati alla gestione sicura di un impianto di stoccaggio di gas in serbatoio naturale” dato che “la valutazione della pericolosità sismica per un'infrastruttura di stoccaggio del gas all'interno di un serbatoio naturale sotterraneo presenta una serie di aspetti non convenzionali che devono essere riconosciuti e ricondotti all'interno di un contesto chiaro, ordinato e condiviso, che lasci il minor spazio possibile alla libera interpretazione del singolo soggetto valutatore”. Non è dato conoscere gli esiti di tale studio.

Appare opportuno subordinare l'inizio delle attività di stoccaggio gas ad un attento riesame della progettazione del sito, dopo aver provveduto ad una stima deterministica dell'input sismico di sito che tenga conto della sismotettonica regionale, della presenza di faglie attive, della risposta sismica locale inclusa la suscettibilità alla liquefazione.

Tutto ciò premesso va ricordato che il Senatore Stefano Vaccari ha fatto passare un emendamento alla Legge 28.12.2015, n. 221 (GU n. 13 del 18.1.2016, art.70 comma 2 lett. 1) con cui viene stabilito che devono essere precluse le attività di stoccaggio di gas naturale in acquiferi profondi. Il Senatore modenese non spiega che cosa siano gli acquiferi profondi, cioè non indica quali siano i parametri oggettivi che identificano un

acquifero profondo. Da nessuna parte è dato trovarne una definizione condivisa e operativa: si sa solo che, secondo il Senatore, per acquifero profondo non si intende un giacimento depleto, cioè un giacimento che conteneva grandi quantità di gas poi estratte nel tempo.

È noto che esistono conformazioni geologiche adatte a contenere gas, ma se non sono giacimenti depleti, secondo la logica del Senatore Vaccari, sono acquiferi profondi, qualunque cosa significhi.

Ma tutti i depositi, depleti o meno, sono acquiferi, visto che c'è acqua in tutta la crosta terrestre in gran quantità anche a grande profondità. Ne consegue che tutti i depositi di gas sul territorio nazionale sono anche acquiferi profondi e quindi sono contro la legge: devono essere svuotati e mai più utilizzati!

Comunque la si pensi si può dunque affermare senza possibilità di smentita che il Legislatore con la norma introdotta dal Senatore Vaccari citata sopra ha di fatto vietato tutte le attività di stoccaggio di gas naturale in Italia, perché tutte le attività, nessuna esclusa, hanno a che fare con quegli acquiferi profondi previsti dalla norma. E una legge dello Stato non può non venire rispettata senza che poi vengano prese le adeguate misure conseguenti.

In questa vicenda sarebbe interessante capire, per esempio, che cosa sta succedendo al deposito (autorizzato con tutti i crismi) di San Potito - Cotignola, in provincia di Ravenna, in corso di sviluppo. Vi si è resa necessaria una sofisticata indagine, eseguita con fondi pubblici, perché all'entrata in funzione degli impianti si sono registrati valori di pressione diversi rispetto a quelli attesi. Accertamenti tenuti riservati mentre dovrebbero essere resi pubblici secondo ben precise prescrizioni ministeriali e regionali.

Perché si tengono segreti? Sono emerse evidenze inconfutabili che mostrano che si ha a che fare con un acquifero? Forse, facendo analisi analoghe per la ventina di depositi funzionanti, scopriremmo che son tutti acquiferi?

Non si può infine non ricordare che un deposito di gas, benché solo allo stato di progetto neppure esecutivo, fu indicato dalla Regione Emilia Romagna come una delle possibili cause dei terremoti del 2012 e che addirittura fu creata una Commissione "internazionale" (ICHESE) per

verificarlo. Alla Commissione partecipò attivamente anche il coordinatore della sezione sismologica della Grande Rischi.

Insomma esistono fatti accertabili e addirittura leggi dello Stato che impongono grande prudenza nello sviluppo di depositi di gas. È pertanto auspicabile che le operazioni per il deposito di gas nella zona sismica di Bordolano vengano immediatamente sospese in attesa di maggiore chiarezza su una materia tanto complessa.

Inviato da iPad

17/04/2018

Centrali termoelettriche a gas naturale Produzione di particolato primario e secondario

di Nicola Armaroli, Claudio Po

La combustione del gas naturale produce particolato fine ed ultrafine, primario e secondario, ed è esente da particolato di taglia superiore. Nei progetti italiani per nuove centrali turbogas, anche già autorizzati dal Ministero, non si fa riferimento alla produzione di questi pericolosi inquinanti. I nuovi impianti brucerebbero miliardi di metri cubi di gas aggiuntivi rispetto agli attuali consumi e la produzione di particolato sarebbe tutt'altro che irrilevante.



Un'immagine della centrale turbogas di Porto Corsini (RA)

In un recente articolo su questa rivista [1] abbiamo discusso il problema dell'inquinamento atmosferico da centrali termoelettriche a ciclo combinato alimentate a gas naturale, tecnicamente denominate con la sigla Ngcc (Natural Gas Combined Cycle power plants) e comunemente note col nome "turbogas". Questo contributo ha suscitato una vivace discussione, specie laddove è prevista la costruzione di centrali di questo tipo. L'articolo che appare nel presente numero de "La Chimica e l'Industria" è un'ulteriore testimonianza di questo interessante dibattito. Noi siamo lieti di aver aperto un filone di discussione scientifica sul problema dell'inquinamento atmosferico e serra delle centrali turbogas, sostanzialmente assente sino a pochi mesi fa nel nostro Paese.

In Italia sono state presentate decine di progetti per nuove centrali Ngcc la cui taglia oscilla tipicamente tra 400 e 1.200 MW di potenza. I decreti di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) di alcune di queste sono scaricabili dal sito del Ministero dell'Ambiente [2]. In nessuno di questi progetti si menzionano le polveri PM_{10} e $PM_{2,5}$ come inquinanti di rilievo. Al contrario il nostro lavoro, probabilmente per la prima volta in Italia, riportava una cospicua serie di documenti di fonte statunitense [3-10], dai quali si evince che le polveri PM_{10} sono un inquinante rilevante per questi impianti. Da tali documenti, per centrali da 780 MW, taglia prevalente nei progetti italiani, si può stimare una produzione di PM_{10} primario nell'intervallo 150-250 t/anno. Con questo nuovo contributo desideriamo chiarire ulteriormente il problema dell'inquinamento da polveri per impianti turbogas, entrando nel merito della distinzione tra particolato primario e secondario. I dati qui riportati, frutto di ulteriori indagini, confermano, ed anzi aggravano, il quadro precedentemente esposto [1].

Dimensione degli impianti, quantità di combustibile bruciato, approvvigionamenti

Al fine di inquadrare il problema nelle sue dimensioni reali, occorre innanzitutto chiarire che una centrale turbogas da 780 MW elettrici, che opera per 6-7 mila ore/anno, consuma un'enorme quantità di combustibile: circa 1 miliardo di m^3 di gas l'anno. Per rendersi conto dell'entità effettiva di questo vo-

lume di gas basta confrontarla con i consumi complessivi italiani di gas naturale che nell'anno 2002 hanno toccato quota 70,4 miliardi di m^3 [11]. In altre parole un impianto turbogas di questa taglia, che occupa un'area di circa 10 ettari, consuma circa un settantesimo del gas naturale impiegato su tutto il territorio nazionale che si estende su 30 milioni di ettari. È inoltre importante rilevare che (a) la conversione di diversi impianti italiani da olio combustibile a gas, (b) la costruzione di numerosi impianti turbogas ex-novo e (c) la crescita continua dei consumi di gas in Italia indipendentemente da (a) e (b), sta ponendo impegnative sfide sul fronte degli approvvigionamenti dall'estero di gas naturale, come già peraltro rilevato da Eni [12]. A seguito del consistente aumento dei consumi avvenuto negli ultimi anni, il problema degli approvvigionamenti di gas naturale è già una realtà negli Stati Uniti ed il Presidente della Federal Reserve, Alan Greenspan, ha recentemente lanciato l'allarme per le possibili pesanti ripercussioni sull'economia nazionale [13].

Certamente la scelta della metanizzazione del nostro sistema energetico, a scapito di petrolio e carbone, è positiva dal punto di vista ambientale. Non bisogna dimenticare però che il gas è comunque una risorsa finita, non rinnovabile, largamente importata, che viaggia in infrastrutture efficienti e a moderato impatto ambientale ma strategicamente vulnerabili, quali i gasdotti transcontinentali. Non entriamo nel merito della validità o meno del concetto di autosufficienza energetica di un Paese. Comunque, l'incremento della produzione elettrica nazionale potrà ridurre la nostra dipendenza dall'importazione da Paesi limitrofi (per esempio Francia, Svizzera), ma aumenterà la nostra dipendenza da fonti energetiche primarie provenienti da altri paesi (per esempio Algeria, Russia, Medio Oriente). Parlare di indipendenza elettrica per un Paese povero di fonti energetiche primarie fossili è fuorviante, in assenza di un cambio radicale della politica energetica. L'Italia ha un'autosufficienza energetica complessiva piuttosto modesta (15,6%) ed in lento ma costante declino [11]. Dunque la scelta strategica è decidere come modulare una

N. Armaroli, Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività del Cnr - Bologna; C. Po, Unità Operativa Rischio Ambientale, Dipartimento di Sanità Pubblica - AUSL Città di Bologna. armaroli@isof.cnr.it

dipendenza incompressibile. Nel frattempo, la pianificazione dell'utilizzo delle uniche fonti energetiche nazionali (efficienza, risparmio, sole, vento, biomasse) o dei vettori energetici del futuro (idrogeno) restano ai livelli più bassi in Europa, escludendo l'importante contributo delle rilevanti risorse idroelettriche. A questo proposito giova menzionare quanto riportato nella Relazione 2003 dell'Autorità per l'Energia ed il Gas, pag. 101, "In prospettiva, senza un sensibile aumento delle nuove fonti rinnovabili, capace di compensare il calo della produzione di gas e la sostanziale stabilità della produzione petrolifera e dell'energia idroelettrica, il grado di dipendenza dall'esterno (dell'Italia) è destinato ad aumentare ulteriormente" [11].

Particolato: sorgenti e definizioni

Il particolato, detto anche "aerosol" o "polveri", è costituito dall'insieme di tutto il materiale non gassoso presente in sospensione nell'aria. Esso comprende un'ampia gamma di particelle la cui composizione chimica e dimensione sono estremamente variabili a seconda della sorgente di produzione, delle condizioni meteorologiche e del meccanismo di formazione. Il particolato ha origine naturale (per esempio erosione del suolo, pollini, eruzioni vulcaniche, polveri dei deserti, spray marino) o è frutto di attività umane (per esempio processi di combustione, attività estrattive, cantieri, trasporti, industrie). La definizione dei vari tipi di particolato ha conosciuto una lunga e complessa storia, con modifiche nel corso degli anni [14]. Per questo motivo a tutt'oggi è possibile imbattersi in definizioni, o più semplicemente modi di dire, non del tutto coerenti. La definizione corrente di particolato contempla quattro categorie, a seconda dell'intervallo di dimensioni del diametro aerodinamico della particella (d_a): *ultrafine* ($d_a \leq 0,1 \mu\text{m}$); *fine* ($0,1 \mu\text{m} \leq d_a \leq 2,5 \mu\text{m}$); *grossolano* ($2,5 \mu\text{m} \leq d_a \leq 10 \mu\text{m}$); *ultragrossolano* ($> 10 \mu\text{m}$). Gli ultimi due tipi vengono spesso indicati con il termine inglese "coarse" e "supercoarse".

In pratica il diametro di una particella di PM_{10} è pari a circa un sesto del diametro di un capello. Questa articolata classificazione è semplificata nella prassi comune ove si utilizzano i termini PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ e $\text{PM}_{0,1}$ per indicare *tutto* il particolato con diametro minore od uguale a 10, 2,5 e, rispettivamente, 0,1 micron (μm). La distribuzione dimensionale di questi tre tipi di aerosol ha una forma a campana e le tre distribuzioni presentano larghe fette di sovrapposizione [14]. I termini PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ vengono spesso usati come sinonimi di particolato fine ed ultrafine, ma questo è sbagliato: il PM_{10} deve essere classificato come particolato "grossolano", il $\text{PM}_{2,5}$ come "fine", il $\text{PM}_{0,1}$ come "ultrafine" [15]. Il particolato di dimensioni maggiori, con diametro aerodinamico sino a $50 \mu\text{m}$, viene indicato comunemente come particolato totale (PT), spesso aggettivato come "sospeso" (PTS o PST). Fin dal 1979 è stata evidenziata la necessità di effettuare misure separate per i vari tipi di particolato [16]. Ognuna di queste misure richiede specifici accorgimenti.

In nessun modo è possibile utilizzare una misura di particolato totale come una misura soddisfacente di polveri grossolane (PM_{10}), fini ($\text{PM}_{2,5}$) o ultrafini ($\text{PM}_{0,1}$) [14]. E in effetti in tutto il mondo, oggigiorno, vengono effettuate misure diverse e specifiche per PT, PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ [14, 17-19]. Minore è la dimensione del particolato, maggiore è la difficoltà nella misura. Ad esempio, nella misura del $\text{PM}_{2,5}$, è particolarmente difficoltoso il rilevamento del particolato semivolatile, principalmente di origine secondaria [20]. Tuttavia i progressi tecnologici nel campo sono notevoli ed è entrato in vigore nel 2003, dopo quasi un decennio di lavoro sul particolato fine, un metodo di riferimento provvisorio per il campionamento e la misurazione del $\text{PM}_{2,5}$

valido su tutto il territorio dell'Unione Europea, la cui versione definitiva è prevista per il 2004 [21]. Infine, una cruciale classificazione del particolato è quella basata sulla sua origine, che prevede tre categorie:

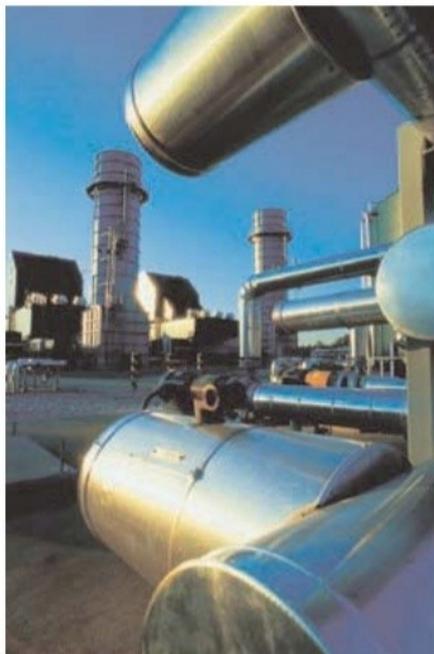
- a) *particolato primario filtrabile*, che viene emesso in fase solida direttamente dalla sorgente;
- b) *particolato primario condensabile*, che viene emesso in fase gassosa ad alta temperatura ma condensa a seguito di diluizione e raffreddamento entro pochi secondi dall'espulsione dalla sorgente [22];
- c) *particolato secondario*, che si forma in atmosfera attraverso complessi processi, principalmente di natura fotochimica, a partire da emissioni gassose di biossido di zolfo (SO_2), ossidi di azoto (NO_x), ammoniaca, composti organici [23].

Dal punto di vista chimico, i principali componenti del particolato sono nitrati, solfati e cloruri di ammonio e sodio, carbonio elementare, carbonio organico, polveri minerali e biogeniche di varia composizione, acqua. Una volta

presente in atmosfera, il particolato viene rimosso per sedimentazione o precipitazione. Il tempo medio di permanenza in atmosfera varia a seconda delle dimensioni: si va da alcune ore per il particolato ultragrossolano fino a giorni o settimane per il particolato fine ed ultrafine. Questi ultimi possono essere trasportati per migliaia di chilometri e la loro presenza viene rilevata come fondo anche in stazioni di misura collocate in aree remote. La natura transfrontaliera dell'inquinamento da polveri fini è ormai ben nota. Studi effettuati nei Paesi Bassi, paese piccolo e non protetto da catene montuose evidenziano una concentrazione abbastanza uniforme di $\text{PM}_{2,5}$ tra zone urbane e zone rurali, con effetti importanti da parte della circolazione dei venti [24]. L'effetto a lunga distanza è invece molto meno marcato in regioni con scarsa circolazione dei venti e circondate da catene montuose, quali la Pianura Padana.

Produzione di particolato dalla combustione del gas naturale

Il gas naturale che dai gasdotti giunge alle utenze civili ed industriali dei paesi avanzati deve presentare notevoli standard di qualità ("pipeline quality natural gas", secondo la nomenclatura



dell'Agenzia Ambientale degli Stati Uniti, EPA). Ad esempio il contenuto medio di zolfo è estremamente basso, sia in Usa ($4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [25]) sia in Europa ($7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [26]); a questo riguardo anche il gas asiatico è di ottima qualità [27]. Questo ed altri elevati standard qualitativi (per esempio tenore di metano $\geq 80\%$) [1], uniti alla stessa natura gassosa del combustibile, lo rendono sostanzialmente esente da emissioni di particolato di taglia superiore al PM_{10} . Di conseguenza, come abbiamo già rilevato in precedenza [1], quando si parla di emissioni di particolato da combustione di gas naturale occorre fare unicamente riferimento a PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ e $\text{PM}_{0,1}$. General Electric ha recentemente concluso che la gran parte (>95%) del particolato primario prodotto dalla combustione del gas naturale in turbina rientra nella categoria $\text{PM}_{2,5}$ [28]. Questo viene confermato da dati di fonte europea che per il gas naturale (comunemente chiamato "metano") parlano di polveri con diametro dell'ordine di $1 \mu\text{m}$ o inferiori ($\text{PM}_{1,}$) [29]. Risulta quindi del tutto destituita di qualsiasi fondamento l'affermazione, scritta su decine di progetti italiani, ripresa su vari documenti di Via [30] e di Vas [31], riscontrabile in interviste televisive e alla stampa da parte di dirigenti di industrie energetiche, che la combustione del gas "non produce polveri". La combustione del gas non produce sostanzialmente Pst, ma non è affatto esente dalla produzione di PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, $\text{PM}_{0,1}$ che, purtroppo, hanno una ben maggiore rilevanza per la salute (v. oltre).

Produzione di particolato nelle centrali Ngcc: contributo primario

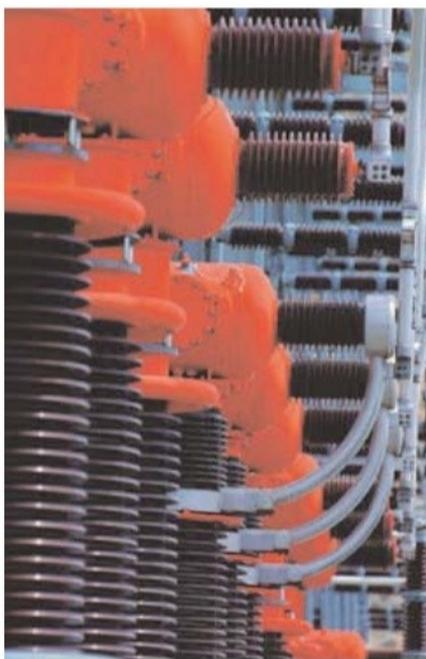
Nelle centrali californiane elencate nel nostro precedente articolo [1], i dati di PM_{10} (150-250 t/anno) si riferiscono al contributo primario previsto sulla base dei dati forniti dai produttori delle turbine utilizzate specificatamente per un dato impianto. Questi dati sono in buon accordo con uno studio modello effettuato dai laboratori del Department of Energy degli Stati Uniti, mai smentito [4]. Quindi i dati delle emissioni di PM_{10} da centrali Usa da noi riportati non sono determinati tramite tabelle di fattori di emissione, essendo questa una procedura troppo approssimata [1] e quindi non accettabile. Val la pena sottolineare che la produzione di PM_{10} da centrali turbogas non è un "pallino" americano: anche in Asia è noto che tali impianti producono quantità non trascurabili di PM_{10} primario [32]. Per le centrali californiane (alcune delle quali sono entrate in funzione in questi mesi, e altre seguiranno) occorre specificare in fase progettuale il numero di accensioni e spegnimenti previsti nel corso dell'anno [6, 7, 9, 10], dato che la produzione di inquinanti, incluso il particolato, è molto maggiore nella fase iniziale "a freddo" del funzionamento. Inoltre occorre tenere presente che le turbine non sono le uniche fonti emissive di particolato per una centrale turbogas, ma altri impianti accessori possono contribuire in maniera non trascurabile (per esempio boiler, caldaie ausiliarie, torri di raffreddamento) [6, 7, 9, 10]. Per una centrale da 750 MW in Usa è stato stimato un impatto

aggiuntivo in atmosfera in PM_{10} primario pari a $8,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media 24 h) e $1,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media annuale) [33]. Si tratta di un contributo rilevante, anche perché il particolato non ha una soglia minima di pericolosità: anche quantità apparentemente irrilevanti possono avere gravi implicazioni per le salute. Il permesso per la costruzione di questa centrale è stato rilasciato solo dietro presentazione di un adeguato pacchetto di misure compensative (offset package [1]) per annullare l'impatto negativo sulla qualità dell'aria nella regione interessata [8].

La differenza tra i valori emissivi di particolato totale calcolati sulla base dei fattori di emissione Epa (dell'ordine di decine di t/anno) e quelle di progetti veri (150-250 t/anno), già riportate

nel nostro precedente articolo (Tabella 1 vs. Tabella 5) [1] si può spiegare con l'inclusione dei fattori (i) accensione/spegnimento e (ii) impianti accessori. Inoltre, aspetto di cruciale importanza, i fattori di emissione Epa sono riferibili al particolato totale PT, mentre i dati dei progetti californiani si riferiscono esplicitamente al PM_{10} .

Di conseguenza, i due parametri sono profondamente diversi e non possono essere direttamente confrontabili. Per completare il quadro sulle emissioni primarie va aggiunto che la stessa General Electric ammette che, anche alla luce del sempre più massiccio impiego del gas naturale, si pone il problema della misura del $\text{PM}_{2,5}$ primario che è il vero target da tenere sotto controllo nella combustione del gas [34]. In ogni caso, una discussione sulle differenze di valori emissivi di particolato primario, pur importante, ci svierebbe dal cuore del problema che è costituito, per gli impianti turbogas, dalla produzione di particolato fine ed ultrafine secondario.



Particolato fine $\text{PM}_{2,5}$

Esiste una vasta evidenza che la porzione principale di $\text{PM}_{2,5}$ presente in atmosfera non sia direttamente emessa da sorgenti di combustione ma sia di origine secondaria [35]. Anche una frazione rilevante del PM_{10} ha origine secondaria [36, 37]. Il drastico calo dell'utilizzo di carbone realizzato nell'ultimo ventennio in Europa, ha notevolmente ridotto le emissioni di biossido di zolfo. Di conseguenza, a partire dalla fine degli anni Ottanta, gli inquinanti primari maggiormente responsabili della formazione di particolato secondario in Europa sono diventati gli ossidi di azoto NO_x [20, 35, 38-39]. La conversione di NO_x a particolato secondario viene stimata superiore al 60% [39]. Nei progetti italiani di centrali turbogas si prevede una produzione di NO_x attorno alle 1.500 t/anno per impianti da 780 MW, quindi si possono prevedere quantità alquanto consistenti di particolato secondario come nitrato (vedi oltre). Purtroppo, alla pari della produzione di particolato primario, questo ancor più rilevante aspetto del problema è del tutto ignorato nelle VIA dei progetti turbogas italiani, poiché non richiesto dalle vigenti leggi [2]. Le correlazioni tra concentrazioni di massa di PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ e concentrazioni di NO_x in atmosfera sono ormai ben associate da

studi effettuati in Europa [18], in America [40] e in Asia [41]. In questi ed altri studi [37] la comunità scientifica ha rimarcato la carenza delle vigenti legislazioni sul particolato, indicando la necessità di tenere in conto la formazione di particolato secondario se si vuole realizzare un efficace controllo della concentrazione di PM_{10} e $PM_{2.5}$ in atmosfera, dato il loro rilevante effetto per la salute pubblica [36]. In altre parole il particolato secondario potrà essere tenuto efficacemente sotto controllo solo se verranno messe in campo decise politiche miranti al contenimento della produzione

degli NO_x , principali precursori chimici delle polveri secondarie. Questo approccio si accompagnerebbe a positivi effetti anche sulla riduzione di ozono, altro inquinante secondario la cui formazione dipende dalla presenza di NO_x [42]. In California, come già descritto in precedenza [1], questa politica viene attuata con decisione; per ottenere un permesso per la costruzione di un impianto turbogas occorre rispettare quanto segue:

- 1) definizione di adeguati pacchetti di compensazione per il PM_{10} primario [8];
- 2) severe misure di abbattimento degli NO_x , precursori di particolato secondario [1, 6-10];
- 3) definizione di adeguati pacchetti di compensazione per tutti i precursori di particolato secondario (NO_x , SO_2 , Voc), una volta abbattuti [8].

Per quanto riguarda gli impianti di abbattimento di NO_x , per una centrale turbogas da 500 MW vengono stimati i costi riportati in Tabella [10]. Una centrale da 800 MW ha presumibilmente costi più elevati. La tecnologia Scr (Selective Catalytic Reduction) implica l'emissione in atmosfera di circa 30 t/anno di polveri primarie aggiuntive, largamente compensate da quelle secondarie evitate [10]. Sconox (riduzione catalitica di NO_x , accoppiata ad ossidazione catalitica di monossido di carbonio CO), più costoso, non dà luogo all'emissione di polveri. Con questi accorgimenti, accoppiati nel caso Scr ad impianti di ossidazione catalitica, si raggiungono elevatissimi livelli di abbattimento di NO_x e CO, con fattori di riduzione 5-10 rispetto alle turbogas previste in Italia [1]. La formazione di $PM_{2.5}$ secondari è piuttosto lenta ed è più consistente in zone relativamente distanti dalle sorgenti di inquinanti precursori [24]. Il meccanismo di formazione varia dall'inverno all'estate: nella stagione fredda prevale la trasformazione dei precursori in fase acquosa, in quella calda il processo è prevalentemente in fase gassosa. Nelle zone caratterizzate da particolato

Costi (\$ Usa) connessi a due possibili impianti di abbattimento degli NO_x per 2 turbine a gas General Electric F7A, centrale da 500 MW complessivi [10]*

Tecnologia	SCR ^a	SCONOx ^b
Costo installazione	6.500.000	31.000.000
Costi annuali diretti e indiretti per il funzionamento e la manutenzione	4.249.100	13.921.100
Inquinante rimosso (t/anno)	428	456
Costo per t di inquinante rimosso	9.928	30.529

* La tecnologia Sconox, più costosa, non implica l'utilizzo ed il trasporto di ammoniaca, garantendo una maggiore sicurezza ed un minore impatto dell'impianto. Con tale tecnologia si abbatte anche il monossido di carbonio, CO
^aRiduzione catalitica selettiva di NO_x
^bRiduzione catalitica di NO_x ed ossidazione catalitica di CO

con elevato contributo di PM_{10} e $PM_{2.5}$ secondari semivolatili da nitrati, specifici effetti termodinamici portano a più elevate concentrazioni di polveri in inverno che in estate [29]. In questa casistica rientra presumibilmente la Pianura Padana coi suoi picchi invernali.

Particolato ultrafine $PM_{0.1}$

L'attenzione della comunità scientifica internazionale si sta progressivamente spostando verso il particolato ultrafine, $PM_{0.1}$, poiché è ormai assodato che gli effetti

sanitari delle polveri sono inversamente proporzionali alle loro dimensioni [15]. Il $PM_{0.1}$ può penetrare molto profondamente nelle vie respiratorie e, addirittura, passare direttamente nel sangue a livello polmonare [43]. Il particolato ultrafine rappresenta una grandissima parte del numero delle particelle presenti in atmosfera, ma una porzione minuscola della massa complessiva di particolato sospeso [15]. Di conseguenza per questo pericolosissimo inquinante perde significato la misura della concentrazione di massa, comunque modesta, e prende rilievo la misura della concentrazione numerica (numero di particelle per unità di volume). Studi sulla composizione chimica di $PM_{0.1}$ nella California meridionale mostrano che esso ha un'origine primaria (principalmente carbonio organico) e secondaria (nitrati) [44]. La concentrazione di particolato ultrafine in atmosfera tende progressivamente ad aumentare ponendo seri interrogativi sulle conseguenze per la salute pubblica. Tale

concentrazione è stata trovata sostanzialmente identica in tre città europee: Helsinki (Finlandia), Erfurt (Germania) ed Amsterdam (Olanda), a dimostrazione del fatto che questo inquinante ha lunghi tempi di permanenza in atmosfera e la sua concentrazione tende ad uniformarsi su territori molto estesi [45].

Studi recentissimi evidenziano che nella Germania riunificata la qualità dell'aria è generalmente migliorata, grazie agli interventi di risanamento ambientale effettuati nella ex-Germania Orientale. Questo miglioramento non si è però verificato per il particolato ultrafine, la cui concentrazione numerica è raddoppiata nell'ultimo decennio [46].

Nella regione di Erfurt, Germania, tra il 1991 ed il 1998 la concentrazione numerica del particolato ultrafine è aumentata del 115% ed il rapporto numerico $PM_{0.1}/PST$ è aumentato di più del 500%. In questo periodo vi è stata la progressiva sostituzione del vecchio parco veicolare



(per esempio la famosa Trabant) con automezzi catalizzati, mentre nella produzione di energia l'uso del carbone è calato dell'84% e l'uso del gas naturale è aumentato del 300% [47]. In sostanza l'uso di tecnologie innovative di combustione e controllo degli inquinanti ed il passaggio al gas naturale stanno progressivamente portando ad uno spostamento della distribuzione di massa del particolato dalle dimensioni maggiori a quelle minori. In parallelo però il numero di particelle sospese in atmosfera tende ad aumentare. Alla luce di questo andamento, e considerata l'estrema rilevanza sanitaria delle polveri ultrafini, si presenta con forza la necessità di modificare la legislazione corrente per passare dalla misura della concentrazione di massa a quella numerica [15, 45, 47].

Particolato secondario dal sistema energetico europeo: contributo della produzione termoelettrica da gas naturale

Se gli Usa sono all'avanguardia nella consapevolezza dell'enorme impatto sanitario della produzione di particolato primario e secondario da grandi impianti termoelettrici per la produzione di energia, non è da meno l'Europa. Le istituzioni europee hanno commissionato autorevoli studi per quantificare l'inquinamento atmosferico del sistema energetico europeo e stimare le esternalità sanitarie ad esso connesse [48]. Secondo un recente rapporto della European Environment Agency (Eea) la produzione di PM_{10} secondario prodotto dal sistema energetico europeo è di 7 volte superiore a quello primario [49]. Nei numerosi progetti turbogas italiani non si menziona il PM_{10} primario ma, cosa ancora più preoccupante, non vi è alcun accenno al problema della formazione di particolato secondario.

Alcuni anni fa il Consiglio d'Europa ha commissionato uno studio sul particolato secondario prodotto dal sistema elettrico europeo. In esso si stima che una centrale termoelettrica a gas naturale da 800 MW che opera per 6.500 ore/anno produce una quantità di $PM_{2,5}$ secondario dell'ordine di 1.700 t/anno [50]. Tale valore è pari ad un terzo delle emissioni di una centrale di eguale potenza a carbone. Per quanto riguarda la stima delle esternalità ambientali del sistema termoelettrico europeo è stato valutato (in meuro/KWh) che mediamente, posto a 100 il carico dei costi socio-ambientali degli impianti a carbone, 50 e 30 sono, rispettivamente, i costi per gli impianti ad olio combustibile e gas naturale [48, 51].

Per valutare l'impatto sanitario di una grande centrale per la produzione di energia non basta considerare il combustibile utilizzato, i sistemi di controllo dell'inquinamento o la potenza erogabile. Un parametro di importanza ancora maggiore è la localizzazione. Per esempio, per il sistema energetico thailandese, è stato stimato che una centrale a turbogas da 600 MW situata nelle vicinanze della capitale Bangkok ha un costo di esternalità sanitarie quasi doppio rispetto ad una centrale a carbone da 1.000 MW localizzata in un'area remota del Paese [32].

Effetti sulla salute

Studi epidemiologici hanno dimostrato robuste associazioni tra effetti avversi alla salute e inquinamento da particolato [52]. Da alcuni anni argomenti teorici e studi sperimentali sugli animali e sull'uomo indicano che la componente più tossica si trova nella frazione sotto $1 \mu m$ (PM_{10}), e più probabilmente in particelle attorno a $0,1 \mu m$ di diametro, $PM_{0,1}$ [53, 54]. Gli studi epidemiologici hanno trovato maggiori effetti avversi per il $PM_{2,5}$ che per il PM_{10} [55]. Le principali correlazioni riguardano gli effetti a carico del sistema respiratorio e cardiaco, specialmente in anziani e bambini, dove causano esacerbazione di patologie preesistenti. Questi effetti acuti avvengono anche a concentrazioni relativamente basse, e sono associati anche a particelle di composizione relativamente innocua (carbonio organico, ammonio, solfato e nitrato). Si è quindi supposto un mecca-

nismo patogenetico che non è più basato sul peso del particolato inalato ma sul numero, meglio sulla superficie (area) disponibile a reagire nell'epitelio dei bronchioli terminali e degli alveoli. Questa ipotesi è stata confermata sperimentalmente su animali (ratti) che esposti a particolato molto fine hanno sviluppato un'inflammatione più grave di quelli esposti a particolato di granulometria maggiore [54]. Il fattore rilevante potrebbe quindi essere il numero delle particelle inalate e ritenute a livello alveolare. Per una concentrazione di PM_{10} di $100 \mu g/m^3$, tipica in prossimità di strade ad elevato traffico, si hanno in media $40 \mu g/m^3$ di $PM_{2,5}$ (40%) e $2 \mu g/m^3$ di $PM_{0,1}$ (2%) ed un numero di particelle di $10^5/cm^3$. Assumendo per un individuo adulto i valori medi di tasso di ventilazione e superficie polmonare si può stimare che meno di un alveolo su mille entrerà in contatto con una particella PM_{10} al giorno, mentre un alveolo tipo entrerà in contatto con centinaia di particelle ultrafini, che hanno un'elevata capacità di

penetrazione nelle più profonde vie respiratorie.

Le particelle fini ed ultrafini attorno ai 100 nm derivate dalla combustione e caratteristiche del fondo urbano, esercitano effetti biologici avversi rilasciando dalla loro superficie idrocarburi policiclici aromatici (Ipa) e radicali liberi tossici [56]. A seconda della temperatura e pressione gli Ipa e loro derivati possono trovarsi sia in forma gassosa adsorbita al particolato sia in forma particellare. Vengono prodotti dalla combustione incompleta di carburanti fossili o vegetali, incluso il gas naturale [57]. Gli Ipa hanno un'emivita media nella troposfera stimata da 3,5 a 10 giorni e una vita complessiva da 5 a 15 giorni. Essi reagiscono con gli ossidi di azoto dando idrossi- e nitro-Ipa, questi ultimi particolarmente pericolosi per la salute. Le possibili vie di esposizione per l'uomo sono inalazione, ingestione e contatto con la pelle; gli effetti sulla salute sono sia cancerogeni sia non cancerogeni. La letteratura scientifica che discute effetti del particolato sulla salute umana è vastissima, e in parte anche consultabile liberamente in rete [58, 59].



Conclusioni

Le centrali Ngcc rappresentano il meglio che la tecnologia termoelettrica può oggi offrire in termini di efficienza di produzione e contenimento di emissioni inquinanti. Esse sono quindi un'ottima scelta per la *riconversione* di centrali meno efficienti e più inquinanti ad olio o a carbone [1]. Tuttavia è profondamente infondato ritenere che questi impianti presentino modesti impatti ambientali. In questo lavoro ci siamo soffermati ad esaminare il problema della produzione di particolato primario e secondario. Questo ci è parso necessario alla luce dell'infondata credenza, anche suffragata da documentazione ufficiale [2, 30, 31], che questi impianti non contribuiscano alla produzione di polveri. Per le centrali italiane, ai fini della valutazione dell'inquinamento atmosferico, è richiesto unicamente di misurare il Pst primario filtrabile, che peraltro ha scarsa rilevanza sanitaria. Questo approccio si rivela quindi totalmente inutile per valutare l'inquinamento da polveri di centrali a gas che producono PM₁₀, PM_{2,5} e PM_{0,1}, principalmente di natura secondaria. In quest'ultimo decennio è stata acquisita un'impressionante mole di conoscenza tecnico-scientifica sugli impatti ambientali dei sistemi energetici, sulla produzione di polveri fini ed ultrafini, sulla rilevanza sanitaria di questi inquinanti. In Italia, sino a questo momento, esse non sono state recepite e trasformate in adeguati provvedimenti di legge.

Questa carenza risulta particolarmente grave alla luce dei documenti prodotti da autorevoli istituzioni europee [29, 49, 50] e della severità che vige in altri Paesi nel rilascio di concessioni per nuove centrali turbogas [1]. La situazione italiana per le polveri fini è già estremamente grave. Un recentissimo studio rivela che la misura della concentrazione di massa di PM_{2,5} invernale in 21 città europee pone le tre città italiane esaminate (Torino, Pavia, Verona) ai primi tre posti di questa non invidiabile classifica [60]. Il particolato è un inquinante per il quale non esiste una soglia minima di pericolosità. In futuro la misura del particolato in Europa verrà effettuata da satellite, senza distinzioni tra primario e secondario [61] mentre, a tutela della salute pubblica, verranno imposti limiti più restrittivi per le concentrazioni di PM_{2,5} in atmosfera [29]. In questo stesso periodo di tempo dovrebbero entrare in funzione in Italia decine di nuove centrali turbogas che bruceranno miliardi di metri cubi di gas naturale aggiuntivi che, stando ai progetti e alle autorizzazioni fin qui concesse, non contribuiranno in alcun modo alla produzione di polveri fini ed ultrafini. Questo è totalmente destituito di qualsiasi fondamento scientifico, come qui argomentato.

Sarebbe quindi auspicabile che oggi, finché si è in tempo, si analizzasse questo problema con maggiore rigore. Questo per non assistere, domani, di fronte ad una realtà ben diversa dalle attese, ad uno scarico di responsabilità tra le numerose Autorità che sovrintendono al rilascio di autorizzazioni o sono chiamate ad esprimere giudizi tecnici in fase preliminare. È possibile costruire centrali turbogas limitando l'impatto ambientale in misura molto maggiore di quanto non previsto oggi in Italia. Altrimenti, questo approccio è una consolidata realtà [6-10].

Bibliografia

[1] N. Armaroli, C. Po, *Chimica e Industria*, 2003, **85**(4), 45.
 [2] http://www.minambiente.it/Sito/settori_azione/via/legislazione/tabella_decreti.htm (10 ottobre 2003).
 [3] Emission Factor Documentation of AP-42 Section 3.1, Stationary Combustion Turbines, U.S. Environmental Protection Agency,

Alpha-Gamma Technologies Inc., Raleigh, North Carolina, 2000.
 [4] P.L. Spath, M.K. Mann, Life Cycle Assessment of a Natural Gas Combined Cycle Power Generation System, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, TP-570-27715, 2000.
 [5] California Air Resources Board, centrali elettriche: <http://www.arb.ca.gov/energy/powerpl/powerpl.htm> (10 ottobre 2003).
 [6] Final Determination of Compliance, Delta Energy Center, Bay Area Air Quality Management District, 21 ottobre 1999.
 [7] Final Determination of Compliance, High Desert Power Project, Mojave Desert Air Quality Management District, 29 giugno 1999.
 [8] Documento complessivo sugli offset packages del California Air Resources Board: www.arb.ca.gov/energy/powerpl/guidedoc/offsets.doc (10 ottobre 2003).
 [9] Final Determination of Compliance, Blythe Energy Project, Mojave Desert Air Quality Management District, 25 ottobre 2000.
 [10] Final Staff Assessment, Elk Hills Power Project, California Energy Commission, aprile 2000.
 [11] Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas, Relazione Annuale 2003.
 [12] "Indagine conoscitiva della Camera dei Deputati sulla situazione e sulle prospettive del settore dell'energia", Documento conclusivo approvato il 18 aprile 2002, cap. 4.7 "Il fabbisogno energetico nazionale".
 [13] "Natural gas supply and demand issues", The Federal Reserve Board, Testimony of Chairman Alan Greenspan before the Committee on Energy and Commerce, U.S. House of Representatives, 10 giugno 2003.
 [14] W.E. Wilson, H.H. Suh, *J. Air Waste Manage.*, 1997, **47**, 1238.
 [15] L.M. Brown *et al.*, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 2000, **358**, 2563.
 [16] F.J. Miller *et al.*, *J. Air Pollut. Control Assoc.* 1979, **29**, 610.
 [17] C. Monn *et al.*, *Atmos. Environ.*, 1995, **29**, 2565.
 [18] R.M. Harrison *et al.*, *ibid.*, 1997, **31**, 4103.
 [19] K. F. Ho *et al.*, *ibid.*, 2003, **37**, 31.
 [20] D.J. Eatough *et al.*, *ibid.*, 2003, **37**, 1277.
 [21] Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee, n. 12, 17 gennaio 2003, p. 31.
 [22] L.A. Corio, J. Sherwell, *J. Air Waste Manage.* 2000, **50**, 207.
 [23] M.E. Jenkin, K.C. Klemmshaw, *Atmos. Environ.*, 2000, **34**, 2499.
 [24] S.C. van der Zee, *et al.*, *ibid.*, 1998, **32**, 3717.
 [25] Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I, Section 1.4: External Combustion Sources-Natural Gas Combustion, U.S. Environmental Protection Agency, Eastern Research Group, Morrisville, North Carolina, 1998.
 [26] European Environment Agency, EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 3rd Edition, B111-46, ottobre 2002.
 [27] M.S. Reddy, C. Venkataraman, *Atmos. Environ.*, 2002, **36**, 677.
 [28] Dr. Mike Ringer, California Energy Commission, comunicazione privata.
 [29] Draft for Second Position Paper on Particulate Matter, Clean Air for Europe Working Group on Particulate Matter, The European Commission, agosto 2003.
 [30] Si veda per esempio il Decreto di VIA per la trasformazione in ciclo combinato di 3 dei 4 gruppi della centrale termoelettrica "La Casella" (PC), Prot. 158, Ministero dell'Ambiente, Pag. 5 e 9.
 [31] Valutazione Ambientale Strategica del Piano Energetico Regionale dell'Emilia Romagna, pag. 53.

- [32] B.D. Thanh, T. Lefevre, *Environ. Impact Assess. Rev.*, 2000, **20**, 137.
- [33] Pastoria Energy Facility (99-AFC-7), Request to Amend Conditions of Certification, California Energy Commission, 21 maggio 2002.
- [34] G. England *et al.*, "Fine Particle and Precursor Emissions From Power, Oil & Gas Industry Sources", Proceedings of the conference "PM_{2.5} and Electric Power Generation: Recent Findings and Implications", Pittsburgh PA, aprile 2002, National Energy Technology Laboratory Publications.
- [35] "Source Apportionment of Airborne Particulate Matter in the United Kingdom", Report of the Airbone Particle Expert Group, Department of Environment, Food, and Rural Affairs, UK Government, Gennaio 1999.
- [36] P. Lenschow *et al.*, *Atmos. Environ.*, 2001, **35**(1), S23.
- [37] T. Chatterton *et al.*, *Water Air Soil Poll.*, 2002, Focus **2**, 173.
- [38] M. Amann *et al.*, *ibid.*, 2001, **130**, 223.
- [39] F.A.A. M. de Leeuw, *Environ. Sci. & Pol.* 2002, **5**, 135.
- [40] N. Motallebi *et al.*, *J. Air Waste Manage.* 2003, **53**, 876.
- [41] S.-J. Chen *et al.*, *Chemosphere* 2003, **53**, 29.
- [42] M. Rizzo *et al.*, *J. Air Waste Manage.* 2002, **52**, 593.
- [43] A. Nemmar *et al.*, *Circulation*, 2002, **105**, 411.
- [44] G.R. Cass *et al.*, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 2000, **358**, 2581.
- [45] J. Ruuskanen *et al.*, *Atmos. Environ.*, 2001, **35**, 3729.
- [46] W.G. Kreyling *et al.*, *ibid.*, 2003, **37**, 3841.
- [47] S. Ebel *et al.*, *Environ. Health Persp.*, 2001, **109**, 325.
- [48] External Costs, Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport, The European Commission, 2003.
- [49] "Energy and Environment in the European Union", The European Environment Agency, 2002, p.33.
- [50] "Fine-particle emissions and human health", Committee on Science and Technology, The Council of Europe, doc. 8167, luglio 1998.
- [51] A. Rabl, J.V. Spadaro, *Annu. Rev. Energ. Env.*, 2000, **25**, 601.
- [52] B. Brunekreef, S.T. Holgate, *Lancet*, 2002, **360**, 233.
- [53] H.E. Wickmann, A. Peters, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 2000, **358**, 2751.
- [54] K. Donaldson, *Occup. Environ. Med.*, 2001, **58**, 211.
- [55] C.A. Pope *et al.*, *JAMA-J. Am. Med. Assoc.*, 2002, **287**, 1132.
- [56] J.I. Levy *et al.*, *J. Expo. Anal. Env. Epid.* 2002, **12**, 104.
- [57] W.R. Rogge *et al.*, *Environ. Sci. Technol.*, 1993, **27**, 2736.
- [58] EPA, <http://www.epa.gov/ttn/oarpg/naaqsfm/pmhealth.html> (10 ottobre 2003).
- [59] OMS, <http://www.euro.who.int/air> (10 ottobre 2003).
- [60] M.E. Hazenkamp-von Arx *et al.* *J. Air Waste Manage.*, 2003, **53**, 617.
- [61] ICAROS-NET: Integrated Computational Assessment Of Urban Air Quality Via Remote Observation Systems Network, European Commission, Joint Research Centre, <http://icaros-net.jrc.ec.eu.int/> (10 ottobre 2003).

COMUNE DI BORDOLANO (CR)

Committenti:

**Coordinamento Comitati Ambientalisti Lombardia -
Mairano (BS), Via Roma, 1 e Agriturismo "La Corte dei
Semplici" -Via Strada Provinciale 25, n.4 - Bordolano**

Oggetto:

**Esecuzione di prove sismiche con metodologia ReMi e Masw,
per la determinazione del grado di addensamento del terreno e
la valutazione preliminare del rischio liquefazione di un'area
limitrofa all'agriturismo "Corte dei Semplici" a Bordolano**

RAPPORTO TECNICO



Data: Febbraio 2013

Dr. Alberto Lepori - Via Faustini, 1- 29100 Piacenza -Tel.0523-482836 - Cell. 348-7813006
Ordine Geologi Emilia-Romagna n 1062- C.F. LPR LRT 61H01 D502P - P.IVA 01448730331

1. PREMESSA

Su richiesta dei Committenti:

- **Coordinamento Comitati Ambientalisti Lombardia - Mairano (BS), Via Roma, 1**
 - **Agriturismo "La Corte dei Semplici" - Via Strada Provinciale 25, n.4 - Bordolano,**
 è stata eseguita una verifica preliminare del rischio di liquefazione dei terreni di un'area limitrofa all'agriturismo Corte dei Semplici, zona interessata dalla realizzazione di una centrale di compressione del gas metano oltre alla posa di numerose condotte in pressione.



Scopo dello studio, concordato con il Committente, è stato quello di verificare speditivamente il grado di addensamento del sottosuolo mediante tecniche geofisiche di superficie, in particolare mediante stendimenti sismici e misure di tipo REMI e MASW, lasciando ad eventuali fasi successive gli approfondimenti realizzabili con prospezioni dirette (penetrometrie e/o sondaggi).

La liquefazione è un fenomeno, che si può verificare nei primi 15-20 metri, associato alla perdita di resistenza al taglio o ad un accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, **prevalentemente sabbiosi**, sollecitati da azioni dinamiche (terremoti) che agiscono in condizioni non drenate.

La suscettibilità alla liquefazione di un dato sito dipende da:

- Caratteristiche dell'azione sismica (intensità e durata);
- Proprietà geotecniche dei terreni (addensamento);
- Caratteristiche litologiche dei terreni e profondità della falda.

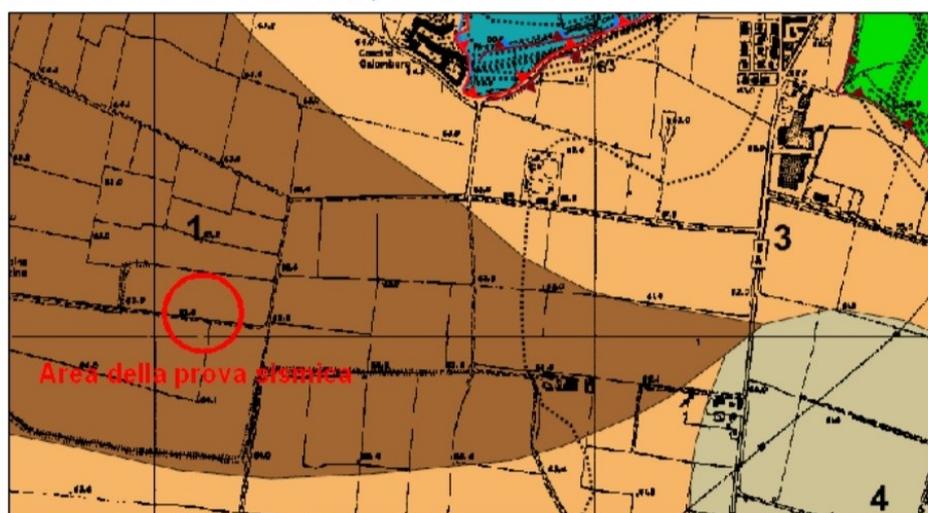
La liquefazione di un deposito è dunque il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori: le condizioni del terreno (fattore predisponente) e la sismicità (fattore scatenante).

Sebbene un terreno sia potenzialmente liquefacibile sulla base delle sue condizioni geologiche-geotecniche, la liquefazione non avviene se l'azione sismica non raggiunge valori di accelerazione massima a_{max} superiori a **0.10g** (NTC08).

A supporto delle evidenze geofisiche sono altresì state raccolte da bibliografia edita ulteriori informazioni geologiche e stratigrafiche, al fine di correlarne i risultati e fornire un modello di riferimento basato su dati oggettivi anche in momentanea assenza di prove dirette in sito.

2. CARATTERI GEOLOGICO-SISMICI DELL'AREA

In base alla cartografia geologica del PGT del Comune di Bordolano, l'area d'interesse è collocata sul "livello fondamentale della pianura".



Unità geomorfologiche:

Livello Fondamentale della Pianura (LF): porzione meridionale di pianura caratterizzata da aree sufficientemente stabili per la presenza di un'idrografia organizzata di tipo meandriforme; è costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità in superficie e di scheletro nel suolo.

- | | |
|---|---|
| 1 | U. C.na Razzina: Terrazzo principale con superficie modale stabile, pianeggiante o leggermente ondulata, intermedia tra le aree più rilevate (dossi) e depresse (conche e paleovalvei). Si tratta di superfici ben drenate e con substrato sabbioso. Udic Haplustalfs (coarse-loamy, mixed, mesic), molto profondi, su sabbie a tessitura da media a moderatamente grossolana fino a 100cm e grossolana in profondità |
| 2 | U. Ca Bianca: dossi fluviali rilevati e di forma generalmente allungata, ubicati ai bordi delle scarpate erosive che delimitano i principali solchi vallivi di corsi d'acqua attuali o fossili. Ultic Haplustalfs, (coarse-loamy, mixed, mesic), molto profondi, con tessitura generalmente grossolana. In superficie sono parzialmente denaturati. Si tratta di superfici rilevate fino a 3 metri circa ed allungate in direzione E-O su substrati sabbiosi o sabbiosi con limo non calcarei. Il gradino morfologico tra LF e la valle rende la falda molto profonda. Il drenaggio è moderatamente rapido e la permeabilità medio-alta. |
| 3 | U. di Bordolano: terrazzo principale con superficie modale stabile, pianeggiante o lievemente ondulata. Udic Haplustalfs (coarse-loamy over sandy, mixed, mesic), da profondi a molto profondi, con scheletro scarso e tessitura franca o franco-sabbiosa (maggiormente argillosa in superficie). Si presentano neutri o subacidi; il drenaggio è da buono a mediocre e la permeabilità moderata. |
| 4 | U. Gallarana: depressioni di forma subcircolare a drenaggio mediocre o lento, con problemi di smaltimento esterno delle acque, talora con evidenze di fossi scolanti. Si riconoscono in questa unità superfici pianeggianti, lievemente depresse rispetto alle circostanti, caratterizzate da un fitto reticolo idrografico e da marcata idromorfia per falda in prossimità del piano di campagna. Oxyaquic Haplustalfs (fine-silty, mixed, mesic), presentano uno spessore argillitico di circa 50 cm; la tessitura è generalmente da franco-limoso a franco-argilloso e franco-sabbioso in profondità. Sono da profondi a molto profondi, a reazione neutra. Il drenaggio è mediocre e la permeabilità moderatamente bassa. |

Di seguito si riporta la schematizzazione geotecnica contenuta nella relazione geologica allegata al PGT.

4.1 Analisi geotecnica

Sulla base dei dati a disposizione, delle conoscenze generali dell'area e dei dati bibliografici, si è pervenuti ad una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni del territorio in discussione. Si è rilevata la presenza generalizzata di terreno agrario, potente da 30 a 80 cm, che ha qualità geotecniche scarse per la componente organica in esso presente; sarà cura di chi eseguirà opere di edilizia ed urbanizzazione rimuovere questo livello di copertura. Si è operata la classificazione relativa ai primi 2 m da p.c. finalizzata ad una prima caratterizzazione dei terreni di fondazione che necessitano di conferma durante le indagini geotecniche esecutive.

Inoltre sono stati considerati n. 8 sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità di 20-30 m dal p.c.; all'interno di un perforo di sondaggio è stata eseguita una prova sismica down hole e sono state inoltre considerate n. 8 prove penetrometriche statiche (CPT), con penetrometro meccanico, spinte fino a 15 m dal p.c.

Queste indagini sono state eseguite da STOGIT (2006) per il campo di stoccaggio gas di Bordolano, e caratterizzano il Livello Fondamentale della Pianura (1 - unità C.na Razzina).

Le indagini hanno messo in evidenza quanto segue:

si rileva presenza in superficie di uno strato fine, rappresentato da terreno coltivo a limi argillosi/sabbiosi, seguito da terreni a prevalente matrice sabbiosa estesi con continuità verticale e laterale fino alla profondità di 20 m. Tale continuità è interrotta solo da un modesto livello più fine (rappresentato in genere da limi e/o sabbie molto fini) rinvenuto ad circa 10,00- 11,00 m da piano campagna.

Quest'ultimo strato, pur con diverse caratteristiche granulometriche, si riscontra in tutte le verticali indagate, ad eccezione del sondaggio S8, posizionato nel settore sud-ovest dell'area investigata. Il deposito sabbioso riscontrato nei primi 10 m circa di perforazione presenta un grado di addensamento in genere crescente con la profondità.

Sulla base di quanto affermato, la stratigrafia della zona è stata ricondotta al seguente schema:

litotipo A: limo con sabbia fine, a volte argilloso, per uno spessore di circa 1,00 m, a partire da piano campagna;

litotipo B1: sabbia media limosa/debolmente limosa, da sciolta a mediamente addensata, avente in genere spessore di 2,50÷3,00 m (da - 1,00 a - 3,50÷4,00 m da p.c.);

litotipo B2: sabbia media limosa/debolmente limosa, addensata. Lo spessore è dell'ordine dei 7 m (da - 3,50÷4,00 a - 10,00÷11,00 m da p.c.);

litotipo C: limo debolmente sabbioso/argilloso, avente spessore in genere non superiore ai 2 m (fino alla profondità massima di - 14,00 m da p.c.);

litotipo D: sabbia media limosa/debolmente limosa, da mediamente addensata ad addensata. Lo spessore in genere è compreso tra 6 e 7 m e si rinviene fino a fondo foro.

Si fa notare che la successione stratigrafica è costituita prevalentemente da sabbie, con presenza di un livello limoso-sabbioso (litotipo D) poco addensato fra gli 11 e i 15 metri dal piano campagna.

Anche la prova Down-Hole riportata nel PGT segnala la presenza di un orizzonte molto lento ($V_s = 110-170$ m/s) fra i 13 e i 15 metri dal p.c.

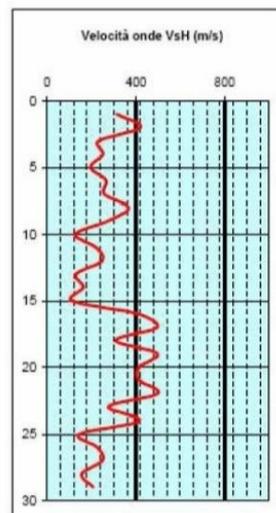
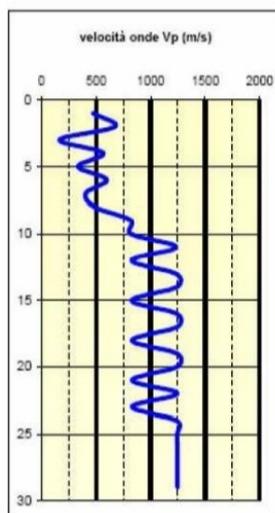
Profondità m	Distanza m	Tp ms	Ts ms	DVp m/s	DVs m/s	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E MPa	G MPa	r Ton/mc
1,0	1,9	4,0	6,0	471,7	314,5	1,5	0,67	0,10	391,6	178,0	1,8
2,0	2,6	5,0	7,6	674,5	421,5	1,6	0,63	0,18	754,5	319,8	1,8
3,0	3,4	10,0	11,2	167,8	233,0	0,7	1,39	1,54	496,0	97,7	1,8
4,0	4,3	11,6	14,8	567,6	252,3	2,3	0,44	0,38	315,4	114,5	1,8
5,0	5,2	14,4	19,6	336,3	196,2	1,7	0,58	0,24	172,1	69,3	1,8
6,0	6,2	16,0	23,2	599,9	266,6	2,3	0,44	0,38	352,4	128,0	1,8
7,0	7,2	18,4	27,0	404,5	258,9	1,6	0,64	0,15	278,2	120,6	1,8
8,0	8,2	20,4	29,6	489,0	369,0	1,3	0,75	0,15	563,8	245,1	1,8
9,0	9,1	21,6	33,2	818,9	273,0	3,0	0,33	0,44	385,6	134,1	1,8
10,0	10,1	22,8	40,8	821,7	129,7	6,3	0,16	0,49	90,1	30,3	1,8
11,0	11,1	23,6	45,2	1235,7	224,7	5,5	0,18	0,48	269,5	90,9	1,8
12,0	12,1	24,8	49,2	825,4	247,6	3,3	0,30	0,45	320,2	110,4	1,8
13,0	13,1	25,6	56,8	1239,9	130,9	9,5	0,11	0,49	92,1	30,8	1,8
14,0	14,1	26,4	62,8	1241,3	165,0	7,5	0,13	0,49	146,1	49,0	1,8
15,0	15,1	27,6	71,6	828,3	113,0	7,3	0,14	0,49	68,5	23,0	1,8
16,0	16,1	28,4	74,0	1243,4	414,5	3,0	0,33	0,44	889,0	309,2	1,8
17,0	17,1	29,2	76,0	1244,2	497,7	2,5	0,40	0,40	1252,5	445,8	1,8
18,0	18,1	30,4	79,2	829,9	311,2	2,7	0,38	0,42	494,4	174,3	1,8
19,0	19,1	31,2	81,2	1245,3	498,1	2,5	0,40	0,40	1254,9	446,7	1,8
20,0	20,1	32,0	83,6	1245,8	415,3	3,0	0,33	0,44	892,4	310,4	1,8
21,0	21,1	33,2	86,0	830,8	415,4	2,0	0,50	0,33	828,3	310,6	1,8
22,0	22,1	34,0	88,0	1246,6	498,6	2,5	0,40	0,40	1257,3	447,5	1,8
23,0	23,1	35,2	91,6	831,2	277,1	3,0	0,33	0,44	397,3	138,2	1,8
24,0	24,1	36,0	94,0	1247,1	415,7	3,0	0,33	0,44	894,3	311,1	1,8
25,0	25,1	36,8	100,8	1247,3	146,7	8,5	0,12	0,49	115,7	38,8	1,8
26,0	26,0	37,6	105,2	1247,5	226,8	5,5	0,18	0,48	274,7	92,6	1,8
27,0	27,0	38,4	109,2	1247,7	249,5	5,0	0,20	0,48	331,6	112,1	1,8
28,0	28,0	39,2	115,6	1247,9	156,0	8,0	0,13	0,49	130,7	43,8	1,8
29,0	29,0	40,0	120,4	1248,0	208,0	6,0	0,17	0,49	231,4	77,9	1,8

Profondità: profondità del geofono alla misura
 Distanza: distanza dal punto di energizzazione al geofono
 Tp: tempo di arrivo delle onde compressive in millisecondi
 Ts: tempo di arrivo delle onde trasversali in millisecondi
 DVp: velocità delle onde compressive (metri al secondo)

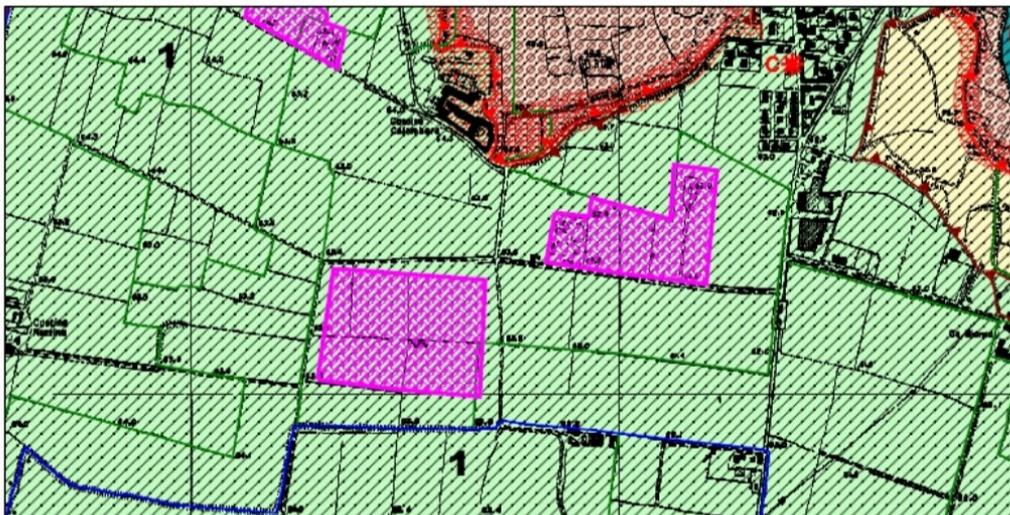
DVs: velocità delle onde trasversali (m/s)
 v: coefficiente di Poisson
 E: Modulo di elasticità dinamica (Mpa)
 G: modulo di taglio in Mpa
 r: densità relativa in ton/mc

Località: BORDOLANO (Cremona)

DOWN HOLE TEST Sondaggio S5
 Grafici delle velocità sismiche



In base alla carta di pericolosità sismica locale allegata al PGT l'area d'interesse è classificata **Z4a: "fondovalle con depositi alluvionali granulari e/o coesivi, gli effetti attesi sono amplificazioni litologiche e geometriche".**



LEGENDA

Unità geotecniche:

- 1 Terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-limosi con soggiacenza della falda superiore a 1.50 m da p.c. Caratteristiche geotecniche BUONE.
- 2 Terreni prevalentemente limosi e limoso-sabbiosi con soggiacenza della falda superiore a 1.50 m, localmente compresa tra 1.00 e 1.50 m. Caratteristiche geotecniche MEDIOCRI.
- 3 Terreni prevalentemente sabbiosi con soggiacenza della falda variabile, spesso inferiore a 1.00 m da p.c. Caratteristiche geotecniche SCADENTI.

- * Edificio di importanza strategica (s) e rilevante (r):
A - Chiesa (r);
B - Municipio (s);
C - Scuola (r).

- Opere infrastrutturali (r) (strutture di produzione gas)

- a Corso d'acqua principale (a),
b secondario (b)

- Orlo di terrazzo morfologico:
secondario
principale

Classi di pericolosità sismica locale:

- Z2: terreni di fondazione particolarmente scadenti (poco addensati, granulari, fini, con falda superficiale). Effetti: cedimenti e/o liquefazioni.
- Z3a: zona di ciglio con H>10 m, orlo di terrazzo fluviale. Effetti: amplificazioni litologiche e geometriche.
- Z4a: fondovalle con depositi alluvionali granulari e/o coesivi. Effetti: amplificazioni litologiche e geometriche.

Di seguito si riprende quanto indicato nel PGT Comunale in merito alla classificazione sismica del territorio di Bordolano e i livelli di approfondimento previsti in relazione agli interventi previsti.

Il territorio in esame ricade in zona sismica 4, pertanto la normativa vigente prevede un approfondimento obbligatorio di primo livello sull'intero territorio, atto al riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica locale sulla base della cartografia di inquadramento e dei dati esistenti.

Questo primo livello di approfondimento prevede la redazione della Carta di pericolosità sismica locale, nella quale viene riportata la perimetrazione areale dei diversi scenari di pericolosità sismica.

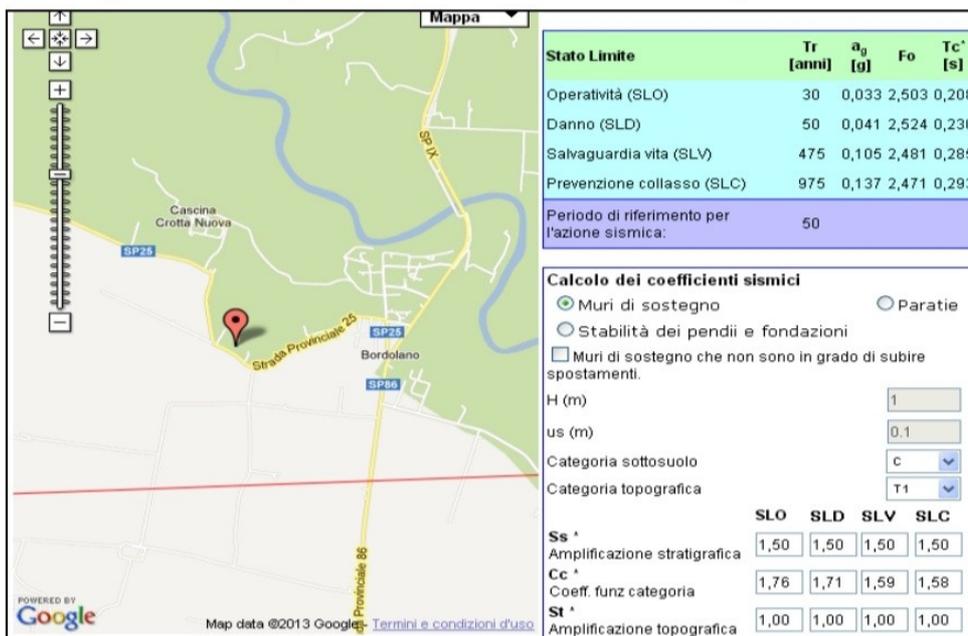
In questa ottica è stato possibile individuare in tutto il territorio comunale lo scenario di pericolosità sismica locale **Z4a**: zona di fondovalle e di pianura con depositi alluvionali granulari e/o coesivi, effetti: amplificazioni litologiche e geometriche.

Per tale scenario, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti, la norma prevede un livello di approfondimento ulteriore (secondo livello) (ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003), con lo scopo di valutare i fattori di amplificazione sismica locale legati alla natura litologica del sedimento.

Inoltre, la norma prevede l'applicazione di un livello di approfondimento superiore (terzo) nel caso in cui, a seguito dell'applicazione del secondo livello, si dimostri che il fattore di amplificazione calcolato risulta superiore al fattore soglia stabilito dalla Regione Lombardia per il Comune in esame.

La zona sismica di riferimento è la **907** con magnitudo massime attese di **6.14**.

In base alla mappa della pericolosità sismica più recente (Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b), la PGA attesa per il Comune di Bordolano è di **0.105g**.



Stato Limite	Tr [anni]	a_0 [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0,033	2,503	0,208
Danno (SLD)	50	0,041	2,524	0,230
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,105	2,481	0,285
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,137	2,471	0,293
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
Cc * Coeff. funz categoria	1,76	1,71	1,59	1,58
St * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Considerando un fattore di amplificazione litologica di **1.5** previsto per i suoli di fondazione di tipo "C", l'accelerazione prevista sarà pari a **0.105x1.5 = 0.1575g**.

3. PROVE SISMICHE

L'indagine è stata condotta con due metodologie sismiche che possono essere considerate complementari:

- - RE.MI – (Refraction Microtremor);
- - MASW - (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La metodologia **RE.MI** è una tecnica "passiva" in quanto si basa sulla registrazione del rumore sismico indotto dalle attività antropiche (traffico, fabbriche ecc.). I pregi ed i limiti principali di questa tecnica si possono così sintetizzare:

Pregi

- ✓ adatta in ambienti fortemente antropizzati;
- ✓ elevate profondità di indagine, anche in presenza di terreni con bassa velocità delle onde di taglio (V_s), per la capacità di campionare basse frequenze.

Limiti

- ✓ non adatta in ambienti poco "rumorosi";
- ✓ possibilità di sovrastimare i valori di V_s in presenza di rumore fortemente direzionale non ortogonale allo stendimento sismico.

Viceversa la metodologia **MASW** è una tecnica "attiva" in quanto si basa sulla registrazione del segnale sismico indotto da una massa battente. I pregi ed i limiti principali di questa tecnica si possono così sintetizzare:

Pregi

- ✓ adatta in ambienti "non rumorosi";
- ✓ buona capacità di definizione dei valori di V_s , soprattutto per quanto riguarda gli orizzonti più superficiali (primi 20-30m).

Limiti

- ✓ poco adatta in ambienti fortemente antropizzati e rumorosi;
- ✓ limitate profondità di indagine, in presenza di terreni con bassa velocità delle onde di taglio (V_s).

Difficilmente, prima di realizzare l'indagine, è possibile valutare qual è la tecnica che può fornire i risultati migliori, quindi in campagna si procede con la realizzazione di entrambe le tecniche, e solo dopo, in fase di elaborazione, saranno confrontati i profili di velocità ottenuti.

Come già accennato, la tecnica "**Masw**" consente di stimare in modo più preciso i valori di V_s degli orizzonti più superficiali, mentre il metodo "**Re.Mi.**" consente di ottenere una maggiore profondità d'indagine. In generale le tecniche, con i dovuti accorgimenti operativi, permettono di ottenere risultati, seppur parzialmente, "sovrapponibili"; mentre solo in alcuni casi una tecnica si rileva "chiaramente" migliore dell'altra.

3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema distribuito. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica

a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Sismografo "Geode" collegato al pc

L'attrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 4.5 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

3.2 PROVA RE.MI. (REFRACTION MICROTREMOR)

3.2.1 Cenni metodologici

Le tecniche correntemente utilizzate (Down-Hole, Cross-Hole) per la stima delle velocità delle onde di taglio per caratterizzare un sito sotto il profilo della risposta sismica, dovendo necessitare di almeno un foro di 30 m nel quale eseguire la prova, sono normalmente troppo onerose per essere impiegate come indagine di routine negli studi di microzonazione e di classificazione dei profili stratigrafici dei suoli di fondazione per progettazioni di opere non concentrate in areali ristretti.

Altre metodologie d'indagine indiretta per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_s , quale la sismica a rifrazione in SH, sono limitate dalla incapacità di rilevare livelli a bassa velocità sismica sottostanti a livelli a velocità sismica più elevata, che rappresentano i casi invece più significativi per la determinazione del profilo di velocità VS. Presentano altresì lo svantaggio di una tecnica di acquisizione non semplice, avendo la necessità di generare in superficie onde direzionali con apposite attrezzature, e di richiedere dispositivi di acquisizione relativamente lunghi per garantire la profondità d'indagine dei 30 m, ma soprattutto di dover operare in ambienti con poco rumore di fondo, di fatto praticamente impossibile da riscontrare in ambiti urbanizzati, industriali, o in adiacenza a strade o a linee ferroviarie, come il caso in esame.

Altre metodologie di prospezione, quali le prove di misura di onde di superficie SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), o le prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), pur avendo capacità di discriminazione dei livelli lenti all'interno di unità sismiche più veloci, hanno anch'esse la necessità di ambienti relativamente tranquilli per l'acquisizione e, co-

munque presentano metodologie di rilievo sicuramente laboriose e complesse. La tecnica di prospezione "Refraction Microtremor" (Re.Mi) utilizzata capovolge il concetto comune del parametro "segnale-disturbo", per il quale tradizionalmente il primo (segnale) ha necessità di essere rilevato in condizioni favorevoli quindi in assenza o scarsità di rumore. Viceversa, in presenza di forte rumore di fondo (es. ambiente urbano), le tradizionali rilevazioni sismiche hanno sempre trovato una condizione di difficile applicazione a causa della difficoltà di discriminare il segnale dal rumore.

Con questa nuova tecnica, il disturbo, il "noise" ambientale diventa il segnale utilizzato per la caratterizzazione sismica. Sono i microtremori (rumore di fondo generato dal traffico stradale, ferroviario e comunque il rumore presente costantemente in ambito urbanizzato) a costituire la sorgente di energia utile allo scopo.

Numerose sperimentazioni hanno consentito di appurare che le registrazioni del rumore di fondo ambientale, effettuate con uno stendimento sismico normalmente utilizzato per la sismica a rifrazione, possono essere utilizzate, con opportune procedure di acquisizione e elaborazione, per stimare la velocità delle onde di taglio (V_s) fino a profondità che possono essere superiori a 100m.

La metodologia d'indagine più applicata per la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_s , è stata proposta e sperimentata da J.N.Louie del Seismological Laboratory and Dept. of Geological Sciences dell'Università del Nevada, ed è basata su due aspetti fondamentali:

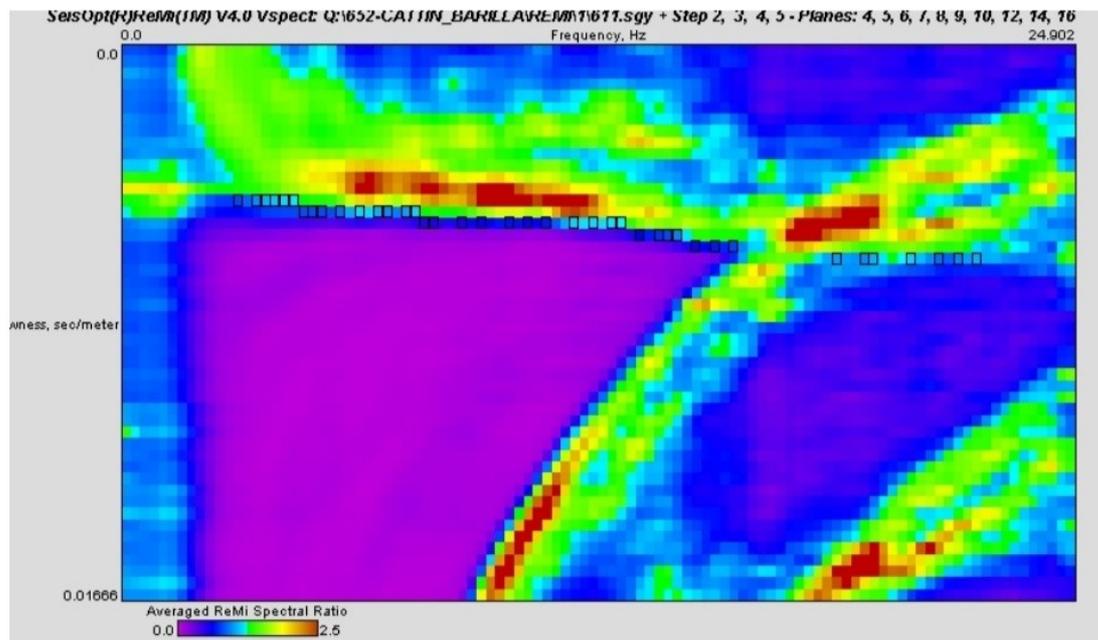
- uno pratico, rappresentato dal fatto che alcuni sistemi di acquisizione di sismica a rifrazione (con dinamica a 24bit) sono in grado di registrare onde di superficie con frequenze fino a 2 Hz per intervalli di tempo sufficientemente lunghi (30 sec);
- uno teorico, sulla base del quale una semplice trasformata bidimensionale (p-f) slowness-frequency della registrazione di un rumore di fondo (microtremor) è in grado di separare le onde di Rayleigh (onde di superficie) da altri tipi di onde che compongono il sismogramma, rendendo possibile il riconoscimento delle vere velocità di fase dalle velocità apparenti.

3.2.2 Modalità d'intervento

L'acquisizione dei dati per la definizione della V_{s30} è stata svolta tramite l'acquisizione e la registrazione del noise ambientale impiegando geofoni da 4.5Hz ed un acquisitore digitale multicanale a 24 canali con dinamica a 24bit. E' stato acquisito un profilo sismico costituito da uno stendimento di 14 geofoni equispaziati di 5 m. Sono stati raccolti, oltre 30 records di lunghezza di 30 sec. con campionamento ogni 2ms.

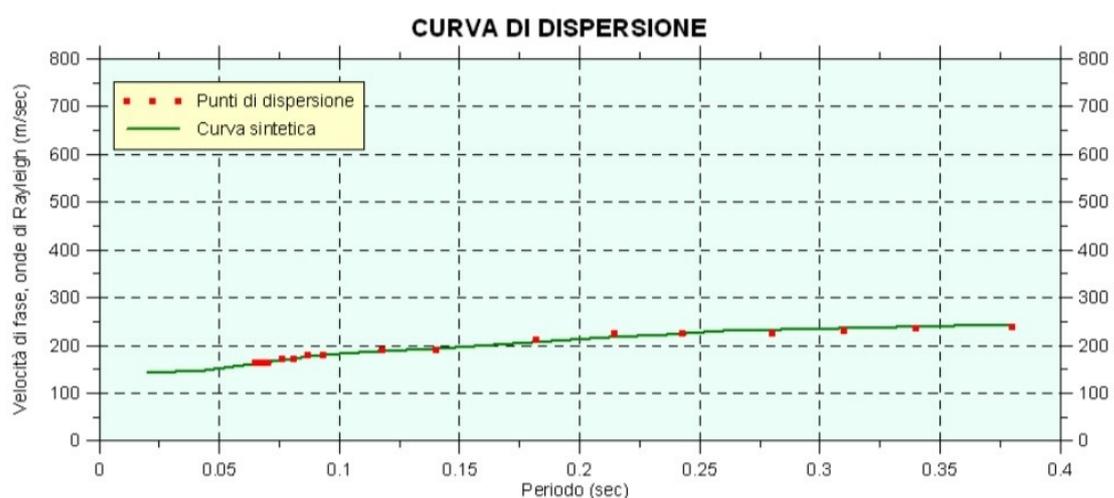
3.2.3 Elaborazione dati

La procedura di elaborazione adottata per la classificazione dei profili del suolo di fondazione ha utilizzato la tecnica sopra descritta utilizzando il pacchetto software SeisOpt Re.Mi. 2.0 prodotto dalla Optim Software LLC. Come prima fase è stata eseguita un'analisi spettrale del sismogramma che ha consentito di elaborare una immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono.



Spettro velocità di fase - frequenza

Da tale elaborazione è stata poi estrapolata la curva di attenuazione del segnale caratteristico e in funzione del suo andamento (curva di dispersione) si è risaliti alla stratigrafia sismica in termini di velocità delle onde di taglio (V_s).



Il risultato finale dell'elaborazione consiste quindi nella rappresentazione grafica del profilo di velocità e nel calcolo della relativa V_s 30.

3.3 PROVA "MASW" (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

3.3.1 Cenni metodologici

Il metodo **MASW** è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi.

Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate lungo uno stendimento lineare di sensori.

Il metodo consente generalmente, di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente, nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 20 m-30 m, in funzione della rigidità del suolo. L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede tre fasi di lavoro:

1. *la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale,*
2. *la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica,*
3. *la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.*

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

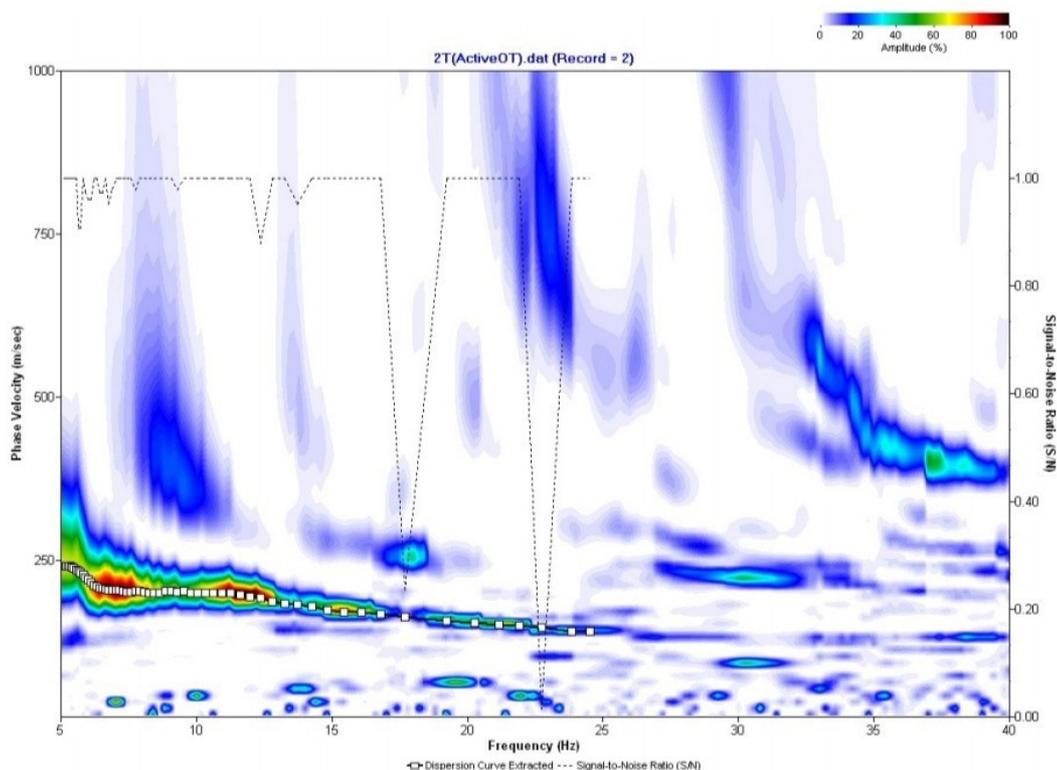
Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

3.3.2 Modalità esecutive della prova "Masw"

E' stato utilizzato lo stesso stendimento della prova "Re.Mi.", costituito da un allineamento di 14 geofoni spazati di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.250 ms. L'energizzazione, realizzata a distanza di: 5 m dal primo geofono, è stata ottenuta con una massa battente di 10 Kg.

3.3.3 Elaborazione dei dati

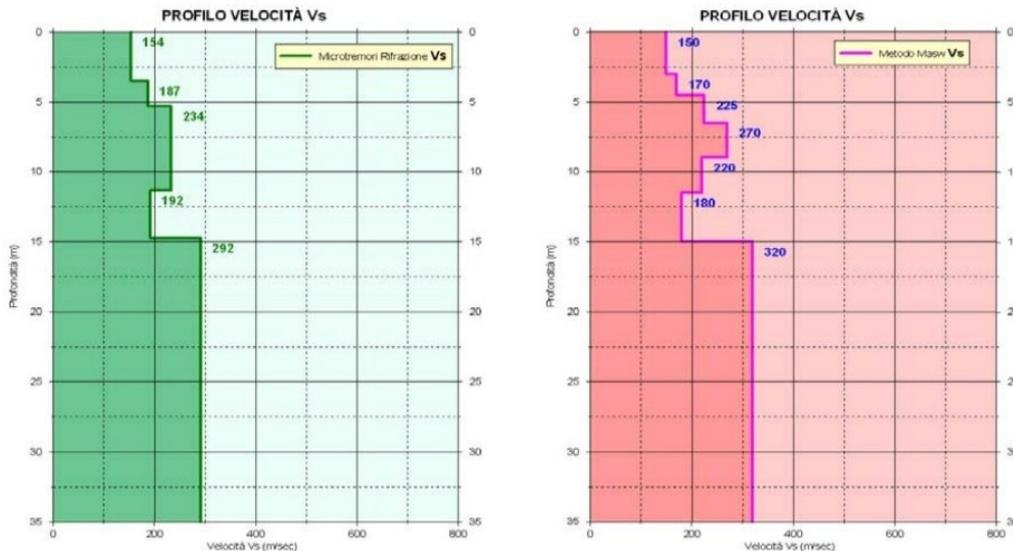
Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "SurfSeis" della Kansas Geological surveys. In una prima fase è stata calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale. In una seconda ed ultima fase si individuato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp (o in maniera alternativa alle velocità Vp è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di velocità assegnato.



Curva di dispersione

3.4 ANALISI DEI RISULTATI

I dati sismici acquisiti ed elaborati, con entrambe le metodologie, hanno consentito di determinare il profilo di velocità delle onde "S" del sito fino ad almeno 30 m di profondità.



Profilo velocità "Vs" metodo "Re.Mi"
Profilo velocità "Vs" metodo "Masw"

La velocità delle onde di taglio (onde "S"), essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali. Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.

Dall'esame dei grafici si possono fare le seguenti considerazioni:

- ✓ I profili di velocità ottenuti con le due metodologie hanno un andamento sostanzialmente simile;
- ✓ Fino a circa 5 metri dal p.c il materiale, poco addensato, è caratterizzato da basse velocità sismiche (**Vs = 150-185 m/s**);
- ✓ Più in profondità, fino a circa 11 metri, i valori aumentano leggermente portandosi sui **220-270 m/s**, indicando la presenza di materiali più addensati;
- ✓ Fra 11 e 15 metri si ha una significativa diminuzione di velocità, con valori che si attestano sui **180/190 m/s**, tali valori possono essere correlati a materiali poco addensati;
- ✓ Oltre i 15 metri le velocità aumentano con valori che raggiungono i **290-320 m/s**
- ✓ I valori di **Vs30** calcolati sono di **235 m/s (Re.Mi.)** e di **240 n/s (Masw)**;
- ✓ In base alle prove realizzate il suolo di fondazione del sito è di tipo **"C"**.

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

I risultati dell'approfondimento geologico-sismico si possono così sintetizzare:

- il PGT Comunale prevede per costruzioni "strategiche" e "rilevanti" approfondimenti sismici del secondo e/o del terzo livello che viceversa dalla documentazione recuperata non risultano essere stati prodotti;
- Predominanza nei primi 20 metri di litotipi sabbiosi e sabbioso-limosi;
- Soggiacenza falda inferiore a 5 metri dal p.c;
- Magnitudo massime attese di **6.14**;
- Accelerazione attesa di **$0.105 \times 1.5 = 0.1575g$** .
- Le prove geofisiche realizzate hanno evidenziato la presenza di alcuni orizzonti a bassa velocità sismica correlabili ad litotipi poco addensati e quindi potenzialmente liquefacibili;
- Anche la prova Down-Hole riportata nel PGT segnala la presenza di un orizzonte a bassa velocità fra i 13 e i 15 metri.

In base a quanto emerso dall'indagine il rischio di liquefazione non può essere escluso a priori senza ulteriori e specifici approfondimenti.

Piacenza 08/02/2013

Dr. Geol. Alberto Lepori

