

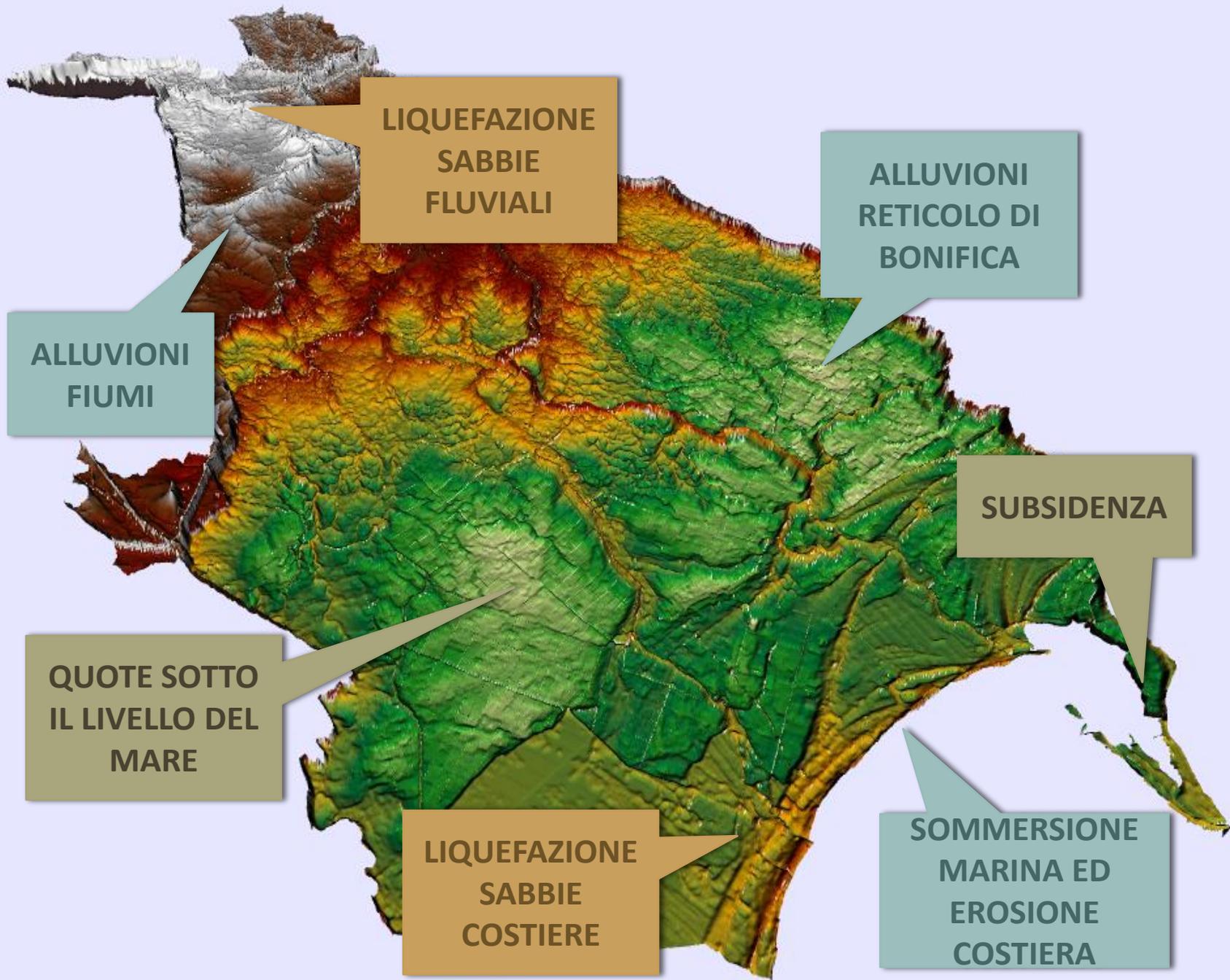
Le principali criticità del territorio ferrarese indagate per una miglior conoscenza e tutela del paesaggio culturale

Lorenzo Calabrese⁽¹⁾, Francesco Marucci⁽²⁾ e Luisa Perini⁽¹⁾

(1) Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

(2) Cooperativa Alveo

email: lorenzo.calabrese@regione.emilia-romagna.it



**LIQUEFAZIONE
SABBIE
FLUVIALI**

**ALLUVIONI
RETICOLO DI
BONIFICA**

**ALLUVIONI
FIUMI**

SUBSIDENZA

**QUOTE SOTTO
IL LIVELLO DEL
MARE**

**LIQUEFAZIONE
SABBIE
COSTIERE**

**SOMMERSIONE
MARINA ED
EROSIONE
COSTIERA**

Le Alluvioni

- Fiumi
- Rete di bonifica
- Mare

1966



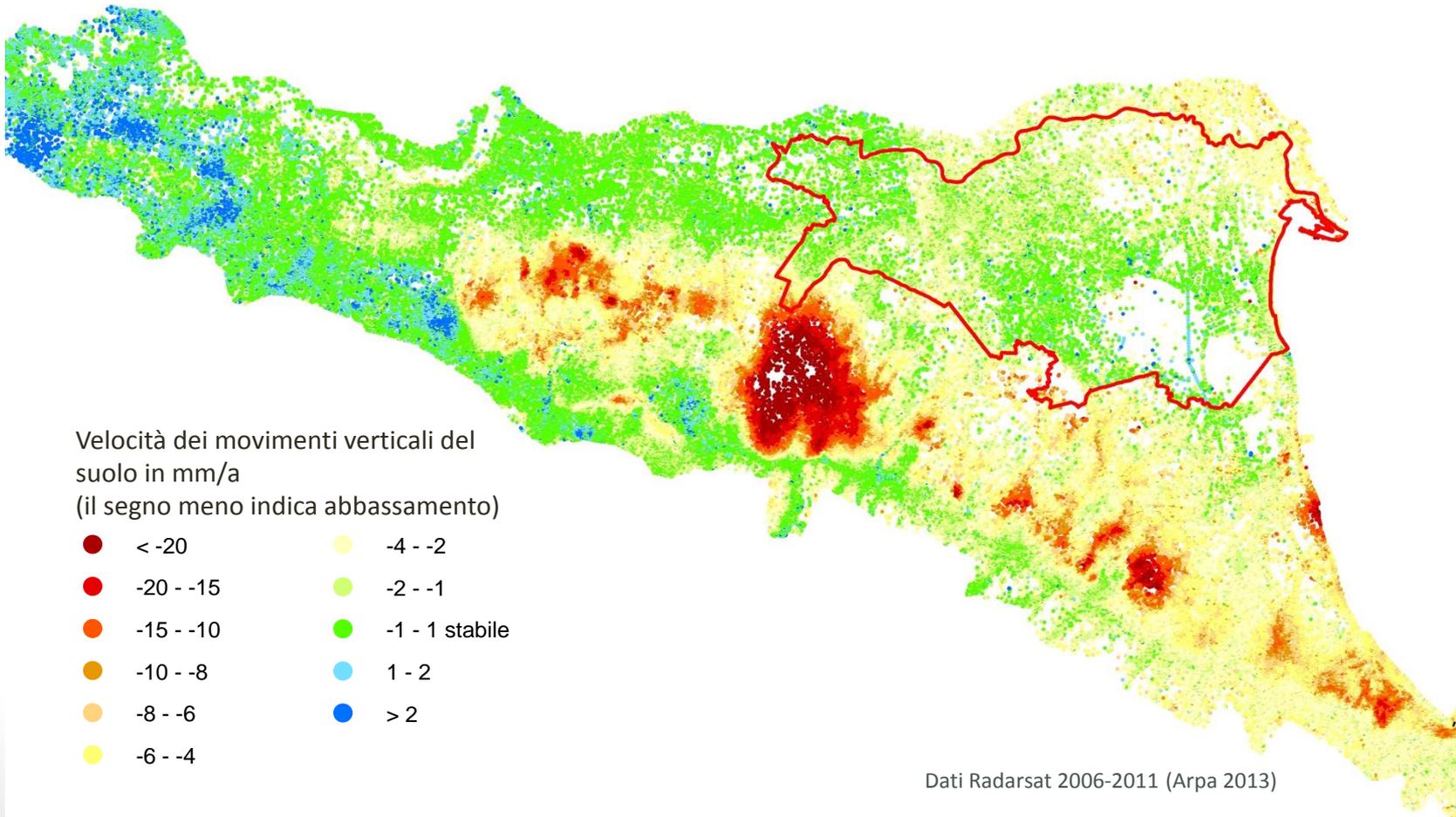
2015



La Subsidenza

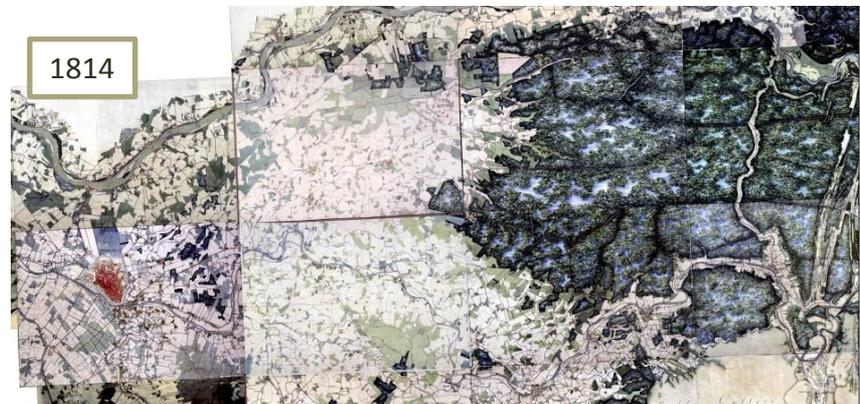
Abbassamento del suolo dovuto a cause naturali ed antropiche:

- Processi geologici profondi (tettonica, isostasia)
- Estrazioni di fluidi (acqua e gas)
- Compattazione delle successioni sedimentarie
- Carico urbano
- Bonifica



Nel passato

- Le bonifiche hanno favorito la subsidenza, esponendo all'aria i terreni organici deltizi che ossidandosi ed essiccandosi si sono compattati.
- La grande Bonificazione Estense fu completata nel 1580 ma l'abbassamento del suolo riportò la palude: dopo circa 60 anni fu perso il 60% dei terreni prosciugati, dopo circa 200 anni quasi il 90 %.

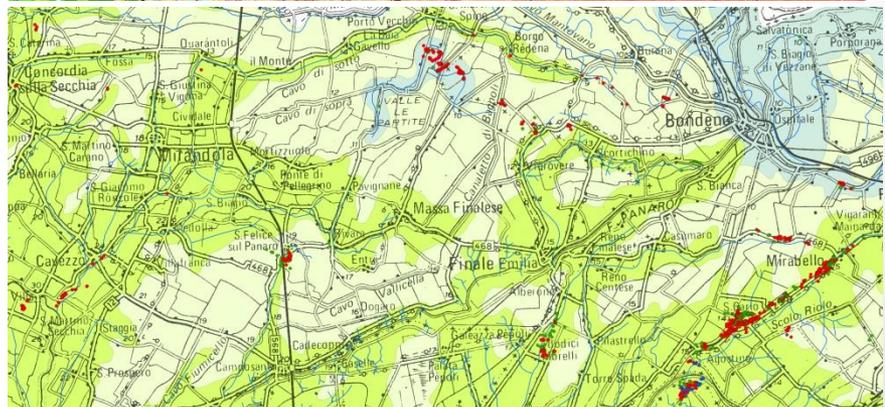
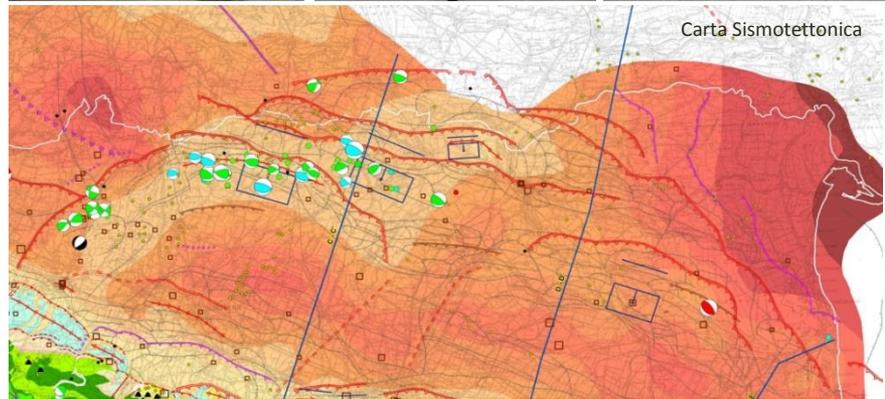


La Sismicità e la Liquefazione

Gli effetti del terremoto sono crolli e lesioni degli edifici e fenomeni di liquefazione che causano fuoriuscita di acqua e sedimenti dal sottosuolo, fratturazioni e cedimenti.

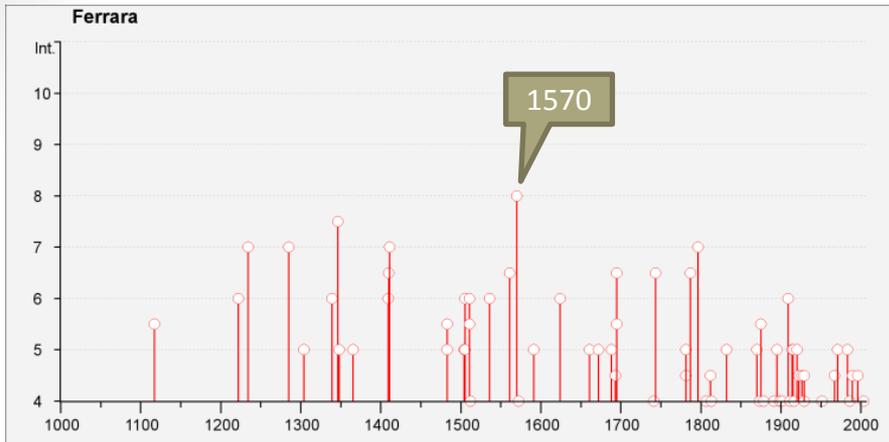
La genesi del sisma è dovuta all'attività delle faglie attive sepolte.

La tipologia e la distribuzione degli effetti (risposta sismica locale) è legata alle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio

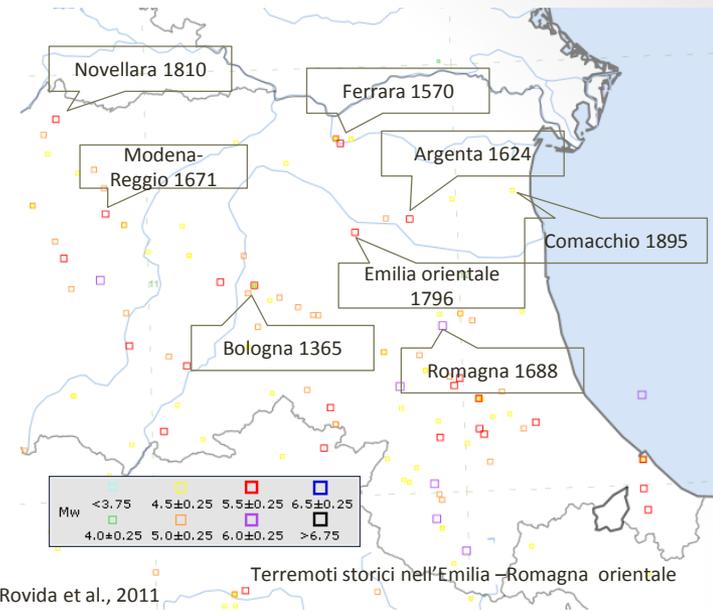


Carta degli effetti di liquefazione osservati dopo i terremoti del 20 e 29 Maggio 2012

Nel passato

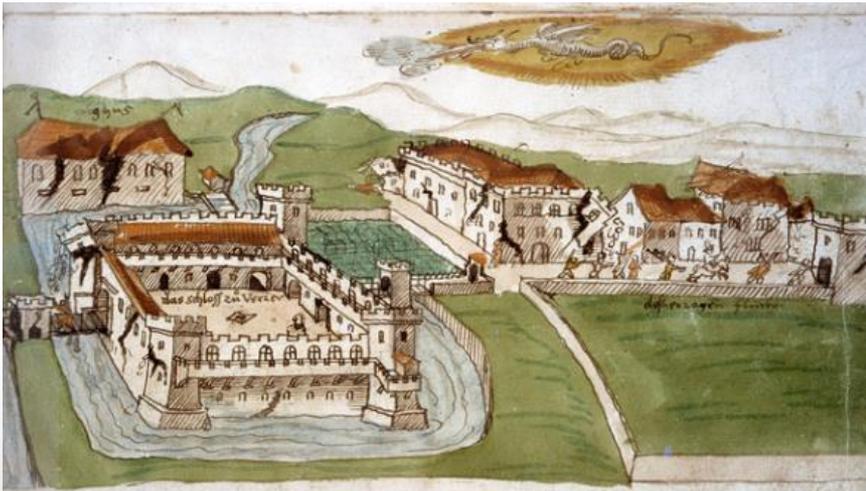


Da database INGV DBMI11, Locati et al. 2011 e CPTI11 Rovida et al., 2011



Il terremoto del 1570

- Serie di scosse durate giorni ed altre minori nei mesi seguenti
- Danni gravi agli edifici, fenomeni di liquefazione
- Abbandono della città (si stima 11.000 persone) nei mesi successivi.



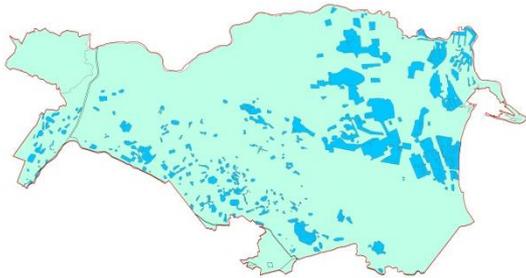
Analisi e mappe delle criticità

Le Alluvioni

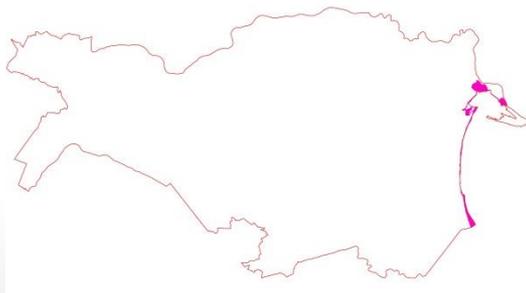
Sono state utilizzate le mappe della Direttiva Alluvioni (DIR. 2007/60/CE) (<http://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaWeb92/applicazioni/DAW>)

Sono state analizzate le aree inondabili in caso di evento poco frequente (P2) per ciascun ambito indagato:

- rete di bonifica
- costa
- corsi d'acqua naturali (fiumi appenninici e Fiume Po)



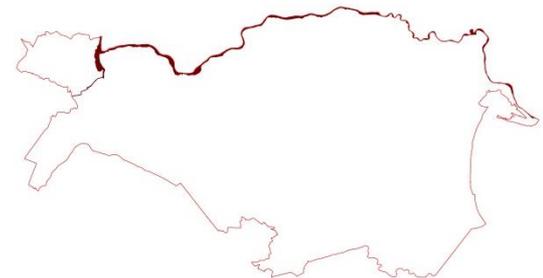
Rete di bonifica



Costa



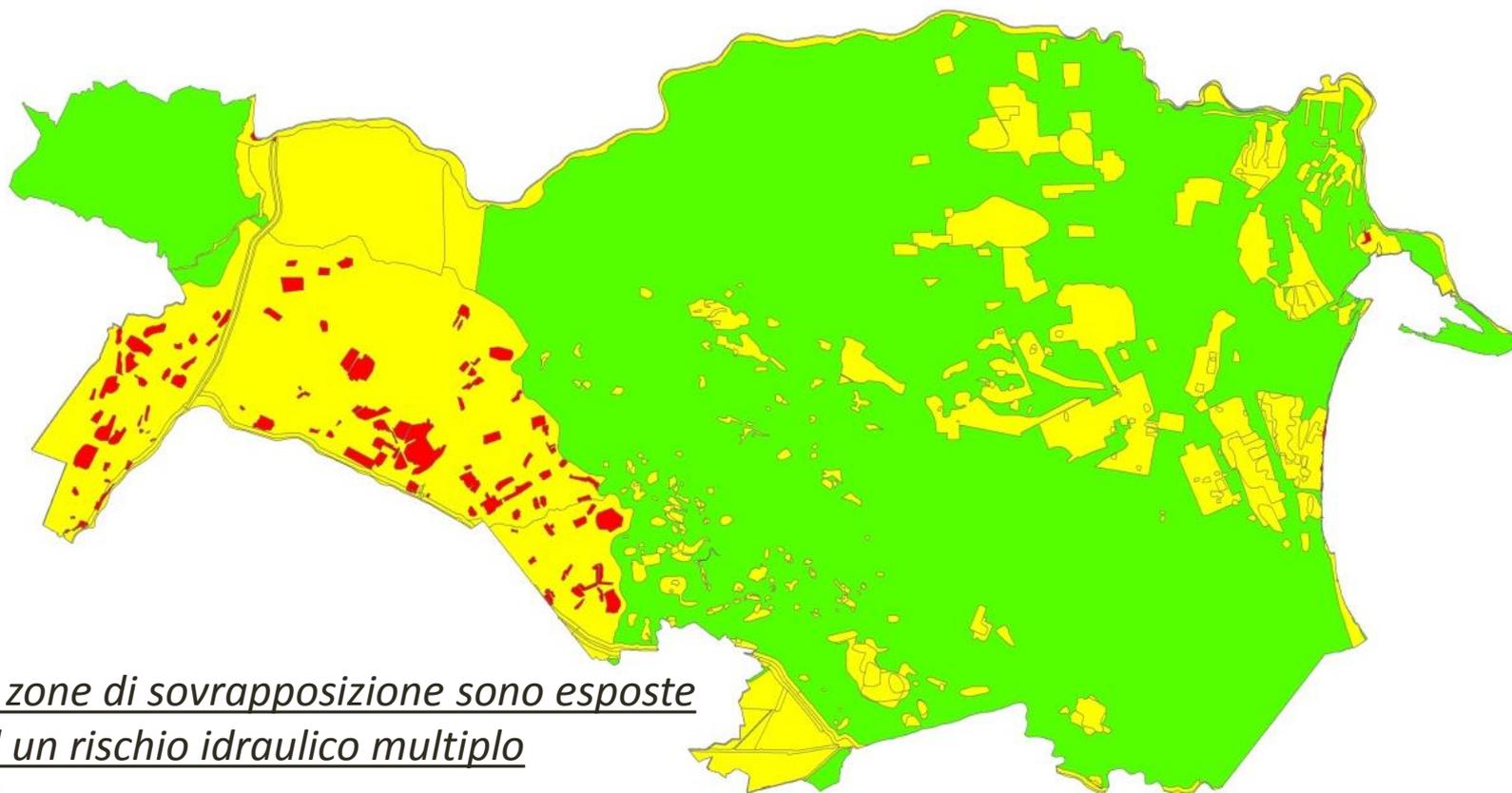
Fiumi appenninici



Fiume Po

Mappa di criticità per alluvioni

- zone potenzialmente alluvionabili dalla rete di bonifica
- zone allagabili per mareggiata o piena fluviale o storicamente alluvionate dalla rete di bonifica
- zone di sovrapposizione di più tipologie di allagamento



Le zone di sovrapposizione sono esposte
ad un rischio idraulico multiplo

La Subsidenza e l'Altimetria

Subsidenza

Sono stati utilizzati i dati SAR Arpa-RER (rilievi anni 2002-2006 e 2007-2011)



Ai tassi di subsidenza è stato assegnato un livello progressivo di criticità (maggiore velocità di abbassamento del suolo, maggiore criticità).

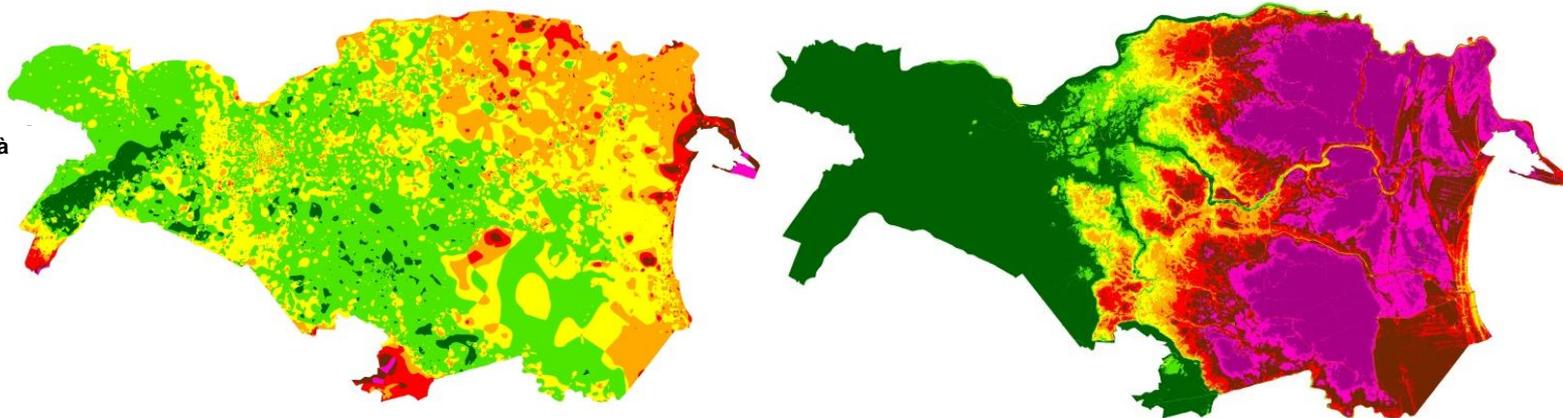
Le due mappe relative a ciascun rilievo sono state combinate (sommate) ottenendo attraverso una riclassificazione la mappa di criticità da subsidenza (sotto)

Altimetria

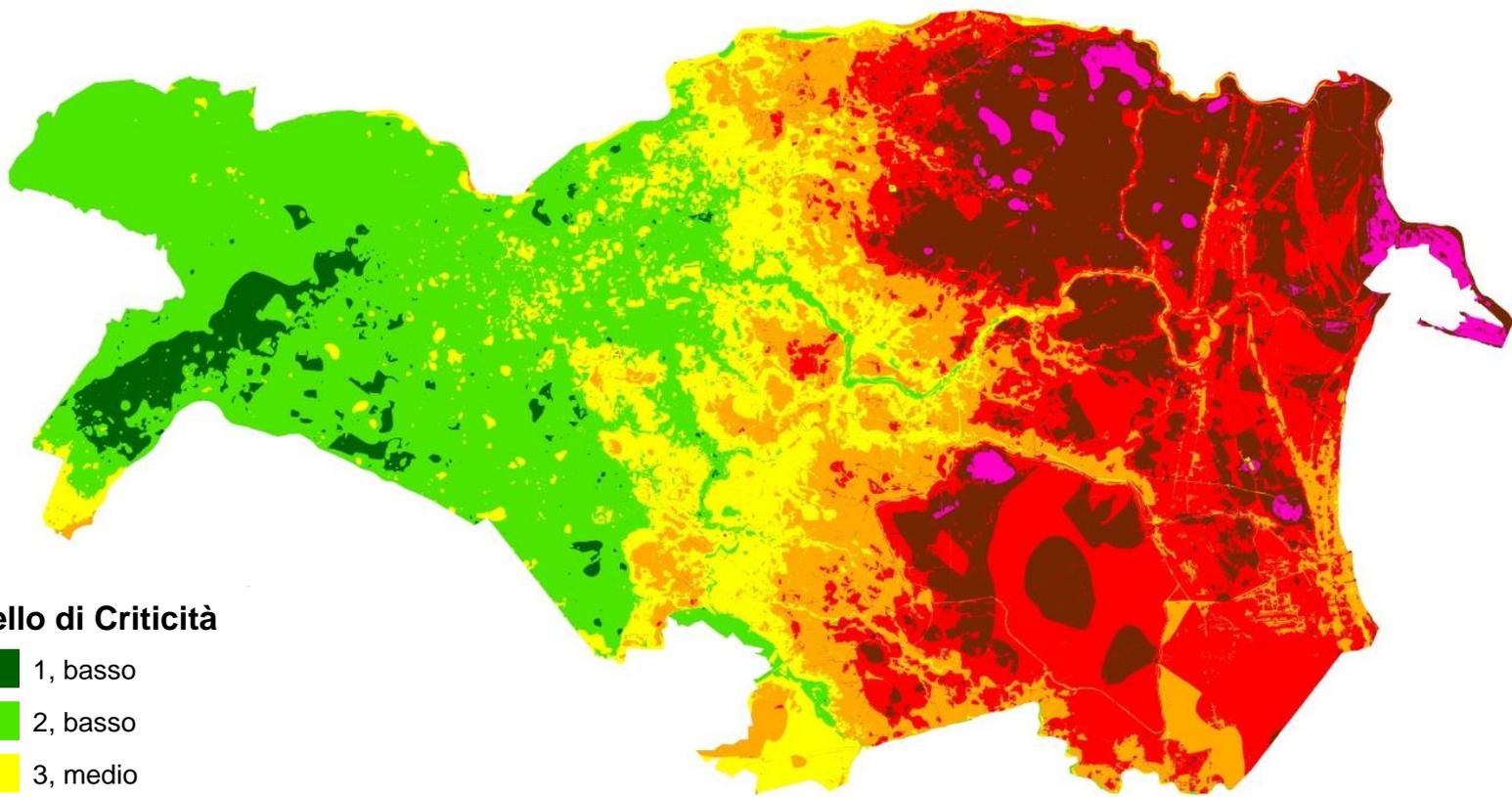
Ai diversi intervalli altimetrici è stato assegnato un livello progressivo di criticità (più basse le quote, maggiore criticità).

Livello di Criticità

- 1, basso
- 2, basso
- 3, medio
- 4, medio
- 5, alto
- 6, alto
- 7, molto alto
- 8, molto alto



Mappa di criticità per subsidenza ed altimetria



Livello di Criticità

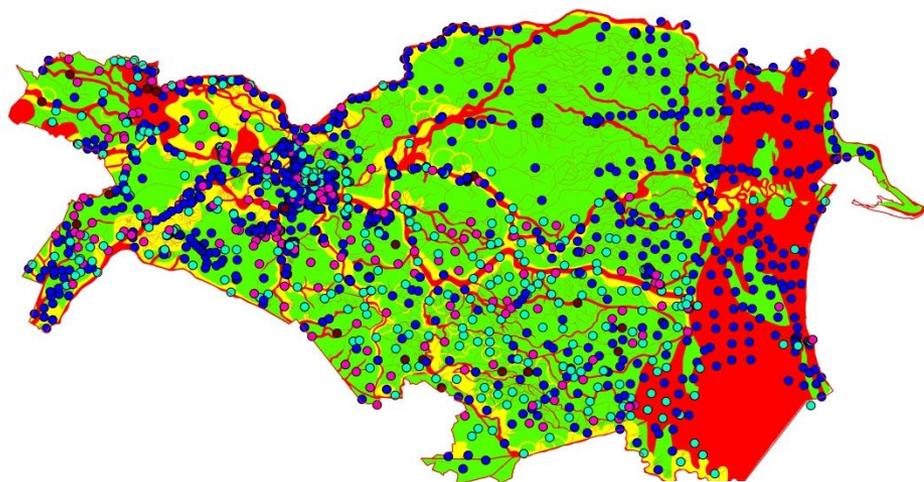
- 1, basso
- 2, basso
- 3, medio
- 4, medio
- 5, alto
- 6, alto
- 7, molto alto
- 8, molto alto

La mappa rappresenta le aree con diversi livelli di criticità dovuta alla combinazione di subsidenza e altimetria

tassi elevati di subsidenza saranno più dannosi nei territori con quote basse (in questo caso sotto al livello del mare)

La Sismicità e la Liquefazione

Mappa delle aree suscettibili di effetti locali con indagini ed indice del potenziale di liquefazione



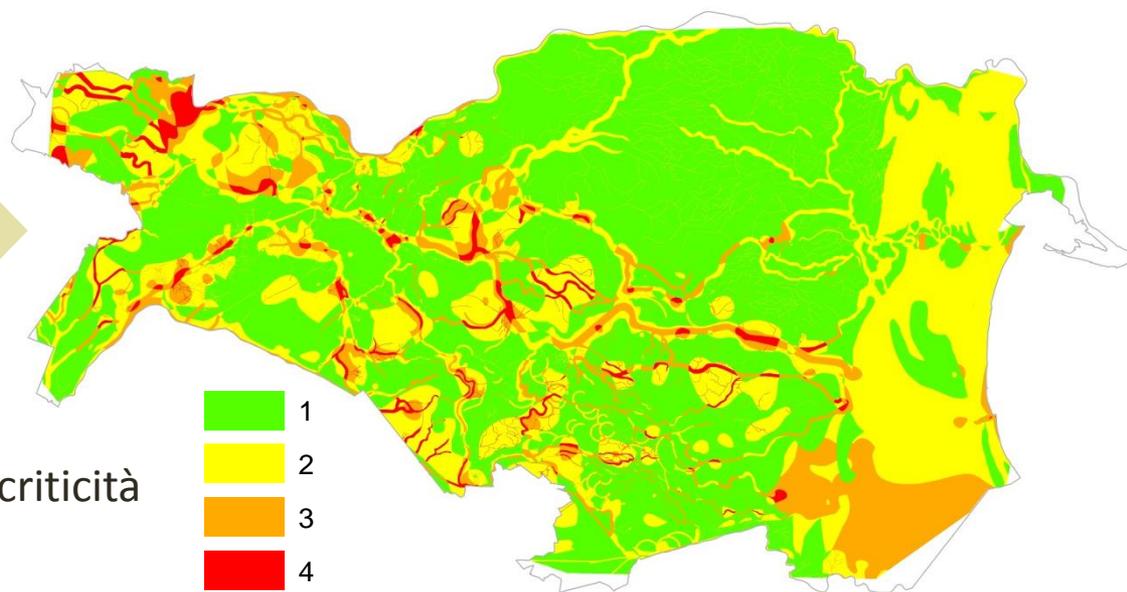
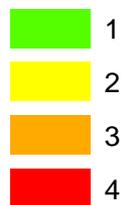
Revisione della mappa QC09 (QC del PTCP di Ferrara) sulla base della nuova Carta Geologico-Geomorfologica

Indice di Liquefazione IL



- Rasterizzazione dei layers
- combinazione (somma)
- riclassificazione

Livello di criticità

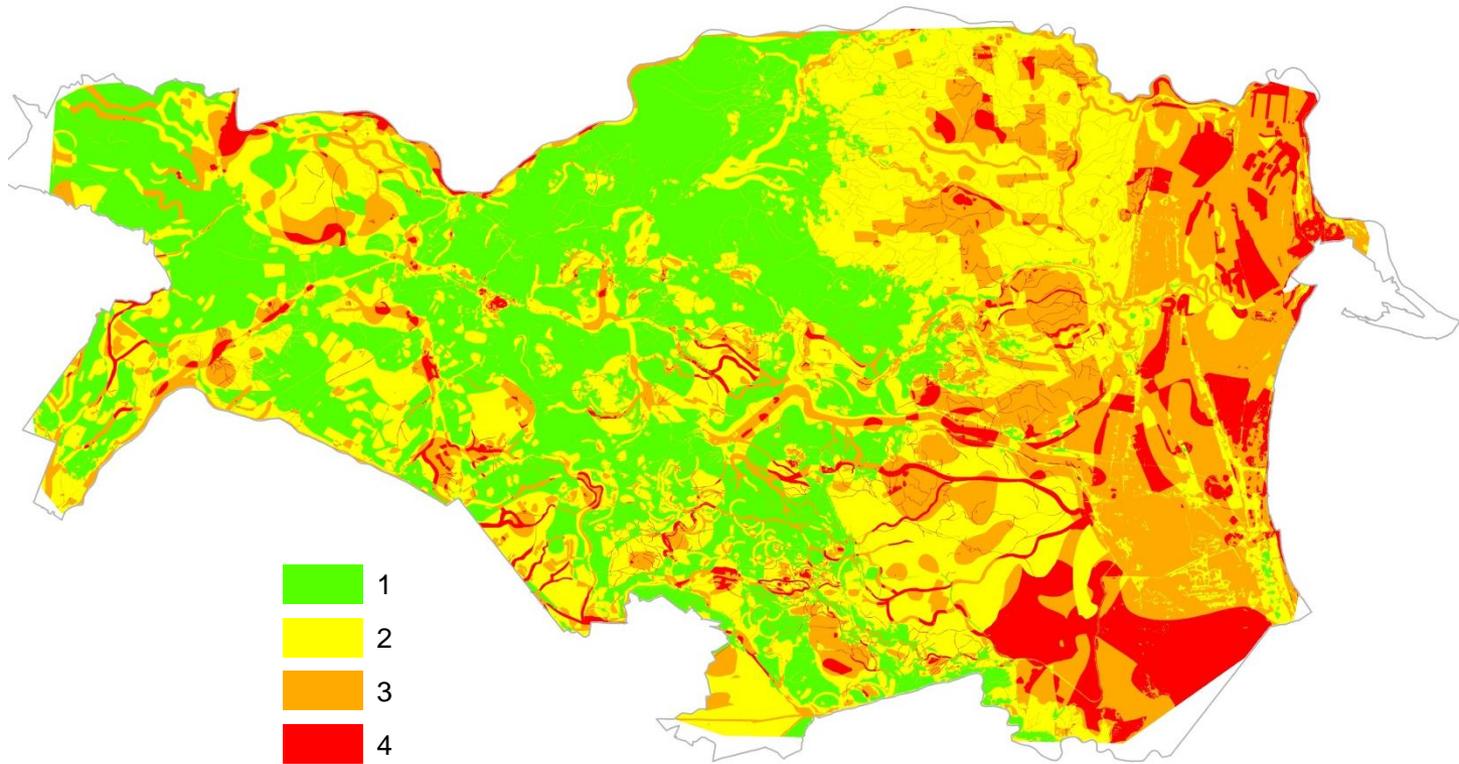


Mappa di interazione delle criticità del territorio

Si propone come sintesi delle precedenti basandosi sui due termini estremi:

- aree dove i fattori interagiscono con livelli di criticità minimi (verde)
- aree dove i fattori interagiscono con livelli di criticità massimi (rosso)

Mappe di criticità	Scala del livello
Alluvioni	Da 1 (minimo) a 3 (massimo)
Subsidenza e quote	Da 1 (minimo) a 4 (massimo)
Aree suscettibili di effetti locali con indagini ed indice del potenziale di liquefazione	Da 1 (minimo) a 4 (massimo)



La mappa è stata prodotta attraverso la riclassificazione dei valori ottenuti dalla somma dei diversi raster

Strumenti per la visualizzazione



Il Sito WEB Ferrara Città del Rinascimento e il suo Delta Padano si è dotato di due nuove sezioni

Cartografia

Carte storiche



La "Carta dei Ducati Estensi" di Marco Antonio Paoli
carta navigabile
approfondimento di Massimo Rosi



Il trionfo della pianta delle Valli di Comacchio
carta navigabile
approfondimento di Achille Ledvici



Il Ferrarese Ducato della Galleria delle Carte Geografiche in Vaticano
carta navigabile
approfondimento di Massimo Rosi

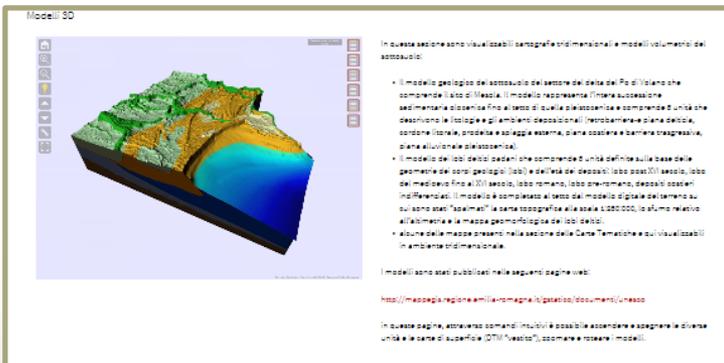
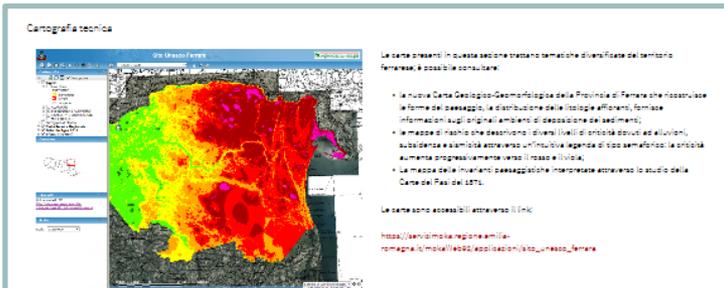


Carta del Ferrarese del 1874
carta navigabile

Cartografia Tecnica

Attraverso un web-GIS sono consultabili le cartografie prodotte:

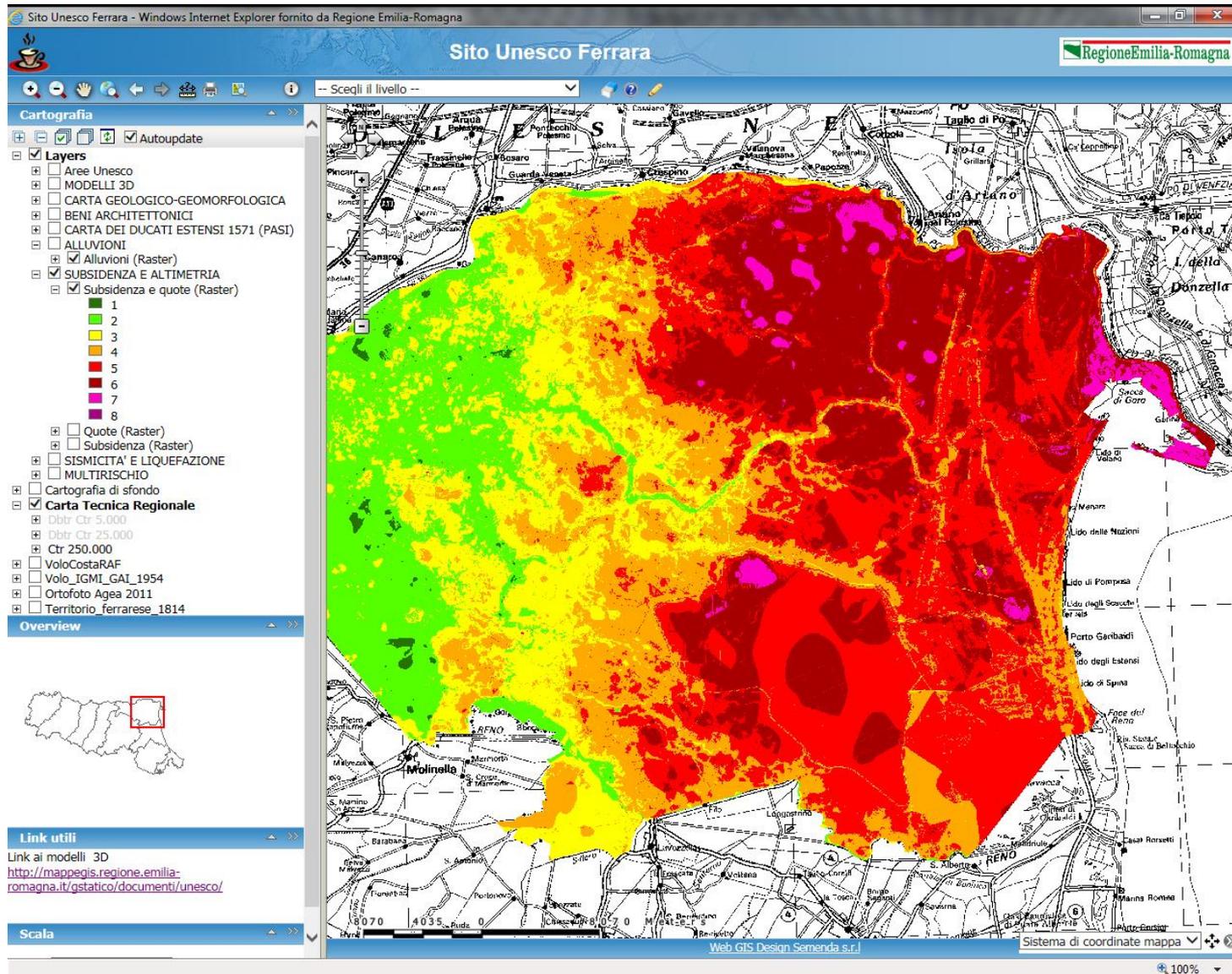
- Carta Geologico-Geomorfologica
- Mappe di Criticità
- Carta delle Invarianti Paesaggistiche e dei Beni Culturali



Modelli 3D

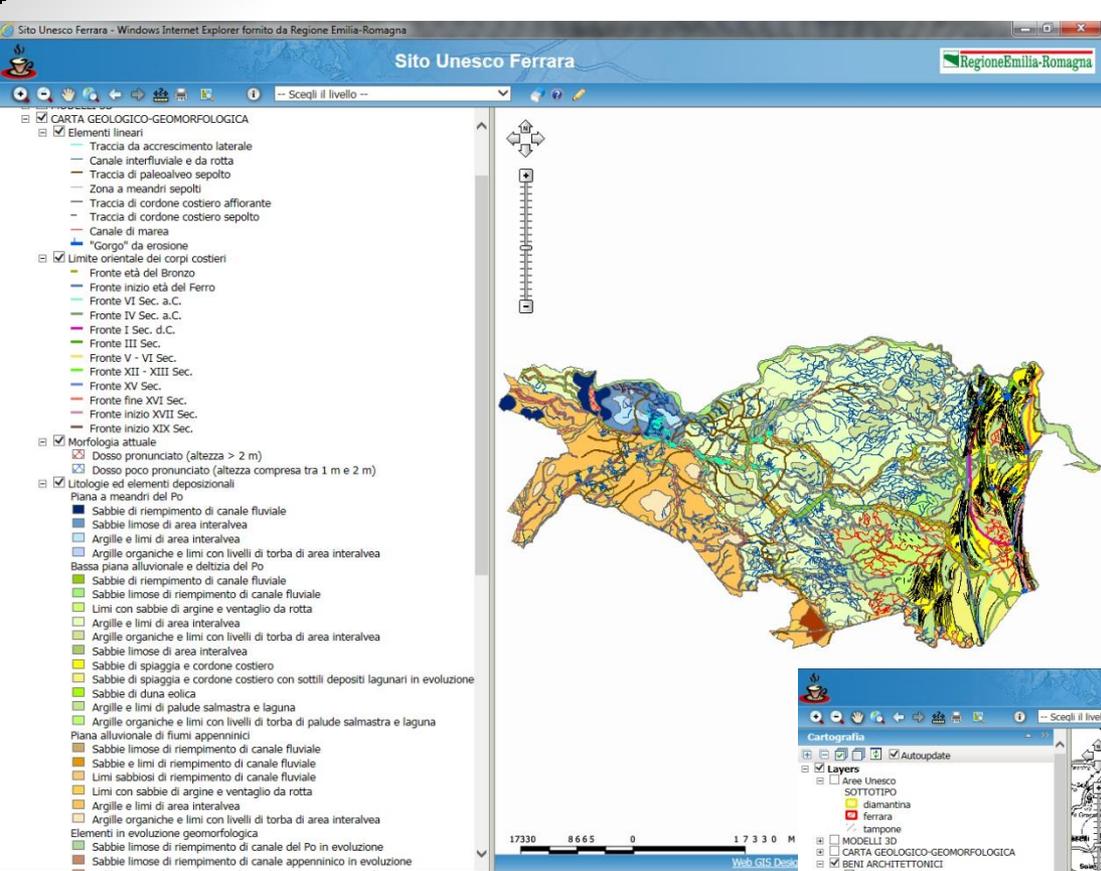
Visualizzazione di modelli volumetrici del sottosuolo (Delta del Po di Volano) e della cartografia tecnica in ambiente tridimensionale

Cartografia tecnica

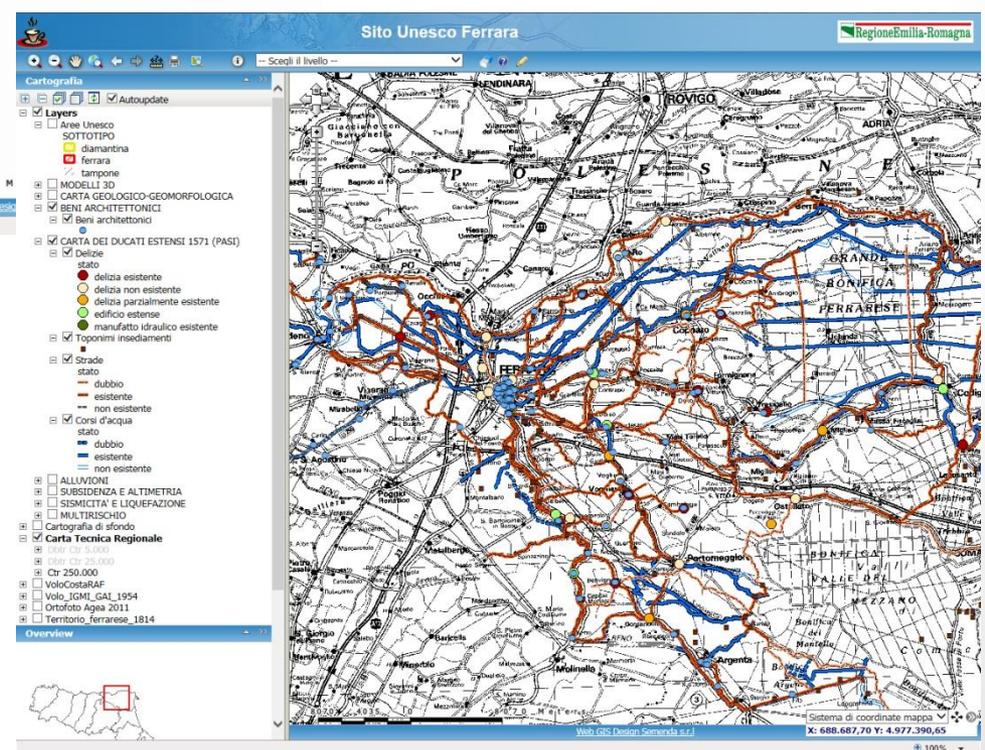


Raggiungibile direttamente anche da:

https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaWeb92/applicazioni/sito_unesco_ferrara

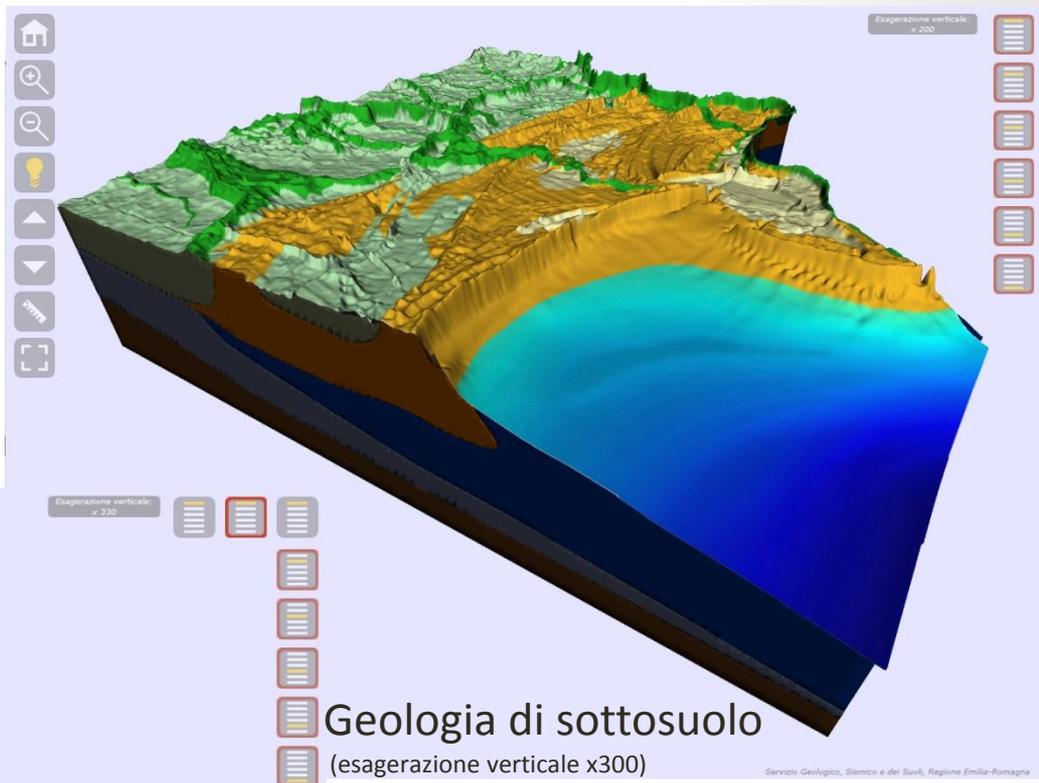


Invarianti e Beni Culturali

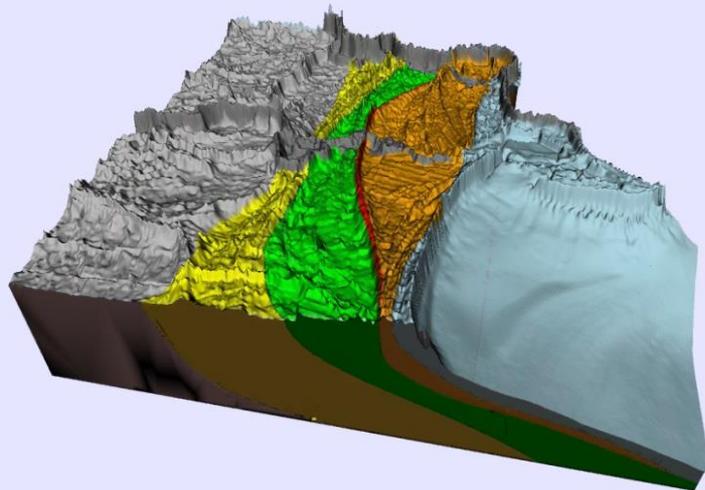


Carta geologico-geomorfologica

Modelli 3D



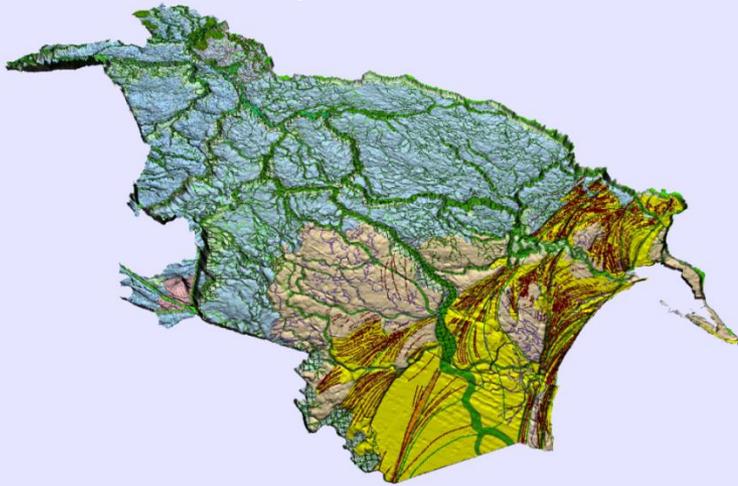
Lobi deltizi padani (esagerazione verticale x300)



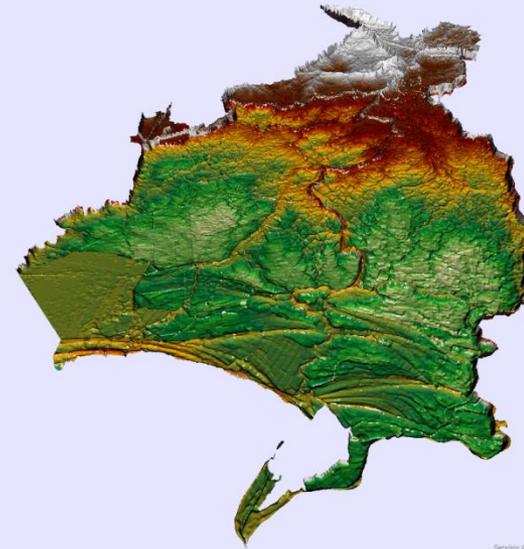
Raggiungibile direttamente anche da:

<http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/unesco/>

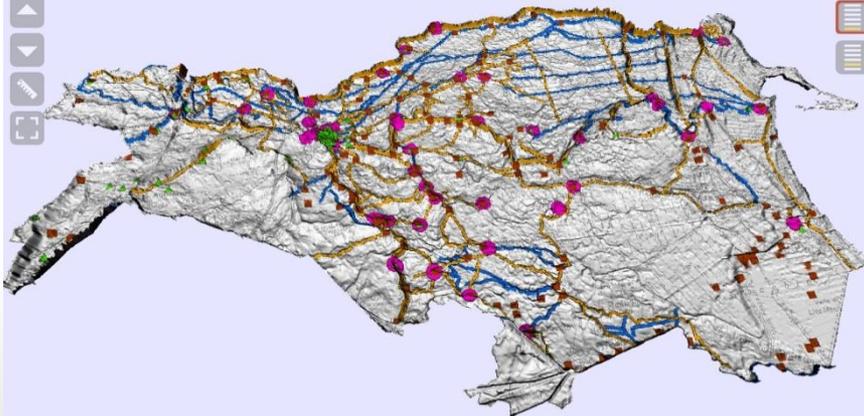
Carta Geologico-Geomorfologica
(esagerazione verticale x200)



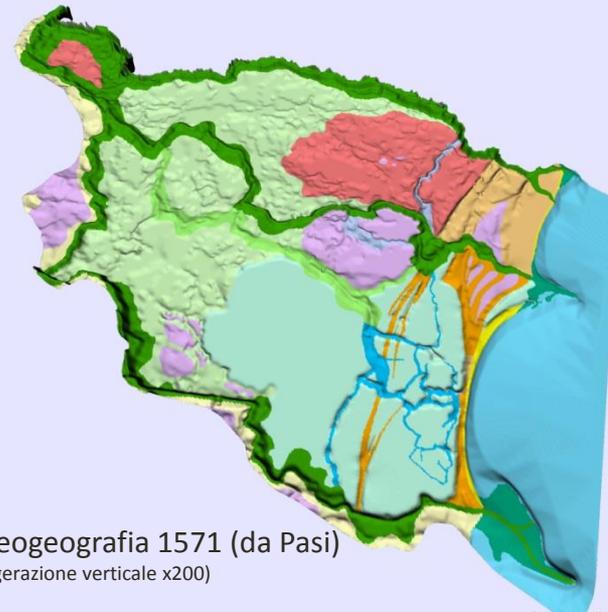
Altimetria con sfumo (esagerazione verticale x200)



Carta delle Invarianti Paesaggistiche e dei Beni Culturali
(esagerazione verticale x200)



Paleogeografia 1571 (da Pasi)
(esagerazione verticale x200)



Sito WEB Ferrara Città del Rinascimento e il suo Delta Padano

<http://www.ferraradeltapo-unesco.it/wordpress/mediateca/>

WEB GIS

https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaWeb92/applicazioni/sito_unesco_ferrara

Visualizzatore 3D

<http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/unesco/>

Grazie per l'attenzione