



Comune di Cattolica

Provincia di Rimini

P S C

PIANO STRUTTURALE COMUNALE

(L.R. 24 marzo 2000, n.20 - art.28)

ADOZIONE: Del. C.C. n. 62 del 16.10.2006	APPROVAZIONE: Del. C.C. n... del
------------------------------------------	----------------------------------------

RELAZIONE GEOLOGICA

progetti & ricerche
Oikes
Urbanistica Architettura Ambiente

OTTOBRE 2006



Comune di Cattolica

Provincia di Rimini

P S C

PIANO STRUTTURALE COMUNALE

(L.R. 24 marzo 2000, n.20 - art.28)

RELAZIONE GEOLOGICA

ADOZIONE: Del. C.C. n. 62 del 16.10.2006

APPROVAZIONE: Del. C.C. n... del

Il Sindaco
Pietro PAZZAGLINI

L'Assessore alla Qualità Urbana
e allo Sviluppo Urbano
Giuseppe PRIOLI

Il Segretario Comunale
dott. Giuseppe CIANCI

Studi su idrogeologia e geo-morfologia del territorio

e studi sulla sismicità:

Studio di Geologia Applicata Viel & Associati:
Giovanni VIEL (resp.) e Samuel SANGIORGI

Comune di Cattolica

Coordinamento urbanistico:
arch. Daniele Fabbri
(dirigente settore urbanistica)

Progettista responsabile del PSC:

Roberto FARINA (OIKOS Ricerche Srl)

arch. Luca Gamucci

1 - SCHEMA GEOLOGICO E STRUTTURALE

L'assetto geologico strutturale del territorio del Comune di Cattolica è quello tipico del margine appenninico, la zona in cui l'alta pianura degli apparati distributori dei fiumi passa ad un contesto di pianura deposizionale, che in parte del territorio comunale coincide con il mare stesso. Questa zona di passaggio, assai difficile da delimitare e definire oggettivamente, costituisce un importante "tramite" geo-morfologico tra catena e piana costiera: è qui che le valli fluviali ricevono il massimo della portata di deflusso e devono ampliare il loro letto, è al limite estremo di questa zona in cui si formano gli apici dei conoidi (apparati distributori dei sedimenti trasportati dai fiumi), apici che offrono anche il maggior contributo alla ricarica degli acquiferi dell'alta pianura.

La porzione di catena appenninica compresa nel territorio comunale è costituita solamente da due affioramenti ben individuati che emergono appena dai depositi alluvionali e dai sedimenti costieri. Su questi si è impostato parte del lavoro di analisi del sottosuolo e della morfologia che ha costituito la base conoscitiva geologica.

Questi elementi morfologici caratterizzano e segnano il passaggio alla pianura alluvionale, o costiera, oppure infine direttamente al mare. Si tratta, dal punto di vista stratigrafico, di sedimenti di età compresa tra il Messiniense sup ed il Pliocene; dal punto di vista strutturale, della successione Colombacci- Pliocene che, nella fase traslativa del Pliocene inf., si impila lungo il margine romagnolo con immersione assiale circa NW, sotto le strutture frontali della catena. La figura 1 riproduce in profilo una ricostruzione molto ipotetica dell'andamento della struttura geologica profonda come si desume dalla Carta geologico - strutturale dell'Appennino Emiliano Romagnolo (A. Cerrina Ferroni et Al., 2002, RER e CNR).

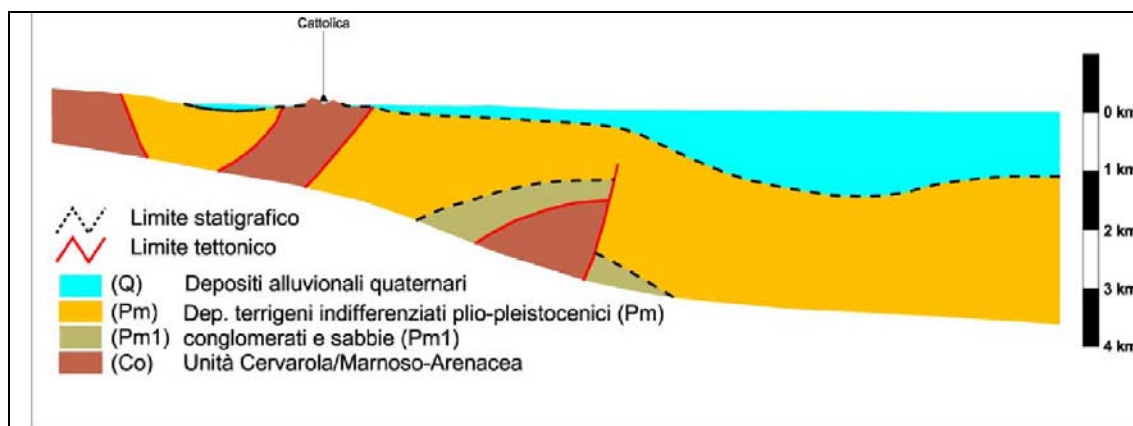


Figura 1 – Profilo ipotetico tracciato tra l'entroterra del Comune di Cattolica e l'antistante area offshore

Come si può osservare le strutture tettoniche proseguono sepolte dai sedimenti anche nella zona marina, riproducendo lo stile per pieghe faglie (Adriatic Folds) caratterizzate da comportamenti fortemente disarmonici tra le successioni antiche e profonde ed i sedimenti terrigeni mio-pliocenici sovrastanti, evidenziato in M. Pieri e G. Groppi, 1981.

Naturalmente l'assetto strutturale determina la fisiografia (assetto morfologico e climatico) del Comune di Cattolica, il paesaggio visivo è profondamente segnato anche dall'andamento geografico, e dall'evoluzione morfologica dei maggiori corsi d'acqua che incidono la pianura alluvionale e costiera. L'andamento dei corsi d'acqua ripropone la storia dei loro rapporti con il mare e la sua capacità di "ricevere" in continuità le acque continentali, nell'immediata vicinanza delle foci, originariamente, erano presenti barre sabbiose sommerse, oggi completamente obliterate dalle difese artificiali della costa stessa.

L'assetto geologico condiziona, naturalmente, anche la distribuzione geografica degli acquiferi nel sottosuolo, sia di quelli sedimentari (permeabilità primaria, per porosità), sia delle rocce magazzino (permeabilità secondaria, per fratturazione).

Gli apparati distributori del Conca, del Tavollo e del Ventena hanno diversa importanza ed evoluzione. Il conoide del Conca è certamente il più importante dell'area, e la profondità media dei suoi sedimenti alluvionali non supera i 20 metri, gran parte del carico in sospensione e del trasporto sul fondo giunge direttamente in mare. Gli altri corsi d'acqua hanno foci che immettono quasi immediatamente in mare, essi contribuiscono alla sedimentazione sottomarina.

Purtroppo il carico sedimentario di questi corsi d'acqua attualmente possiede un contenuto in sabbie molto modesto, o addirittura assente, e pertanto essi non contribuiscono al rifornimento della componente granulare della spiaggia, la cui costante erosione da parte delle correnti marine è contrastata solamente dalle difese artificiali, fisiche, offshore.

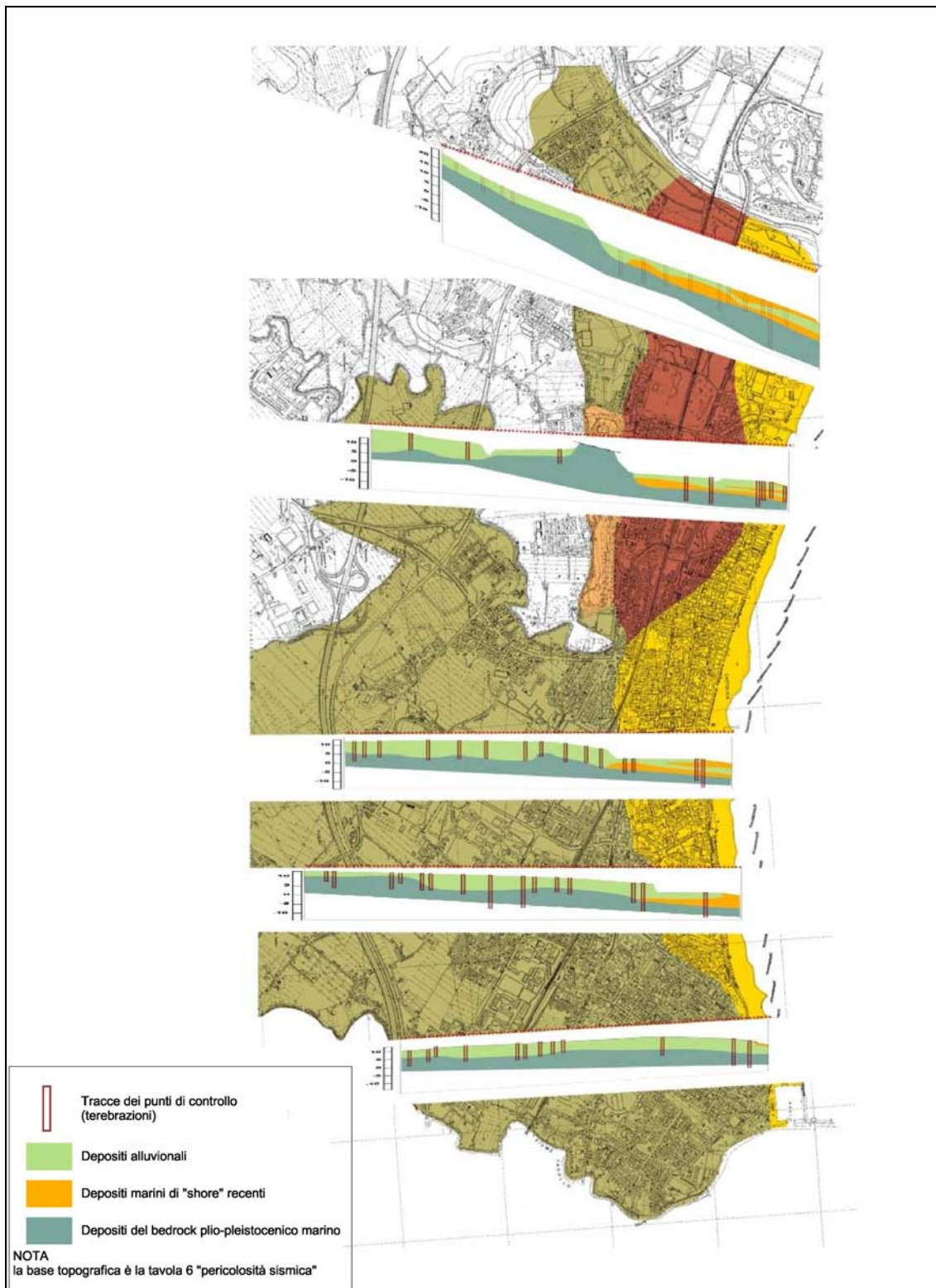


Fig. 2. Ricostruzione del sottosuolo nel territorio comunale

2 - ANALISI DELLE COMPONENTI GEOLOGICHE

2.1 - Componente Sottosuolo

2.1.1 Banca Dati Stratigrafica

2.2 - Componente morfologia

La ricostruzione di sottosuolo conferma l'assetto morfologico fossilizzato nelle forme superficiali ancora oggi rilevabili, malgrado l'intensa urbanizzazione abbia certamente cancellato molte delle tracce fossili ancora presenti nel Milleottocento:

1) la morfologia attuale presenta di un significativo "berm" (vedi figura 3 e tavola 5) che consente di dividere nettamente la porzione di "foreshore", di probabile età olocenica, porzione attualmente corrispondente alla costa ed all'espansione urbana successiva al Millenovecentoventi. Si tratta di una scarpata di diversa altezza (da poco oltre i 6 metri a circa 3 metri) e pendenza variabile, ma comunque di difficile ricostruzione a causa delle manomissioni antropiche. La ripa marina, è stata oggetto di numerosi studi, anche se non esistono valutazioni concordanti sull'epoca di formazione. Due sono le teorie principali: la prima ipotesi, spiega che la scarpata si sarebbe formata durante la trasgressione "flandriana" o "versiliana" (circa 6.000 anni fa), cioè quando il mare raggiunse il suo massimo livello nel periodo di ottimo climatico neolitico (Parea, 1986, Veggiani, 1988), la seconda teoria, invece, ne attribuisce il periodo di formazione in età più recente, circa 2.000 anni fa (Coltorti, 1991, Elmi et alii, 1994);

2) il rilievo di Torre Conca appare come residuale di una demolizione del substrato operata dall'azione combinata del Ventena, del Conca, e del moto ondoso costiero, questa struttura morfologica nel seguito è denominata "rilievo isolato". Si tratta di un residuo dell'antico "cliff" che localmente coincideva con il "berm" e che doveva avere sviluppo SSE-NNO;

3) il corso del Ventena è caratterizzato da meandri "ereditati", il confronto con l'andamento delle porzioni terminali degli alvei del Conca e del Tavollo, dimostra che questo tratto di pianura costiera presentava, e presenta tutt'ora, le acclività sufficienti ad un normale sbocco a mare dei corsi d'acqua: i tratti terminali degli alvei (Conca e Tavollo) sono in sostanza rettilinei, o presentano angoli di curvatura delle anse relativamente ridotti.

impediva l'ingresso diretto nel mare del Ventena. L'alveo del fiume ha dunque cercato verso il Tavollo il suo sbocco ed ha allungato il proprio corso con meandri per compensare le portate provenienti da monte. Nel tempo, l'azione combinata del moto ondoso, della demolizione torrentizia e dell'aggradazione del conoide, operata dai due corsi d'acqua, ha determinato la situazione attuale. I meandri che attualmente contraddistinguono il corso del Ventena possono essere dunque "ereditati" da un passato morfologico di età indefinibile, ma certamente pre-wurmiana;

4) una modesta incisione valliva di un corso d'acqua ormai tombato da molti decenni, evidente soprattutto da SE della Zona Artigianale Nord verso costa, fino a ridosso del "berm" nei pressi dell'incrocio di via Mazzini con via Indipendenza, forse eredità di un paleoalveo (riportato in tavola 5) del Ventena. La traccia di questo piccolo rio, è ben riconoscibile nella figura 4, un estratto della Carta Storica Regionale (scala 1.50.000) pubblicata dalla R.E.R., ricomposta sulla base di fonti cartografiche precedenti l'unificazione d'Italia (nel nostro caso, cartografia dello Stato Vaticano, del 1851).

5) la scarpata su cui è insediata Montalbano, che costituisce una parte del confine amministrativo di Cattolica, appare come il frutto dell'azione del Conca in un'epoca in cui anche questo fiume risentiva della presenza di una soglia morfologica relativamente rilevata, che impediva un immediato e semplice ingresso in mare.

2.3 - Componente Acque sotterranee

Il rilevamento dei pozzi freatici distribuiti nel territorio comunale, ha consentito lo studio del campo di moto dell'insieme delle falde meno profonde. Il controllo, ha aggiornato lo stato delle conoscenze sull'idrogeologia locale: l'ultimo rilevamento del freatico effettuato per l'intero territorio comunale, risale infatti a circa 10 anni fa, precisamente al 1997, quando fu composta la Carta idrogeologica allegata al quadro conoscitivo per il P.R.G.

Il controllo è stato effettuato soltanto nei pozzi a largo diametro, ed in un intervallo di tempo molto ristretto, al fine di evitare eventuali disturbi dovuti a variazioni delle condizioni meteorologiche. Il periodo di controllo, effettuato tra il 28 febbraio ed il 4 marzo 2006, ha infatti consentito di "fotografare" la morfologia della prima falda nel periodo di ricarica stagionale.

Ciò detto, in questo limitato intervallo di tempo, è stato possibile misurare le quote d'acqua di 32 pozzi a largo diametro. Ben 11 di questi pozzi, sono stati individuati entro la zona urbana storicamente consolidata, cioè a nord dell'asse ferroviario.

Il realtà, i pozzi freatici presenti nel territorio comunale sono certamente più numerosi di quelli rilevati per questo lavoro. Altri pozzi freatici, infatti, sono stati individuati nell'area urbana vicina alla costa, ma non è stato possibile accedervi, perché sono situati nelle aree cortilizie di alcuni edifici abitati soltanto nel periodo estivo e vacanziero

Sono stati esclusi da questo rilevamento i pozzi più profondi (quelli "artesiani", per intenderci), intercettanti le falde più profonde.

Per ogni pozzo, è stata stimata visivamente la sua quota topografica sulla base dei punti quotati riportati sulla Carta Tecnica Regionale (C.T.R.). Sono state misurate la profondità del pozzo, la quota statica dell'acqua (riportata s.l.m.), ed è stata effettuata una breve intervista, quando possibile, al proprietario od utilizzatore del pozzo per avere altre importanti informazioni (presenza/ assenza di pompa, tempo di svuotamento/riempimento, ecc). Le informazioni ottenute, sono state raccolte in una apposita scheda cartacea.

I pozzi controllati, sono riportati nella tavola 5, con il rispettivo numero identificativo. Essi hanno profondità comprese tra 3 metri e 21 m, ed intercettano la falda freatica ospitata nel materasso alluvionale sovrastante il bedrock argilloso plio-pleistocenico e con probabilità anche la coltre più alterata dello stesso substrato roccioso. I pozzi meno profondi, sono situati in prevalenza a valle della ripa marina: qui, la coltre di sedimenti che funge da acquifero risulta inferiore a 10 metri, ed i pozzi misurati hanno profondità minori di 8 metri (un solo pozzo –il 13– raggiunge gli 11 metri).

Il campo di moto della falda freatica viene rappresentato sulla carta con isopieze di passo pari a 2 metri.

Per la costruzione delle isopieze, non sono stati utilizzati strumenti automatici di elaborazione. Il tetto della falda è ottenuto, pertanto, secondo una elaborazione ragionata che ha tenuto conto non solo delle informazioni raccolte per ogni singolo pozzo, ma anche degli eventuali errori dovuti, ad esempio, all'imprecisione nelle valutazioni delle quote. Nello studio, si sono ponderati anche gli aspetti morfologici, in grado di influenzare il campo di moto delle acque sotterranee caratterizzate da soggiacenze particolarmente modeste in tutto il territorio comunale (da circa un metro fino a poco più di cinque metri). Per questo motivo, la carta idrogeologica riporta anche alcuni elementi morfologici significativi, come i rilievi isolati, i "bankfull", i paleoalvei sepolti, e le scarpate di "cliff" e di "berm".

Le isoipse mostrano due probabili fronti di ricarica freatica, in concomitanza dei due principali rilievi del territorio comunale. Il fronte di ravvenamento più rilevante, sembra

essere quello a valle dal rilievo isolato di “Torre Conca”, come dimostrerebbero le esiti delle interviste.

Il flusso sotterraneo nelle alluvioni comprese tra il Tavollo ed il Ventena risente, invece, della modesta depressione morfologica (l’incisione valliva già descritta nel precedente capitolo) che, dalla zona dello stadio comunale, si pronuncia verso nord fino al viale Fiume. Il contesto morfologico descritto, consente la formazione di un principale asse di drenaggio verso mare, in concomitanza del paleoalveo.

L’andamento delle isopieze, riportate sulla cartografia, aiuta la comprensione dei rapporti tra acque sotterranee e acque superficiali: per questo motivo, nel periodo di rilevamento, sono state misurate le quote d’acqua superficiali, in coincidenza dei ponti sui quali la C.T.R. riporta punti quotati. La tavola 5 evidenzia come il Ventena risulti drenante nella zona alluvionale, a nord della scarpata marina, mentre verso costa il corso d’acqua, canalizzato, viene a perdere ogni rapporto con la falda. Anche il Tavollo, ancora fino al suo tratto canalizzato, si rivela drenante la falda. Per il Conca, invece, si può soltanto supporre un possibile modesto effetto infiltrante verso costa (mancano punti di controllo –un solo pozzo misurato e una quota d’acqua superficiale, sul ponte di viale Italia–), cioè nella porzione depressa di “foreshore” a nord della via Emilia Romagna.

Assieme al controllo delle quote d’acqua, si è voluto misurare il tenore di Conducibilità Elettrica (EC) nelle acque dei pozzi rilevati. Il controllo di questo importante parametro idrochimico, è stato effettuato direttamente sul posto, prelevando campioni d’acqua dai pozzi con un campionatore bailer, circa un metro sotto il livello statico. Il valore della conducibilità è stato misurato subito dopo il prelievo, utilizzando uno strumento analizzatore portatile.

I valori di EC, hanno permesso l’elaborazione di linee di eguale concentrazione (isocone), espresse in $\mu\text{S}/\text{cm}$, che sono state riportate nella Tavola 5. I bassi tenori di EC nella zona di costa, sembrano escludere il fenomeno di ingressione di acque marine nella falda più superficiale. Inoltre, il controllo ha evidenziato i tenori più bassi poco a nord del rilievo isolato (forse per l’effetto della diluizione indotta dal citato ravvenamento della falda), e tenori di conducibilità più alti a sud, in particolare in destra del Ventena, ed a valle delle zone industriali di Cattolica (forse il “segnale” di un possibile inquinamento delle acque legato a qualche attività produttiva).

2.3.1 Tutele idrogeologiche

Le falde rilevate nel territorio comunale hanno sede in acquiferi superficiali normal – consolidati, “porosi” tra loro variamente comunicanti. L’analisi di sottosuolo, infatti, ha

messo in evidenza che la potenza dei depositi quaternari, nel territorio del comune di cattolica, è molto modesta: nei punti di controllo (geognostica) il substrato roccioso si trova a profondità che raramente superano i 15 o 20 metri.

Nella porzione più meridionale del comune la falda superficiale può essere dotata di una modesta salienza, forse dovuta a locali coperture dotate di conducibilità inferiore a $5 \cdot 10^{-6}$ m/s. In generale tuttavia non si sono riscontrate evidenze di acquiferi porosi decisamente confinati al tetto, mentre la stratigrafia indica la presenza di possibili confinamenti al letto, dovuti sia a porzioni molto alterate del substrato roccioso, sia a depositi limoso argillosi olocenici.

Il bedrock plio-pleistocenico costituisce una “roccia magazzino” (acquifero fratturato, a permeabilità secondaria) relativamente importante, come dimostra la presenza di pozzi di sollevamento per scopi potabili del comune di cattolica, scavati appunto nel substrato roccioso. questa considerazione conduce a concentrare l’attenzione sulla tutela del magazzino profondo, delle falde in esso insediate, e delle sue complessive connessioni con la falda freatica e la superficie di campagna.

In condizioni naturali, la pressione che caratterizza gli acquiferi profondi e confinati rispetto quelli superficiali, costituisce la migliore garanzia di tutela da eventuali contaminazioni provenienti dalla superficie, e dalla falda più superficiale in contatto diretto con le attività umane. Tuttavia bisogna ritenere che le comunicazioni verticali tra bedrock ed acquiferi porosi superficiali, non siano completamente ed ubiquitariamente impediti; in altre parole, la falda freatica è probabile che sia in relazione con le falde insediate nei sedimenti antichi del substrato, in zone di drenanza o di fuga. in questi casi, di norma la pressione piezometrica della falda sottostante provoca la risalita d’acqua verso la freatica ed il suo ravvenamento.

il prelievo dalle falde salienti, se superiore alle possibilità di ricarica naturali, può provocare la depressurizzazione della falda profonda, invertendo il senso della drenanza nelle zone in cui gli acquiferi superficiali e profondi sono in rapporto idrogeologico. in questi casi si ottiene che le acque della falda freatica alimentano lo scempenso piezometrico delle falde sottostanti, con tutto il carico inquinante che possono aver raccolto, ad esempio dalle reti di collettamento urbane, dalla percolazione dai pozzetti disperdenti e lungo le strutture di fondazione degli edifici industriali, artigianali, oppure direttamente dalla superficie.

la tutela della qualità delle falde freatiche della pianura, anche se di modesta potenzialità e scarsamente sfruttabile è importante, quindi, in vista della tutela della qualità delle acque sotterranee profonde, anche se relativamente confinate.

2.3.2 Politiche di incentivazione del risparmio idrico

Si tratta di una politica da articolare, assieme al gestore unico nell'ambito di ATO, in varie azioni da proporre a scala comunale, a partire però da un quadro di riferimento di scala provinciale. obiettivi sono la razionalizzazione dei consumi civili e produttivi, e delle fonti di approvvigionamento, come propone lo stesso PTA regionale di recente approvazione.

Una politica che mentre agisce subito ove possibile, ad esempio sui consumi civili attraverso l'impiego di riduttori di portata ai rubinetti, sappia anche guardare in prospettiva a diversi piani ed azioni di attuare:

- a) incentivazione ai cittadini per l'adozione dei riduttori di portata per gli usi civili (cfr. l'esperienza di Bagnacavallo). Questa forma di risparmio idrico potrebbe vedere la Provincia come primo attore ad esempio con l'introduzione di un incentivo da assegnare alle Amministrazioni Comunali che ottengono, in un intervallo temporale di due anni, una diminuzione dei consumi idrici civili superiore al 5%, a parità di popolazione considerata. Il risparmio può essere raggiunto con l'introduzione dei riduttori di portata da applicare ai rubinetti domestici, da proporre da parte dei Comuni alla propria popolazione con vari metodi di sensibilizzazione e/o di incentivi alle famiglie (ad esempio una diminuzione dell'ICI agli alberghi o ai condomini che ottengano un differenziale di risparmio idrico maggiore del 5% annuo per i primi due anni di applicazione della direttiva). Il controllo dei consumi annuali può essere facilmente realizzato attraverso la semplice collaborazione con il Gestore all'inizio ed alla fine di ogni periodo di controllo;
- b) acqua per scarichi igienici ricavata direttamente dai pluviali, o da fonti alternative all'acquedotto (riciclo acque di depurazione, cisterne, pozzi freatici), e quindi imposizione di reti duali nelle nuove costruzioni (regolamento edilizio, RUE). Incentivi per la loro realizzazione negli edifici esistenti pubblici o privati con funzioni idroesigenti importanti (alberghi, ospedali, caserme, scuole);
- c) progettazione di acquedotti che prelevino acque di riciclo o non pregiate da distribuire alle attività produttive o terziarie, e contemporaneo censimento e chiusura dei pozzi scavati abusivamente. Ad esempio, la possibilità di utilizzare le acque di depurazione può contribuire a realizzare un risparmio idrico non indifferente. La quota di scarico del depuratore di Cattolica (circa 7 m slm) limita la potenziale riutilizzazione a gravità di queste acque ad un ristretto quadrante territoriale (ampia fascia costiera), naturalmente per usi compatibili con la loro qualità bio-chimica (scarichi igienici alberghieri, forse lavaggio strade, ecc.). Per alimentare la zona industriale del "Polo produttivo di Cattolica" sarebbe invece

necessario sollevare le acque depurate di circa 9 – 10 metri con costi economici difficilmente compatibili. Un preliminare studio di fattibilità, che stimi le necessità industriali presenti in questo quadrante in relazione ai requisiti idrochimici e biologici richiesti all'acqua per essere utilizzabile, può stabilire se procedere o meno all'elaborazione di un vero progetto di fattibilità per un locale acquedotto industriale;

- d) miglioramenti nell'efficienza e gestione delle reti acquedottistiche;
- e) ricostruzione del legame tra popolazione ed acqua: sotterranea (incentivi all'uso del pozzo freatico come risorsa aggiuntiva per usi non potabili), o superficiale (fiume sotto casa), sia culturalmente, sia attuando percorsi partecipativi, anche attraverso la sistemazione di parchi fluviali.

Una simile articolata politica di risparmio idrico, potrebbe vedere il suo avvio con una sperimentazione da attuare proprio nel comune di cattolica, che potrebbe costituire l'oggetto di un'importante forma di interazione/cooperazione tra pubblico e privati: un patto territoriale (legge 662 del 23/12/1996). soggetti del patto per il risparmio idrico potrebbero essere, oltre al Comune di Cattolica, Provincia di Rimini, ATO, Associazioni albergatori, Associazioni industriali, Associazione consumatori.

3 - QUALITA' GEOMECCANICA DEL SOTTOSUOLO

Per il nuovo ambito di intervento "Ospedale-Diamante-via Larga", ove si prevedono interventi edificatori, si è proposta una zonizzazione preliminare della qualità geomeccanica del sottosuolo, necessaria ai fini della previsione edificatoria. Per questo scopo, si è riproposto un metodo di zonizzazione geotecnica, utilizzato dallo Studio scrivente in molti Comuni della Provincia di Bologna.

Il criterio utilizzato, permette di fare riferimento a parametri e standard che consentono a loro volta un confronto diretto e semplice non solo tra prove geognostiche vicine, ma anche tra comparti diversi, distanti, situati in altre parti del territorio comunale.

Come base informativa, si sono utilizzati gli esiti delle prove penetrometriche statiche (CPT) di repertorio (banca dati regionale, indagini effettate per il Piano Regolatore e per Varianti al P.R.G. di Cattolica.

Per ogni penetrometria statica (CPT) si sono considerati i valori di resistenza specifica alla punta ("rp"), nei due intervalli utili ai fini geotecnici:

- da -1 a -5 metri sotto il piano campagna (p.c.)

- da -5 a -10 metri sotto il p.c.

Il primo intervallo (da -1 a -5 m), è quello entro cui si collocano le strutture di fondazione superficiali. La sua conoscenza ha quindi attinenza con la quantificazione (il limite di “rottura” meccanica) della pressione unitaria che può essere distribuita nei sedimenti, ed anche per la valutazione dell’interazione terreni – struttura.

Il secondo intervallo (da -5 a -10 m), costituisce l’intervallo entro cui normalmente si esaurisce il cedimento provocato dalla sovrappressione imposta al “terreno”, sempre per fondazioni superficiali.

In conclusione, la zonizzazione geologico – tecnica presentata è riferita ad edifici di normale impegno costruttivo, intendendo pressioni di esercizio compatibili con i “terreni”, distribuzioni omogenee delle sovrappressioni e strutture superficiali, a geometria semplice.

In tutti i casi in cui non siano verificate le condizioni di cui sopra, la zonizzazione proposta può costituire comunque una discreta “guida” preliminare alla campagna geognostica specifica, comunque obbligatoria (D.M. 11/03/1988). Infine si ricorda che la nuova classificazione sismica impone la definizione di alcuni parametri meccanici, tra questi ha rilevanza la propensione alla liquefazione dei sedimenti saturi (vedi succ. paragrafo).

Nella valutazione della qualità meccanica, tutti i valori di “rp” sono mediati in modo cautelativo (enfaticizzando i valori bassi) entro i due intervalli considerati.

Il nuovo Ambito Urbano “Ospedale-Diamante-via Larga” ricade nella classe geotecnica:

GEOT-1 = Zone dotate di terreni di qualità meccaniche da normali ($1.000 < r_p < 1.500$ kPa) a discrete (> 1.500 kPa), sostanzialmente omogenee per entrambi gli strati considerati.

Le variazioni di caratteristiche di resistenza tra il primo ed il secondo intervallo, hanno fatto propendere per una ulteriore scomposizione in due sotto-classi:

GEOT-1a = Rappresentano zone con un andamento del parametro meccanico (rp) percettibilmente più scadente nel primo intervallo, migliori nel secondo. I “picchi” negativi di resistenze di punta nel primo intervallo sono di poco superiori a 1.000 kPa;

GEOT-1b = Zone con un andamento del parametro meccanico (rp) migliore nel primo intervallo (fino a -5 m), ma percettibilmente più scadente nel secondo intervallo (da -5 a -10 m). Anche in questo caso, i “picchi” negativi di resistenze di punta, nel secondo intervallo, sono di poco superiori a 1.000 kPa;

L'edificabilità con normali tecniche costruttive è in genere assicurata, per questa classe. Nei casi in cui sono verificate caratteristiche meccaniche classificabili come sotto-classe "GEOT-1a" o sotto-classe "GEOT-1b", vi possono essere limitazioni anche per edifici di normale impegno o a causa dei cedimenti assoluti o differenziali, oppure alle pressioni di esercizio.

La figura 5 riporta la zonizzazione geotecnica per un intorno più ampio dell'Ambito di progetto considerato. Le zone sono evidenziate con distinti retini. Sono riportate anche le prove penetrometriche statiche che sono state utilizzate per la ricostruzione della zonizzazione, con vicino il proprio numero identificativo. In calce al testo vengono allegati i diagrammi delle resistenze delle prove.

Il criterio proposto, come già ricordato, consente una prima, preliminare, definizione della qualità geomeccanica dei "terreni", utile ai fini previsionistici di espansione edificatoria. Si rammenta che solamente prove geognostiche specifiche, effettuate nella dovuta densità, potranno definire correttamente le caratteristiche meccaniche dei terreni, noti i parametri strutturali degli interventi insediativi che verranno definiti nelle successive fasi progettuali (cfr. D.M. 11, marzo, 1988).

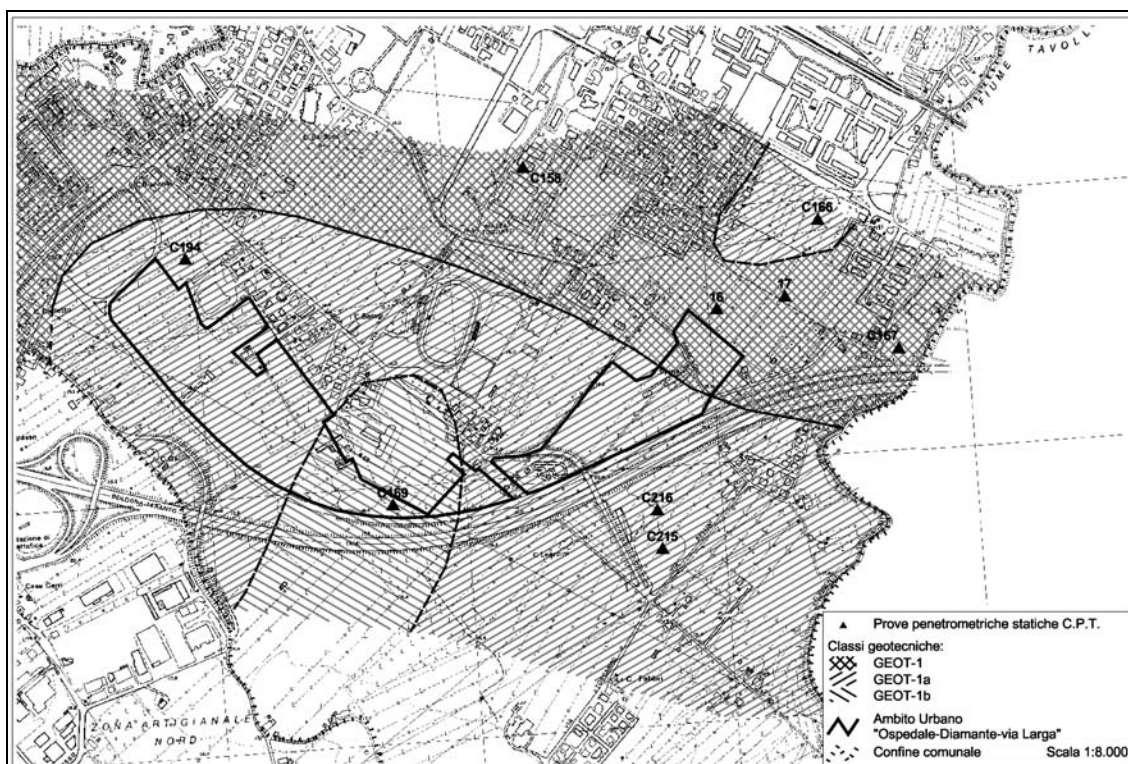


Fig. 5. Zonizzazione geotecnica: Ambito di Progetto "Ospedale – Diamante – Via Larga"

4 - SISMICA

4.1 – Premessa: motivazione ed obiettivi della politica

La funzione del P.S.C., dovrebbe essere quella di realizzare una micro-zonizzazione sismica di scala territoriale come richiamato dalla legislazione, anche se non vengono specificate modalità di realizzazione e grado conoscitivo da raggiungere nelle diverse situazioni locali. La stesura di una simile cartografia, richiede l'impiego di strumenti d'analisi molto costosi e di metodologie interpretative complesse, che dovrebbero opportunamente essere omogenei almeno per l'insieme dei comuni regionali. Un Comune come Cattolica, posto al confine regionale, dovrebbe considerare anche la realtà marchigiana.

La Regione Emilia-Romagna sta elaborando il necessario atto di indirizzo e di coordinamento tecnico, ai sensi dell'art 16 comma 1 della L.R. 20/2000, di cui esistono alcune bozze preliminari ma non ancora accreditate.

In assenza di questo atto, si può solamente fare riferimento alla legge nazionale (D.M. n.159 del 14/09/2005) ed alla D.G.R. n. 1677 del 24/10/2005, ad alla normativa pregressa.

A questi documenti, si è ispirato il lavoro svolto ed anche gli aspetti normativi proposti.

4.2 – La zonizzazione sismica proposta

La cartografia presentata (tavola 6) zonizza il territorio comunale in base alle colonne litologiche come risultano dalle prove geognostiche di repertorio, alla potenziale propensione alla liquefazione, ed infine in base alla conformazione morfologica, ove sono presenti pendii e rilievi costituiti direttamente dal substrato roccioso e da modesti spessori di copertura.

4.2.1 Caratterizzazione del sottosuolo e dei principali effetti di sito

L'azione sismica locale, è condizionata dalla situazione geologico – stratigrafica, dalla sua variazione nello spazio e da fattori geomorfologici locali.

Per la caratterizzazione sismica di sottosuolo, si è proceduto componendo profili perpendicolari alle principali strutture morfologiche attuali ed antiche, e alle strutture geologiche. Per la composizione dei profili ci si è avvalsi dei dati di sottosuolo disponibili (le indagini geognostiche a corredo del P.R.G. e delle sue integrazioni e Varianti, la Banca Dati geognostica della R.E.R.). Nell'eseguire i profili, fondati essenzialmente sulla correlazione delle tessiture secondo principi, criteri e modelli

sedimentologici ormai consolidati, si è avuto particolare cura nel considerare ed interpretare i dati meccanici, ricavati dalla penetrometrie, per stimare la correlazione con le velocità di taglio delle onde meccaniche (V_s) e la propensione alla liquefazione delle sabbie sature.

Per stimare l'influenza della "colonna litologica" nell'azione sismica di progetto, la legge nazionale prescrive che vengano classificati i "suoli di fondazione" in funzione delle velocità di propagazione del sisma nei terreni compresi tra la quota d'incastro della struttura ed il "bedrock" di riferimento.

Il riferimento sismico dovrebbe consistere in rocce rigide in cui la velocità di propagazione sia superiore a 800 m/s, in assenza di tale substrato sismico, occorre ricostruire la distribuzione delle velocità per uno spessore di almeno 30 metri.

Per la stima delle velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 metri di profondità (V_{s30}), necessaria per la classificazione del sottosuolo definita dal D.M.159/2005, si è utilizzato il metodo empirico di correlazione con i dati meccanici ricavati dalle penetrometrie statiche e dinamiche. Nella correlazione dato geomeccanico – V_s si sono utilizzati gli intervalli di valori indicati dalla legge, riportati per chiarezza nella seguente tabella:

Categoria suolo	V_{s30} [m/s]	N_{SPT} [num. colpi]	C_u [kPa]
A, substrato rigido >800 m/s entro i 5 metri	> 800		
B, alluvioni granulari dense, con argille compatte	$360 < V_{s30} < 800$	> 50	> 250
C, alluvioni granulari media densità, argille medie	$180 < V_{s30} < 360$	$15 < N_{SPT} < 50$	$70 < C_u < 250$
D, all. granulari poco dense, fini poco consistenti	$V_{s30} < 180$	$N_{SPT} < 15$	$C_u < 70$
E, simili a C o D ma substrato 800 m/s entro i 20 m	V_{s30}	---	C_u
S1, almeno 10 m di fini poco consistenti, $PI > 40$	$V_{s30} < 100$	---	$10 < C_u < 20$
S2, liquefazione, argille sensibili.	---	---	---

Le conclusioni a cui siamo pervenuti con le attribuzioni empiriche citate, sono state verificate parzialmente con gli esiti delle prove sismiche (down-hole e cono sismico) effettuate dalla Regione Emilia Romagna in località "le Navi" e in località limitrofe, ma esterna, al territorio comunale; gli esiti di queste prove, sono stati utilizzati anche per attribuire V_s corrette al substrato roccioso affiorante e sepolto che costituisce la base delle alluvioni e depositi costieri analizzati

In particolare per il substrato sovraconsolidato, si sono utilizzate velocità di 200 e 400 m/s rispettivamente per il substrato più esterno (vicino alla costa) e più interno (a nord-ovest del “cliff”).

La pericolosità sismica, come già scritto, si fonda non solo sulle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, ma deve anche stimare i potenziali “effetti di sito”, legati a particolari fattori geomorfologici locali che possono indurre variazioni significative alle caratteristiche del modo sismico che si propaga verso la superficie. Per questo motivo, la tavola 6 evidenzia, delimitandola, l’area occupata dal rilievo isolato di “Torre Conca”. Questa area, infatti, è caratterizzata da una dorsale di altezza maggiore di 30 metri e da una acclività maggiore di 30 °, fattori che possono determinare amplificazione della risposta sismica in superficie.

4.2.2 Effetti indotti da sisma: liquefazione/addensamento dei sedimenti

La liquefazione di sedimenti saturi non sempre produce perdita di funzionalità o collasso delle strutture degli edifici. Riduzioni rilevanti di capacità portante e cedimenti significativi sono funzione dello spessore e dell’estensione dello strato in liquefazione, dello spessore dei sedimenti sovrastanti non soggetti a liquefazione, le condizioni morfologiche al contorno (acclività, presenza di scarpate o intense locali variazioni di pendenza). Da queste considerazioni discende la necessità di stimare le condizioni complessive di un’area, una volta definita la non soddisfazione della verifica a liquefazione di uno strato sedimentario: in altre parole, se si verifica la presenza di uno strato con probabilità liquefacibile in presenza di sisma, prima di considerare il sito non idoneo a garantire condizioni di sicurezza per l’edificio, occorre stimare gli effetti della liquefazione in quelle particolari condizioni di sito.

Le modalità di stima della liquefazione del sedimento adottate nel presente lavoro, sono dettate dalle relazione tra potenza dello strato (strati di potenza inferiore ad 1 metro non sono considerati), tessiture medie (ricavate dal rapporto tra resistenza alla punta e attrito laterale per ogni intervallo di conoscenza, dipendente dal tipo di strumento utilizzato), densità relativa, presenza/assenza di saturazione, sensibilità della componente argillosa, ecc.

La figura 2, già descritta in precedenza, mostra alcuni “spaccati” della carta sismica, effettuati in corrispondenza delle cinque sezioni di sottosuolo costruite interpretando gli esiti litologici delle informazioni geognostiche di repertorio. Nelle sezioni, sono state marcate le strutture sedimentarie prevalentemente sabbiose e quelle prevalentemente fini del quaternario fluvio-marino, ed il substrato roccioso plio-pleistocenico.

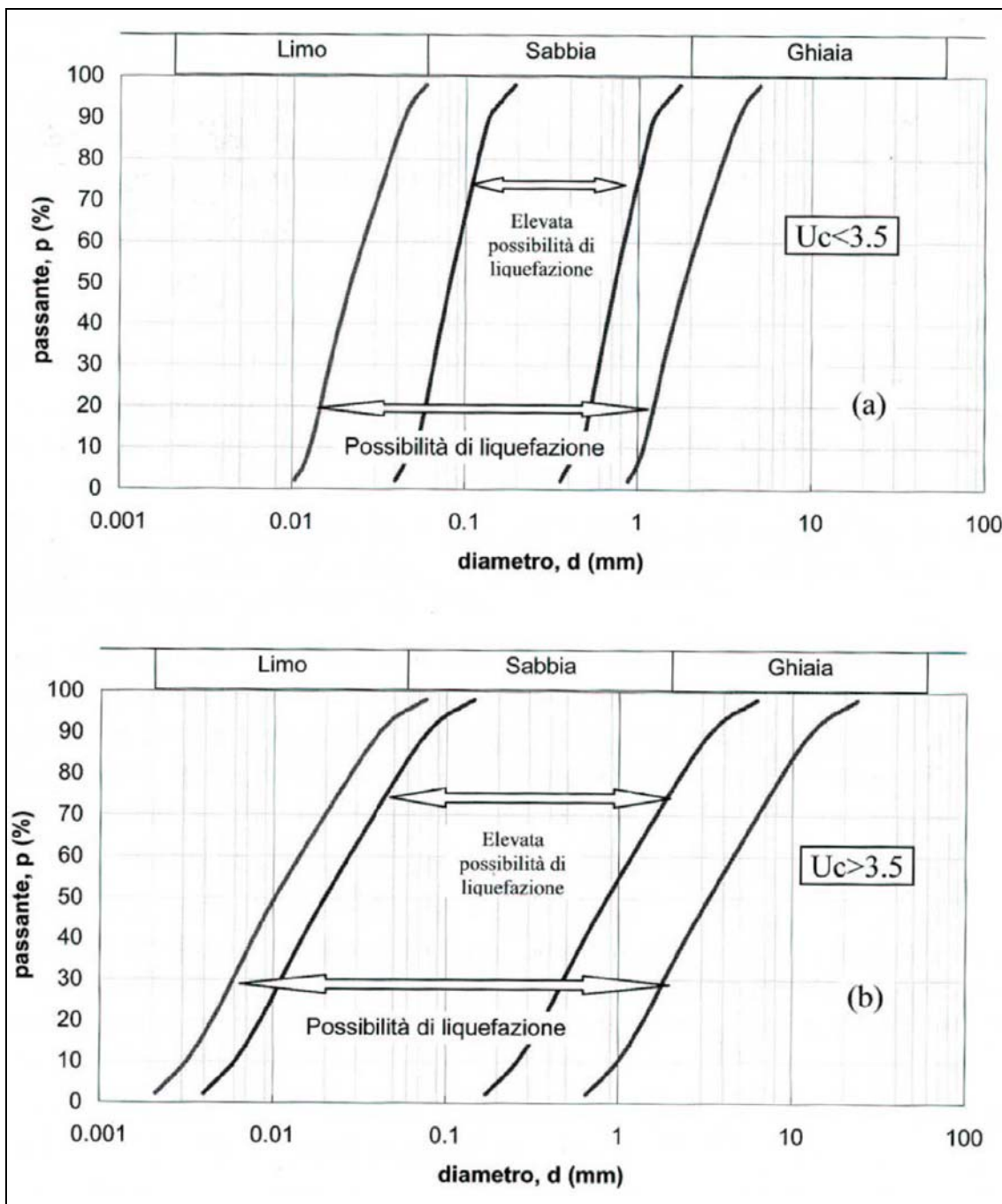


Figura 6 – Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione, modificato da “Linee guida AGI” 2005.

In prospettiva, nelle aree di nuova espansione, e più in generale per una definizione più accurata della distribuzione territoriale della potenziale liquefazione sarà indispensabile procedere con nuove indagini puntuali. Una più sicura valutazione della

liquefazione può essere ottenuta sia con specifiche prove in sito, sia soprattutto prelevando un campione indisturbato di sedimento per sottoporlo ad analisi di laboratorio, oppure anche utilizzando campioni disturbati (carote di sondaggio opportunamente pulite e selezionate) per verificare la quantità di componente fine presente, l'indice di plasticità, e soprattutto se il fuso granulometrico rientra nei valori indicati in letteratura.

In questa prospettiva la figura 6 riporta le fasce granulometriche generalmente utilizzate a questo scopo, in relazione all'indice di uniformità dei granuli (UC) se maggiore o minore di 3,5.

4.2.3 Macro-zone sismiche

La carta della pericolosità sismica contiene cinque macro-zone, distinte con numeri romani progressivi da I a V. Entro ogni macro-zona sono distinguibili:

- la stima della propensione alla liquefacibilità/densificazione, che è individuata nella cartografia come aree distinte da retini differenti con numeri arabi progressivi da 1 a 3;
- la categoria di "suolo di fondazione" (il territorio comunale è classificabile nelle categorie B, C, e D), secondo il punto 3.2.1. del D.M. 159/2005. Le categorie sono evidenziate con colore pieno nella cartografia;
- le condizioni morfologiche che possono produrre effetti di sito, riconoscibili con un apposito retino.

Macrozona I

Consiste in parte del territorio comunale nord occidentale, delimitato a sud dalla ripa di scarpata marina ("cliff") e a ovest dall'alveo fiume Conca. Verso est, quest'area si estende poco oltre il canale arginato del Ventena.

Questa macro-zona è caratterizzata da "suolo di fondazione" classificabile "D", cioè depositi alluvionali granulari poco densi, oppure fini poco consistenti ($V_{s30} < 180$ m/s, $N_{spt} < 15$ oppure $C_u < 70$ kPa).

Il sottosuolo di questa area, è caratterizzato da corpi granulari di maggior potenza ed estensione rispetto alle altre macro-zone che verranno di seguito descritte. La presenza di questi depositi sabbiosi sepolti, estrapolati grazie agli esiti tessiturali delle prove penetrometriche di repertorio (vedi le sezioni E-E' e D-D', di figura 2) è probabilmente dovuta ai più consistenti apporti di alluvioni sabbiose, anche recenti, trasportate verso mare dal fiume Conca (in minor misura anche dal torrente Ventena) e successivamente ripasciate dall'azione marina ed eolica. Gli esiti penetrometrici,

consentono di stimare il contatto erosivo dei depositi fluvio-marini recenti con il sottostante bedrock (costituito da sedimenti sovraconsolidati) che sulla costa è collocato a circa -10 metri s.l.m. Queste sabbie recenti, ospitano la falda più superficiale, con soggiacenze (misurate nei pozzi a largo diametro) anche inferiori al metro.

La coltre quaternaria è pertanto costituita da sedimenti sabbiosi saturi con probabile (presunta) la liquefacibilità/addensamento.

Macrozona II

Occupava la rimanente porzione di territorio comunale verso costa, situata a nord della scarpata di "berm".

La macro-zona è ancora caratterizzata da "suolo di fondazione" classificabile "D", cioè depositi alluvionali granulari poco densi, oppure fini poco consistenti ($Vs_{30} < 180$ m/s, $N_{spt} < 15$ o $Cu < 70$ kPa).

Il sottosuolo è ancora costituito da una coltre più superficiale (di potenza variabile, ma inferiore a 10 metri) costituita da sedimenti prevalentemente fini (limi ed argille), e da corpi sabbiosi caratterizzati però da spessori e continuità più modesti rispetto alla già descritta macro-zona I. Gli apporti sabbiosi alluvionali, infatti, tendono infatti a diminuire allontanandosi dal Conca, mentre i torrenti Ventena e Tavollo trasportano fino a mare sedimenti in prevalenza limoso argillosi, naturalmente anche in questo caso rimaneggiati dall'azione marina ed eolica. In questa macro-zona, pertanto, la liquefacibilità/ addensamento dei sedimenti granulari è soltanto potenziale, in quanto può manifestarsi soltanto se gli spessori di sabbie, sature e poco addensate, presenti nei primo 10 metri di sottosuolo, hanno potenze significative (in genere maggiori di un metro) e con granulometrie comprese nel fuso granulometrico che induce suscettibilità alla liquefacibilità o all'addensamento.

Macrozona III

Comprende la porzione più vasta del territorio comunale, situata a sud della "cliff", con sottosuolo caratterizzato da depositi alluvionali terrazzati prevalentemente fini (vedi sezioni di figura 2).

La macro-zona è caratterizzata da "suolo di fondazione" estrapolabile in categoria "C", cioè alluvioni granulari mediamente addensate o sedimenti fini di media consistenza ($180 < Vs_{30} < 360$, $15 < NSPT < 50$ oppure $70 < Cu < 250$ kPa).

Il contesto di sottosuolo, come già accennato, è caratterizzato da uno spessore più superficiale (variabile da circa 2 metri ad oltre 15 metri) di depositi alluvionali limoso argillosi, con eventuali corpi sabbiosi (paleocanali o crevassate) di modesta potenza (<

1 metro). Il materasso alluvionale sovrasta il sovrastante substrato roccioso sovraconsolidato plio-pleistocenico. Il contesto descritto, consente di stimare improbabile la suscettibilità alla liquefazione o all'addensamento dei sedimenti nei primi 30 metri di profondità.

Macrozona IV

Comprende la porzione di versante situato a sud ovest del comune, sottostante il tratto stradale di via Panoramica ed a nord della località Montalbano.

In questa macro-zona, affiorano sedimenti alterati del bedrock argilloso plio-pleistocenico, estrapolabile nella categoria di "suolo di fondazione" "B" (ascrivibile a depositi granulari densi o a depositi argillosi compatti, con $360 < Vs_{30} < 800$, $NSPT > 50$ oppure $Cu > 250$ kPa). Il contesto litologico esclude ovviamente il discorso della propensione alla liquefazione. Il versante è caratterizzato da una acclività media inferiore a 10° , cioè tale da poter ritenere che l'influenza morfologica sull'azione sismica locale sia modesta.

Macrozona V

L'ultima macro-zona distinta sulla carta sismica, comprende la piccola porzione di territorio che costituisce il rilievo di "Torre Conca".

Questa macro-zona, è ancora caratterizzata da sedimenti sepolti costituiti dal substrato roccioso plio-pleistocenico, ed è estrapolabile nella "categoria di sottosuolo" "B" (depositi granulari densi o a depositi argillosi compatti, con $360 < Vs_{30} < 800$, $NSPT > 50$ oppure $Cu > 250$ kPa).

Anche in questo caso, il contesto litologico consente di escludere la suscettività alla liquefazione/addensamento dei sedimenti. Questa macro-zona è caratterizzata anche da una dorsale di altezza $>$ di 30 metri con acclività \geq a 30° , che rappresenta una condizione morfologica che può determinare amplificazione della risposta sismica in superficie.

4.3 – Approccio normativo

L'analisi condotta per il Comune di Cattolica non ha evidenziato la presenza di condizioni geologiche locali di inedificabilità. Solitamente, infatti, il riscontro di condizioni geologiche di inedificabilità in pianura è, in genere, assai raro: le moderne tecniche di riduzione del rischio sismico, oppure, se si preferisce, di diminuzione della vulnerabilità sismica delle opere d'ingegneria, rendono sempre più rare le situazioni di reale inedificabilità connesse alle particolarità tessiturali, e litologiche locali.

Le analisi geologiche, dunque, sono rivolte a stabilire le condizioni di edificabilità, in riferimento all'interazione struttura-substrato, al tipo ed al grado di pericolosità sismica locale. Quindi a fornire ai progettisti gli elementi necessari a realizzare opere dotate di "accettabile" grado di sicurezza, anche a fronte di sollecitazioni sismiche con bassa probabilità di accadimento. Il problema dell'edificabilità, nelle diverse condizioni locali, è quindi riconducibile, nella grande maggioranza dei casi, ad un problema di costi della sicurezza "accettabile" per edifici ed opere con diversa destinazione d'uso.

Le informazioni di partenza utilizzate per la definizione della pericolosità sismica, sono comunque insufficienti a descrivere compiutamente le possibili variazioni laterali del comportamento meccanico e sismico dei sedimenti. È quindi indispensabile aumentare, nel tempo, la frequenza dei punti di controllo.

I risultati ottenuti con la zonizzazione geotecnica e sismica formano, pertanto, solamente un quadro preliminare della distribuzione dei parametri che condizionano, localmente, le possibilità insediative: *essi possono essere utilizzati come riferimento nella definizione di edificabilità di nuovi comparti di espansione, solamente se associati agli esiti di nuove indagini geognostiche in sito e di laboratorio, che confermino le zonizzazioni stesse precisandole, o smentendole localmente.*

Le norme che si propongono, sono dunque rivolte essenzialmente alle fasi di indagine geologica che dovranno precedere e accompagnare le fasi preliminari e di massima della progettazione, cioè saranno rivolte in particolare al POC.

4.3.1 Indagini indispensabili per la caratterizzazione del sottosuolo

Il recente D.M. 159/2005, si propone come strumento normativo nazionale per giungere alla corretta definizione dell'azione sismica di progetto, attraverso uno studio specifico di "risposta sismica locale". In assenza di questi studi, il D.M. 159 prescrive la necessità di classificare i terreni secondo "categorie di suolo di fondazione" fondate sulla media delle Vs (quando note), oppure sui parametri geomeccanici di un intervallo di sedimenti compresi tra il piano di imposta delle fondazioni ed il substrato rigido di riferimento sismico ($V_s = 800$ m/s). In assenza di substrato di riferimento, l'indagine deve essere spinta almeno fino a 30 metri sotto il piano di incastro della struttura di fondazione dell'opera.

Nello stabilire il programma di indagini da svolgere nei siti di nuovo insediamento, si dovranno seguire i seguenti criteri:

- la valutazione della categoria di suolo di fondazione e la stima del grado di propensione alla liquefazione, può essere ottenuta indirettamente dagli esiti

meccanici di prove penetrometriche standard (§ 4.3.1 e 4.3.2). Spesso però questi strumenti di misura non hanno la possibilità di attraversare il substrato roccioso anche se costituito da rocce tenere;

- le misure delle Vs medie relative al substrato roccioso, finalizzate alla stima della categoria di suolo di fondazione, ricavate da DH (Down-hole), CH (Cross-Hole), o altri metodi diretti di misura, possono essere estrapolate per il calcolo della Vs30 anche in altre situazioni, ad esempio in quelle in cui il substrato rappresenti una parte della colonna litologica locale non classificabile con prove penetrometriche. L'intorno di validità dell'estrapolazione dei dati di Vs medi del substrato roccioso attorno al punto d'indagine, se motivate ricostruzioni geologiche confermano la continuità laterale della formazione in oggetto, non può essere superiore ai 500 metri;
- superata la distanza di 500 metri da un punto di controllo diretto del substrato roccioso, occorre una nuova misura diretta della Vs relativa alla formazione sovra consolidata posta alla base dei depositi quaternari, se presente entro la profondità di 30 metri dalla quota di incastro delle strutture di fondazione.

In riferimento alla necessità di corretta definizione della pericolosità geologica, si è ritenuto indispensabile comporre una normativa che precisi e consigli le indagini geognostiche minime da condurre nelle diverse macro-zone, individuate nella tavola 6 del quadro conoscitivo, per la fase di "caratterizzazione" dei sedimenti presenti localmente.

Le indagini geognostiche di seguito proposte, dovranno effettuarsi con attrezzature rispondenti agli standard (ISRM, ASTM, BS, AGI) richiamati nella CIRCOLARE del 16/12/1999 n. 349/STC D.P.R. n. 246 del 21.4.93, art. 8 comma 6 – *Concessione ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni e sulle rocce ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali.*

Quest'ultimo documento di riferimento, richiama l'utilizzazione soltanto di alcune tra le più diffuse prove geotecniche in sito <<per le quali esiste un consolidato bagaglio di conoscenze tecniche>>. Per gli standard di fabbricazione di questi strumenti d'indagine e per le norme d'esecuzione delle prove, la Circolare fa riferimento alle "raccomandazioni" dell'Associazione Geotecnica Italiana (AGI), pubblicate nel 1977.

In appendice al presente testo è allegata la parte cogente della citata Circolare, per chi volesse verificare o approfondire l'argomento.

Gli acronimi e la simbologia impiegati nel testo seguente sono:

- ❖ I.S.R.M. = International Society of Rock Mechanics;
- ❖ A.S.T.M. = American Society of Testing Materials;
- ❖ B.S. = British Standard;
- ❖ A.G.I. = Associazione Geotecnica Italiana;
- ❖ CRR = Cyclic Resistance Ratio, rapporto di resistenza ciclico desumibile dalle prove SPT e CPT se eseguite secondo gli standard;
- ❖ V_p = velocità onde di compressione
- ❖ V_s = velocità onde di taglio

PROVE PENETROMETRICHE IN SITO (misura diretta parametri geomeccanici, derivati parametri sismici e stime liquefazione)

- DP = Penetrometria Dinamica, eseguite con attrezzature di penetrazione dinamica (maglio battente, punta, aste) molto varie per dimensioni e caratteristiche: DPL (leggere) eseguite con maglio di peso compreso tra 10 e 30 kg con caduta tra 20 e 50 cm, punta compresa tra 22,5 e 35,7 mm di diametro; DPSH eseguite con maglio di peso compreso tra 63,5 e 73 kg con caduta di 75 cm, punta di 50,5 mm di diametro;
- SPT = Standard Penetration Test, eseguiti in genere nel foro di sondaggio, per attrezzature e modalità operative secondo standard riconosciuti da organismi ufficiali, (ISRM, ASTM, BS, AGI), SCPT = attrezzature valide per la prova continua;
- CPT = Cone Penetration Test, eseguiti con punta e trasmissione pressioni meccanica (una misura ogni 20 cm di avanzamento); CPTE eseguiti con punta dotata di sensore e trasmissione misure elettrici (una misura ogni 2 cm di avanzamento); CPTU come la precedente (misure ogni 2 cm di avanzamento) e con piezocono per la misura delle pressioni neutre. Anche per queste prove dovranno essere rispettati, per attrezzature e modalità operative, gli standard riconosciuti (ISRM, ASTM, BS, AGI).

PROVE GEOFISICHE IN SITO (misura diretta parametri sismici, derivati geomeccanici e stima liquefazione)

- CH = Cross-Hole, eseguite in due o più fori di sondaggio in cui è collocata la sorgente di impulsi ed i geofoni di ricezione;
- DH = Down-hole, eseguita nel foro di sondaggio con sorgente di impulsi posta in superficie e geofono ricevitore lungo parete del foro;
- CPTS = Cono Sismico, DH eseguita con speciale punta strumentata con sorgente d'impulsi in superficie e geofono ricevitore posizionato su punta

CPT. Esiste anche una punta strumentata con due geofoni ricevitori posti alla distanza di un metro che misurano la Vs e la Vp ogni avanzamento di un metro:

- SASW = Spectral Analysis of Surface Waves, eseguita in superficie con sorgente e ricevitori posti in superficie.

4.3.2 Indagini indispensabili per la stima della liquefacibilità/addensamento dei sedimenti in condizioni sismiche

Nelle piane alluvionali e costiere, la liquefazione di sedimenti saturi raramente produce perdita di funzionalità o collasso delle strutture degli edifici. Riduzioni rilevanti di capacità portante e cedimenti significativi sono funzione diretta dello spessore e dell'estensione dello strato in liquefazione, ed indiretta dello spessore dei sedimenti sovrastanti non soggetti a liquefazione. Prima di considerare il sito non idoneo a garantire condizioni di sicurezza per l'edificio, a causa dell'esistenza di uno strato suscettibile di liquefazione in presenza di sisma, occorre quindi stimare gli effetti della liquefazione in quelle particolari condizioni di sito.

Le modalità di stima della liquefazione del sedimento, adottate nel presente lavoro, sono dettate dalla relazione tra potenza dello strato (strati di potenza inferiore ad 1 metro non sono stati considerati), tessiture medie, densità relativa, presenza/assenza di saturazione, sensibilità della componente argillosa, ecc. La possibilità di ottenere queste informazioni, e la loro attendibilità, è fortemente condizionata dall'attrezzatura adottata per effettuare le misure. In questo senso è indispensabile adottare strumenti d'indagine standard (§ 4.3.1), dotati del massimo grado di definizione, di precisione e di comparazione delle misure (SPT, CPTe, CPTU, CPTS, DH, CH).

In prospettiva, nelle aree di nuova espansione, e più in generale per una definizione più accurata della distribuzione territoriale della suscettibilità alla liquefazione, sarà indispensabile procedere con nuove specifiche prove in sito, ed anche prelevando campioni indisturbati di sedimento per sottoporli a particolari analisi di laboratorio, oppure utilizzando campioni disturbati (carote di sondaggio opportunamente pulite e selezionate) per verificare la quantità di componente fine presente, l'indice di plasticità, e soprattutto se il fuso granulometrico rientri nei valori indicati in letteratura. In questa prospettiva la figura 6 della relazione geologica, riporta le fasce granulometriche generalmente utilizzate a questo scopo, in relazione all'indice (UC) di uniformità dei granuli.