

giovanni bassi, geologo, via donatori di sangue 13, 26029 soncino (cr)  
tel. e fax 0374 85486, e\_mail: bassi.geologo@gmail.com

REGIONE LOMBARDIA  
**COMUNE DI ROMANENGO**  
Provincia di Cremona

**Piano di Governo del Territorio**

**STUDIO GEOLOGICO DEL  
TERRITORIO COMUNALE**

Zona sismica 2

**Adeguamento Sismico**

*(L.R. 11.3.05 N.12, art. 57, D.G.R. 22.12.05 N. 8/1566, Criteri attuativi, Componente geologica e D.G.R.L. 28.05.08 n.8/7374)*

**APPENDICI**



IL GEOLOGO  
DR GIOVANNI BASSI  
Settembre 2009

## **APPENDICE N. 1: BIBLIOGRAFIA SISMICA**

### **DISCUSSIONE DEI DATI DI BIBLIOGRAFIA SISMICA**

I territori dei Comuni di Casaletto di Sopra, Romanengo, Soncino e Ticengo furono inseriti, dal D.M. 05.03.1984, in Classe sismica II° con grado di sismicità S = 9, ex II categoria.

I 4 Comuni si dotarono, singolarmente e per tempo, della "Indagine geomorfologica del territorio comunale", come previsto dalla Legge 2.2.74 n.64, art. 13; tali documenti furono approvati dagli Uffici regionali competenti.

La disamina che qui segue deriva, in buona parte da quei lavori ed è integrata dai successivi contributi tra i quali il lavoro della Regione Lombardia, Servizio Geologico "Determinazione del rischio sismico ai fini urbanistici in Lombardia" .

#### **1. ANALISI DELLA BIBLIOGRAFIA SISMOLOGICA**

E' stata reperita e analizzata una ricca bibliografia, rappresentata da opere di cronaca, storia o scienze, relative al territorio in discussione.

Di tali opere si fornisce un rapido repertorio, nel quale si mettono in evidenza i dati più significativi ed in particolare le segnalazioni dei sismi ed i loro effetti sulle costruzioni e sulla popolazione.

Le opere segnalate sono state consultate, salvo quelle per cui è specificata la non reperibilità.

- CAVITELLI L., Annales, Cremona, 1588

( Opera consultata )

Ricorda il sisma gravissimo del Natale 1222, con gravi danni a Cremona e a Brescia, e quello del 1472 con danni agli edifici di Cremona.

- CODAGLI D., Storia di Orzinuovi, ristampa anastatica dell'edizione del 1592, Orzinuovi.

( Opera consultata )

L'autore fornisce notizie confuse sul grave evento sismico del Natale 1223. Parla di duemila morti, ma senza riferimenti geografici precisi. Sostiene che l'evento si sia ripetuto più volte, interessando soprattutto la Lombardia.

- CAPAROTTI C., Memoria storico-fisica del terremoto accaduto in Lombardia li ' 12 Maggio, Milano, 1802.

( Opera citata da Baratta )

L'autore, riferisce il Baratta, descrive un "fragore come di turbine, quindi un cupo rombo, cui tenne dietro un fortissimo urto a tre riprese, la prima sussultoria, ondulatorie le altre due" .

I maggiori danni si riscontrano a Soncino, Gallignano, Ticengo e Orzinuovi. Si verificano "spaccature nel suolo e delle anomalie nella circolazione sotterranea delle acque" .

L'autore avverte che gli effetti andarono rapidamente diminuendo d'intensità, in modo che Lodi e Orzivecchi ne risentirono minimamente.

L'opera non è stata reperita, malgrado le ricerche. Non compare in Catalogo Generale delle Biblioteche della Sormani di Milano.

- Archivio Storico di Crema, Memorie di Luigi MASSARI (ms), trascrizione dattiloscritta. Senza data, probabilmente contemporaneo.

( Opera consultata )

L'evento del 12 Maggio 1802 viene attribuito alle 11 e 30 circa antimeridiane. Si segnalano danni evidenti in vari fabbricati e la caduta di molti camini: grande allarme e spavento nella popolazione, che si porta in aperta campagna.

Segnala feriti gravi.

Contiene interessanti annotazioni sugli interventi governativi per il controllo dell'ordine pubblico e per le provvidenze a beneficio dei danneggiati.

- MANINI L., Memorie storiche della città di Cremona, Cremona, 1819.

( Opera consultata )

Segnala terremoti nel 1116 e 1280. In particolare quello del 3 Luglio 1529, che "recò non piccoli danni".

Segnala anche un sisma del 14 Aprile 1741.

Dell'evento del 12 Maggio 1802, "circa le ore 11 di mattina", riferisce l'allarme nella popolazione, ma senza danni.

Segnala danni in Casalbuttano, Soncino, Romanengo.

- CERUTI P., Bibliografia Soncinate, Milano, 1834.

( Opera consultata )

Segnala il terremoto del 1222, che "danneggiò principalmente il Bresciano e i paesi limitrofi".

Definisce "fiero terremoto locale" l'evento del 1802 "che arrecò gravi danni a Soncino e ai paesi circostanti".

- GRANDI A., Descrizione dello stato fisico-politico-statistico-storico-biografico della provincia e diocesi di Cremona, Cremona, 1856

( Opera consultata )

Segnala per il 12 Maggio alle ore 10, 30 antimeridiane "una forte scossa di terremoto per ondulazione".

Sostiene che i maggiori danni si sono verificati a Romanengo, Gallignano, Soncino e Orzinuovi. Non specifica il tipo di danni.

- SFORZA BENVENUTI F., Storia di Crema, Milano, 1859.

( Opera consultata )

Segnala l'evento del 12 Maggio 1802, che "rovinò nella città nostra non pochi edifici".

- Archivio Storico di Crema, Memorie contemporanee di Eugenio Bolio ( ms ), trascritte nel 1859.

( Opera consultata )

L'autore segnala due scosse a Crema, alle 10,30 antimeridiane del 12 Maggio 1802, con varie fenditure nel suolo. Segnala l'emissione di "arena fetosa di zolfo" ed "acqua abbondante" da tali fenditure.

Da notizia di scosse premonitrici ( con "diminuizione insolita d'acque in molti pozzi con intorbidamento e puzzo di zolfo" ) e di repliche.

Riferisce di gravi danni a Soncino, Orzinuovi, Ticengo, Romanengo, Offanengo.

Elenca i danni sofferti da Crema, pochissimi feriti in città.

- GALANTINO F., Storia di Soncino. Con note documentarie, Milano, 1869. Ristampa: Soresina, 1946.

( Opera consultata )

Rappresenta una delle opere più interessanti per ricchezza e dettaglio nelle informazioni.

Segnala un terremoto nel Maggio 1789 che con leggere scosse allarmò la popolazione, senza causare danni.

Il 12 ( errore dell' Autore o di stampa: la data corretta è 11 ) Maggio 1802 una forte scossa alle ore 2 pomeridiane, senza danni, sparge l'allarme nella popolazione. La mattina del 12 Maggio, alle ore 10, 30 circa è l'evento principale.

L' Autore riporta un gran numero di particolari, tratti da una corrispondenza di Giovanni Battista della Volta, alla sorella Stefania Teresa, con lettere dal 13 Maggio al 28 Giugno 1802. Queste lettere ed altri documenti, sono state reperite dall' Autore nell'archivio del Sig. Gerolamo della Volta. Fa inoltre riferimento a notizie annotate sui registri battesimali dall'arciprete del tempo, Don Francesco Chiodelli e a documenti tratti dall' Archivio del Comune, classe: terremoto.

Diffuse sono le notizie sui danneggiamenti ai fabbricati: non si segnalano morti, ma "solo due giovani feriti mortalmente, e molti altri leggermente".

Interessanti sono alcune notizie: "le scosse non sono per ondulazione, ma per sussulto..., la terra si trova su varie strade fessurata".

"La terra si alzava a globi a globi... ed in alcuni luoghi ha lasciato come una nebbia...".

"Il fiume Oglio, dice il portinaro, averlo veduto asciutto nel tempo del terremoto .....alcuni videro parecchi cavi inaridirsi e da altri sbalzar fuori le acque".

Si accenna ad un possibile fenomeno di liquefazione delle acque: "In alcuni luoghi, ove si sono trovate larghe fessure nella terra, era molta sabbia sparsa, che prima non v'era".

Significativo è il repertorio delle repliche. Il 13 Maggio le scosse continuano, il 14 forte scossa alle ore 9 di mattina, il 15 forte scossa alle 10 del mattino. IL 16 e il 17 il fenomeno sembra ridursi, nei giorni successivi riprende con tre forti eventi: il 19 alle 8 e 30 pomeridiane ed il 20 "dopo l'una dopo mezzanotte" ed alle 2 e 30 pomeridiane. Vengono segnalate repliche di varia intensità per tutto il successivo

mese di Giugno. Sono molto interessanti le considerazioni relative alle distribuzione geografica dei danni.

" Oltre Soncino e Gallignano, che ebbero a subire le scosse più formidabili, toccarono gravi danni ad Orzinuovi, Romanengo, Ticengo ed altri comuni dell'alto cremonese ne risentirono, ma in più lieve misura".

E' inoltre molto interessante l'elenco proposto dall' Autore, nel quale è dettagliata la distribuzione di 150.000 Lire milanesi, destinate dal Governo. Gli abitati, in ordine decrescente di contributi, sono: Soncino, Gallignano, Romanengo, Casaletto, Casalbuttano, Albera con Salvirola, Fontanella, Ticengo, Bordolano, Villanuova, Melotta, Cumignano.

- Archivio Parrocchiale di Orzinuovi, Cenni storici della Parrocchia di Orzinuovi scritti dal Rev. Don Francesco Perini morto il 1 Ottobre 1884 ( ms ), trascrizione dattiloscritta a cura di Don Giovanni Schinetti, 1931.

( Opera consultata )

Segnala la distribuzione nel sisma del 1802 della Chiesa di S. Maria delle Grazie e S. Domenico e della Chiesa di S. Francesco, in Orzinuovi.

- PIOVENE, Cronaca dei terremoti a Vicenza, degli Annuali dell' Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano. Serie Seconda, Vol. VIII ( 1886 ), parte IV, Roma, 1888.

( Opera consultata )

Si tratta di un dettagliatissimo repertorio di sismi che hanno interessato la città di Verona.

Cita l'evento del 12 Maggio 1802, alle ore 10,45 antimeridiane, "che fu terribile e spaventoso a Brescia e a Crema".

- BARATTA M., Il terremoto sentito in Lombardia il 27 Novembre 1894: Contribuzione allo studio dell'attività sismica nell' Italia settentrionale, Proc. Verb. Soc. Tosc. di Sc. Nat., Vol. X, Pisa, 1896.

( Opera consultata )

L'opera è particolarmente interessante, perché contiene il sunto più organico del sisma del 12 Maggio 1802, con riferimenti bibliografici molto dettagliati, e con un taglio scientifico.

In particolare si analizzano le opere di Caparotti ( 1802 ) e del Galantino ( 1869 ), riportando le notizie già segnalate per questi Autori.

Sono molto interessanti i dati relativi alla distribuzione geografica dell'evento e le relative citazioni bibliografiche.

A Orzinuovi ( A: Malvasia, 1889 ) su 500 fabbricati esistenti, 400 erano stati danneggiati. Il Corriere Milanese del 20 Maggio 1802 attribuisce il grave danno alle modalità tecniche delle costruzioni, "fatte senza solido cemento".

Lo stesso giornale del 17 Maggio del 1802 sostiene che danni si sono verificati a Crema, Caravaggio e Chiari.

Il Perrey ( 1847 ) attribuisce danni a Brescia.

A Crema ( C. Grossi ) sono state segnalate "tre riprese ondulatorie S-N precedute da forte rombo e della durata totale di 7-8 secondi".

C'era allarme nella popolazione e gravi danni negli edifici.

Per Lodi l'Autore cita l'Agnelli ( 1896 ), il quale riferisce di fenditure e guasti nell'episcopio.

Per Piacenza il terremoto viene definito "assai sensibile".

A Milano la scossa è stata assai forte ( Corriere Milanese del 17 Maggio 1802 ) della durata di due secondi, senza danni.

A Voghera, panico nella popolazione.

A Parma, furono segnalate due altre scosse. A Mantova il terremoto fu "assai sensibile". A Verona ( A. Goiran, 1880 ) e a Vicenza ( Piovone, 1888 ) il sisma è sensibile. Il sisma, sostiene l'Autore, è stato avvertito anche a Genova ( senza danni ma "con viva costernazione e grande spavento"), a Chiavari, a Oneglia, a Novi, ad Alessandria, ad Asti.

Molte lieve a Torino, a Berna, a Zurigo, a Rovereto: non è stato avvertito a Venezia, e non compaiono, secondo l'Autore, segnalazioni a Bologna, in Friuli e Belluno.

L'Autore termina la nota elencando i principali sismi della zona cremonese-bresciana.

- 1060 ( o 1064 ) "nel dì della Resurrezione" a Brescia terremoto per il quale gli abitanti abbandonarono le case.

- 1222: il 25 Dicembre "un terremoto fortissimo" colpisce Brescia, "sotto le cui rovine perirono circa 10.000 persone". Gravi danni a Bergamo, Verona, la Valpolicella, Bologna, Milano, Perugia, Cremona, Piacenza, forse Genova.

- 1471: il 15 Agosto a Brescia.

- 1719: il 16 Dicembre a Brescia.

- 1799: il 29 Maggio a Brescia.

- 1839: il 9 Agosto a Brescia.

- 1117: "un fiero e lungo terremoto di 40 giorni continui sconvolse tutta l'Italia": gravi danni a Parma, Cremona, Verona, Brescia, Bologna, Milano, Piacenza, Bergamo, Venezia, Modena, Pavia.

- 1339: 29 Giugno a Cremona.

- 1829: 6 Settembre a Cremona.

Si fornisce infine un elenco di opere che il Baratta cita, e che non è stato possibile reperire e consultare:

- PENADA J., Tavole meteorologiche e necrologiche. Inservienti alla intelligenza del quarto quinquennio delle osservazioni meteorologiche dell'anno 1801 fino all'anno 1805 istituite in Padova, Padova, 1808.
- Documenti raccolti dal defunto Conte A. MALVASIA per la storia dei terremoti ed eruzioni massime d'Italia, pubblicati dal Prof. M.S. de Rossi, Roma, 1889.
- Il Corriere Milanese, n. 40, 20 Maggio 1802.
- Il Corriere Milanese, n. 39, 17 Maggio 1802.
- A. PERREY, Memoires sur les tremblements de terre de la peninsule italique, Bruxelles, 1847.
- Osservazioni sul terremoto del giorno 12 Maggio 1802, presentate alla Municipalità di Crema dal suo segretario C. Grossi, ecc., Archivio Municipale di Crema.
- A. GOIRAN, Storia sismica della provincia di Verona, Verona, 1880.

- AGNELLI G., I terremoti registrati nelle cronache lodigiane, 1896.

( Opera consultata )

L'Autore fornisce il repertorio dei terremoti segnalati a Lodi. In particolare per l'evento del 12 Maggio 1802 cita i danni subiti dall'episcopio e dalla Chiesa di S. Maria della Fontana, oltre l'Adda, in Lodi.

- BELTRAMI L., Soncino e Torre Pallavicina. Memorie di Storia e d'Arte, Milano.

( Opera consultata )

Dell'evento "che nel 1802 scosse ripetutamente Soncino", segnala i danni notevoli dell'antico palazzo pretorio, del quale si decide la completa demolizione: attribuisce alla sua elasticità di costruzione il fatto che la torre del Comune resista alle scosse.

- AUTORI VARI, Studi su Orzinuovi.

( Opera consultata )

Sono riferiti vari sismi: 1223, 1471 ( allarme nella popolazione ).

Dell'evento del 12 Maggio 1802, si riporta "qualche grave danno alle abitazioni e ad alcune Chiese in fortezza".

## 2. TERREMOTO DI PROGETTO

L'analisi bibliografica dei testi e delle cronache esistenti ha evidenziato come l'evento sismico più significativo è quello accaduto il 12 Maggio 1802, e che ha avuto il territorio di Soncino come centro dell'area di massimo effetto.

Essendo questo l'evento per il quale è disponibile il maggior numero di dati, peraltro scarsi in termini rigorosamente scientifici, si è deciso di assumere questo sisma quale "terremoto di progetto".

Nella valutazione della intensità massima si è fatto uso della bibliografia sismologica disponibile relativa al sisma del 1802.

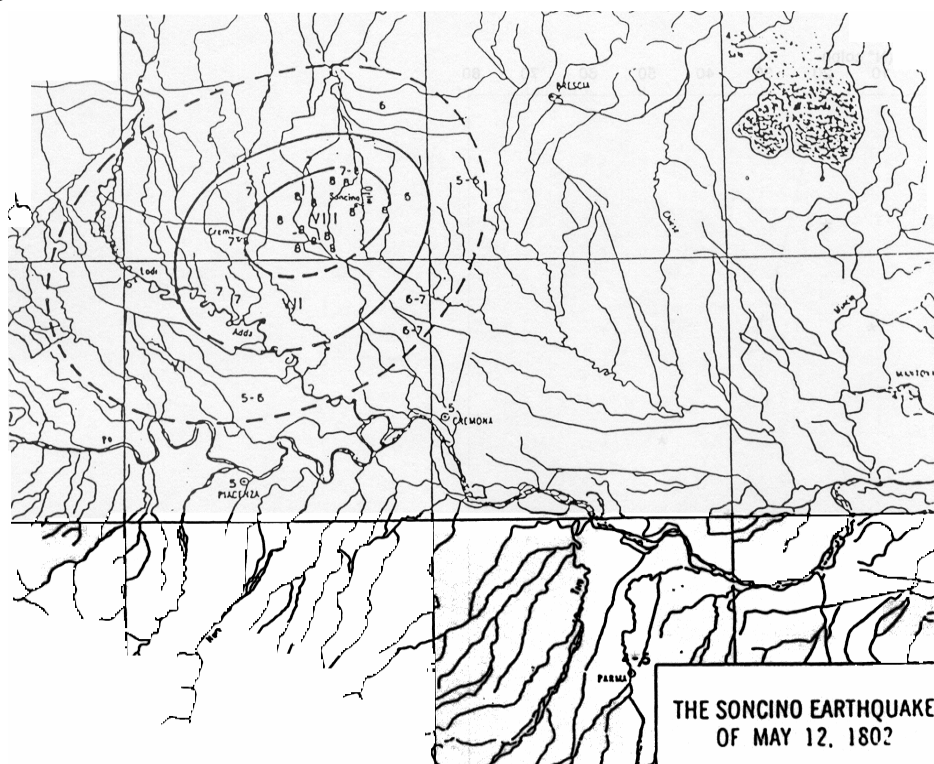
Tre testi in particolare hanno rappresentato il riferimento sul quale ci si è basati: il catalogo generale dei terremoti del CNEN ( 1973 ),

la raccolta dei terremoti ENEL ( non pubblicato ) e l'Atlante dei terremoti italiani del Progetto Finalizzato Geodinamica CNR ( 1985 ).

I primi due valutano rispettivamente: CNEN Magn. 5.6 int. MCS IX, ENEL Magn. 5.2 int. MCS VIII.

La terza opera, più dettagliata e basata sugli stessi testi e sulle cronache analizzati nel paragrafo precedente, valuta per il sisma delle ore 9 e 30 del 12 Maggio 1802 una intensità MCS dell' VIII grado. Si allega la riproduzione della carta dell'atlante.

Naturalmente nelle valutazioni sismologiche che seguono si è anche tenuto conto della legislazione vigente ( D.M. 5 Marzo 1984 ) che attribuisce ai 4 comuni il grado di sismicità S = 9, ex II categoria.



### 3. VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA

Si valuta di seguito la risposta sismica dei terreni del Comune di Casaleto di Sopra.

#### 3.1 Introduzione

La valutazione della risposta sismica di una data area deve tenere conto di una serie di differenti fattori.

Nel caso del lavoro in oggetto sono stati analizzati i parametri geologici significativi per stimare le variazioni dell'intensità sismica ed è stata inoltre valutata la possibilità che al fenomeno sismico in senso stretto si associasse il fenomeno della liquefazione di terreni granulari fini sotto falda.

La valutazione globale così ottenuta è stata utilizzata per definire delle classi relative di rischio sismico che sono state associate alle unità litologiche precedentemente definite a complemento del quadro geologico.

Tenendo in considerazione il risultato di questa prima analisi e la futura destinazione urbanistica di alcune aree del territorio comunale, sono state preparate una serie di schede

che mettono in risalto i fattori maggiormente significativi ed i mezzi di indagine atti ad individuare ed a quantificare per quanto possibile i parametri incogniti.

Dette schede, nella parte riguardante le indagini da effettuarsi, sono state redatte in modo da coprire tutte le problematiche con i vincoli più ristretti che esse comportano e andranno quindi valutate di volta in volta per un corretto dimensionamento dell'indagine rispetto ai singoli requisiti strutturali del progetto esecutivo in oggetto.

Si è cercato, comunque di differenziare, per quanto possibile allo stato attuale delle conoscenze, il programma di indagine per renderlo il più indicato alle singole probabili condizioni in sito.

Si sono inoltre analizzati i potenziali di liquefazione nelle aree oggetto delle prove penetrometriche, ipotizzando le condizioni sismiche riscontrate durante il terremoto del 1802. Queste analisi intendono sottolineare come con un modesto apporto di indagini in sito e in laboratorio sia possibile valutare l'entità del fenomeno e quindi considerarne le conseguenze strutturali in aree di particolare interesse urbanistico.

### 3.2 Valutazione dell'intensità sismica

Per una valutazione delle variazioni dell'intensità sismica vanno analizzati un insieme di differenti fattori. I principali due gruppi di parametri da analizzare sono i parametri fisici propri del sisma e i parametri collegati alle caratteristiche geologiche del territorio in esame.

Considerando note, da un differente tipo di approccio al problema, le caratteristiche fisiche dell'energia fornita dall'evento sismico, la distanza dall'epicentro, il meccanismo focale originato, la struttura tettonica regionale, la legge di attenuazione, è possibile riscontrare che l'intensità sismica in superficie varia in funzione dei seguenti parametri geologici:

- a) litologia dei depositi superficiali;
- b) estensione, spessore, giacitura dei depositi superficiali;
- c) litologia, profondità e giacitura del substrato;
- d) morfologia superficiale e del substrato;
- e) profondità della falda freatica.

Nel caso del territorio in esame la grande profondità alla quale si ritrova il substrato roccioso rende essenzialmente preponderanti le caratteristiche legate ai depositi superficiali e alla presenza della superficie freatica in prossimità del piano campagna.

In queste condizioni risultano significativi eventuali orizzonti cementati intercalati nei depositi granulari, sovrapposizioni di livelli a differente litologia che possono creare fenomeni di multiriflessione.

Considerando la litologia come parametro iniziale di riferimento, è buona norma associare ad essa il valore della densità del terreno o della roccia ed il valore della velocità delle onde longitudinali che potrebbero attraversarla.

Dei valori meno indicativi ( Tabella A ) vengono forniti da Medvedev ( 1965 ) in base a un notevole numero di osservazioni eseguite su eventi sismici avvenuti in Russia.

La densità del tipo litologico individuata e la velocità delle onde longitudinali permettono di ottenere un'indicazione dell'incremento dell'intensità sismica rispetto ad un terreno di base secondo la relazione:

$$h = 1.67 \log ( V_o P_o ) - \log ( V_o P_u )$$

con

$V_o$  = velocità delle onde longitudinali del terreno di riferimento

$P_o$  = densità del terreno di riferimento

$V_u$  = velocità delle onde longitudinali del terreno in sito

$P_u$  = densità del terreno in sito



In tabella B vengono forniti secondo Medvedev, Popov e Sieberg alcuni valori guida dell'incremento dell'intensità sismica in funzione del litotipo considerato.

Altro parametro da prendere in esame è lo spessore del deposito superficiale considerato, poiché esso è legato al periodo naturale ( T ) di vibrazione.

Il valore di T cresce con la profondità seguendo la relazione:

$$T = \frac{4H}{C}$$

TAB. A

LITOTIPI	velocità onde longitudinali Km/s	densità g/cc
acqua	1,450	1
terreno superficiale	0,4-0,6	1,3-1,5
sabbie e ghiaie sciolte	0,6-2,1	1,4-2,0
argilla non costipata	0,6-1,5	1,5-2,0
argille costipate	2,0-2,20	2,0-2,25
molasse, calcari pulverulenti e marne	2,1-2,6	2,0-2,3
arenarie e conglomerati compatti	2,3-3,0	1,8-2,7
calcari e dolomie	2,5-5,0	2,3-2,85
rocce effusive	3,6-6,0	2,4-2,8
rocce intrusive acide	4,0-6,0	2,5-2,9
rocce intrusive basiche	6,0-8,0	2,75-3,1
gneiss	4,3-7,3	2,5-2,7

TAB. B

LITOTIPI	MEDVEDEV	POPOV	SIEBERG
graniti	0	0	0
calcari ed arenarie	0,2-1,3	0-1	0,5-1
marne	0,6-1,4	1	1-1,5
ghiaie e ciottoli	1-1,6	1-2	1,5-2
sabbie	1,2-1,8	1-2	1-2
argille	1,2-2,1	1-2	1,2-2
ghiaie, sabbie ed argille impregnate di acqua	1,7-2,8	3-4	2,2-3
terreni di riempimento	2,3-3,0	3	2-3
terreni di riempimento impregnati d'acqua (pantani e paludi)	3,3-3,9	4	3-4

con H = spessore del deposito superficiale

C = velocità delle onde trasversali (  $V_s$  )

In particolare nel caso di argille superficiali è stato riscontrato che la frequenza naturale di vibrazione è legata alla velocità di risalita delle onde di taglio in relazione allo spessore del livello. Perché si abbia la condizione di maggiore incremento deve avvenire che lo spessore del livello sia un multiplo o un sottomultiplo della lunghezza d'onda dell'onda sismica.

In questo caso potrebbe avvenire che il deposito superficiale argilloso vada in risonanza amplificando quindi la frequenza di origine.

Per quanto riguarda la morfologia, sia del substrato che dei depositi superficiali, è estremamente difficile, allo stato attuale delle conoscenze, quantificare il contributo all'incremento dell'intensità sismica che deriva da una nota forma morfologica.

Come indicazione qualitativa è riconosciuto che lungo forme rilevate strette ed allungate, dorsali o depressioni, si sono sviluppati notevoli incrementi di spostamenti superficiali.

Un parametro molto significativo nella valutazione della risposta sismica è la profondità dal piano campagna o dal piano di utilizzo della superficie freatica qualora essa sia presente nei primi 10 m.

Al di sotto di questa profondità la conoscenza del livello della superficie freatica è importante per la valutazione della possibilità di liquefazione qualora siano presenti delle caratteristiche adatte nei terreni interessati ( vedi paragrafo " Liquefazione" ).

Una quantificazione dell'incremento che deriva dalla presenza della superficie piezometrica in prossimità del piano campagna si può ottenere dalla relazione:

$$n = e^{-0.04 h}$$

dove h = profondità della falda della campagna.

Questa relazione è stata utilizzata per valutare l'influenza della falda nei primi metri del piano campagna.

Non risulta essere significativa per profondità maggiori di 10-15 m.

### 3.3 Liquefazione

Un altro aspetto che va normalmente analizzato in una valutazione del comportamento in un dato territorio in caso di terremoto è la possibilità che l'evento sismico induca nel terreno le sollecitazioni necessarie al manifestarsi del fenomeno della liquefazione dei terreni prevalentemente sabbiosi.

Questo fenomeno è in grado di arrecare notevoli danni su ampie aree che si trovino in condizioni predisposte. Nel caso in esame la valutazione della possibilità di liquefazione raggiunge un notevole peso nel computo globale del rischio a cui è sottoposta ogni singola zona.

In pratica perché possa avvenire la liquefazione dei terreni superficiali devono sussistere le condizioni generali qui di seguito elencate:

a ) caratteristiche granulometriche del terreno:

- $D_{50}$  ( diametro medio rappresentativo ) compreso tra 0.1 e 1.60 mm, corrispondente a sabbie fini e sabbie medie,
- Contenuto in argilla minore del 20%,

$$D_{50}$$

- Coefficiente di uniformità  $C_{50} = \frac{D_{50}}{D_{10}}$  compreso tra 2 e 5.

$$D_{10}$$

b ) caratteristiche stratigrafiche:

- Livello superficiale non liquefacibile assente o di spessore inferiore a 3 m.
- Profondità massima del livello liquefacibile dal piano di campagna inferiore a 20-25 m,

c ) condizioni di falda :

- terreno sotto falda freatica,
- terreno saturo per condizioni locali.

Qualora tutte le precedenti condizioni siano soddisfatte andranno esaminati alcuni vincoli particolari per casi limite e come parametro altamente significativo andrà investigato lo stato di addensamento in sito dell'eventuale deposito liquefacibile.

Questo stato di addensamento viene normalmente ottenuto da opportune correlazioni che utilizzano i dati derivanti dalle prove penetrometriche standard S.P.T.

### 3.4 Valutazione del potenziale di liquefazione

Tra i metodi per la valutazione del potenziale di liquefazione si sono scelti quelli che si basano sul comportamento in sito delle sabbie in precedenti terremoti e che impiegano alcune caratteristiche dei terreni, quali l'indice  $N_{spt}$ , la granulometria e la densità relativa, qui da noi in parte analizzate ed in parte considerate empiricamente.

Tali caratteristiche servono a valutare il comportamento dei depositi, confrontandole con i valori critici ricavati dalla osservazione di casi reali di liquefazione.

I risultati dei metodi adottati sono riportati negli allegati diagrammi della valutazione del potenziale di liquefazione.

Secondo il metodo di Seed e Idriss ( 1981 ) ed ipotizzando un evento simile a quello registrato nel maggio 1802 ( Brega F. et al., 1985 ), è possibile valutare la probabilità di incorrere nel fenomeno di liquefazione, utilizzando i dati di resistenza alla penetrazione ottenuti durante le indagini svolte in campagna.

Per ogni area studiata con prove penetrometriche si è analizzato il fattore di sicurezza (  $f$  ), nei confronti della liquefazione su quei livelli potenzialmente liquefacibili che rientrano nelle caratteristiche descritte nel capitolo precedente.

I passi seguiti dall'analisi di  $f$ , secondo Seed e Idriss ( 1981 ), sono i seguenti:

1 ) il numero di colpi  $N$  viene moltiplicato per un coefficiente di riduzione pari a 0,75 nel caso di terreni a profondità inferiori a 10 m;

2 ) il valore di  $N$  modificato viene convertito in  $N_1 = C_n N$  per il tramite del grafico di fig. 1, tenendo conto di una  $D_r$  compresa tra 40% e 60 %;

3 ) in funzione di  $N_1$ , si ricava il valore di  $\tau/\sigma_{lim}$  ( rapporto di sforzo ciclico ), indotto da un evento di  $M = 6$  ( come nel nostro caso ), per produrre liquefazione sulla base del grafico di fig. 2. Nel caso di limi e sabbie limose (  $D_{50}$  minore di 0,15 mm ) il valore di  $N_1$  va modificato in  $N_1 = N_{1\ mis} + 7,5$ .

4 ) Si valuta lo sforzo di taglio ciclico prodotto dal terremoto di riferimento con la relazione:

$$\tau = 0.65 \gamma h a_{max} r_d$$

dove  $a_{max}$  = accelerazione massima alla superficie del terreno libero misurata come frazione di  $g$

$\gamma$  = peso di volume del terreno,

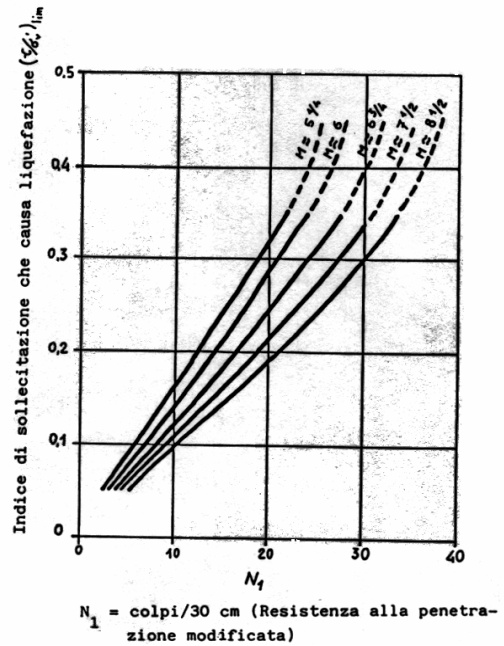
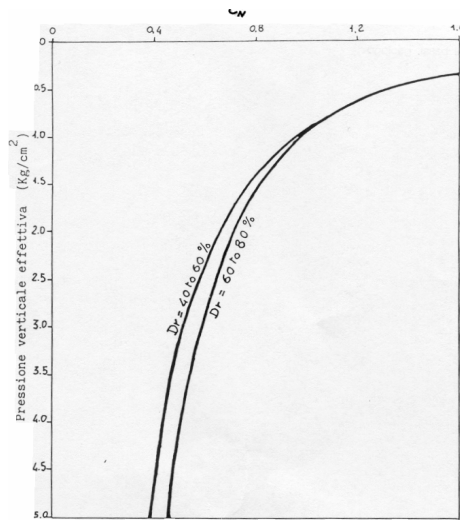
$h$  = profondità del punto considerato,

$r_d$  = coefficiente di correzione dello sforzo di taglio equivalente in funzione della profondità.

Il valore di  $\tau$  così ottenuto, viene normalizzato mediante la pressione efficace ( $\sigma_v$ ) ottenendo il rapporto  $\tau/\sigma_v$  che viene confrontato con il valore  $\tau/\sigma_{v\text{lim}}$ .

Il fattore di sicurezza ( f ) nei confronti della liquefazione è dato da :

$$f = \frac{\tau/\sigma_{v\text{lim}}}{\tau/\sigma_v}$$



Nel nostro caso, secondo le raccomandazioni USA, dato che la resistenza alla liquefazione è stata stimata in base a formule empiriche, l'indice f deve essere maggiore di 1,5 per avere sicurezza nei confronti della liquefazione.

Nei diagrammi allegati in appendice, il metodo di Seed e Idriss, viene affiancato, a titolo sperimentale, dal " Chinese Method Code " che mette a confronto i valori di  $N_{\text{crit}}$  ( numero di colpi critico corrispondente all'occorrenza della liquefazione ) con i relativi valori di N ( numero di colpi SPT ), modificato di un fattore di 0.75 nel caso di terreni a profondità inferiori a 10 m.

Il valore di  $N_{\text{crit}}$  viene calcolato dalla seguente espressione

$$N_{\text{crit}} = N_{\text{sp}} [ 1 + 0.125 (d_s - 3) - 0.05 (d_w - 2) ]$$

Dove:

$d_s$  = profondità dello strato,

$d_w$  = profondità della falda,

$N_{\text{sp}} = 10$ , valore sperimentale, ottenuto da osservazioni statistiche su numerosi eventi registrati, corrispondenti ad un valore di M.M. uguale a VIII grado.

Nei casi considerati il fenomeno della liquefazione si può manifestare con valori di N modificato inferiori ad  $N_{\text{crit}}$ , ad esclusione dei livelli di limi e sabbie limose dove ai valori di N modificato, riportati in diagrammi, va aggiunto 7,5.

### 3.5 Descrizione delle unità geologiche di uguale comportamento rispetto alla risposta sismica e alla liquefazione

In base ai dati geologici ( litologie e superficie piezometrica ) emersi dalle indagini suesposte, e tenendo conto dei diversi fattori che vengono presi in esame nella valutazione delle variazioni dell'intensità sismica e nell'individuazione delle possibili condizioni di liquefazione, **sono state individuate due unità a comportamento sismico omogeneo.**

Dato il carattere del lavoro e la parziale assenza di dati di dettaglio sono state necessarie alcune assunzioni che andassero a completare il quadro dei dati di ingresso nella valutazione globale della risposta sismica.

Le principali assunzioni sono state necessarie nell'attribuire ai terreni interessati dei valori di velocità delle onde longitudinali e delle densità in sito; in secondo luogo è stato considerato che ad una profondità maggiore di 150 m, i depositi superficiali possono essere assunti come "terreni compatti" in conseguenza dell'elevato grado di addensamento e/o consistenza.

La zonizzazione ottenuta, tenendo presente quanto detto precedentemente riguardo le caratteristiche fisiche dell'energia fornita dall'eventuale terremoto, è da considerarsi relativa ed evidenzia i rapporti reciproci tra le singole unità in quanto nello studio attuale non è stato valutato l'ordine di grandezza assoluto a cui vanno riferite l'insieme delle unità.

Da un punto di vista pratico di utilizzo si vogliono indicare qualitativamente quali unità sono relativamente più esposte e quindi necessitano di studi più dettagliati in una successiva fase.

Le due classi individuate sono di seguito descritte in ordine decrescente di fattore di rischio, ove alla definizione di fattore di rischio hanno contribuito un "fattore litologia", un "fattore falda", e un "fattore liquefazione".

#### CLASSE 1

Fattore litologia : orizzonte superficiale limoso argilloso sino a profondità massime di 2 m. Inferiormente sabbie limose, con livelli ghiaiosi, sino a 40 m.

Fattore falda : falda sub affiorante, con profondità della superficie piezometrica sempre minore di 2m dal p.c..

Fattore liquefazione : sono presenti orizzonti potenzialmente liquefacibili in superficie o a moderata profondità.

#### CLASSE 2

Fattore litologia : orizzonte superficiale limoso-argilloso ("ferretto"), sino a profondità di 10 m. Inferiormente sabbie medie e grossolane sino a 40 m.

Fattore falda : falda inferiore alla profondità dell'orizzonte a ferretto, con condizioni di pressione.

Fattore liquefazione : non sussistono le condizioni necessarie alla liquefazione.

## **APPENDICE N. 2: BIBLIOGRAFIA Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)**

### **Earthquake of 12/05/1802 from the Catalogo dei Forti Terremoti in Italia, 461 a.C.-1990**

#### **References**

- \* Biblioteca Civica "Bonetta" di Pavia, III.1, L.Fenini, Diario, 2 voll., secc.XVIII-XIX. 0018
- \* Biblioteca Civica di Casalmaggiore, XX-H-25, G.Morisio, Memorie di Casalmaggiore dal 1787 al 1827, vol.3, secc.XVIII-XIX. 0018
- \* Biblioteca del Seminario Vescovile di Mantova, Manoscritti, X-H-38/53, V.Rosa, Memorie mie, 16 voll., secc.XVIII-XIX. 0018
- \* Archivio Storico Diocesano di Mantova, D.Monti, Memorie locali e politiche del parroco di Castellucchio, 2 voll., secc.XVIII-XIX. 0018
- \* Archivio dell'Osservatorio Meteorologico di Parma, B.V.1/2, Ubaldo Bianchi, Osservazioni meteorologiche dal 1772 al 1821, sec.XIX. 0019
- \* Biblioteca Comunale "Passerini Landi" di Piacenza, Manoscritti, Pall.124, G.F.Bugoni, Cronaca di Piacenza (dal 1801 al 1852), sec.XIX. 0019
- \* Biblioteca Comunale "Passerini Landi" di Piacenza, Manoscritti, Pall.125, Antonio Salvi, Cronaca degli avvenimenti della città di Piacenza in modo speciale dei fatti accaduti fra il 1775 e il 1816, sec.XIX. 0019
- \* Biblioteca Comunale di Correggio, Archivio di memorie patrie, b.154, fasc.1, Pietro Vellani, Diario Correggese (1794-1804), 2 voll., sec.XIX. 0019
- \* Biblioteca Statale di Cremona, Cons. Crem., E.III, Luigi Clementi, Memorie raccolte di cose successe in Cremona in diverse epoche, 3 voll., sec.XIX. 0019
- \* Archivio parrocchiale di Ostiglia, G.Boccalletti, Cronache Ostigliesi, sec.XIX. 0019
- \* Biblioteca Comunale "Passerini Landi" di Piacenza, Schedario Rapetti, "Terremoto", sec.XX. 0020
- \* Biblioteca Civica Bertoliana di Vicenza, Manoscritti Gonzati, 22.10.13, A.Arnaldi Tornieri, Memorie di Vicenza, del conte Arnaldo I.o Arnaldi Tornieri, che cominciano dall'anno 1767 18 giugno, e terminano nel 1822, sec.XIX. 1767
- \* Biblioteca Statale di Lucca, Manoscritti, 2771, Pierantonio Butori, Tavole delle giornaliere osservazioni meteorologiche fatte dal Can. Pier Antonio Butori di Camaiole, 1777-1832. 1777
- \* Biblioteca Civica "Queriniana" di Brescia, Manoscritti, F.II.21, 1801

	Diario meteorologico bresciano dal 4 giugno 1801 al 9 febbraio 1831, sec.XIX.	
*	Il Corriere Milanese, 1802.05.17, n.39.	1802
*	Il Corriere Milanese, 1802.05.20, n.40.	1802
*	Archivio dell'Osservatorio Meteorologico di Brera di Milano, s.s., Registro meteorologico dell'Osservatorio di Brera per l'anno 1802.	1802
*	Biblioteca Comunale di Crema, Manoscritti, 249, Luigi Massari, Informazione sul fatto che determinò la municipalità di Crema a chiedere tutta in corpo la sua dimissione all'epoca che si diedero in duomo gli esercizi spirituali subito dopo la terribile scossa di terremoto del 12 maggio 1802.	1802
*	Archivio di Stato di Brescia, Prefettura dipartimentale del Mella, Sanità, b.313, Richiesta di aiuti per gli abitanti di Orzinuovi colpiti dal terremoto del 12 maggio 1802, Orzinuovi 12 maggio 1802.	1802
*	Archivio di Stato di Brescia, Prefettura dipartimentale del Mella, Sanità, b.313, Rapporto dell'architetto Giovanni Donegani al commissario straordinario del Mella, Orzinuovi 25 maggio 1802.	1802
*	Archivio di Stato di Brescia, Prefettura dipartimentale del Mella, Sanità, b.313, Disposizioni amministrative varie in merito al terremoto del 12 maggio 1802.	1802
*	Gazzetta Nazionale della Liguria, 1802.05.15, n.49.	1802
*	Archivio di Stato di Piacenza, Gridario, tomo 15, c.66, Avviso alla popolazione di Piacenza per un triduo in onore della Beata Vergine di Campagna, Piacenza 16 maggio 1802.	1802
*	Biblioteca Comunale di Correggio, Archivio di memorie patrie, b.154, fasc.3, Pietro Vellani, Diario di notizie patrie, 1802.	1802
*	Notizie del Mondo, 1802.05.15, n.39.	1802
*	Biblioteca del Seminario Vescovile di Asti, s.s., Stefano Giuseppe Incisa, Giornale della città d'Asti dell'anno 1802.	1802
*	Gazzetta Nazionale di Bologna, 1802.05.18, n.40.	1802
*	Gazzetta Nazionale di Bologna, 1802.05.25, n.42.	1802
*	Gazzetta Nazionale di Bologna, 1802.06.01, n.44.	1802
*	Relazione dell'anno 1802, in "Giornale Astrometeorologico per l'anno 1804".	1804
*	Epigrafe posta in una nicchia sul muro di una casa semidiroccata di via Roma, di fronte al numero civico 30, a Orzinuovi in memoria del terremoto del 12 maggio 1802, in M.Baratta, Il terremoto sentito in Lombardia il 27 novembre 1894. Contribuzione allo studio dell'attività sismica nell'Italia settentrionale, "Atti della Società Toscana di Scienze Naturali residente in Pisa. Processi verbali", vol.10, p.49, nota 2.	1895
Agnelli G.	I terremoti registrati nelle cronache lodigiane, in "Archivio	1895

	storico per la città e comuni del circondario di Lodi", s.II, vol.14, pp.90-96.	
Balis E.	Per le fauste nozze di Vaccani Marietta da Pandino col dottore in legge Pietro Donati di Crema.	1859
Baratta M.	Il terremoto vogherese del 17 ottobre 1894 e sulla attività sismica nell'appennino pavese, in "Rendiconti del Regio Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed Arti", s.II, vol.28, pp.178-193.	1895
Baratta M.	Il terremoto sentito in Lombardia il 27 novembre 1894. Contribuzione allo studio dell'attività sismica nell'Italia settentrionale, in "Atti della Società Toscana di Scienze Naturali residente in Pisa. Processi verbali", vol.10, pp.41-55.	1895
Baratta M.	Materiali per un catalogo dei fenomeni sismici avvenuti in Italia 1800-1872, in "Memorie della Società Geografica Italiana", vol.7, pp.81-164.	1897
Baratta M.	Saggio dei materiali per una storia dei fenomeni sismici avvenuti in Italia, raccolti dal prof. Michele Stefano de Rossi, in "Bollettino della Società Geologica Italiana", vol.18, pp.432-460.	1899
Baratta M.	I terremoti d'Italia. Saggio di storia, geografia e bibliografia sismica italiana (ristampa anastatica, Sala Bolognese 1979).	1901
Barbieri L.	Compendio cronologico della storia di Crema dalla sua fondazione fino ai nostri giorni, in "Biblioteca Storica Cremasca", n.2.	1887
Benassi P.	Materiali per la storia dei fenomeni sismici della regione parmense.	1899
Bettoni P.	I terremoti della regione benacense, in "Bollettino Bimensuale del Comitato Direttivo della Società Meteorologica Italiana", s.III, vol.26 (1907), pp.29-34, 45-53, 64-67.	1907
Biffignandi G.	Memorie storiche della città di Vigevano dall'anno 1796 all'anno 1820, edite ed annotate a cura del Prof. Alessandro Colombo, in "Vigevanum", a.6, fasc.1.	1912
Brega F., Stucchi M., Bassi G. e De Martin M.	The Soncino earthquake of May 12, 1802, in "Atlas of Isoleismal Maps of Italian Earthquakes", a cura di D.Postpischl, CNR-PFG, Quaderni de «La Ricerca Scientifica», n.114, vol.2A, pp.72-73.	1985
Canobbio G.B.	Topografia fisica della città e contado di Genova.	1840
Caparrotti C.	Memoria storico-fisica del terremoto accaduto in Lombardia li 12 maggio 1802.	1802
Capsoni G.	Notizie riguardanti la città di Pavia raccolte da un suo cittadino.	1876
Cassinis G.B.	Cronaca (1798-1806), in I.Scovazzi e F.Noberasco, La rivoluzione democratica e l'impero napoleonico a Savona secondo una cronaca contemporanea, "Atti della Società Savonese di Storia Patria", vol.11, pp.31-237.	1929



Ceruti P.	Biografia soncinate.	1834
Cortemiglia G.C.	Manifestazioni sismiche recenti nel tortonese, in "Julia Dertona", s.II, a.29, fasc.61, pp.5-22.	1982
Dal Verme G.	Compendio della storia di Piacenza (dalle origini al 1802), parte 1.	1828
De Rossi M.S.	Documenti raccolti dal defunto Conte Antonio Malvasia per la storia dei terremoti ed eruzioni vulcaniche massime d'Italia, in "Memorie della Pontificia Accademia dei Nuovi Lincei", vol.5, pp.169-289.	1889
Galantino F.	Storia di Soncino.	1869
Gentile C.	Compendio storico-cronologico degli avvenimenti più memorabili riguardanti la regia città di Pavia.	1812
Goiran A.	Storia sismica della provincia di Verona.	1880
Grandi A.	Descrizione dello stato fisico-politico-statistico-storico-biografico della provincia e diocesi di Cremona, vol.1.	1856
Gräberg G.	Annali di geografia e statistica, 2 voll.	1802
Hoff K.E.A. von	Chronik der Erdbeben und Vulcanausbrüche, zweiter Theil vom Jahre 1760 bis 1805, und von 1821 bis 1832 n. Chr. geb., in "Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche", Theil 5.	1841
Manfredi G.	Storia di Voghera.	1908
Manini L.	Memorie storiche della città di Cremona, 2 voll.	1819
Mercalli G.	Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia (ristampa anastatica, Sala Bolognese 1981).	1883
Mercalli G.	I terremoti della Liguria e del Piemonte.	1897
Mojon G. e Mojon B.	Osservazioni meteorologiche fatte in Genova nel maggio 1802, in "Memorie della Società Medica di emulazione di Genova", tomo II, primo quadrimestre.	1803
Mondello U.	La propagazione nell'Alto Tirreno del terremoto bresciano del 1802, in "Bollettino della Società Sismologica Italiana", vol.33 (1935), pp.105-108.	1935
Nardini F.	Brescia e provincia, storia per date dalla preistoria al 1980.	1982
Perini F.	Delle chiese d'Orzinuovi.	s.d.
Perolini M.	Testimonianze storiche per la piazza del Duomo con la serie dei rettori di Crema.	1983
Perrey A.	Mémoire sur les tremblements de terre de la péninsule italique, in "Mémoires Couronnés et Mémoires des Savants Étrangers de l'Académie Royale de Belgique", tomo 22 (1846-47).	1848
Piovene G.	Cronaca dei terremoti a Vicenza, in "Annali dell'Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano", s.II, vol.8, a.1886, parte 4, pp.45-57.	1888
Rossi A.D.	Ristretto di storia patria ad uso de' Piacentini.	1829
Scovazzi I. e	La rivoluzione democratica e l'impero napoleonico a Savona	1929

Noberasco F.	secondo una cronaca contemporanea, in "Atti della Società Savonese di Storia Patria", vol.11, pp.31-237.	
Sforza Benvenuti F.	Storia di Crema.	1859
Sormani Moretti L.	La provincia di Verona.	1904
Timolati A.	Monografia dell'Ospitale Maggiore di Lodi.	1883
Tommaselli G.	Osservazioni meteorologiche per l'anno 1802, in "Memorie dell'Accademia di Agricoltura, Commercio ed Arti di Verona", vol.7.	1815
Zanon F.S.	Storia sismica della provincia di Venezia, in "Annuario dell'Osservatorio geofisico del seminario patriarcale di Venezia", s.II, a.10, pp.53-89.	1937

### Felt localities

Name	Lat	Lon	Local int
Albera	45.366389	9.805278	VII-VIII
Alessandria	44.912500	8.614444	IV-V
Asti	44.898889	8.205556	IV
Bardi	44.630278	9.729722	F
Bergamo	45.693889	9.670000	VI-VII
Bern	46.947778	7.450000	II-III
Bologna	44.497778	11.339722	III
Bordolano	45.293611	9.986111	VII-VIII
Brescia	45.543889	10.214444	V
Camaiore	43.939722	10.303611	III
Caravaggio	45.497222	9.643611	VI
Casalbuttano	45.251944	9.965000	VII
<b>Casaletto di Sopra</b>	<b>45.419444</b>	<b>9.782222</b>	<b>VIII</b>
Casalmaggiore	44.987500	10.420556	V
Castellucchio	45.150000	10.646944	III
Chiari	45.538333	9.931111	VI-VII
Chiavari	44.317222	9.322222	III-IV
Codogno	45.160556	9.704444	V-VI
Correggio	44.771111	10.778889	III-IV
Credera	45.302222	9.653333	VII
Crema	45.361944	9.686111	VII-VIII
Cremona	45.135833	10.023889	V
Cumignano sul Naviglio	45.354167	9.836111	VII
Fontana	45.330278	9.525556	VI
Fontanella	45.468611	9.801389	VII-VIII
Gallignano	45.438889	9.836667	VIII
Genova	44.419167	8.897500	IV-V
Genève	46.205278	6.151944	II-III
Legino	44.294444	8.455556	F
Livorno	43.550000	10.320833	NF

Lodi	45.314167	9.501389	VI
Longhena	45.436944	10.060278	V-VI
Mantova	45.151944	10.775000	IV-V
Melotta	45.412222	9.804722	VII-VIII
Milano	45.464444	9.189444	V
Moneglia	44.239444	9.488056	F
Moscuzzano	45.293333	9.681111	VII
Novi Ligure	44.764167	8.788056	F
Offanengo	45.379167	9.742778	VII-VIII
Orzinuovi	45.401944	9.924167	VIII-IX
Orzivecchi	45.419722	9.962222	VI
Ostiglia	45.065833	11.136389	V
Padova	45.406389	11.875833	IV
Parma	44.800556	10.328611	F
Pavia	45.189167	9.160000	VI
Piacenza	45.052222	9.692500	V
<b>Romanengo</b>	<b>45.378333</b>	<b>9.785000</b>	<b>VII-VIII</b>
Romano di Lombardia	45.519167	9.755000	VI-VII
Rovereto	45.887500	11.036944	III
Salò	45.605556	10.522222	IV-V
Salvirola	45.353333	9.780278	VII-VIII
Santa Maria della Croce	45.375000	9.698056	VII
Savona	44.306944	8.480278	III
Sergnano	45.426667	9.703889	VII
<b>Soncino</b>	<b>45.399167</b>	<b>9.874167</b>	<b>VIII</b>
Soresina	45.287778	9.855000	V
<b>Ticengo</b>	<b>45.368611</b>	<b>9.826944</b>	<b>VII-VIII</b>
Torino	45.070278	7.673889	III
Torre Pallavicina	45.447500	9.878056	VII-VIII
Venezia	45.437500	12.335278	III-IV
Verona	45.437778	10.993611	IV
Vicenza	45.548889	11.549167	IV
Vigevano	45.316389	8.856111	V
Villanuova	45.440278	9.861667	VII-VIII
Voghera	44.992500	9.009444	V
Zürich	47.371944	8.539722	II-III

## **Earthquake of 12 May 1802**

### **01- Full chronology of the earthquake sequence**

11 maggio 1802: alle ore 13:00 GMT fu fortemente avvertita una scossa a Soncino e Cremona.

12 maggio 1802: alle ore 9:30 GMT fu registrata la scossa principale.

Nei giorni 12 e 13 maggio 1802 a Soncino furono avvertite numerose scosse accompagnate da rombi.

14 maggio 1802: alle ore 05:00 GMT a Soncino e a Orzinuovi fu avvertita una sensibile scossa; alle ore 08:00 GMT a Soncino fu avvertita una forte scossa.

15 maggio 1802: alle ore 09:00 GMT a Soncino fu avvertita una forte scossa.

Nei giorni 16 e 17 maggio 1802 a Soncino furono avvertite lievi scosse.

19 maggio 1802: ore 19:30 GMT a Soncino fu avvertita una scossa molto sensibile.

20 maggio 1802: alle ore 00:00 GMT e alle ore 13:30 GMT a Soncino furono avvertite scosse molto sensibili seguite da altre leggere.

Nei giorni 21 e 30 maggio 1802 a Soncino furono avvertite lievi scosse.

Nel giorno 1 giugno 1802 a Soncino furono avvertite numerose scosse.

2 giugno 1802: alle ore 05:05 GMT (ore 09:30 in stile italiano) fu avvertita una forte scossa.

23 giugno 1802: alle ore 12:50 GMT (ore 17:00 in stile italiano) a Soncino, Gallignano, Villanuova e dintorni fu avvertita una scossa.

24 giugno 1802: alle ore 10:35 GMT (ore 14:45 italiane) a Soncino fu avvertita una scossa (1).

(1)

Baratta M.

Il terremoto sentito in Lombardia il 27 novembre 1894. Contribuzione allo studio dell'attività sismica nell'Italia settentrionale, in "Atti della Società Toscana di Scienze Naturali residente in Pisa. Processi verbali", vol.10, pp.41-55.

Pisa 1895

### **02 - Major earthquake effects**

La scossa avvenne il 12 maggio 1802 alle ore 9:30 GMT; colpì la bassa valle dell'Oglio, nella pianura lombarda, al confine tra le province di Brescia e di Cremona. Il paese più colpito fu Orzinuovi e una ventina di paesi subì danni al patrimonio edilizio.

A Orzinuovi la scossa causò crolli parziali in circa metà delle case e lesioni in gran parte delle altre. Furono complessivamente danneggiati 400 edifici sui 500 (80%) che costituivano l'incasato del paese. Numerose case divennero inabitabili o pericolanti e furono puntellate; 15 dovettero essere parzialmente demolite. Subirono crolli le chiese di San Domenico, di San Francesco e la chiesa detta "della Madonna" e rimasero lesionate tutte le altre. Furono danneggiati anche l'ospedale de' Poveri e il convento di Santa Chiara; la caserma divenne inabitabile. Gli effetti del terremoto furono aggravati dalla debolezza strutturale del patrimonio edilizio, che era dovuta all'utilizzo di malte di scarsa qualità al posto del cemento, e dal cattivo stato di conservazione degli edifici.

A Soncino vi furono 5 crolli totali e molte case dovettero essere puntellate; furono gravemente danneggiate la chiesa parrocchiale, il campanile e la chiesa di San Giacomo; nella chiesa di Santa Maria delle Grazie crollò un'arcata e in quella di San Bernardo alla Campagna crollò metà del campanile.

A Gallignano vi furono crolli in un numero imprecisato di case, e altre furono danneggiate

gravemente e rese inabitabili.

A Crema la scossa causò lesioni più o meno gravi a tutte le abitazioni di città e di campagna. Furono lesionate le mura cittadine, il palazzo comunale e il portone detto "Torrazzo"; molte chiese e campanili subirono danni più o meno gravi e fra queste il duomo e le chiese di San Bernardino, di Santa Caterina e della Beata Vergine delle Grazie.

La scossa fu forte a Brescia e a Cremona e causò qualche lesione nel palazzo episcopale di Lodi.

L'area di risentimento fu ampia: da Torino a Venezia, da Genova a Zurigo.

### **03 - Elements of the local buildings**

Secondo una corrispondenza del periodico "Il Corriere Milanese", i danni subiti dall'abitato di Orzinuovi furono aggravati dalla debolezza strutturale del suo patrimonio edilizio, conseguente all'utilizzazione di malte di scarsa qualità al posto del cemento (1).

(1)

Il Corriere Milanese, 1802.05.20, n.40.

Milano 1802

### **04 - Effects in the social context**

Dal gennaio 1802 la Lombardia faceva parte della Repubblica Italiana, che, succeduta alla Repubblica Cisalpina, aveva come capitale Milano e come presidente Napoleone Bonaparte. A Soncino vi furono 2 morti e alcuni feriti; a Orzinuovi vi furono vari feriti. A Soncino la popolazione, che cercava scampo dalle continue scosse e dalle incessanti piogge, si rifugiò in baracche e capanne di legno, abbandonando così gli allevamenti domestici di bachi da seta. La morte dei bachi da seta causò un danno che precluse le prospettive di una rapida ripresa economica, innescando successivamente flussi migratori di intere famiglie verso i comuni limitrofi.

Il 16 maggio il governo della Repubblica Italiana inviò a Soncino l'ingegnere Gallosio per organizzare i necessari lavori di riparazione. Contemporaneamente furono inviati muratori e capimastri di Cremona, Soresina e altre località per puntellare gli edifici pericolanti ai quali non avevano già provveduto i proprietari: il costo di quest'intervento fu di 13.000 lire milanesi. Il governo decretò, con dispaccio del ministro dell'Interno del 20 agosto 1802, che venissero complessivamente destinate ai comuni dell'area danneggiata 150.000 lire milanesi; tale somma di denaro fu affidata a Gian Battista della Volta, incaricato di amministrarla e distribuirla fra i vari comuni colpiti.

### **05 - Social and economic effects**

Il terremoto causò 2 morti a Soncino e feriti a Crema, Orzinuovi e Soncino. In queste località la popolazione fuggì all'aperto e a Soncino cercò scampo dalle continue scosse e dalle incessanti piogge in baracche e capanne di legno improvvisate. Le donne delle famiglie che ne avevano la possibilità furono invece inviate altrove. La popolazione si dedicò a pratiche devozionali e penitenziali (1).

Oltre ai danni subiti dal patrimonio edilizio che ascese a lire milanesi 118.870.18, l'abitato di Soncino subì gravi conseguenze socio-economiche soprattutto a causa dell'interruzione forzata di ogni attività industriale. La manifattura serica costituiva infatti un'importante risorsa della zona, e la fuga degli abitanti causò la morte dei bachi da seta. Stanche di vivere all'aperto e senza prospettive di ripresa economica, intere famiglie emigrarono in altri comuni nei mesi successivi (2).

(1)

Archivio di Stato di Piacenza, Gridario, tomo 15, c.66, Avviso alla popolazione di Piacenza per un triduo in onore della Beata Vergine di Campagna, Piacenza 16 maggio 1802.

Scovazzi I. e Noberasco F.

La rivoluzione democratica e l'impero napoleonico a Savona secondo una cronaca contemporanea, in "Atti della Società Savonese di Storia Patria", vol.11, pp.31-237. Savona 1929

(2)

Galantino F.

Storia di Soncino.

Soncino 1869

### **06 - Effects on the environment**

Il terremoto causò spaccature nel terreno a Soncino, Ticengo e Crema, dove da una di queste fuoriuscirono sabbie solforose. A Credera da una larga spaccatura nel terreno fuoriuscì acqua in abbondanza. A Bardi si aprirono spaccature nel terreno dalle quali fu estratto petrolio. Effetti di agitazione delle acque e di esondazione si ebbero durante la scossa in tutta l'area più colpita; a Soncino il fiume Oglio e vari canali si asciugarono. Prima della scossa principale era stata invece notata una diminuzione del livello dei pozzi, accompagnata da esalazioni solforose.

### **07 - Institutional and administrative response**

Il 16 maggio il governo della Repubblica Italiana inviò a Soncino l'ingegnere Gallosio per organizzare i necessari lavori di riparazione. Muratori e capimastri di Cremona, Soresina e altre località furono mandati a Soncino per puntellare gli edifici pericolanti ai quali non avevano già provveduto i proprietari: il costo di quest'intervento fu di lire milanesi 13.000. A Orzinuovi furono puntellate le case pericolanti e alcune parzialmente demolite. Il prefetto di Cremona Fè, con proclama del 15 agosto, rese noto il risultato delle perizie: per il solo comune di Soncino i danni subiti ammontavano a lire milanesi 118.870. Il governo decise con dispaccio del ministro dell'Interno del 20 agosto di destinare ai vari comuni dell'area danneggiata lire milanesi 150.000 complessive, che furono affidate a Gian Battista della Volta, incaricato di amministrare la somma. I danneggiati furono distinti in 4 categorie: gli abitanti poveri impossibilitati a pagare (a cui si corrispose l'intera spesa necessaria), gli abitanti impossibilitati a pagare solo momentaneamente (a cui si corrispose un importo pari alla metà del danno), gli edifici pubblici o di beneficenza (a cui si corrispose un sussidio proporzionato alle finanze dell'ente) e infine quelli di culto (a cui si corrispose un sussidio di 2/3 del danno). Alle prime 2 categorie fu inoltre richiesto di fornire la mano d'opera. Il sussidio governativo fu erogato da della Volta ai danneggiati delle 4 categorie dei singoli comuni, per un totale di lire milanesi 131.273, come segue: a Soncino furono assegnate lire milanesi 79.780; a Gallignano 23.302; a Romanengo 11.836; a Cumignano 182; a Ticengo 833; ad Albera di Salvirola 1454; a Melotta 511; a Casaletto 4670; a Villanova 540; a Fontanella 1100; a Casalbuttano 1500; a Bordolano 353 (1).

A Crema il governo dispose l'erogazione di un sussidio di lire milanesi 30.000 per il restauro degli edifici pubblici; lire milanesi 12.000 furono impiegate per restaurare la chiesa di Santa Maria delle Croci, le altre 8.000 lire milanesi furono distribuite, in proporzione dei danni sofferti, a famiglie prive di mezzi (2).

(1)

Archivio di Stato di Brescia, Prefettura dipartimentale del Mella, Sanità, b.313, Rapporto dell'architetto Giovanni Donegani al commissario straordinario del Mella, Orzinuovi 25 maggio 1802.

Galantino F.  
Storia di Soncino.  
Soncino 1869

(2)

Sforza Benvenuti F.  
Storia di Crema.  
Milano 1859

### **08 - Theories and observations**

La scossa si propagò verso sud dal centro Soncino-Orzinuovi fino alla scogliera su cui si innalza il Fanale di Livorno senza essere avvertita in nessun paese del litorale ligure di levante, tranne che nel breve tratto Genova-Chiavari. Mondello (1935) spiegò tale propagazione anomala con la natura geologica del fondo dell'alto Tirreno capace per la sua costituzione di trasmettere le vibrazioni provenienti dal massiccio appenninico ligure senza che esse, per effetto di intrusioni di strati di diversa formazione geologica, raggiungano la costa (1).

(1)

Mondello U.  
La propagazione nell'Alto Tirreno del terremoto bresciano del 1802, in "Bollettino della Società Sismologica Italiana", vol.33 (1935), pp.105-108.  
Roma 1935

### **09 - State of earthquake's review**

È stata revisionata la bibliografia del Catalogo PFG (1985), basata sul contributo scientifico di Brega et al. (1985) (1). Per migliorare le conoscenze su questo evento è stata condotta una ricerca bibliografica ed archivistica mirata. Presso l'Archivio di Stato di Brescia (Prefettura del dipartimento del Mella, Sezione Sanità) sono stati reperiti il rapporto inviato il 25 maggio 1802 dall'architetto Donegani di Orzinuovi e la richiesta di aiuti inoltrata in data 12 maggio 1802 dagli abitanti di Orzinuovi; da questi documenti sono emersi dati di notevole interesse sull'entità dei danni (2). Nello stesso fondo sono stati inoltre consultati documenti amministrativi relativi allo stanziamento di fondi e alla loro distribuzione (3).

La ricerca bibliografica ha permesso di reperire 15 opere memorialistiche manoscritte che contengono descrizioni degli effetti nelle singole località. Tale ricerca è stata svolta presso le Biblioteche civiche di Brescia (4), Casalmaggiore (5), Crema (6), Correggio (7), Pavia (8), Piacenza (9) e Vicenza (10); presso le Biblioteche statali di Cremona (11) e Lucca (12); presso l'Archivio Storico Diocesano di Mantova (13); presso l'archivio parrocchiale di Ostiglia (14) e presso la Biblioteca del Seminario Vescovile di Mantova (15). Sono state inoltre vagliate 8 cronache giornalistiche coeve afferenti a 5 testate (16) che hanno ampliato il quadro degli effetti. Fra le 20 storie locali analizzate (17), spicca, per importanza documentaria, l'opera di Galantino (1869) (18), che delinea il quadro degli effetti nel contesto sociale. Un importante contributo scientifico è costituito dal dettagliato saggio di Baratta (1895-1897) (19), basato su documenti inediti conservati in archivi parrocchiali e comunali di Soncino e di Crema, su fonti storiografiche e giornalistiche e sulla memoria di Caparrotti

(1802) (20).

Questo terremoto è menzionato nei cataloghi di von Hoff (1841) (21), Perrey (1848) (22), Goiran (1880) (23), Mercalli (1883, 1897) (24), Piovone (1888) (25), De Rossi (1889) (26), Agnelli (1895) (27), Baratta (1897, 1899, 1901) (28), Bettoni (1907) (29) e Zanon (1937) (30). Riportano notizie dell'evento i registri meteorologici degli osservatori di Brera e di Parma (1802) (31) e le osservazioni meteorologiche di G.Mojon e B.Mojon (1803) (32) e di Tommaselli (1815) (33).

(1)

Brega F., Stucchi M., Bassi G. e De Martin M.

The Soncino earthquake of May 12, 1802, in "Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquakes", CNR-PFG, Quaderni de «La Ricerca Scientifica», n.114, vol.2A, pp.72-73. Roma 1985

(2)

Archivio di Stato di Brescia, Prefettura dipartimentale del Mella, Sanità, b.313, Richiesta di aiuti per gli abitanti di Orzinuovi colpiti dal terremoto del 12 maggio 1802, Orzinuovi 12 maggio 1802.

Archivio di Stato di Brescia, Prefettura dipartimentale del Mella, Sanità, b.313, Rapporto dell'architetto Giovanni Donegani al commissario straordinario del Mella, Orzinuovi 25 maggio 1802.

(3)

Archivio di Stato di Brescia, Prefettura dipartimentale del Mella, Sanità, b.313, Disposizioni amministrative varie in merito al terremoto del 12 maggio 1802.

(4)

Biblioteca Civica "Queriniana" di Brescia, Manoscritti, F.II.21, Diario meteorologico bresciano dal 4 giugno 1801 al 9 febbraio 1831, sec.XIX.

(5)

Biblioteca Civica di Casalmaggiore, XX-H-25, G.Morisio, Memorie di Casalmaggiore dal 1787 al 1827, vol.3, secc.XVIII-XIX.

(6)

Biblioteca Comunale di Crema, Manoscritti, 249, Luigi Massari, Informazione sul fatto che determinò la municipalità di Crema a chiedere tutta in corpo la sua dimissione all'epoca che si diedero in duomo gli esercizi spirituali subito dopo la terribile scossa di terremoto del 12 maggio 1802.

(7)

Biblioteca Comunale di Correggio, Archivio di memorie patrie, b.154, fasc.1, Pietro Vellani, Diario Correggese (1794-1804), 2 voll., sec.XIX.

Biblioteca Comunale di Correggio, Archivio di memorie patrie, b.154, fasc.3, Pietro Vellani, Diario di notizie patrie, 1802.

(8)

Biblioteca Civica "Bonetta" di Pavia, III.1, L.Fenini, Diario, 2 voll., secc.XVIII-XIX.



(9)

Biblioteca Comunale "Passerini Landi" di Piacenza, Manoscritti, Pall.124, G.F.Bugoni, Cronaca di Piacenza (dal 1801 al 1852), sec.XIX.

Biblioteca Comunale "Passerini Landi" di Piacenza, Manoscritti, Pall.125, Antonio Salvi, Cronaca degli avvenimenti della città di Piacenza in modo speciale dei fatti accaduti fra il 1775 e il 1816, sec.XIX.

Biblioteca Comunale "Passerini Landi" di Piacenza, Schedario Rapetti, "Terremoto", sec.XX.

(10)

Biblioteca Civica Bertoliana di Vicenza, Manoscritti Gonzati, 22.10.13, A.Arnaldi Tornieri, Memorie di Vicenza, del conte Arnaldo I.o Arnaldi Tornieri, che cominciano dall'anno 1767 18 giugno, e terminano nel 1822, sec.XIX.

(11)

Biblioteca Statale di Cremona, Cons. Crem., E.III, Luigi Clementi, Memorie raccolte di cose successe in Cremona in diverse epoche, 3 voll., sec.XIX.

(12)

Biblioteca Statale di Lucca, Manoscritti, 2771, Pierantonio Butori, Tavole delle giornaliere osservazioni meteorologiche fatte dal Can. Pier Antonio Butori di Camaione, 1777-1832.

(13)

Archivio Storico Diocesano di Mantova, D.Monti, Memorie locali e politiche del parroco di Castellucchio, 2 voll., secc.XVIII-XIX.

(14)

Archivio parrocchiale di Ostiglia, G.Boccalletti, Cronache Ostigliesi, sec.XIX.

(15)

Biblioteca del Seminario Vescovile di Mantova, Manoscritti, X-H-38/53, V.Rosa, Memorie mie, 16 voll., secc.XVIII-XIX.

(16)

Il Corriere Milanese, 1802.05.17, n.39.

Milano 1802

Il Corriere Milanese, 1802.05.20, n.40.

Milano 1802

Gazzetta Nazionale di Bologna, 1802.05.18, n.40.

Bologna 1802

Gazzetta Nazionale di Bologna, 1802.05.25, n.42.

Bologna 1802

Gazzetta Nazionale di Bologna, 1802.06.01, n.44.

Bologna 1802

Gazzetta Nazionale della Liguria, 1802.05.15, n.49.

Genova 1802

Notizie del Mondo, 1802.05.15, n.39.

Venezia 1802

Relazione dell'anno 1802, in "Giornale Astrometeorologico per l'anno 1804".

Venezia 1804

(17)

Rossi A.D.

Ristretto di storia patria ad uso de' Piacentini.

Piacenza 1829

Dal Verme G.

Compendio della storia di Piacenza (dalle origini al 1802), parte 1.

Piacenza 1828

Sforza Benvenuti F.

Storia di Crema.

Milano 1859

Timolati A.

Monografia dell'Ospitale Maggiore di Lodi.

Lodi 1883

Ceruti P.

Biografia soncinate.

Milano 1834

Cassinis G.B.

Cronaca (1798-1806), in I.Scovazzi e F.Noberasco, La rivoluzione democratica e l'impero napoleonico a Savona secondo una cronaca contemporanea, "Atti della Società Savonese di Storia Patria", vol.11, pp.31-237.

Savona 1929

Manini L.

Memorie storiche della città di Cremona, 2 voll.

Cremona 1819

Grandi A.

Descrizione dello stato fisico-politico-statistico-storico-biografico della provincia e diocesi di Cremona, vol.1.

Cremona 1856

Biffignandi G.

Memorie storiche della città di Vigevano dall'anno 1796 all'anno 1820, edite ed annotate a cura del Prof. Alessandro Colombo, in "Viglevanum", a.6, fasc.1.

Vigevano 1912

Perolini M.

Testimonianze storiche per la piazza del Duomo con la serie dei rettori di Crema.

Crema 1983

Barbieri L.

Compendio cronologico della storia di Crema dalla sua fondazione fino ai nostri giorni, in "Biblioteca Storica Cremasca", n.2.

Crema 1887

Balis E.

Per le fauste nozze di Vaccani Marietta da Pandino col dottore in legge Pietro Donati di Crema.

Crema 1859

Nardini F.

Brescia e provincia, storia per date dalla preistoria al 1980.

Brescia 1982

Gentile C.

Compendio storico-cronologico degli avvenimenti più memorabili riguardanti la regia città di Pavia.

Pavia 1812

Manfredi G.

Storia di Voghera.

Voghera 1908

Canobbio G.B.

Topografia fisica della città e contado di Genova.

Genova 1840

Zanon F.S.

Storia sismica della provincia di Venezia, in "Annuario dell'Osservatorio geofisico del seminario patriarcale di Venezia", s.II, a.10, pp.53-89.

Verona 1937

Gräberg G.

Annali di geografia e statistica, 2 voll.

Genova 1802

Galantino F.

Storia di Soncino.

Soncino 1869

Perini F.

Delle chiese d'Orzinuovi.

Orzinuovi s.d.

(18)

Galantino F.

Storia di Soncino.

Soncino 1869

(19)

Baratta M.

Il terremoto sentito in Lombardia il 27 novembre 1894. Contribuzione allo studio dell'attività sismica nell'Italia settentrionale, in "Atti della Società Toscana di Scienze Naturali residente in Pisa. Processi verbali", vol.10, pp.41-55.

Pisa 1895

(20)

Caparrotti C.

Memoria istorico-fisica del terremoto accaduto in Lombardia li 12 maggio 1802.

Milano 1802

(21)

Hoff K.E.A. von

Chronik der Erdbeben und Vulcanausbrüche, zweiter Theil vom Jahre 1760 bis 1805, und von 1821 bis 1832 n. Chr. geb., in "Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche", Theil 5.

Gotha 1841

(22)

Perrey A.

Mémoire sur les tremblements de terre de la péninsule italique, in "Mémoires Couronnés et Mémoires des Savants Étrangers de l'Académie Royale de Belgique", tomo 22 (1846-47).

Bruxelles 1848

(23)

Goiran A.

Storia sismica della provincia di Verona.

Verona 1880

(24)

Mercalli G.

Vulcani e fenomeni vulcanici in Italia (ristampa anastatica, Sala Bolognese 1981).

Milano 1883

Mercalli G.

I terremoti della Liguria e del Piemonte.

Napoli 1897

(25)

Piovene G.

Cronaca dei terremoti a Vicenza, in "Annali dell'Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano", s.II, vol.8, a.1886, parte 4, pp.45-57.

Roma 1888

(26)

De Rossi M.S.

Documenti raccolti dal defunto Conte Antonio Malvasia per la storia dei terremoti ed eruzioni vulcaniche massime d'Italia, in "Memorie della Pontificia Accademia dei Nuovi Lincei", vol.5, pp.169-289.

Roma 1889

(27)

Agnelli G.

I terremoti registrati nelle cronache lodigiane, in "Archivio storico per la città e comuni del circondario di Lodi", s.II, vol.14, pp.90-96.

Lodi 1895

(28)

Baratta M.

Materiali per un catalogo dei fenomeni sismici avvenuti in Italia 1800-1872, in "Memorie della Società Geografica Italiana", vol.7, pp.81-164.

Roma 1897

Baratta M.

Saggio dei materiali per una storia dei fenomeni sismici avvenuti in Italia, raccolti dal prof. Michele Stefano de Rossi, in "Bollettino della Società Geologica Italiana", vol.18, pp.432-460.

Roma 1899

Baratta M.

I terremoti d'Italia. Saggio di storia, geografia e bibliografia sismica italiana (ristampa anastatica, Sala Bolognese 1979).

Torino 1901

(29)

Bettoni P.

I terremoti della regione benacense, in "Bollettino Bimensuale del Comitato Direttivo della Società Meteorologica Italiana", s.III, vol.26 (1907), pp.29-34, 45-53, 64-67.

Torino 1907

(30)

Zanon F.S.

Storia sismica della provincia di Venezia, in "Annuario dell'Osservatorio geofisico del

seminario patriarcale di Venezia", s.II, a.10, pp.53-89.

Verona 1937

(31)

Archivio dell'Osservatorio Meteorologico di Brera di Milano, s.s., Registro meteorologico dell'Osservatorio di Brera per l'anno 1802.

Archivio dell'Osservatorio Meteorologico di Parma, Ubaldo Bianchi, Osservazioni meteorologiche dal 1772 al 1821, sec.XIX.

(32)

Mojon G. e Mojon B.

Osservazioni meteorologiche fatte in Genova nel maggio 1802, in "Memorie della Società Medica di emulazione di Genova", tomo II, primo quadrimestre.

Genova 1803

(33)

Tommaselli G.

Osservazioni meteorologiche per l'anno 1802, in "Memorie dell'Accademia di Agricoltura, Commercio ed Arti di Verona", vol.7.

Verona 1815

### **APPENDICE N. 3: BIBLIOGRAFIA GENERALE**

ASSOCIAZIONE CREMONA AMBIENTE (1992) – Studio idrogeologico della Provincia di Cremona. Pitagora Editrice, Bologna.

BARONI C., MARCHETTI G., PEROTTI C., VERCESI PI. (1980) – Metodologia seguita per la messa a punto della carta neotettonica relativa al V Intervallo (Fogli: 60-Piacenza e 61-Cremona I e IV quadrante), C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto neotettonica.

BASSI G. (1985) - Idrografia della Provincia di Cremona, Provincia di Cremona, Assessorato all'Ecologia, Cremona.

BASSI G., CASATI E. (1989) – Contributo allo studio geomorfologico del pianalto pleistocenico di Romanengo (CR), Pianura 2/1988, pp. 57/64.

BONI A., CASSINIS G., CERRO A., VENZO S. (1968) - Carta Geologica d'Italia, Foglio n.47 "Brescia", (II edizione), Serv. Geol. D'Italia, Roma

BONI A., CASSINIS G., VENZO S. (1970) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio n.47 "Brescia", Serv.Geol. d'Italia. Ercolano (Napoli).

BREGA F. (1982) – Il terremoto del 12 Maggio 1802, C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, gruppo di lavoro “ catalogo dei terremoti”, Relazione preliminare sintetica per il seminario nazionale “I terremoti distruttivi della storia sismica italiana”, Bologna, 13/17 Settembre 1982.

BURRATO P., CIUCCI F., VALENSISE G. - Un approccio geomorfologico per la prima individuazione di strutture potenzialmente sismogenetiche nella Pianura Padana, GNGTS – Atti del 18° Convegno Nazionale / 01.12.

C.N.R. (1976) - Indagine preliminare sulle falde profonde della porzione di Pianura Padana compresa nelle Provincie di Brescia, Cremona, Milano, Piacenza e Pavia, Quaderni dell'Ist. di Ric. Sulle Acque, P/331, 28 (2), pp. 41-76, Roma.

C.N.R. (1983) - “Neotectonic map of Italy, scale 1:500000”, P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114.

COMIZZOLI G., GELATI R., PASSERI L. D. (1969) “Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – Foglio 45 e Foglio 46- Milano e Treviglio”, Servizio Geologico d'Italia, Roma.

CREMASCHI M., OROMBELLI G. (1982) “I Paleosuoli del Pleistocene medio nel settore centrale della pianura padana: il problema del Ferretto nella stratigrafia del Quaternario continentale”, Geogr. Fis. Din. Quat., v.5, n.1, Milano.

CREMASCHI M. (1983) – I loess del Pleistocene superiore nell'Italia settentrionale. Geografia fisica e dinamica quaternaria, vol.6 (2) 1983, Torino.

CREMASCHI M. (1987) "Paleosols and Vetusols in central Po plain (northern Italy)", Unicopli, Milano.

DESIO A. (1965) - I rilievi isolati della pianura Lombarda e i movimenti tettonici del Quaternario, Rend.Ist. Lomb. Acc. Sc. e Lett., vol.99, pp. 881-894, Milano.

DESIO A., COMIZZOLI G., GELATI R., PASSERI L. (1966) - Carta Geologica d'Italia, Foglio n.46 "Treviglio", (II ediz.), Serv. Geol. d'Italia, Roma.

DESIO A., COMIZZOLI G., GELATI R., PASSERI L. (1966) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Fogli n. 45 e 46 "Milano - Treviglio", Serv. Geol. d'Italia, Ercolano (Napoli).

DESIO A. (1972) – Movimenti orogenici della Pianura Padana. Rend. Acta. Naz. Lincei, vol. XII, fascia.6, Roma.

E.N.I. (1972) - Acque dolci sotterranee, Grafica Palombi, Milano.

ERSAL (2002) I suoli della pianura cremasca. Milano.

GABERT P. (1962) - Les plaines occidentales du Po et leur piedmont (Piemont, Lombardie Occidentale et Centrale) - Etude morphologique, Luis-Jean, Gap.

REGIONE LOMBARDIA, CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE - ISTITUTO DI RICERCA SUL RISCHIO SISMICO (1997) - Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia", Milano.

PELOSO G.F., PESCE M. (1981) - Studio idrogeologico della porzione di sud-est del F.46 "Treviglio" e di quella di sud-ovest del F.47 "Brescia", Estr.Atti Ist.Geol.Univ. di Pavia, vol. XXX. Pavia.

PREVITALI F., OLIVIERI M., BASSI G., (1985) - Preliminary investigations on Soils, Paleosoils and Environment of the residual Pleistocene surface in the Romanengo area (Cremona - Italy), 6a Conf. Cecoslovacca di Scienza del Suolo, Nitra, 31/8 - 6/9 1985.

PREVITALI F., OLIVIERI M., BASSI G. (1985) - Studio Geopedologico del Pianalto della Melotta (CR), da Ricerche per la riserva naturale del Naviglio di Melotta, Provincia di Cremona (in corso di pubblicazione).

PROVINCIA DI CREMONA (1996) "I suoli del comune di Soncino (CR), Cremona.

REGIONE LOMBARDIA - ENI (2002) - Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia.

## **APPENDICE N. 4: CLIMATOLOGIA**

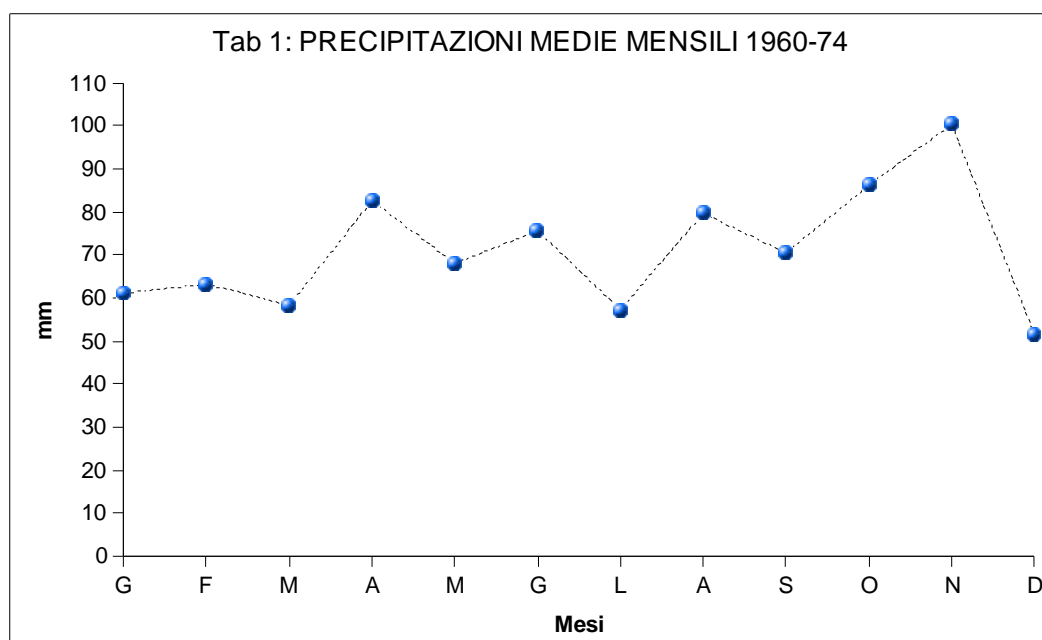
### **LINEAMENTI CLIMATICI**

La conoscenza delle caratteristiche climatiche del territorio in esame costituisce la base fondamentale per l'approfondimento dell'indagine in corso; a tal scopo sono stati raccolti ed elaborati dati riguardanti le precipitazioni e le temperature, definendo successivamente alcuni parametri utili all'inquadramento del tipo climatologico del luogo.

La stazione considerata è quella termopluviometrica di Crema, 79 m s.l.m.

### **PRECIPITAZIONI**

L'analisi delle precipitazioni è stata svolta prendendo in considerazione i dati relativi al trentennio 1960-74; le precipitazioni medie mensili in mm sono le seguenti: G 61,3, F 63,3, M 58,3, A 82,6, M 68, G 75,6, L 57,3, A 79,7, S 70,5, O 86,3, N 100,3, D 51,5.



Il valore medio annuo calcolato è di 854 mm, in particolare si registrano minime in dicembre e due massimi in ottobre ( 86 mm) e novembre (100 mm).

### **TEMPERATURE**

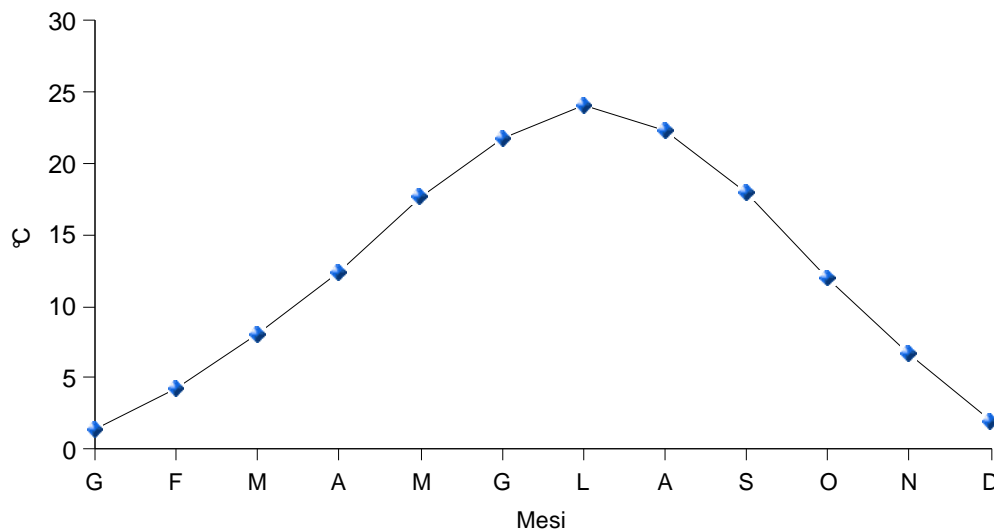
Le temperature medie sono importanti per studiare il clima e per identificare i parametri dell'evaporazione potenziale. A questo scopo è stato considerato il periodo 1964-74.

Le temperature medie mensili calcolate sono le seguenti:

G 1,4°, F 4,2°, M 8,0°, A 12,4°, M 17,7°, G 21,8°, L 24,1°, A 22,3°, S 18,0°, O 12,0°, N 6,7°, D 1,9°.



Tab. 2: TEMPERATURE MEDIE MENSILI 1964-74



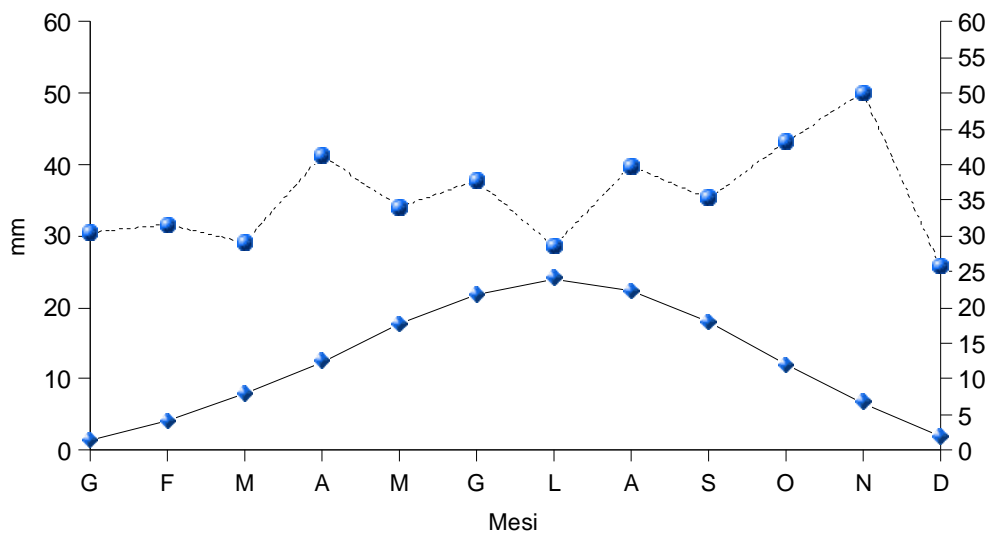
il valore medio calcolato è di 12,5°.

### INDICI CLIMATICI

Sono state correlate le precipitazioni medie mensili (Tab.1) sopra esposte con le temperature medie mensili (Tab.2) pure espresse nel paragrafo precedente, ottenendo alcuni indici climatici significativi.

Il primo di essi è il diagramma ombrotermico (Tab.3), nei tratti in cui la spezzata delle temperature supera quella delle precipitazioni si hanno condizioni di aridità fisiologica del suolo che comporta appassimento delle piante.

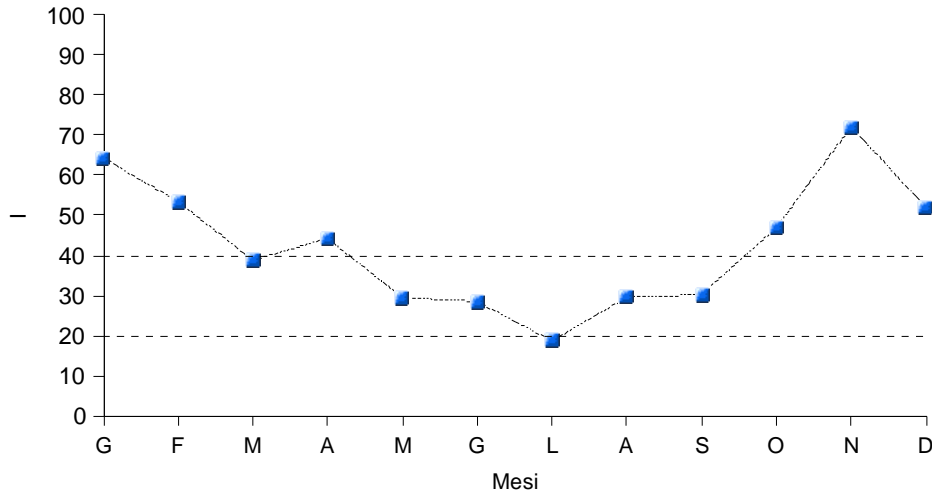
Tab. 3: DIAGRAMMA OMBROTERMICO



E' stato successivamente calcolato l'indice di aridità secondo de Martonne (Tab.4) che mette in relazione le precipitazioni (P) e le temperature (T), tale indice è riportato in grafico.

Ricavato per ogni mese il valore I, i mesi nei quali I è minore di 20 sono definiti aridi, quelli in

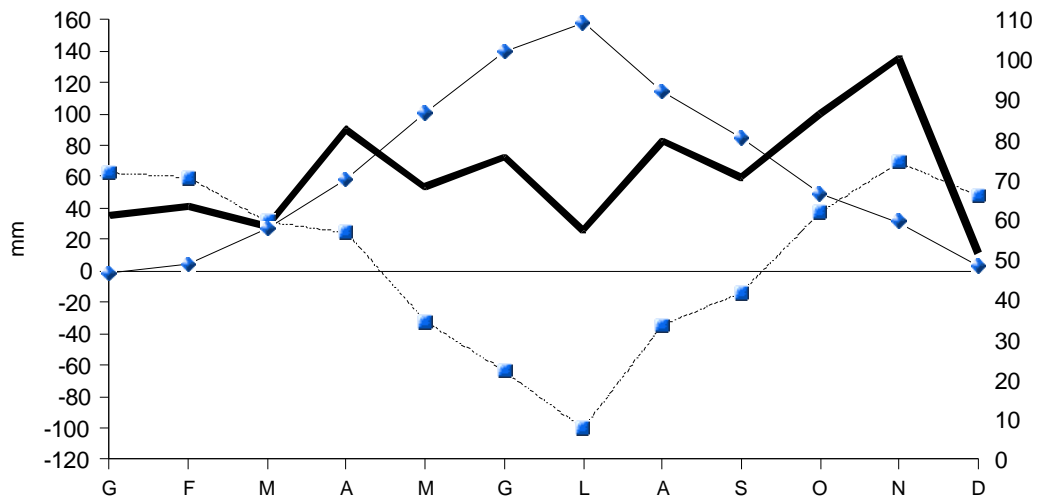
Tab. 4: INDICE DI ARIDITA' (secondo De Martonne)



cui I è superiore a 40 sono da considerare umidi.

Al fine di verificare l'effettiva esistenza di periodi aridi, si è proceduto al calcolo di successivi parametri climatici (Tab.5) basati sulla evapotraspirazione potenziale che rappresenta la quantità massima di acqua evaporata da una copertura vegetale alimentata in modo che non

Tab. 5: PARAMETRI CLIMATICI SIGNIFICATIVI



vi sia mai deficit di acqua nel suolo.

Analizzato il diagramma ombrotermico è importante stabilire il bilancio idrologico della stazione in esame per vedere se i periodi di siccità determinano condizioni di effettiva penuria d'acqua o se la capacità di ritenzione del terreno è tale da consentire una evapotraspirazione potenziale (Ep), calcolata secondo il metodo Thornthwait, della pioggia (P) e della differenza (P-Ep).

Quest'ultimo andamento convalida la tesi dei precedenti indici di de Martonne e del diagramma ombrotermico che stabiliscono, per il territorio cremasco, un periodo estivo di aridità durante il quale è indispensabile intervenire con le irrigazioni.

*giovanni bassi, geologo*

Il territorio in discussione, posto a piccola distanza della stazione termopluviometrica di riferimento, rispecchia la situazione analizzata a Crema è quindi interessato da un periodo a scarse precipitazioni nel trimestre dicembre - gennaio - febbraio; nei mesi estivi si interviene con l'irrigazione che si attua nel periodo fine aprile - fine settembre.



IL GEOLOGO  
DR GIOVANNI BASSI  
Settembre 2009