

INDICE

1	PREMESSA	5
2	QUADRO GEOGRAFICO	5
3	QUADRO GEOLOGICO	6
3.1	NEOTETTONICA	12
3.2	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E EVOLUZIONE DELLA PIANURA	15
3.3	UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME SECCHIA	20
3.4	GEOMORFOLOGIA	23
4	QUADRO LITOSTRATIGRAFICO	25
4.1	LITOLOGIA DI SUPERFICIE	25
4.1.1	<i>Prove di Permeabilità</i>	26
4.2	TETTO DELLE GHIAIE	33
4.3	LITOLOGIA SOTTERRANEA	35
4.4	CARATTERISTICHE GIACIMENTOLOGICHE	36
5	QUADRO IDROGEOLOGICO	38
5.1	IDROGRAFIA DI SUPERFICIE	38
5.1.1	<i>Idrografia del Polo 5</i>	38
5.2	CARATTERISTICHE DELLE ACQUE SOTTERRANEE	41
5.3	CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'ACQUIFERO	45
5.3.1	<i>Caratteristiche della falda e condizioni di flusso</i>	46
6	VULNERABILITÀ E PROTEZIONE DEGLI ACQUIFERI	49
6.1	QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI DI ALIMENTAZIONE	54
6.2	IDROCHIMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE	55

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Inquadramento corografico (Foto Aerea - Google Earth 2011)	6
Figura 2 - Rappresentazione schematica e sezione di struttura tipica di conoide (LONGHITANO 2006)	7
Figura 3 - Geometria della conoide del Fiume Secchia (da: La conoide del Fiume Secchia - Modalità di alimentazione e rapporti col fiume - CNR, IRSA 1980)	9
Figura 4 - Rappresentazione schematica dei corsi d'acqua a canali intrecciati (braided)	10
Figura 5 - Carta delle isobate della base del Pliocene (da: PELLEGRINI, COLOMBETTI E ZAVATTI - Idrogeologia profonda della pianura modenese)	11
Figura 6 - Carta neotettonica della provincia di Modena	13
Figura 7 - I suoli della Pianura Modenese (Regione Emilia Romagna)	18
Figura 8 - Sezione litostratigrafica del Fiume Secchia (tratto da: "La conoide del Fiume secchia - Modalità di alimentazione e rapporti col Fiume - CNR-IRSA, 1980)	23
Figura 9 - Carta geologica schematica della litologia di superficie (GELMINI-PALTRINIERI, 1988)	24
Figura 10 – Fronte di scavo orientale all'interno di cava Busani; si evidenzia la presenza di un livello di materiali fini intercluso al giacimento ghiaioso.	34
← Figura 11 Stratigrafia di sondaggio eseguita in Comune di Formigine nella porzione occidentale del Polo 5. La matrice limoso-sabbiosa presente negli strati più profondi si configura come un livello intercluso al giacimento ghiaioso (c.f.r. Figura 12, fotografia delle cassette catalogatrici).	34
Figura 12 – Foto delle cassette catalogatrici del precedente sondaggio a carotaggio continuo, presenza di livelli fini a profondità comprese tra -9 e -12.	35
Figura 13 - Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano-romagnola	43
Figura 14 - Sezione Geologica del Fiume Secchia	45
Figura 15 – Soggiacenza della falda, aggiornamento ottobre 2014 – Scala grafica	49
Figura 16 - Estratto della Tavola 3.1.2. del PTCP 2009 " Rischio inquinamento acque: vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale" – LEGENDA: 1) BLU : vulnerabilità bassa – 2) VERDE : vulnerabilità media – 3) GIALLO : vulnerabilità alta – 4) ARANCIO : vulnerabilità elevata – 5) ROSSO : vulnerabilità estremamente elevata – Le aree tratteggiate corrispondono al grado di vulnerabilità relativa alle zone destinate ad attività estrattive.	50
Figura 17 - Legenda della Carta 3.1.2. del PTCP 2009 - Viene riportata la metodologia di classificazione delle aree relativamente ai differenti indicatori	52
Figura 18 - Conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm}$) media anno 2009	57
Figura 19 - Solfati (mg/l) media anno 2009	58
Figura 20 - Cloruri (mg/l) media anno 2009	59
Figura 21 - Nitrati (mg/l) media anno 2009	60

INDICE TAVOLE

Tav. 1.1.a	Carta Geomorfológica
Tav. 1.1.b	Carta della Litologia di superficie
Tav. 1.1.c	Carta del tetto delle ghiaie
Tav. 1.1.d	Sezioni idrogeologiche
Tav. 1.1.e	Carta idrogeomorfologica
Tav. 1.1.a	Carta della Piezometria
Tav. 1.1.a	Carta della Soggiacenza
Tav. 1.1.a	Carta della Vulnerabilità all'inquinamento

1 PREMESSA

La presente relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica, allegata al Piano di Coordinamento del Polo Estrattivo Intercomunale 5 “Pederzona”, viene redatta allo scopo di fornire informazioni dettagliate e puntali sulle caratteristiche del territorio, nonché offrire scenari futuri di trasformazione delle aree d’interesse.

Saranno pertanto esaminate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche litostratigrafiche, giacimentologiche, idrografiche, idrogeologiche ed idrochimiche delle aree comprese all’interno del Polo Estrattivo 5, nonché delle porzioni adiacenti ed esse interconnesse.

2 QUADRO GEOGRAFICO

La porzione di territorio compresa all’interno del Polo Estrattivo 5 “Pederzona” appartiene all’alta pianura modenese ed appartiene ai territori comunali di Modena e Formigine. L’area, posta in destra idrografica del Fiume Secchia è delimitata ad ovest dalla Strada Provinciale n. 15 Marzaglia-Magreta, a sud dalle località Baidone, Fondo Colombaia, Ca’ Frigeri, Decima, Casetta e Villa Maglietta, ad est dalla Via Corleto, e a nord da Stradello Boschi, Via dell’Aeroporto, Strada Viazza di Cittanova e dall’Azienda Agricola Hombre (Figura 1).

Dal punto di vista cartografico il territorio in esame è riprodotto all’interno della cartografia tecnica regione, con particolare riferimento ai seguenti elaborati:

- ❖ • Tavole C.T.R. scala 1:25’000
 - a. n. 201 SE “Modena”
 - b. n. 201 SO “Rubiera”
- ❖ • Sezioni C.T.R. scala 1:10’000
 - a. n. 201140 “Salvaterra”
 - b. n. 201150 “Modena Sud Ovest”
- ❖ • Elementi C.T.R. scala 1:5’000
 - a. n. 201141 “Marzaglia”
 - b. n. 201142 “Colombarone”
 - c. n. 201153 “Baggiovara”



Figura 1 - Inquadramento corografico (Foto Aerea - Google Earth 2011)

3 QUADRO GEOLOGICO

Il territorio in esame, in cui si inserisce il Polo 5, si colloca in un settore costituito da potenti depositi continentali, influenzato dal sistema deposizione composto dal Fiume Secchia e vari torrenti appenninici al contorno. In particolare il Polo 5 si trova in posizione mediana rispetto alla conoide alluvionale del fiume stesso.

L'aspetto morfologico dell'area risulta completamente condizionato dalla presenza e dall'evoluzione del Fiume Secchia, il cui tracciato ha divagato nella pianura, espandendo le proprie alluvioni senza vincoli morfologici imposti. Evidenze dei numerosi spostamenti relativamente recenti che il fiume ha subito sono le tracce di antichi paleo alvei, che lasciano sul territorio dossi più o meno effimeri ed evidenze cromatiche indotte riconoscibili perlopiù dalle foto aeree (Figura 9).

Allo stato attuale il corso del Fiume Secchia scorre, semiconfinato da barriere protettive di origine antropica, all'interno delle proprie alluvioni recenti, al punto tale da portare sporadicamente in affioramento verso il margine appenninico il substrato argilloso costituito dai depositi marini.

Dal punto di vista geologico, i terreni oggetto d'intervento, sono formati da una sequenza deposizionale eterogenea che vede l'intercalazione e l'interdigitazione di materiali grossolani come le ghiaie e materiali più fini come le sabbie e i limi. Questi materiali fanno parte del grande bacino subsidente Plio-Quaternario della Pianura Padana, e possono essere grossolanamente suddivisi in due distinti domini di provenienza, uno attribuibile alla conoide deposizionale del Fiume Secchia, e uno appartenente ai corsi d'acqua minori riconoscibili nel Cerca, Taglio, Grizzaga e Tiepido.

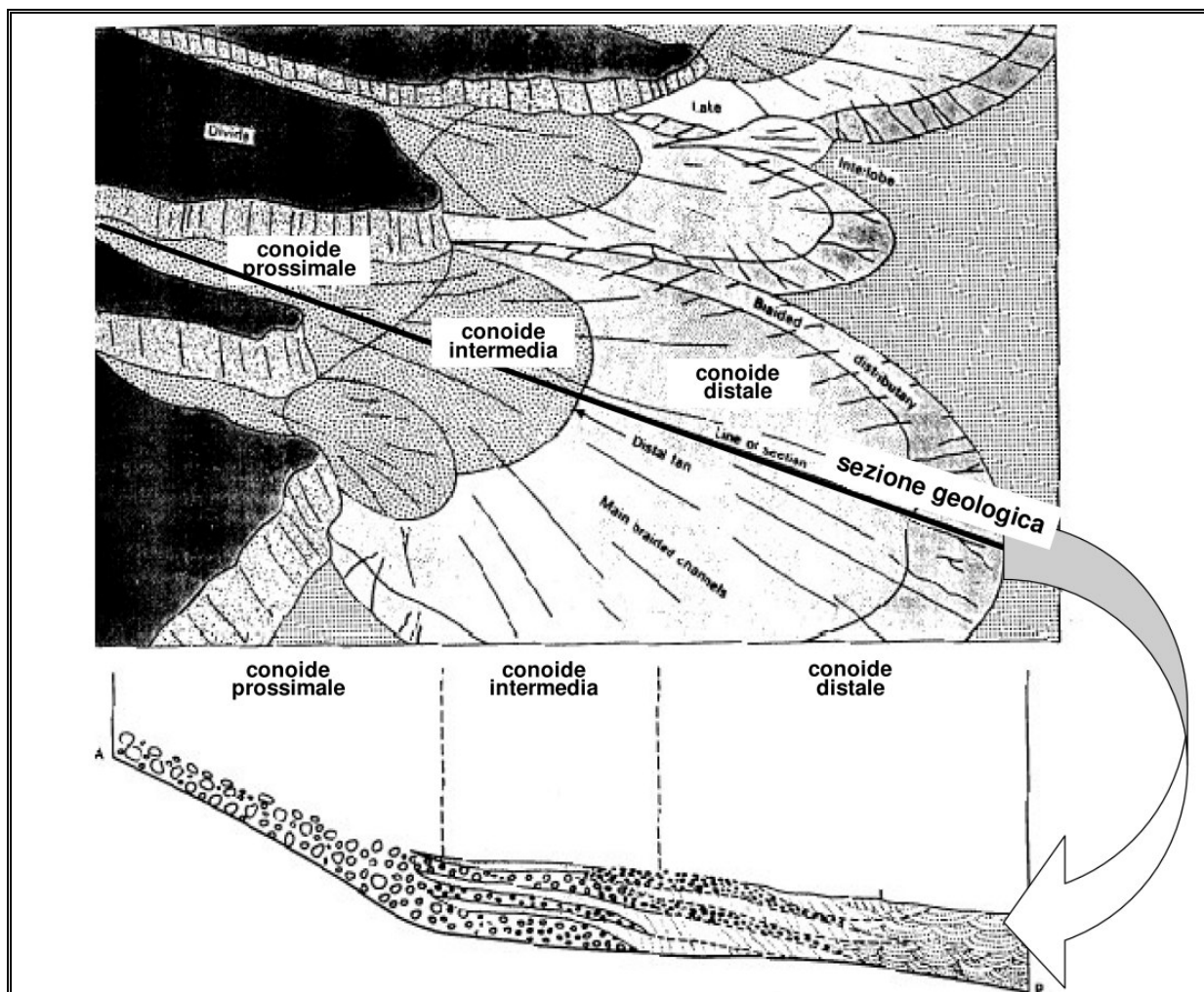


Figura 2 - Rappresentazione schematica e sezione di struttura tipica di conoide (LONGHITANO 2006)

Le conoidi alluvionali sono classicamente definite come depositi sciolti più o meno grossolani, disposti a ventaglio, i cui materiali costituenti si distribuiscono gradati a partire dall'apice fino alle porzioni più distali (Figura 2); l'apice è situato in corrispondenza del cosiddetto punto neutro di un corso d'acqua, identificato come quel punto dove si annulla la forza erosiva dell'acqua, la quale, non essendo più in grado di trasportare il proprio

contenuto solido, comincia a depositarlo a partire dalla frazione più pesante e grossolana, via via, rilasciando le frazioni più fini fino ad arrivare allo sbocco.

I depositi così formati presentano una distribuzione eterogenea, dove, come avviene nell'area in esame, le frazioni grossolane prevalgono nelle aree in cui il Fiume Secchia ha fatto maggiormente sentire la sua influenza.

Lo spessore della coltre alluvionale recente si aggira generalmente attorno ai 100 m, all'interno dei quali è possibile individuare il primissimo orizzonte di acqua salmastra ad una profondità di circa 85 m. Tale orizzonte, seppur discontinuo, ricopre il substrato costituito da formazioni massive altamente argillose, riconoscibili in affioramento nei territori collinari, lungo il margine appenninico ed a luoghi nel letto del Fiume Secchia, laddove la forza erosiva ha completamente rimosso le alluvioni recenti portando in superficie il bedrock.

Dal punto di vista litologico l'unità litostratigrafica del Fiume Secchia è formata da materiali per lo più ghiaiosi, soprattutto nelle porzioni apicali, riconoscibili a pochi metri di profondità in tutta l'area del Polo 5. Solo la porzione in corrispondenza delle cave Busani (in comune di Formigine) e Aeroporto 2 (in comune di Modena) presenta depositi relativamente fini fino alla profondità di 10 m da p.c., abbassando localmente il livello del tetto delle ghiaie.

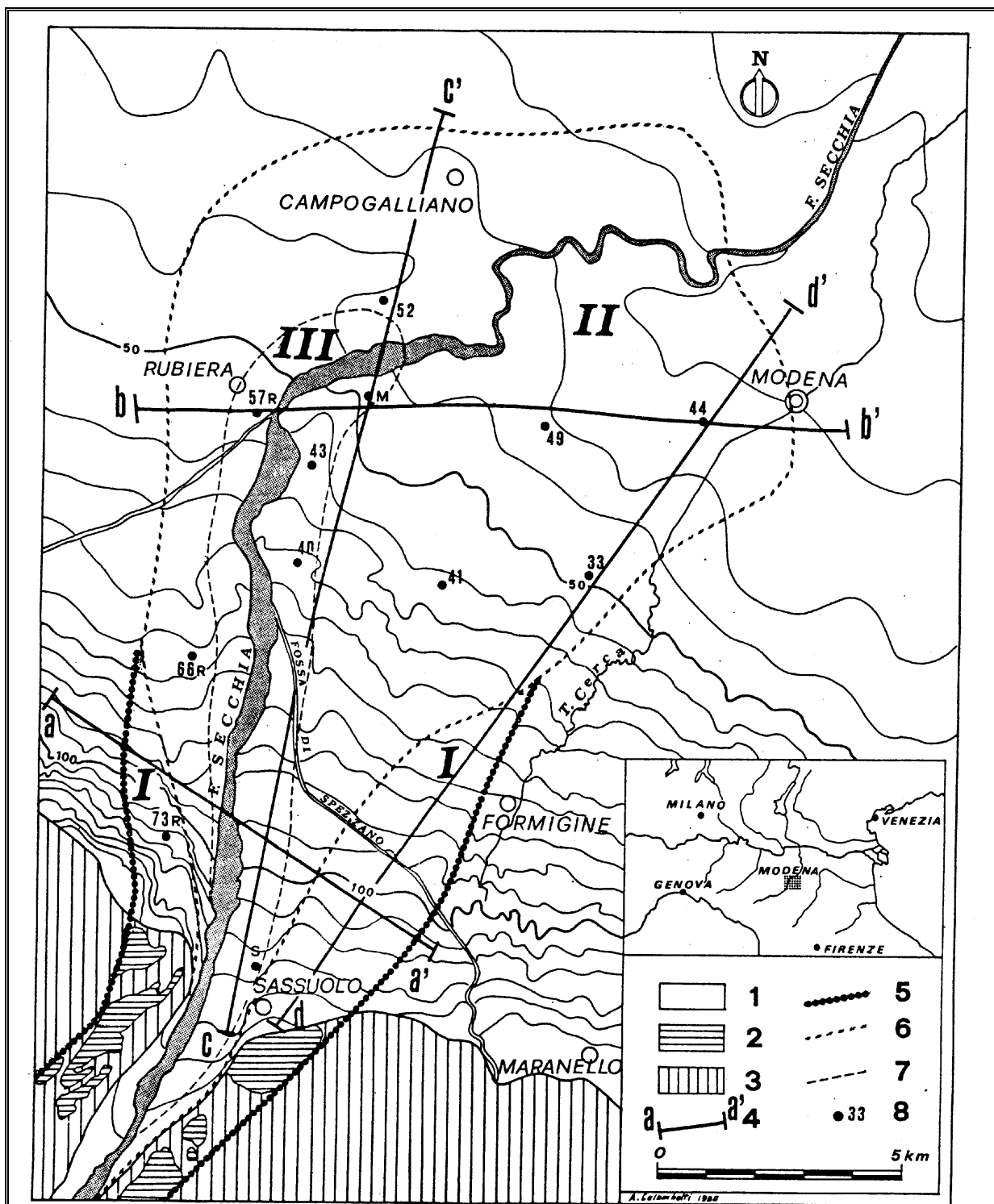


Fig. 1 - Planimetria della conoide del F. Secchia. 1) Alta e media pianura costituita da ghiaia, sabbia, limi e argille; 2) terrazzi collinari di vario ordine con suolo ocreo; 3) formazioni limo-argillose plio-quaternarie del margine collinare; 4) tracce delle sezioni litostratigrafiche; 5) limiti della conoide antica (I); 6) limiti della conoide recente (II); 7) limiti della conoide attuale (III); 8) ubicazione e numero d'ordine dei pozzi delle tabelle 1 e 2; M = pozzo di Marzaglia.

Figura 3 - Geometria della conoide del Fiume Secchia (da: La conoide del Fiume Secchia - Modalità di alimentazione e rapporti col fiume - CNR, IRSA 1980)

A questi potenti banchi ghiaiosi si alternano in maniera discontinua e disomogenea livelli pelitici, che diventano via via più potenti procedendo verso nord o avvicinandosi alle porzioni distali della conoide, determinando una graduale transizione ai sedimenti fini della piana alluvionale, che si sviluppa contemporaneamente al fronte ed ai lati del corso d'acqua che origina la conoide stessa. L'accrescimento verticale di questi materiali classificati come fini e talora finissimi, è a luoghi interrotto da orizzonti sabbiosi che possono essere legati a barre di accrescimento laterale, ad argini naturali o ancora a ventagli di rotta fluviale.

Le sabbie che si trovano disposte parallelamente ai corsi d'acqua attuali mostrano dimensioni di qualche centinaio di metri di larghezza e qualche chilometro di lunghezza. I depositi composti dalla frazione più fine, più facilmente trasportabile, presentano una distribuzione del tutto irregolare.

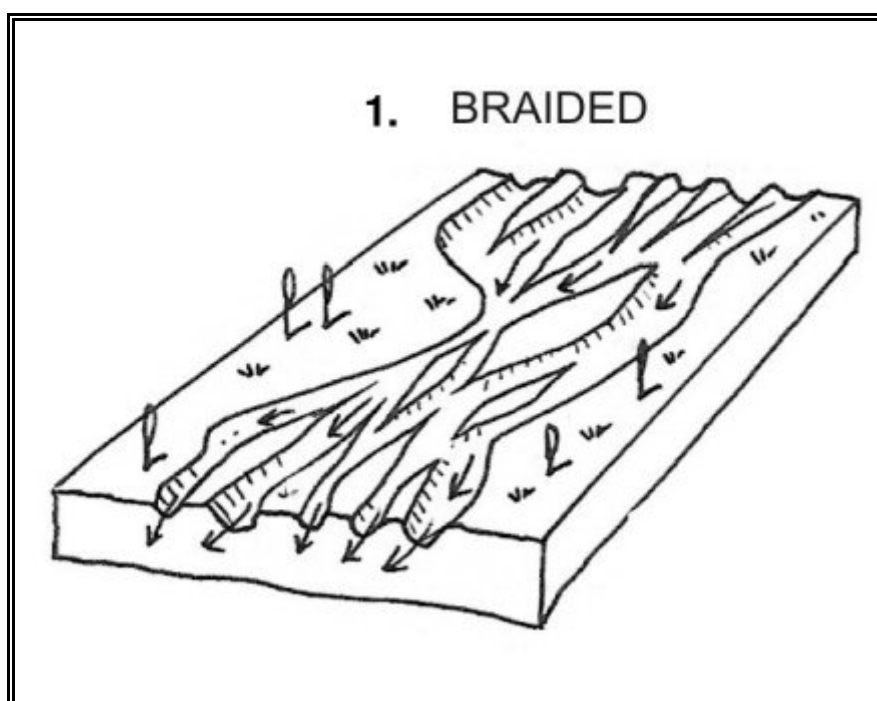


Figura 4 - Rappresentazione schematica dei corsi d'acqua a canali intrecciati (braided)

Dal punto di vista sedimentologico il settore in esame possiede caratteristiche intrinseche dei corsi d'acqua di tipo "braided" (Figura 4) che permettono di riconoscere un panorama formato dai canali a bassa sinuosità ed alta energia, con deposito di sedimenti più grossolani all'interno dei canali, e di materiali fini nelle aree di intercanale.

Gli apporti provenienti dai torrenti appenninici minori formano strutture che, in corrispondenza della porzione distale, s'intersecano tra loro compenetrandosi ed intercalandosi.

Essi sono conseguentemente costituiti da materiali più fini perlopiù sabbiosi e limosi con presenza di piccoli corpi ghiaiosi che si sviluppano longitudinalmente dalle porzioni apicali, diventando strette fasce potenti qualche metro.

Queste formazioni sono riconducibili ad un periodo compreso tra il Pliocene superiore ed il Quaternario attuale e sono deposte in discordanza sul substrato argilloso Plio-Pleistocenico, affiorante in corrispondenza del margine collinare.

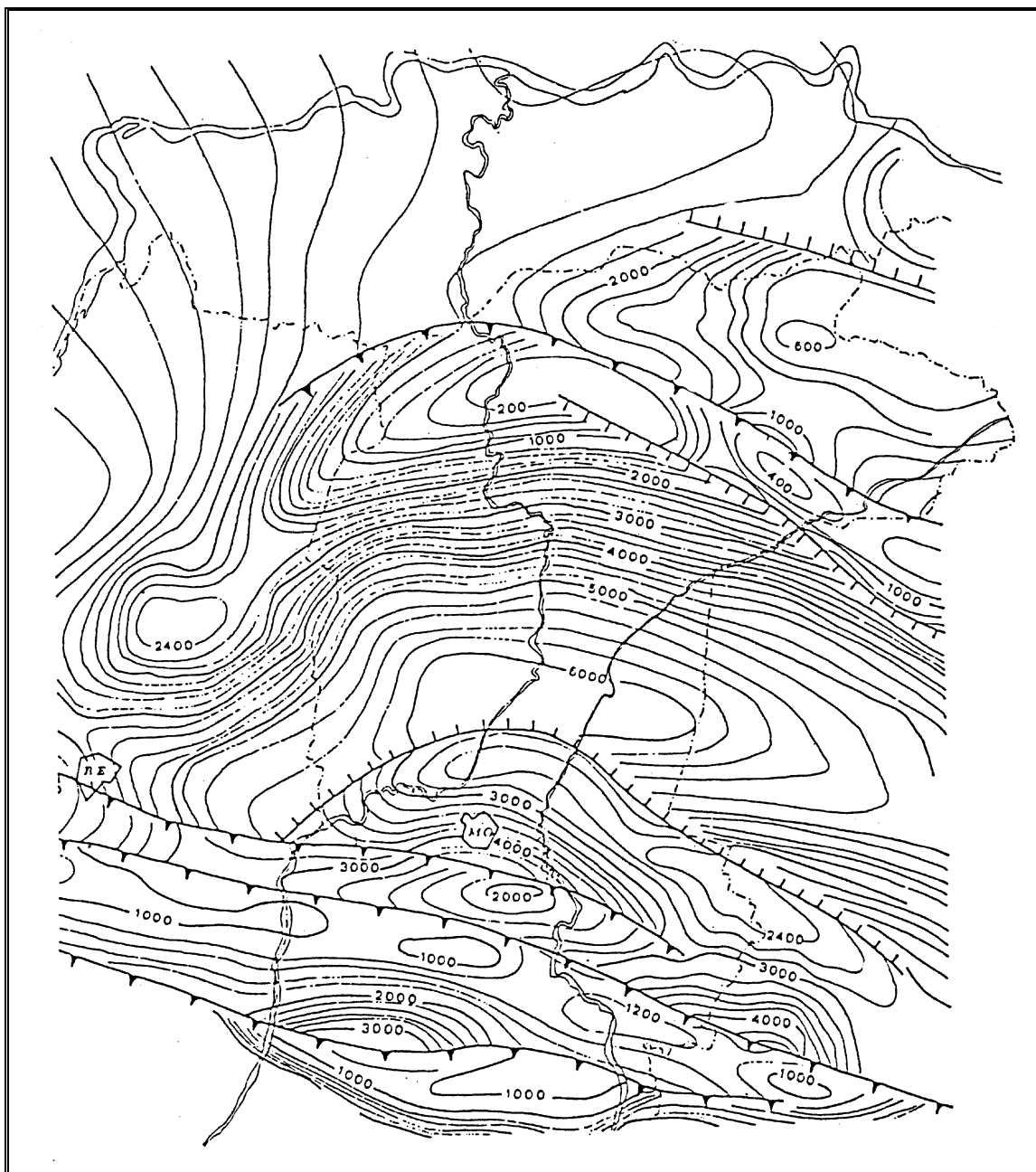


Figura 5 - Carta delle isobate della base del Pliocene (da: PELLEGRINI, COLOMBETTI E ZAVATTI - Idrogeologia profonda della pianura modenese)

La base dei depositi argillosi, in corrispondenza dell'area del Polo 5 "Pederzona" si attesta intorno ai 1'000 metri di profondità, così come illustrato nella carta delle isobate della base del Pliocene (Figura 5).

3.1 NEOTETTONICA

Dal punto di vista strutturale i terreni marini al di sotto del Pliocene, ascrivibili al periodo pre-olocenico, sono caratterizzati da pieghe associate a faglie inverse, con direzione appenninica (ONO-ESE) e vergenza antiappenninica (NNE), che arrivano a coinvolgere anche i depositi attuali. Un esempio plausibile di questo fenomeno è la conoide pre-romana del Fiume Secchia che appare terrazzata a valle di Rubiera. Qui entrambi i fenomeni, deposizionale ed erosivo, presentano andamento appenninico, in corrispondenza di una struttura tettonica che mostra il medesimo orientamento.

L'area in esame si colloca all'estremità meridionale della zona delle pieghe pedeappenniniche, che si ipotizza abbia regolato la diversa subsidenza della pianura e, conseguentemente, la potenza risultante dei depositi continentali.

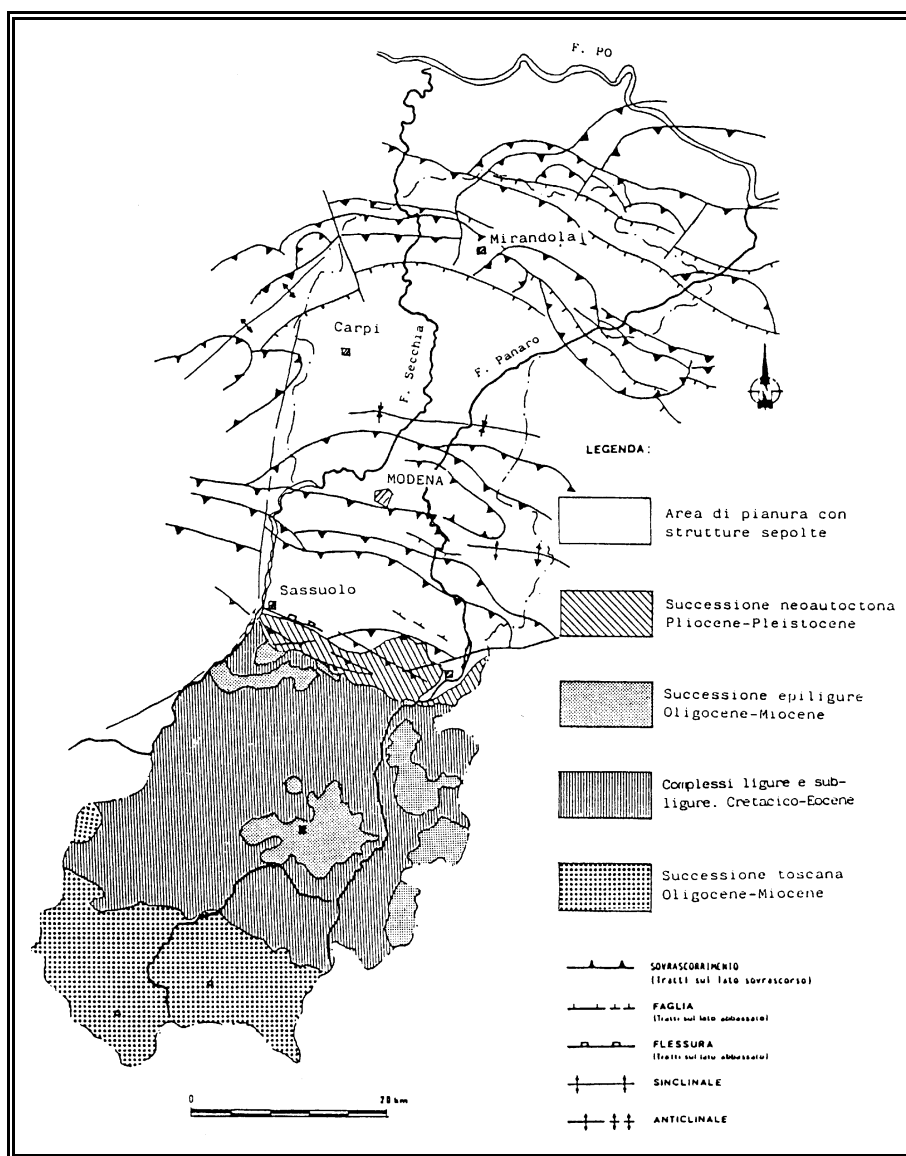


Figura 6 - Carta neotettonica della provincia di Modena

Si passa così da spessori di circa 150-200 m al margine appenninico ai circa 350-400 m a nord di Modena.

Inoltre in sinistra idrografica del Fiume Secchia sono state identificate fasi di spinta attiva nell'area dei terrazzi dell'alta pianura. Con tutta probabilità siamo in corrispondenza di una faglia attiva in prossimità dell'abitato di Correggio e riconducibile alla "Faglia del Fiume Secchia" che a differenza della maggioranza delle strutture sepolte dalla pianura alluvionale ha direzione antiappenninica.

Un elaborato studio condotto da ENI negli anni '50, svolto allo scopo di ricercare idrocarburi nella pianura padana (AGIP Mineraria, 1959), ha fornito la possibilità di studiare

il substrato Pre-Quaternario nel sottosuolo. L'enorme quantità di dati desunti dalle stratigrafie hanno contribuito alla creazione dello schema tettonico generale dell'area.

È stato così possibile suddividere le aree in tre distinti domini deformativi, così riconoscibili:

- * la bassa pianura a Nord di Mirandola, o Pianura del Po in senso stretto, corrispondente alla struttura sub-affiorante della "Dorsale Ferrarese" dove, in determinate circostanze, i depositi continentali si assottigliano fino a poche decine di metri;
- * l'area della media pianura, corrispondente ad una struttura negativa sepolta denominata "Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia"), dove i depositi del quaternario raggiungono i livelli massimi presenti in Pianura Padana e corrispondenti a circa 2'000 m;
- * in alta pianura (area compresa tra il margine collinare e la Via Emilia) si ritrova la "zona delle pieghe pede-appenniniche", ossia una ripetizione di sinclinali ed anticlinali con asse a vergenza appenninica, spesso ri-fagliate e sovra scorse sul fianco Nord;

Gli studi condotti sulla successione stratigrafica, sulla struttura dei depositi quaternari, sulla distribuzione delle classi granulometriche in superficie, e sull'evoluzione della rete idrografica al contorno dimostrano che queste strutture hanno subito e continuano a subire movimenti tettonici.

L'area in esame ricade nell'alta pianura, dove è possibile riconoscere dislocazioni tettoniche recenti grazie all'analisi della distribuzione granulometrica dei sedimenti, all'aspetto morfologico ed all'idrografia antica.

Sono state riconosciute alcune faglie, tra cui una ad andamento antiappenninico che ha assunto il controllo della conoide del Fiume Secchia lungo il margine occidentale e giustifica lo spostamento dei fiumi appenninici verso il margine occidentale delle loro conoidi.

Come precedentemente evidenziato, siamo in presenza anche di alcune strutture che con la loro evoluzione interessano i sedimenti quaternari, in particolare nei territori compresi tra il Secchia ed il Panaro. Queste dislocazioni sono il risultato dell'energia prodotta da una flessura, a luoghi passante a piega-faglia, con andamento appenninico,

che si pone in corrispondenza del margine collinare. Il fianco settentrionale di questa piega risulta quasi completamente obliterata dei depositi grossolani dell'alta pianura.

Altre due faglie, identificabili ed Est e parallelamente alla suddetta, sembrano interrompersi in corrispondenza del corso del Fiume Panaro, mentre il loro margine occidentale corrisponde con una faglia a direzione antiappenninica. I movimenti innescati da queste strutture dislocano le formazioni argillose pleistoceniche che si trovano attualmente disposte a monoclinale immersa verso NE, e controllano singolarmente i differenti prismi di dislocazione. Tali movimenti sono riconducibili a fenomeni di basculamento relativamente recente, che si protraggono fino ai giorni nostri, come testimoniato dalle valli appenniniche ad andamento SSO-NNE che, nonostante presentino litologia e giacitura corrispondenti sui due lati, appaiono vistosamente asimmetriche presentando il fianco orientale evidentemente più ripido.

Questo tipo di fenomeno spiega anche la consueta conservazione dei terrazzi fluviali prevalentemente sul lato sinistro dei corsi d'acqua dei fiumi Secchia e Panaro, poiché implica una subsidenza del lato orientale a causa dei movimenti delle faglie a direzione antiappenninica e conseguente migrazione dei corsi d'acqua verso ovest, poiché tendono naturalmente ad occupare le quote topograficamente inferiori.

I movimenti originati da queste strutture hanno avuto inizio all'incirca tra il Pleistocene Inferiore (età testimoniata dai sedimenti coinvolti) ed il periodo interglaciale Mindel-Riss; infatti depositi alluvionali con annesso paleosuolo ascrivibile a questo periodo interglaciale, sembrano troncare la struttura con andamento sub orizzontale.

3.2 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E EVOLUZIONE DELLA PIANURA

Il Polo 5 "Pederzona" si colloca nell'alta pianura modenese, e presenta un andamento morfologico pressoché tabulare con leggera inclinazione verso nord-est. Le quote interessate variano da 66.0 m s.l.m. nella parte meridionale di monte, fino ai 51 m s.l.m. nella zona centro settentrionale, individuando una pendenza media di 0.7%.

Due sono gli agenti morfogenetici principali che hanno costruito le forme del paesaggio, e sono:

- ❖ i corsi d'acqua, con particolare riferimento al Fiume Secchia ed ai torrenti Taglio, Cerca, Tiepido, Fossa di Spezzano, ecc., che hanno per lo più esaurito la loro funzione modellatrice;
- ❖ attività antropica che è intervenuta a vari livelli con l'attività agricola, la costruzione di opere di difesa spondale in calcestruzzo e di casse di espansione, la deviazione e canalizzazione dei torrenti a scopo irriguo, e l'attività estrattiva delle ghiaie.

Quest'ultima attività dell'uomo ha assunto particolare rilevanza morfogenetica, in particolare nell'area in esame, determinando la creazione di ampi avvallamenti in contrasto con il panorama fruibile al contorno.

Se vogliamo prendere in considerazione l'evoluzione della Pianura Padana, a partire dall'azione morfogenetica del Fiume Secchia, e volendo tralasciare le oscillazioni marine più antiche, essa può essere schematizzata, secondo quanto riportato da GASPERI et alii nel 1989, a partire dal Neolitico.

In origine il Fiume Secchia aveva la possibilità di divagare e depositare le proprie alluvioni a valle di quel punto neutro che separa le aree incise dalle aree in accrescimento; tale punto neutro era identificato nei pressi di Magreta. Come spiegato precedentemente le numerose testimonianze del peregrinare del corso d'acqua per la pianura sono riconoscibili a livello morfologico ed a livello aerofotointerpretativo.

Il potenziale di alluvionamento appena descritto, rimane attivo fino al medioevo, quando il corso d'acqua assume la posizione pressoché attuale, con deposizione anche nelle aree fino ad allora incise. Si assiste ad una migrazione verso monte del punto neutro, con conseguente colmamento dell'alveo fino alle quote del piano campagna circostante, su quale si instaura il meccanismo di divagazione del corso e successiva espansione delle acque durante gli eventi di piena.

Un diverso comportamento si nota nelle porzioni distali delle conoidi, dove si assiste ad una repentina incisione dei materiali depositati, con la formazione di scarpate alte fino a 6 m. È proprio a questo periodo che risale la costruzione delle prime arginature nei tratti del corso d'acqua che si trovano a monte delle erosioni, con conseguente graduale restringimento degli alvei. Questa tendenza al sovralluvionamento nelle zone apicali è evidenziato non solo a livello documentale, con fotografie risalenti all'inizio del secolo

scorso e da notizie storiche, ma anche a livello deposizionale quando i materiali accumulatisi all'interno degli argini raggiungono quote uguali o superiori a quelle del piano campagna.

L'alternanza di episodi erosivi e deposizionali nell'ambito del bacino di conoide, così come teorizzato da SCHUMM nel 1977, non è collegato a variazioni climatiche o tettoniche. Il semplice schema morfogenetico prevede l'accumulo di materiali fino a raggiungere un'inclinazione limite, oltre la quale si innescano, a partire dalle zone apicali e intermedie, fenomeni erosivi con terrazzamento dei depositi appena sedimentati, e contemporanea deposizione a valle. Una volta raggiunto il nuovo profilo di equilibrio i fenomeni vengono nuovamente invertiti.

Le prime arginature dei nostri fiumi risalgono all'epoca etrusca e romana, ma quelle opere andarono definitivamente perdute durante il Medioevo. La costruzione in modo coordinato ed organico delle arginature nella pianura alluvionale iniziò a partire dal XV secolo per impedire alle acque di piena di invadere le circostanti aree abitate e coltivate. Proprio al periodo compreso tra il XV ed il XX secolo risale la deposizione delle sabbie e dei limi nelle aree golenali posti all'interno delle arginature.

Questi limi e sabbie sono depositati prevalentemente per accrescimento verticale nelle aree interposte tra il corso d'acqua e le arginature, secondo processi di tracimazione e laminazione.

In occasione della redazione della "Carta dei Suoli della Pianura Modenese" (edita da Regione Emilia Romagna, Provincia di Modena – 1993 – I suoli della Pianura Modenese – Grafiche Zanini, Bologna), è stata effettuata un'indagine geomorfologica ad ampia scala, che colloca l'area di studio nel settore sud-occidentale del macro-ambiente deposizionale della "Piana Pedemontana".

Quest'ultima è costituita da una fascia ad estensione variabile che è interposta lungo il margine appenninico ed è formata dall'intercalazione ed interdigitazione di conoidi fluviali coeve e di terrazzi alluvionali intravallivi; questa fascia si raccorda con la "Piana a Copertura Alluvionale" grazie ad un passaggio graduale ed eteropico. All'interno del macro-ambiente è possibile riconoscere unità riconducibili alle conoidi dei corsi d'acqua suddividendole con criterio genetico tra "Unità delle Conoidi del reticolo Idrografico Principale e Minore".

Il modello creato di pianura alluvionale trova riscontro oltre che nella distribuzione litologica di superficie e nel primo strato di sottosuolo, anche nell'assetto morfologico dell'intera pianura; la distribuzione delle unità geomorfologiche indagate è illustrata in Figura 7.

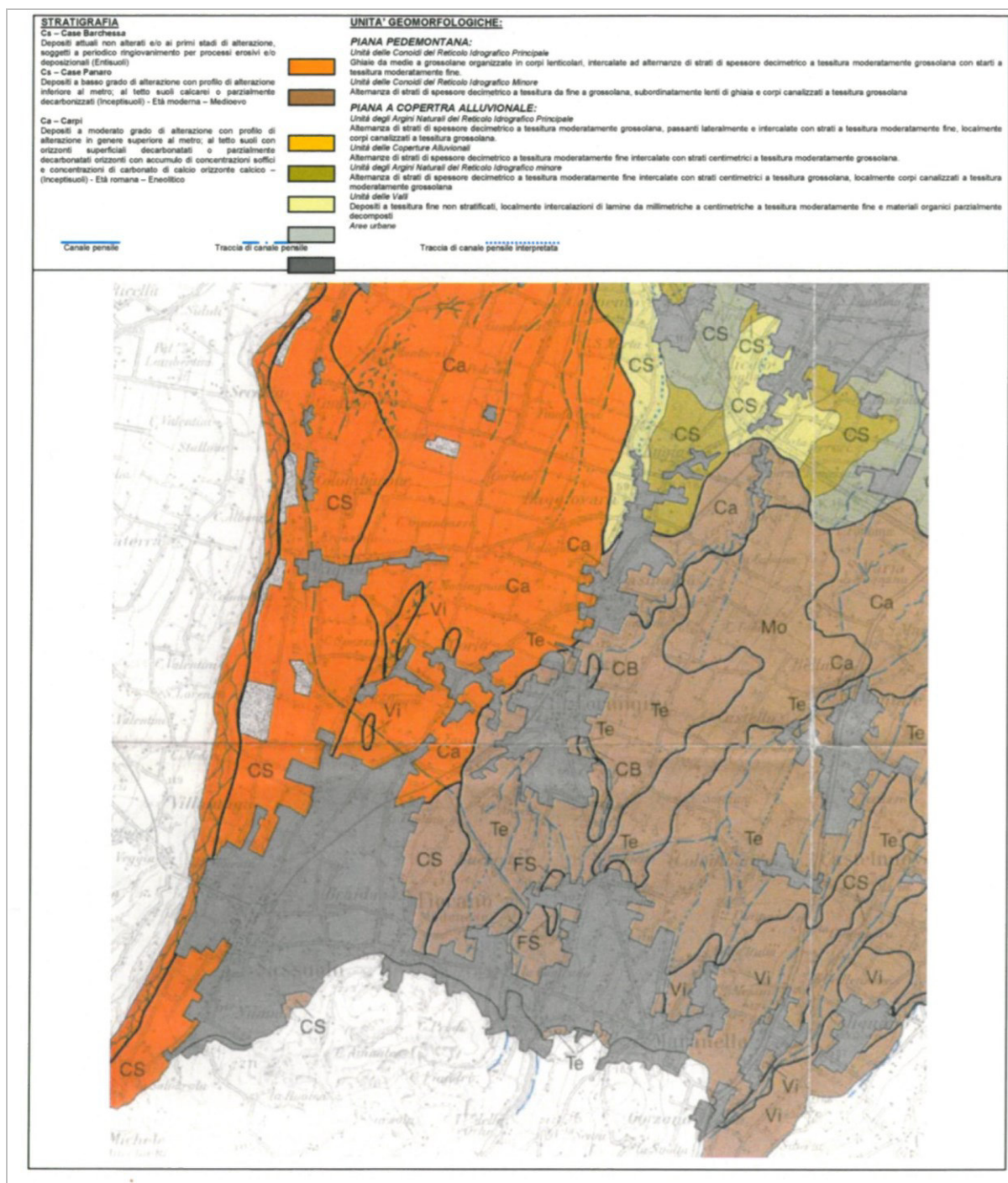


Figura 7 - I suoli della Pianura Modenese (Regione Emilia Romagna)

PIANA PEDEMONTANA

- Unità delle Conoidi del Reticolo Idrografico Principale: riferito all'ambito deposizionale del Fiume Secchia, è costituita, nel suo insieme, da sequenze prevalentemente ghiaiose, con subordinate intercalazioni di strati di spessore decimetrico a tessitura moderatamente grossolana, alternati a strati di tessitura moderatamente fine che, procedendo da sud verso nord, si fanno man mano più consistenti in spessore e frequenza. Lo spessore dei singoli apparati, a partire dalla conoide, aumenta progressivamente fino a raggiungere alcune centinaia di metri nelle sue porzioni più distali, secondo una geometria tipicamente lenticolare. L'effettiva estensione di questi corpi, come individuata attraverso i sondaggi, risulta superiore di alcuni chilometri rispetto a quella affiorante e riportata in cartografia; la conoide del Secchia si estende, come detto, verso est fin sotto alla città di Modena sepolta da decine di metri di sedimenti alluvionali fini (Figura 3).

- Unità delle Conoidi del Reticolo Idrografico Minore (Interconoide): si caratterizzano per una sedimentazione generalmente più fine, corpi ghiaioso-sabbiosi si rinvencono nelle immediate vicinanze degli sbocchi vallivi dispersi in depositi fini, costituiti da alternanze di strati di spessore decimetrico a tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana.

PIANA A COPERTURA ALLUVIONALE

- Unità degli argini Naturali del Reticolo Idrografico Principale: comprende le aree topograficamente più rilevate della pianura alluvionale, di forma allungata secondo l'asse del canale fluviale e tipico profilo convesso. I depositi si caratterizzano con successioni di strati decimetrici a tessitura moderatamente fine; la loro deposizione è riconducibile ai processi fluviali di deposizione laterale d'alveo, di rotta e tracimazione descritti in precedenza. Localmente si possono trovare corpi canalizzati a tessitura grossolana riferiti a canali di rotta. Tale unità contraddistingue la maggior parte del territorio comunale.

- Unità di coperture Alluvionali – Unità degli Argini Naturali del Reticolo Idrografico Minore: sono aree ubicate in adiacenza e parallelamente agli Argini Naturali, o intercalate a tali unità e sono costituite da depositi riconducibili anch'essi a processi di rotta e tracimazione fluviale, che presentano però sequenza generalmente più fine; sono costituite da alternanze di strati decimetrici a tessitura moderatamente fine e strati centimetrici a tessitura moderatamente grossolana;

- Unità delle Valli: sono caratterizzate da tessiture fini, prive di stratificazione, con talora sottili intercalazioni di lamine da millimetriche a centimetriche a tessitura moderatamente fine; in genere localizzate nelle aree più depresse si rinvencono materiali organici parzialmente decomposti.

Il territorio in esame è occupato da terreni ascrivibili all'ambiente di Piana Pedemontana, ed in particolare si fa riferimento all'Unità dei conoidi del Reticolo Idrografico Principale.

Come precedentemente anticipato è facile intuire che l'uomo è largamente intervenuto modificando l'ambiente naturale, agendo sul reticolo idrografico a tutti i livelli e sulla morfologia. Possiamo ricordare interventi in tempi recenti quali le arginature in calcestruzzo (muraglioni) del Fiume Secchia, utili per il recupero agricolo delle aree golenali, la deviazione del T. Cerca (ora denominato Fossa di Spezzano) e le canalizzazioni delle campagne con canali fossi e scoli a scopi irrigui, nonché le più recenti opere di difesa spondale fino alle casse di espansione.

L'ulteriore elemento di modificazione introdotto dall'uomo è l'esercizio dell'attività estrattiva, che ha interessato ed interessa attualmente l'area in esame, creando ampi avvallamenti dovuti all'esportazione delle ghiaie.

3.3 UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME SECCHIA

Il Fiume Secchia nasce dall'Alpe di Succiso, sull'Appennino Tosco-Emiliano ed attraversa le colline reggiane e modenese costituite prevalentemente da terreni argillosi appartenenti ai complessi liguri ed al Plio-Quaternario marino del margine padano; sbocca in pianura presso Sassuolo ad una quota di 125 m s.l.m..

La sua conoide ha una lunghezza di circa 20 km ed una larghezza massima di circa 14 km (Figura 3); si mostra asimmetrica rispetto all'attuale corso del fiume che scorre sul margine occidentale, presumibilmente a causa di fenomeni neotettonici (cfr. par. 3.1).

Il complesso dei sedimenti che la costituiscono aumenta di spessore a partire dalla zona apicale fino a raggiungere alcune centinaia di metri nella zona distale, la cui estensione complessiva supera quella in affioramento in quanto risulta sepolto dai depositi fini di pianura alluvionale. Nella porzione più orientale si estende fino al sottosuolo di Modena.

I depositi che formano la conoide sono stati rilasciati dalle acque del corso d'acqua, non solo in concomitanza con grandi eventi di piena, ma anche durante i periodi di corso normale. Ne deriva una distribuzione arealmente estesa, ma molto piatta, la quale è suddivisibile in due tratti a diversa pendenza, il primo in corrispondenza della parte di monte fino alla quota di 50 m s.l.m. presenta una pendenza di circa 0.7%, il secondo in corrispondenza della porzione di valle, che presenta pendenza media di circa 0.2%.

Al di sopra dei sedimenti argillosi Plio-Quaternari, la conoide è costituita da quattro unità litologiche sovrapposte, delle quali tre sono riconoscibili in affioramento, mentre la quarta risulta completamente sepolta. La prima e più antica unità deposta, rinvenuta in affioramento (I) (Figura 3) si raccorda con i terrazzi alti della Valle del Secchia, a Sud di Sassuolo. È riconoscibile in due stretti lembi ai lati del corso stesso dove in parte la si trova ricoperta da un paleosuolo rossastro. I depositi che la costituiscono sono costituiti da ghiaie che identificano antichi percorsi fluviali risalenti al Pleistocene Superiore.

La seconda unità (II) rappresenta il corpo maggiormente esteso in tutte le direzioni, e la ritroviamo costituita da depositi grossolani di conoide uniti a quelli sabbiosi delle aree golenali che si accumulano alternandosi dal Neolitico. È possibile ritrovarvi ciottoli con dimensioni anche di 70 cm in corrispondenza dei rilasci apicali, fino a ciottolato centimetrico, caratterizzato da un'abbondante frazione sabbiosa e limosa nella parte centrale. Le ghiaie che la costituiscono corrispondono alle formazioni presenti nel primo Appennino e sono costituite prevalentemente da calcari ed arenarie, con piccole percentuali di selci, e detriti ofiolitici. A luoghi le sabbie danno origine a banchi entro le ghiaie che possono raggiungere un paio di metri di potenza, intercalate all'interno del banco ghiaioso. Questo fenomeno cresce e si ingigantisce nella porzione distale della conoide, dove i sempre più frequenti depositi sabbiosi arrivano ad essere prevalenti rispetto alle ghiaie fino a sostituirle completamente.

L'ultima unità che ritroviamo (III) è formata da depositi ancora più recenti, parzialmente reinciati dal corso d'acqua attuale per effetto dell'abbassamento del letto dovuto all'estrazione di ghiaia dall'alveo nel secolo scorso.

Questi depositi di terza unità occupano le vecchie golene che erano situate alla stessa quota del piano campagna esterno alle arginature; procedendo gradualmente verso nord la quota di fondo del fiume tende ad avvicinarsi a quella del piano campagna

circostante, confermandone pertanto la natura pensile. Le età di questi depositi sono corrispondenti al periodo medioevale.

La quarta e più antica unità, posta alla base delle tre precedentemente descritte rappresenta la porzione più antica della conoide, poggiante sui terreni marini; rappresenta di fatto il corpo principale della conoide poiché per ampiezza e potenza supera largamente le unità sovrastanti.

Dal punto di vista areale, la conoide del Secchia ha divagato entro un settore relativamente stretto di circa 60°.

Volendo analizzare stratigraficamente la conoide si può affermare che la parte apicale è prevalentemente costituita da banchi ghiaiosi separati da setti limo-argillosi, non molto potenti; queste ghiaie mostrano a luoghi una parziale cementazione, favorita dalla presenza in banco di sabbie talvolta impastate con limi e argille.

In alcuni sondaggi, alla profondità di circa 100 m, si sono incontrati ed attraversati livelli decimetrici di argille grigio-azzurre marine, che sono state datate come appartenenti al Pleistocene.

Nella porzione mediano-distale la percentuale di presenza di livelli ghiaiosi e livelli limo-argillosi è pressoché coincidente. In corrispondenza della porzione occidentale i banchi ghiaiosi sepolti si trovano con formazione regolare e ampio sviluppo laterale; nella porzione orientale si presentano drasticamente meno potenti e con andamento irregolare, con tendenza ad assumere forma marcatamente più lenticolare.

L'ipotesi più plausibile per spiegare tale fenomeno sembra risiedere nel fatto che il Fiume Secchia fosse suddiviso in due rami, di cui quello orientale di minore importanza.

I banchi ghiaiosi irregolari potrebbero anche derivare (PAREA 1987) da accumuli associati a delta ed a cordoni litorali durante episodi marini verificatisi in tempi più recenti di quanto conosciuto. I depositi grossolani si esauriscono procedendo verso nord, dove sono sostituiti da sabbie e sedimenti più fini costituenti la pianura centrale.

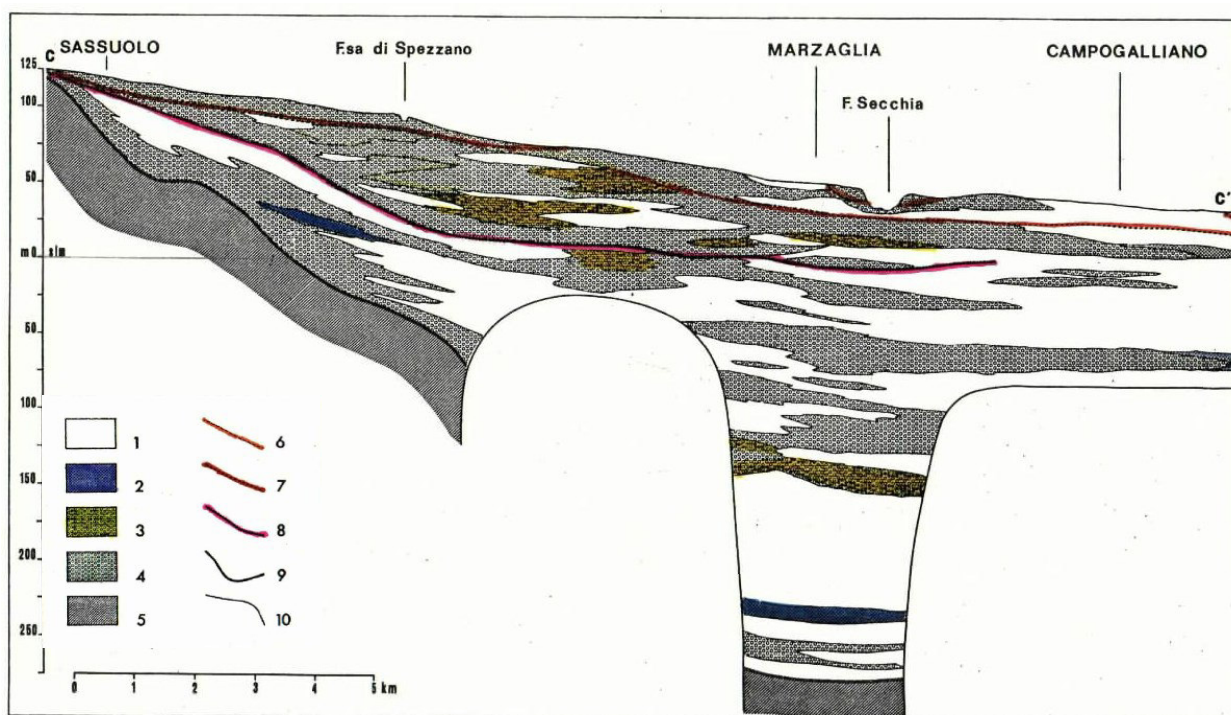


Figura 8 - Sezione litostratigrafica del Fiume Secchia (tratto da: "La conoide del Fiume secchia - Modalità di alimentazione e rapporti col Fiume - CNR-IRSA, 1980)

3.4 GEOMORFOLOGIA

Gli elementi geomorfologici presenti all'interno del perimetro ed al contorno del Polo 5 "Pederzona" sono stati desunti dalla "Carta Geologica del margine appenninico dell'alta pianura tra i fiumi Secchia e Panaro (GASPERI, 1989)". L'analisi della carta, aggiunto al rilevamento critico dell'ambiente circostante l'area di progetto, ha portato ad una chiara caratterizzazione geomorfologica.

Come enunciato precedentemente, dal punto di vista altimetrico l'area del Polo 5 possiede andamento tavolare, con leggera pendenza verso nord-est ed inclinazione media di 0.7%. All'interno del perimetro si riscontrano variabili locali per lo più legate alla presenza di corsi d'acqua o alvei relitti.

Il principale agente morfogenetico di tipo naturale è rappresentato dal Fiume Secchia (che nel punto più vicino si trova a circa 500 m dall'angolo sud-ovest del Polo) e dall'ampia influenza che ha sui depositi di conoide; esso svolge ed ha svolto ruolo da protagonista nella formazione della pianura adiacente, con il proprio alveo e i fenomeni ad esso collegati.

Adiacente all'area di interesse, il letto del fiume presenta un andamento a canali anastomizzati o braided (Figura 4), caratteristica tipica dei corsi d'acqua di pianura che

trasportano materiali grossolani; un fenomeno frequente nei torrenti appenninici e nel Fiume Secchia, è quello di scorrere in trincea per lunghi tratti, come conseguenza naturale della continua estrazione di inerti dal letto del fiume a cui si è assistito nel secolo scorso, fino a portare, in certi punti critici, alla completa rimozione delle alluvioni e all'affioramento del substrato marino.

Nelle aree al contorno ed in particolare ad Est dell'area in oggetto sono presenti le medesime forme del territorio ma a scala minore, testimonianze di episodi deposizionali derivanti dai torrenti appenninici minori. Costituite per lo più da depositi fini quali limi e sabbie, non presentano, se non sporadicamente, frazioni ghiaiose, a conferma della bassa energia di trasporto che le ha costituite.

Nella Carta Geologica del Margine Appenninico citata in precedenza riconosciamo all'interno del perimetro del Polo 5 "Pederzona" alcuni tratti di paleoalvei principali individuati dalle fotografie aeree.

L'ultimo elemento che è possibile individuare quale agente morfogenetico attivo è l'attività antropica, con particolare riferimento all'attività estrattiva; infatti negli anni l'uomo è intervenuto a più riprese estraendo ghiaie e sabbie, creando avvallamenti nel territorio che, seppur subendo un adeguata sistemazione morfologia e vegetazionale, rimangono riconoscibili in quanto peculiari di questo tipo di attività produttiva.

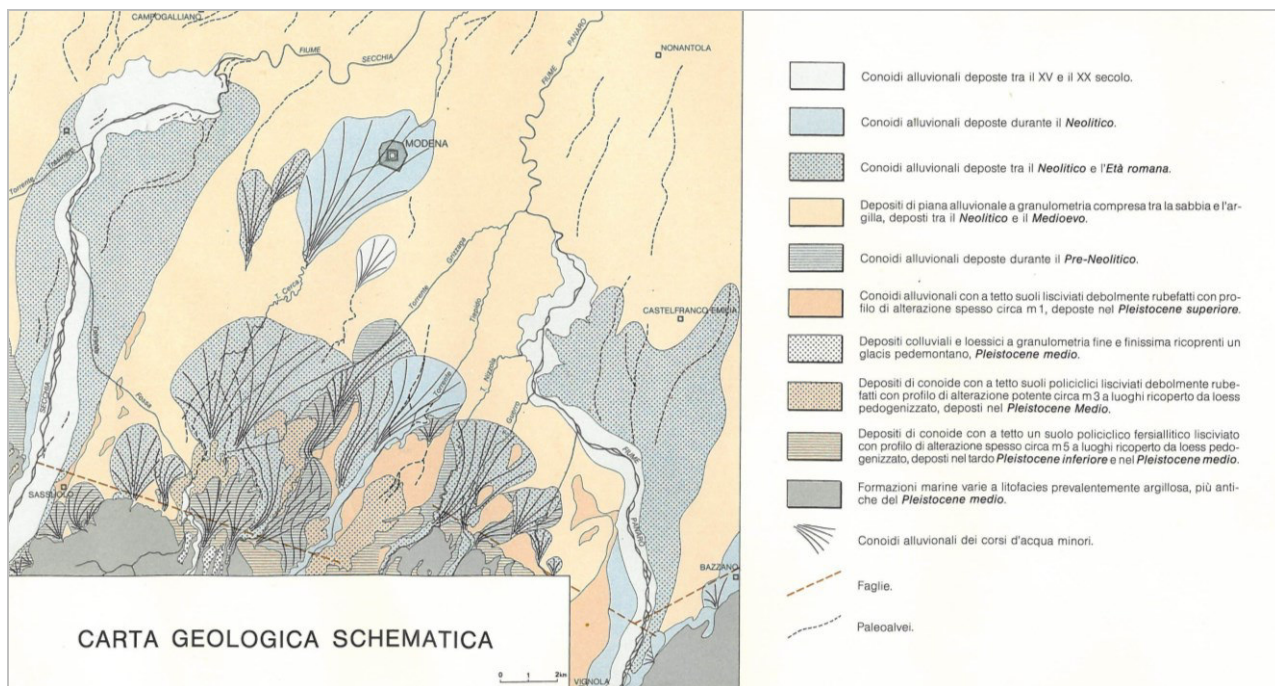


Figura 9 - Carta geologica schematica della litologia di superficie (GELMINI-PALTRINIERI, 1988)

4 QUADRO LITOSTRATIGRAFICO

4.1 LITOLOGIA DI SUPERFICIE

Con litologia di superficie si intende quella intrinseca del terreno posto alla profondità di circa 1 m dal piano campagna, senza considerare il terreno vegetale o agrario che generalmente si presenta in superficie. Come base cartografica per l'identificazione della litologia superficiale in quest'area si sono ripresi e rielaborati i dati desunti dalla redazione di "Litologia di superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso", prodotta nel 1988 da GELMINI R., PALTRINIERI N. *et alii* a corredo del P.R.G. del Comune di Modena.

L'attività estrattiva svolta negli anni all'interno del Polo 5 ha permesso di confrontare i dati presunti con i dati reali, fino alla sostanziale conferma dei risultati pubblicati. Questo ha permesso di redigere una "Carta della Litologia di Superficie", allegata alla presente relazione (Tavola 1.1.b), volta a fornire una distribuzione areale dei vari litotipi, senza considerare la potenza dei vari strati, che in base all'esperienza maturata non si presenta inferiore al metro.

È stato così possibile suddividere l'area in 4 categorie principali, utilizzando come criterio classificante la granulometria prevalente in banco:

- ❖ Ghiaie e terreni prevalentemente ghiaiosi
- ❖ Sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi
- ❖ Limi e terreni prevalentemente limosi
- ❖ Argille e terreni prevalentemente argillosi

L'evidente diversificazione dei materiali in sub affioramento deriva prevalentemente da diversi episodi deposizionali ovvero diverse fasi dello stesso episodio. La carta si pone l'obiettivo di mettere in evidenza anche quelle porzioni del territorio in cui l'attività estrattiva è stata svolta e conclusa con la sistemazione morfologica tramite riporto di terreno sul fondo. Troveremo infatti aree caratterizzate da "terreni di riporto" laddove è in corso, o si è concluso il ritombamento parziale o completo.

Dall'analisi della carta si evidenzia che i depositi più grossolani si trovano in adiacenza del corso d'acqua che l'ha generato, il Fiume Secchia, in seguito all'elevato potenziale di trasporto solido che lo contraddistingue negli eventi di piena; questi depositi

per accrescimento verticale formano corpi allungati compenetrati ed interdigitali con i sedimenti più fini ubicati in adiacenza.

Questi depositi limosi e sabbiosi, pur avendo una distribuzione disomogenea e discontinua si presentano ampiamente diffusi nella quasi totalità del Polo 5. La loro distribuzione areale è conseguente alle fasi di esondazione e laminazione a bassa energia di trasporto. Affiorano prevalentemente nelle immediate vicinanze dei corsi d'acqua minori e nelle porzioni distali delle conoidi dei corsi principali.

In quest'area le argille rappresentano la litologia meno presente; si sono depositate prevalentemente nelle depressioni topografiche, in seguito all'esaurimento dell'energia di trasporto delle acque di esondazione, e si riscontrano prevalentemente nel settore orientale del Polo 5.

Un elemento peculiare che si può notare e che viene ampiamente confermato dall'interpretazione delle fotografie aeree, è la presenza della traccia di un paleoalveo di forma arcuata, marcata dalla presenza sub affiorante di litologie prevalentemente ghiaiose.

Un parametro importante sul quale si può fare una stima analizzando questa carta è la permeabilità di superficie, che permette di conoscere e valutare la capacità dei depositi superficiali a farsi attraversare dall'acqua e più in generale dai fluidi; risulta quindi un parametro fondamentale per dare un'indicazione speditiva della vulnerabilità degli acquiferi.

Nell'area in esame, poiché le litologie prevalenti sono quelle a granulometria grossolana risultano molto frequenti le situazioni in cui vi è comunicazione diretta tra la superficie topografica e la prima falda superficiale; si è quindi in presenza di un acquifero monostrato non confinato. Ciò si mantiene perlomeno fino al margine dell'abitato di Modena; a nord, infatti, i livelli di ghiaia tendono a chiudersi a cuneo generando acquiferi compartimentati. In questa situazione la permeabilità di superficie non è direttamente connessa con gli acquiferi in profondità.

L'ambiente profondo è quello caratteristico del sottosuolo dell'abitato di Modena, dove i livelli acquiferi, riscontrabili a partire da una profondità di circa 20 m, si presentano compartimentati e confinati.

4.1.1 Prove di Permeabilità

Allo scopo di verificare direttamente le caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali, in particolare quelli che saranno utilizzati per i tombamenti, sono state realizzate 4 prove di permeabilità sul primo strato superficiale.

La metodologia di calcolo ha previsto l'esecuzione di un foro nel terreno per l'alloggiamento di un permeametro cilindrico di 140 mm di diametro infisso a pressione fino alla profondità a cui si intende indagare la permeabilità, con il quale si effettua una prova a carico variabile.

Con i valori di abbassamento nel tempo, ed utilizzando la formula di G. Castany per il calcolo della conducibilità idraulica, si sono determinati i valori di permeabilità K del terreno in cm/s:

Prova K1: $K = 3.32 \times 10^{-6}$ cm/s

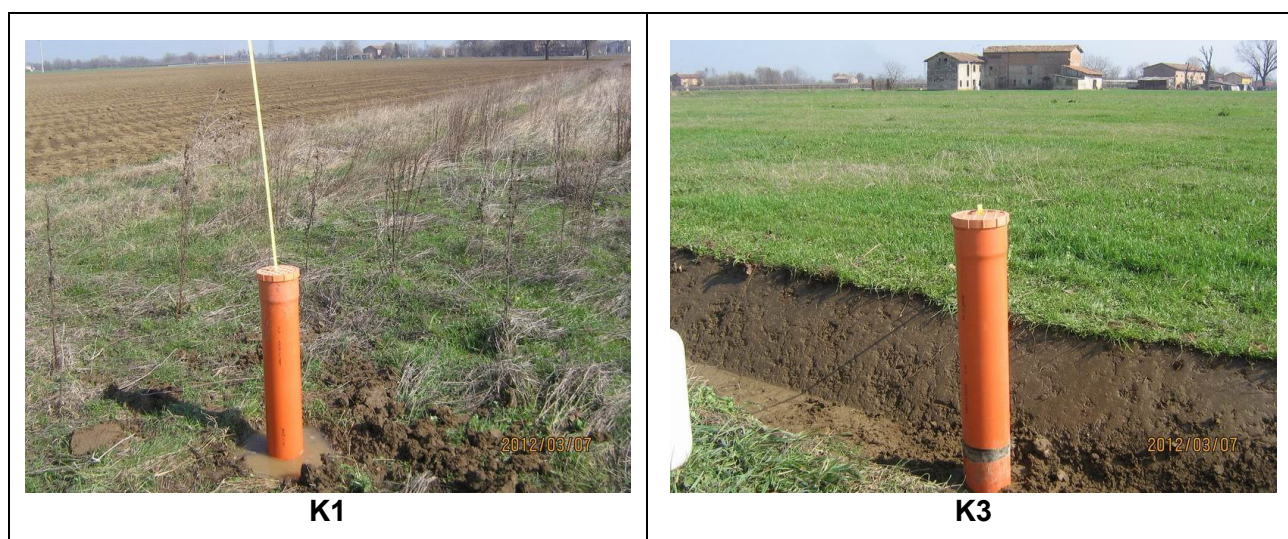
Prova K3: $K = 3.86 \times 10^{-6}$ cm/s

Prova K4: $K = 7.94 \times 10^{-6}$ cm/s

Prova K5: $K = 9.18 \times 10^{-6}$ cm/s

Dove K è il coefficiente di permeabilità in condizioni operative; la prova K2, affetta da errore, non è stata considerata.

Le prove di permeabilità eseguite attribuiscono ai terreni indagati un grado di permeabilità variabile da "basso" a "molto basso"; tali valori sono comunque da ritenersi puramente indicativi per la limitata attendibilità delle prove di infiltrazione con $K > 10^{-4}$.





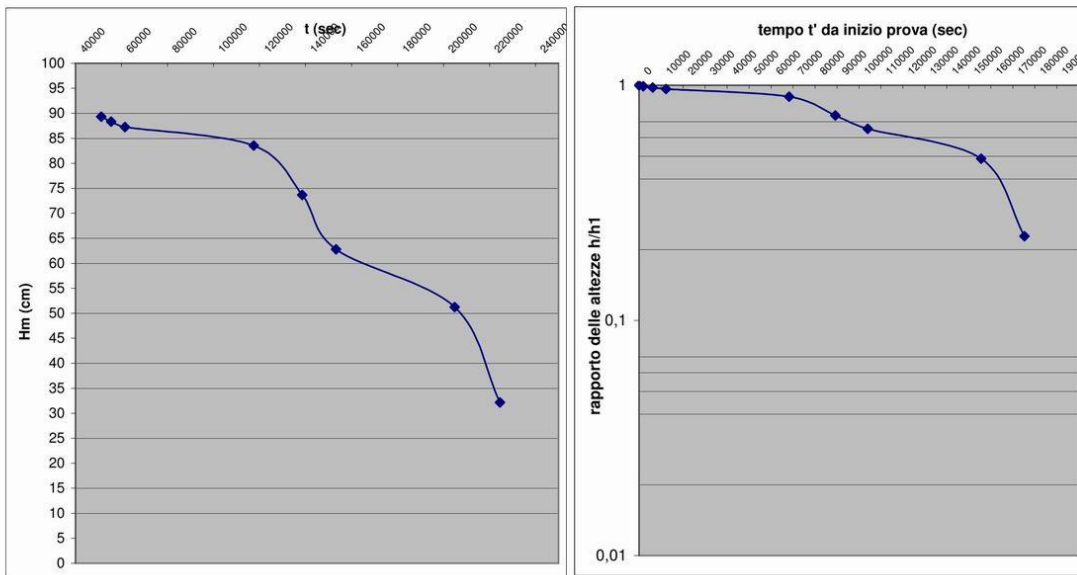
K4



K5



Ubicazione prove di permeabilità



Studio Geologico Associato DOLCINI - CAVALLINI Via Michelangelo 1 - 41051 Castelnuevo R. (Mo)	Conducibilità idraulica in situ n° K3		COMMITTENTE:
	Quota:	-0.70 m da p.c.	
	Data:	07/03/2012	
	Cantiere:	Polo 5.1 Formigine (Mo)	

Caratteristica della prova			
temperatura media acqua	gradi (°):	18	(T°)
altezza interna permeometro			
inizio prova	cm:	100	(H0)

Relazione di G. Castany per il calcolo della conducibilità idraulica:

$$K = d / 16 \times 1/H m \times \delta h / \delta t \times \mu' / \mu$$

μ e μ' : viscosità dell'acqua in funzione di T

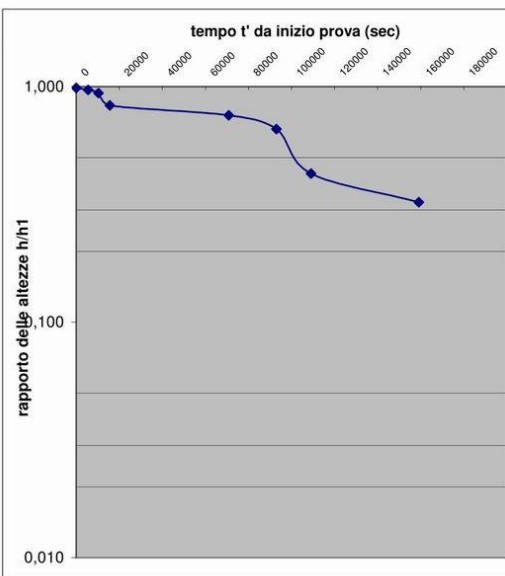
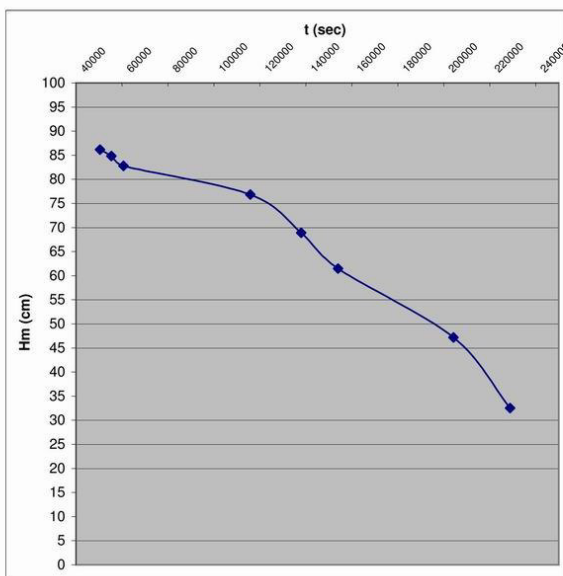
<i>Caratteristiche Permeametro</i>		
Altezza (mm)	1000	H
Diametro est. (mm)	140	D
Spessore (mm)	3,2	s
Diametro int. (mm)	133,6	d
Angolo rastremazione	5°	α
Area ratio	0,098	Ar
$Ar = (4s^2 + 4sd)/d^2 \leq 0.1 \div 0.12$		

[illegible]

elaborazione

t (sec)	H0-ΔH	t' (sec)	h/h1	δh/δt	H _m
45000	86,70	0	1		
50460	85,60	5460	0,987	2,015E-04	86,15
55380	84,10	10380	0,970	3,049E-04	84,85
60660	81,50	15660	0,940	4,924E-04	82,8
115860	72,20	70860	0,833	1,685E-04	76,85
138000	65,60	93000	0,757	2,981E-04	68,9
154020	57,30	109020	0,661	5,181E-04	61,45
204180	37,10	159180	0,428	4,027E-04	47,2
228840	28,00	183840	0,323	3,690E-04	32,55

K = 3,86E-06 cm/sec



<i>Caratteristiche Permeametro</i>		
Altezza (mm)	1000	H
Diametro est. (mm)	140	D
Spessore (mm)	3,2	s
Diametro int. (mm)	133,6	d
Angolo rastremazione	5°	α
Area ratio	0,098	Ar
$Ar = (4s^2 + 4sd)/d^2 \leq 0.1 \div 0.12$		

t (sec)	H0-ΔH	t' (sec)	h/h1	δh/δt	H _m
43200	90,10	0	1		
49920	86,80	6720	0,963	4,911E-04	88,45
57000	80,80	13800	0,897	8,475E-04	83,8
62400	74,70	19200	0,829	1,130E-03	77,75
117600	41,00	74400	0,455	6,105E-04	57,85
140100	36,00	96900	0,400	2,222E-04	38,5
151800	31,50	108600	0,350	3,846E-04	33,75
203580	9,00	160380	0,100	4,345E-04	20,25

tempo t' da inizio prova (sec)

rapporto delle altezze h/h_1

tempo t' da inizio prova (sec)	rapporto delle altezze h/h_1
0	1.0
10000	0.95
20000	0.9
30000	0.85
70000	0.65
90000	0.55
100000	0.5
150000	0.1

4.2 TETTO DELLE GHIAIE

La moltitudine di dati litostratigrafici desunti da sondaggi, escavazioni e prove penetrometriche dinamiche e statiche svolti nell'area del Polo 5 ed in un suo intorno, hanno permesso di elaborare una carta, riportata in Tavola 1.1.c, in cui sono rappresentate le isobate del tetto delle ghiaie.

Le isolinee di eguale profondità del primo orizzonte ghiaioso identificano così una paleosuperficie in cui i canali facenti il corso d'acqua si intrecciavano separando diversi corpi ghiaiosi. Questa carta individua questi ultimi che, dalle interpolazioni eseguite sui dati puntuali, sembrano mostrare una certa continuità.

La scelta di utilizzare le isobate espresse in metri dal piano campagna e non riferite al livello del mare deriva dal fatto che risultano di facile lettura, e quindi estremamente efficaci nella loro funzione coadiuvante alla progettazione dell'attività estrattiva.

Analizzando il risultato ottenuto si individuano principalmente due settori in cui l'estrazione delle ghiaie risulta evidentemente conveniente: il primo riguarda la parte occidentale del Polo 5 "Pederzona" nella porzione di territorio compreso tra la S.P. 15 ad ovest e la Via Poggi ad est, con il primo orizzonte di ghiaie presente a profondità comprese tra 1 e 3 metri da p.c., il secondo è individuato nel settore orientale del Polo 5, in particolar modo lungo un asse direzionato NE-SO e passante per la località di "Casino Magiera", anche qui con profondità comprese tra 1 e 3 m da p.c..

Queste due aree corrispondono a due dei paleoalvei sepolti di cui si è lungamente parlato in precedenza.

Tra questi settori è documentato un severo approfondimento del primo orizzonte ghiaioso, il quale presenta una scarpata molto acclive, fino a raggiungere quota compresa fino a -9 e -12 m dal piano campagna. Questo avvallamento colmato dai depositi fini risulta asimmetrico, mostrando un fianco orientale meno pendente, che riporta il tetto delle ghiaie ad una profondità in linea con l'area circostante e che si attesta sui -5 e -4 m dal piano campagna. Anche nel settore sudorientale del Polo 5 si assiste ad un relativo approfondimento del tetto delle ghiaie, che arrivano a profondità comprese tra -4 e -5 m dal piano campagna, per poi risalire gradatamente proseguendo verso sud.

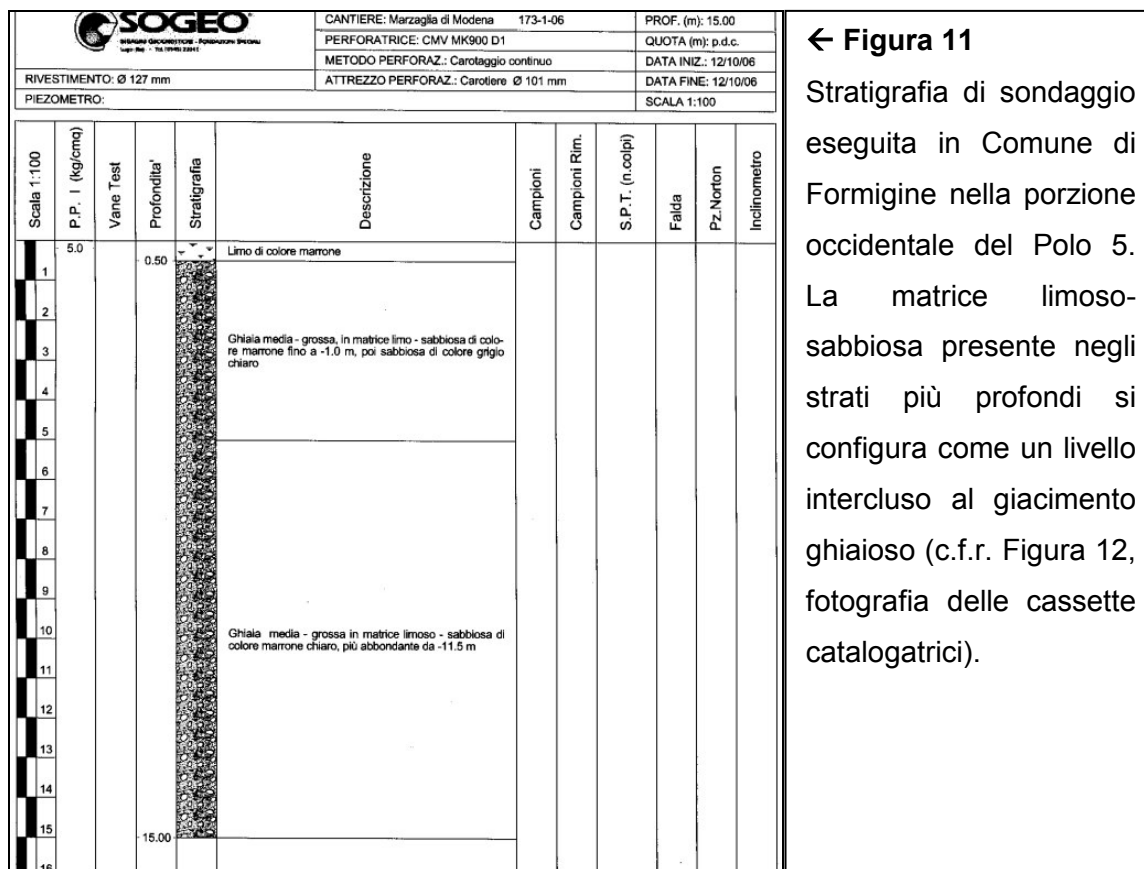
La zona di transizione tra i paleoalvei e l'avvallamento ricolmo di materiali fini è caratterizzata dalla presenza di livelli limo-argillosi che si intercalano tra le ghiaie del

giacimento ghiaioso, a testimonianza della variabilità degli ambienti deposizionali che li hanno originati.

Evidenze di tali livelli sono riconoscibili nei fronti di cava aperti (Figura 10), in fori di sondaggio (← Figura 11 e Figura 12) e in prove penetrometriche, effettuate a più riprese nel territorio in esame.



Figura 10 – Fronte di scavo orientale all'interno di cava Busani; si evidenzia la presenza di un livello di materiali fini intercluso al giacimento ghiaioso.





Sondaggio n°: 3

Località: Marzaglia (MO)

Data: 12/10/06

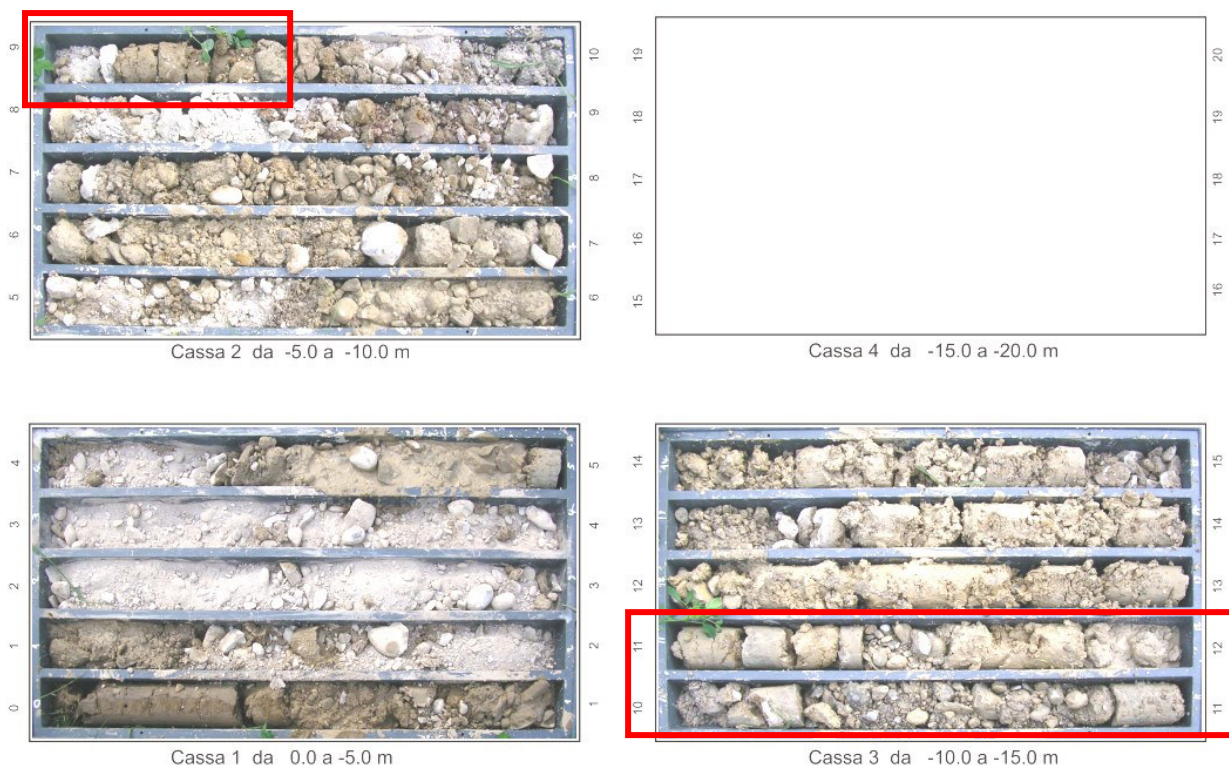


Figura 12 – Foto delle cassette catalogatrici del precedente sondaggio a carotaggio continuo, presenza di livelli fini a profondità comprese tra -9 e -12.

Questi livelli di materiali fini si presentano a diverse profondità nelle differenti aree indagate, ma si ritrovano stabilmente in tutte le aree del Polo 5 “Pederzona”; pertanto è possibile stimare un quantitativo di scarti e spurghi all’interno del giacimento ghiaioso di circa il 5%, formato da orizzonti limo-argillosi decimetrici.

4.3 LITOLOGIA SOTTERRANEA

Lo studio della litologia dell’area d’intervento e di un suo congruo intorno è stato possibile grazie alla consultazione di dati bibliografici esistenti, con particolare riguardo alle ricostruzioni stratigrafiche derivate da prove penetrometriche, da sondaggi e da perforazioni di pozzi per acqua. È stato così possibile ricostruire l’andamento dei differenti orizzonti litologici al di sotto dell’area in esame, per una profondità massima indagata di circa 100 m di profondità.

I risultati sono stati riassunti con l’elaborazione di tre sezioni litostratigrafiche significative, due con andamento ONO-ESE che tagliano il Polo 5 in tutta la sua larghezza ed una S-N con andamento pseudo parallelo al corso del Fiume Secchia.

Le sezioni mostrano come la zona sia caratterizzata dalla presenza di sedimenti grossolani, con una marcata estensione sia laterale sia verticale, prevalentemente costituiti da ghiaie e sabbie, mentre i depositi fini limo-argillosi costituiscono corpi lenticolari disomogenei poco potenti, interdigitati tra i depositi più grossolani.

Man mano che analizziamo le porzioni di territorio a quote altimetricamente inferiori e contemporaneamente ci discostiamo dall'asse del Fiume Secchia, troviamo una presenza maggiore di sedimenti a granulometria fine.

In linea generale nell'area del Polo 5 "Pederzona" le ghiaie si trovano a profondità di pochi metri dal piano campagna; si presentano affioranti in adiacenza al Fiume Secchia e mediamente a 1-3 m dal piano campagna nelle aree limitrofe.

Nella parte centrale delle sezioni A e B è possibile notare un repentino abbassamento del substrato ghiaioso, seguito da una graduale risalita fino in corrispondenza della Fossa del Colombarone. Tali vuoti, lasciati in coincidenza di antichi alvei, sono stati colmati da depositi fini.

4.4 CARATTERISTICHE GIACIMENTOLOGICHE

Le potenzialità estrattive del territorio del Polo 5 "Pederzona" corrispondono alle ghiaie presenti nel primo orizzonte sepolto, deposte durante l'Olocene, che si presentano con pezzatura variabile, frapposte ad una matrice a granulometria fine, prevalentemente limo-sabbiosa o sabbiosa.

Da un'analisi petrografica di dettaglio, si è desunto che si tratta di ghiaie eterogenee, che riflettono la composizione dei terreni da cui derivano; infatti sono composte da clasti calcarei, calcareo-marnosi ed arenacei, tipici delle formazioni presenti in Appennino.

I ciottoli presentano un grado di arrotondamento abbastanza buono, conseguenza diretta di alcuni parametri quali la distanza dal bacino di alimentazione, la tipologia del materiale trasportato e la dinamica deposizionale del banco. Questi fattori agiscono sulla granulometria generale dei frammenti, che si presenta estremamente variabile, con ciottoli medio piccoli dell'ordine del centimetro, fino a clasti di 10 cm e oltre di diametro.

Su alcuni campioni prelevati dalla Cava Pederzona, una delle prime attivate nell'area, sono state effettuate analisi di laboratorio su campioni ghiaiosi, che ne hanno permesso una caratterizzazione dal punto di vista sia qualitativo, sia quantitativo.

Dall'analisi petrografica elaborata su tre campioni si è ottenuto in indicazione sulla composizione, risultata essere eterogenea e poligenica. Per una migliore comprensione di questa caratteristica è possibile fare riferimento alla seguente Tabella 1.

Tabella 1 - Composizione petrologica dei campioni provenienti dalla Cava Pederzona (valori espressi in %)

Campione	Calcari	Calcari arenacei fini	Calcari arenacei finissimi	Arenarie	Calciti	Basalti
C1	51.97	35.24	8.38	3.13	1.06	0.22
C2	48.17	29.99	16.52	2.96	0.62	1.74
C3	59.82	23.16	14.18	1.18	1.14	0.52

Le ghiaie analizzate risultano costituite prevalentemente da ciottoli calcarei, rappresentati da calcilutiti con una percentuale variabile di contenuto carbonatico, e da ciottoli di calcari arenacei fini e finissimi, con grado di compattezza stimato minore rispetto ai calcari, da cui deriva un coefficiente di imbibizione maggiore. I calcari arenacei fini e le arenarie possiedono una leggera friabilità. All'interno del banco si ritrovano anche ciottoli di calcite secondaria (formatasi per discioglimento e rideposizione del carbonato di calcio all'interno delle fratture delle rocce), e ciottoli di origine magmatica, prevalentemente basaltica, proveniente dalle rocce ofiolitiche.

Su un campione proveniente dal settore occidentale del Polo 5 "Pederzona", sono state effettuate analisi granulometriche. I risultati possono essere così riassunti:

Tabella 2 - Composizione granulometrica del campione proveniente dal settore Ovest

Setaccio n°	Apertura maglie (mm)	Passante % in peso	Residuo % in peso
10	2.000	22.9	77.1
40	0.420	12.9	10.0
200	0.074	3.8	9.1
Fondo	/	-	3.8

Secondo la classificazione A.A.S.H.O. la ghiaia analizzata appartiene alla classe "A1a".

La percentuale del residuo ghiaioso al setaccio n° 10 (avente apertura delle maglie di 2,0 mm corrispondenti al passaggio tra ghiaie e sabbie) è del 77%, mentre le sabbie costituiscono il 19% ed i materiali fini limo-argillosi il 4%.

5 QUADRO IDROGEOLOGICO

5.1 IDROGRAFIA DI SUPERFICIE

Il settore di pianura indagato è caratterizzato da una specifica rete drenante, rappresentata da corpi idrici naturali uniti ai corsi d'acqua artificiali, che scorrono prevalentemente seguendo l'andamento del terreno circostante e pertanto da sud-ovest verso nord-est. Le aste di deflusso secondarie svolgono per lo più la funzione di solo canale di scolo, tuttavia si possono anche osservare corsi d'acqua ad uso irriguo o promiscuo.

Il corpo idrico principale è costituito dal Fiume Secchia, caratterizzato in questo tratto del suo tracciato da un andamento a "braided" (Figura 4), a differenza del settore più settentrionale, che a causa della diminuzione della sezione di deflusso, ha un andamento più rettilineo e continuo. Il deflusso dei corsi d'acqua minori, individuati nella Fossa di Spezzano e nel Torrente Cerca che drenano questo tratto di pianura e che arrivano a sfociare nel Fiume Secchia, ha un andamento verso nord-est, congruo con la vergenza della pianura circostante.

5.1.1 Idrografia del Polo 5

L'area del Polo 5 possiede buone caratteristiche di drenaggio, al quale contribuiscono una serie di canali artificiali e naturali a funzione scolante e irrigua.

Come illustrato in Tavola 1.1.e a partire dal confine ovest del Polo 5 e procedendo verso est incontriamo diversi corsi d'acqua:

- ❖ Il Canale di Marzaglia, che ha la propria derivazione sul Fiume Secchia, in località Cantone, e scorre verso nord, costeggiando la S.P. 15 fino alla Via Emilia in adiacenza dell'abitato di Marzaglia;
- ❖ Il Rio Ghirola, che prende origine a sud, nei pressi della località Colombarone e continua verso nord, con un alveo di piccole dimensioni, in parte naturale ed in parte artificiale, fino allo sbocco nel Fiume Secchia a nord di Cittanova.

Allo stato attuale, il corso d'acqua attraversa il Polo 5 per un tratto di circa 1'450 m, dalla località Casette, fino alla piccola località Colombarone.

Nel tratto interno al Polo 5 si presenta stretto e poco profondo, insistente su terreni sia limosi sia ghiaiosi, che per lunghi tratti sono subaffioranti. Questa caratteristica giustifica la scarsa portata rilevata sul corso d'acqua, poiché le acque tendono prevalentemente ad infiltrarsi sul fondo.

Quest'ultimo tratto, in attraversamento del Polo 5, è stato oggetto di spostamento verso ovest come previsto dal P.P. del Polo 5.1.

- ❖ Il Condotto Irriguo Pincetti, che rappresenta il condotto irriguo principale, parte da Magreta e si divide in due rami, di cui uno prosegue costeggiando la S.P. 15 fino ad incontrare il Canale di Marzaglia in località Cantone, ed un altro più ad est che costeggia via Bassa e Via Poggi. Da quest'ultimo ramo ne nasce uno ulteriore che percorre Via Gazzuoli fino allo sbocco nella Fossa del Colombarone a nord della località Ca' Frigeri.
- ❖ La Fossa del Colombarone presenta un andamento rettilineo artefatto, fino all'intersezione con Via Pomposiana a nord del Polo 5, dove assume un andamento più naturale. La Fossa ha origine a sud del Polo 5, dal ramo destro del Condotto Irriguo Pincetti, in corrispondenza di Via Gazzuoli, e lo attraversa per circa 850 m; ne esce oltre Via Pederzona con potenzialità di deflusso molto maggiore, fino a sfociare nel Secchia a nord della Via Emilia.
- ❖ La Fossa dei Gazzuoli, con andamento SSE-NNO, che ha origine nei pressi della località Tabina, lungo la Via Don Franchini, e sfocia nella Fossa del Colombarone presso Cittanova. Attraversa il Polo 5 per una lunghezza di 1'470 metri, da Via Tampellini fino a sud della località Ca' Pedroni.
- ❖ Il Condotto Senada rappresenta l'ultimo corso d'acqua che si incontra nei pressi del Polo 5, non venendone mai interessato. Prende origine a sud del Polo nei pressi di Via Don Franchini dal Canale di Modena e costeggia Via Corletto in tutta la sua lunghezza.

Questi corsi d'acqua drenano le acque del reticolo minore ad andamento prevalentemente trasversale, presentano sezione a "V" con profondità e larghezza di 1 m, con esigue portate idriche dell'ordine dei 150/200 l/s.

Le aree adibite ad attività estrattive individuate all'interno del Polo 5 vanno ad interferire direttamente su parte del reticolo principale, con particolare riferimento al Rio

Ghirola ed alla Fossa dei Gazzuoli, entrambi già oggetto di interventi di spostamento/rilocalizzazione come previsto dalla pianificazione di P.P. del Polo 5.1 vigente.

5.2 CARATTERISTICHE DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Per affrontare l'analisi quali-quantitativa delle acque sotterranee, si sono utilizzati i dati desunti dal report sulle acque sotterranee della provincia di Modena per l'anno 2009, aggiornati dagli studi condotti dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna in collaborazione con AGIP.

Dal punto di vista idrogeologico, nella pianura modenese, sono riconoscibili 5 differenti unità:

- * conoide del Fiume Secchia;
- * conoide del Fiume Panaro;
- * conoide dei Torrenti Minori;
- * piana alluvionale appenninica;
- * piana alluvionale deltizia (di dominio alluvionale del Fiume Po).

L'alimentazione degli acquiferi profondi avviene principalmente per infiltrazione dalla superficie, laddove vi è affioramento di litologie permeabili o per infiltrazione di acque fluviali nei subalvei. Sono riscontrabili, anche se con meno frequenza, scambi di acque tra differenti livelli acquiferi, tra di loro separati da orizzonti semipermeabili, per fenomeni di drenanza con le unità idrogeologiche confinanti.

A partire dal margine appenninico, l'acquifero principale è caratterizzato da un serbatoio monostrato a falda libera, fino a diventare compartimentato con falde in pressione procedendo verso nord.

In corrispondenza delle porzioni apicali delle conoidi, a causa della litologia e della conformazione dei depositi accumulati, si rilevano aree ad elevata vulnerabilità all'inquinamento; tuttavia, l'elevata capacità drenante dei terreni unitamente all'alimentazione dell'acquifero dalle acque superficiali, attenuano l'infiltrazione degli inquinanti, conferendo caratteristiche di buona qualità alle acque di falda; queste riflettono la composizione idrochimica delle acque che le alimentano.

La prima falda libera che si incontra nelle porzioni centrali delle conoidi è spesso separata da quelle sottostanti e dalla superficie attraverso orizzonti limo-argillosi. Questa marcata compartimentazione porta ad una palese differenziazione fra gli acquiferi profondi

e quelli superficiali. Gli strati di separazione tra i vari compartimenti, gli acquitardi, nonostante possiedano potenze di oltre una ventina di metri, non riescono a garantire una totale protezione dall'inquinamento. Questa situazione è aggravata dalla grande quantità di perforazioni per lo sfruttamento della risorsa, che mettono in interconnessione i vari compartimenti.

In corrispondenza dell'area in esame ed al contorno, nonostante la superficie sia gravata da numerose fonti di pericolo a causa dell'elevata pressione antropica, vi sono localizzati i maggiori e strategici prelievi di acque sotterranee dell'intera provincia; questa scelta è dettata sia dall'elevato spessore degli acquiferi, sia dalla loro naturale protezione.

Gli acquiferi costituenti le conoidi minori sono di modesta entità e, a seguito della limitata circolazione idrica unita alla dispersione di inquinanti data dall'elevata pressione antropica, presentano qualità delle acque molto più scadenti.

A nord della via Emilia gli acquiferi si fanno molto più profondi e poco alimentati dalla superficie topografica, a causa della elevata estensione dei litotipi più impermeabili. Il mancato ricircolo conferisce alle acque sotterranee un potenziale di ossidoriduzione negativo che comporta la conversione delle forme ossidate in forme ridotte; ne deriva una marcata mancanza di Solfati e Nitrati. Inoltre si riscontrano processi di dissoluzione e di assorbimento con significative mobilitazioni delle forme del Ferro e Manganese allo stato ridotto.

Dal punto di vista idrochimico, queste acque profonde presentano un alto contenuto di materiale organico, ed altri ioni derivati dalla matrice argillosa, tra cui il Fluoro, il Boro, lo Zinco e l'Arsenico.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE					ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE									
AFFIORANTI					SEPOLTE		GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO								
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	FORMAZIONE DI OLMATELLO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	ORIZZONTE DI FOSSOLO	ALLUVIONALE INFERIORE	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE 0.125	A	A1		
	DILUVIUM p.p.													A2		
														A3		
														A4		
QUATERNARIO MARINO	MILAZZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3'	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3"	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	~0.35-0.45	PLEISTOCENE MEDIO	~0.65	~0.8	~1.0	~2.2	~3.3-3.6	~3.9	B	B1
	MILAZZIANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.															B2
	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.															B3
	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.															B4
P2	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.	SUPERSISTEMA DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE		PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE	3.55	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	C	C1							
				C2												
				C3												
				C4												
				C5												
										ACQUITARDO BASALE						

Figura 13 - Schema stratigrafico del margine appenninico e della pianura emiliano-romagnola

Gli acquiferi che caratterizzano la bassa pianura sono prevalentemente costituiti da falde in depositi sabbiosi e ghiaiosi appartenenti alla facies deposizionale del Fiume Po. In corrispondenza della risalita della "Dorsale Ferrarese", il substrato marino pre-pleistocenico è a soli 80 metri dal piano campagna, condizionando la facies delle acque sotterranee per la risalita delle acque salate marine. Si riscontra pertanto un'interfaccia tra le acque salate sul fondo, accanto alle acque dolci di alimentazione dal Fiume Po, tali da sfavorire la ricerca e lo sfruttamento della risorsa; è infatti tipico l'utilizzo delle acque derivanti dalle falde freatiche sospese, che risultano essere completamente separate dall'acquifero profondo ma che manifestano gradi di qualità scadenti.

Gli studi eseguiti dall'Ufficio Geologico Regionale hanno permesso l'identificazione di tre Gruppi Acquiferi ad estensione regionale, denominati A, B e C, separati da un sistema di barriere di permeabilità (Figura 13).

Al loro interno ogni gruppo è suddiviso in unità idrostratigrafiche, per un totale di tredici unità idrostratigrafiche inferiori, denominate complessi acquiferi. La distinzione tra gruppo acquifero e complesso acquifero deriva dal differente volume immagazzinato (maggiore nei gruppi), oltre che dallo spessore e dalla continuità areale dei livelli impermeabili delle diverse unità.

L'acquitarzo alla base dei gruppi rappresenta l'insieme delle unità impermeabili che costituiscono una barriera alla circolazione idrica sotterranea, e che si estendono al di sotto della Pianura Padana emergendo lungo il margine appenninico; nel settore in esame questa funzione è svolta dalle Argille Azzurre.

Il primo acquifero superficiale, il gruppo A, è caratterizzato dal maggiore volume di strati poroso-permeabili, di cui si stimano 60 km³ sui 130 km³. Nell'area di indagine, l'interfaccia con il gruppo sottostante varia tra circa 0 m s.l.m. a sud a oltre -100 m s.l.m. a nord. Le aree di ricarica degli acquiferi nella Provincia di Modena sono contenute e limitate alle conoidi dei Fiumi Secchia e Panaro.

L'area del Polo 5, dal punto di vista idrogeologico, appartiene alla conoide del Fiume Secchia, ed è caratterizzata da terreni con alto grado di permeabilità, costituiti da ghiaie e sabbie con straterelli discontinui ed intercalazioni limo-argillose e limo-sabbiose (Figura 8 e Figura 14).

Ne risulta un acquifero monostrato con alti valori di trasmissività, differenziabile solo localmente. Come precedentemente detto, l'alimentazione avviene principalmente per infiltrazione in alveo a partire da Sassuolo, anche se a monte di questa località appare evidente che il letto del Fiume Secchia ha eroso completamente le alluvioni depositate facendo affiorare il substrato marino; in secondo luogo l'infiltrazione avviene per infiltrazione dal sottosuolo e per apporti da parte del fronte freatico collinare. Tali caratteristiche sono confermate anche dall'analisi chimica delle acque presenti, poiché sono omologhe alle acque fluviali.

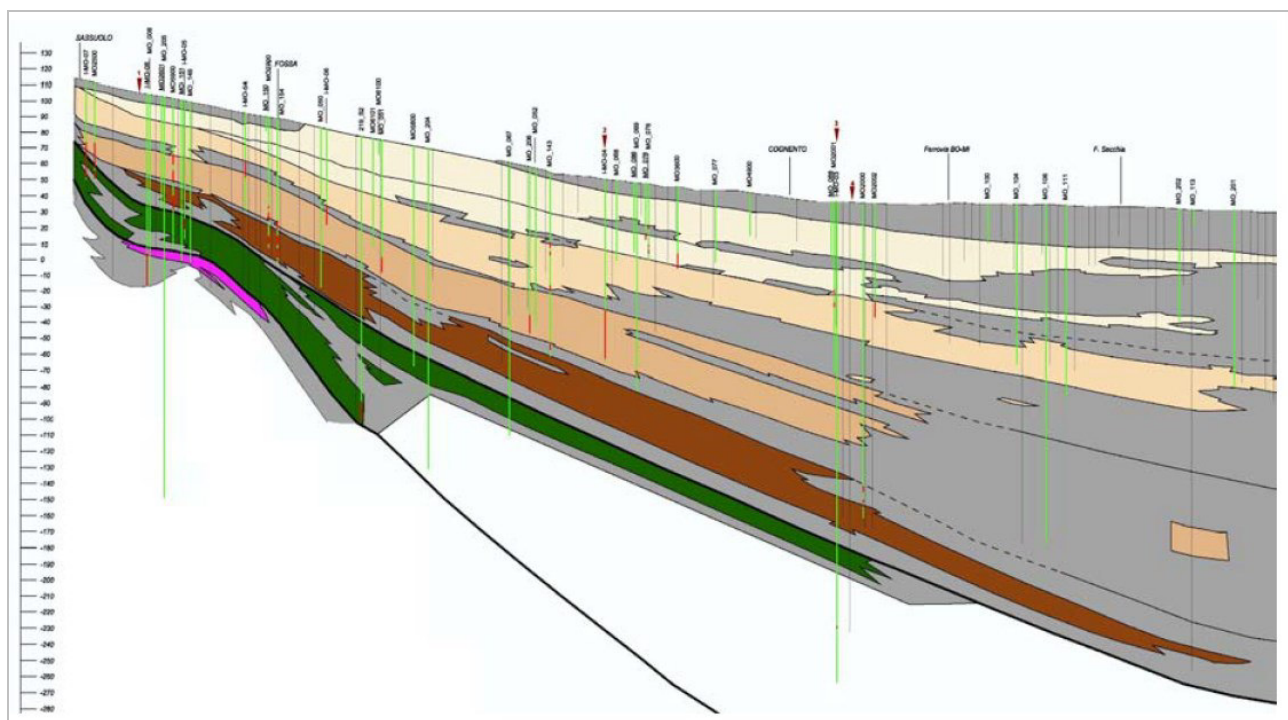


Figura 14 - Sezione Geologica del Fiume Secchia

L'analisi delle acque ha permesso di fare correlazioni tra il chimismo delle acque fluviali e delle acque sotterranee da cui risulta che, in sinistra idrografica, la falda ottiene la maggiore infiltrazione di subalveo nella stagione autunnale, mentre in destra si ha alimentazione della falda durante tutto l'arco dell'anno.

La falda comincia a cambiare carattere procedendo verso nord, dove i potenti livelli di depositi fini a bassa e bassissima permeabilità compartimentano l'acquifero, e favoriscono una graduale entrata in pressione. Nell'area in esame, il primo rilevante livello impermeabile è collocato ad una profondità compresa tra 35 e 50 m. Si presenta discretamente continuo, a litologia argilloso-limosa, ed a luoghi delimita l'acquifero freatico superficiale.

5.3 CARATTERISTICHE IDRAULICHE DELL'ACQUIFERO

Per una puntuale caratterizzazione idrogeologica dell'acquifero presente nelle aree del Polo 5 "Pederzona" si è effettuato nel dicembre 2011 una campagna di monitoraggio dei pozzi presenti nell'area ed al contorno; è stato così possibile ricostruire il livello statico della falda presente.

Per una miglior divulgazione dei dati ottenuti durante suddetta campagna sono state redatte due carte: la carta della piezometria (Tavola 1.1.f), con equidistanza 0.5 m ed

espressa in metri sul livello del mare, e la carta della soggiacenza (Tavola 1.1.g), con equidistanza 1 m ed espressa in metri di profondità dal piano campagna attuale.

Il censimento dei pozzi ha comportato il rilevamento di circa 62 pozzi distribuiti nell'area compresa tra Magreta e Marzaglia ed ovest e tra Baggiovara e Cittanova nord a est, molti dei quali già inseriti all'interno della rete di monitoraggio dell'attività estrattiva all'intero del Polo 5. Le caratteristiche di questi pozzi/piezometri sono tali da soddisfare i requisiti richiesti dal PAE ed in particolare risultano misurabili, campionabili, e significativi (le caratteristiche delle acque nel pozzo rappresentano con sufficiente approssimazione quelle dell'acquifero sotteso).

5.3.1 Caratteristiche della falda e condizioni di flusso

I dati acquisiti riguardo al livello piezometrico, hanno fornito informazioni sull'andamento generale della falda, infatti, come si può notare dalla Tavola 1.1.f, i livelli misurati differiscono di poche unità e permettono di ricostruire l'andamento del flusso. Questo deriva principalmente dalle caratteristiche intrinseche dell'acquifero, che si presenta come monostrato e compartimentato, i livelli limo-argillosi semipermeabili presenti permettono l'instaurarsi di fenomeni di drenanza verticale e laterale.

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche e dalle indicazioni della carta della piezometria è possibile suddividere questa porzione di territorio in due settori: il primo che coinvolge le porzioni occidentali del Polo 5, presenta una falda libera che sfrutta in prevalenza gli apporti diretti da infiltrazione superficiale e da infiltrazione di subalveo dall'adiacente Fiume Secchia; il secondo settore che coinvolge l'angolo nord-est del Polo 5 e la restante porzione di territorio, è caratterizzato da un progressivo aumento della porzione fine dei sedimenti con conseguente passaggio da falda libera a falda confinata e/o semiconfinata.

In termini generali la carta della piezometria riportata in Tavola 1.1.f, mette in luce le seguenti caratteristiche del flusso idrico sotterraneo: la direzione del flusso risulta essere prevalentemente verso nord-est con quote comprese tra 44 m s.l.m. a sud di Magreta e 35 m s.l.m. a nord-est del Polo.

Gli andamenti delle isolinee permettono di identificare la relazione esistente tra il Fiume Secchia e la falda a pelo libero, in particolare in questo tratto di pianura le isolinee indicano un comportamento disperdente da parte del fiume che alimenta direttamente la

falda per infiltrazione diretta di subalveo. Questo comportamento è particolarmente marcato in corrispondenza del Polo 5 dove le isolinee risultano essere parallele al corso del fiume. L'andamento delle linee isopiezometriche permette di dare un'indicazione sull'idrodinamica della falda, individuando le zone di alimentazione, gli assi di drenaggio e gli spartiacque sotterranei. Un'importante asse drenante è ubicato in direzione ovest-est a partire dalla località Colombarone proseguendo lungo la Via Pederzona, e rappresenta la fascia a maggiore permeabilità.

Ai margini di questo asse drenante, o spartiacque sotterraneo, troviamo due assi di drenaggio, che recepiscono e collettano le acque degli spartiacque sotterranei, e che sono ubicati in corrispondenza della Via Don Franchini a sud e della Strada del Ponte di Ferro a nord.

Quest'alternanza di zone a diverso comportamento idrodinamico è dovuta alla giustapposizione di terreni più o meno permeabili, che caratterizzano questo tratto di pianura, legati alle diverse fasi deposizionali del Fiume Secchia.

Da questa carta è possibile anche avere un'indicazione del gradiente idraulico della falda, definito come la perdita di carico idraulico per unità di lunghezza, ossia della pendenza che assume il pelo libero della falda nel suo flusso all'interno dei depositi. I calcoli effettuati sulla distanza delle isopieze indicano valori estremamente variabili procedendo da ovest verso est. Nel settore di pianura in destra idrografica del Fiume Secchia e fino all'isopiezometrica di quota 38 m s.l.m., che corrisponde alla fascia disperdente del fiume, il gradiente idraulico è compreso tra $0.35 \div 0.15\%$, ad est di tale area è presente un rapido abbassamento del gradiente idraulico per arrivare a valori inferiori o uguali allo 0.1% .

Alla quota di circa 38 m s.l.m. corrisponde il passaggio tra la falda libera e la falda confinata o semiconfinata.

Per quanto riguarda la soggiacenza, l'indicazione che deriva dalla carta redatta e riportata il Tavola 1.1.g è che rispetto alla topografia la falda prograda regolarmente da sud verso nord con profondità variabili tra 37 m in corrispondenza di Magreta e 9 metri in corrispondenza del sottopassaggio di Strada Pomposiana sotto la Ferrovia Milano-Bologna.

Le profondità fanno riferimento al piano campagna originario, al fine di avere un'indicazione precisa dell'andamento della falda e scongiurare l'interferenza dell'attività estrattiva con essa ai sensi delle Norme Tecniche PAE.

Nell'area del Polo 5, l'andamento generalizzato è abbastanza omogeneo, disturbato solo localmente da risalite dovute a prelievi consistenti. Il minimo che si riscontra entro il perimetro di Polo corrisponde a soggiacenza di -15 m da p.c.. Ipotizzando quindi il massimo sfruttamento consentito, che corrisponde ad una profondità di scavo di 12 m risulta mantenuto un franco compreso tra 13 m nel punto massimo a sud-ovest del polo e 3 m nel punto minimo. Tali valori si presentano maggiori del limite imposto nelle norme PIAE/PAE, secondo le quali deve sempre essere mantenuto un franco di almeno 1.5 m.

Sulla base dei dati finora esposti, e considerando che i livelli rilevati coincidono con i livelli di morbida della falda si può concludere che la superficie della falda si trova ad una profondità tale da escludere qualsiasi interferenza idraulica diretta con eventuali aree di cava.

Si fa comunque notare che il livello piezometrico negli ultimi anni ha subito alcune oscillazioni di livello, senza mai andare ad interferire con l'attività estrattiva e senza nemmeno interessare il franco necessario per la salvaguardia della falda.

La campagna di rilevamento effettuata nell'ottobre del 2014 ha permesso l'aggiornamento del dato di soggiacenza relativamente ai pozzi-piezometri monitorati e sottendenti le cave e gli impianti attivi e funzionanti. Con i dati ottenuti è stato possibile creare una mappa dell'andamento della soggiacenza relativamente ad un limitato intorno del Polo estrattivo 5 (Figura 15), al fine di verificare la condizione di flusso della prima falda libera.

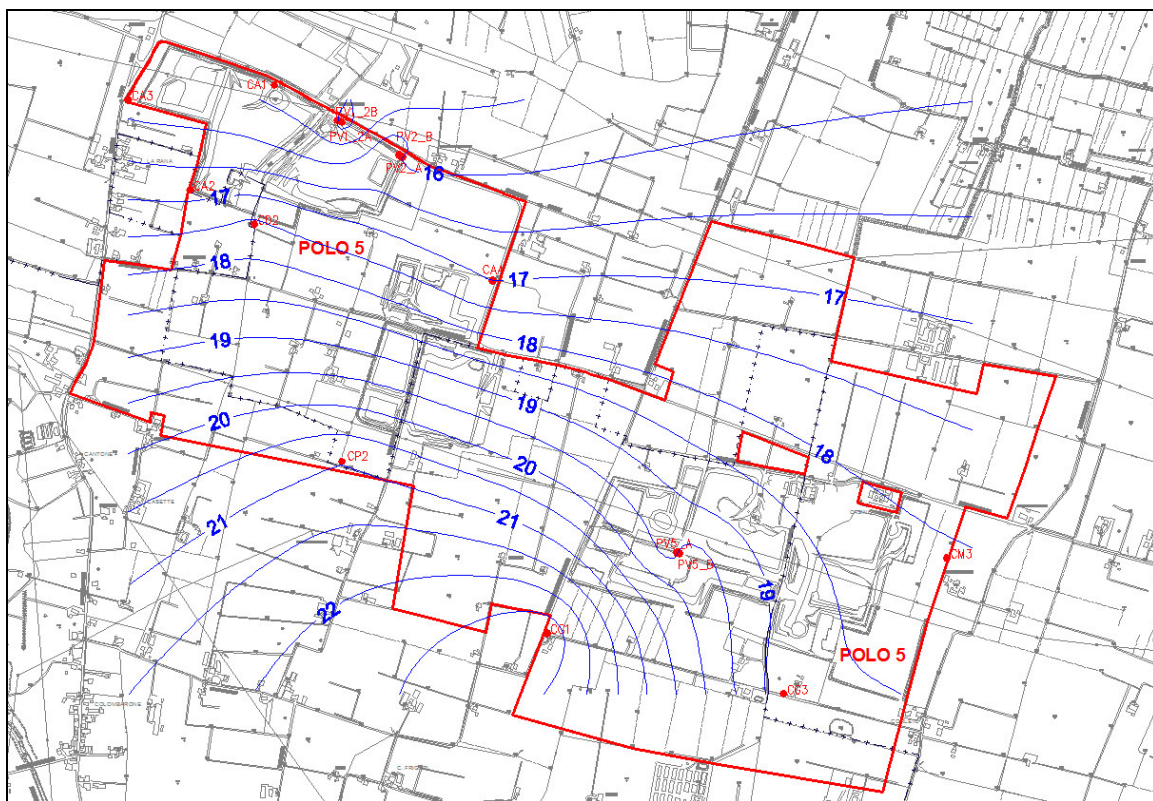


Figura 15 – Soggiacenza della falda, aggiornamento ottobre 2014 – Scala grafica

Nonostante si registri un trend in accrescimento della quota del pelo libero della falda, e conseguentemente una diminuzione della soggiacenza, sono rilevabili valori che garantiscono l'escavazione in conformità alle specifiche tecniche delle NTA del PAE del Comune di Formigine.

Dal punto di vista idraulico siamo in presenza di un acquifero permeato da una falda freatica, che possiede alti valori di trasmissività ($1.0 \div 9.2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) e alti valori di permeabilità ($2.2 \times 10^{-4} \div 3.1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$).

6 VULNERABILITÀ E PROTEZIONE DEGLI ACQUIFERI

Secondo la definizione di Civita del 1987 la vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento è intesa come la suscettività specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse componenti e nelle loro situazioni geometriche e idrodinamiche, a ricevere, diffondere o mitigare gli effetti di un inquinante tale, da produrre impatto sulla qualità dell'acqua sotterranea nello spazio e nel tempo.

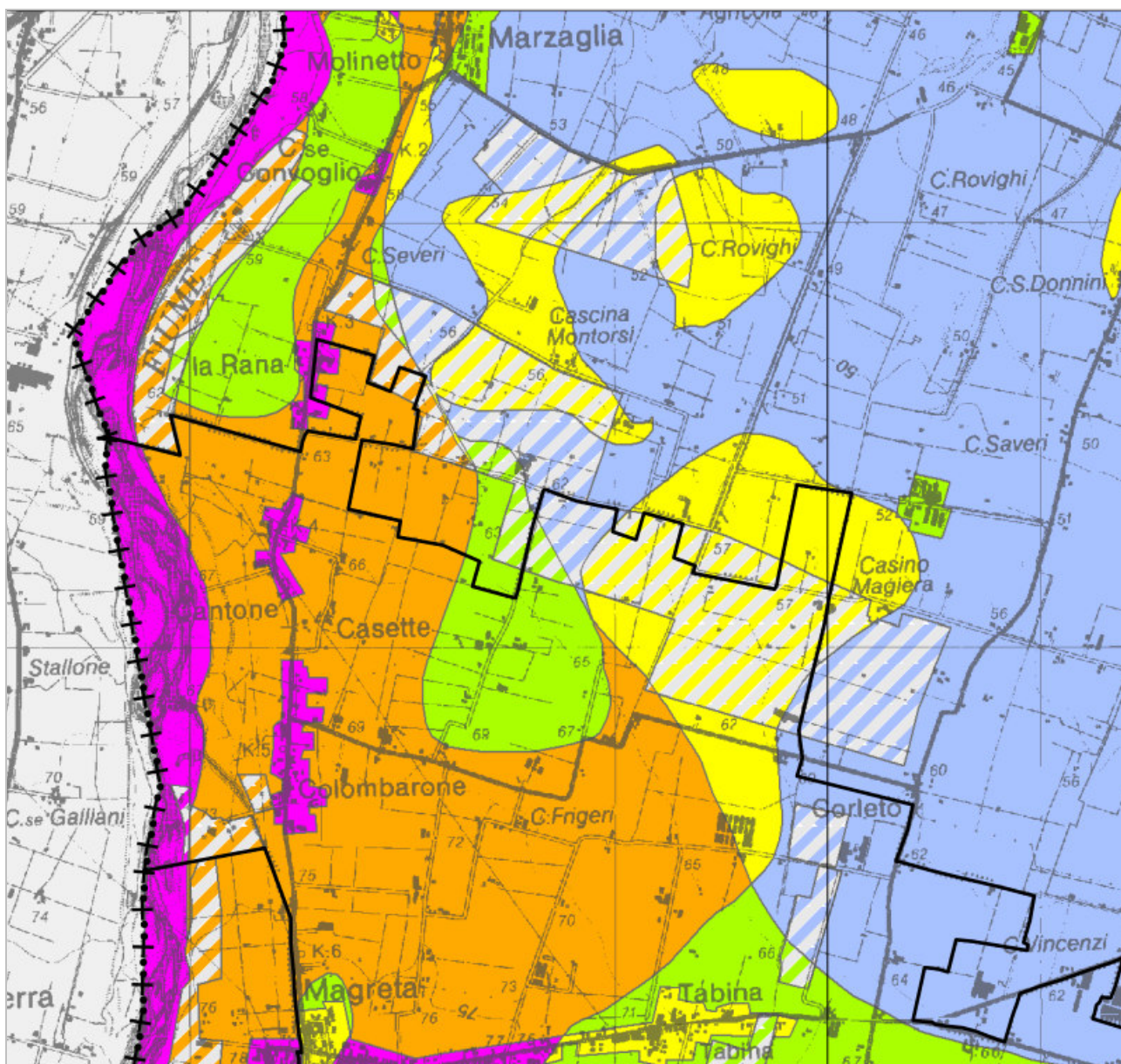


Figura 16 - Estratto della Tavola 3.1.2. del PTCP 2009 " Rischio inquinamento acque: vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale" – LEGENDA: 1) **BLU**: vulnerabilità bassa – 2) **VERDE**: vulnerabilità media – 3) **GIALLO**: vulnerabilità alta – 4) **ARANCIO**: vulnerabilità elevata – 5) **ROSSO**: vulnerabilità estremamente elevata – Le aree tratteggiate corrispondono al grado di vulnerabilità relativa alle zone destinate ad attività estrattive.

La conoscenza approfondita del grado di vulnerabilità di un territorio ad un determinato fattore ci fornisce utili indicazioni per stabilire il grado di saturazione di un determinato ambito territoriale con l'obiettivo di poter valutare la sua attitudine ad accogliere nuovi insediamenti produttivi e nuove attività antropiche, che nel nostro specifico si traduce in attività estrattiva esistente ed in progetto, nonché sulla capacità del sistema di accogliere impianti di lavorazione e trasformazione degli inerti.

Nel nostro caso, la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero si trova in relazione ad un insieme di fattori naturali, tra cui prevalentemente la struttura del sistema idrogeologico, ma anche la natura dei suoli di copertura, i processi di ricarica, il tempo di transito dell'acqua attraverso l'acquifero insaturo, la dinamica di deflusso sotterraneo, i processi attenuanti del fattore inquinante, la concentrazione in entrata ed in uscita, ecc..

In questo senso la carta della vulnerabilità deriva dalla sovrapposizione e diversa considerazione di diversi elementi, quali la geologia, la litologia, e la pedologia dei terreni affioranti, la profondità del primo livello grossolano a permeabilità significativa (ghiaie e sabbie), la saturazione presente o mancata, la tipologia della falda (confinata o libera con soggiacenza $< o >$ di 10 metri dal p.c.).

La costruzione della carta elaborata e riportata in Tavola 1.1.h segue la stessa metodologia proposta da Civita nel 1980 e adottata anche per la redazione di altre carte riguardanti il medesimo tematismo nello stesso territorio. In particolare si fa riferimento alla carta della "Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale" del PTCP 2009, di cui un estratto è riportato in Figura 16.

Per quanto riguarda la specifica area del Polo 5 è stata redatta la Tavola 1.1.h in scala 1:10'000, elaborata tenendo conto della litologia di superficie riportata in Tavola 1.1.b, della profondità del tetto delle ghiaie riportato in Tavola 1.1.c e della soggiacenza riportata in Tavola 1.1.g. La metodologia utilizzata per la redazione della carta del PTCP di Figura 16, riportata in Figura 17, è la medesima messa in pratica per la classificazione dei terreni nell'intorno del Polo 5.

L'acquifero che caratterizza l'area di studio presenta valori di permeabilità e trasmissività relativamente elevati, in modo tale da permettere una veloce diffusione di potenziali inquinanti. Gli acquiferi profondi risultano scarsamente protetti e quindi elevatamente vulnerabili agli inquinanti di provenienza superficiale, se si prende anche in considerazione la buona permeabilità dei terreni superficiali, in particolar modo nelle aree in cui sono presenti ghiaie e sabbie affioranti. Per contro, proprio per queste caratteristiche intrinseche l'acquifero dimostra di possedere alte capacità diluenti, con effetto di autodepurazione.

La vulnerabilità si presenta di fatto molto alta in tutti i terreni della conoide alluvionale del F. Secchia, in particolare all'apice della stessa, in corrispondenza dei tratti fluviali

disperdenti, e laddove si ha la presenza di paleoalvei sepolti in relazione con modesti acquiferi sospesi alimentati da infiltrazioni locali.

* GRADO DI VULNERABILITA'						LITOLOGIA SUPERFICIE	PROFONDITA' TETTO GHIAIE E SABBIE	CARATTERISTICHE ACQUIFERO	CAPACITA' ATTENUAZIONE SUOLO
EE	E	A	M	B	BB				
						- Zona di MEDIA PIANURA: Area caratterizzata da assenza di acquiferi significativi, nella quale sono presenti livelli di ghiaia solamente al di sotto dei 100 m di profondita' e di sabbia al di sotto dei 25 m di profondita'			
						(**) Paleoalvei recenti e depositi di rotta, sede di acquiferi sospesi.			
						limo	> 100	libero	AM
						sabbia	> 100	libero	AM
						limo	> 100	libero	B
						sabbia	> 100	libero	B
						argilla	> 10	libero/confinato	AM
						limo	> 10	libero/confinato	A
						argilla e/o limo	< 10	confinato	A
						argilla	> 10	libero/confinato	B
						argilla e/o limo	< 10	libero	AM
						limo	> 10	libero/confinato	MB
						argilla e/o limo	< 10	confinato	MB
						sabbia e/o ghiaia	> 10	confinato	A
						argilla e/o limo	< 10	libero	B
						sabbia e/o ghiaia	> 10	libero	AM
						sabbia e/o ghiaia	> 10	confinato	MB
						sabbia e/o ghiaia	< 10	confinato	AM
						sabbia e/o ghiaia	< 10	libero	AM
						sabbia e/o ghiaia	< 10	confinato	B
						sabbia e/o ghiaia	> 10	libero	B
						sabbia e/o ghiaia	< 10	libero	B
						Alvei fluviali disperdenti			

* EE = Estremamente Elavato E = Elevato A = Alto M = Medio B = Basso BB = Molto Basso

Figura 17 - Legenda della Carta 3.1.2. del PTCP 2009 - Viene riportata la metodologia di classificazione delle aree relativamente ai differenti indicatori

Nel territorio in esame possiamo quindi distinguere cinque classi di vulnerabilità, così suddivisi:

- ❖ Zone a vulnerabilità bassa, in particolare due aree una in prossimità del margine nord-orientale, ad est di Strada Viazza di Cittanova, ed una più rilevante nella porzione orientale del polo. In queste aree si riscontra l'affioramento di terreni fini, quali limi e argille, in spessori potenti tra 3 e 5 m, con buona capacità di attenuazione;

- ❖ Zone a vulnerabilità media, presenti nella porzione centrale del Polo 5 compresi tra le attuali cave Corpus Domini, Busani e Pederzona, caratterizzati dalla presenza di elevati spessori di materiali fini, compreso tra 6 e 12 metri di profondità, unitamente alla presenza di acquifero confinato. Fanno inoltre parte di questi settori le porzioni di cava interessate anche parzialmente dalla sistemazione, in cui il riporto di spessori variabili di materiali terrosi giustapposti garantisce maggiore protezione all'acquifero sotteso;
- ❖ Zone a vulnerabilità alta, scarsamente presente nelle aree del polo, si riscontrano indicativamente in concomitanza del settore centrale, dove nonostante l'affioramento di litologie fini si ha la presenza di falda a pelo libero e un innalzamento del tetto delle ghiaie.
- ❖ Zone a vulnerabilità elevata, rappresentano la maggior parte dei terreni vergini del polo 5, e rappresentano i due settori in cui la conoide del Secchia ha rilasciato maggiormente depositi grossolani, e che attualmente risultano sub-affioranti. In questi settori le ghiaie sono separate dalla superficie da sottili (1-3 m) strati di materiale più fine, e sovrastano un acquifero freatico con soggiacenza compresa tra 17 e 27 m di profondità nel settore orientale e tra 18 e 22 m di profondità nel settore occidentale.
- ❖ Zone a vulnerabilità Estremamente Elevata, in cui ricadono tutte le superficie in cui le ghiaie sono affioranti senza copertura vegetale, con particolare riferimento ai depositi ghiaiosi in alveo e le zone con attività estrattiva in essere dove non è ancora stata completata la sistemazione.

Il grado di vulnerabilità che predomina nella quasi totalità del territorio del Polo 5 è quello elevato ed estremamente elevato, per lo più a causa del materiale di copertura delle ghiaie e la sua natura limosa e limo-sabbiosa. La protezione che i terreni superficiali solitamente offrono all'acquifero sotteso risulta naturalmente di basso grado dovuto non solo al loro esiguo spessore, ma anche alla loro buona permeabilità.

In conclusione si può affermare che in fase di progettazione sarà necessario porre particolare attenzione alle fasi di sistemazione, portando il fondo scavo e le scarpate ad assumere conformazioni tali da garantire un adeguato livello di protezione, con particolare riguardo non solo alle porzioni con destinazione naturalistica, ma anche ai siti adatti ad ospitare impianti produttivi sul fondo scavo.

6.1 QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI DI ALIMENTAZIONE

Come già enunciato, in questa porzione di territorio è evidente il ruolo primario dell'alimentazione diretta dei due principali corsi d'acqua in relazione alla qualità delle acque sotterranee, così come evidenziato dal confronto tra la carta piezometrica di tavola 1.1.f e le carte di uguale concentrazione dei parametri riportate nelle figure seguenti.

Dal punto di vista strutturale il reticolo idrografico superficiale della Provincia di Modena è orientato per lo più con andamento sud-ovest nord-est, in prosecuzione delle valli da cui prendono origine sull'Appennino Emiliano, e perpendicolarmente alle strutture tettoniche che abbiamo visto essere sepolte al di sotto della coltre alluvionale.

La Tavola 1.1.f raffigurante la carta piezometrica, oltre a dare indicazioni sulla altezza della colonna d'acqua rispetto al livello del mare, ci dà indicazioni sulle direzioni di flusso, che risulta facilmente ricavabile in quanto sempre perpendicolare alle isopieze. Da questo si deduce che il Fiume Secchia contribuisce positivamente all'alimentazione della falda.

Proprio in questa porzione di territorio in cui insiste il Polo 5 si trova una antica propaggine della conoide del Fiume Secchia, le cui dinamiche deposizionali ed evolutive hanno regolato l'assetto idrogeologico ed idrochimico dell'acquifero.

Tenendo presente le caratteristiche intrinseche dell'acquifero, l'evoluzione che ha subito, ed il rapporto stretto presente tra fiume e falda è possibile fare considerazioni sulle caratteristiche delle acque di alimentazione. Nella seguente TABELLA 3 sono riportati i valori di alcuni parametri monitorati in tre diverse stazioni del Fiume Secchia, riferiti alle medie al 95° percentile dell'anno 2009, tratti dal "Report sulle acque superficiali della Provincia di Modena – Anno 2009" redatto ARPA Emilia Romagna; in particolare si riportano i dati idrochimici e microbiologici delle stazioni poste a Lugo, a Castellarano e a Rubiera.

Il Fiume Secchia, nel suo tragitto verso valle, collette anche le acque provenienti dalle Sorgenti del Mulino di Poiano. La natura chimica di queste acque è fortemente influenzata dal fatto che esse attraversano un substrato appartenente ai Gessi Triassici della Val Secchia; tale fattore interviene di riflesso sugli acquiferi alimentati dalle acque del Fiume Secchia.

In riferimento alle sostanze azotate, le acque di infiltrazione di subalveo hanno un importante effetto di diluizione su questo elemento così ampiamente veicolato in falda dalle dispersioni dalla superficie topografica.

Tabella 3 – Idrochimica delle stazioni del Fiume Secchia – I valori sono riportati al 95° percentile per l'anno 2009 – Arpa Modena

Parametri	unità	Lugo	Castellarano	Rubiera
pH		8.30	8.29	8.25
Durezza	°F	680.00	582.90	485.75
Conducibilità	µS/cm	2308.80	1853.55	1578.60
B.O.D. 5	mg/l	2.90	2.00	11.20
C.O.D.	mg/l	9.75	9.85	51.00
Fosforo Totale	mg/l	0.15	0.13	0.34
Azoto Ammoniacale	mg/l	0.06	0.09	1.00
Azoto Nitrico	mg/l	0.87	1.27	1.55
Azoto Nitroso	mg/l	0.13	0.02	0.41
Solfati	mg/l	486.95	404.35	317.10
Cloruri	mg/l	497.80	350.40	307.15
Escherichia Coli	U.F.C.	1153.50	1180.00	9635.00
Enterococchi	U.F.C.	2185.00	4775.00	5490.00

6.2 IDROCHIMICA DELLE ACQUE SOTTERRANEE

La metodologia utilizzata per la valutazione dell'idrochimica delle acque di falda prevede l'analisi della distribuzione areale dei vari componenti e delle sostanze inquinanti di origine antropica, che influiscono negativamente sulla qualità dell'acquifero.

Le sostanze disperse sul suolo, si mobilitano attraverso lo strato non saturo, con un comportamento estremamente complesso, in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dello stesso, ed anche della forma chimica in cui si trova l'inquinante. Ogni componente è veicolato dal flusso idrico verticale di infiltrazione, in maniera differente a seconda della propria miscibilità. I fenomeni di diluizione ed emulsione, adsorbimento e degradazione modificano la struttura molecolare e la concentrazione degli inquinanti durante il trasporto, il cui movimento è agevolato dalle abbondanti precipitazioni e dalle escursioni del livello della falda. Quando raggiunge il livello saturo ed entra in falda, il componente subisce ulteriori modificazioni per effetto delle interazioni con il fluido.

Vengono riportate di seguito le rappresentazioni grafiche di ARPA Modena costruite riportando i valori misurati dei singoli parametri nei pozzi della rete di monitoraggio, tutti

riferiti come valori medi calcolati sulle misure del 2009, da cui si può schematicamente dedurre:

- Conducibilità elettrica: questo parametro fornisce una stima del contenuto di sali disciolti nelle acque (Figura 18) nell'area in esame i valori di conducibilità si attestano su valori mediamente alti compresi tra 1000 e 1200 microS/cm, fortemente influenzati dal Fiume Secchia;
- Solfati e Cloruri: questi elementi, che si mostrano con andamenti analoghi, sono direttamente correlabili al chimismo delle acque fluviali di alimentazione; per quanto riguarda lo ione solfato, nell'area in esame troviamo concentrazioni media comprese tra 200 e 220 mg/l (Figura 19), mentre per lo ione cloruro troviamo concentrazioni comprese tra 160 e 180 mg/l (Figura 20). Questi ioni disciolti derivano propriamente dal transito delle acque all'interno dei suddetti Gessi Triassici;
- Nitrati: la presenza di questo parametro all'interno dell'acquifero deriva principalmente dall'attività agricola e zootecnica, nonché da processi depurativi senza denitrificazione e da accidentali malfunzionamenti del sistema fognario generale. L'apporto di composti azotati al suolo ha portato a rilevare concentrazioni superiori ai 50 mg/l (Figura 21) su tutta la porzione di pianura, a sud dell'abitato di Modena. La diluizione dell'inquinante grazie all'infiltrazione di acque dai corpi idrici superficiali, lenisce in parte l'impatto di questo fattore sulla risorsa. I Nitrati rimangono i principali responsabili dello scadimento qualitativo delle acque sotterranee del territorio modenese.

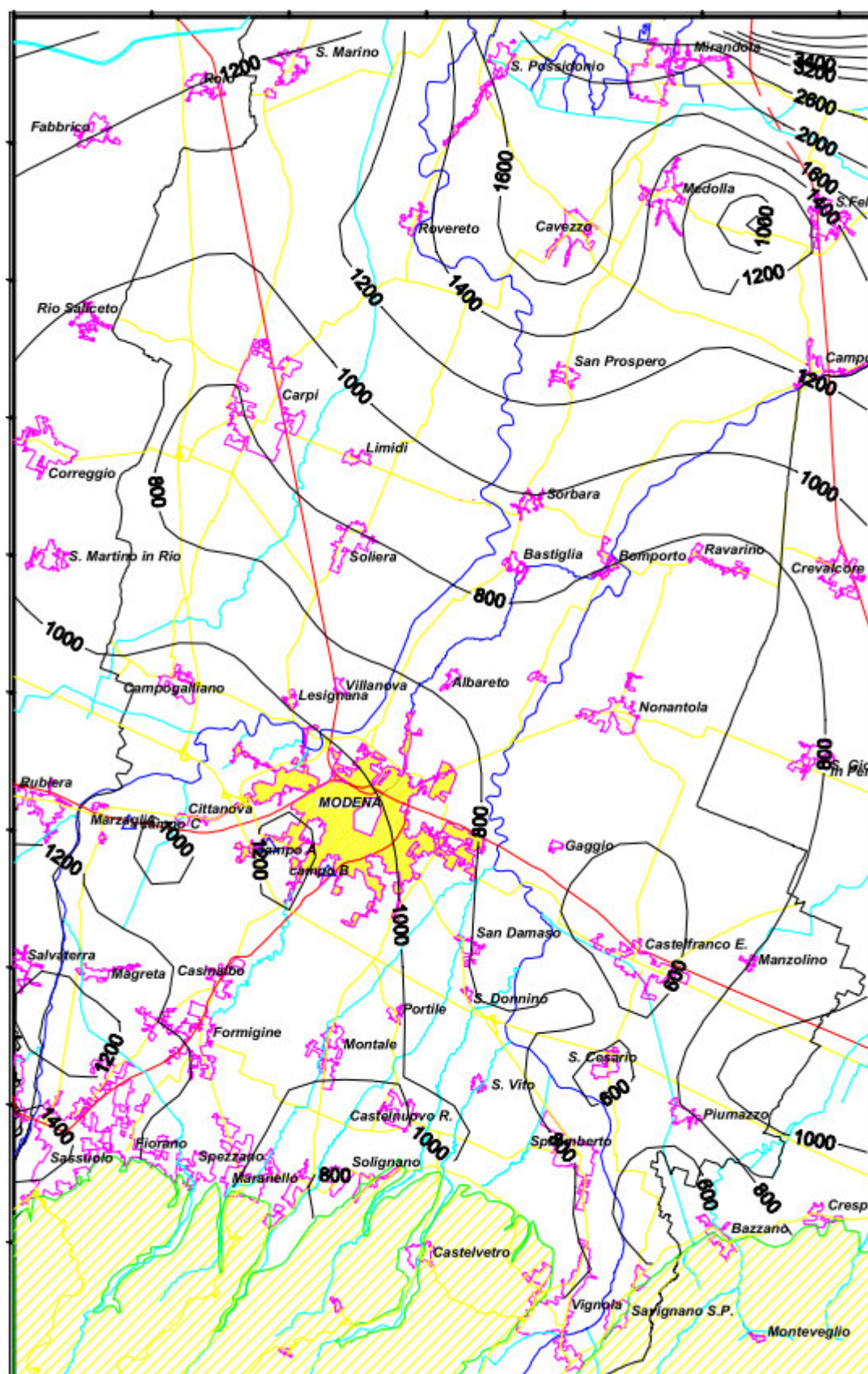


Figura 18 - Conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm}$) media anno 2009

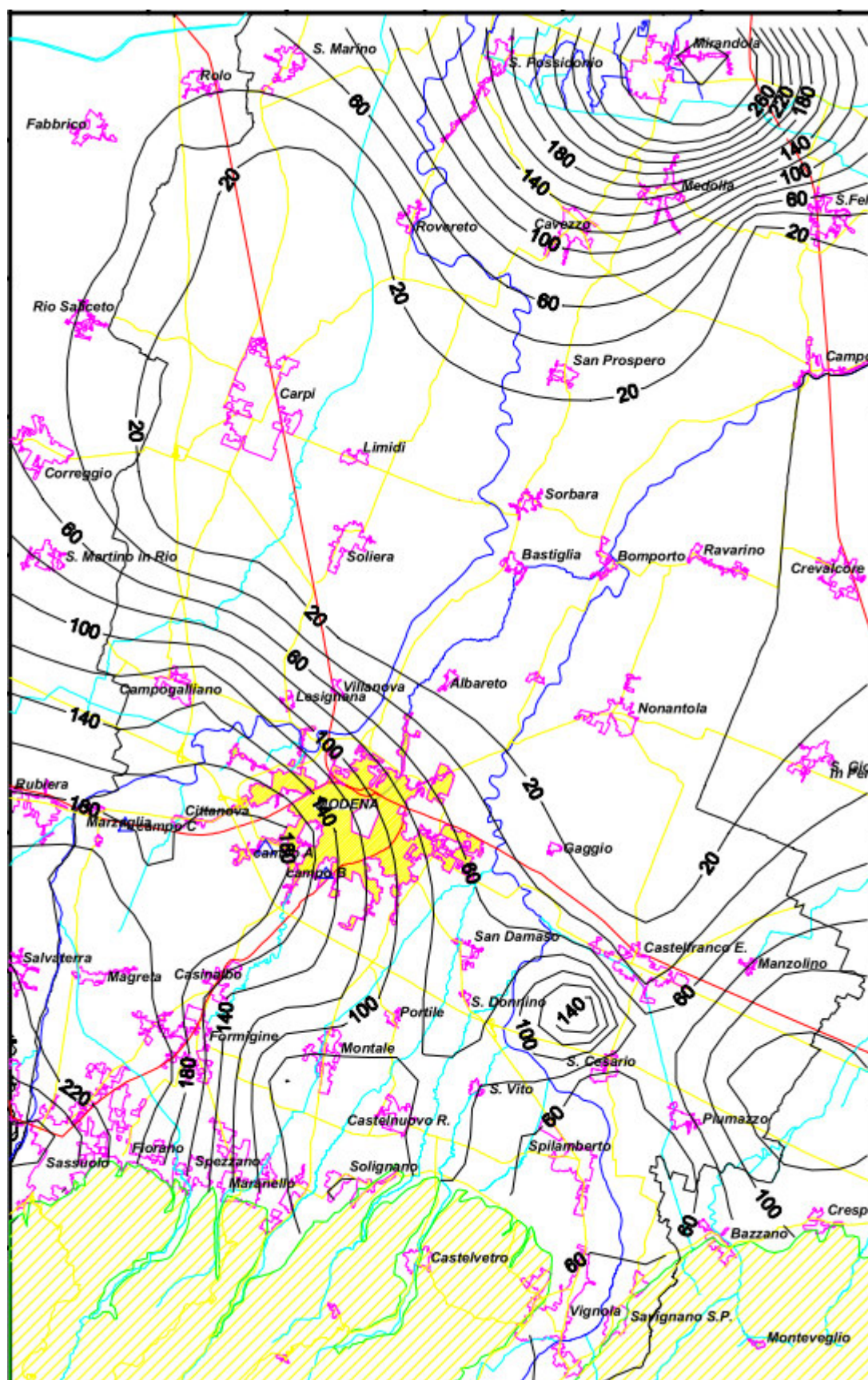


Figura 19 - Solfati (mg/l) media anno 2009

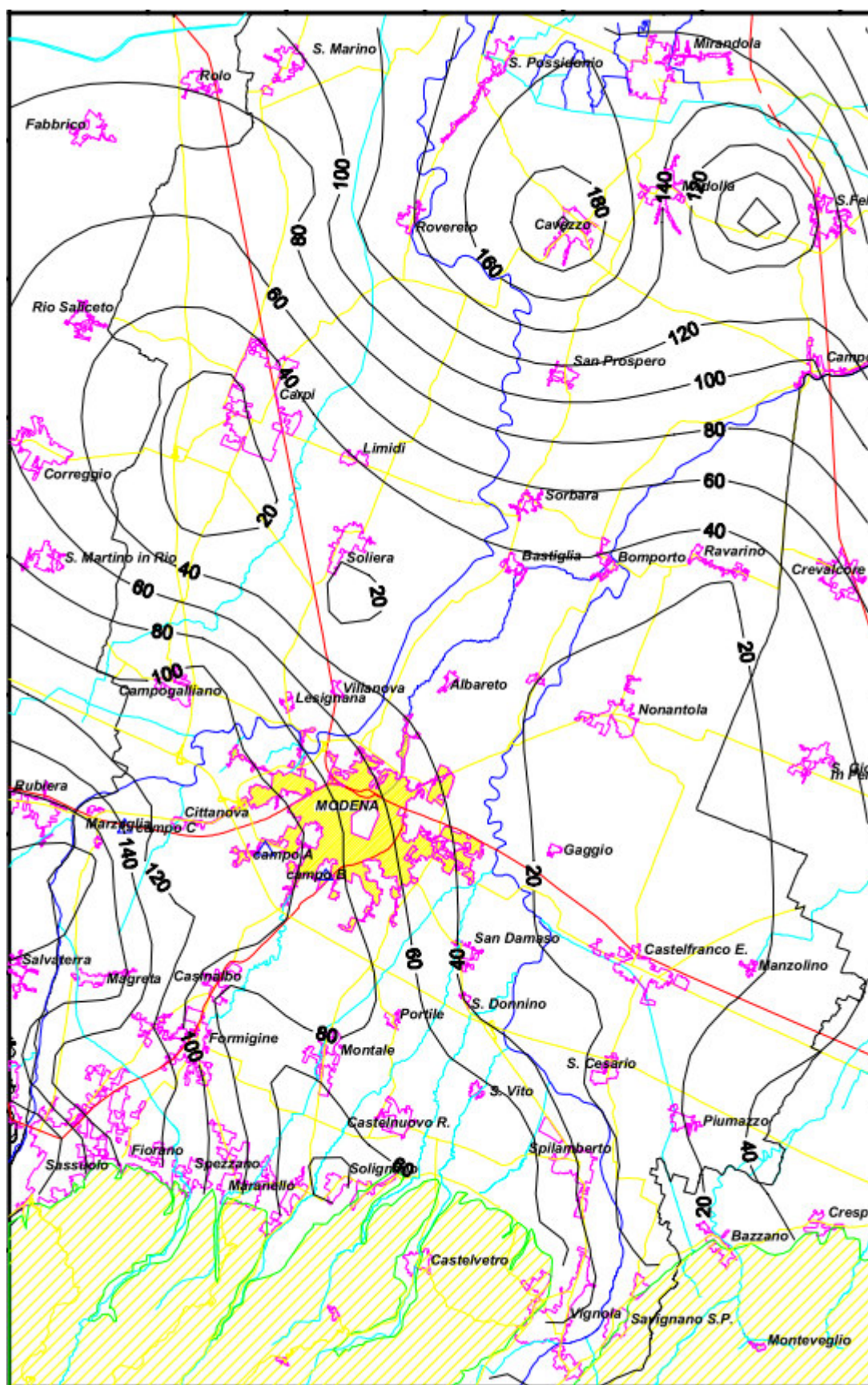


Figura 20 - Cloruri (mg/l) media anno 2009

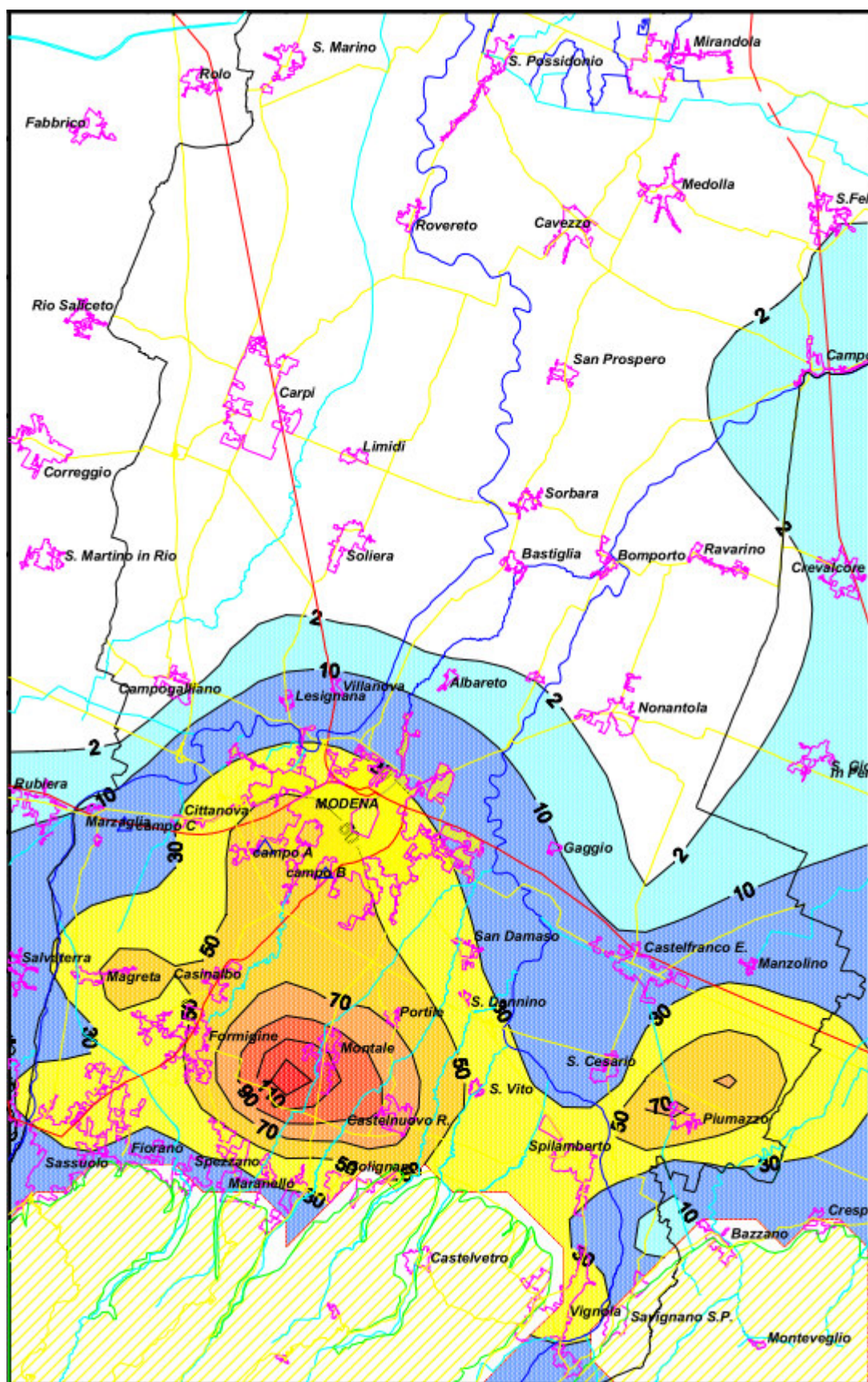


Figura 21 - Nitrati (mg/l) media anno 2009