



STOGIT

GIAC

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**
Rete microsismica di superficie

0

Concessione Bordolano Stoccaggio

**RETE DI
MONITORAGGIO MICROSISMICO
DI SUPERFICIE**

Data di emissione: Febbraio 2013

		D. Boiocchi		
		E. Cairo		
		M. Liberati		<i>R. Maroli</i>
		A. Mantegazzi	D. Marzorati	R. Maroli
	AGGIORNAMENTI	PREPARATO DA	VERIFICATO DA	APPROVATO DA



STOGIT

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**
Rete microsismica di superficie

0			
---	--	--	--

SOMMARIO

1 – Introduzione

2 – Descrizione del giacimento

3 - Studio della sismicità storica

3.1 – Sismicità storica di Magnitudo superiore a 4

3.1.1 – Sismicità recente

3.2 – Rischio sismico

3.2.1 – Zone sismogenetiche

3.2.2 – Pericolosità sismica

4 - Criteri di progettazione della rete microsismica

4.1 - Configurazione geometrica della rete

4.2 – Strumentazione

5 - Sistemi di trasmissione, acquisizione ed elaborazione

6 - Realizzazione

7 – Procedure di controllo dei dati e reporting

Allegato 1 – Schede monografiche delle postazioni

Allegato 2 – Lettera di approvazione del piano di monitoraggio ARPA (Prot. N. 78730 del 3 giugno 2010)

Allegato 3 – Stralcio del piano di monitoraggio e controllo prescrizioni relativo alla microsismica

1 – Introduzione

Il giacimento a gas esaurito di Bordolano (CR), ubicato circa 20 km a NW di Cremona nella Concessione Bordolano Stoccaggio (titolarità Stogit), è interessato da un progetto di conversione all'attività di stoccaggio del gas naturale. Il programma operativo ha preso avvio nel 2007 con l'acquisizione di un rilievo sismico 3D, finalizzato ad un'accurata definizione dell'assetto geologico-strutturale del giacimento. Nel periodo luglio 2010-marzo 2011 è stato realizzato un test di iniettività di lunga durata, attraverso l'utilizzo di due pozzi ex-produttori, per valutare operativamente idoneità e potenzialità del giacimento. Nel corso del 2012 è stato ricostituito il cushion gas i cui volumi residui verranno completati nel 2013. Il progetto prevede la perforazione di sette pozzi e l'utilizzo di 2 pozzi esistenti da adibire all'attività di iniezione ed erogazione del gas (in programma nel 2013), la costruzione di una nuova centrale di compressione e di trattamento e la posa delle condotte di collegamento tra le postazioni dei pozzi, organizzati in due clusters, e la centrale stessa.

A seguito del procedimento di VIA, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ha espresso *“giudizio favorevole di compatibilità ambientale relativamente al progetto di realizzazione di un nuovo impianto di Stoccaggio Gas”* (Decreto Prot. exDSA-DEC-2009-0001633 del 12/11/2009). Fra le prescrizioni contenute nel citato decreto viene riportata (punto A8) quella relativa all'ottemperanza di un monitoraggio microsismico: *“dovrà essere predisposta a carico del Proponente una rete di monitoraggio dei potenziali disturbi microsismici prodotti dall'esercizio dell'impianto; le stazioni, la strumentazione ed il programma di misure dovranno essere concordati con ARPA Lombardia”*.

A seguito di incontri e di sopralluoghi preliminari e della visione della documentazione relativa al progetto di monitoraggio microsismico, ARPA Lombardia ha comunicato con lettera Prot. N. 78730 del 3 giugno 2010 (Allegato 2) l'approvazione dei contenuti del piano di monitoraggio proposto presentato nella procedura di V.I.A., il cui stralcio con i contenuti riguardanti la rete microsismica di superficie viene fornito in allegato (Allegato 3).

Questa nota tecnica aggiorna le principali caratteristiche tecniche della rete di monitoraggio microsismico di superficie attualmente in fase di realizzazione a cura di Stogit nella Concessione Bordolano Stoccaggio, rispetto a quella presentata per la procedura di V.I.A.

La parte introduttiva della nota contiene una sintetica descrizione delle principali caratteristiche geologiche del giacimento di Bordolano, ed in particolare dei livelli che saranno adibiti allo stoccaggio del gas naturale. Successivamente vengono riportati i risultati di uno studio riguardante la sismicità storica dell'area, nonché alcune considerazioni sulla valutazione dell'attuale grado di rischio sismico dell'area (classificazione nazionale su base comunale, vicinanza a zone definite sismogenetiche).

L'illustrazione della rete di monitoraggio microsismico, composta da sei stazioni di misura opportunamente dislocate sul territorio, comprende la descrizione della configurazione geometrica, della strumentazione che sarà utilizzata e dei sistemi di trasmissione, acquisizione ed elaborazione dei dati.

Durante la fase di controllo dei segnali registrati si farà riferimento a livelli di attenzione, espressi in termini di Magnitudo, che saranno definiti in accordo con ARPA Lombardia.



STOGIT

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**

Rete microsismica di superficie

0			
---	--	--	--

Le modalità con cui assicurare la disponibilità e l'accessibilità dei dati microsismici da parte degli organi di controllo pubblico, nonché quelle relative alla loro comunicazione e notifica attraverso periodici report di aggiornamento, saranno concordati con ARPA Lombardia nell'ambito delle azioni già avviate per le opportune verifiche anche sugli altri aspetti ambientali inclusi nel piano complessivo di monitoraggio dell'area. I tempi di attivazione della rete microsismica di superficie saranno pianificati in modo da permettere un'adeguata taratura della risposta sismica dell'area (analisi del rumore), prima dell'avvio all'esercizio dello stoccaggio.

Stogit attualmente gestisce una rete di monitoraggio microsismico di superficie di analoga concezione, composta da tre stazioni, attiva in modo continuativo dal 1979 nella Concessione Minerbio Stoccaggio (BO).



STOGIT

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**

Rete microsismica di superficie

0

2 – Descrizione del giacimento

Il giacimento di Bordolano è associato ad una trappola mista, in cui interagiscono fattori di tipo stratigrafico e strutturale: essa è costituita da un'anticlinale sud-vergente con fianco meridionale scomposto da faglie inverse. La messa in posto della struttura, generata da successive fasi tettoniche legate sia a spinte alpine che appenniniche, è avvenuta nel corso del Pliocene.

Il giacimento è associato alla presenza di livelli porosi, originariamente mineralizzati a gas, costituiti da sabbie e ghiaie parzialmente cementate, ascritti alla Formazione Sabbie di Caviaga e denominati dal punto di vista minerario "Pool B". L'intervallo stratigrafico di interesse minerario, di cui è in programma l'attivazione allo stoccaggio, si è depositato durante il Messiniano (Miocene Superiore) e nel Pliocene Inferiore; esso si trova ad una profondità di circa 1700 m ssl e presenta uno spessore medio dell'ordine di 40 metri. L'estensione dell'area originariamente mineralizzata è pari a circa 8 km².

La copertura è assicurata dai soprastanti livelli argillosi pliocenici (Formazione Argille del Santerno), che presentano un elevato spessore (circa 500 m) ed una estesa continuità laterale a livello regionale. Tale Formazione è dotata di caratteristiche di impermeabilità tali da garantire un efficace isolamento idraulico rispetto ai livelli porosi più superficiali.

La pressione originaria del Pool B era pari a 240 kg/cm²_a, attualmente a seguito dell'iniezione del cushion gas la pressione iniziale del giacimento dai ca 118 kg/cm²_a si è portata alla fine del 2012 a 178,4 kg/cm²_a. Il contatto originario gas-acqua (OGWC) è posto a quota 1839 m ssl.

La scoperta del giacimento di Bordolano risale al 1951, con la perforazione del pozzo Bordolano 1. Gli intervalli produttivi hanno erogato gas fino al 1994. Dal 1995 al 1998, terminata la fase di produzione primaria, il Pool B è stato sottoposto a verifiche per valutarne l'idoneità allo stoccaggio di gas. Infine, nel 2007, è stato acquisito un rilievo sismico 3D per una definizione più accurata degli aspetti geologici e strutturali del giacimento in previsione della conversione allo stoccaggio.

Nel campo di Bordolano sono stati perforati in passato 23 pozzi, 5 dei quali sono attualmente attivi: tre asserviti all'esercizio dello stoccaggio (Bordolano 1 – Bordolano 4 dir A e Bordolano 21 dir) e due per il monitoraggio del giacimento (Bordolano 9 e Bordolano 12).

La figura seguente riporta la mappa strutturale del top del Pool B, prodotto finale dell'interpretazione del dato sismico 3D, con l'ubicazione dei pozzi attualmente presenti nell'area del giacimento (figura 1): nel settore culminale del giacimento sono presenti zone di frattura, probabilmente assimilabili a faglie di collasso crestale caratterizzate da rigetto trascurabile.



STOGIT

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Rete microsismica di superficie

0

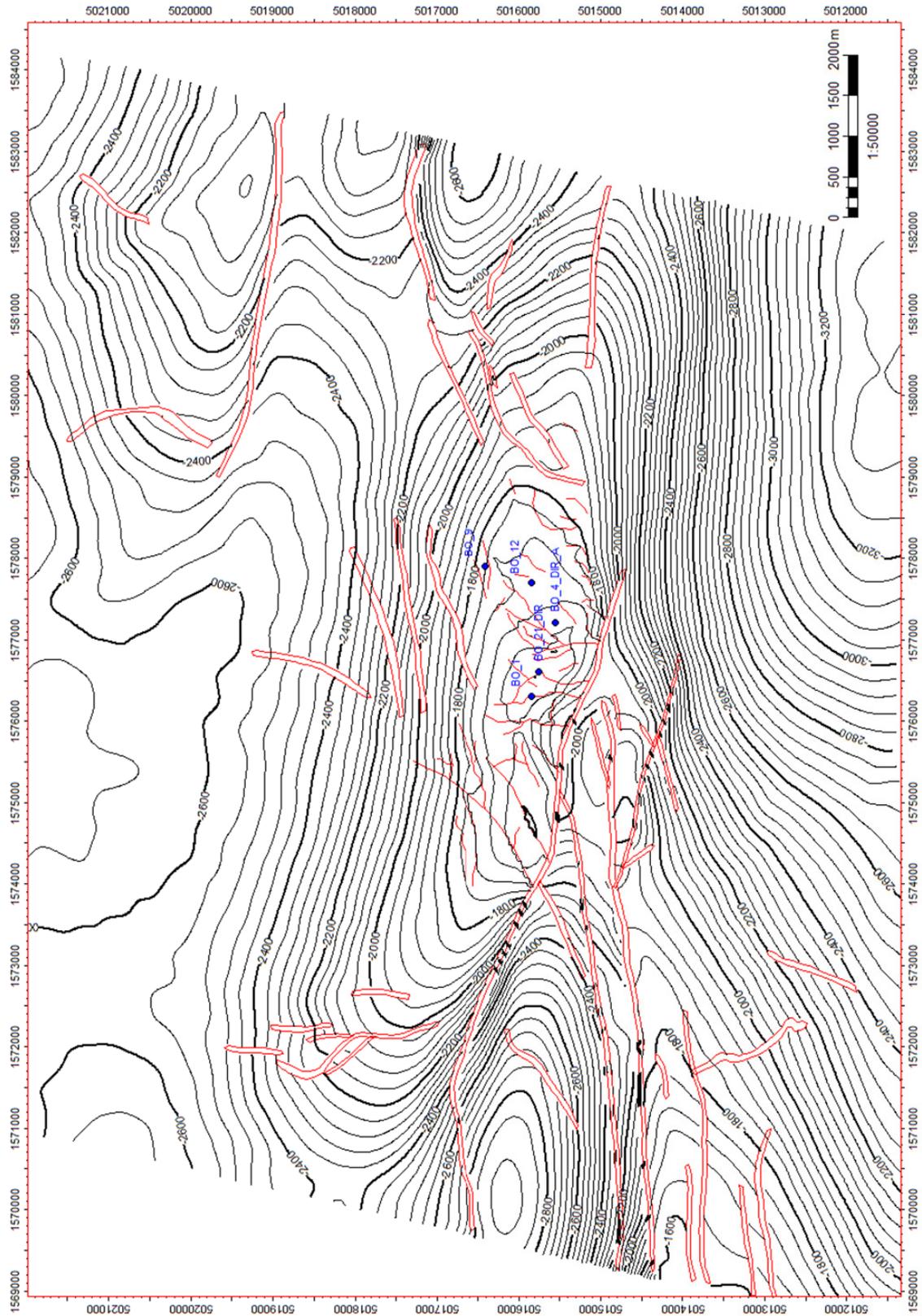


Figura 1: Mappa strutturale del top del Pool B ed ubicazione dei pozzi.



STOGIT

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Rete microsismica di superficie

0

3 - Studio della sismicità storica

La Pianura Padana è caratterizzata da una sismicità relativamente moderata, concentrata prevalentemente lungo il margine pedeappenninico emiliano-romagnolo e con terremoti meno frequenti e più sparsi arealmente a nord del Fiume Po.

La concessione Bordolano Stoccaggio si trova in un'area di generale bassa sismicità, correlata con la presenza nel sottosuolo di fronti strutturali legati all'orogenesi alpina ed appenninica. Sulla base delle informazioni ricavate dal "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani" è stato rilevato un unico terremoto con Intensità Massima $I_{max} \geq 5/6$, avvenuto nel 1802 nell'area di Soncino e caratterizzato da $I_{max} = 8.5$.

La sismicità registrata dagli strumenti negli ultimi vent'anni risulta poco nota, in quanto gli strumenti più vicini della Rete Nazionale distano più di 50 km da Bordolano e hanno registrato solo le scosse con Magnitudo compresa tra 2 e 3. Le scosse localizzate entro 20 km da Bordolano sono poche e di bassa energia (Magnitudo massima registrata minore di 3) e, a causa della distanza delle stazioni, gli errori di localizzazione sono dell'ordine di alcuni chilometri, ma ciò non altera significativamente i risultati dell'analisi.

3.1 – Sismicità storica di magnitudo superiore a 4

Per stimare il rischio sismico nell'area del campo di Bordolano è stata svolta una ricerca sui terremoti più forti registrati dall'anno 1000 al 2002 in una zona di 100 km di raggio. Tali informazioni sono state ricavate dal "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 217 a.C. – 2002" (CPT104) che riporta i terremoti di Intensità $I_{max} \geq 5/6$ MCS (Scala Mercalli Cancani Sieberg) o Magnitudo Superficiale $M_s \geq 4$ e non contiene eventi definiti come "repliche", ovvero gli eventi avvenuti entro 90 giorni e 30 km da una scossa di energia maggiore individuata come principale all'interno di una sequenza.

La dimensione degli epicentri riportati in Figura 2 è in relazione al valore di magnitudo stimato. Per le scosse di cui si hanno solo informazioni qualitative, il valore di magnitudo è estrapolato dalla stima dell'Intensità Massima I_{max} .

E' possibile indicare la seguente correlazione approssimativa tra i dati di magnitudo e i danni riscontrabili (scala di Intensità MCS di 12 gradi), per terremoti con ipocentro superficiale:

$3.0 < M_s < 3.5$	$I_{max} = 3 - 4$, sismi avvertiti dalle popolazioni
$3.5 < M_s \leq 5.0$	$I_{max} = 5 - 7$, sismi dannosi per le strutture murarie
$5.0 < M_s \leq 6.5$	$I_{max} = 8 - 10$, sismi disastrosi
$M_s > 6.5$	$I_{max} = 11 - 12$, sismi catastrofici

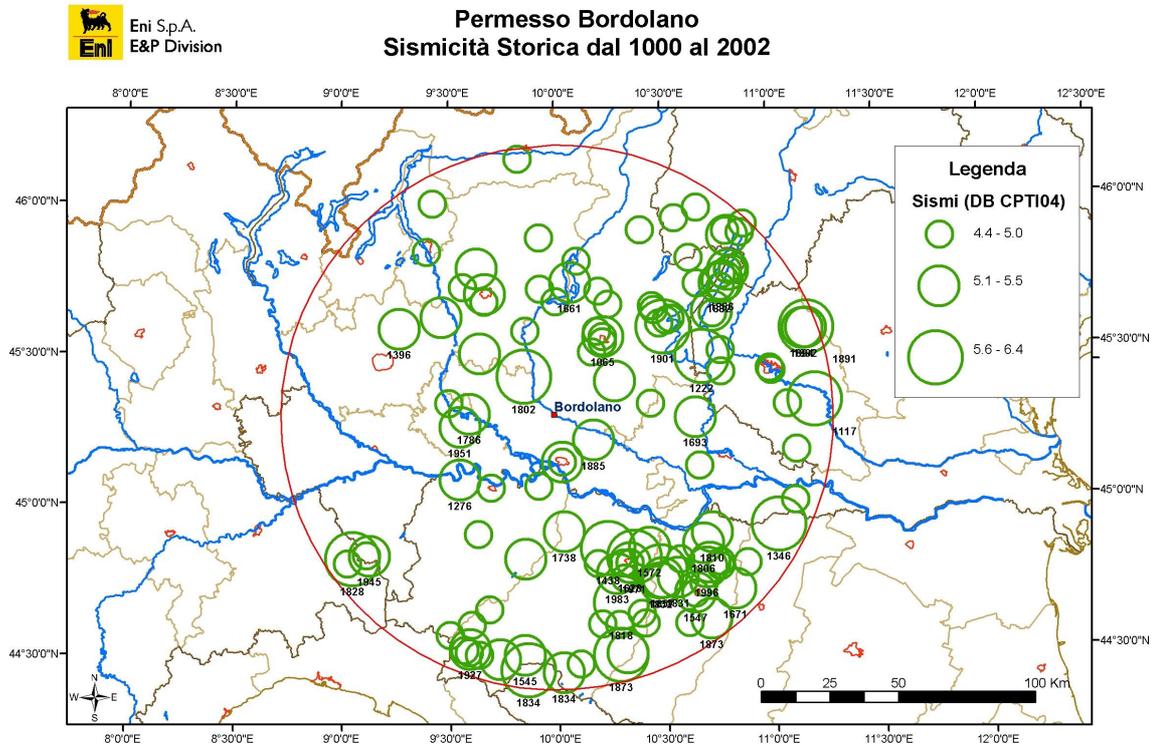


Figura 2: Carta della sismicità storica dall'anno 1000 al 2002. I cerchi rappresentano i valori di magnitudo stimati (i dati sono estratti dal Catalogo CPITIO4).

I sismi storici appaiono concentrati nel settore orientale, mentre sulla porzione occidentale la sismicità è più distribuita nel tempo e risulta meno intensa, con terremoti di $I_{max} \leq 7$. Tra le scosse più significative avvenute prima del 1800, vi sono solo tre eventi ubicati ad una distanza inferiore a 40 km da Bordolano con poche informazioni sugli effetti, a volte relativi ad un unico sito. Tra gli epicentri ottenuti dall'analisi dei pochi dati a disposizione, tali eventi sono stati così ubicati:

- scossa del 1065, con informazioni nella città di Brescia ($I = 8$) e Milano (avvertita)
- scossa del 1593, documentata solo a Bergamo ($I = 6-7$)
- scossa del 1781 con dati solo per Caravaggio (BG)

Il sisma storico più prossimo all'area di interesse si è verificato il 12 Maggio 1802, presenta un epicentro ubicato circa 20 km a NW di Bordolano ed $I_{max} = 8.5$. L'evento è stato attentamente studiato, come è riportato nel "Catalogo dei forti terremoti 461 a.C.-1997" (CFTI - Med 4.0). Fu preceduto da una forte scossa ($I_{max} = 5$) il giorno 11 Maggio e fu seguito da numerose repliche fino alla fine di giugno. Le scosse più intense furono quelle avvertite nei giorni 14, 15 Maggio e 2 Giugno. Il paese più colpito fu Orzinuovi e una ventina di paesi della valle dell'Oglio subì danni al patrimonio edilizio.

In figura 3 è presentata la distribuzione dei valori di intensità estratta dal catalogo DBMI04. Il paese di Bordolano è classificato con $I = 7-8$.

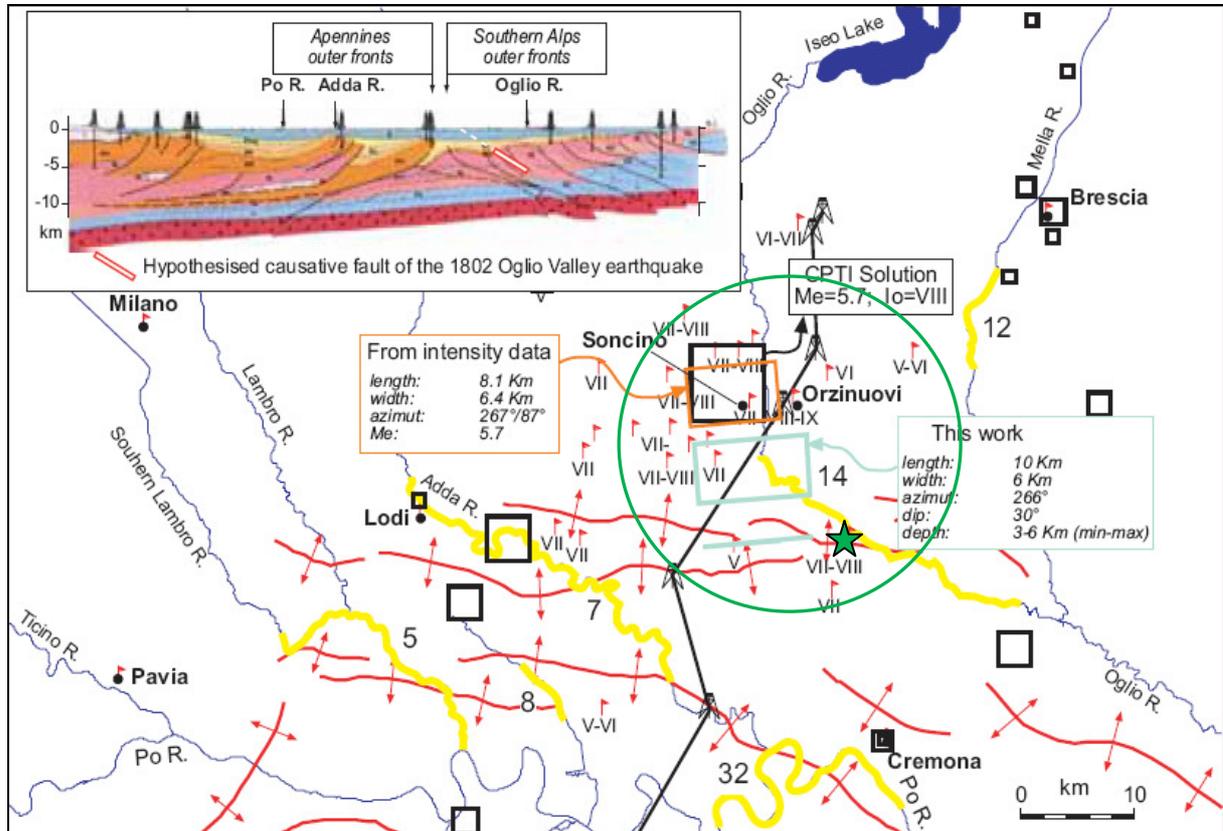


Figura 4: dati di intensità relativi al terremoto del 1802, anomalia del fiume Oglio e assi delle anticlinali sepolte (in rosso), da Burrato et al. (2003). Sono evidenziati nel cerchio verde: l'epicentro macrosismico (rettangolo nero), la faglia elaborata con i dati di intensità (rettangolo arancio), la faglia ottenuta con le osservazioni geomorfologiche (rettangolo azzurro) ed il campo di Bordolano (stella verde).

3.1.1 – Sismicità recente

Le informazioni relative alla sismicità registrata negli ultimi venticinque anni in Italia sono state ottenute da dati strumentali, registrati dalla Rete Sismica Nazionale e dalle reti locali di enti privati. La magnitudo minima registrabile è intorno al valore 1, inferiore al limite di avvertibilità dall'uomo (Magnitudo > 3).

I dati sulla sismicità registrata dal 1981 al 2007 entro 50 km da Bordolano (Figura 5) sono stati recuperati dai Data Base dell' INGV: per il periodo 1981-2002 dal "Catalogo della Sismicità Italiana 1981-2002" (CSI 1.1), mentre per il periodo 2003-2007 dal "Bollettino Sismico Italiano" (BOLSIS) che viene redatto con cadenza quindicinale.

Sulla base di queste informazioni, si ricava che nell'area è avvenuto un unico sisma di $M > 5$ ($M = 5.2$; $I_{max} = 5$ a Brescia ed $I_{max} = 4$ a Cremona) localizzato ad ovest del Garda ed avvenuto in data 24 novembre 2004.

I sismi localizzati entro 20 km da Bordolano sono pochi e di bassa energia (magnitudo massima registrata minore di 3).

Fra gli epicentri più prossimi all'area di Bordolano, si segnala quello del 29 Ottobre 1995, localizzato a sud del Lago d'Iseo, di $M = 4.3$, peraltro non avvertito a Bordolano.

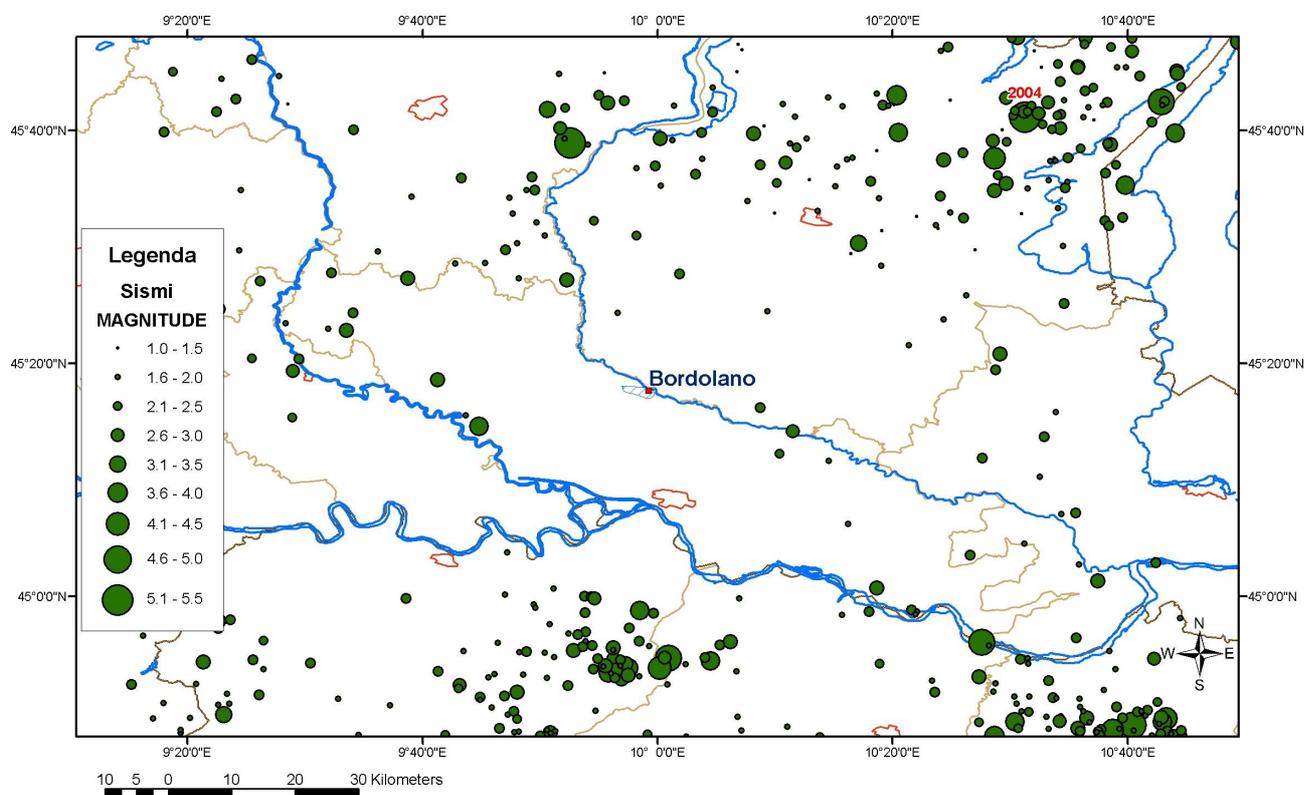


Figura 5: Carta della sismicità dal 1981 al 2007; i dati sono estratti dal CSI 1.1 e dal Bollettino della sismicità Strumentale.

3.2 – Rischio sismico

La definizione del livello di rischio sismico del territorio è definito, a seguito di specifici provvedimenti legislativi (ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003), sulla base di una classificazione in quattro categorie, conseguente alla valutazione della frequenza degli eventi e della loro intensità. La zonazione, effettuata su base comunale ed in fase di continuo aggiornamento, prevede il seguente schema di classificazione:

- Zona 1: sismicità alta
- Zona 2: sismicità media
- Zona 3: sismicità bassa
- Zona 4: sismicità molto bassa

Come si nota dalla figura 6, tutti i comuni ricadenti all'interno della Concessione di stoccaggio di Bordolano rientrano nella Zona 4, cioè a **rischio sismico molto basso**.

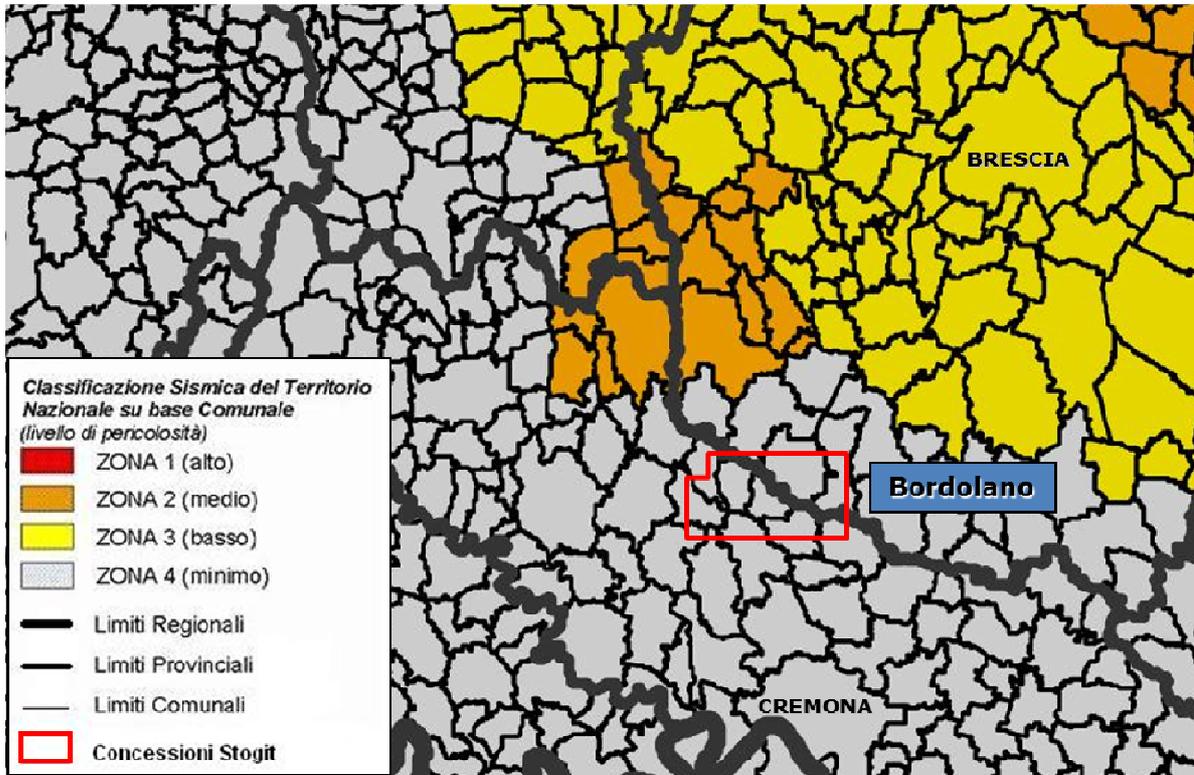


Figura 6: carta della pericolosità sismica nazionale su base comunale; in rosso la Concessione di Bordolano.

3.2.1 – Zone sismogenetiche

Sulla base di uno studio condotto da INGV (Meletti e Valensise, 2004) sono state individuate nel territorio nazionale alcune aree sismogenetiche, rappresentate da zone nelle quali sono attesi terremoti con magnitudo $M \geq 5$.

Questa zonazione, denominata ZS9, rappresenta il principale punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica del territorio, in particolare per quanto attiene ai criteri di costruzione degli edifici. La sua realizzazione si basa su informazioni legate al catalogo dei terremoti, alla localizzazione delle sorgenti sismogenetiche (faglie attive) ed all'utilizzo del database delle soluzioni dei meccanismi focali dei terremoti italiani (Vannucci e Gasperini, 2003), che hanno consentito la realizzazione di un modello coerente con il quadro sismotettonico ad oggi disponibile.

La figura 7 riporta la localizzazione delle zone sismogenetiche ZS9 con la loro denominazione.

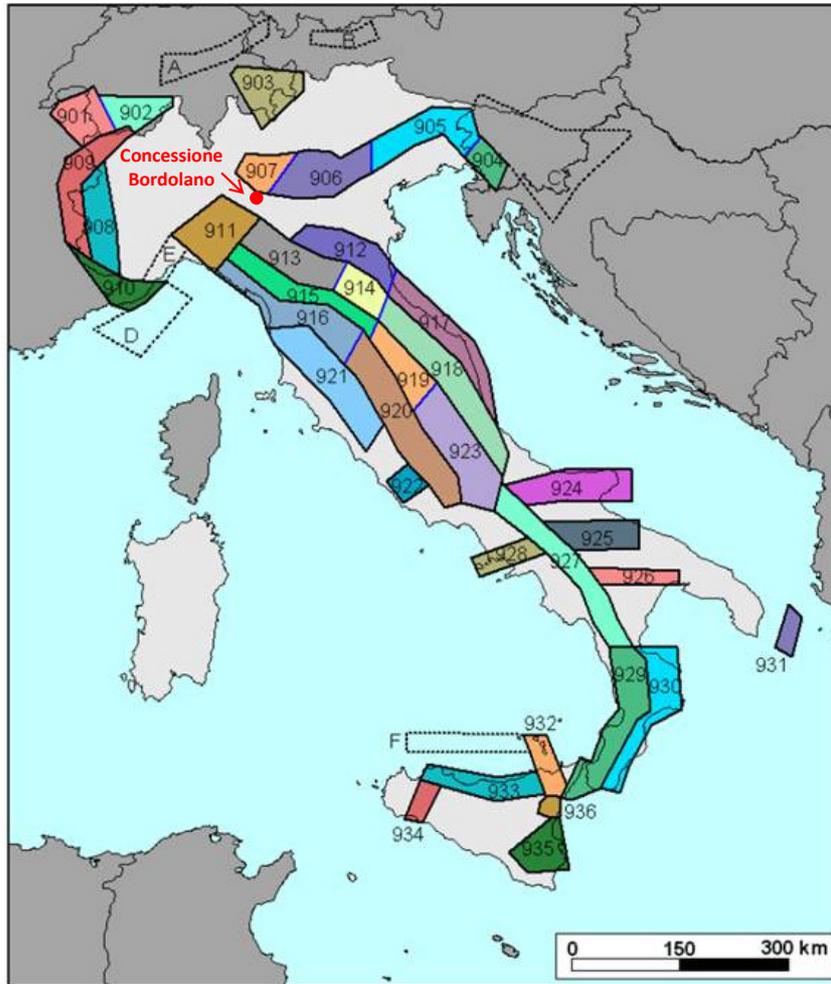


Figura 7: Zonazione sismogenetica ZS9 (da Meletti e Valensise, 2004) ed ubicazione della Concessione di Bordolano.

In base a questa zonazione, il sito di Bordolano ricade al di fuori delle zone sismogenetiche, ma in prossimità della zona sismogenetica 907 (figura 8), che comprende la parte meridionale delle province di Bergamo e Brescia. La zona 907 è caratterizzata da una sismicità di energia medio-bassa ed è correlabile geologicamente con la presenza nel sottosuolo di fronti strutturali legati all'orogenesi alpina.

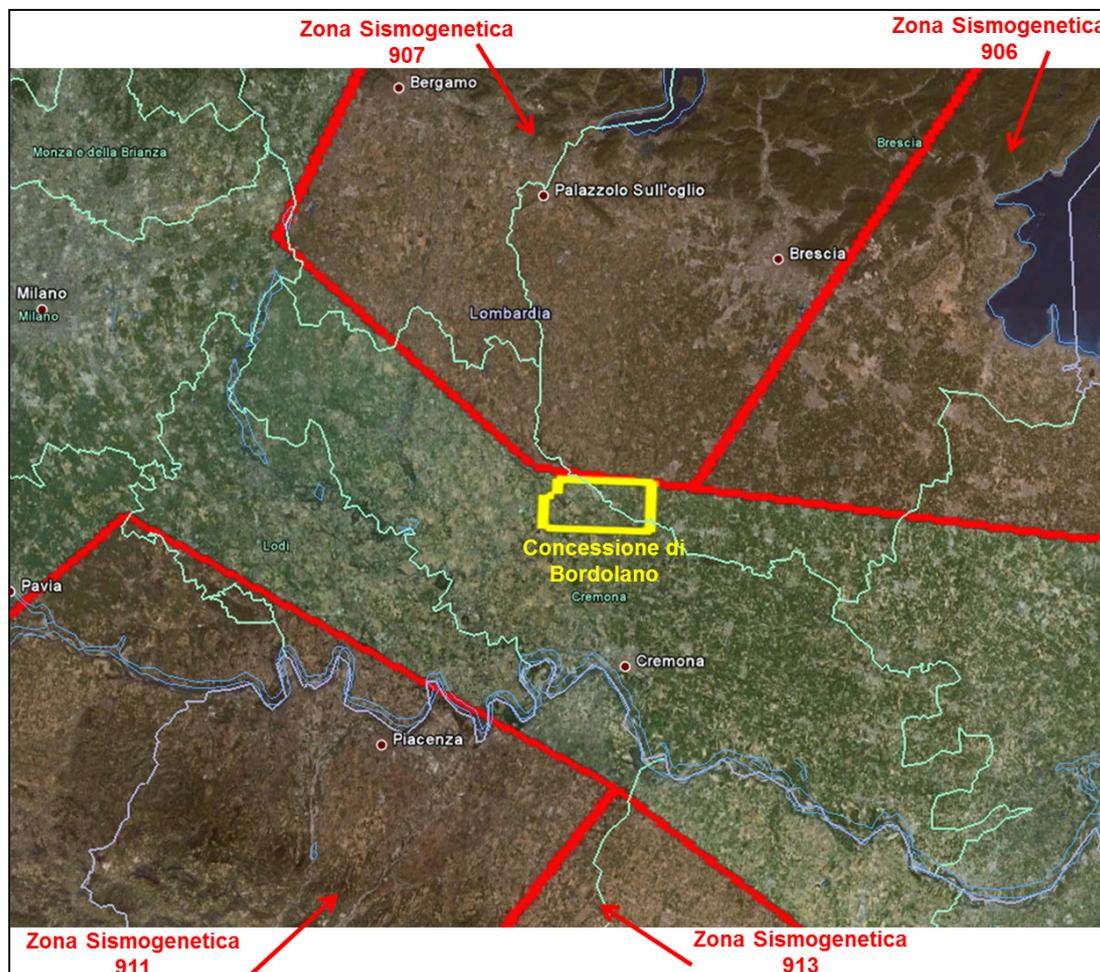


Figura 8: Dettaglio della zonazione sismogenetica ZS9 per l'area di interesse.

3.2.2 – Pericolosità sismica

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

Sul sito INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) sono disponibili mappe interattive che permettono, selezionando una serie di parametri, di stimare la pericolosità sismica di un'area definita, con opzione su base comunale.

Nelle figure successive (9 A-B-C-D) è riportata una serie di tali mappe probabilistiche simulate, relative al territorio interessato dal sito di stoccaggio di Bordolano, che riportano il parametro dello scuotimento $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo). Queste mappe sono state elaborate per differenti probabilità di accadimento (rispettivamente 2%, 10%, 50% ed 81%) che nell'arco di 50 anni si verifichi il superamento dei limiti di $a(g)$ stimati, indicati nelle mappe con scala cromatica.



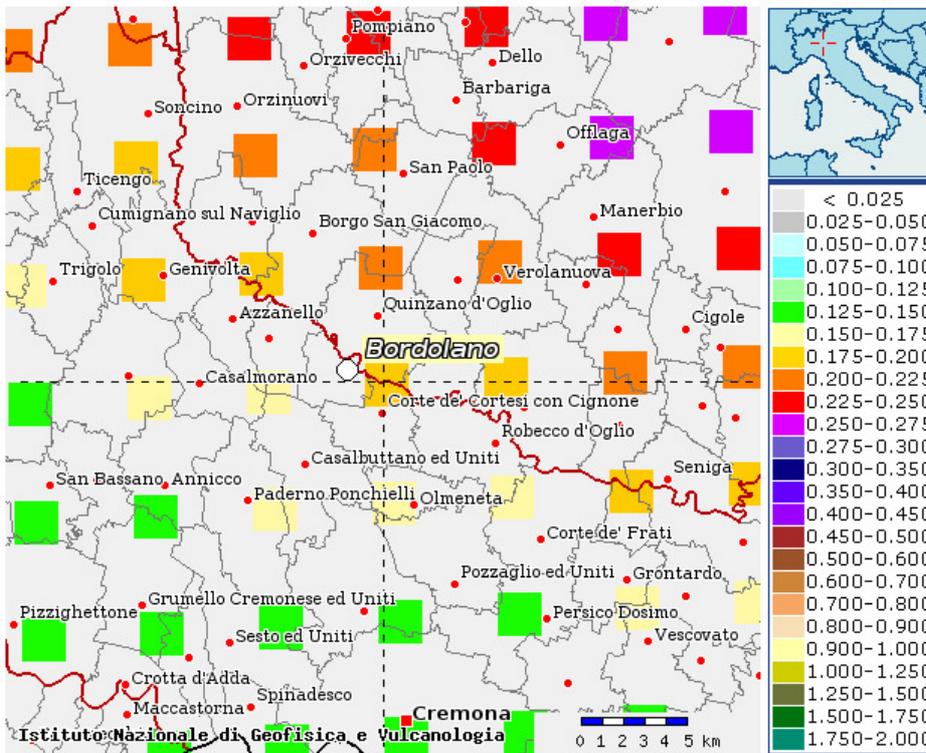
STOGIT

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Rete microsismica di superficie

0

Mappe interattive di pericolosità sismica



Strumenti

- Ritorna alla mappa iniziale
- Ridisegna mappa
- Zoom In
- Zoom Out
- Ricentra sul punto
- Grafico sul punto griglia
- Grafico di disaggregazione

Navigazione

Scala:
(Valori consentiti: 50.000 - 7.909.000)

Scala:

Coordinate del centro della mappa

Latitudine:

Longitudine:

Ricerca Comune

Il nome contiene:

Comune evidenziato

Bordolano

Selezione mappa

<input checked="" type="checkbox"/>	Visualizza punti della griglia riferiti a:	Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
	Ridisegna mappa	a(g) ▾	2% ▾	50 ▾	▾

Figura 9A: mappa probabilistica della pericolosità sismica del Comune di Bordolano; il parametro di scuotimento è espresso in a(g). Probabilità di superamento in 50 anni del 2%.



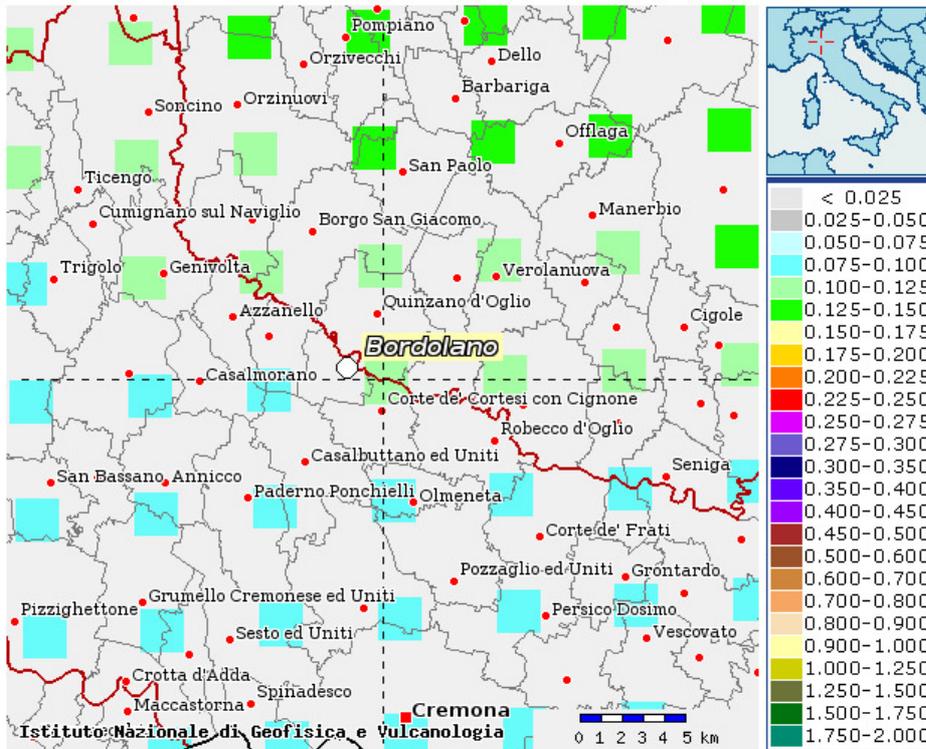
STOGIT

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Rete microsismica di superficie

0

Mappe interattive di pericolosità sismica



Strumenti

- Ritorna alla mappa iniziale
- Ridisegna mappa
- Zoom In
- Zoom Out
- Ricentra sul punto
- Grafico sul punto griglia
- Grafico di disaggregazione

Navigazione

Scala:
(Valori consentiti: 50.000 - 7.909.000)

Scala:

Coordinate del centro della mappa

Latitudine:

Longitudine:

Ricerca Comune

Il nome

contiene:

Comune evidenziato

Bordolano

Selezione mappa

<input checked="" type="checkbox"/>	Visualizza punti della griglia riferiti a:	Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
<input type="checkbox"/> <td></td> <td>a(g) <input type="text"/></td> <td>10% <input type="text"/></td> <td>50 <input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td>		a(g) <input type="text"/>	10% <input type="text"/>	50 <input type="text"/>	<input type="text"/>

Figura 9B: mappa probabilistica della pericolosità sismica del Comune di Bordolano; il parametro di scuotimento è espresso in a(g). Probabilità di superamento in 50 anni del 10%.



STOGIT

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Rete microsismica di superficie

0

Mappe interattive di pericolosità sismica

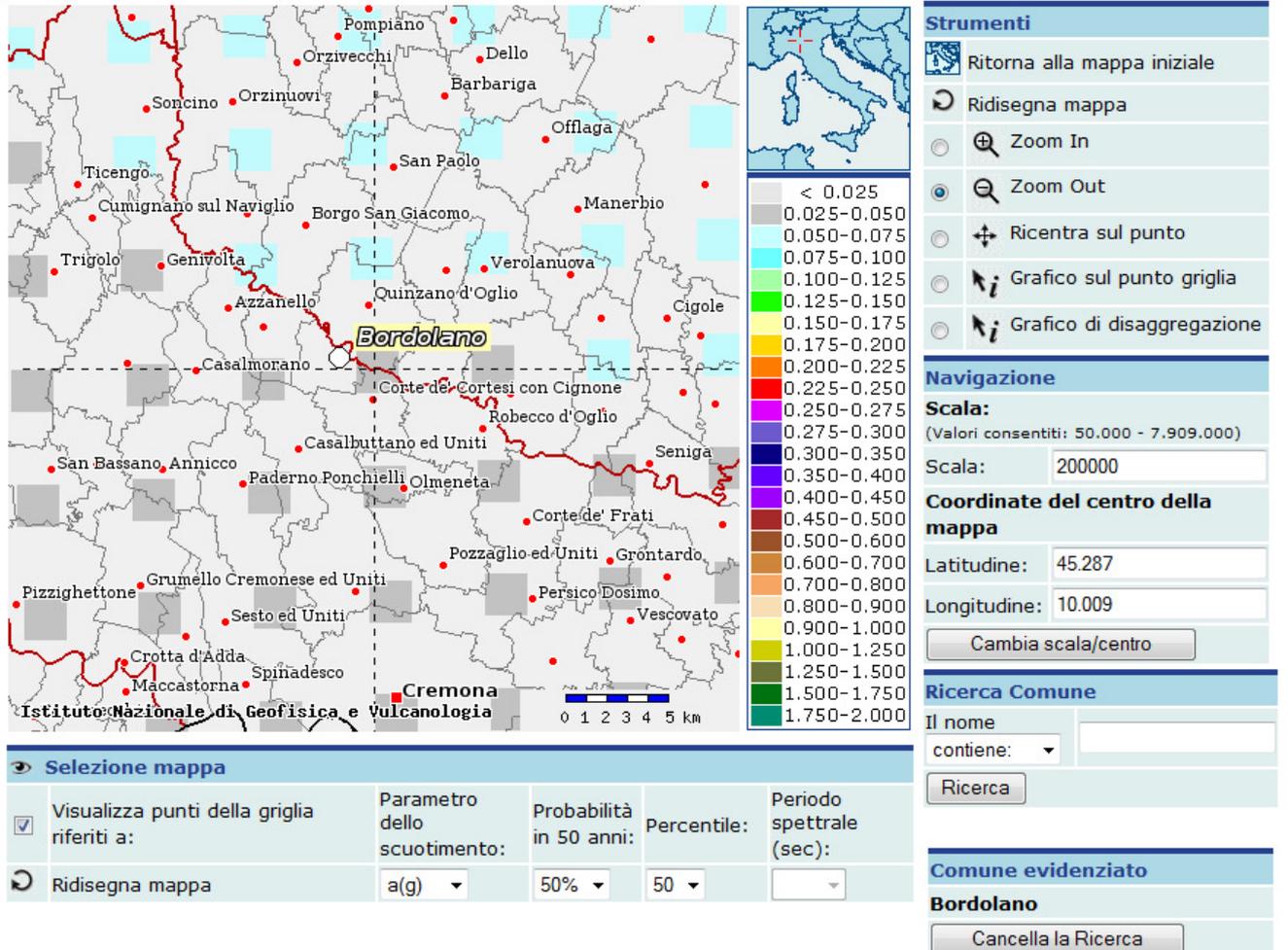


Figura 9C: mappa probabilistica della pericolosità sismica del Comune di Bordolano; il parametro di scuotimento è espresso in a(g). Probabilità di superamento in 50 anni del 50%.



STOGIT

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Rete microsismica di superficie

0

Mappe interattive di pericolosità sismica

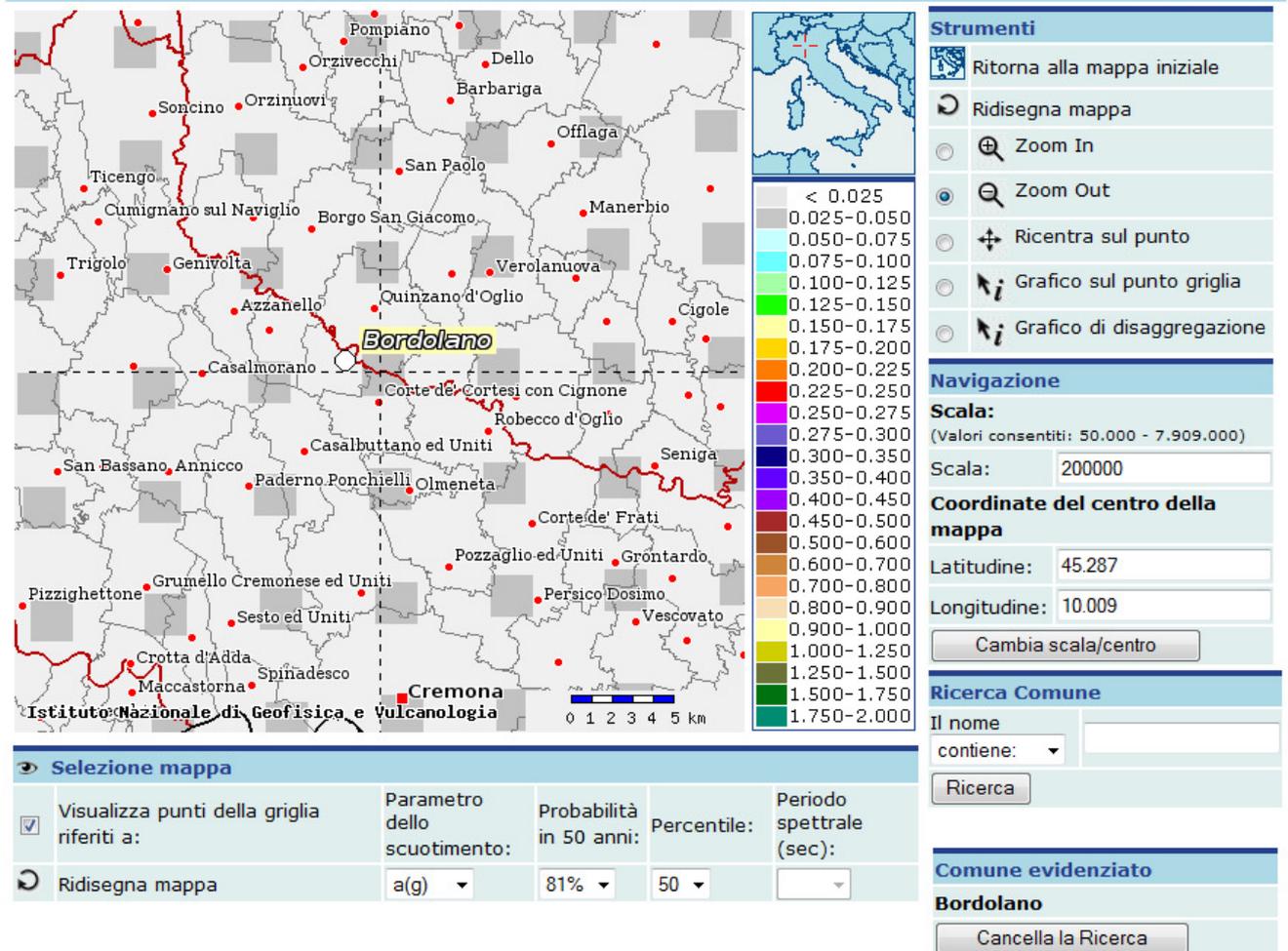


Figura 9D: mappa probabilistica della pericolosità sismica del Comune di Bordolano; il parametro di scuotimento è espresso in a(g). Probabilità di superamento in 50 anni dell'81%.

Sulla base di queste elaborazioni, si ricavano valori medi di a(g), variabili tra un massimo compreso tra 0.150 e 0.225 (valutato con probabilità pari al 2%) ed un minimo compreso tra 0.025 e 0.050 (valutato con probabilità pari all'81%).

La figura 10 (fonte INGV) riporta una mappa dei valori dell'accelerazione di gravità ("shakemap") relativa all'evento sismico di magnitudo M = 5.9 del 20 maggio 2012, avvenuto in Emilia. Da questo documento, elaborato sulla base dei dati registrati dalle stazioni sismiche locali, si rileva come le accelerazioni massime stimate in tale occasione raggiungano valori di circa 0.300 a(g), ossia il 30% dell'accelerazione di gravità. Questi valori di a(g), anche se superiori a quelli più elevati preventivabili in base agli scenari ipotizzati per l'area di Bordolano, non hanno comportato alcuna ripercussione sull'assetto geologico-strutturale dei giacimenti di stoccaggio in attività di Minerbio (BO) e di Sabbioncello (FE), ubicati a poche decine di chilometri dalla zona epicentrale, come dimostrato dalla totale assenza di anomalie nelle registrazioni in continuo dei valori delle



STOGIT

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Rete microsismica di superficie

0

pressioni in giacimento. Queste considerazioni confermano la totale sicurezza dal punto di vista sismico del progetto di conversione allo stoccaggio del giacimento di Bordolano, ubicato in un contesto geologico con minor tasso di pericolosità sismica rispetto a quello dell'area emiliana.

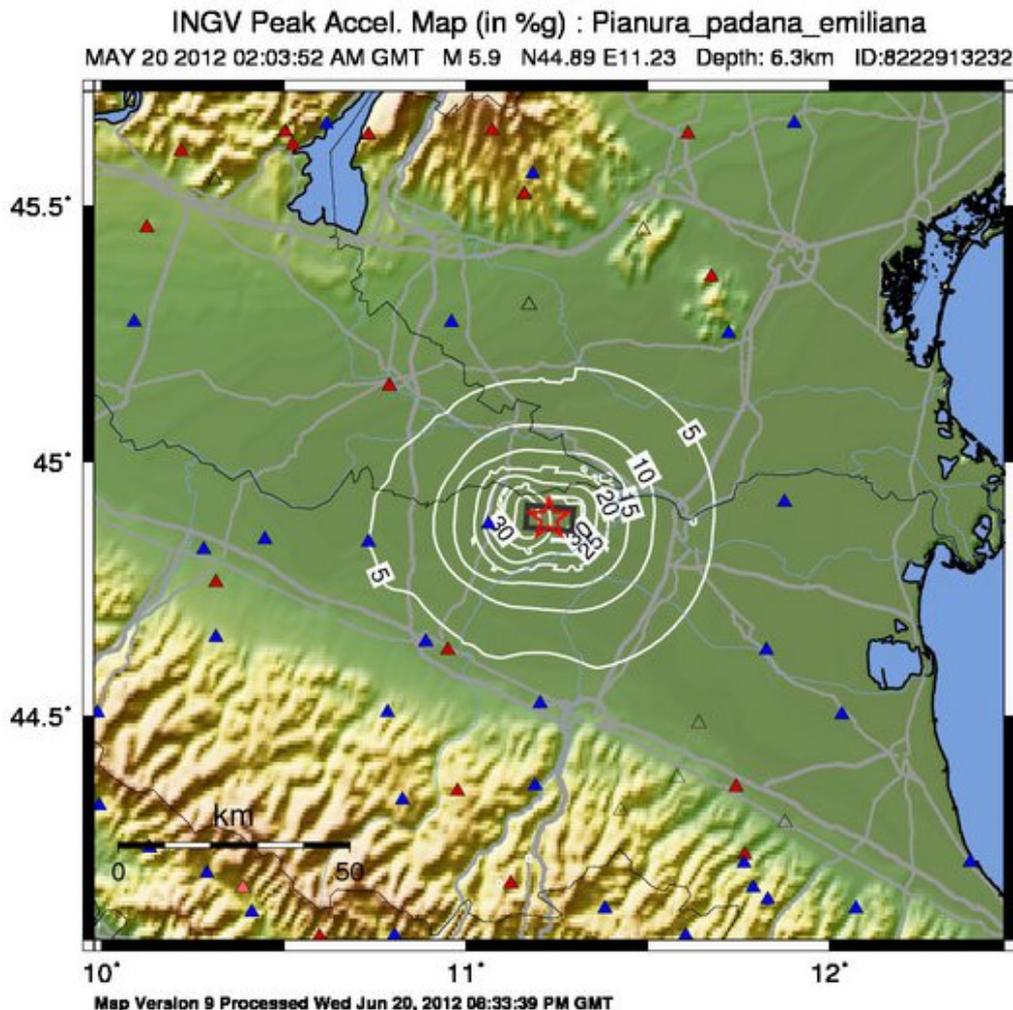


Figura 10: shakemap dell'accelerazione di gravità relativa all'evento sismico del 20 maggio 2012 ore 2:03 UTC, di magnitudo 5.9 (da INGV).

4 - Criteri di progettazione della rete microsismica

L'area del progetto di sviluppo allo stoccaggio del giacimento di Bordolano, in cui saranno installate le stazioni della rete di monitoraggio microsismico, è situata nella pianura lombarda, al confine tra le province di Cremona e Brescia. La presenza di diffusi insediamenti urbani (centri abitati di Bordolano, Quinzano d'Oglio, Castelvisconti, Cignone, Azzanello e numerosi cascinali) ha influenzato fortemente la scelta dei siti per l'ubicazione delle stazioni microsismiche. La rete è infatti inserita in un contesto fortemente antropizzato, attualmente di uso agricolo (prevalentemente seminativo) con presenza di una fitta rete di canali artificiali, rogge, fontanili, con funzione di colatori o adduttori per l'irrigazione.



STOGIT

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Rete microsismica di superficie

0

La morfologia della zona è caratterizzata da un'acclività media inferiore al 2‰, con una debole inclinazione verso ESE e quote medie che si aggirano intorno ai 60 m slm.. L'area di interesse appartiene in gran parte al bacino idrografico del Fiume Oglio, affluente di sinistra del Po, il cui terrazzo fluviale determina una differenza di quota tra il livello fondamentale della pianura ed il fondovalle di una quindicina di metri circa.

La successione stratigrafica dell'area in cui saranno installate le postazioni microsismiche, sostanzialmente uniforme, è costituita da depositi alluvionali a granulometria prevalentemente sabbiosa.

4.1 - Configurazione geometrica della rete

Per la scelta delle zone dove ubicare le stazioni si sono seguite delle semplici regole pratiche:

1. contornare con le stazioni l'area d'interesse;
2. porre alcune stazioni al centro di essa;
3. dimensionare la rete in modo che la distanza media tra le stazioni sia circa il doppio della profondità di interesse;
4. evitare configurazioni orientate lungo una direzione preferenziale.

Queste considerazioni di carattere puramente geometrico sono state confrontate con le condizioni ambientali, morfologiche e logistiche della zona, attraverso lo svolgimento di scouting in loco. In tal modo si sono individuate le zone idonee per l'installazione, sufficientemente lontane da fonti di disturbo antropico e comunque accessibili anche in condizioni meteo sfavorevoli. La rete è composta da 6 stazioni, la cui ubicazione all'interno della Concessione di Bordolano è illustrata in figura 11.

La rete presenta un andamento prevalentemente Est-Ovest. Tutte le stazioni sono ubicate all'interno della concessione Stogit; esse sono ubicate al di fuori delle aree pozzo, ad eccezione della stazione B3, posta in corrispondenza della zona culminale del giacimento di stoccaggio, collocata presso un'area cluster utilizzata per la perforazione dei nuovi pozzi (Cluster B).

Le dimensioni della rete sono le seguenti:

- estensione Sud Ovest – Nord Est: circa 14 km
- estensione Nord Ovest – Sud Est: circa 10 km
- distanza minima tra due stazioni adiacenti: circa 3.5 km (stazioni B6 – B3)
- distanza massima tra due stazioni adiacenti: circa 7 km (stazioni B4 – B6)
- distanza minima dal giacimento delle stazioni esterne: circa 2 km (stazione B1)
- distanza massima dal giacimento delle stazioni esterne: circa 5 km (stazioni B4, B2)

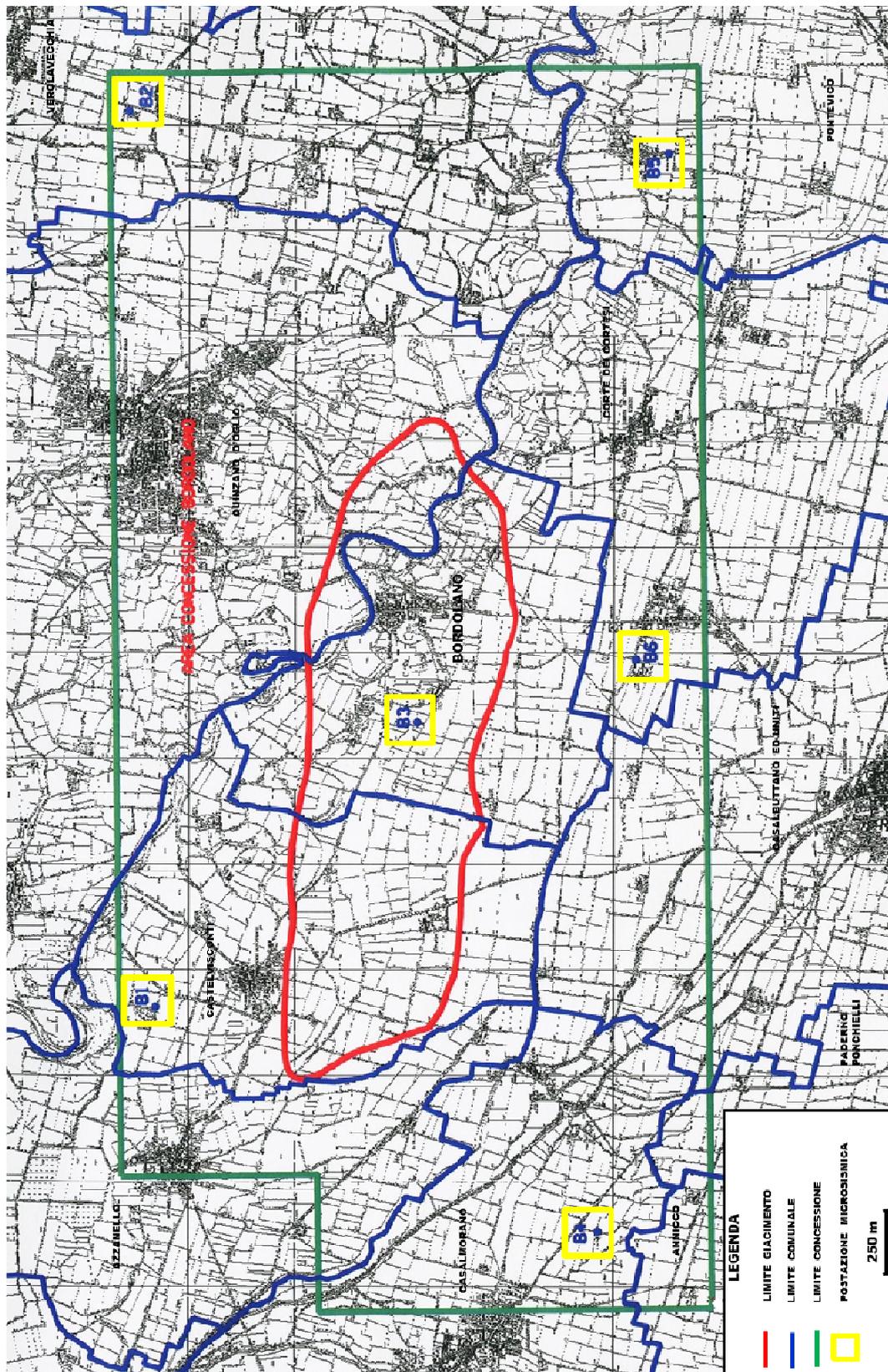


Figura 11: ubicazione delle 6 stazioni microsismiche. In figura sono stati riportati anche il limite della Concessione e la proiezione in superficie del limite del giacimento di Bordolano.



La maggior parte dei siti di installazione ricade all'interno o in prossimità di campi coltivati; pertanto sono da prevedere elevati livelli di disturbo elevato durante i periodi di aratura, semina e raccolto. Per limitare la propagazione delle vibrazioni legate ai fattori di disturbo, è necessario porre particolare attenzione nella realizzazione del pozzetto dove alloggiare lo strumento; esso sarà realizzato secondo specifiche studiate appositamente per attenuare il rumore antropico e gli effetti delle condizioni meteorologiche. In particolare, durante il periodo di acquisizione del bianco, qualora il rumore di fondo risultasse elevato, per alcune stazioni sarà presa in considerazione la possibilità di posizionare i geofoni in pozzetti con profondità di 80-100 m.

4.2 – Strumentazione

Per garantire la disponibilità in tempo reale di tutti i dati registrati presso il centro di elaborazione, si è valutata l'implementazione di una soluzione per trasmettere con continuità i segnali dalle stazioni remote. Presso il sistema centrale sarà disponibile un pre-processing automatico dei dati di tutta la rete al fine di individuare i possibili eventi di interesse, riducendo lo sforzo richiesto agli analisti per controllare i dati disponibili H24.

Nella figura 12 è presentato lo schema concettuale della rete microsismica.

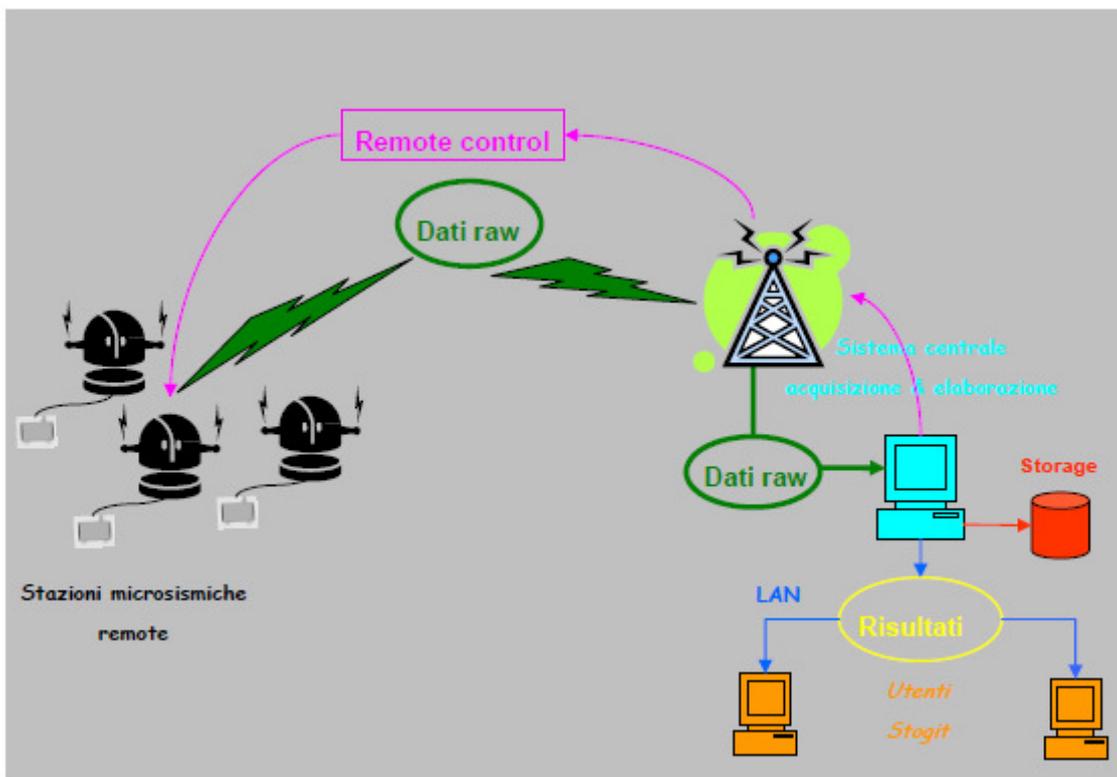


Figura 12: schema di principio della rete microsismica di superficie di Bordolano.

La condizione di operatività standard richiesta per la gestione delle reti microsismiche è che sia garantita la disponibilità annua di almeno il 95% di dati elaborabili. Questa percentuale è da intendersi calcolata come media



STOGIT

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**
Rete microsismica di superficie

0			
---	--	--	--

annuale sull'intera rete, quindi mediata sul numero di stazioni. Tale condizione è soddisfacente, salvo il caso in cui le stazioni siano tutte ferme contemporaneamente, in quanto la ridondanza della strumentazione della rete permette di compensare la mancanza temporanea di alcuni punti registrazione.

Le caratteristiche degli strumenti saranno definite nel corso della progettazione di dettaglio e delle attività di approvvigionamento. Le principali apparecchiature delle stazioni remote sono:

- Sismometro 3 componenti a corto periodo, con banda utile 1-80 Hz
- Registratore/Digitizer a 24 bit con dinamica di 140 dB
- Campionamento a 100 Hz
- Antenna GPS per l'estrazione del segnale temporale
- Elettronica trans-receiver radio
- Antenna di trasmissione radio
- Sistema di alimentazione elettrica
- Batterie tampone

Con campionamento a 100 Hz, la banda utile di segnale è 1-40 Hz, appropriata per lo studio della sismicità locale.

Per quanto riguarda l'alimentazione della stazione, in genere è preferibile l'utilizzo di pannelli solari perché garantiscono la disponibilità di un'alimentazione stabile e priva di disturbi. Inoltre, essi permettono una maggiore libertà nella scelta dei siti. Nel caso specifico della rete di Bordolano sarà da valutare opportunamente la dimensione dei pannelli necessaria per garantire il funzionamento della stazione nei mesi con illuminazione solare minima. La presenza di nebbia per lunghi periodi potrebbe richiedere una quantità di pannelli elevata, con un impatto notevole nella realizzazione delle postazioni remote. In questo caso sarà preferibile l'uso dell'alimentazione tramite linea elettrica. Ciò ha comportato la necessità di scegliere siti non distanti da un'utenza esistente.

Il tipo di alimentazione dipenderà anche dai consumi previsti per la apparecchiature. La sola strumentazione sismologica (sismometro e registratore) consuma meno di 3 W. Se si considera anche la trasmissione dati, il consumo massimo di una stazione remota non dovrebbe superare i 5 W.

La scelta del sistema di alimentazione e il suo dimensionamento sarà quindi effettuata esaminando contestualmente anche le problematiche relative alla trasmissione dati.

Le postazioni avranno la strumentazione in una piccola area recintata di circa 30 m², all'interno della quale sono disposti un pozzetto contenente il sismometro e il registratore/digitizer, le antenne per la trasmissione dati, l'elettronica del transceiver, il sistema di alimentazione, le batterie tampone.

In fase di avvio della rete, durante il periodo di acquisizione in bianco, è possibile ipotizzare una rete preliminare senza la trasmissione dati in tempo reale, ma con uno storage locale in ogni postazione ed un trasferimento manuale, con frequenza mensile, dei dati nel server centrale.



STOGIT

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**
Rete microsismica di superficie

0

5 - Sistemi di trasmissione, acquisizione ed elaborazione

Il flusso dei dati raw per la singola stazione si stima in 9600 bit/s. L'utilizzo di software di compressione può ridurre la quantità di dati da trasmettere, ma le prestazioni dipendono dall'algoritmo utilizzato e dal livello di rumore delle singole stazioni.

Le stazioni remote saranno identificate tramite IP Address e quindi saranno raggiungibili da remoto come una normale macchina di rete. Questo permetterà di verificare lo stato di funzionamento e di variare i parametri della strumentazione direttamente dal centro di controllo. E' quindi necessario un canale bi-direzionale, anche se molto sbilanciato nelle velocità uplink e downlink.

La scelta del sistema di trasmissione dati più idoneo e la definizione delle specifiche tecniche saranno effettuate nel corso della progettazione di dettaglio, tenendo conto delle soluzioni logistiche più opportune. Al momento la soluzione più probabile sembra essere il sistema GPRS.

La stazione centrale sarà ubicata presso gli uffici di Stogit, e permetterà di gestire il flusso continuo dei dati in arrivo dalle stazioni remote, svolgendo il pre-processing automatico per l'individuazione di possibili eventi significativi, per poi procedere all'elaborazione manuale degli eventi d'interesse. Gli elementi principali sono:

- Server per la gestione dell'acquisizione;
- Server per l'elaborazione e come back up del precedente;
- Sistema di storage dei dati raw online.

Gli operatori del sistema centrale avranno la possibilità di controllare lo stato di funzionamento e configurare i parametri delle stazioni remote, operando tramite la connessione radio. Saranno disponibili in modo automatico anche una serie di statistiche per valutare le performance delle singole stazioni e della rete nel suo complesso.

L'elaborazione dei dati sarà effettuata secondo due modalità complementari:

1. Fase di elaborazione automatica in tempo reale dei dati in arrivo dalle stazioni remote per identificare e segnalare la presenza di possibili eventi d'interesse. Il software di elaborazione potrà anche fornire l'indicazione preliminare di ipocentro e magnitudo, ma il risultato richiederà la revisione da parte degli operatori.
2. Fase di analisi da parte dell'operatore per confermare la validità degli eventi individuati e passare all'elaborazione definitiva. Questa porterà alla definizione di ipocentro e magnitudo finali. Nel caso fosse necessario ed i dati lo consentissero si procederà all'elaborazione dei meccanismi focali e dei parametri spettrali. Nel dettaglio, l'approccio metodologico da seguire durante l'analisi è il seguente:
 - Discriminazione del rumore dai segnali sismici;
 - Sul segnale sismico, individuazione della tipologia di sisma (locale, regionale, telesisma) e selezione dei primi arrivi delle onde P e delle onde S solo per sismi locali e regionali;
 - Elaborazione dei segnali locali procedendo al calcolo dell'ipocentro e della magnitudo;
 - Per i segnali regionali, le informazioni di ipocentro e magnitudo vengono ricavate dal sito internet (INGV). Se le stazioni della rete sono le più vicine all'epicentro, i sismi vengono ri-elaborati unificando i dati delle due reti.

Il server di elaborazione provvederà a gestire lo storage dei dati, sia raw che elaborati.



STOGIT

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**
Rete microsismica di superficie

0			
---	--	--	--

6 - Realizzazione

Attualmente sono in corso le attività riguardanti le verifiche logistiche finalizzate alla scelta dei siti definitivi per la collocazione delle stazioni e le attività di procurement per l'acquisto delle attrezzature tecniche.

I tempi di attivazione della rete microsismica di superficie saranno pianificati in modo da permettere un'adeguata taratura della risposta sismica dell'area (analisi del rumore), prima dell'avvio all'esercizio dello stoccaggio.

7 – Procedure di controllo dei dati e reporting

A seguito di incontri e di sopralluoghi preliminari e della visione della relativa documentazione, ARPA Lombardia ha comunicato con lettera Prot. N. 78730 del 3 giugno 2010 (Allegato 2) l'approvazione dei contenuti del piano di monitoraggio proposto presentato nella procedura di V.I.A., il cui stralcio con i contenuti riguardanti la rete microsismica di superficie viene fornito in allegato (Allegato 3).

Durante la fase di controllo dei segnali registrati si farà riferimento a livelli di attenzione, espressi in termini di Magnitudo, che saranno definiti in accordo con ARPA Lombardia.

Le modalità con cui assicurare la disponibilità e l'accessibilità dei dati microsismici da parte degli organi di controllo pubblico, nonché quelle relative alla loro comunicazione e notifica attraverso periodici report di aggiornamento, saranno concordati con ARPA Lombardia nell'ambito delle azioni già avviate per le opportune verifiche anche sugli altri aspetti ambientali inclusi nel piano complessivo di monitoraggio dell'area.