



esterno fronte ferrarese. Nella figura 2.1 si può così notare la presenza di una linea tettonica nella pianura, subparallela al margine morfologico della collina: si tratta di una faglia inversa (sovrascorrimento), la più interna delle "Pieghe Romagnole" (Pieri e Groppi, 1981), che disloca la catena e solleva il margine attuale, suturata ad oriente di Bologna solamente nel Quaternario (probabilmente medio), mentre ad occidente pare suturata già nel Pliocene medio superiore.

Nel Quaternario medio inferiore (Villafranchiano p.p.) i primi depositi paralic di margine, in questo quadrante di catena, suturano definitivamente ogni struttura disgiuntiva (figura 2.2), ciò è importante anche per comprendere la "storia" sismica dell'area. Gli spessori delle facies quaternarie continentali (sigla ALL in figura 2.2, depositi del "Supersistema Emiliano-Romagnolo" che corrispondono al ciclo Qc di Ricci Lucchi et Alii, 1982) possono superare i 200 metri di profondità, al passaggio verso la pianura. Infatti la potenza complessiva di Quaternario e Pliocene nella porzione più meridionale del territorio comunale di Crespellano risulta già di oltre 3.000 metri.

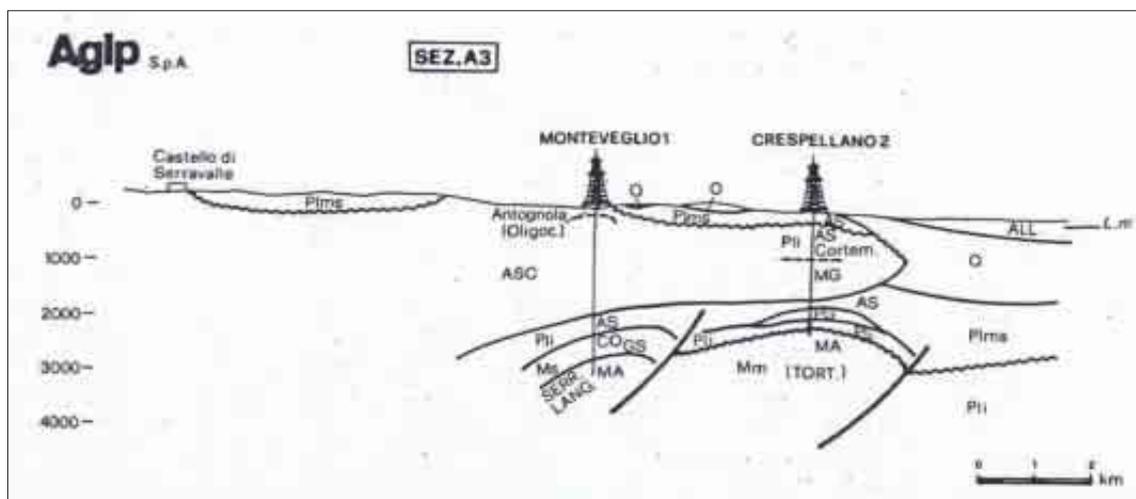


Fig. 2.2 Profilo dell'Appennino tratto dalle sezioni AGIP in Cremonini e Ricci Lucchi (1982). Si nota la "catena sepolta", la sinclinale intrappenninica (estensione apparente di quella bolognese) e la suturazione delle strutture del margine appenninico e della pianura alluvionale realizzata soprattutto dal Quaternario marino (Q in figura).

Dunque non vi è discontinuità strutturale tra pianura e appennino. Nella pianura però le unità geologiche marine fortemente sovraconsolidate sono sepolte sotto i depositi continentali alluvionali, tra cui i più recenti sono quelli superficiali, di maggiore interesse immediato per gli scopi di questo lavoro. L'evoluzione della pianura olocenica è riconducibile ad un modello semplice, almeno nelle linee generali: i corsi d'acqua appenninici, a valle delle conoidi pedemontane poco attive durante l'Olocene (ultimi 12.000 anni) mentre oggi prevalentemente in erosione, tendono a proseguire verso il collettore principale su alvei pensili, formati da sedimenti che il corso d'acqua non è più in grado di portare in carico.

Nel caso di rotte e tracimazioni, frequenti in natura, le acque invadono la pianura circostante depositando dapprima i sedimenti più grossolani nelle vicinanze dell'alveo, poi più lontano i sedimenti più fini (limi sabbiosi e limi) ed infine nelle conche morfologiche, dove le acque possono rimanere a lungo e decantare, si depositano limi argillosi ed anche argille.

Per i corsi d'acqua di pianura non arginati artificialmente, le rotte e le tracimazioni sono un

fenomeno ricorrente che crea condizioni per modifiche e divagazioni dell'alveo: ciò avviene con frequenza assai alta nei bacini subsidenti che caratterizzano la pianura padana. La velocità di subsidenza naturale condiziona la velocità di accrezione verticale, ma la sua variazione geografica condiziona anche la distribuzione spaziale dei corsi d'acqua. L'accrezione della pianura alluvionale avviene perciò sia orizzontalmente, con il giustapporsi di successivi corpi d'alveo, sia verticalmente a causa dei continui cicli di riempimento dei bacini di esondazione. Un immaginario profilo verticale della pianura risulterebbe dunque costituito da un intrecciarsi di lenti sabbiose - corrispondenti a corpi d'alveo sepolti (argini naturali) - e da sedimenti a tessitura fine, determinati dai riempimenti dei bacini interfluviali di esondazione.

La distribuzione delle litologie di superficie e del primo sottosuolo, così come l'assetto morfologico della pianura, sono quindi strettamente condizionati dai processi geo-strutturali profondi (attività delle pieghe romagnole) e di sedimentazione ed alla loro disposizione nel tempo. Nell'alta e media pianura, da Bologna fino al modenese, la divagazione degli alvei dei principali corsi d'acqua Reno e Panaro verso oriente ed in parte verso nord è dovuta all'evoluzione geostrutturale profonda del margine appenninico sepolto ed alla presenza dei rilievi costituiti dai depositi granulari (conoidi ed argini naturali) del fiume Po. Nell'area studiata la disposizione più recente degli alvei dei torrenti Samoggia e Lavino risente soprattutto delle accrezioni delle conoidi del Panaro e del Reno; le altre aste fluviali secondarie (Martignone, Ghironda, ecc.) hanno invece decorsi fortemente condizionati dalle attività di regimazione e di bonifica.

Il settore di catena appenninica del territorio in esame è invece caratterizzato da un generale assetto strutturale a falde sovrapposte che si sono dislocate a partire dal Miocene inferiore fino al Plio-Pleistocene. Il territorio collinare e montano in esame può essere schematicamente zonizzato nelle seguenti fasce (figura 2.3):

- 1) la fascia più settentrionale caratterizzata dalle peliti e dalle arenarie poco cementate del Pliocene inferiore-Pleistocene (unità affioranti IMO, FAA, ADO) che insieme si immergono sotto i sedimenti alluvionali dell'antistante pianura ("monoclinale pedeappenninica" nordvergente). Questo raccordo con la pianura in realtà cela, come già scritto, le strutture geologiche sepolte che sono evidenziate in figura 2.1 e nel profilo di figura 2.2. Il sollevamento connesso alla tettonica attiva di "thrust" pedeappenninico ha determinato anche il basculamento/sollevamento delle coperture alluvionali più antiche (tardo Pleistocene) che ricoprono le Unità marine appenniniche. Le formazioni a tessitura prevalentemente argillosa (FAA) sono facilmente degradabili e possono evolvere in calanchi, ed altre forme di erosione superficiale;
- 2) il lembo più orientale degli affioramenti di gessi messiniani bolognesi (Formazione Gessoso-Solfifera GES) presenti solamente nel territorio comunale di Zola Predosa, a sud est delle frazioni Gessi e Rivabella. Questa piccola dorsale gessosa si sviluppa prevalentemente in direzione SO-NE ed è caratterizzata da forme di carsismo anche di rilievo geologico-naturalistico (es. dolina "Gortani"). Le azioni deformative tettoniche indotte dal sollevamento dei gessi (iniziato in concomitanza con l'avanzamento del fronte appenninico dal Messiniano superiore) e le diverse caratteristiche reologiche delle rocce coinvolte hanno prodotto "smembramenti" e dislocazioni nella stessa Formazione che risulta in contatto discordante oppure tettonico sia con i sedimenti

soprastanti più recenti (FAA plioceniche ed FCO del Messiniano superiore), sia con i sottostanti depositi epiliguri e liguri;

- 3) una grande struttura anticlinale evidente a sud di Monteveglio (vedi profilo di figura 2.2) che al suo nucleo mostra unità geologiche più antiche e fortemente tettonizzate: Liguridi (AVS, SAG, FPG) e unità Subliguri (ANT, PAT, CTG, LOI, MVT). Questa anticlinale è distinta strutturalmente e stratigraficamente dalla “sinclinale intrappenninica bolognese” (che risulta parzialmente alloctona e con sedimenti attribuiti anche al Pliocene inferiore secondo Ricci Lucchi, 1982) ed è caratterizzata da unità geologiche fortemente tettonizzate a tessitura prevalentemente argillosa e caotica o caoticizzata ed interessate di norma da una notevole instabilità potenziale e da processi d'erosione che affliggono solo la loro porzione più superficiale (coltre più alterata).

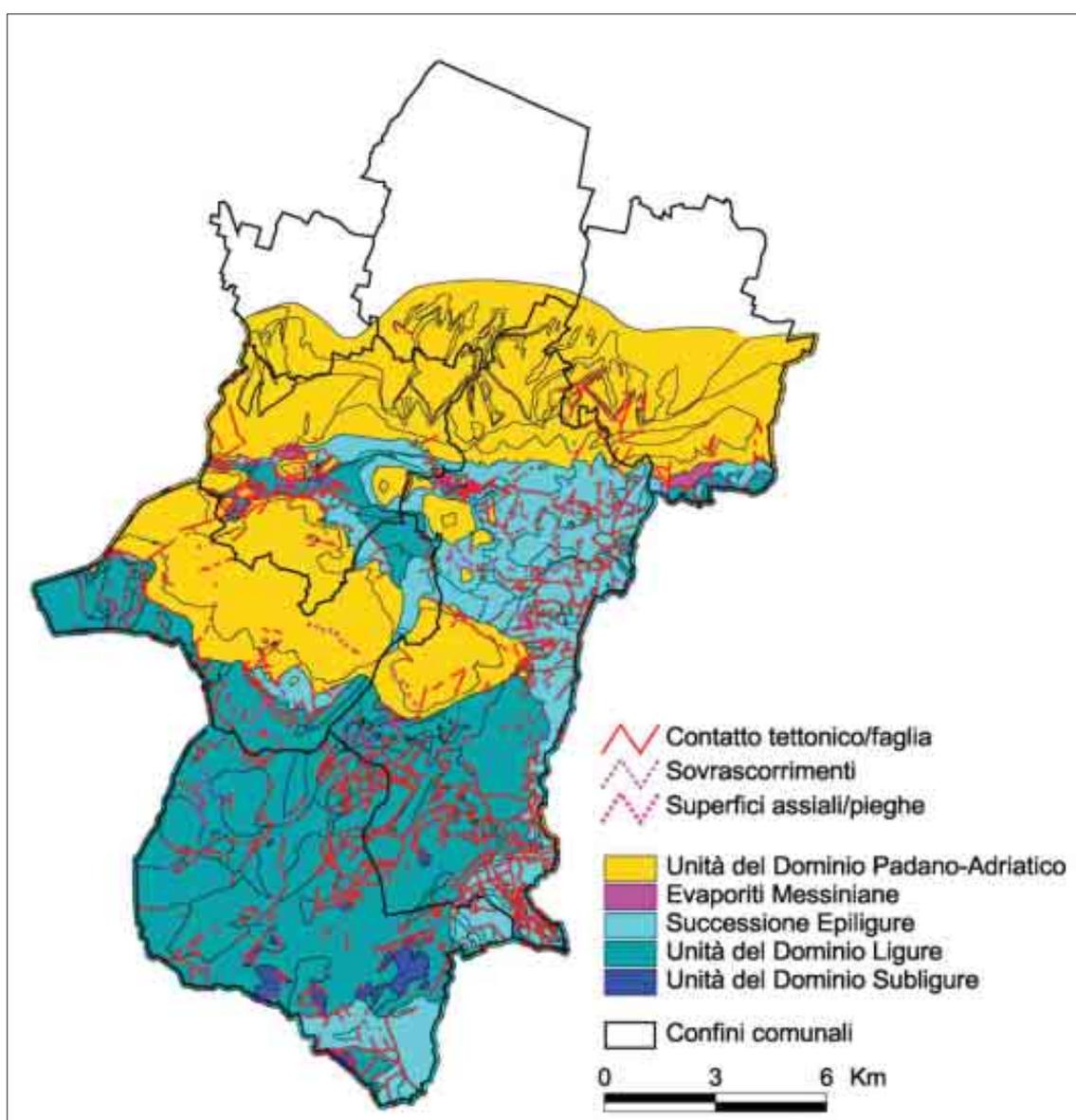


Fig. 2.3 schema geologico del territorio montano e collinare studiato.

- 4) a meridione della sinclinale ricompare una fascia di territorio nella quale affiorano

nuovamente le unità geologiche plioceniche (ADO, FAA) a chiudere la struttura nordvergente sopra descritta;

- 5) infine tutta la porzione meridionale del territorio studiato (quella più interna alla catena) è caratterizzata dalle unità geologiche dei domini sub-ligure (arenarie ARB affioranti nel territorio meridionale di Savigno), ligure ed epiligure (affioranti in destra idrografica del torrente Lavino). Le tessiture prevalenti sono pelitiche, fortemente caoticizzate e facile sede d'innescio di dissesti gravitativi per scivolamento e per colamento (particolarmente coinvolte, come vedremo, le formazioni argillose AVS e AVN); la loro facile erodibilità è anche causa di evidenti processi d'erosione e di trasporto solido in alveo. Eccezioni al quadro di generalizzata facile degradabilità dei suoli collinari, sono costituite dalle zone e dai crinali formati dalle plaghe delle formazioni più arenacee. L'intensa tettonizzazione di queste formazioni più litoidi ha comunque indotto anche in queste unità una elevata densità del dissesto per gravità (particolarmente nelle unità liguridi SCB) con frane per scivolamento spesso antiche che hanno coinvolto grandi volumi di roccia. Dal punto di vista idrogeologico queste zone rappresentano anche possibili "rocce magazzino" del comparto montano studiato.

La tavola AB.QC.B2.01 allegata alla Relazione Geologica offre una sintesi del contesto geomorfologico e litologico dell'Area Bazzanese riportando:

- le forme morfologiche principali (scarpate di erosione fluviale, conoidi intravallive, doline e principali crinali, dissesti gravitativi);
- gli elementi tettonici desunti dalla Banca Dati geologica della Regione (contatti tettonici, sovrascorrimenti, superfici assiali plicative);
- i depositi alluvionali di pianura classificati in base alle loro principali tessiture ricavate con modeste variazioni dalla Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna.
- le principali unità alluvionali di fondovalle desunte dalla Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo e le altre coperture quaternarie di collina (depositi di versante, eluvio-colluviali, eolici e detrito di falda);
- le Unità geologiche di collina e montagna riprese con modeste variazioni dalla Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo (disponibile al pubblico in scala 1:10.000 su base topografica C.T.R).

### 2.1.2 *Unità tessiturali della pianura e depositi del fondovalle*

La prima ricostruzione completa della morfologia del sottosuolo dell'intera pianura regionale, è stata completata nel 1987 da D. Preti, ed era caratterizzata da un'impostazione di legenda conforme alle tavole geologiche della "Matrice Ambientale" del PTR, ossia fondata sugli ambienti deposizionali e ambiti morfostrutturali (G. Viel, 1987). Le successive edizioni aggiornate e corrette, comprendono anche le datazioni storiche di probabile formazione dei corpi geologici. L'edizione attuale ("Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna" disponibile in scala 1:250.000 su base topografica C.T.R. ed in formato numerico) costituisce la base conoscitiva unitaria per l'intera Regione, ed è stata utilizzata in questo lavoro. La possibilità di controllare le tessiture del primo sottosuolo con gli esiti delle indagini geognostiche, ha

consentito di modificare le situazioni tessiturali in cui si sono evidenziate contraddizioni tra i dati puntuali e quelli riportati in cartografia.

L'ampia zona di apice del conoide dei due principali corsi d'acqua T. Lavino e soprattutto del T. Samoggia sono rappresentati da depositi alluvionali quaternari con discreta componente ghiaiosa e ghiaioso sabbiosa.

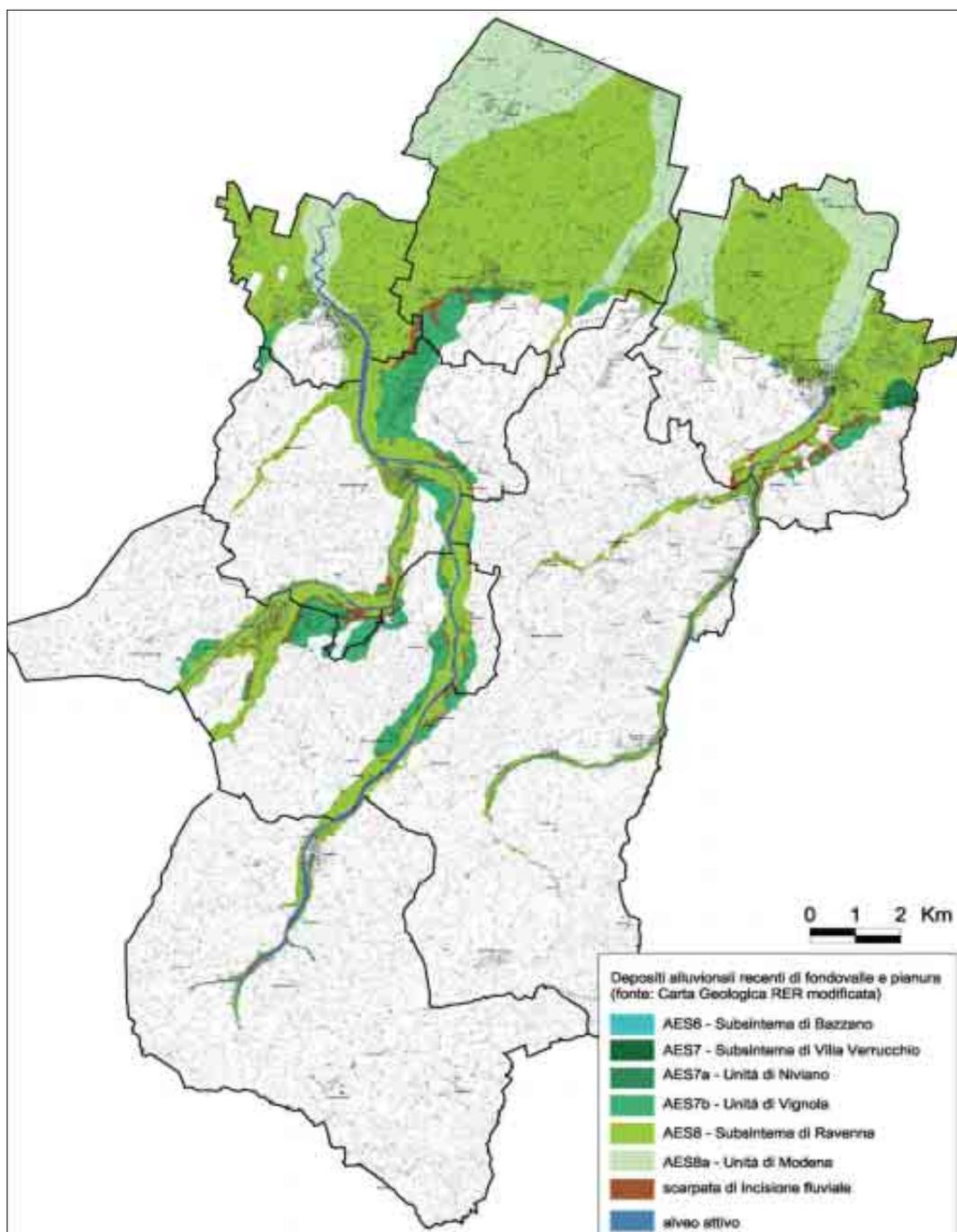


Fig. 2.4 schema deposizionale di pianura e dei fondovalle (fonte: carta geologica RER modificata)

Per i depositi recenti dei principali fondovalle la base conoscitiva utilizzata è invece desunta

dalla Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo che distingue le Unità continentali secondo la convenzionale classificazione stratigrafica sequenziale, e pertanto ricomprese nel "Supersintema Emiliano-Romagnolo" (R.E.R., ENI-AGIP, 1998). I depositi alluvionali di fondovalle e pedecollinari vengono compresi nel "Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore" (AES) e sono suddivisi in sequenze deposizionali di diverso ordine gerarchico (subsintemi identificati con sigle da AES5 – più antichi - ad AES8 – più recenti) delimitati in genere da scarpate di erosione.

Il sollevamento del pedecollina, come già scritto, ha determinato il basculamento/ sollevamento dei depositi alluvionali più antichi tardo pleistocenici (AES5, AES6). La giunzione del fondovalle con la pianura è assicurata dall'ampiezza delle rispettive conoidi le cui attività deposizionali più recenti (almeno degli ultimi 4 – 6.000 anni) traspaiono dal numero e dalla complessità degli ordini di terrazzi e delle scarpate d'erosione, ancora riconoscibili allo sbocco delle valli ma progressivamente meno chiare verso la pianura dove il ciclo deposizionale più superficiale (AES8, più recente) diventa anche l'unico affiorante (figura 2.4).

#### 2.1.2.1 UNITÀ TESSITURALI DI PIANURA

##### *Depositi di conoide e terrazzi alluvionali:*

- Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
- Sabbie, limi sabbiosi e limi, in strati di spessore decimetrico, ghiaie sabbiose e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
- Limi e limi argillosi in strati di spessore decimetrico, subordinatamente ghiaie e ghiaie sabbiose in corpi canalizzati e lenticolari. Al tetto e all'interno suoli a diverso grado di evoluzione.
- Ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi (Depositi alluvionali indifferenziati).

##### *Depositi di piana alluvionale:*

- Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso – argillose intercalate in strati di spessore decimetrico (Depositi di argine distale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione).
- Limi argillosi e limi sabbiosi, subordinatamente sabbie fini e finissime, in strati di spessore decimetrico; localmente sabbie in corpi lenticolari e nastriformi (Deposito di canale e argine indifferenziati. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione).
- Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti (Area interfluviale e depositi di palude).

#### 2.1.2.2 DEPOSITI ALLUVIONALI DI FONDOVALLE E PEDECOLLINA

##### *AES8 - Subsintema di Ravenna*

Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite

superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. Pleistocene sup. - Olocene (14 ka - attuale; datazione 14C).

#### *AES7 - Subsistema di Villa Verucchio*

Ghiaie sovrastate da limi più o meno sabbiosi, organizzate in alcuni ordini di terrazzi intravallivi. Al tetto suoli non calcarei di colore bruno scuro, sovrastanti altri suoli non calcarei. Il fronte di alterazione è spesso complessivamente fino a 2 m circa. Allo sbocco vallivo del Torrente Sillaro ghiaie prevalenti spesse sino ad una decina di metri, al tetto è presente un suolo non calcareo di colore bruno scuro rossastro spesso fino a 2 m. Limite inferiore erosivo e discordante sui sottostanti depositi marini. Spessore massimo di 70 m circa nel sottosuolo della pianura. Pleistocene sup. (per posizione stratigrafica).

#### *AES6 - Subsistema di Bazzano*

Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzati in alcuni ordini di terrazzi alluvionali. Limite superiore dato da un suolo non calcareo di colore bruno scuro potente fino a 5 metri, al di sotto del quale sono generalmente presenti altri suoli non calcarei sovrapposti. Negli sbocchi vallivi: ghiaie passanti a sabbie e limi, caratterizzati al tetto da un suolo non calcareo di colore bruno giallastro o bruno scuro sovrastante un suolo sviluppato su ghiaie di colore bruno scuro o bruno scuro rossastro o bruno rossastro. Spessore complessivo dell'alterazione fino a 7 metri circa. Limite inferiore erosivo e discordante sui sottostanti depositi marini. Spessore massimo in pianura di circa 70 metri circa. Pleistocene medio (attribuzione archeologica e per posizione stratigrafica).

#### *AES5 - Subsistema di Torre Stagni*

Ghiaie passanti a sabbie e limi ed argille organizzati in alcuni ordini di terrazzi alluvionali. Limite superiore dato da un suolo non calcareo di colore bruno giallastro o bruno scuro spesso sovrastante, negli sbocchi vallivi, un suolo sviluppato su ghiaie di colore bruno scuro rossastro o bruno rossastro. Spessore complessivo massimo dell'alterazione fino a 10 metri circa. Limite inferiore erosivo e discordante sui sottostanti depositi marini. Spessore massimo 25 m. Pleistocene medio (attribuzione archeologica e per posizione stratigrafica).

### 2.1.2.3 ALTRI DEPOSITI QUATERNARI

#### *Deposito di versante*

Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

#### *Deposito eluvio-colluviale*

Coltre di materiale detritico, generalmente fine (sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.

#### *Detrito di falda*

Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm<sup>3</sup> e decine di m<sup>3</sup>, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi.

#### *Deposito eolico*

Sabbie fini, limi e limi argillosi in genere notevolmente pedogenizzati, su paleosuperfici.

### 2.1.2.4 UNITÀ GEOLOGICHE DI COLLINA E MONTAGNA

#### UNITÀ DOMINIO PADANO-ADRIATICO

##### *ADO - Formazione di Monte Adone*

Prevalenti arenarie con abbondante matrice siltoso-argillosa, alternate a peliti sabbiose con stratificazione da sottile a spessa, a geometria tabulare e lenticolare. Verso l'alto aumenta la frequenza delle peliti. Spesso stratificazione non ben evidente per bioturbazione. Il colore delle sabbie è grigio, grigio-azzurro o beige se alterate, quello delle peliti grigio scuro. Sono presenti corpi grossolani con geometria sia tabulare che lenticolare, con stratificazione incrociata concava e superfici e docce erosive e intervalli a macrofossili (Lamellibranchi, Gasteropodi e Scafopodi). I ciottoli sono prevalentemente costituiti da calcilutiti di origine ligure. La cementazione è da media a scarsa, spesso differenziale con presenza di "cogoli" generalmente allineati subparallelamente alla stratificazione. La formazione è interamente suddivisa in 2 membri in rapporti di parziale sovrapposizione e di notevole eteropia laterale. Ambiente di sedimentazione variabile da fluviale a marino costiero e piattaforma. Il limite inferiore è discontinuo, talora paraconcordante su RUM. In alcune località mostra chiare evidenze di eteropia con FAA e poggia su FAA. Nell'area del Foglio 238 è discordante su CIG, erosivo su RUM2, graduale per alternanze su RIL. La potenza massima totale affiorante è di un migliaio di metri. Pliocene medio e sup. - Pleistocene inf.?

##### *ADO2 - Membro delle Ganzole*

Areniti fini e subordinate peliti sabbiose bioturbate in strati da medi a molto spessi; geometria tabulare, cuneiforme e concava. La comparsa di livelli pelitici oltre a rendere più marcata ed evidente la stratificazione, permette di cartografare una litofacies pelitico-arenacea (ADO2a) di transizione verso le sovrastanti FAA. Localmente distinta una litofacies arenaceo-conglomeratica (ADO2c). Talora presenti livelli di peliti grigio scure. Macrofossili concentrati in letti. Potenza massima di circa 650m.

##### *FAA - Argille Azzurre*

Argille, argille marnose, marne argillose e siltose grigie e grigio-azzurre, talora grigio plumbeo, in strati medi e subordinatamente sottili, a giunti poco o non visibili per bioturbazione, con subordinati strati arenacei sottili risedimentati. Localmente sono presenti sottili livelli discontinui

di biocalcareni fini e siltiti giallo, o ocra se alterate, sottilmente laminate. Alla base, possono essere localmente presenti marne biancastre ricchissime in Foraminiferi planctonici per uno spessore massimo di 10 m. Sono sempre presenti i microfossili, mentre i macrofossili si concentrano in panchine o nidi. Nella parte alta possono essere presenti slumps, o localmente olistoliti (o1) plurimetrici di provenienza ligure. Ambiente variabile da scarpata a piattaforma. Limite inferiore netto discordante su unità più antiche, in alcune zone rapporti di eteropia con ADO e RUM. Potenza fino a 250 m circa. Pliocene inferiore - Pleistocene inferiore

*FAAa - litofacies arenacea*

Corpi marcatamente lenticolari con estensione trasversale massima di alcune centinaia di metri e longitudinale di circa 850 metri. Sono sempre ben stratificati con rapporto sabbia-pelite variabile da 1/1 fino a 10/1. Areniti con subordinate biocalcareni e biocalciruditi, in strati da sottili a spessi, organizzati in pacchi decametrici; affiora a diverse altezze stratigrafiche. Contatti inferiori comunemente erosivi. Spessore di qualche decina di metri.

*FAAps - litofacies pelitico-sabbiosa*

Peliti siltoso-sabbiose grigio-verdastre in strati millimetrico-decimetrici con laminazione ondulata piano-parallela e incrociata a scala plurimetrica, localmente ricche in sostanza organica carboniosa. Presenti localmente livelli di concentrazione di macrofossili eterogenei nelle dimensioni e nei generi rappresentati. Si osservano lenti decimetriche di argille massive a diverse altezze stratigrafiche e corpi arenacei stratificati (fino a tre in successione). L'ambiente è di piattaforma marina con locali condizioni euxiniche; si trovano livelli di silt e sabbie finissime strutturati da onde di tempesta (tempestiti). Contatto inferiore, ed in parte laterale, stratigrafico per eteropia ed anche per alternanza con FAA. Contatto superiore erosivo coi depositi alluvionali o paraconcordante con IMO2. Spessore massimo affiorante di oltre 600 m.

*IMO - Sabbie di Imola*

Depositi sabbiosi ed arenitici fini e finissimi, subordinatamente a grana media e grossolana, generalmente poco cementati, in strati per lo più amalgamati, con rare intercalazioni pelitiche discontinue, di spessore centimetrico e decimetrico, e rari livelli centimetrici di ciottoli. Si interdigitano sabbie fini e medie, intercalate a ghiaie e conglomerati di spessore generalmente decimetrico, che localmente costituiscono corpi lenticolari spessi alcuni metri. Peliti di colore grigio azzurro di piana alluvionale e piana deltizia. Ambiente deposizionale costiero (spiaggia e delta-conoide). Contatto basale e di tetto erosivo e discordante. Spessore massimo di quasi 60 metri, superiore ai 150 m nel sottosuolo. Pleistocene medio

*IMO3 - Membro di Castel San Pietro*

Sabbie ed arenarie giallastre generalmente fini e finissime, a stratificazione obliqua, con ripples ed hummocky cross-bedding localmente riconoscibili, in strati generalmente amalgamati, alternate a rari strati decimetri di peliti sabbiose. Nella parte alta sono presenti livelli di ghiaie fini frequentemente silicee e locali corpi di ghiaie ben selezionate contenenti tritume organogeno. Depositi di spiaggia e subordinatamente di delta conoide. Contatto inferiore eteropico su IMO2 o erosivo su IMO1. Spessore di alcune decine di metri.

*IMO2 - Membro di Fossoveggia*

Peliti prevalenti di colore grigio scuro, grigio azzurro e subordinatamente giallastro e rare intercalazioni centimetriche o decimetriche di peliti sabbiose. La stratificazione è generalmente mascherata dalla bioturbazione di apparati radicali o da paleosuoli. Ambiente di sedimentazione di piana alluvionale e palude, passante a piana deltizia. Contatto inferiore netto. Lo spessore va da pochi metri a 50m circa.

#### *IMO1 - Membro di Monte Castellaccio*

Sabbie ed arenarie gialle fini e finissime, subordinatamente medie e grossolane in strati generalmente amalgamati, rare intercalazioni pelitiche discontinue di spessore centimetrico e decimetrico. Queste sabbie passano verso l'alto ad alternanze in strati medi e spessi di ghiaie poligeniche, spesso caratterizzate da colori di alterazione bruno-violacei, con diametro massimo fino a 12 centimetri e subordinate sabbie. L'ambiente di sedimentazione è di spiaggia (dalla battigia, alla spiaggia sommersa). Si interdigitano, con maggior frequenza verso l'alto, depositi deltizi costituiti da sabbie fini e medie, intercalate a conglomerati (IMO1c - litofacies conglomeratica) con cementazione modesta o assente, in strati da medi a spessi, a stratificazione incrociata concava, con sottili intercalazioni di argille marnose biancastre e grigio-verdi dotate di scarsa continuità laterale. Contatto inferiore erosivo e discordante su FAA. Spessore massimo di poche decine di metri.

#### *Rum – Formazione di Monte Rumici*

Conglomerati e arenarie argillose bioturbate generalmente poco cementate e con cementazione differenziale ("cogoli"). Formazione suddivisa in due membri. Pliocene inf.

#### *RUM1 - Membro di Scascoli*

Conglomerati eterometrici in matrice sabbiosa, scarsamente cementati, in strati lenticolari spessi e molto spessi, talora gradati, con ciottoli embriciati; stratificazione incrociata concava, spesso interrotta da docce erosive; strati mal strutturati; localmente si alternano strati sabbiosi sporchi medi e spessi; subordinate arenarie da mediamente a poco cementate. I ciottoli dei conglomerati sono per lo più calcareniti fini grigie, calcilutiti grigie e chiare, marne, arcose e calcareniti medie nocciola, provengono da litotipi appartenenti al dominio ligure ed epiligure; nella parte più alta del membro possono essere presenti anche ciottoli di arenarie fossilifere. Più raramente sono presenti ciottoli di ofioliti, graniti e metamorfiti. Nella parte bassa del membro affiorano corpi discontinui, di spessore variabile fino a qualche decina di metri, costituiti da strati medi e spessi, con base conglomeratica erosiva e tetto arenaceo. Nell'area del Foglio 237 localmente è presente una facies arenaceo-pelitica, caratterizzata da sottili livelli arenacei e pelitici al tetto dei banchi conglomeratici. Ambiente deposizionale fluviale, con trasporto in massa. Il limite inferiore è erosivo sui depositi della successione epiligure. Potenza fino a 300 m circa.

### EVAPORITI MESSINIANE

#### *GES - Formazione Gessoso-Solfifera*

Banchi di gesso selenitico con cristalli traslucidi geminati a "coda di rondine", di dimensioni anche decimetriche, gessoareniti e gessoruditi con intercalazioni di argille siltose bituminose grigio scure o nerastre con bioclasti, scaglie di Pesci ed abbondanti frustoli carboniosi, che

evidenziano una sottile laminazione piano-parallela e conferiscono una certa fissilità; sono presenti sottili livelli di siltiti fini grigio chiaro gradate, con sabbia fine organogena alla base, che passano a marne siltose grigie compatte a laminazione ondulata. Nella parte bassa della formazione compaiono sottili strati di calcari dolomitici. Il limite inferiore è graduale rapido su GHF oppure non affiora, ma verosimilmente è discordante e tettonizzato con TER, CIG e PAT. La potenza è variabile da pochi metri ad oltre 200 metri. Messiniano inf.

## SUCCESSIONE EPILIGURE

### *ANT - Marne di Antognola*

Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere; fratturazione concoide o con tipiche superfici concentriche; frequenti i microfossili e talora i bioclasti. Stratificazione da molto sottile a media, talora difficilmente percepibile, sia per scarsa classazione granulometrica che per bioturbazione. Sono presenti rari livelli torbiditici di arenarie vulcanoclastiche, arcosiche e quarzoso-feldspatiche, da sottili a medi, e strati sottili e sottilissimi, discontinui, di cineriti biancastre, tipicamente alterate in giallo o giallo oca. Localmente si osservano anche orizzonti caotici (sl) e livelli di brecce con clasti extraformazionali. Localmente è stata distinta una litofacies arenacea (ANTa), potente fino a qualche decina di metri, caratterizzata dalla presenza di torbiditi sottili con base arenitica centimetrica. Il limite inferiore è netto, discordante, su MMP, sfumato su RAN; in eteropia con MVT. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna, scarpata e base scarpata con apporti torbiditici. La potenza totale della formazione raggiunge alcune centinaia di metri. Rupeliano terminale – Burdigaliano?

### *ANT4 - Membro di Anconella*

Prevalenti torbiditi arenaceo-pelitici; arenarie quarzoso-feldspatiche, generalmente poco cementate, gradate con grana da grossolana a fine, di colore grigio chiaro alterate in giallastro; marne argillose, argille siltose grigie, grigio verdi, grigio scuro o nerastre; A/P sempre > 1, fino a >>10. Gli strati variano da sottili a spessi, raramente banchi; talvolta amalgamati. La geometria del membro è complessa, con spessore che può raggiungere i 600 m.

### *ANT4a – litofacies arenaceo-pelitica*

Torbiditi pelitico-arenacee in strati sottili o sottilissimi, oppure da medi a molto spessi tabulari e con  $1 < A/P < 10$ .

### *CIG – Formazione di Cigarellino*

Marne siltoso-sabbiose, talora argillose, grigie, grigio scure o beige se alterate, bioturbate e fossilifere; sono presenti sia bioclasti che biosomi (Lamellibranchi, Gasteropodi, talora Echinidi). Stratificazione generalmente poco evidente per l'assenza di livelli grossolani e per la bioturbazione. Localmente affiorano intervalli di slump e di strati sottili arenaceo-pelitici tabulari con  $A/P < 1$ . Localmente, verso la base, possono essere presenti livelli discontinui di vulcanoclastiti ricche di cristalli millimetrici di biotite, o calcareniti grossolane giallastre in strati spessi. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna e scarpata-bacino. Il limite inferiore è per alternanza o sfumato con PAT. La potenza varia da qualche decina di metri a circa 500 metri. Langhiano - Serravalliano

*CIGa - litofacies arenacea*

Torbiditi arenaceo-pelitiche con arenarie medio-fini a gradazione poco accentuata, e peliti grigio scure, in strati da spessi a sottili, spesso amalgamati. Costituiscono corpi lenticolari di estensione chilometrica. Potenza compresa tra 40 e 100 m.

*CIG2 - Membro di Monte Luminasio*

Arenarie fini e medie, localmente biocalcareniti e litareniti grossolane e microconglomeratiche, alternate a peliti siltose grigie, in strati da sottili a molto spessi, prevalentemente tabulari. Rapporto A/P >1. Intercalazioni metriche e decametriche di peliti sabbiose e di corpi arenacei lenticolari (intercalati a varie altezze stratigrafiche entro CIG). Torbiditi di scarpata bacino. Potenza variabile da 0 a 150 m circa.

*CIG1 - Membro di Montalto Nuovo*

Alternanze di arenarie finissime bioturbate e siltiti o peliti marnoso-sabbiose in strati da sottilissimi a medi; verso l'alto arenarie bioturbate in strati metrici e peliti marnose.. Ambiente di piattaforma esterna. Passaggio sfumato su PAT. Potenza massima di poche decine di metri

*CTG – Formazione di Cotignaco*

Marne carbonatiche e selciose, più o meno siltose, di colore grigio-verdognolo o grigio azzurro, con patine manganesifere nerastre e ocracee, o arenarie risedimentate fini grigie. Gli strati sono generalmente di spessore medio, spesso poco evidenti; sono presenti intervalli arenacei biancastri, gradati, da sottili a spessi, con base netta. Diffusa fratturazione scheggiosa. Nella parte alta, localmente, aumenta la frequenza delle areniti e si può osservare una stratificazione tabulare. Talora sono presenti torbiditi vulcanoclastiche, grigie e verdi, o nerastre in strati medi gradati, localmente differenziate nella litofacies vulcanoclastica (CTGa). Ambiente di sedimentazione di scarpata e piattaforma esterna, con sporadici apporti torbiditici. Il limite inferiore è netto su ANT4 e sfumato per alternanza con ANT. La potenza varia da qualche decina di metri a circa 150 metri. Aquitaniano terminale - Burdigaliano

*LOI – Formazione di Loiano*

Arenarie arcosiche, da fini a molto grossolane, a luoghi microconglomeratiche, in genere scarsamente cementate, con subordinati conglomerati, in strati medi e banchi frequentemente amalgamati, di colore biancastro o grigio chiaro (marrone chiaro se alterate); sono presenti intercalazioni, spesso discontinue, di torbiditi sottili arenaceo-pelitiche grigie o verdastre (A/P sempre >1). Frequenti anche i "cogoli". Nella porzione basale sono presenti slump intraformazionali di spessore ed estensione assai limitata ed argille rosso-mattone e grigio-verdastre, localmente marnose, interdigidate con brecce argillose a matrice nerastra, inglobanti blocchi calcilutitici di dimensioni massime decimetriche. Localmente distinta una litofacies arenaceo-pelitica (LOIap) caratterizzata da strati medi arenaceo-pelitici con A/P  $\geq 1$ . Sedimentazione torbiditica in bacino confinato profondo. Interdigitazione a scala regionale con MMP. Il limite inferiore è discordante su MOH, MOV, BAI o risulta tettonizzato. La potenza affiorante raggiunge 700 m. Luteziano - Priaboniano

*MMP - Marne di Monte Piano*

Argille, argille marnose e marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di feldspatoareniti risedimentate biancastre, siltiti nerastre e calcari marnosi. Sono presenti slump. Stratificazione generalmente poco evidente. Sedimentazione di tipo pelagico, in ambiente confinato e profondo, con rari apporti torbidity. Il limite inferiore è netto su LOI o discordante sulle unità liguri. La potenza affiorante è di alcune decine di metri. Bartoniano – Rupeliano

#### *MVT – Breccie argillose della Val Tiepido - Canossa*

Breccie a matrice argillosa grigia o grigio-scura, talora varicolore, con clasti decimetrici o di dimensioni maggiori di prevalenti calcilutiti biancastre tipo "palombino", calcari marnosi, marne, argilliti, siltiti e arenarie, e inclusi da decametrici ad ettometrici di formazioni liguri o epiliguri. La matrice può essere prevalente. Alla scala del campione è evidente la tessitura clastica "matrix-supported". I blocchi di maggiori dimensioni, talora cartografabili, sono presenti per lo più alla base. Sono state distinti: una litofacies argilloso-calcareo (MVTb) caratterizzata da maggiore frequenza di blocchi calcarei; inclusi arenacei (MVTar); inclusi calcareo-marnosi (MVTca); inclusi di argille varicolori (MVTva). Il limite inferiore è netto su MMP; questa unità presenta evidenti rapporti di eteropia con ANT e risulta anche sovrapposta ad unità epiliguri e liguri più antiche. Depositi di colata gravitativa (mud e debris flow). La potenza massima varia da qualche decina ad oltre 200 metri. Aquitaniano

#### *PAT – Formazione di Pantano*

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione generalmente poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione, quando visibile di spessore medio; sono presenti resti di Echinidi, Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. Talora la parte alta degli strati arenacei è gradata e con laminazione ondulata. Localmente si intercalano strati arenacei risedimentati medi, mal strutturati, di colore nocciola. Verso l'alto affiorano livelli di marne siltose grigio-azzurre laminate. Il limite inferiore è netto, discordante, su CTG; talora la base è elisa tettonicamente. Sedimentazione in ambiente da litorale a piattaforma esterna. La potenza è fino a circa 500 m. Burdigaliano sup.-Langhiano inf.

#### *PAT3 - Membro di Calvenzano*

Areniti ibride da medie a fini, localmente grossolane in strati da medi a molto spessi, risedimentate, alternate ad arenarie siltose e siltiti marnose grigiastre con A/P < 10. Alla base è stata localmente distinta una litofacies arenitica (PAT3a) con A/P > 10. Eteropia e interdigitazione con PAT. Potenza fino a 150 m.

#### *TER – Formazione del Termina*

Marne argillose, siltose, talora debolmente sabbiose, grigio-scuere, fossilifere (Lamellibranchi, Gasteropodi, Echinidi piritizzati) con rari strati medi di areniti carbonatiche giallastre e sporadici strati medi e sottili di arenarie gradate, marroni o grigie, con granulometria media e grossolana, ricche in bioclasti e glauconite. Talora presenti concrezioni diagenetiche di Barite (ba). Stratificazione poco marcata sia per scarsa classazione granulometrica che per bioturbazione. Localmente frequenti depositi caotici per risedimentazione in massa. Possono essere presenti rari livelli di peliti nerastre con lamine piano-parallele, bituminose, alternate a biosiltiti grigio

chiaro o biancastre. Ambiente di scarpata e margine bacino con apporti torbiditici e frane sottomarine. Il limite inferiore è stratigrafico con CIG, tettonico con AVS e PAT. La potenza totale della formazione può raggiungere alcune centinaia di metri. Serravalliano terminale - Messiniano inf.

#### *TER2 - Membro di Montebaranzone*

Torbiditi arenaceo-pelitiche cui si intercalano, nella parte alta, livelli calcarei. A/P generalmente > 1; sono presenti intervalli decametrici di strati da medi a molto spessi con base erosiva e, talora, con impronte di fondo, alternati a intervalli di strati caratterizzati da stratificazione sottile. Al tetto affiora uno strato molto spesso ricco di bioclasti e biosomi (in particolare di *Lucinae*). Le areniti sono da mediamente a poco cementate, di colore grigio, marrone se alterate, gradate da medie a fini che passano ad argille marnose parzialmente siltose grigio scuro o grigio verde. Le areniti sono classificabili come arcose litiche a prevalenti litici sedimentari e metamorfici di basso grado. Sono presenti livelli discontinui di slump e livelli di argille marnoso-siltose scure per l'abbondanza di materiale proveniente da AVS o APA, a struttura anch'essa caotica e matrice argillosa clastica. La potenza massima del membro è di alcune centinaia di metri.

### DOMINIO LIGURE

#### *APA – Argille a palombini*

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcare quasi sempre >1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora manganesifere) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate) e di calcareniti medio-grossolane in strati da medi a spessi. La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati", a luoghi silicizzati, pervasivamente fratturati e caratterizzati da una fitta rete di vene di calcite, spalmature verdastre sulle superfici di strato e frattura concoide. All'interno della formazione sono talora stati cartografati lembi di ofioliti (of) giurassiche, fino a decametrici, spesso distinte in: brecce ofiolitiche (bo), basalti:  $\beta$ , basalti brecciati (Bb); gabbri: ga, serpentine:  $\Sigma$ . Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. Cretaceo inf. - Turoniano

#### *AVN - argille e calcari del Torrente Lavinello*

Argilliti rosse, rosate e grigie, con intercalati spezzoni di strato (da sottilissimi a molto spessi) e "boudins" di calcilutiti grigio chiare e verdastre e di calcareniti fini, biancastre e rosate o verdognole e marne grigio chiare. Presso Case Costa argilliti fissili grigio-verdi notevolmente silicizzate con, a luoghi, siltiti nere in strati sottili e sporadiche calcilutiti in strati da sottili a medi. Contatti tettonici con le formazioni circostanti. Potenza massima stimabile in oltre 100 m. Campaniano sup.?- Ypresiano

*AVS – Argille varicolori della Val Samoggia*

Argilliti, talora siltose, rosse, grigio scure, nere, verdi sottilmente stratificate, con intercalati sottili livelli di arenarie fini e medie grigio scure e violacee, marne verdi, grigie o biancastre, calcari micritici silicizzati grigio-verdastri, grigio chiari o biancastri, talora a patine mangesifere. Locali evidenze di trasposizione, talora pressoché totale, foliazione e “layering tettonico” alla scala metrica, boudins di siltiti brune e verdastre, mangesifere, caotiche per intensa tettonizzazione. All'interno della formazione sono talora stati cartografati lembi di brecce ofiolitiche (bo). Nell'area del Foglio 237 localmente presenti brecce poligeniche grigie a matrice argillosa. Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbidità distali. Contatti ovunque tettonici. Potenza geometrica della formazione di qualche centinaio di metri. Cretacico inf.- Eocene inf.

*AVSa – litofacies arenacea*

Intervalli arenacei, con arenarie in strati da molto sottili a medi, talora gradate, a granulometria da fine a finissima, di colore grigio (beige o rossastro se alterate), alternate a peliti ed argille marnose grigio scuro; rapporto A/P generalmente <1/3; lo spessore di questi livelli è inferiore al centinaio di metri e la loro estensione laterale inferiore al km. Presenza saltuaria di successioni preservate costituite da calcilutiti marnose verdi o biancastre in strati da sottili a spessi ed intercalazioni di argilliti rosso scuro e verdi. Contatti tettonizzati con AVS. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad un centinaio di metri.

*AVSb - litofacies a brecce argillose*

Brecce poligeniche in corpi lenticolari a matrice argillitica grigia o grigio scura e clasti di prevalenti calcilutiti biancastre o di SCB e AVS. Tessitura da mud e debris-flow; intercalate stratigraficamente in AVS, nel Foglio 220 nella parte alta della formazione. Sedimentazione da colate gravitative sottomarine. Spessore massimo circa 200 m.

*AVSac – litofacies argilloso-calcareo*

Alternanze argilloso calcaree di argille nerastre fissili e calcari in strati da medi a grossolani, prevalentemente frammentati in blocchi (boudins) a causa del severo grado di tettonizzazione o calcari marnosi biancastri.

*AVV – Argille varicolori di Cassio*

Argilliti scure, rossastre o rosate, verdi e nerastre, con stratificazione (quando preservata) da molto sottile a sottile, in cui si intercalano livelli sottili di torbiditi arenaceo-pelitiche grigie, calcilutiti silicee grigiastre o verdognole gradate in strati da medi a spessi e calcilutiti marnose spesse grigio chiaro, litareniti grossolane in strati da medi a spessi e microconglomerati con elementi di basamento cristallino. Localmente distinta una litofacies a brecce argillose (AVVm). Localmente elevato grado di tettonizzazione che rende quasi irriconoscibile l'originaria stratificazione. Ambiente di sedimentazione pelagico e profondo, con apporti torbiditici. In contatto tettonico su APA. La potenza affiorante è variabile, può raggiungere circa 100 m. Cenomaniano sup. - Campaniano terminale.

*FPG – Formazione di Poggio*

Argilliti siltose rosso mattone, grigie e subordinatamente verdognole, con strati sottili di

feldspatoareniti a granulometria fine, di colore biancastro e grigio, scarsamente cementati, frequentemente in boudins. Sono presenti spezzoni di strati calcarenitici e marnosi. Presenti ichnofossili di dimensioni da centimetriche a decimetriche, ben visibili per il maggiore grado di cementazione o ricristallizzazione in minerali di Ba. Ambiente deposizionale di scarpata o di alto strutturale, con apporti torbiditici silicoclastici. I contatti sono generalmente meccanici con AVS o APA. La potenza massima è di un centinaio di metri. Paleocene – Eocene inf.

*FPGa - litofacies arenacea*

Torbiditi in strati sottili e medi con basi feldspatoarenitiche e tetto pelitico verdastro e grigio con patine mangesifere; rapporto A/P da  $\geq 1$  a  $<1$ ; si intercalano strati sottili di calcilutiti marnose con Fucoidi; potenza di qualche decina di metri.

*FPG1 - Membro di Rio delle Praterie*

Depositi di colata, intercalati in argilliti rossastre, con matrice argillosa simile ai depositi caotici della successione epiligure. La matrice di questa breccia poligenica è sempre grigio scura, con inclusi di calcilutiti biancastre, areniti e calcari marnosi; la dimensione del pezzame varia da qualche decimetro ad oltre un metro. Presenti in prossimità del contatto con AVS blocchi di argilliti verosimilmente appartenenti a questa formazione. Spessore di qualche decina di metri.

*MOH – Formazione di Monghidoro*

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati generalmente spessi, raramente molto spessi, con rapporto A/P  $\cong 2/1$ . Si intercalano intervalli metrici di strati sottili e medi con rapporto A/P = 1/2. Le arenarie sono gradate con base a granulometria da media a grossolana, talora microconglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro ma generalmente marroni o giallastre per alterazione ed ossidazione dei minerali femici; passano ad argilliti più o meno siltose di colore nerastro. Nella parte bassa della formazione sono presenti torbiditi a base arenacea e tetto calcareo-marnoso con abbondanti tracce di fucoidi, talora cartografate (am). Localmente distinte: la litofacies arenacea (MOHa), caratterizzata da strati da sottili a spessi con rapporto A/P  $\gg 1$ , potente fino a 300 m; la litofacies pelitico-arenacea (MOHb), caratterizzata da strati sottili pelitico-arenacei con rapporto A/P  $<1$ ; la litofacies calcareo-marnosa (MOHca), caratterizzata da banchi plurimetrici di marne calcaree intervallate a spessori decametrici di strati arenaceo-pelitici (A/P variabile da 1/1 a 1/2). Torbiditi di piana bacinale. Limite inferiore graduale su MOV, dove non tettonizzato. La potenza geometrica massima è di qualche centinaio di metri. Maastrichtiano sup. – Paleocene.

*MPA - formazione di Montepastore*

Alternanze torbiditiche calcarenitico-marnose in strati da medi a molto spessi e in banchi. Base degli strati biocalcarenitica, da fine a grossolana, passante a marna calcarea biancastra. Rari orizzonti di biocalciruditi e biocalcarenitici a macroforaminiferi. Contatti tettonici con le formazioni circostanti. Potenza di alcune decine di metri. Ypresiano - Luteziano (NP12 - NP15)

*PAT – Formazione di Pantano*

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione generalmente poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione, quando visibile di spessore medio; sono presenti resti di Echinidi,

Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. Talora la parte alta degli strati arenacei è gradata e con laminazione ondulata. Localmente si intercalano strati arenacei risedimentati medi, mal strutturati, di colore nocciola. Verso l'alto affiorano livelli di marne siltose grigio-azzurre laminate. Il limite inferiore è netto, discordante, su CTG; talora la base è elisa tettonicamente. Sedimentazione in ambiente da litorale a piattaforma esterna. La potenza è fino a circa 500 m. Burdigaliano sup.-Langhiano inf.

#### *SAG – Formazione di Savigno*

Torbiditi arenaceo-pelitiche e calcareo-marnose; formazione suddivisa in due membri con passaggio sfumato. Ambiente di sedimentazione di mare aperto e profondo, con frequenti apporti torbiditici. Limite inferiore stratigrafico con FPG. Contatti spesso tettonici con AVS. Potenza fino a 600 metri. Ypresiano – Luteziano.

#### *SAG2 - Membro di San Prospero*

Torbiditi calcareo-marnose gradate, in strati da sottili a banchi, con base calcarenitica fine di colore grigio chiaro e biancastro che passa a marne grigie. Si alternano a pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche in cui la frazione carbonatica è pressoché assente; le arenarie di questi intervalli sono quarzoso-feldspatiche e micacee, a grana medio-fine; gli strati variano da sottili a spessi, di colore grigio-beige o grigio-marrone e grado di cementazione medio. Localmente presente una litofacies più pelitica. Potenza parziale fino a 300 m.

#### *SAG1 - Membro di Villa*

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati medi, con rapporto A/P variabile tra 1/2 e 2/1; le arenarie sono quarzoso-feldspatiche, fini, da mediamente a poco cementate, di colore grigio o beige; le peliti sono generalmente siltose, di colore grigio scuro o marrone; sono presenti intervalli di strati sottili con arenarie nettamente subordinate. Talora affiorano anche livelli da medi a spessi di calcilutiti silicee biancastre o grigio chiare, marroni se alterate. Potenza parziale fino a 300 m.

#### *SCB – Arenarie di Scabiazza*

Torbiditi arenaceo-pelitiche con arenarie da molto sottili a medie, mal strutturate e poco cementate, talora gradate, con granulometria da fine a finissima, di colore grigio (beige o rossastro se alterate) e argille e argille marnose grigio scuro molto sporche; rapporto A/P < 1 o uguale a 1. Presenza saltuaria di calcilutiti marnose verdi o biancastre e marne calcaree grigio-chiare in strati da sottili a spessi e argilliti varicolorate. Questi litotipi, alla scala dell'affioramento, talora mostrano "boudinage" e si presentano inglobati in peliti. Ambiente deposizionale di piana bacinale con frequenti apporti torbiditici. La formazione sembra avere rapporti di eteropia con AVV mentre i contatti con APA sono meccanici. Potenza geometrica affiorante può raggiungere alcune centinaia di metri. Turoniano sup. - Campaniano inf.

### DOMINIO SUB-LIGURE

#### *ARB - Arenarie di Ponte Bratica*

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi costituiti da areniti grigio-giallastre fini o medie passanti a marne argillose grigie. Contatti tettonici con le formazioni circostanti. Potenza massima parziale di oltre 100 m. Chattiano – Aquitaniano.

ARBm - litofacies marnosa

Marne compatte grigie o verdastre.

## 2.2 PERICOLOSITÀ TERRITORIALE GENERALE

### 2.2.1 Sismicità

#### 2.2.1.1 SISMICITÀ DELL'AREA BAZZANESE

L'elevata sismicità che caratterizza la penisola italiana è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e quindi alla presenza di strutture geologicamente "attive"<sup>36</sup>. Alla base di ogni stima della pericolosità sismica di un territorio vi è dunque l'indispensabile conoscenza della sua storia sismica (cioè di tutte le informazioni sui sismi avvenuti nel passato<sup>37</sup>) e della geologia strutturale locale, entrambe strettamente connesse tra loro.

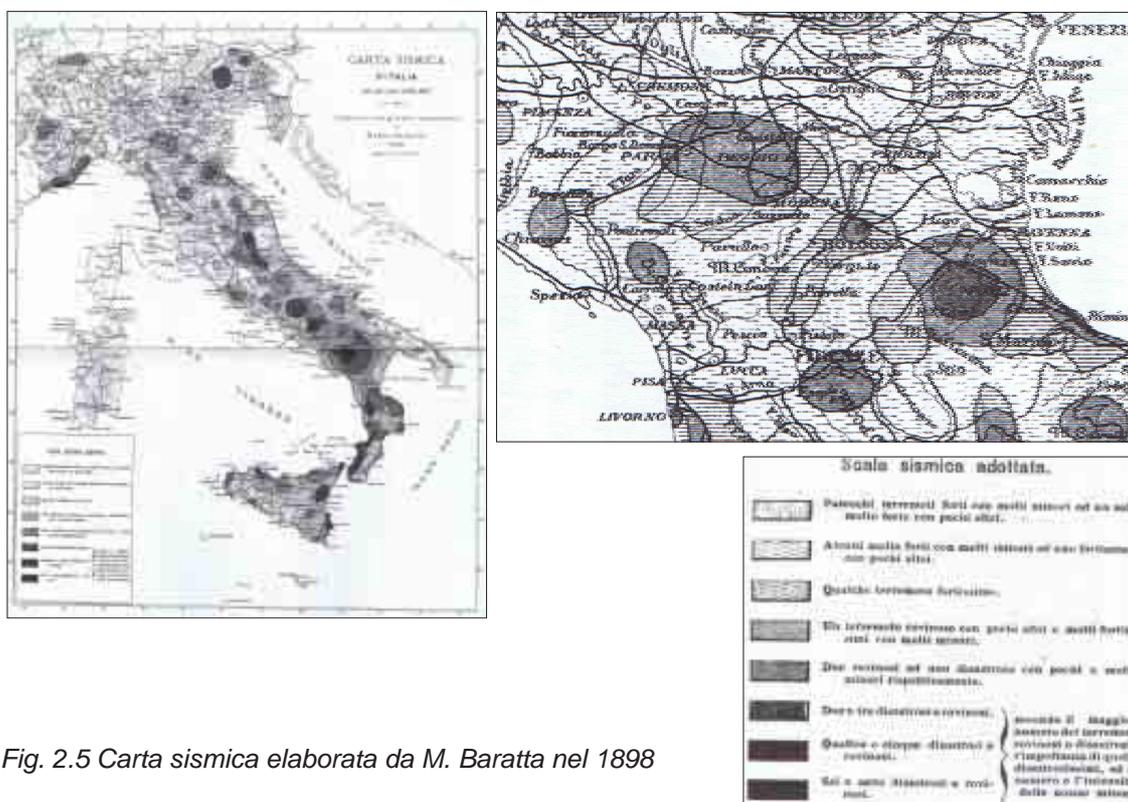


Fig. 2.5 Carta sismica elaborata da M. Baratta nel 1898

<sup>36</sup> La definizione di faglia <<attiva>> è ancora fonte di accese discussioni scientifiche tra i vari Autori, riferendosi alla possibilità di riattivazione in un intervallo temporale che possa interferire con la nostra società: dall'olocenico (circa 12.000 anni, secondo l'U.S. E.P.A., 1981), al "regime tettonico corrente" (Muir Wood & Mallard, 1992).

<sup>37</sup> Tralasciando la letteratura classica e medioevale (ricche di particolari, spesso anche assai fantasiosi..) il primo catalogo dei terremoti italiani risulta di Don M. Bonito (1631) che ne descrive oltre 1.400. Si deve poi a Pignataro (1786) il primo tentativo di stabilire una scala di intensità sismica (le scosse erano contrassegnate con i simboli F<sup>i</sup>, F<sup>ii</sup>, F<sup>iii</sup>, F<sup>iiii</sup>, con una quinta classe catastrofica contrassegnata da una croce di Malta). Il primo rudimentale sismografo fu inventato alla fine del 1700 dall'astronomo Cacciatore. È interessante ricordare che già nel 1898 lo studioso Baratta aveva elaborato una zonizzazione sismica italiana ancora prima che Mercalli introducesse la sua scala d'intensità (fig. 2.5)

Le evoluzioni scientifiche e tecnologiche susseguitesi in particolare dal 1800 hanno permesso catalogazioni sempre più dettagliate dei terremoti, analisi più raffinate dei meccanismi di innesco e di propagazione dei sisma e una progressiva migliore conoscenza delle zone o delle strutture responsabili della sismicità ("zone" o "sorgenti sismogenetiche") presenti nel territorio italiano.

Recentemente la nostra Regione, a conclusione di un lungo lavoro iniziato alla fine degli anni '70 del secolo scorso, ha prodotto la <<Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna>> (edita nel 2004) alla scala 1:250.000 che riporta gli epicentri dei terremoti noti con Magnitudo  $M > 4$ , le strutture attive e quelle potenzialmente sismogenetiche (della catena appenninica, del suo margine e quelle correlate alle strutture del sottosuolo padano-adriatico) ed i relativi meccanismi focali tettonici.

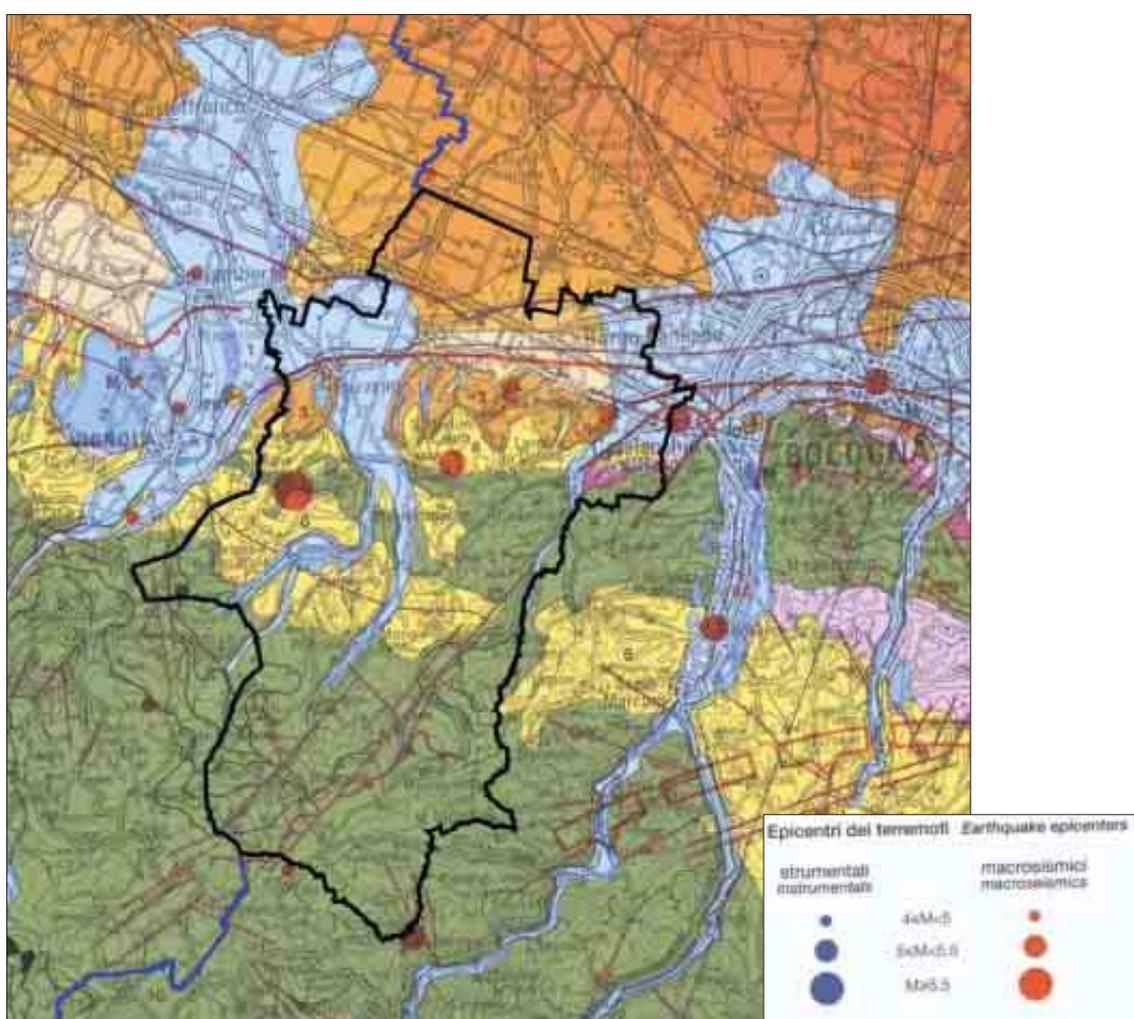


Fig. 2.6 Estratto della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (2004), con sovrapposta l'area di studio (perimetrata in nero). Si riporta uno stralcio della legenda relativa alla classificazione degli ipocentri dei terremoti strumentali di  $M_w > 4$  (che non risultano rilevati nell'area di studio) e l'epicentro dei più significativi effetti macrosismici. La fonte regionale è il catalogo parametrico nazionale dei terremoti storici (CPTI, 1999).

A livello nazionale si è giunti, attraverso varie fasi di studi e revisioni, all'ultima zonazione sismogenica del territorio nazionale nota con la semplice sigla "ZS9" (2004) prodotta dall'Istituto

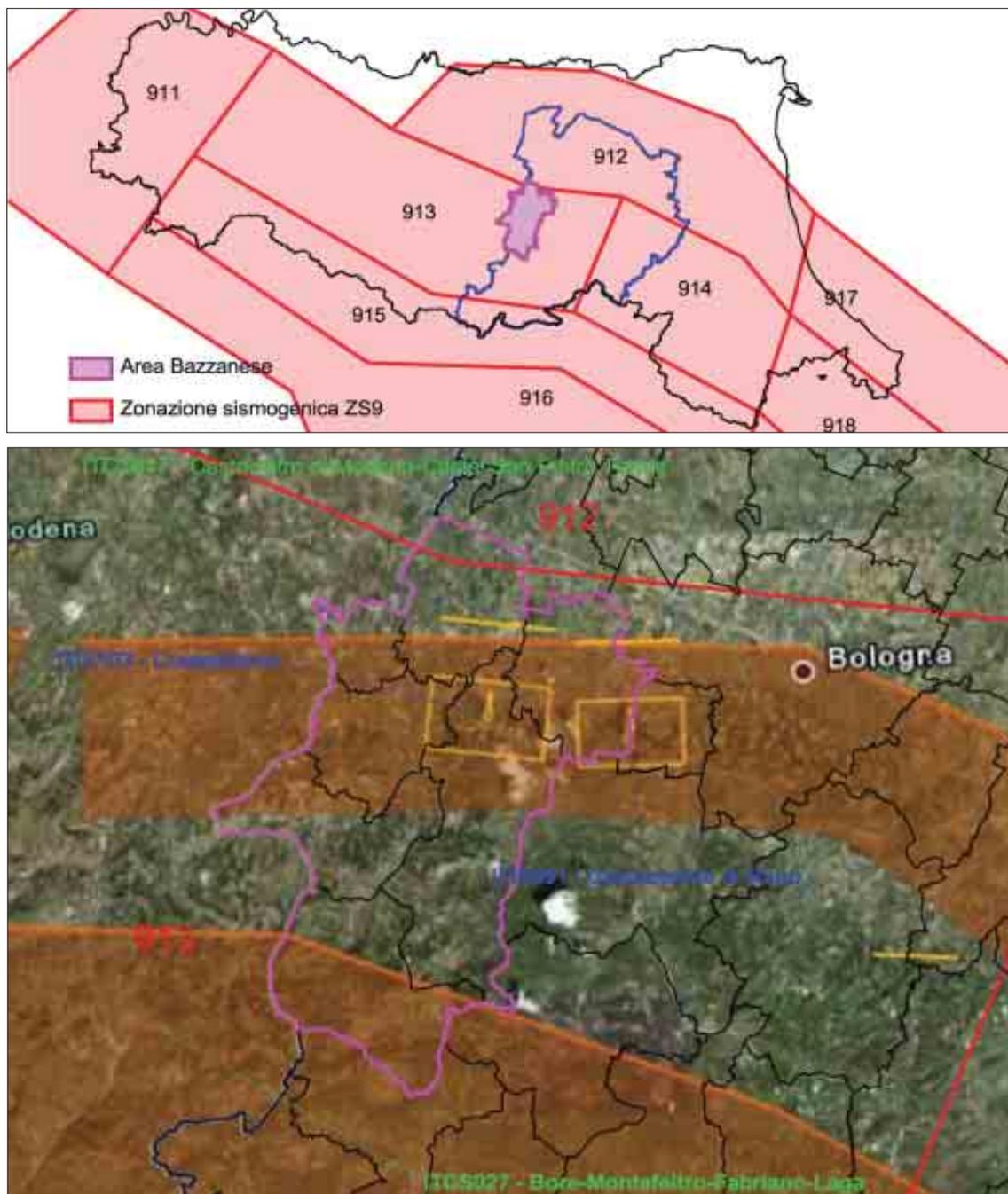


Fig. 2.7 Zonazione sismogenica ZS9 e distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.1 (foto aerea: Google Earth). Le sigle numeriche corrispondono alle "zone" sismogenetiche desunte dalla ZS9; le sigle ITCS corrispondono alle "zone" mentre le sigle ITIS corrispondono a "sorgenti" sismogenetiche della B/D DISS (versione aggiornata 3.1).

Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), che rappresenta il più recente riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano. Questa zonazione è stata elaborata riferendosi anche ai più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le ultime banche dati

relative alle sorgenti sismogeniche italiane DISS<sup>38</sup> 2.0 ed il già citato catalogo CPTI<sup>39</sup>.

La figura 2.7 propone la sovrapposizione del territorio dell'Area Bazzanese con la zonazione ZS9 e con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database più aggiornato e disponibile DISS 3.1. Si evince che l'area studiata ricade nella zona 913 (Appennino Emiliano-romagnolo) cioè in una delle zone in cui è stato scomposto longitudinalmente l'arco appenninico settentrionale e centrale da Parma fino all'Abruzzo. In questa zona si verificano terremoti prevalentemente compressivi fino al suo margine, ma anche per meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo della struttura appenninica e ad essa viene attribuita una magnitudo massima  $M = 5,91$ . Tutta la fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo (fonte: INGV).

La banca dati DISS 3.1 riporta due fasce sismogenetiche (contenute nella zona 913) che ricadono nell'area di studio:

- la ITCS027 e rappresenta una lunga fascia di territorio che comprende anche il territorio appenninico settentrionale di Savigno; la sua magnitudo stimata è pari a  $M_w = 6,2$  ed è derivata dalle magnitudo dei terremoti più significativi associati a questa zona e comunque lontani dall'area studiata: Fabriano, 1741, Cagli, 1781, Camerino, 1799, Sarnanno, 1873);
- la ITCS047 che interessa i territori appenninici e pedeappenninici di Castello di Serravalle, Monteveglio, Monte San Pietro, Zola Predosa, Crespellano e Bazzano (con una magnitudo stimata di  $M_w = 5,6$  derivata dalle magnitudo dei terremoti più significativi: bolognesi, 1505 e 1929, modenesi, 1399).

In particolare la banca dati DISS 3.1 evidenzia due sorgenti sismogenetiche che interessano l'Area Bazzanese :

- "ITIS103 – Crespellano" a cui è attribuita una magnitudo  $M_w = 5,6$  associata al terremoto del 20 aprile 1929 (fonte: CPTI, 2004); sono documentati danni ad edifici ed infrastrutture con intensità pari al grado VII della scala Mercalli<sup>40</sup> (Zecchi, 1982) ed anche effetti indotti dal sisma: frane, fratture superficiali, emissioni di gas (Boschi et al., 2000)
- "ITIS091 – Casalecchio di Reno" a cui è attribuita una  $M_w = 5,5$  associata al terremoto bolognese del 3 gennaio 1505 (fonte: CPTI, 2004); la zona epicentrale è stata stimata tra Zola Predosa e Bologna e sono documentati danni più consistenti a Zola Predosa, Bologna e S. Lorenzo in Collina (grado IX della scala Mercalli, cfr. Zecchi, 1882) ed i seguenti effetti indotti dal sisma: frane, fratture superficiali (Boschi et al., 2000), effetti di liquefazione a Zola Predosa (Prestininzi e Romeo<sup>41</sup>, 2000)

La porzione più a nord della pianura di Crespellano è invece compresa nella zona 912 (ZS9)

---

38 <<Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy>> (Valensise e Pantosti, 2001)

39 "Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani", Gruppo di lavoro CPTI, 1999-2002

40 La scala Mercalli è una classificazione che misura l'intensità di un terremoto tramite gli effetti che esso produce su persone, cose e manufatti ed è stata introdotta nel 1902 dall'omonimo sismologo.

41 Effetti di liquefazione a Zola Predosa vengono evidenziati anche nel <<Nuovo catalogo nazionale dei processi di liquefazione avvenuti in occasione dei terremoti storici in Italia>> (Galli e Meloni, 1993)

che rappresenta la fascia più esterna dell'arco appenninico settentrionale. In quest'ultima la sismicità è infatti correlabile alla tettonica attiva del fronte compressivo del margine appenninico sepolto più avanzato che giunge fino all'attuale Po ( le più lontane fasce sismogenetiche ITCS050 "Poggio Rusco-Migliarino" e ITCS051" Novi-Poggio Renatico, hanno rispettivamente una magnitudo attribuita  $M_w = 5,5$  e  $M_w = 5,9$ ).

In conclusione sia gli studi nazionali che quelli regionali attribuiscono al territorio studiato una pericolosità "media" (ma già la carta sismica di Baratta del 1898 cioè di oltre 110 anni fa arrivava allo stesso risultato!). Gli studi di microzonazione sismica locale dovranno tenere conto di questo grado di sismicità e assumere cautelativamente, per la stima degli effetti locali (es, stabilità dei versanti, liquefazione..), terremoti con una magnitudo di riferimento pari a  $M_w = 5,9$  come spiegato in questo paragrafo.

#### 2.2.1.2 NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO

Il panorama legislativo in materia di pericolosità sismica (propedeutica alla programmazione territoriale ed alla progettazione ed alla verifica delle costruzioni) è stato profondamente trasformato dalle recenti normative nazionali e regionali.

#### NORMATIVA SISMICA APPLICATA ALLE COSTRUZIONI

Dal punto di vista puramente geotecnico e finalizzato alla progettazione, a livello nazionale si ricordano l'Ordinanza PCM. n. 3274/2003, il D.M. 159/2005, l'Ordinanza PCM. n. 3519/2006 ed infine le recentissime nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. del 14/01/2008) entrate in vigore dal 1 luglio 2009. A questa legislazione, si aggiunge il lavoro dell'Associazione Geotecnica Italiana <<aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica: linee guida>>. L'A.G.I. ha finora elaborato una edizione provvisoria del testo, pubblicata nel 2005.

L'Ordinanza PCM. n. 3274/2003 (Allegato 1), ha disposto anche nuovi criteri per la valutazione preliminare della risposta sismica del sottosuolo stabilendo in questo senso:

- una nuova classificazione dei Comuni nazionali, secondo quattro diversi gradi di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima orizzontale al suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni;
- una nuova classificazione del sottosuolo in "categorie di suolo di fondazione", basata sulla stima di alcuni parametri fondamentali ( $V_s$ ,  $N_{spt}$ ,  $c_u$ , profondità del bedrock).

L'OPCM 3274/2003 non è mai entrata in vigore ma le classificazioni sono state riprese nelle norme tecniche per le costruzioni D.M. 159/2005 e successivo D.M. 14/01/2008. La tabella sottostante, riassume la classificazione del sottosuolo vigente secondo le citate "categorie":

Sottosuolo di fondazione	PROFILO STRATIGRAFICO	PARAMETRI		
		$V_{s30}$ (m/s)	$N_{spt}$	$C_u$ (kPa)
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	> 800		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	< 800 > 360	> 50	> 250
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza	< 360 > 180	< 50 > 15	< 250 > 70
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s			
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi	< 100		< 20

	di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua			> 10
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti			

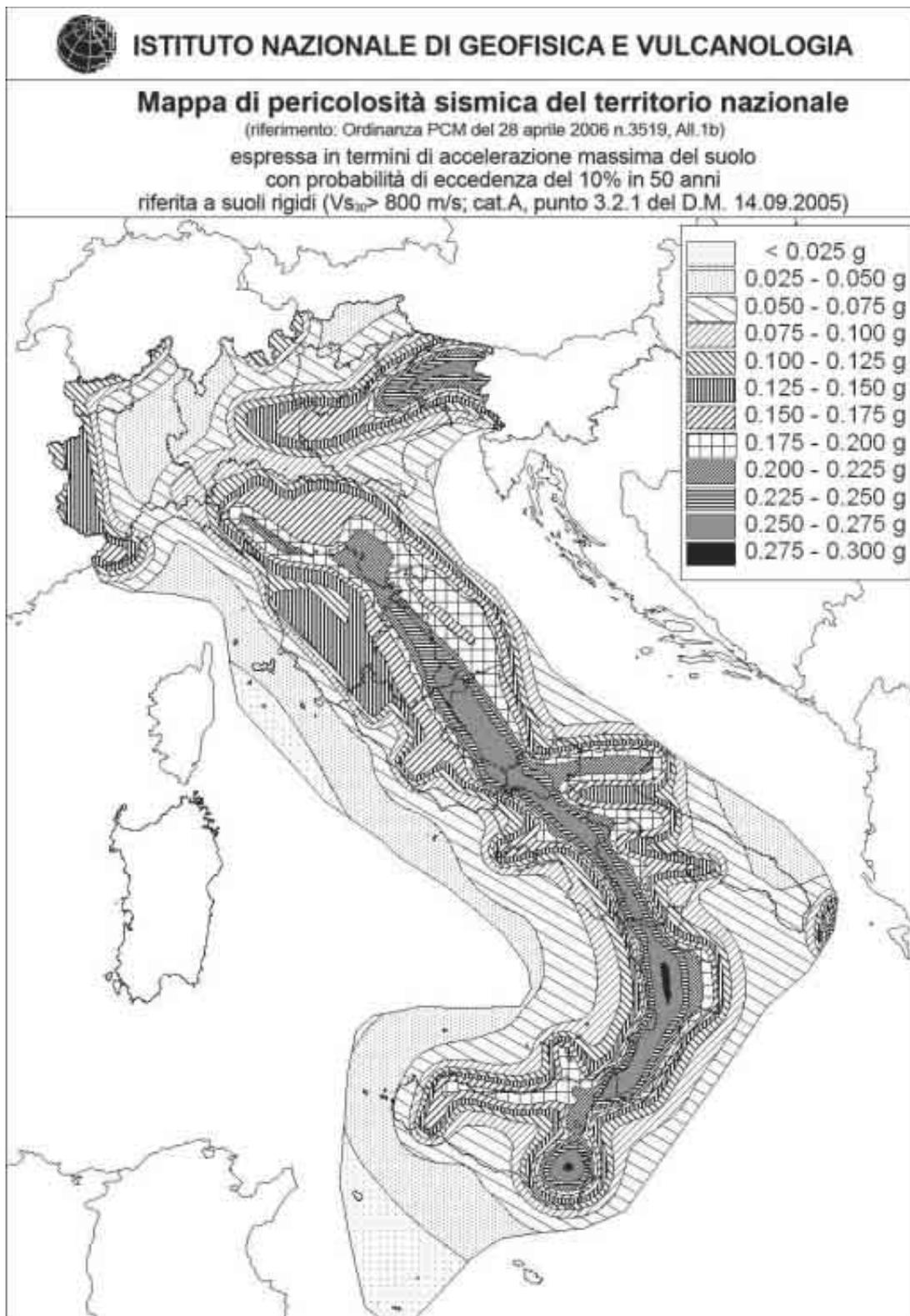


Fig. 2.8 Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale, pubblicata nell'Ordinanza PCM. n. 3519/2006

La classificazione vista sopra, è stata successivamente integrata dall'Ordinanza PCM. n. 3519/2006, con la pubblicazione della mappa della pericolosità sismica di riferimento per tutto il territorio nazionale (figura 2.8) e di una tabella che attribuisce i valori di  $a_g$  orizzontale massima da utilizzarsi per la costruzione degli spettri di risposta, così come riportato nelle precedenti Norme Tecniche per le Costruzioni del 2005 (D.M. 159/2005).

ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI [ $a_g$ ]	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO [ $a_g$ ]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 g$	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 g$	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 g$	0,15 g
4	$\leq 0,05 g$	0,05 g

In pratica, per effetto del periodo transitorio di applicazione e delle successive proroghe, il D.M. 159/2005 è risultato vigente soltanto per pochi giorni e sostituito dall'entrata in vigore (dal 1 luglio 2009) delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008). Queste ultime norme impongono nuovi e precisi criteri prestazionali di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" sopra citate e della definizione di una <<pericolosità di base>> fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di  $a_g$  e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima  $F_0$  e periodo di inizio del tratto a velocità costante  $T^*c$ ). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

#### NORMATIVA SISMICA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

In questo contesto nazionale di novità normative, seppur caotiche, la Regione Emilia-Romagna ha elaborato ed approvato (con Delibera Regionale n. 112 del maggio 2007) gli <<Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica>>, in coerenza con la L.R. n.20/2000 <<Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio>>.

Gli Indirizzi, sono stati elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione Emilia-Romagna ha effettuato nel territorio regionale a partire dalla fine degli anni '70 del secolo scorso. In questo senso, la delibera fornisce tabelle e formule propedeutiche alla valutazione preliminare dell'amplificazione locale, dati che tengono conto delle caratteristiche sismiche

riscontrate nel contesto regionale.

Il documento fornisce anche i dati fondamentali per valutazioni più accurate della risposta sismica: lo spettro di risposta normalizzato per l'Emilia-Romagna (per  $T_r = 475$  anni e smorzamento del 5%); i valori di  $a_{g,ref}$  di ogni Comune ed i segnali di riferimento (accelerogrammi), anch'essi già scalati per ogni singolo Comune.

Per quanto riguarda i criteri da seguire per gli studi di pericolosità e di microzonazione sismica, la direttiva regionale, definisce due "step" di analisi da completarsi con tre diversi livelli di approfondimento:

- 1) la prima fase di studio, che corrisponde ad un livello conoscitivo preliminare, deve definire gli scenari di pericolosità sismica, cioè deve consentire l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali in caso di sisma (amplificazione dell'impulso sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di addensamento/liquefazione, cedimenti dei terreni, ecc.). Questa prima fase, deve essere elaborata ad una scala territoriale provinciale o comunale in ossequio alle indicazioni riportate nell'allegato A1 della delibera. Le sedi adeguate per affrontare queste analisi preliminari sono il quadro conoscitivo del PTCP o quello del PSC (anche in forma associata).
- 2) la seconda fase di studio deve giungere alla valutazione della risposta sismica locale ed alla microzonazione del territorio ed è necessaria per l'approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale. Lo studio è limitato alle aree già insediate o di previsione urbanistica, solamente se ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali (individuate nella prima fase). In funzione degli esiti di pericolosità sismica individuati con il primo livello, si dovrà proseguire con l'ulteriore approfondimento con questi criteri:
  - 2.a nelle <<aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale o sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività  $\leq 15^\circ$  in cui il deposito di spessore è costante>> la delibera indica sufficiente concludere lo studio di pericolosità sismica con un'"analisi semplificata", cioè con l'elaborazione di una cartografia di microzonazione sismica che definisce i "coefficienti di amplificazione" ricavati sulla base delle tabelle a formule riportate in appendice nella stessa delibera (allegato A2);
  - 3.a il terzo livello conoscitivo, invece, deve essere affrontato nei casi di <<aree soggette a liquefazione e densificazione, aree instabili e potenzialmente instabili, aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti, aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico>>. In questi casi, l'analisi più approfondita deve espletare le verifiche quantitative dei potenziali effetti indotti da sisma (liquefazione/addensamento, instabilità di versante, cedimenti) e deve comprendere l'elaborazione di specifiche modellazioni della risposta sismica locale riferita alle aree da indagare ed in termini di rapporti  $PGA/PGA_0$  e  $SI/SI_0$  (allegato A3).

### 2.2.2 Esondabilità

I Piani Stralcio (PSAI) per il Bacino del Samoggia e del Reno ed il PAI del Po<sup>42</sup> forniscono il riferimento delle conoscenze fisiche relative ai bacini idrografici compresi nell'area di studio.

In particolare, per il contesto di pericolosità idraulica si sono assunti i dati contenuti nelle tavole aggiornate al 2007 del PSAI per il Bacino del T. Samoggia: gli alvei "attivi", le aree ad alta probabilità di inondazione (tempi di ritorno – TR – fino a 30 anni), le fasce esondabili con TR 200 anni, le aree con possibilità di sormonto d'argine ed infine le aree di potenziale allagamento. La zonizzazione delle aree ad alta probabilità di inondazione rappresenta una novità rispetto al precedente Piano ed inoltre vengono individuate anche le zone a rischio da elevato a molto elevato che corrispondono ad aree di elevato pericolo di inondazione con "bersagli sensibili" (insediamenti urbani oppure elementi di elevato interesse socio-economico).

Oltre ai dati citati si sono considerate le informazioni anche storiche (dal 1949 fino al 2003) della Protezione Civile relative agli allagamenti minori di pianura. Un'attenta analisi ed elaborazione di questi ultimi dati effettuati da Viel (2002) e Viel & Sangiorgi (2004) ha consentito di disporre di accurate delimitazioni delle aree di pianura allagate negli ultimi 50 anni circa e di individuare anche zone in cui gli allagamenti si sono ripetuti nel tempo.

Il quadro delle criticità idrauliche più significative, riportate anche nelle tavole delle criticità geologiche (serie QC.B2.02), è dunque il seguente:

- 1) nel contesto di fondovalle, è il Torrente Ghiara ad indurre un'ampia zona con alta probabilità di esondazione che va ad interferire anche con una parte dell'abitato di Monteveglio (sinistra idrografica nel tratto d'ansa che lambisce il capoluogo poco prima della confluenza con il Samoggia). A quest'area è dunque attribuita un elevato rischio idraulico. È importante segnalare che già nel 2003 lo studio idraulico, effettuato nell'ambito di elaborazione delle analisi conoscitive per il PSC di Monteveglio e coordinato dal dott. geol. Viel, aveva fatto emergere problemi di effettiva e recente tracimazione del Ghiara in corrispondenza delle zone immediatamente a monte dell'abitato; le nuove conoscenze geometriche acquisite avevano dimostrato che l'onda di simulazione della piena per TR di 200 anni del T. Ghiara tracima verso il Capoluogo in più punti e che più complessivamente l'ambito fluviale coinvolto dall'onda può interessare buona parte dei terrazzi di fondovalle. La cartografia relativa alle criticità geologiche (QC.B2.02) riporta dunque anche gli esiti di quella analisi idraulica (sono riportate le tracce del possibile sormonto) già contenuti nel Quadro Conoscitivo del PSC di Monteveglio;
- 2) altra situazione critica di fondovalle è evidenziata in località Calderino vecchia (Monte San Pietro): viene compresa in area ad elevata probabilità di inondazione un'ampia fascia di territorio già urbanizzato compreso tra la strada provinciale ed il corso del torrente Lavino. Anche a questa fascia il PSAI attribuisce un elevato rischio idraulico;
- 3) ancora nel contesto di fondovalle, è sempre il Torrente Ghiaie a indurre un'ampia zona

---

42 Per il territorio pertinente all'Autorità di bacino del Po si sono assunti i dati relativi all'idrografia ed agli elementi morfologici (U.I.E.) contenuti nel PTCP di Bologna.

ad elevata probabilità di allagamento che lambisce il paese di Castelletto (Castello di Serravalle) anche se, in questo caso, la scarpata morfologica appare sufficiente a contenere le piene anche secolari a salvaguardia degli edifici esistenti (ad esclusione di alcuni fabbricati nel terrazzo più recente e basso come ad esempio quello indicato con il toponimo "Pastrino");

- 4) in pianura sono note criticità del Torrente Ghironda dovute alla possibilità di sormonto d'argine dal ponte della ferrovia di località Ponte Ronca (Zola Predosa) fino oltre il limite nord dell'area di studio e di un tratto del Torrente Lavino nella sua sinistra idrografica al confine nord sempre del Comune di Zola Predosa (località "Fondo Fornace" e "Palazzo Guido"). Le possibili rotte possono interferire anche con edifici sparsi situati in prossimità di queste due aste fluviali.
- 5) si segnalano aree interessate da allagamenti (una sola ricorrenza) nel Comune di Crespellano in sinistra idrografica del Rio Martignone, in una fascia di territorio del Comune di Crespellano compresa tra l'asse autostradale A14 e la zona industriale del Martignone.

Si può anche segnalare che il corso del Torrente Ghiaie-Ghiara, risalendo da Monteveglio fino oltre Castelletto, ed il T. Samoggia (sempre da sud di Monteveglio fino ad oltre Savigno) presentano una situazione di sufficiente naturalità ancora conservata, con aree di possibile espansione per inondazione oltre il "bankfull" ordinario nel caso di piene significative (TR > 30 anni).

Resta infine implicito che la buona o cattiva "funzionalità idrologica" di un corso d'acqua non vengono evidenziati solamente dal comportamento dell'asta fluviale nei confronti delle opere e dei manufatti antropici. Di frequente è la stessa attività edilizia ad occupare aree e luoghi indispensabili all'espansione e sviluppo naturale del fiume.

### 2.2.3 Subsidenza

La subsidenza del bolognese è nota ormai da quasi un secolo. Le rilevazioni di quota sono state assunte per decenni ed ora anche le rilevazioni da satellite consentono di avere il monitoraggio praticamente continuo della situazione dell'abbassamento della pianura. L'abbassamento dei suoli è certamente derivato da cause naturali, geo-strutturali e diagenetiche, ma è ormai evidente che questo processo viene amplificato ed accelerato dal prelievo di fluidi dal sottosuolo anche per uso idropotabile: la depressurizzazione delle falde acquifere anche profonde ospitate negli strati porosi induce un aumento delle pressioni effettive sui sedimenti più superficiali a tessitura fine.

La cartografia delle criticità geologiche (serie tavole QC.B2.02) individua le aree del territorio studiato in cui la velocità di abbassamento dei suoli è stata rilevata e maggiore di 1 cm/anno. I dati si riferiscono al 2001, tratti tratta con leggere modifiche dal documento ufficiale ARPA. Un documento cartografico (Viel G, <<Schema Direttore della Pericolosità Geo-Ambientale>>, Servizio geologico d'Italia e Regione Emilia-Romagna, 2002) che riporta le aree subsidenti delimitate in base alla stima dei valori di subsidenza cumulati nel tempo minimo di controllo per le varie reti di capisaldi, propone un quadro non troppo dissimile da quello desunto dal rilievo di Arpa. La figura 2.9 riporta invece la subsidenza media nell'area critica bolognese relativa ad un

periodo di circa 25 anni, dove si evidenziano valori di abbassamento anche superiori a 3 cm/anno.

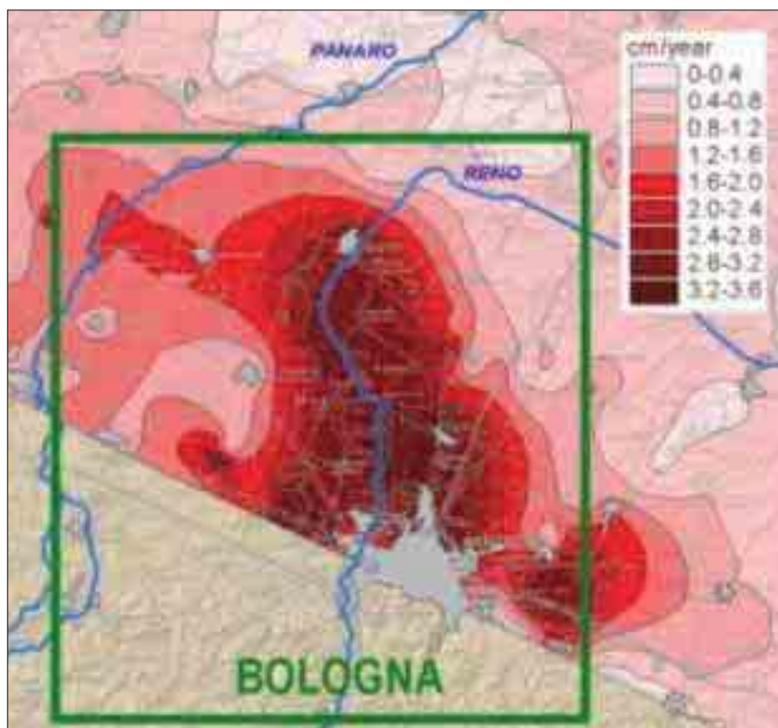


Fig. 2.9 Valori della subsidenza media nella pianura bolognese nel periodo 1973 - 1999 elaborata su base dati Arpa (fonte: sito internet del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della R.E.R.

Per quanto riguarda l'Area Bazzanese, il monitoraggio della subsidenza comprende soltanto la porzione più settentrionale della pianura di Crevalcore e di Zola Predosa. L'area in cui sono rappresentati i valori di subsidenza annuali più elevati ( $> 3$  cm/anno) risulta proprio in quest'ultimo Comune, a nord dell'asse autostradale A14 Bologna-Ancona che infatti lambisce l'area fortemente subsidente (e con falda idrogeologicamente molto depressa) della conoide del Reno. È probabile che, nei prossimi pochi anni, il centro del catino più subsidente si sposti ancora verso ovest (località Madonna dei Prati).

Anche la geometria delle zone subsidenti, che nella cartografia di criticità appaiono come catini circolari, o con asse di maggior allungamento verso nord-nordest, assumeranno con probabilità un andamento più articolato, legato alla disposizione dei sedimenti a tessitura fine presenti nel substrato. Il processo di consolidamento per incremento di carico litostatico dovuto alla perdita dell'acqua, infatti, interessa i depositi a tessitura fine mentre quelli granulari hanno una perdita di volume assai minori. Questi infatti distribuiscono le sovrappressioni, indotte dalla diminuzione della saturazione, sullo scheletro solido dei granuli. La subsidenza così fotografa in superficie anche la distribuzione dei depositi argillosi e limosi che perdono la loro primitiva saturazione.

Nelle aree subsidenti, di norma a geometria circolare o ellittica, la compatibilità di strutture ed opere di drenaggio sotterraneo (fognature) e superficiale (rete scolante) dovranno quindi tenere conto dell'abbassamento differenziale del terreno nel tempo. Come già sperimentato in alcune porzioni della pianura bolognese, è possibile che non solo le fognature possano presentare pericolose contropendenze, ma anche porzioni consistenti di reticolo di drenaggio artificiale

debbano essere ricostruite.

Si rammenta infine che non esistono norme o politiche specifiche per attenuare questo processo fisico la cui inerzia è molto grande: immaginando di arrestare le cause innaturali predisponenti, cioè il prelievo di acqua dalle falde, occorrerebbero comunque almeno 10 anni per assistere ad un consistente ridimensionamento dell'abbassamento del suolo.

## 2.3. ANALISI DELLE COMPONENTI FISICHE

### 2.3.1 Sistema geomorfologico

#### 2.3.1.1 CLASSIFICAZIONE DEI MOVIMENTI FRANOSI

Le informazioni pregresse sui dissesti gravitativi del territorio studiato ed utilizzate per questo lavoro sono state assunte da:

- metadati Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (dati aggiornati al 2007);
- PSAI del bacino del Fiume Reno (2002);
- PSAI del bacino del Torrente Samoggia (dati e cartografie aggiornati al 2007);
- metadati PSC di Monteveglio (elaborazioni dello Studio Viel, 2003);
- analisi geologiche elaborate per i PRG e studi geologico-tecnici forniteci dai Comuni e dalla Comunità Montana;
- “Carta del Dissesto” (Geo-Probe, 1999) del territorio della Comunità Montana;
- esiti del rilevamento diretto effettuato dallo Studio scrivente per questo lavoro (ottobre 2009).

Le aree in dissesto desunte dalle cartografie del PSAI del Bacino del F. Reno e del Bacino del T. Samoggia (<<zona 1>>) non sono state ulteriormente studiate perchè già zonizzate e normate (art.5 delle Norme PSAI, assunte anche dal PTCP). La cartografia del PSC pertanto riporta tal quale la zonizzazione completa delle aree classificate a rischio molto elevato (R4) o elevato (R3) assunte dal PSAI.

Per la classificazione degli altri dissesti ci si è riferiti al lavoro di Varnes (1978) nella sua più recente riconsiderazione (Cruden & Varnes, 1996). La prima stesura di classificazione (Varnes, 1978) ha rappresentato il riferimento internazionale più seguito e collaudato in questi decenni mentre la seconda (Cruden & Varnes, 1996) è, ad oggi, molto citata ed utilizzata nel mondo anche per situazioni climatiche, geologiche e geografiche assai diverse tra loro.

**Tab. 2.1. Classificazione dei movimenti gravitativi di Cruden e Varnes (fonte: modificato da <<Landslides, special report n.247>>, 1996):**

TIPO MOVIMENTO	MATERIALE	STATO	DISTRIBUZIONE	STILE
Fall (crollo)	Debris (detrito)	Active (attiva)	Advancing (avanzante)	Complex (complesso)
Topple (ribaltamento)	Earth (terre)	Reactivated (riattivata)	Retrogressive (retrogressiva)	Composite (composito)
Slide (scivolamento)	Debris/earth	Suspended (sospesa)	Widening (allargante)	Multiple (multiplo)
Flow (colamento, colata)	Rock (roccia)	Inactive dormant (quiescente)	Enlarging (aumentante)	Successive (success.)
Spread (espans. laterale)		Inactive abandoned (abbandonata)	Confined (limitata)	Single (singolo)
		Stabilized (stabiliz. artificial.)	Diminishing (diminuyente)	Rotational (rotazione)
		Inactive relict (relitta)	Moving (in movimento)	Translational (traslazione)
				Rotational/ translational

La precedente tabella riporta in modo sintetico la struttura della classificazione così come è stata codificata nella terminologia in lingua italiana.

Il territorio studiato conta complessivamente 2.806 frane e di queste 1.068 sono state analizzate e classificate. La classificazione dei dissesti gravitativi, fondamentale soprattutto per la stima della pericolosità di versante, è stata fatta in base al rilevamento diretto delle frane che potevano interessare bersagli più significativi. Nei casi in cui non è possibile ravvisare ragionevoli interferenze con manufatti di proprietà pubblica non si è proceduto al rilevamento e di conseguenza alla classificazione. Ad esempio nei molti casi di interferenza con strade private (consortili e no), spesso chiuse da sbarre o con accesso impedito con segnaletica e cartelli, non si è potuto nemmeno accedere alla corona delle frane.

#### TIPOLOGIA DEL MOVIMENTO

Nel territorio dell'Area Bazzanese, rispetto ai 5 tipi di movimento indicati nella classificazione adottata, sono individuate solamente frane di scivolamento (slide), di colata (flow), e di crollo (fall). Per la definizione della tipologia del movimento si sono utilizzate anche le informazioni relative alla litologia del substrato roccioso.

Le frane analizzate sono state dunque classificate per tipologia e risultano: 3 fall, 347 flow, 520 slide e 198 frane complesse, cioè attivate secondo differenti meccanismi di movimento. Molte delle frane classificate slide in realtà sono costituite da movimenti formati come scivolamenti, la cui evoluzione, in particolare nella parte frontale, avviene come colata. In molti altri casi la tendenza allargante di movimenti allungati in valli e depressioni predetermina condizioni di formazione di scivolamenti laterali il cui apporto confluisce a formare colate. Nel territorio indagato i flow sono sempre movimenti lenti, anche nel caso in cui si formino su unità geologiche sabbiose, perché la componente limosa ed argillosa fornisce una coesione tale all'ammasso roccioso da non consentirgli di raggiungere velocità elevate.

#### MATERIALE COINVOLTO

I tre termini indicati nella classificazione si riferiscono non al materiale dell'accumulo di frana,

ma a quello che costituisce il versante interessato dal movimento, ben osservabile, di norma, in corrispondenza del coronamento. Il significato che Varnes (1978) attribuisce a questi vocaboli non è rigoroso, ma correlato alla consuetudine applicativa, si tratta di una terminologia al limite tra la geologia e l'ingegneria.

Naturalmente nella definizione del materiale coinvolto nella frana è essenziale conoscere la profondità del piano di taglio del movimento, profondità spesso non rilevabile direttamente. In questo senso oltre alle consuete considerazioni relative all'altezza ed alla geometria della scarpata di corona, all'acclività e litologia si è tenuto conto delle dimensioni del dissesto. In questi casi le frane inferiori a 7 ettari sono state considerate superficiali, con piani di taglio intersecanti al più lo strato alterato.

#### STATO DI ATTIVITÀ DELLA FRANA

Rappresenta la valutazione qualitativa dell'evoluzione temporale della frana. Lo stato di attività può essere "attivo", "riattivato", "sospeso", "non attivo", ed è sempre riferito all'istante/periodo in cui avviene l'osservazione. Tra le non attive si distinguono le "quiescenti", le "abbandonate", le "stabilizzate". Su questi termini occorre essere molto chiari, in particolare sulle definizioni di "frana attiva" e "frana quiescente".

Le frane attive, secondo Cruden e Varnes, sono frane in movimento per la prima volta. Mentre quelle che hanno avuto attività nell'ambito dell'anno solare, ma non sono più attive al momento dell'osservazione (non hanno movimento), vengono definite "sospese". Si tratta quindi di una definizione "letterale". Se la frana dovesse nuovamente attivarsi, dopo un periodo di inattività, si utilizza il termine "riattivata". Resta implicito che una frana può essere attiva anche per molti anni successivi se il movimento persiste in continuità, o può ripetutamente riattivarsi se il suo moto si sviluppa in modo impulsivo. L'uso di termini diversi ha rilevanza in quanto differente è la resistenza opposta dalla roccia alla rottura, nel caso di prima attivazione (frana attiva), e nel caso di successiva attivazione (frana riattivata). In questo modo la terminologia indica già un elemento fondamentale di conoscenza della possibile evoluzione di quell'area.

Secondo Cruden e Varnes il termine "frane non attive" definisce i movimenti che non hanno dato segni di attività da oltre un anno, oppure da un intero ciclo stagionale. La classificazione adottata le scompone in: "dormant", tradotto in "quiescente", quando gli effetti del movimento sono visibili e le cause (morfologiche, climatiche o geologiche) che lo hanno determinato sono attuali, cioè quando esiste ancora la possibilità di una riattivazione; "abbandonate" quando le cause che hanno determinato il movimento sono modificate o sono superate; "stabilizzate" quando opere artificiali hanno fermato il movimento. Le frane sono classificate "relette" quando si tratta di movimenti antichi, sviluppatasi in condizioni morfo-climatiche non più attuali, oppure nei casi in cui vi siano prove geologiche di inattività preistorica, come, ad esempio, corpi di accumulo di frana sepolti sotto sedimenti più recenti.

In conclusione lo stato di attività delle frane è certamente il parametro più difficoltoso da applicare negli studi territoriali mancando, generalmente, informazioni precise sulle epoche di innesco e di eventuale ripresa dei singoli movimenti. Per quanto detto i dati in possesso non consentono di riscontrare casi di frane attive, mentre si riporta un caso di frana stabilizzata ed un dissesto abbandonato; i restanti movimenti rilevati vengono classificati come non attivi

quiescenti, nel senso degli Autori già citati.

#### DISTRIBUZIONE DELL'ATTIVITÀ DEL MOVIMENTO

Descrive le modalità e/o le direzioni ed il luogo del movimento della frana. La distribuzione dell'attività, quando correttamente rintracciata e studiata, permette di prevedere l'evoluzione in senso spaziale del dissesto. La definizione della distribuzione dell'attività di frana è rilevante ai fini della valutazione del grado di pericolosità, in particolare per le frane che si sviluppano in vicinanza a bersagli ad elevata esposizione: edifici pubblici, edifici residenziali e produttivi, viabilità, altre opere sensibili.

Le frane "retrogressive" sono quelle in cui, successive riattivazioni dimostrano la tendenza ad ampliare la zona coinvolta nel movimento verso la direzione opposta a quella del movimento. Cioè, la corona di distacco si amplia verso monte. Le frane "aumentanti" sono quelle in cui la superficie di scorrimento si estende in due o più direzioni producendo la conseguenza di possibili movimenti differenziati per velocità, direzione e tempi di accadimento. Le frane "avanzanti" sono quelle in cui la superficie di scorrimento tende ad estendersi nella direzione del movimento, cioè verso valle.

Una parte delle frane dotate di definizione della distribuzione, in particolare quelle retrogressive sono state qualificate in termini di possibile ampiezza dell'area interessabile, nei prossimi anni, da processi di nuova attività. Analogo comportamento si è tenuto rispetto alle aree di possibile transito e arrivo delle frane. Questa informazione è stata regolata con "record" speciali nella B/D fornita e riportati nella cartografia delle criticità geologiche (serie tavole QC.B2.02) come zone di possibile "evoluzione" o "arrivo" del dissesto.

#### STILE DI ATTIVITÀ

Indica i diversi meccanismi di movimento ed il loro relativo contributo alla frana. Anche questa caratterizzazione del dissesto fornisce, se correttamente conosciuta, indicazioni di notevole precisione sia sulla previsione del movimento, sia sulla tipologia dei monitoraggi, sia sulla qualità e costo delle opere di sistemazione. La classificazione risente pesantemente dell'assenza di conoscenze di sottosuolo ed anche morfometriche dei singoli movimenti: per giungere ad una definizione sia pure approssimativa di questo insieme di parametri occorre effettuare indagini geognostiche profonde, ed una conoscenza storica dei movimenti stessi.

Frane "singole", sono quelle in cui si è verificato un solo movimento del materiale spostato. Frane "complesse" sono quelle caratterizzate dalla combinazione successiva di più tipi di movimento (esempio: scivolamento e successiva colata dell'accumulo), è presumibile che molte delle grandi colate censite costituiscano in realtà l'evoluzione di slide. Frane "multiple" sono quelle in cui lo stesso tipo di movimento si ripete più volte, spesso a questo stile si associano distribuzioni retrogressive, allarganti, avanzanti. Frane "successive" sono quelle in cui il tipo di movimento è il medesimo e si sviluppa in tempi successivi in aree limitrofe ed i corpi di frana si mantengono distinti.

In pochi casi si è tentata una classificazione dello stile, in 16 casi si è ritenuto di riconoscere uno stile di movimento multiplo ed in altri numerosi casi (317) si è indicato uno stile complesso che è stato semplicemente desunto dai dati di classificazione dell'archivio regionale.

## 2.3.1.2 PERICOLOSITÀ DI VERSANTE

Per il PSC dell'Area Bazzanese si propone il medesimo impianto di metodo utilizzato per i Comuni di Porretta, Gaggio Montano, Castel di Casio (Studio Viel, 2000), Monteveglio e Sasso Marconi (Studio Viel, 2003), San Lazzaro di Savena, Ozzano dell'Emilia (Studio Viel & Associati, 2007), Lizzano (Studio Viel & Sangiorgi, 2008) e cioè una valutazione della pericolosità di versante (movimenti di gravità noti) fondata sull'energia esprimibile dalla frana stessa (magnitudo). Un metodo che consente anche confronti tra territori diversi. Per giungere alla stima della magnitudo occorrerebbero però molte e dettagliate informazioni sulle frane, attualmente non disponibili alla scala territoriale del lavoro.

I parametri che entrano nella valutazione della magnitudo di frana sono naturalmente la "massa della frana" e la "velocità" di riattivazione. Per ogni movimento analizzato si è indicata una velocità di riattivazione; l'indicazione è semplicemente numerica e si riferisce all'intervallo di variazione indicato mediamente dagli stessi Autori della classificazione adottata: la seguente tabella 2.2 riporta i valori assunti.

**Tab. 2.2 Velocità dei dissesti gravitativi secondo Cruden e Varnes (fonte: <<Landslides, special report n.247>>, 1996):**

CLASSE VELOCITA'	DESCRIZIONE	SCALA VELOCITA' (limite inferiore)
7	Estremamente rapida	5 m/s
6	Molto rapida	3 m/min
5	Rapida	1,8 m/h
4	Moderata	13 m/mese
3	Lenta	1,6 m/anno
2	Molto lenta	16 mm/anno
1	Estremamente lenta	

La stima della velocità di riattivazione è stata fondata su:

- a) litologia, o meglio caratteristiche della Formazione geologica che costituisce il substrato su cui si è sviluppato il movimento;
- b) rapporti tettonici (le frane di "contatto" sono fortemente condizionate dalle caratteristiche di permeabilità del substrato, e della situazione locale;
- c) la possibile profondità del piano di taglio considerata in base alle dimensioni del dissesto;
- d) ovviamente le varie considerazioni fatte in merito alla classificazione dei movimenti stessi;

Per la valutazione della massa si è semplicemente assunta la superficie della frana senza altre valutazioni relative alla profondità media dell'ammasso in dissesto. Nel calcolo finale, la magnitudo di ogni frana (che comunque rappresenta una energia istantanea) è stata ottenuta in termini di kJ (cioè migliaia di Joule).

Il metodo di stima della pericolosità basato sulla magnitudo degli eventi non è migliore dei metodi di valutazione solo qualitativi o ponderali e la qualità di questo approccio non consiste

nel fatto che è numerico, poiché alla determinazione del numero finale (energia istantanea) si giunge con una serie di valutazioni che restano qualitative (ad esempio l'attribuzione della velocità) che, come visto, è affidata ad elementi di valutazione soggettiva. Questa metodologia di valutazione consente però di correggere agevolmente le informazioni di "imput", una volta che esse siano disponibili e quindi di ottenere una più corretta stima di pericolosità; consente infine di confrontare situazioni morfologiche anche tra loro molto distanti. Ad esempio l'inserimento di strumenti di misura degli spostamenti dell'ammasso dissestato ed i relativi sondaggi di prospezione e preparazione permettono di avere sia le informazioni geometriche (profondità media) e quindi i volumi corretti, sia, nel tempo, le velocità reali. Ecco allora che questi dati consentirebbero la valutazione della magnitudo del processo in atto e possono consentire anche di estrapolare ad altri movimenti non strumentati, posti in condizioni analoghe, i risultati ottenuti.

La scala dei valori di magnitudo ottenuta costituisce pertanto la base numerica su cui si sono realizzate le categorie di pericolosità riportate nelle tavole della serie QC.B2.02. La cartografia riporta anche le zone di probabile "arrivo" oppure di "evoluzione" (retrogressione, aumento..) dei dissesti rilevati, elaborate sulla base delle condizioni morfologiche – litologiche del versante e della presenza di "segnali premonitori" rilevati nei bersagli (lesioni stradali, edifici lesionati..).

L'intero lavoro di classificazione della pericolosità di versante ha dunque lo scopo di rispondere anche al comma 2 dell'articolo 6.8 delle norme del PTCP, fornendo per le UIE non già perimetrate dal PSAI, una valutazione e soprattutto una localizzazione della pericolosità di versante.

#### 2.3.1.3 RISCHIO DI VERSANTE

Alla classificazione dei dissesti ed alla definizione quantitativa della relativa pericolosità, si è associato l'esito del rilevamento dei bersagli sensibili presenti nell'area collinare e montana (essenzialmente edifici e strade) ed il controllo di altri dati di repertorio (strade lesionate nel territorio della Comunità Montana rilevate nel 1999 da Geoprobe; strade ed edifici lesionati rilevati nel 2003 dallo Studio Viel per il PSC di Monteveglio).

La cartografia (serie QC.B2.02) identifica con un colore pieno anche gli edifici potenzialmente vulnerabili di cui non si hanno informazioni di lesioni ma che ricadono comunque sulle aree di dissesto (evidenziati in rosso) e sulle zone di probabile evoluzione oppure arrivo delle frane (verde scuro). Sono anche evidenziati tutti i fabbricati che ricadono entro una fascia di possibile interferenza con i dissesti (verde chiaro) stimata in 30 metri: quest'ultima rappresenta una distanza imposta a cautela di possibili evoluzioni del dissesto per cause non quantificabili con lo stato di fatto (impulsi sismici, interventi di nuova edificazione oppure anche interventi significativi di ristrutturazione dei fabbricati esistenti, sistemazione di terreni con scavi e/o riporti, ecc.).

L'associazione tra bersagli (qualificati da segnalazioni o da esiti di rilevamento) e pericolosità di versante consente di avere un controllo dello stato di attività delle frane stesse ed anche di rappresentare il "rischio" con maggiore probabilità di accadimento.

Tuttavia il rischio non può essere restituito in termini quantitativi poiché esso rappresenta una categoria tipicamente legata a stime soggettive, in essa infatti entra anche il "valore" del

bersaglio e la possibilità di effettuare confronti con una “scala di riferimento” che certamente non può essere comunale, o solo locale, “scala” più volte proposta e discussa, ma che non è stata mai codificata. Valore del bersaglio che non deve essere inteso solamente in termini puramente monetari.

Al fine invece di rispondere al comma 3 dell’art. 6.8 delle norme del PTCP si sono redatte le sintesi valutative relative alle situazioni di intersezione tra strade e altre proprietà comunali e movimenti franosi censiti nelle UIE a rischio basso e moderato (R1 ed R2), utilizzando schede come richiesto dall’Autorità di Bacino. Questo lavoro (allegato fuori testo) riporta i perimetri delle UIE e dei movimenti franosi rilevati senza alcuna valutazione di pericolosità o altre specificazioni.

#### 2.3.1.4 LO STATO DI FATTO

L’incrocio delle superfici dissestate con le unità litologiche affioranti fornisce un quadro generale della distribuzione dei dissesti gravitativi nel territorio studiato e della incidenza della litologia sulla franosità. Si tratta comunque di dato grezzo di incrocio che non distingue le interferenze delle frane con più unità litologiche (nel caso di frane molto estese sono spesso dovute a situazioni tettonicamente complesse – frane di contatto –) e può contenere possibili errori statistici legati alla modesta estensione, oppure all’elevata frammentazione di alcune formazioni geologiche. La tabella 2.3 vuole fornire solamente un esito statistico generale: sono state decurtate soltanto i poligoni che ricadono sulle coperture recenti (spesso frane superficiali oppure zone di arrivo/piede del dissesto). La tabella riporta per ogni litologia: la sua superficie affiorante nel territorio bazzanese in ettari ed in percentuale sul totale; la percentuale della superficie in dissesto rispetto alla sua estensione complessiva; infine nell’ultima colonna la tabella riporta la percentuale delle arre in dissesto per ogni litologia rispetto alla superficie complessiva delle frane; è evidente, però che quest’ultimo valore dipende soprattutto dall’estensione delle litologie affioranti.

Tab. 2.3 Sintesi statistica della franosità per litologia nell'Area Bazzanese

LITO	SUP. LITO TOT (Ha)	SUP. LITO TOT (%)	SUP. LITO IN DISS (%)	SUP. DISS IN LITO (%)
ADO2 - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole	1543.9	7.6	9.8	3.7
ADO2a - Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole	554.0	2.7	8.6	1.2
ANT - Marne di Antognola	395.0	1.9	33.3	3.2
ANT4 - Marne di Antognola - membro di Anconella	38.5	0.2	11.9	0.2
ANT4a - Marne di Antognola - membro di Anconella	27.6	0.1	8.5	0.1
APA - Argille a palombini	227.6	1.1	14.5	0.8
ARB - Arenarie di Ponte Bratica	246.7	1.2	24.6	1.5
AVN - Argille e calcari del Torrente Lavinello	2528.0	12.5	33.7	21.0
AVS - Argille Varicolori della Val Samoggia	1819.9	8.9	35.9	16.0
AVSa - Argille Varicolori della Val Samoggia	248.2	1.2	40.9	2.5
AVSac - Argille Varicolori della Val Samoggia	34.7	0.2	28.2	0.2
AVSb - Argille Varicolori della Val Samoggia	57.8	0.3	33.4	0.5
AVV - Argille Varicolori di Cassio	29.5	0.1	36.6	0.3
CIG - Formazione di Cigarellino	483.0	2.4	15.3	1.8
CIG1 - Formazione di Cigarellino - membro di Montalto Nuovo	46.0	0.2	0.0	0.0
CIG2 - Formazione di Cigarellino - membro di Monte Luminasio	69.7	0.3	0.0	0.0
CTG - Formazione di Contignaco	142.9	0.7	19.7	0.7
FAA - Argille Azzurre	3191.5	15.8	7.3	5.7
FPG - Formazione di Poggio	56.6	0.3	43.2	0.6
FPG1 - Formazione di Poggio - membro di Rio delle Praterie	5.1	0.0	21.0	0.0
FPGa - Formazione di Poggio - litofacies arenacea	55.5	0.3	45.1	0.6
GES - Formazione Gessoso Solifera	46.7	0.2	10	0.1
IMO1 - Sabbie di Imola - membro di Monte Castellaccio	629.7	3.1	1.4	0.2
IMO2 - Sabbie di Imola - membro di Fossoveggia	1492.2	7.3	0.8	0.3
IMO3 - Sabbie di Imola - membro di Castel San Pietro	56.0	0.3	0.0	0.0
LOI - Formazione di Loiano	278.2	1.4	29.8	2.0
MMP - Marne di Monte Piano	88.0	0.4	33.8	0.7
MOH - Formazione di Monghidoro	835.3	4.1	31.4	6.4
MPA - Formazione di Montepastore	192.5	0.9	16.4	0.8
MVT - Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa	569.0	2.8	29.6	4.1
PAT - Formazione di Pantano	1914.0	9.5	7.4	3.5
PAT3 - Formazione di Pantano - membro di Calvenzano	88.9	0.4	0.3	0.0
RUM1 - Formazione di Monterumici - membro di Scascoli	0.1	0.0	0.0	0.0
SAG1 - Formazione di Savigno - membro di Villa	855.1	4.2	35.7	7.5
SAG2 - Formazione di Savigno - membro di San Prospero	420.1	2.1	31.2	3.2
SCB - Arenarie di Scabiazza	938.7	4.6	43.9	10.2
TER - Formazione del Termina	63.1	0.3	17.6	0.3
TER2 - Formazione del Termina - membro di Montebaranzone	71.3	0.4	7.2	0.1

Per ogni colonna della tabella vengono evidenziati gli esiti più significativi: si desume facilmente che le litologie prevalentemente pelitiche e/o tettonizzate della successione Epiligure e del dominio Ligure sono quelle caratterizzate dalla maggiore propensione al dissesto ed in particolare le Formazioni AVN, AVS, MOH, SAG. Il fatto che oltre un terzo dell'estensione territoriale interessata da queste unità sia classificata in dissesto appare però poco verosimile soprattutto se confrontati con gli indicatori di franosità a scala più ampia (regionale) già noti (Viel, De Nardo et Al, 2002<sup>43</sup>) che risultano decisamente inferiori a quelli riscontrati. Si tratta certamente di un limite intrinseco all'attendibilità del rilievo e delle perimetrazioni assunte dall'archivio RER: le frane censite nella cartografia geologica regionale sono derivate da considerazioni morfologiche di superficie e da perimetrazioni effettuate da foto aeree più che da informazioni di sottosuolo o da accertamenti diretti delle geometrie e dell'attività delle frane.

Detto questo, la più alta densità di dissesto gravitativo si concentra soprattutto nei comuni di

<sup>43</sup> in "Schema direttore della pericolosità geo-ambientale", RER, edizione 2002

Savigno, Monte San Pietro e Castello di Serravalle ed in particolare:

- nel territorio di Savigno → l'alto bacino del Torrente Samoggia e la vallata del Torrente Venola sono caratterizzati da ampie aree in dissesto. Si tratta spesso di grandi frane caratterizzate da superfici con ripiani e contropendenze (tipiche delle zone di distacco interne a corpi di frana complessi e impostate su più piani di taglio sovrapposti a diverse quote) che risultano sede di insediamenti sparsi, e formatesi con movimenti storici (antichi) del corpo di frana. I corpi di queste frane possono avere segnali di riattivazione di movimenti di piccole dimensioni che interessano le coltri più superficiali e spesso causano soprattutto lesioni a strade. Sono molto frequenti ampie zone interessate da fenomeni di colamento lento (flow) causati dall'elevata erosione delle formazioni più pelitiche;
- nel territorio di Monte San Pietro → sono frequenti piccole slide che hanno coinvolto il bedrock superficiale più alterato; risultano numerosi anche i fenomeni di colamento lento, in particolare nel versante in sinistra idrografica del T. Lavino (frazione di Calderino) e, più diffusamente, anche in tutto l'alto bacino dello stesso corso d'acqua;
- nel territorio di Castello di Serravalle → i versanti situati ad ovest del capoluogo, dove affiorano litologie del dominio ligure facilmente erodibili (quindi con propensione al colamento), sono caratterizzati anche da movimenti gravitativi di scivolamento di modeste estensioni e con superfici di scorrimento per lo più poco profonde (coinvolgono soprattutto i suoli e gli spessori di roccia più alterata);

In conclusione le cartografie della serie QC.B2.02 riportano la zonizzazione di pericolosità per ogni dissesto che può coinvolgere bersagli significativi ed evidenziano lo stato di fatto dei manufatti (strade ed edifici) lesionati; a questa cartografia si rimanda per ogni valutazione più dettagliata.

## 2.3.2 *Sistema idrico superficiale*

### 2.3.2.1 PROCESSI NEL RETICOLO PRINCIPALE

Il rilevamento speditivo effettuato lungo le principali aste fluviali ha evidenziato i processi erosivi più significativi, attivi e potenziali (scalzamento ed instabilità delle ripe, erosione di fondo), inoltre si fornisce una valutazione in merito al possibile trasporto solido in alveo; gli esiti sono riportati cartograficamente nelle tavole serie QC.B2.02.

Le situazioni più importanti di erosione delle scarpate fluviali di distribuiscono lungo il Samoggia ed il Lavino, ma anche lungo gli altri corsi d'acqua secondo l'andamento locale della corrente; le situazioni più critiche sono spesso dovute alla possibile sottoescavazione delle strade di fondovalle a ridosso di scarpate fluviali in erosione. Anche la presenza di manufatti di difesa esistenti (briglie, muri e gabbionate spondali, ecc.) conferma localmente la possibilità di erosioni d'alveo: per questo motivo nei tratti di ripa si è ugualmente evidenziata la potenziale criticità, seppur allo stato di fatto mitigata dalle stesse opere.

I processi d'erosione di fondo sono invece dimostrati dall'affioramento del bedrock nell'alveo che dunque risulta inciso senza la formazione di barre e di materassi ghiaiosi di fondo. I tratti d'alveo indicati in cartografia non appaiono comunque caratterizzati da situazioni di elevata

compromissione o criticità ma piuttosto compresi nell'ambito di una dinamica fluviale di normale evoluzione naturale.

Nella cartografia serie QC.B2.02 sono stati evidenziati anche i tratti di reticolo fluviale nei quali si è presupposta la possibilità di trasporto solido significativo; questa valutazione è basata sul controllo delle litologie più erodibili (si sono considerate anche le aree di scarpata e calanchive in affioramento), del contesto tettonico locale (fratturazione dell'ammasso roccioso), della presenza di superfici in dissesto (flow e slide) e dell'acclività. Nei bacini secondari che interferiscono con il fondovalle più densamente urbanizzato, la stima del trasporto solido potenziale è stata invece impostata con un approccio di calcolo che verrà descritto nel successivo paragrafo.

### 2.3.2.2 EROSIONE NEI BACINI SECONDARI E TRASPORTO SOLIDO POTENZIALE

I Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI) del Reno e Samoggia forniscono un quadro di riferimento adeguato alla pianificazione territoriale a scala comunale in merito al rischio idraulico pertinente le principali aste fluviali (§ 2.2.2). Un aspetto non trascurabile del rischio idraulico, che non è stato ancora sufficientemente analizzato, è invece quello derivante dal reticolo idrografico minore e minuto, legato all'interferenza con l'urbanizzato di fondovalle. Sono stati elaborati, ad esempio, studi pilota della Autorità di Bacino del Reno relativi al rischio idraulico del reticolo minore e minuto nel territorio comunale di Sasso Marconi.

Per le analisi conoscitive del PSC dell'Area Bazzanese si è voluto affrontare anche il tema della potenziale criticità legata al trasporto solido del reticolo minuto che interferisce con i principali bersagli sensibili: nuclei urbani e/o produttivi, infrastrutture (fognature, tombature, by-pass stradali). È evidente, infatti, che la rapida espansione urbana degli ultimi decenni nelle valli anche a ridosso di versanti, ha spesso costretto il deflusso delle acque superficiali entro alvei sempre più ridotti oppure canalizzati o tombati e trasformati in collettori della rete fognaria urbana, con interventi che generalmente prescindevano da ogni studio idraulico (tanto meno se relativi al deflusso idrico del reticolo minuto). Il trasporto solido può gravare sull'efficienza delle opere esistenti riducendo ulteriormente il deflusso, in particolare se si sovrappongono queste "sfortunate" preliminari condizioni: opere sotto dimensionate → scarsità di manutenzione → evento pluviometrico eccezionale.

Si è dunque valutata speditamente l'entità del trasporto solido, inteso come deflusso torbido unitario medio annuo  $T_u$  (t/kmq/anno), soltanto per il reticolo minuto che interseca allo sbocco vallivo infrastrutture e nuclei urbani. La stima del  $T_u$  è assimilabile all'entità dell'erosione potenziale del rispettivo bacino idrografico secondario ed è stata basata su un approccio indiretto che considera le caratteristiche morfometriche dei bacini considerati. Per il calcolo del  $T_u$  si è utilizzata la seguente relazione matematica sperimentata per l'Appennino romagnolo (Ciccacci et al., 1980) e che implementa la densità di drenaggio  $D$  e la densità di anomalia gerarchica  $g_a$ :

$$\log T_u = 1,82818 \log D + 0,01769 g_a + 1,53034$$

La densità di drenaggio è infatti uno dei parametri più significativi perchè è funzione delle principali caratteristiche del bacino: in particolare è direttamente proporzionale all'intensità delle precipitazioni, all'acclività ed erodibilità dei versanti mentre è inversamente proporzionale alla

permeabilità dei sedimenti/suoli affioranti ed alla copertura vegetale. È definita come il rapporto tra la lunghezza totale dei segmenti fluviali del bacino e l'area del bacino stesso:  $D = \sum L/A$ .

La densità di anomalia gerarchica è invece un parametro significativo dell'organizzazione gerarchica<sup>44</sup> del reticolo idrografico ed è definita come il rapporto tra il numero di "anomalia gerarchica"<sup>45</sup>  $G_a$  e l'area del bacino considerato:  $g_a = G_a/A$ .

Lo studio è stato dunque impostato per fasi di lavoro successive:

- 1) selezione dei bacini secondari da controllare (figura 2.10) → sono state assunte le UIE del PSAI/PTCP; in alcuni casi sono state modificate, correggendo la perimetrazione del bacino, per migliorare l'esito della simulazione; le UIE selezionate interferiscono con i bersagli più significativi (strade, fognature, nuclei abitativi/produttivi);
- 2) ricostruzione e gerarchizzazione del reticolo idrografico completo nei bacini controllati (figura 2.11) → il reticolo minuto rilevato è stato implementato con nuovi segmenti desunti dal controllo della base topografica (raster CTR scala 1:5.000); si tratta di elementi idrografici già rilevati nella cartografia tecnica oppure di elementi idrografici ricostruiti in base alla morfologia del versante (disposizione delle isoipse) che consentono di completare il reticolo che può essere attivabile in condizioni pluviometriche critiche (es. intense);
- 3) calcolo nelle anomalie gerarchiche e stima dell'erosione potenziale per ogni bacino secondario → i bacini sono stati distinti in quattro classi di erosione<sup>46</sup>: "scarsa" fino a 115 t/kmq/anno; "media" da 115 a 1.000 t/kmq/anno; "elevata" da 1.000 a 2.000 t/kmq/anno; "molto elevata" oltre 2.000 t/kmq/anno;

---

<sup>44</sup> La gerarchizzazione del reticolo idrografico si basa fundamentalmente sui concetti elaborati a partire dagli anni '40 del secolo scorso da Horton (1945) e Strahler (1952). Il reticolo idrografico può essere suddiviso in segmenti ai quali viene attribuita una gerarchia: un segmento senza affluenti costituisce un elemento di I ordine, dalla confluenza di due segmenti di primo ordine si origina un'asta di II ordine e così via; infine se un elemento confluisce in un segmento di ordine superiore non si ha incremento di ordine gerarchico.

<sup>45</sup> L'anomalia gerarchica corrisponde al numero minimo di segmenti di I ordine necessari a rendere il reticolo idrografico perfettamente gerarchizzato (Avena et al., 1967)

<sup>46</sup> Classi di erosione secondo Fournier (1960)