

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

# COMUNE DI LODI

(Zona sismica 3, D.G.R. 11.07.14 N. X/2129)

Provincia di Lodi

## AREA EX ABB – LODI

Viale Pavia 3, Via S. Angelo, Via Lombardo, Via Fascetti

Programma Integrato di Intervento (P.I.I.)

# RELAZIONE GEOLOGICA

**IL GEOLOGO**  
dott. Giovanni Bassi  
**Luglio 2014**

## PREMESSA

Il Piano Integrato d'Intervento (PII) in discussione (All. 1 Corografia e All. 2 Estratti mappa) insiste nel contesto urbano di Lodi, nella ex area industriale ABB, che lo strumento urbanistico vigente destina a servizi e residenze.

Il Comune di Lodi è dotato di PGT con Componente geologica, idrogeologica e sismica, ai sensi dell'art. 57 della L.R. 12/05. Il sito in discussione è compreso nella classe di fattibilità geologica 2a "...con modeste limitazioni..." il cui estratto qui segue in fig. 1.

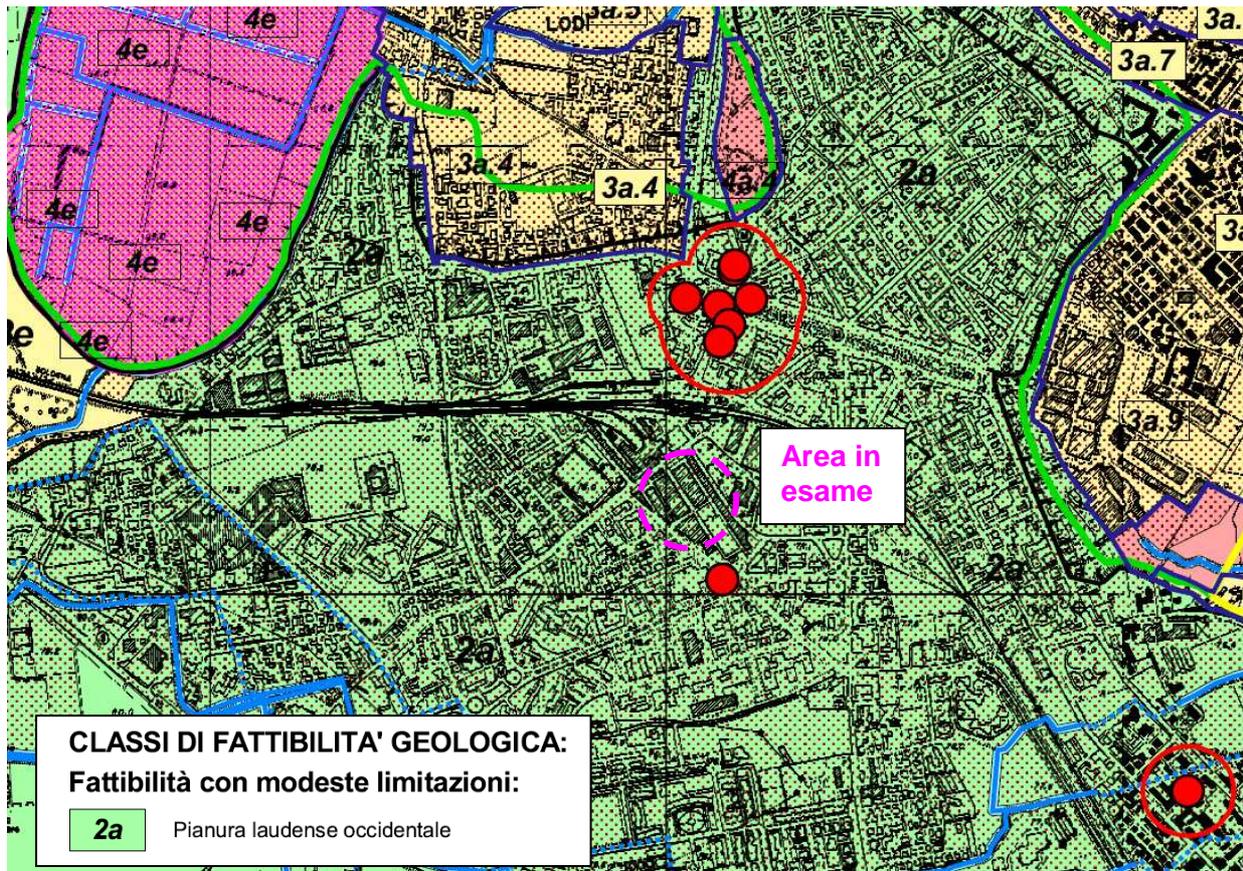


Fig. 1 - Carta fattibilità geologica – PGT2010

Il P.I.I. in discussione, comportando variante urbanistica, è corredato dalla seguente relazione geologica, idrogeologica, sismica e geotecnica, conforme a quanto disposto dal PGT di Lodi, alle norme regionali ed al D.M. 14.0108.

Le problematiche geologiche emergenti, indotte dal P.I.I., sul sito in discussione sono discusse nella relazione che qui segue e riguardano la falda, il suolo e sottosuolo, le reti tecnologiche e la stabilità degli edifici vicini, la sicurezza antisismica.

## **PARTE PRIMA: LINEAMENTI GEOLOGICI, IDROGEOLOGICI E GEOTECNICI**

Nei capitoli che qui seguono sono riportate le notizie riguardanti il territorio comunale, soprattutto in destra Adda. Affinché ciò sia evidente le caratteristiche generali sono scritte in carattere di ridotta dimensione.

### **1.1 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

La geologia e geomorfologia del sito in discussione è definita in Allegato 3 “Carta geomorfologica” con “Sezione geomorfologia”.

#### **1.1.1 RICOSTRUZIONE PALEOGEOGRAFICA**

E' opportuno accennare agli eventi di storia naturali che hanno portato all'attuale assetto del territorio della città di Lodi.

E' presumibile che al termine della glaciazione wurmiana la pianura avesse un aspetto molto più omogeneo dell'attuale. Probabilmente un unico piano o livello geomorfologico caratterizzava tutta l'area e su di essa numerosi corsi d'acqua a bassa energia correvano in alvei poco incisi, caratterizzati da depositi medio fini di cui si ha certa testimonianza nella zona di Lodi Vecchio.

I depositi di questo periodo sono ben rilevabili sul terrazzo in destra Adda e appartengono al Livello Fondamentale della Pianura (LFP) (Wurm, Auc.).

In questo periodo il fiume Adda cominciava a disegnare il suo corso che, in una successiva fase erosiva, ha portato al ridimensionamento dei depositi wurmiani soprattutto nella porzione orientale del territorio di Lodi dove uno o più corsi d'acqua divagavano sulla pianura alluvionale, demolendone l'originaria copertura wurmiana di cui, è rimasta testimonianza nel piccolo lembo relitto, che s'innalza di circa 5 m sul territorio circostante, di cascina Portadore Alto.

Dopo l'alluvione del '76, a valle di Lodi, il corso dell'Adda è stato ridotto di 4-6 Km con un taglio artificiale che ha isolato dal corso vivo del fiume gli ampi meandri di Soltarico. Negli ultimi 50 anni, pesanti interventi antropici (cave, rettifica dei meandri) ed il fenomeno generale di approfondimento del talweg del Po e degli affluenti hanno portato all'abbassamento di 3-4 m del fondo del fiume, lasciando settori che, in precedenza, potevano essere classificati come alveo di piena, fuori dalla portata della piena ordinaria.

La porzione occidentale del territorio ad est dell'Adda è invece rimasta pressoché inalterata rispetto alle vicende geologiche più complesse che hanno caratterizzato la sponda sinistra.

Il settore orientale, morfologicamente più basso, ha falda affiorante superficiale drenata da colatori; al suo interno si distinguono due morfologie complementari: le aree relativamente più alte e quelle debolmente depresse, caratterizzate anche da locali coperture a granulometria più fine sabbiosa e limosa.

Nella valle dell'Adda si possono distinguere due ambienti: il primo, più lontano dal corso attuale e affrancato da tempo dall'attività fluviale, presente prevalentemente in sinistra idrografica, il secondo più proximale all'attuale che è stato modellato, anche in tempi recenti, dal fiume. I due settori non presentano differenze granulometriche significative ma una ben diversa maturità dei suoli. In entrambi gli ambienti è possibile riconoscere i paleomeandri, a granulometria fine ed a forma curvilinea delimitati da modeste scarpate verso l'esterno con aree di nucleo, a granulometria più grossolana. In tutta la valle è intervenuta l'attività antropica che ha prodotto l'affrancamento dall'attività fluviale e la costruzione di argini ed estesi livellamenti e bonifiche agricole.

### **1.1.2 UNITA' GEOMORFOLOGICHE**

La suddivisione in Unità Geomorfologiche (U.M.) del territorio comunale è stata operata in base a caratteri legati all'attività fluviale, alle caratteristiche granulometriche ed alla diversa maturità dei suoli.

#### **Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.)**

E' costituito da depositi alluvionali pianeggianti o debolmente ondulati e terrazzati, a litologia prevalentemente sabbiosa, più ghiaiosa in profondità, con livelli superficiali limoso-sabbiosi e localmente argillosi, caratterizzati da suoli profondi fino a 1.5 m e maturi (Alfisuoli). La permeabilità è generalmente buona, con locali e ridotte difficoltà di drenaggio, causate da livelli fini superficiali e da processi pedogenetici.

**Quest'unità costituisce la porzione occidentale del territorio, includendo l'intero centro storico** ed il lembo relitto di Portadore Alto, in sinistra idrografica.

In prossimità del paleomeandro di Pulignano si distingue il raccordo tra L.F.P. e meandro, con attività erosiva di roggia Molina.

**LF2 – (dove ricade l'area in esame)** Superficie modale stabile, pianeggiante o leggermente ondulata, intermedia tra le aree più rilevate (dossi) e depresse (conche e paleoalvei). Ambiente urbanizzato, oltre la ferrovia nel secondo dopoguerra.

#### **Valle del fiume Adda:**

Alluvioni prevalentemente sabbiose, costituenti la valle attuale dell'Adda, delimitate da terrazzi che si sviluppano su almeno due piani principali delimitate ad ovest dalla netta scarpata morfologica del L.F.d.P. e ad est da terrazzi, localmente attenuati, delle alluvioni intermedie.

**VA 8** - Fondovalle del fiume Adda a nord dell'area in esame. Superfici subpianeggianti corrispondenti alle piane alluvionali delle valli più incise, comprese tra i terrazzi antichi e le fasce maggiormente inondabili limitrofe ai corsi d'acqua, da cui sono generalmente separate da gradini morfologici.

### **1.2 IDROGEOLOGIA**

L'idrogeologia del sito qui di seguito descritta, è quella di cui alla "Carta idrogeologica", Allegato 4 e alle due "Sezioni geologiche", Allegato 5A e 5b.

#### **1. 2.1 ANDAMENTO DELLA SUPERFICIE FREATICA**

L'assetto idrogeologico della zona è regolato dall'azione drenante esercitata dal fiume Adda e dall'azione alimentante delle acque piovane e d'irrigazione (Canale Muzza).

I due elementi dominanti che determinano l'assetto della superficie freatica sono la convergenza verso l'asta fluviale e la direttrice regionale di flusso sotterraneo, in questo settore di pianura, allineata da NNO a SSE.

La soggiacenza della falda varia notevolmente da un settore morfologico all'altro, soprattutto, a causa dell'elevazione delle aree e della distanza relativa dalle numerose scarpate morfologiche e dall'alveo vivo dell'Adda.

In prossimità dell'orlo del terrazzo morfologico, si è potuto osservare l'abbassamento di 8-10 m dell'acquifero da p.c. Alcune misure di soggiacenza, relative ai pozzi dell'acquedotto civico, fanno supporre che, al di sotto del centro storico, forse a causa d'eccessivo sfruttamento dell'acquifero e della scarsa alimentazione dalla superficie impermeabilizzata e dalla mancanza di irrigazione si sia creato un sensibile cono di depressione. Questo fenomeno potrebbe aver provocato localmente l'inversione del flusso della falda superficiale. Il flusso idrico della falda si orienta da ovest verso l'alveo più prossimo dell'Adda.

Al piede della scarpata la falda è subaffiorante e si mantiene a meno di 3 m da p.c. su gran parte della piana alluvionale, ovviamente tali profondità possono diminuire significativamente durante fasi di piena prolungata.

**Sul terrazzo del LFP le isopieze si dispongono prevalentemente da NW a SE, con gradiente diretto verso Adda che ruota verso est, o verso ENE nel settore sud-occidentale, in prossimità della scarpata morfologica. La falda defluisce da nord a sud allontanandosi dal fiume.**

**Il gradiente idraulico è molto elevato, fino all'1%, in una fascia di circa 2 km ad ovest del terrazzo morfologico principale, diminuisce allontanandosi verso SW e nella valle dell'Adda è nella media (1-2‰).**

Il regime della falda è caratterizzato da minimi invernali e da massimi primaverili estivi legati prevalentemente all'irrigazione.

La differenza tra livelli massimi e minimi è stimabile nell'ordine di 1 metro, con oscillazioni maggiori nelle zone vicine all'Adda e nei periodi di piena.

In "Carta idrogeologica" è riportata la suddivisione della zona di studio sulla base delle soggiacenze della falda freatica e le sue principali direzioni di flusso.

I limiti tracciati in carta sono stimati dall'effetto combinato di: orli di terrazzo morfologico, presenza di paleoalvei e direttrice regionale della falda.

### **1.2.2 PERMEABILITA' E DRENAGGIO**

La permeabilità e la capacità drenante dei terreni superficiali, è illustrata nel capitolo dedicato alla geomorfologia; riprendendo quanto sopra scritto si suddivide il territorio in esame in tre zone, che riprendono le unità morfologiche e che presentano le seguenti caratteristiche di permeabilità e drenaggio:

1. Livello Fondamentale della pianura (LF2): depositi caratterizzati da permeabilità medio-bassa nei primi metri (sabbie medio-fini, limi e argille) e da permeabilità medio elevate in profondità. Il drenaggio può essere difficoltoso per l'azione congiunta di depositi fini e di suoli profondi;
2. Alluvioni intermedie (VA): permeabilità generalmente elevate in superficie ed in profondità (ghiaie e sabbie). Locali diminuzioni di permeabilità superficiale nelle aree debolmente depresse. Il drenaggio può essere difficoltoso in queste ultime aree per falda subaffiorante;
3. Alluvioni attuali e recenti della valle dell'Adda (VA8): sono generalmente grossolane (sabbie e ghiaie) nelle aree di nucleo di meandro e di divagazione; in queste zone si ha pertanto permeabilità elevata e drenaggio da buono a mediocre dove la falda è più superficiale. Nelle aree esterne infossate di paleomeandri e nel complesso dei paleomeandri più interni si hanno depositi a minore granulometria e la permeabilità è molto più bassa. Il drenaggio è decisamente difficoltoso e i meandri più recenti sono ancora occupati da paludi.

### **1.2.3 ACQUIFERI**

Nel sottosuolo della pianura lodigiana, in cui si colloca il territorio in discussione, è possibile distinguere due litozone:

1. Litozona superficiale, dalla superficie, fino a 40 - 70 m; è costituita da ghiaie e sabbie prevalenti, con pochi livelli argillosi, privi di continuità, è sede di acquifero freatico. Nel settore occidentale sono frequenti depositi fini o molto fini (sabbie, limi e argille) nei primi metri, localmente questi possono raggiungere 15 m di potenza. I depositi fini non diminuiscono le potenzialità dell'acquifero superficiale, in quanto essi si trovano prevalentemente al di sopra della superficie freatica. Le trasmissività di questo primo

acquifero sono elevate e danno portate superiori a 50 l/sec con abbassamenti di pochi metri. Come già accennato, quest'acquifero è probabilmente sovrasfruttato nella zona del centro storico, dove sono state rilevate, in passato, soggiacenze fino a 14 m. Su questi abbassamenti influisce la prossimità dell'orlo di terrazzo morfologico e che, per condizioni geometriche, la ricarica, almeno nei livelli più superficiali, può verificarsi solo dal quadrante SO;

2. Litozona profonda, è caratterizzata da depositi argilloso-limosi, con rari livelli sabbiosi o ghiaiosi. Gli acquiferi che vi si trovano sono di tipo artesiano. A questa litozona si rivolge il prelievo dell'acquedotto civico, di essa non si conosce il limite inferiore né le caratteristiche idrauliche totali. In sinistra idrografica le quote della superficie piezometrica degli acquiferi profondi sono più elevati di circa 2 m rispetto a quelli dei livelli freatici. Tale fenomeno, oltre che da un minore sfruttamento, può essere provocato dal rilevante abbassamento dell'alveo medio dell'Adda, sopraggiunto in tempi recenti.

**L'area in discussione è compresa (vedi carta idrogeologia, All. 4) nella zona a soggiacenza della falda superiore a 6 m da p.c. con il Pozzo pubblico n.10 di viale Europa quale punto di prelievo più prossimo; il flusso medio della falda superficiale va da ovest ad est.**

**Un gruppo di pozzi pubblici è individuato a nord del sito, intorno a via Dante, mentre sono cartografati i paleomeandri di Pulignano, Concoreggia e via Cremonesi- Selva Greca, dove, l'acquifero soggiace meno di 1,5 m da p.c..**

**Le Sezioni idrogeologiche, Allegati 5A e 5B, pongono il sito in discussione in prossimità di pozzo 10 ASTEM di via Europa, con letto della falda superficiale a + 20/30 m sl.m.. L'acquifero ha sede in sabbie e ghiaie di potenza 50 m circa ed ha buone qualità permeabilità e trasmissività. L'effetto fortemente drenate esercitato sulla falda dal gruppo pozzi ASTEM di via Dante, potrebbe essere non avvertito in sito. L'acquifero profondo, cui attinge l'acquedotto pubblico è ben protetto dagli acquicchiusi segnalati, al di sotto di quota 20-30 m s.l.m. , pertanto le attività antropiche, esercitate in prossimità di pozzo Europa non influiscono sul regime idrogeologico delle falde usate per il prelievo idropotabile.**

### **1.3 PRIMA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI**

La "Carta di prima caratterizzazione geotecnica", scala 1:10.000, Allegato 6, deriva dalla zonazione morfologica ed idrogeologica, descritta nei capitoli precedenti. Si tratta di una suddivisione orientativa: i dati geognostici a disposizione sono in effetti distribuiti irregolarmente ed una caratterizzazione più dettagliata richiederà campagne geognostiche specifiche. I dati geognostici utilizzati sono sondaggi brevi con escavatore meccanico, prove CPT (cone penetration test, prova penetrometrica statica) e SCPT (standard cone penetration test, prove penetrometrica dinamica), sondaggi a carotaggio continuo, eseguiti soprattutto per opere pubbliche (ampliamenti cimiteriali, nuova tangenziale ecc.). La suddivisione geotecnica considerata è stata effettuata incrociando due parametri: litologia delle coperture e profondità della falda.

Sulla base di queste caratteristiche sono state introdotte 3 suddivisioni di tipo granulometrico (ghiaie e sabbie, sabbie prevalenti, sabbie fini e limi) e 4 livelli di profondità della falda (> 6 m, tra 3 e 6 m, tra 1.5 e 3 m, < 1.5 m).

Il territorio è stato suddiviso in tre litozone che presentano caratteristiche simili e che, a grandi linee, ricalcano le 3 unità morfologiche descritte nel capitolo apposito.

- **Litozona 1, dove ricade l'area in esame**, al di sopra dell'orlo del terrazzo morfologico principale; in questo settore sono state reperite numerose prove CPT, trincee e

sondaggi, ubicati per lo più a ridosso del cimitero maggiore o lungo la tangenziale. Sono state inoltre esaminate le stratigrafie dei pozzi, pubblici e privati, anche se l'attendibilità delle descrizioni litologiche dei primi metri in essi contenute non è molto elevata.

Dall'insieme dei dati raccolti ed esaminati si rileva una certa omogeneità geotecnica, **nei primi metri si collocano infatti depositi fini (prevalenti limo, limo sabbioso e sabbia fine), al di sotto di essi iniziano terreni più sabbiosi, che, ancor più in basso, passano a ghiaiosi.** Tra i depositi fini superficiali va rilevata presenza di suoli profondi (fino a 1.5 m). Le CPT eseguite forniscono uno spessore, generalmente variabile da 2.5 a 6 m, di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti con numero medio di colpi alla punta non superiore a 5-6. Localmente lenti sabbiose, con spessore inferiore al metro e numero colpi fino a 10, possono essere intercalate ai depositi limosi. Sotto questa copertura superficiale il numero colpi tende a superare 10, con rari ed esigui livelli meno resistenti. Prove SPT, effettuate lungo il tracciato della tangenziale, registrano a partire da 3.5 m di profondità valori da 10 a 15 colpi; se ne deduce che lo strato limoso-sabbioso superficiale, evidenziato nelle stratigrafie di sondaggio ha spessore minore di 3.5 m. Infine prove penetrometriche statiche C.P.T., effettuate poco a sud di S.Grato hanno fornito per questo strato valori di resistenza alla punta inferiori a 5 Mpa. In questa Litozona la falda freatica si trova a profondità sempre superiore a 3 m e nel suo settore più prossimo all'orlo di terrazzo morfologico, per una fascia di 1-2 km di larghezza, a profondità superiore a 6 m.

- **Litozona 2, si estende nel settore nord-orientale del territorio** ed è formata da terreni prevalentemente sabbioso ghiaiosi. Non si sono ritrovati molti dati litologici che illustrino quest'area in essa prevalgono terreni ghiaiosi e, subordinatamente, sabbiosi. In questa zona la falda è per lo più subaffiorante (< 1.5 m, in periodo di irrigazione) e solo in prossimità dell'orlo dei terrazzi morfologici che la delimitano inferiormente si trova a profondità, tra 1.5 e 3.0 m.
- **Litozona 3, è costituita da alluvioni sabbioso-ghiaiose della valle dell'Adda** ed è l'unità caratterizzata da maggiore variabilità. Infatti essendo costituita da alluvioni antiche e recenti del fiume, in essa si rilevano sia aree caratterizzate da depositi tipici di sedimentazione ad alta energia (sabbie, ghiaie), sia aree (paleomeandri, lanche, paludi) in cui è prevalsa la deposizione di sedimenti con granulometria fine (limi, sabbie fini, talora torbe). In alcuni casi la morfologia consente l'individuazione di queste aree, mentre in altri, soprattutto nella più urbanizzata sponda destra, le caratteristiche morfologiche sono state obliterate da interventi antropici o dalla stessa attività fluviale. In sponda sinistra, a detta degli operatori agricoli, spesso e anche in aree di paleomeandro, i terreni sono per lo più sabbiosi e non sono segnalati problemi di drenaggio. Livelli di sabbie fini limose in superficie sono stati osservati in scavi, eseguiti per la tangenziale in corrispondenza di paleomeandri.

**L'area in discussione è parte della Litozona 1, sabbioso ghiaiosa con copertura limoso sabbiosa, potente fino a 3 m, poco addensata ( $R_{pm} < 5$ ), falda superficiale a profondità > di 3 m. I terreni alluvionali della valle dell'Adda, cartografati a nord del sito in discussione presentano invece variabilità di litotipi e di addensamento e falda sub affiorante.**

## **PARTE SECONDA : VULNERABILITA' E FATTIBILITA' GEOLOGICA**

Si descrivono qui di seguito le considerazioni di sintesi riguardanti gli aspetti qui sopra discussi della geomorfologia, idrogeologia e geotecnica.

La "Carta di sintesi", Allegato 7, ha lo scopo di fornire un compendio dello stato del territorio. In particolare sono state riportate le aree interessate da vulnerabilità idrogeologica, classificate, sulla base della soggiacenza della falda e della permeabilità del non saturo.

Sono state inoltre riportate le fasce di rispetto dei pozzi pubblici: unico vincolo, di carattere geologico, che interessa il sito in discussione.

### **2.1 METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ' IDROGEOLOGICA**

La vulnerabilità verticale della prima falda viene calcolata in base al tempo impiegato da un'eventuale inquinante per raggiungere, da piano campagna, la falda superficiale. Il tempo impiegato da un'inquinante a percolare nel sottosuolo, è legato a numerosi parametri, tale tempo è dato dal rapporto tra lo spessore del suolo e del substrato non saturo e la velocità di infiltrazione, dalla permeabilità (K) per il gradiente pari al 100%.

Incrociando i parametri, permeabilità e soggiacenza, sono state individuate 4 classi di vulnerabilità, in cui il peso preponderante è attribuito ai valori stimati di permeabilità, salvo che nelle aree con falda subaffiorante.

Per determinare le diverse vulnerabilità è attribuito ad ogni classe di permeabilità un coefficiente di rischio (RK) arbitrario crescente all'aumentare dei valori di permeabilità, con legge logaritmica.

Con l'attribuzione di questi valori ai coefficienti di rischio si è calcolato il coefficiente totale ( $V = RK \times RH$ ), così da poter assegnare ad ogni area, con permeabilità e soggiacenza definite, un rischio, arbitrario in assoluto ma significativo nel confronto con gli altri valori.

Sulla base di questi coefficienti si sono definite 4 classi di vulnerabilità: molto elevata (ME), elevata (E), media (M), bassa (B), per le quali sono stati calcolati i tempi teorici medi di percorrenza dell'inquinante dalla superficie del terreno alla superficie freatica.

### **2.2 DESCRIZIONE DELLA CARTA DI SINTESI**

Il settore orientale del territorio in discussione è caratterizzato principalmente da elevata vulnerabilità idrogeologica, determinata da depositi superficiali molto permeabili e dalla bassa soggiacenza della falda freatica.

Il settore occidentale, qui riprodotto in carta, è caratterizzato da bassa vulnerabilità dovuta sia alla elevata soggiacenza della falda, sia allo strato superficiale, potente da 2.5 a 6 m, poco permeabile e di scarse qualità geotecniche.

I terreni della valle dell'Adda sono caratterizzati da scarsa profondità della falda subaffiorante al piede del terrazzo, in destra idrografica e da depositi prevalentemente sabbiosi, con locali livelli più fini nelle aree di paleomeandro.

La vulnerabilità pertanto varia da molto elevata a elevata.

Il sito in esame si trova al di fuori di zone di rispetto e di tutela assoluta di pozzo pubblico

In "Carta di sintesi" sono individuate e segnalate quali aree di particolare interesse scientifico-naturalistico:

- la scarpata morfologica di raccordo del LFP e della sottostante valle dell'Adda, il cui valore naturalistico da tutelare è ripreso dalle norme del parco Adda Sud,
- le numerose aree di paleomeandro distribuite su entrambi i lati del fiume.

**L'area in discussione non è quindi interessata da alcuno dei vincoli geologici che sono segnalati nel territorio comunale e le sue caratteristiche di vulnerabilità idrogeologica bassa sono quelle comuni alla intera area urbana di Lodi.**

## **2.3 FATTIBILITA' GEOLOGICA E DELLE AZIONI DI PIANO**

Il PGT del Comune di Lodi (2010), ha prodotto la "Carta di fattibilità geologica e delle azioni di piano", redatta alla scala 1:5.000, che "rappresenta lo strumento di base per accertare le condizioni in cui il cambio di destinazione urbanistica sia compatibile con le condizioni geologiche del territorio.

Sono adottate, secondo le indicazioni di Regione Lombardia, tre classi di fattibilità:

CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni.

Si riporta, qui di seguito quanto stabilito per la classe 2 cui appartiene l'area in discussione.

### **2.3.1 CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni**

Appartiene a questa classe il settore occidentale del territorio comunale, al di sopra dell'orlo di terrazzo morfologico, illustrati nei paragrafi che qui seguono.

La **Sottoclasse 2a "pianura laudense occidentale"**, ricalca l'Unità morfologica 1 (Wurm), caratterizzata da depositi sabbioso-ghiaiosi, con copertura, variabile da 2.5 a 6m di limi e sabbie fini. La falda si trova a profondità superiori a 3m da p.c.; soggiacenze superiori a 6 m si riscontrano nella fascia che precede di circa 1 km l'orlo di terrazzo morfologico, ciò migliora la condizione geotecnica dei terreni.

In tutta l'area la vulnerabilità idrogeologica è bassa a causa della profondità medio elevata della falda e della copertura, fine e poco permeabile. Il rischio idraulico è nullo in quanto l'area è situata ben più in alto del limite massimo di esondazione con Tempo di ritorno 500 anni e si mantiene in aree esterne alla Fascia C del PAI.

Le Norme geologiche di piano sono le seguenti:

#### **Art. 1 - Sottoclasse 2a: pianura laudense occidentale**

*Comprende l'area posta ad occidente della Città di Lodi appartenente al "Livello fondamentale della pianura". In considerazione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche di questi terreni si prescrive l'esecuzione di approfondimenti geologici ed idrogeologici, da eseguire con indagini geognostiche in sito e con relazione geologica; questo adempimento è obbligatorio sia per i piani attuativi che per gli edifici di edilizia pubblica e per tutti gli interventi che comportino variazione dell'equilibrio edificio-terreno.*

*La relazione geologica e geotecnica definirà la soggiacenza locale della falda, natura e caratteristiche geotecniche del terreno (portanza, cedimenti, ecc.), drenaggio e smaltimento delle acque e definirà la Categoria di suolo sismico, come indicato dal D.M.14.01.08.*

*In questi terreni non è consentita l'esecuzione di vasche di contenimento di liquami, prive di adeguata protezione ed impermeabilizzazione.*

## PARTE TERZA : CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE E GEOTECNICHE DEL SITO IN DISCUSSIONE

Il sito in discussione è stato caratterizzato, dal punto di vista geologico generale, con gli studi eseguiti dal Comune la componente geologica del PGT 2010. Lavori di carattere idrogeologico, eseguiti dal Comune di Lodi, al fine di definire l'estensione delle fasce di rispetto dei pozzi pubblici per uso idropotabile, hanno fornito la base per la valutazione del contesto idrogeologico; tali conoscenze sono esposte nei capitoli precedenti della presente relazione.

Ulteriori notizie di sito, esse riguardano: la presenza, nell'area ex ABB, di 4 piezometri, con cui si è definita la posizione della falda superficiale e la sua direzione e flusso, con n. 4 sondaggi ambientali è caratterizzata la successione litologica nei primi 9 metri da p.c..

Interventi di edilizia privata, prossimi al sito in discussione, hanno fornito dati, utili alla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo.

E' stato eseguito appositamente (luglio 2014) un sondaggio geognostico a carotaggio continuo fino a -30.00 da p.c. con SPT e 2 prove Lefranc a carico variabile e una prova sismica in foro "down hole".

### 3.1 MODELLO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Il sito in discussione è rappresentato in Allegato 8 su cui sono riportate la posizione dei sondaggi eseguiti e dei piezometri.

Ai fini del presente lavoro sono state utilizzate le misure di soggiacenza dell'acquifero rilevate nei 3 piezometri il 23.1.06 (Pz2 è inutilizzabile) e tracciate di conseguenza le isofreatiche, pure rappresentate in allegato 8, e il flusso dell'acquifero da ovest ad est.

Le misure di soggiacenza, eseguite mensilmente, tra gennaio 2006 e marzo 2007, sono riassunte nella tabella (quota assoluta in m slm).

Misure di falda		Quota falda in m s.l.m.													
PIEZOMETRO	Quota relativa (m)	Quota piezometro (m s.l.m.)	23/01/06	28/3/06	18/4/06	15/5/06	15/6/06	14/07/06	30/08/06	26/09/06	27/10/06	22/11/06	22/12/07	26/01/07	09/03/07
Pz1	0,14	78,14	68,54	69,67	69,46	69,21	69,01	68,91	68,93	68,94	69,09	69,11	69,08	68,99	68,96
Pz2	0,2	78,02	(foro chiuso a 7,50)												
Pz3	0	78	68,34	68,35	68,31	68,15	68,29	68,50	68,85	68,8	68,64	68,53	68,43	68,29	68,17
Pz4	-0,12	77,88	68,33	68,42	68,48	68,25	68,29	68,53	68,83	68,94	68,68	68,56	68,43	68,26	68,14

La soggiacenza massima dell'acquifero da p.c., pari a 9,74 m, registrata in Pz4, nel marzo 2007.

La soggiacenza minima dell'acquifero da p.c., pari a 8,94 m, registrata, in Pz4, nel settembre 2006.

La direzione del flusso di falda è variabile:

- da nord a sud, nel marzo, giugno, novembre '06 e nel marzo '07,
- da ovest ad est gennaio '06,
- mentre, ad agosto '06, la direzione è opposta da est verso ovest.

La direzione variabile del flusso di falda può essere determinata dall'emungimento del pozzo pubblico posto a sud ovest, sullo spigolo meridionale di via Sant'Angelo e dalla batteria di pozzi, collocati intorno a via Dante, a nord est del sito in discussione e dall'alimentazione stagionale dell'acquifero per piogge e/o irrigazione.

In assenza di perturbazioni esterne significative la direzione del flusso di falda è da nord a sud, come dimostrano la maggior parte dei dati raccolti.

Tuttavia si segnala che, essendo la superficie piezometrica suborizzontale, alla minima perturbazione la direzione di flusso può cambiare anche fino a 180°.

I 4 sondaggi<sup>1</sup> ambientali, eseguiti nel 2005 con il sondaggio geognostico (luglio 2014) consentono di tracciare 4 sezioni da cui si ricava la zonazione litologica che distingue il sottosuolo come qui segue:

- copertura antropica (pavimentazione, macerie, fondazioni e riporto) da 1 a 4 m, potenza massima in sondaggio C16,
- terreno naturale, al letto del precedente strato, costituito da alternanze di sabbia più o meno limosa, tendente a sabbia grossa sul fondo dei sondaggi; livelli limoso argillosi di potenza decimentrica, sono segnalati in alcuni sondaggi tra 3 e 5 m.

Una indagine geognostica, eseguita con prove penetrometriche statiche nel sito prospiciente a viale Pavia consente di caratterizzare geotecnicamente il primo sottosuolo fino a circa 15m:

- da p.c. a 1-1,60 m, terreno di riporto,
- da 1-1,60 a 4,80 m, alternanze di limi, sabbie e limi sabbiosi, poco addensati,  $R_{pm} < 50 \text{ Kg/cm}^2$ ,
- da 4,80 a 6,80/8,20 m, sabbie sabbie ghiaiaose,  $R_{pm} 50- 100 \text{ Kg/cm}^2$ ,
- da 6,80/8,20 a 10,60/11 m, sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi,  $R_{pm} 50 \text{ Kg/cm}^2$ ,
- da 10,60/11 a 15 m, sabbie, sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose,  $R_{pm} > 100 \text{ Kg/cm}^2$ .

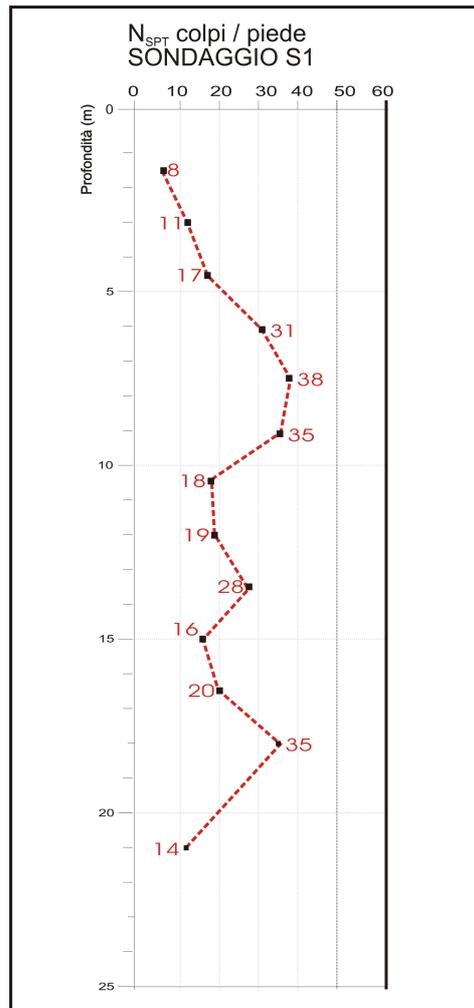
Il sondaggio (S1), eseguito dal 2 al 4 luglio 2014 e di cui all' Allegato 10, integra le sezioni tracciate in Allegato 8, fino a -30.00 m da p.c.; la stratigrafia di S1 è la seguente:

Profondità	Litologia
0.00-0.20	Riporto
0.20-0.70	Sottofondo in ciottoli
0.70-3.00	Limo marrone debolmente argilloso e sabbioso moderatamente consistente più sabbioso da -2.50 m
3.00-4.50	Sabbia grigia debolmente limosa al tetto, poi pulita, granulometria media
4.50-4.70	Ghiaia fine con sabbia grossolana
4.70-9.50	Sabbia grigia addensata fine omogenea, da -6.50 m di colore marrone grigio
9.50-9.90	Limo marrone chiaro debolmente argilloso, poco consistente
9.90-10.50	Limo grigio debolmente sabbioso fine con resti organici carboniosi
10.50-13.50	Sabbia grigia fine mediamente addensata
13.50-16.50	Sabbia grigia granulometria media, addensata
16.50-17.80	Sabbia grigia grossa con subordinata ghiaia piccola
17.80-19.40	Ghiaia media in matrice limo sabbiosa di colore marrone addensata
19.40-21.00	Limo grigio passante a sabbia fine limosa moderatamente consistente
21.00-24.50	Limo grigio con livelletti sabbiosi fini, presenti livelli centimetrici argillosi poco consistenti
24.50-30.00	Ghiaia grossa (diam. 4-5 cm) grigia con sabbia grossolana, moderatamente addensata
Soggiacenza falda: -9.00 m da p.c.	

Gli SPT eseguiti in avanzamento di sondaggio S1<sup>2</sup> sono qui di seguito diagrammati:

<sup>1</sup> Circa 30 sondaggi ambientali furono eseguiti da Golden Associates nel luglio 2005.

<sup>2</sup> da 24.50 a 30.00 m. i rifluimenti di sabbia nel perforo non hanno consentito l'esecuzione di SPT.



I valori SPT aumentano gradualmente da p.c. a 6 raggiungendo, nel livello sabbioso e fino a 9m valori superiori a 35. Entrando in falda e da 9 a 16,5m la resistenza si scende e si stabilizza intorno a 15. Un livello più ghiaioso, intorno a 18m rialza SPT a 35. Oltre la falda in pressione non consente misure significative.

### 3.2 MODELLO GEOLOGICO e MODELLO GEOTECNICO

Sulla base dei dati geognostici disponibili ottenuti si produce qui di seguito il modello geologico e geotecnica la zonazione geologica e geotecnica è ripresa anche nelle sezioni dell'All. 9.

#### Modello Geologico

Il ricade nella formazione geologica "Livello Fondamentale della Pianura", costituito da depositi alluvionali pianeggianti o debolmente ondulati e terrazzati, a litologia prevalentemente sabbiosa, più ghiaiosa in profondità, con livelli superficiali a granulometria più fine limoso-sabbiosa e localmente argillosa. In particolare l'area in esame, per quanto urbanizzata, è caratterizzata da superficie modale stabile, pianeggiante o leggermente ondulata, intermedia tra le aree più rilevate (dossi) e depresse (conche e paleovalvei). La copertura naturale è costituita da suoli ben sviluppati e maturi anche di 1.5 m (Alfisuoli).

### **Modello Geotecnico**

Nel sottosuolo del sito e fino alla massima profondità indagata si distinguono le seguenti litozone:

**Riporto di natura antropica**: da p.c. a -2.00/4.00 m, costituita da riporto indifferenziato, pavimentazioni, resti di fondazioni dei precedenti edifici. In estensioni discontinue ed irregolari con limite inferiore disomogeneo;

**Litozona A**: da letto della precedente a -3.00/5.00 m, prevalentemente limoso sabbiosa, localmente debolmente limosa con  $N_{spt}$  da 8 a 11,  $\phi$  da 28° a 30°, insatura;

**Litozona B**: dal letto della litozona A fino a -9.50 m, sabbia media addensata con livelli ghiaiosi decimetrici,  $N_{scp}$  da 17 a 38,  $\phi$  da 32° a 37°, falda alla base;

**Litozona C**: dal letto della litozona B a -19.40 m, alternanza di sabbia fine e media passante a ghiaia in matrice limoso sabbiosa nella parte basale maggiormente addensata,  $N_{scp}$  da 16 a 35,  $\phi$  da 31° a 35°, in falda. Tra 17,5 e 19,50m da p.c. si segnala un paleosulo debolmente arrossato con ciottoli in matrice fine cromaticamente ben distinguibile dal contesto delle litologie sostanzialmente grige;

**Litozona D**: dal letto della litozona C a -24.50 m, con alternanza di livelli limosi, sabbia fine limosa e livelletti centimetrici argillosi nella parte basale,  $N_{scp} = 14$ ,  $\phi$  da 30°;

**Litozona E**: dal letto della litozona D a fondo perforo -30.00 m, con ghiaia grossa con matrice sabbiosa grossolana, mediamente addensata, stimata in  $\phi$  30°-35°, falda vivace.

La soggiacenza della falda è tra -9.74 e -8.94 m da p.c.; la direzione generale di flusso della falda superficiale è verso NE, con più che possibili rotazioni, anche di 180°, verso sud, dovute alla suborizzontalità della tavola d'acqua ed ai prelievi da pozzi vicini.

### **Modello Geofisico**

Con DGR 11.07.14 n. x/2129 Regione Lombardia ha modificato la propria zonizzazione sismica portando il territorio di Lodi dalla Zona 4 alla Zona Sismica 3; il provvedimento regionale è prescrittivo dall'ottobre 2014; la caratterizzazione che qui segue è eseguita secondo le nuove indicazioni regionali.

Il 23 luglio c.a. è stato eseguito un down-hole nel perforo di sondaggio S1 appositamente armato con tubo cieco in pvc; i risultati della misura geofisica sono riportati in Allegato 11 e qui di seguito compendati.

#### **Stratigrafia del sito**

Livelli superficiali essenzialmente limosi e sabbiosi con parametri di resistenza alla punta  $N_{SPT} = 8/10/17$  nei primi 4/5 m, per innalzarsi nei livelli ghiaioso sabbiosi sino a -20 m a  $N_{SPT} = 26/35-38$  m. Tra -25/30 m non è stato possibile eseguire SPT per il rifluimento nel perforo di sabbia trascinatavi dalla falda. Nelle subordinate intercalazioni limo-argillosa o sabbiosa  $N_{SPT} = 14-20$ . Si veda in dettaglio la scheda del sondaggio (S1 – All. 10).

Le misure geofisiche il foro sono riportate nella scheda e nei grafici che qui seguono (fig. 2).

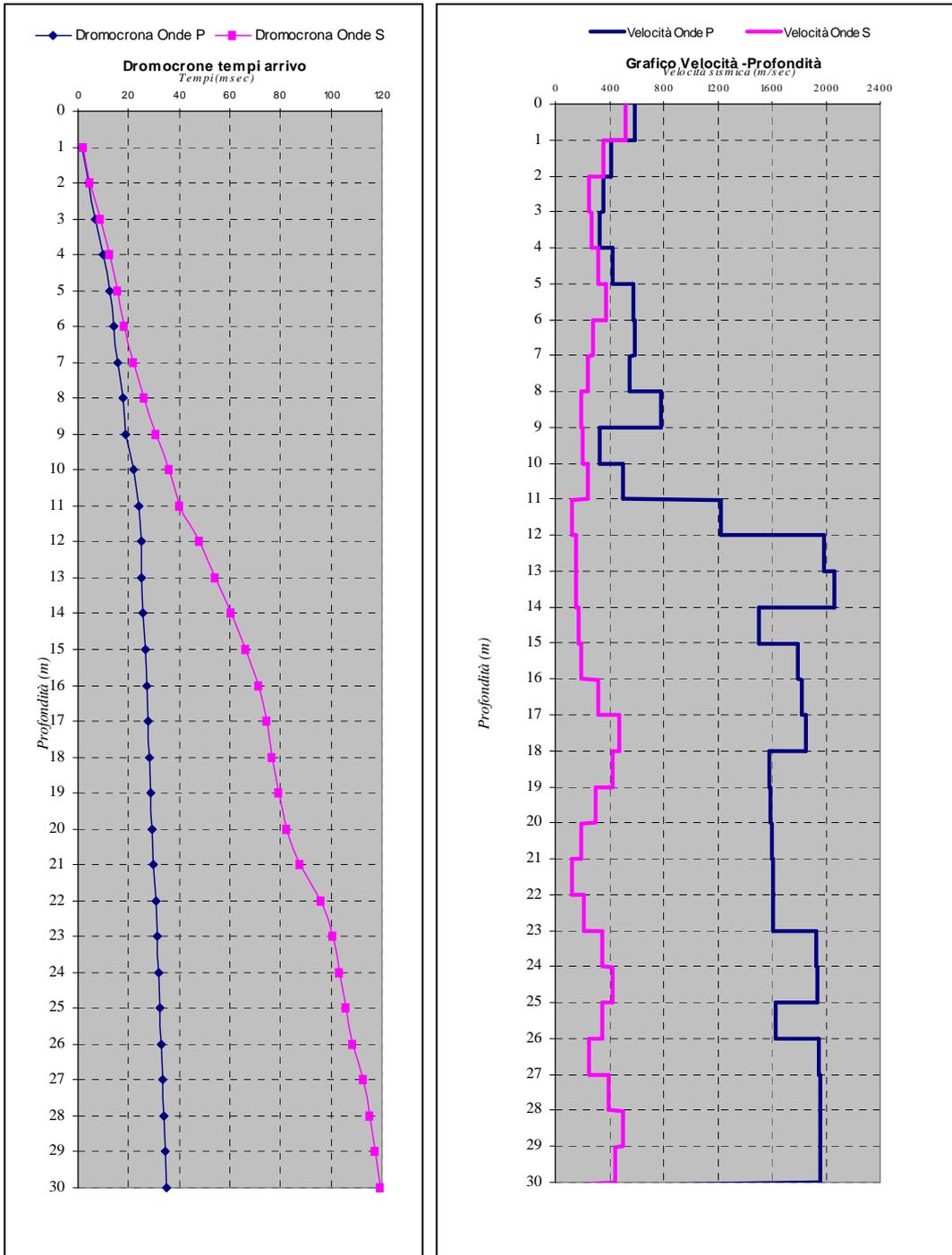


Fig. 2 – Grafici down hole.

In relazione alla litologia e alla stratigrafia del sito è stato costruito il modello geofisico di cui alla seguente Tab. 1:

TABELLA 1: modello geofisico				
strato sismico n°	Profondità (m)		Velocità 'media' onda taglio dello strato V <sub>s</sub> m/sec	Periodo T (singolo strato)
	da	a		
1	0	4.0	292	0,055
2	4.0	6.0	347	0,023
3	6.0	11	233	0,086
4	11	16	161	0,124
5	16	19	406	0,030
6	19	23	207	0,077
7	23	26	374	0,032
8	26	27	248	0,016
9	27	46	448	0,170
10*	46*	58*	480	0,100
11*	58*	90*	575	0,223
12*	90*	108*	620	0,116
13*	108*	120*	750	0,064
14*	120*	130*	800	0,050

\*= ipotesi basate sul gradiente di velocità Vs, ottenuto dai dati delle indagini sismiche e dalle stratigrafie pozzo

In base ai valori qui sopra esposti è calcolata l'amplificazione sismica di effetto litologico del sito in esame. In particolare si calcola il periodo T, considerando i valori di Tab. 1, sino alla profondità utile ( $V_s \geq 800$  m/sec), desunti da Tab. 1, con la relazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

<b>T<sub>125</sub> = 0.9935</b>	<b>sec</b>
---------------------------------	------------

dove:

h<sub>i</sub> = spessore strato i-esimo

V<sub>s<sub>i</sub></sub> = velocità strato i-esimo

### **Fattore di amplificazione (Fa)**

Per calcolare Fa (Fattore amplificazione) si usa la scheda, fornita da Regione Lombardia, per la litologia limoso Sabbiosa<sup>3</sup>, si sceglie la curva più appropriata (funzione della velocità sismica e della potenza del primo strato) e si scelgono le curve di correlazione T-Fa<sub>0.1±0.5</sub> (curva 2 e 3) e Fa<sub>0.5±1.5</sub> (curva unica) :

- 1)  $Fa_{0.1 \pm 0.5} = 1.77 - 0.38 \ln T$  [curva 2 x valori di periodo  $0.4 < T \leq 1.00$  (tratto logaritmico)]
- 2)  $Fa_{0.1 \pm 0.5} = 1.58 - 0.24 \ln T$  [curva 3 x valori di periodo  $0.4 < T \leq 1.0$  (tratto logaritmico)]
- 3)  $Fa_{0.5 \pm 1.5} = -1.33 T^2 + 2.02 T + 0.79$  [curva unica]

Si ottenengono in base al periodo T<sub>125</sub> della sequenza sopra ipotizzata:

<sup>3</sup> DGR 30,11,11 N. 2616, Allegato 5.

- CASO 1)  $F_{a_{0.1+0.5}} = 1.77$  (curva 2)  
 CASO 2)  $F_{a_{0.1+0.5}} = 1.58$  (curva 3)  
 CASO 3)  $F_{a_{0.5+1.5}} = 1.48$  (curva unica)

Si confrontano quindi gli  $F_a$  qui sopra ottenuti con i valori soglia della Zona sismica 3, la categoria di suolo sismico C ( $V_{s30} = 251$  m/sec), soggette ad amplificazione litologica, nell' intervallo di periodo T

"0.1÷0.5" edifici con strutture "rigide" e sviluppo strutturale verticale max 5 piani

"0.5÷1.5" edifici con strutture "flessibili" e sviluppo verticale fra 5÷15 piani):

		Valori soglia per T 0.1+0.5			
Comune	Classif. sismica	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
Lodi	3	1.4	1.8	2.2	1.9

		Valori soglia per T 0.5+1.5			
Comune	Classif. sismica	Suolo B	Suolo C	Suolo D	Suolo E
Lodi	3	1.7	2.4	4.1	3.0

e si ricava che:

$$F_{a_{0.1+0.5}} = 1.58/1.77 < \text{valore di soglia per suolo C}$$

$$F_{a_{0.5+1.5}} = 1.48 < \text{valore di soglia per suolo C}$$

Quindi si evince che sia per periodo 0.1÷0.5 edifici "rigidi") che per gli edifici "flessibili" (periodo 0.5÷1.5),  $F_a$  calcolato, è inferiore al valore soglia della norma sismica.

Sulla scorta dei dati geognostici e geofisica si definisce, nella seguente Tabella A, il **modello geologico, geotecnico e sismico di riferimento**, con evidenziate le litozone, i relativi angoli di attrito interno e la velocità  $V_{s30}$  e la tipologia di suolo:

Profondità in m	Litozona	$\Delta \phi$	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$V_s$ (m/s)
0.00-2.00/3.00	Cop. Sup.	//	//	517
2.00/3.00-3.00/5.00	A	28°-39°	17-18	255-353
3.00/5.00-9.50	B	32°-37°	19-22	196-376
9.50-19.40	C	31°-35°	20-22	128-476
19.40-24.50	D	30°	19	125-351
24.50-30.00	E	30°-35°	19-22	248-503

Tab. A - Modello geologico - geofisico

In Tabella B sono sintetizzati i valori di  $V_{s30}$ , il tipo di suolo sismico, il periodo proprio del sito ( $T_p$ ) calcolato dalle  $V_s$ , i valori calcolati del Fattore di Amplificazione sismica locale ( $F_a$ ) per i due tipi di edifici:  $0.1 < T \leq 0.5s$  e  $T > 0.5s$  (nell'ultima finca i valori soglia (di riferimento):

Linea	$V_{s30}$	Periodo ( $T_p$ )	$F_a$ ( $T=01-0.5 s$ )	$F_a$ ( $T>0.5 s$ )
Down hole	251	0.99	1.58/1.77	1.48
<b>Categoria suolo sismico</b>			<b>C</b>	<b>C</b>
<b>Fa di riferimento Regione Lombardia Comune di Lodi</b>			<b>1.8</b>	<b>2.4</b>

Tab. B –  $V_{s30}$ , Terreno di Fondazione,  $T_p$  e  $F_a$

Il risultato dell'analisi svolta è che i valori di  $F_a$  calcolati sono inferiori a quelli forniti da Regione Lombardia, sia per edifici con periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s sia per quelli con periodo superiore.

Pertanto nell'area indagata si adotteranno, per entrambe le tipologie di edifici, gli spettri di norma relativi al suolo sismico C.

## PARTE QUARTA: CONCLUSIONI

I documenti e le indagini eseguite sul sito ex ABB ADDA, analizzati e commentati nei capitoli precedenti portano a concludere che il P.I.I. in discussione non contrasta con le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche del terreno né con le Norme Geologiche di Piano.

La connotazione geologica e geomorfologia dei terreni è quella tipica della formazione "Livello fondamentale della pianura" auc. , su cui sorge il resto della città, e si presta alle possibili destinazioni d'uso urbanistico che faranno dell'ex area industriale la sede di residenze e di servizi.

Ferme restando le eventuali prescrizioni di bonifica ambientale, il sottosuolo, insaturo fino a 8-9m, consente di portarsi alla quota di possibile fondazione di progetto, cioè a circa 7-8m da p.c. dove collocare i 2 piani interrati previsti, con scavi che non interferiranno con la falda. Si preveda tuttavia la possibilità che su fondo scavo e dalle pareti si manifestino locali infiltrazioni da fognatura e/o da percolazione da corsi d'acqua combinati e/o apporti da falde sospese.

Qualora si voglia definire la presenza di sottoservizi si potrà eseguire un'apposita indagine geofisica a mezzo di georadar.

Si dovrà prevedere l'esecuzione di un "piano per le terre e rocce di scavo" e il materiale scavato dovrà essere trattato in conformità alle norme vigenti (art. 185 del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i e al D.M. del 10 agosto 2012, n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo" in G.U. n. 221 del 21 settembre 2012).

L'idrogeologia del sito, dopo la prima litozona sabbiosa insatura fino a 8-9 m da p.c., individua fino a 30m da p.c. un acquifero freatico, localmente semifreatico, alimentato dall'irrigazione e dalle piogge, con buon ricambio, drenato dall'Adda. La direzione di flusso della falda può orientarsi da ovest-est a NE, con variazioni significative dovute sia alla suborizzontalità dell'acquifero che a disturbi transitori indotti in falda da pozzi vicini.

Il P.I.I., con l'insediamento di nuovi residenti comporterà maggior consumo d'acqua, a tale fabbisogno si potrà rispondere, senza gravare sul civico acquedotto la cui acqua potabilizzata è da riservare all'uso idropotabile, attivando un prelievo autonomo, in falda superficiale, con cui sopperire alle necessità di raffrescamento-riscaldamento. Tale prelievo, di portata stimata di 10-15 l/s, dovrebbe essere congruo con le necessità insediative del P.I.I. e compatibile con le disponibilità dell'acquifero. Questa possibilità è da valutare in sede di progettazione; si tenga conto della necessità di porre il pozzo di reimmissione a valle del punto di prelievo.

I nuovi edifici dovranno scaricare le acque bianche direttamente nel sottosuolo, utilizzando come zona di dispersione l'insaturo sabbioso presente fino a -8 m da p.c., ciò comporterà un beneficio per la falda e nessun ulteriore carico per la rete di fognatura e di depurazione. Inoltre le acque piovane potranno essere raccolte in cisterne ed utilizzate per l'irrigazione del verde pubblico e condominiale.

L'interferenza dell'intervento con la rete di fognatura si dovrà limitare alla ricezione delle acque nere.

Gli inerti di scavo, costituiti da terreno naturale sabbioso ghiaioso ed escluso il riporto, potranno essere reimpiegati in cantiere per sottofondi della viabilità interna, purché non risultino inquinati.

La copertura antropica (riporto) dovrà invece essere esaminata e vagliata e trovare collocazione idonea.

Le qualità geotecniche dei terreni, non sono particolarmente buone in superficie ma al di sotto di 6m da p.c. migliorano sensibilmente.

Per le fondazioni, se superficiali (platea), si assuma a 7-8m da pc  $N_{SPT} = 30$ , se profonde (pali di 17m con  $N_{SPT} 30$ ), ma queste problematiche geotecniche dovranno essere affrontate e risolte in sede di progetto.

Possono rendersi necessari aggettamenti a fondo scavo e anche diaframmi strutturali tiratati per reggere i piani interrati: si dovrà quindi garantire la sicurezza e la stabilità delle opere in sotterraneo.

In sede di progettazione si eseguirà la verifica alla liquefazione e la verifica agli Stati Limite come dispongono le norme vigenti.

L'indagine sismica (down hole) ha evidenziato che i valori di  $F_a$  calcolati sono inferiori a quelli forniti dalla Regione Lombardia, sia per edifici con periodo compreso tra 0.1 e 0.5 s sia per quelli con periodo superiore.

Pertanto nell'area indagata si adotteranno gli spettri di norma del Suolo sismico C (depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 180 m/s 360 m/s ovvero con  $15 < N_{SPT} < 50$ , o  $70 < c_u < 250$  kPa).

La progettazione, che seguirà il PII, oltre al modello geologico, idrogeologico e geotecnico forniti dovrà alle norme vigenti (Eurocodice 8, D.M. 14.01.08 "Norme tecniche per le costruzioni") e dovrà attenersi al modello sismico qui sopra esposto e alle disposizioni per la Zona sismica 3 (O.P.C.M. 20.3.03 N. 3274, All. 1, D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 che assegna il territorio di Lodi  $A_{gMax} = 0,073095$ ).



IL GEOLOGO  
DOTT. GIOVANNI BASSI  
LUGLIO 2014

Allegati grafici alla relazione:

1. Corografia,
2. Estratti mappa,
3. Carta geomorfologica e sezione geomorfologica,
4. Carta idrogeologica,
5. Sezioni geologiche (All. 5A e 5B),
6. Carta di prima caratterizzazione geotecnica,
7. Carta di sintesi,
8. Planimetria del sito con ubicazione di sondaggi e sezioni,
9. N. 4 Sezioni geologiche del sito,
10. Rapporto di sondaggio geognostico,
11. Indagine sismica.