

## Componenti Geologica, Idrogeologica e Sismica

### Relazione geologica Relazione illustrativa e norme geologiche di piano

#### Allegato 1

Elaborato modificato a seguito dell'approvazione delle controdeduzioni alle osservazioni, dei pareri degli Enti e dei municipi e dell'accoglimento delle proposte di modifica presentate dal C.C.

Riferimento Codice Delibera di Approvazione PGT
T.1.1_3430_01_01000
T.1.1_3430_01_06000



Comune di  
**Milano**

Adozione: Delibera n. 2 Seduta Consiliare del 05.03.2019  
Approvazione: Delibera n. 34 Seduta Consiliare del 14.10.2019  
Pubblicazione: BURL Serie Avvisi e Concorsi n...



Ottobre 2019



## Indice

<b>1.</b>	<b>Premessa</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Componente geologica</b>	<b>5</b>
	2.1. Premessa	5
	2.2. Caratteri geomorfologici e geologici	5
	2.3. Stratigrafia	6
<b>3.</b>	<b>Componente idrogeologica</b>	<b>10</b>
	3.1. Caratterizzazione degli acquiferi	10
	3.2. Analisi dell'evoluzione del livello piezometrico della falda superficiale	22
<b>4.</b>	<b>Componente sismica</b>	<b>26</b>
	4.1. Premessa e riferimenti normativi	26
	4.2. Procedura di valutazione	27
	4.3. Primo livello di approfondimento	30
	4.4. Secondo livello di approfondimento	35
<b>5.</b>	<b>Idrografia</b>	<b>38</b>
	5.1. Inquadramento dell'evoluzione storica del reticolo idrografico milanese	38
	5.2. Studi mediante modelli idrodinamici	39
	5.3. Descrizione dei modelli idrodinamici	42
	5.4. Fiume Lambro	42
	5.5. Torrente Seveso	43
	5.6. Torrenti Guisa e Pudiga	45
	5.7. Torrente Garbogera	46
<b>6.</b>	<b>Fattibilità geologica</b>	<b>47</b>
	6.1. Aspetti generali	47
	6.2. Criteri generali di valutazione della pericolosità e di individuazione delle linee di intervento di mitigazione e/o compatibili	48
	6.3. Struttura delle Norme Geologiche di Piano	48
<b>7.</b>	<b>Norme geologiche di piano</b>	<b>51</b>
	art. 42 Definizione e disciplina	51
	art. 43 Classi di fattibilità geologica	51
	art. 44 Classe II - Fattibilità con modeste limitazioni	51
	art. 45 Classe III - Fattibilità con consistenti limitazioni	52
	art. 46 Classe IV - Fattibilità con gravi limitazioni	56
	art. 47 Pericolosità sismica e microzonazione	59
	art. 48 Documento semplificato del rischio idraulico	60
	art. 49 Definizione	60
	art. 50 Disciplina	61
	art. 51 Connessione idraulica Naviglio Martesana-Darsena e riapertura dei Navigli Milanesi	63



## 1. Premessa

La *Relazione Illustrativa delle Componenti Geologica, Idrogeologica e Sismica*, facente parte della nuova revisione del Piano di Governo del Territorio (PGT), contiene la descrizione delle attività svolte per la revisione della componente geologica idrogeologica, sismica e idraulica (LR 12/2005, art. 57 e s.m.i.), per l'aggiornamento del reticolo idrografico e per l'adeguamento del PGT al Piano di Gestione Rischio Alluvioni alla luce della normativa entrata in vigore dopo l'approvazione del PGT del 2012.

Il PGT definisce, attraverso il Documento di Piano, l'assetto geologico, idrogeologico, sismico e idraulico del territorio (LR 12/05 art. 8, comma 1, lettera c) individua, per mezzo del Piano delle Regole, le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica, sismica e idraulica eventualmente presenti sul territorio comunale, e determina le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate (LR 12/05 art. 10, comma 1, lettera d).

Gli elaborati cartografici e la relazione illustrativa sono stati realizzati secondo quanto previsto dalla D.g.r. n. IX/2616 del 2011 indicante i criteri e gli indirizzi per la definizione dei Piani di Governo del Territorio.

Sulla base di criteri geologico-morfologici, idrogeologici, idraulici, l'intero territorio comunale è stato analizzato e classificato con adeguato dettaglio.

Le aree di maggior interesse urbanistico e quelle ritenute più sensibili ad eventuali impatti con gli sviluppi futuri del tessuto urbano, hanno richiesto studi più approfonditi e documentazione specifica; in particolare, per i corsi d'acqua principali presenti sul territorio comunale sono stati sviluppati modelli idraulici bidimensionali di simulazione delle condizioni di deflusso in piena a elevato livello di dettaglio che hanno permesso di delimitare le aree inondabili in funzione del grado di pericolosità idraulica, di cui si è tenuto conto nella definizione delle limitazioni connesse alle modalità di uso del suolo sia in atto che programmato.

Lo studio nel suo complesso ha consentito di fornire attenzioni e prescrizioni per tutte le aree del territorio comunale.

E' stata inoltre approfondita la tematica riguardante l'articolato assetto idrografico del territorio, caratterizzato da navigli, canali, tombinature, rogge e colatori. In particolare lo studio dell'assetto del reticolo idrografico è stato approfondito secondo le indicazioni riportate nel D.G.R. 18 dicembre 2017 n. X/7581. Sempre in relazione allo studio del reticolo idrografico, in particolare per l'individuazione della titolarità dei singoli tratti di reticolo e delle fasce di rispetto di competenza consortile si è fatto riferimento alla D.G.R. 30 novembre 2015 n. X/4439 *"Approvazione dello schema di convenzione tra Regione Lombardia e Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi"*.

Sono stati studiati i caratteri fisici ed evolutivi del territorio, attraverso l'osservazione della cartografia storica disponibile, in particolare della cartografia IGM Prima Levata e la carta storica *"Ripartizione della Città secondo le superfici scolanti ai canali di scarico nel 1884"* riprodotta nell'ambito di uno studio sul sottosuolo del Comune di Milano pubblicato a cura del Comune stesso, individuando le azioni antropiche principali che hanno definito l'attuale assetto fisiografico della città.

L'attività svolta ha prodotto diverse cartografie tematiche a varia scala, che unitamente alla presente Relazione illustrativa e agli elaborati facenti parte del Documento di Polizia Idraulica redatto ai sensi del D.G.R. 18 dicembre 2017 n. X/7581 hanno lo scopo di fornire all'Amministrazione Comunale e agli Uffici Tecnici la base conoscitiva dello stato fisico del territorio e di verificare la congruità delle scelte di pianificazione e programmazione degli interventi previsti.

In particolare, lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi, per il cui dettaglio si rimanda alle relazioni specialistiche.

- Attività propedeutiche, consistenti essenzialmente nella raccolta dati sia presso gli uffici comunali, sia presso altri enti pubblici e privati (Consorzio di bonifica ETV, consorzi irrigui privati, MM SpA ecc.).
- Rilievi in campo, con particolare riferimento alle indagini sismiche e ai sopralluoghi finalizzati alla caratterizzazione/verifica del reticolo minore e del relativo rischio idraulico.
- Attività di desk, comprendente l'elaborazione delle informazioni raccolte, la redazione delle cartografie tematiche perviste per il PGT e del Documento di Polizia Idraulica, la predisposizione delle relazioni tematiche, oltre che del presente documento.

Sono stati prodotti i seguenti elaborati.

<i>Titolo generale</i>	<i>Sottotitolo</i>	
G_ALL_01	Componente geologica, idrogeologica e sismica Relazione geologica: relazione illustrativa e norme geologiche di piano	
Componente geologica, idrogeologica e sismica	G.03	Carta Idrogeologica
	G.17	Carta di Fattibilità Geologica e Idraulica
	G.04	Carta dei Vincoli
	G.05	Carta di Sintesi
Piano delle Regole	R.01	Carta di Fattibilità Geologica e Idraulica
G_ALL_02	Componente sismica - Analisi della sismicità del territorio e valutazione degli effetti sismici di sito	
Componenti geologica, idrogeologica e sismica	G.01/1	Carta geologica
	G.01/2	
	G.01/3	
	G.01/4	
G_ALL_03	Sezioni geologiche	
Componenti geologica, idrogeologica e sismica	G.02/1	Carta geomorfologica
	G.02/2	
	G.02/3	
	G.02/4	
G_ALL_04	Componente sismica - Analisi stratigrafica: Note esplicative e database	
	G.06	Carta della soggiacenza e degli spessori di sabbie in falda
	G.07	Carta dei valori di accelerazione massima al suolo
	G.08	Carta della pericolosità da liquefazione
	G.09	Carta della pericolosità sismica locale
	G.10	Carta della Vs30 e del periodo proprio di sito
G_ALL_05	Componente sismica - Schede di valutazione dei fattori di amplificazione	



<i>Titolo generale</i>	<i>Sottotitolo</i>	
	G.11	Carta dei fattori di amplificazione 0.1-0.5 e di confronto tra Fa calcolati e da normativa
	G.12	Carta dei fattori di amplificazione 0.5-1.5 e di confronto tra Fa calcolati e da normativa
G_ALL_06	Componente sismica - Risultati prove in sito	
G_ALL_07	Componente sismica - Relazione illustrativa	
G_ALL_08	Documento semplificato del rischio idraulico	
Documento semplificato del rischio idraulico	G.13	Carta semplificata del rischio idraulico
	G.14	Carta delle misure strutturali e non strutturali
G_ALL_09	Relazione aree esondabili e della pericolosità (Adeguamento del PGT al PGRA utilizzando i risultati della modellistica)	
Relazione aree esondabili e della pericolosità (Adeguamento del PGT al PGRA utilizzando i risultati della modellistica)	G.15/1	Carta PAI - PGRA, aree esondabili e pericolosità
	G.15/2	
	G.15/3	
	G.15/4	
R_ALL_5	Relazione illustrativa reticolo idrografico e fasce di rispetto	
G.16	Carta di individuazione degli ex alvei	
G.17	Carta di Fattibilità Geologica e Idraulica	
Piano delle regole	R.09/1	Carta del reticolo idrografico
	R.09/2	
	R.09/3	
	R.09/4	
R_ALL_2	Regolamento di polizia idraulica	

## 2. Componente geologica

### 2.1. Premessa

L'area di studio ricade quasi integralmente all'interno del Foglio n. 118 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Il Foglio è stato realizzato nell'ambito del Progetto CARG (Legge 226/1999) con convenzione tra Servizio Geologico Nazionale e Regione Lombardia. La recente pubblicazione della carta permette di considerare questo riferimento bibliografico come la sintesi più completa ed aggiornata delle conoscenze geologiche e come tale è stata utilizzata come riferimento essenziale per la redazione del presente lavoro.

### 2.2. Caratteri geomorfologici e geologici

Nell'ambito dell'area considerata, gli elementi geomorfologici sono connessi alle fasi erosionali di ambiente fluviale, pleistoceniche ed oloceniche e, soprattutto, alle modifiche apportate dall'attività antropica a partire dal XIII secolo. Il territorio risulta prevalentemente sub-pianeggiante; si riconoscono orli di terrazzo nel settore nord-occidentale (Parco delle Groane) lungo il corso del Lambro e nella zona meridionale del territorio comunale.

Dal punto di vista più strettamente geologico, il territorio è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali legati all'attività dei corsi d'acqua del bacino Lambro, Seveso, Olona. Una prima e fondamentale distinzione di tali depositi può essere effettuata su base morfologica: in questo ambito territoriale è infatti possibile identificare differenti livelli topografici, ognuno corrispondente a una o più unità geologiche. Questi sistemi morfologici sono, dal più al meno elevato:

- 1) sistema dei terrazzi dell'Alta Pianura;
- 2) livello modale della pianura;
- 3) sistema delle valli fluviali.

L'ambito di maggior estensione è il livello modale della pianura, che racchiude all'incirca il 75% del territorio.

Con il termine "livello modale della pianura" si intende la superficie pianeggiante di maggior estensione, apparentemente omogenea e priva di significative discontinuità morfologiche (ad eccezione di quelle delle valli fluviali) che si estende tra quota 200 e 100 m circa, con pendenza regionale verso SSE, insinuandosi ed isolando, nella sua parte settentrionale, i sistemi terrazzati. I depositi sono prevalentemente grossolani (ghiaie e sabbie prevalenti), testimoni di un ambiente fluviale di tipo braided; nel settore meridionale del Foglio sono localmente presenti depositi fini (limi e argille), legati ad isolate aree a sedimentazione palustre.

La piana è solcata dalle incisioni ("valli fluviali") dei principali corsi d'acqua, che tagliano il Foglio in direzione NO-SE (Fiume Olona e Torrente Bozzente) o N-S (Torrenti Lura, Seveso, Lambro Meridionale, Vettabbia e Fiume Lambro). Esse rappresentano le fasi più recenti dell'evoluzione della pianura, riconducibili al tardo Pleistocene superiore e all'Olocene. All'interno degli alvei sono confinati sedimenti prevalentemente ghiaioso-sabbiosi nel settore settentrionale, passanti a sabbioso-limosi in quello meridionale.

La Pianura Padana nel suo insieme rappresenta l'espressione morfologica di superficie del Bacino Padano. La successione sedimentaria plio-pleistocenica del Bacino Padano ha un carattere complessivamente regressivo (Regione Lombardia & EN I, 2002; Muttoni et alii, 2003): alla base sono presenti depositi torbiditici di mare profondo, ricoperti da un prisma sedimentario progradante sia assialmente, in quanto legato all'azione del paleo Po, che trasversalmente, originato dai depositi dei sistemi alpini ed appenninici.

## 2.3. Stratigrafia

L'identificazione di due superfici principali di discontinuità di scala regionale, riconosciute e mappate su gran parte del bacino padano (Regione Emilia- Romagna & ENI Agip, 1998, Regione Lombardia & ENI, 2002, Muttoni et alii, 2003, Scardia et alii, 2012) ha portato dunque a definire le seguenti unità di sottosuolo:

- supersintema Padano (PD),
- supersintema Lombardo Inferiore (LI),
- supersintema Lombardo Superiore (LS).

La scelta del rango di supersintema di queste unità è legata al fatto che esse sono definite da superfici di inconformità di rango regionale.

In sottosuolo, il riconoscimento delle superfici di separazione tra i tre supersintemi è avvenuto partendo dal quadro di riferimento delineato nello studio Regione Lombardia & ENI (2002) ed effettuando l'analisi dei cicli deposizionali di diverso ordine gerarchico riconoscibili nelle stratigrafie di pozzi e sondaggi.

Per gli scopi del presente studio e per la disponibilità di dati stratigrafici insufficienti a definire l'assetto delle unità più profonde, sono stati considerati e rappresentati nelle sezioni interpretative solo i supersistemi lombardo inferiore e superiore.

### **Supersintema Lombardo Inferiore (LI)**

I depositi del supersintema Lombardo Inferiore LI sono costituiti da corpi spessi di sabbie medie e grossolane, subordinatamente fini, e ghiaie medie e grossolane, talora ciottoli, localmente cementati ("Ceppo" Auct. p.p.). I livelli sabbiosi sono generalmente massivi, talora laminati, con frequente presenza di ciottoli. I livelli pelitici (limi, limi argillosi ed argille limose), per quanto di ridotto spessore, mostrano comunque una certa continuità laterale. Localmente sono segnalati nelle stratigrafie di pozzi per acqua livelli di argille di colore rossastro, attribuibili a paleosuoli.

L'ambiente deposizionale è stato interpretato come piana alluvionale; data la presenza significativa di granulometrie sabbiose, tenuto anche conto del contesto sedimentario di questo settore di bacino, con un'elevata disponibilità di materiali grossolani provenienti, tra l'altro, dagli anfiteatri glaciali presenti al margine sudalpino, nonché la relativa organizzazione latero-verticale dei sedimenti, si ritiene che l'ambiente deposizionale sia più in particolare riferibile ad una piana a braided, relativamente distale.

I corpi sabbioso ghiaiosi sono riferibili a depositi di canale fluviale di energia medio alta, in una piana alluvionale caratterizzata dalla brusca divagazione dei canali stessi; le porzioni più fini sono riferibili invece a depositi di piana inondabile o a cicli di abbandono del canale fluviale.

### **Supersintema Lombardo Superiore (LS)**

Questa unità è caratterizzata dalla prevalenza di ghiaie grossolane e medie con frequenti ciottoli, spesso mal selezionate, localmente cementate, in strati da medi a spessi, con subordinati livelli di sabbie medie e grossolane e sabbie ghiaiose. Le ghiaie sono prevalentemente clast supported, mal stratificate, passanti localmente a sabbie ghiaioso ciottolose interpretabili come sequenze amalgamate o incomplete di cicli fining upward.

Litologie fini (limi e limi argillosi) sono talora presenti, ma con ridotta continuità laterale. La scarsità di livelli sabbiosi e di successioni fining upward ben definite sembra testimoniare la presenza di frequenti fenomeni di erosione in un ambiente fluviale di alta energia. L'ambiente deposizionale è riferibile a una piana alluvionale fluvioglaciale, di tipo braided prossimale, data la grossolanità dei sedimenti e la loro scarsa organizzazione.

### Unità di Superficie

Il supersistema di Besnate rappresenta l'unità di superficie prevalente nell'ambito del territorio analizzato. È costituito esclusivamente da depositi fluvioglaciali, caratterizzati da profili d'alterazione moderatamente evoluti, che strutturano gran parte della pianura.

Nonostante l'elevato numero di unità riconosciute, la litologia è alquanto omogenea in quanto è costituito da depositi fluvioglaciali: ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa o sabbioso limosa, da massive a grossolanamente stratificate; ghiaie a supporto di matrice; sabbie medie e grossolane. Clasti poligenici da arrotondati a subarrotondati, in prevalenza centimetrici.

Le unità che costituiscono il supersistema sono descritte nella tabella riportata nella seguente immagine, tratta dalle note illustrative del Foglio 118.

unità	litologia	copertura	spessore suolo <sub>1</sub>	colore matrice	petrografia
Sumirago	ghiaie	loessico-colluviale	2 m	7.5YR-10YR	REM* e porfidi prevalenti
Guanzate	ghiaie prevalenti	non riconoscibile-assente	1,5-1,8 m	7.5YR (5YR)	REM, marne e terrigene REM e calcari prevalenti
Cadorago	ghiaie; sabbie limose	presente ad O delle Groane	1,5-2 m	7.5YR	REM, rocce terrigene, calcari marnosi/marne REM e rocce carbonatiche prevalenti
Minoprio	ghiaie prevalenti	non riconoscibile-assente	1,5 m	7.5YR-10YR	REM e porfidi prevalenti REM, marne e terrigene
Bulgarograsso	ghiaie	non riconoscibile-assente	~1 m (su LFP**)	7.5YR-10YR	REM, marne e terrigene

\* REM = rocce endogene metamorfiche

\*\* LFP = livello fondamentale della pianura

Figura 1 - Unità appartenenti al supersistema di Besnate

#### Unità di Guanzate (BEZ)

L'unità è costituita da ghiaie a supporto clastico con matrice sabbiosa o sabbioso limosa e localmente sabbie limose con clasti residuali (depositi fluvioglaciali).

La superficie limite superiore è caratterizzata da suoli da evoluti a moderatamente evoluti, con spessore inferiore a 2 m. I depositi fluvioglaciali di natura ghiaioso-sabbiosa comprendono ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa, da massive a grossolanamente stratificate.

Le ghiaie formano l'ossatura della pianura in tutta l'area di affioramento dell'unità, ma supportano differenti sequenze sommitali: nella fascia più settentrionale del territorio le ghiaie arrivano ad affiorare in superficie, mentre nella zona più meridionale sono diffusi depositi limosi rubefatti, a contenuto variabile di sabbie e argilla, con clasti sparsi legati al riempimento di canali incisi nelle ghiaie.

Il limite superiore coincide in parte con la superficie topografica, in parte con una superficie erosionale su cui giacciono i depositi di piana alluvionale del sistema di Cantù di provenienza Seveso e del sistema del Po (unità postglaciale).

#### Unità di Minoprio (BMI)

È composta da ghiaie a supporto clastico e di matrice, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa; limi ghiaiosi; sabbie, sabbie limose e limi (depositi fluvioglaciali).

Superficie limite superiore caratterizzata da suoli con spessore medio di 1,5 m, presenza di suoli sepolti nel settore meridionale.

Dal punto di vista litologico l'unità è costituita da depositi fluvioglaciali ed in particolare da ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa.

Clasti arrotondati/subarrotondati, in prevalenza centimetrici (dimensioni più frequenti tra 1-5 cm e dimensione massima osservata 20 cm circa).

Le ghiaie, da massive a grossolanamente stratificate, costituiscono l'ossatura dei settori occidentale e orientale del territorio giungendo fino al suo limite meridionale. Nei due settori sono presenti successioni sommitali caratteristiche. In tutto il settore settentrionale sono discontinuamente presenti sedimenti fini rubefatti a clasti sparsi, che costituiscono il riempimento di canali incisi nelle ghiaie, fluitato dai suoli delle superfici circostanti. Sono presenti inoltre sequenze sommitali di sedimenti fini attribuite al sintema di Cantù (subsintema di Ronchetto delle Rane).

La superficie modale, pur essendo percorsa da una fitta rete di drenaggio, oggi quasi completamente artificializzata, appare estremamente livellata. Le depressioni in cui scorrono fontanili e cavi, il cui frequente andamento sinuoso e non regolare rivela un'origine naturale, sono generalmente poco o non percettibili all'osservazione diretta.

#### Unità di Bulgarograsso (BXE)

L'unità è costituita da ghiaie a prevalente supporto clastico con matrice sabbiosa o sabbioso limosa (depositi fluvioglaciali). La superficie limite superiore è caratterizzata da suoli da evoluti a moderatamente evoluti, di spessore variabile.

L'area di affioramento forma una ristretta fascia che taglia l'intero territorio, da Cesate a San Giuliano Milanese.

Dal punto di vista litologico essa è costituita da depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi ed in particolare da ghiaie a prevalente supporto clastico, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa, da massive a grossolanamente stratificate con intercalazioni di sabbie e sabbie ghiaiose, che aumentano spostandosi verso S.

Le sequenze sommitali differiscono fortemente: nel settore settentrionale, l'unità è profondamente incassata nel terrazzo delle Groane e sono, pertanto, presenti coperture di sedimenti fini (limi, limi sabbioso argillosi) rubefatti, derivati in parte dall'erosione di depositi loessici pedogenizzati del pianalto. Al di fuori delle Groane, i depositi di copertura scompaiono e si rinvergono ghiaie fin dalla superficie.

I caratteri della superficie limite superiore variano in parallelo con la litologia:

- 1) in area Groane prevalgono suoli acidi e desaturati, di prevalente colore 7.5YR, sviluppati su sedimenti loessici e sedimenti di suolo colluviati; non sono noti i caratteri di alterazione delle ghiaie, per la mancanza di osservazioni utili;
- 2) nelle aree a S di Milano, prevalgono suoli moderatamente evoluti (Inceptisuoli e subordianti Alfisuoli) di spessore in genere non superiore al metro, impostati su ghiaie.

Il limite superiore è una superficie erosionale su cui giacciono i depositi erosi dalle unità più antiche, mentre al di fuori delle Groane coincide con la superficie topografica. Il limite inferiore è una superficie erosionale che mette a contatto l'unità con il supersintema del Bozzente, l'unità di Cadorago (Groane) e il sintema di Cantù (livello fondamentale della pianura).

Dal punto di vista morfologico e paleogeografico l'unità di Bulgarograsso corrisponde al più recente degli eventi Besnate. Morfologicamente è associata ad un evidente paleoalveo, profondamente incassato sia rispetto al pianalto delle Groane che alle superfici terrazzate contigue (unità di Cadorago), scavato da uno scaricatore glaciale che prendeva origine dalle morene di Vertemate. Al di fuori delle Groane l'unità concorre alla formazione del livello fondamentale della pianura.

#### Alloformazione di Cantù (LCN)

L'unità affiora nei seguenti distinti settori:

- lungo il Lura e l'Olona;
- nel settore NE della città di Milano;

- lungo il fiume Lambro Meridionale a S di Milano;
- lungo il fiume Lambro a E e SE di Milano.

Poiché non è possibile caratterizzare in modo univoco da un punto di vista litologico e pedologico i depositi del sintema e poiché ampie aree, particolarmente nel settore occidentale, nel bacino del fiume Olona, sono prive di ogni evidenza morfologica, è possibile che l'unità sia più estesa e rappresentata di quanto indicato.

In tutte le aree l'unità è costituita da depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, che si differenziano per variazioni litologiche nelle sequenze sommitali; le più importanti si osservano lungo il Fiume Lambro, a partire da Vimodrone e nelle parti meridionali di pertinenza Olona, con la comparsa sistematica di sedimenti fini di spessore metrico.

Le ghiaie sono sempre caratterizzate da supporto clastico, matrice sabbiosa o sabbioso limosa e clasti arrotondati/subarrotondati, in prevalenza centimetrici.

La petrografia differisce in funzione dei bacini di alimentazione.

Il sintema di Cantù, sulla base di studi regionali è ritenuto espressione dell'ultima glaciazione (LGM): viene pertanto attribuito al tardo Pleistocene superiore. Dal punto di vista della cronologia assoluta, datazioni <sup>14</sup>C, effettuate nell'area prealpina e di alta pianura nelle ultime decine di anni, hanno permesso di stabilire che esso inizia tra 25.000 e 20.000 anni e termina prima dei 12.000 anni BP (Würm superiore).

#### Alloformazione di Ronchetto delle Rane (LCN4)

E' rappresentata da sabbie e sabbie limose da massive a laminate; limi e limi argillosi massivi (depositi fluvioglaciali a bassa energia) con spessori da 2 a 4 m. Superficie limite superiore caratterizzata da suoli moderatamente evoluti (Alfisuoli).

L'unità affiora discontinuamente nel settore occidentale del territorio, a S di Rho e, con maggior continuità, in quello meridionale (aree ad E di Corsico) e sud-orientale (Peschiera Borromeo).

L'unità è caratterizzata da una certa variabilità litologica nell'ambito delle tessiture fini. Si distinguono:

- successioni dominate da sabbie, limi e/o da termini intermedi; massive, o, raramente, a stratificazione molto sottile e laminate;
- successioni dominate da limi e limi argillosi, prevalentemente massivi. In rari casi, le sequenze possono essere chiuse da sottili orizzonti di sabbie ghiaiose o di ghiaie fini.

Per quanto osservato e per quanto ricavato dalle carte pedologiche, gli spessori possono essere ritenuti mediamente compresi tra 2 e 3 m, con massimi segnalati di 4 m circa.

La superficie limite superiore è caratterizzata da suoli a diverso grado di evoluzione. I più diffusi sono Alfisuoli, che si sviluppano sia sulle sequenze sabbiose che su quelle fini. Nei termini più argillosi può manifestarsi una forte aggregazione e formazione di spesse pellicole sulle facce dei peds.

Il limite superiore coincide con la superficie topografica o, subordinatamente, con superfici erosionali ricoperte da depositi fluviali del sistema del Po.

Inferiormente l'unità poggia con limite netto sulle ghiaie delle unità di Minoprio e Bulgarograsso.

La definizione stratigrafica dell'unità è molto incerta. Gli aspetti principali sono i seguenti: i depositi corrispondenti sono associati alla superficie modale della pianura e non a valli fluviali o altre vie di drenaggio riconoscibili; l'articolazione delle sequenze litologiche, lo spessore e l'estensione areale dei depositi implica flussi idrici di una certa importanza; il grado evolutivo e lo spessore dei suoli sono comparabili sia con quello delle unità del supersintema di Besnate stratigraficamente più prossime, che con il sintema di Cantù.

Morfologia e paleogeografia. L'unità non dà origine a morfologie proprie, in quanto sutura le ghiaie che strutturano la pianura, livellandone parzialmente la superficie.

### Sintema del Po (Pg)

Ghiaie a supporto clastico e di matrice; sabbie, limi e limi debolmente argillosi (depositi fluviali). Superficie limite superiore caratterizzata da suoli poco evoluti.

Il sistema del Po affiora in diversi settori del Foglio e in differenti situazioni morfologiche. Si rinviene lungo le valli del fiume Olona, del Lambro Meridionale, della Vettabbia e del Lambro. Inoltre affiora sul livello modale della pianura in ristretti ambiti sia a O che a E di Milano.

I sedimenti dell'unità postglaciale sono prevalentemente di natura ghiaiosa e sabbioso-ghiaiosa. Si distinguono:

- depositi fluviali: ghiaie a matrice sabbioso limosa e sabbie ghiaiose;
- depositi di esondazione: sabbie e limi.

Il limite superiore coincide sempre con la superficie topografica. Il sintema del Po può coprire, con limite erosionale, qualunque deposito precedente.

L'unità comprende sedimenti depositi a partire dalla deglaciazione fino all'attuale.

## **3. Componente idrogeologica**

In relazione alla componebte geologica viene riproposto, senza variazioni di rilievo, la caratterizzazione degli acquiferi posti nel sottosuolo di Milano riportata nell'analogo documento del PGT 2012 frutto degli studi del Politecnico di Milano (cfr. paragrafo 3.1), in quanto sotto tale aspetto non risulta vi siano state modificazioni di rilievo nell'ultimo decennio.

Per quanto riguarda l'evoluzione storica e recente della falda freatica superficiale si riportano gli esiti derivanti dalle analisi condotte nell'ambito del presente aggiornamento del PGT (cfr. paragrafo 3.2).

### **3.1. Caratterizzazione degli acquiferi**

La geologia della pianura è particolarmente complessa; vi si possono, infatti, riconoscere diverse Unità idrogeologiche, e strutture (quali dorsali del substrato e paleolavei) la cui descrizione è necessaria per una comprensione adeguata del problema in esame.

Si ritiene opportuno esporre dapprima la struttura idrogeologica come risulta dagli studi fino ad ora pubblicati, e successivamente lo schema semplificato da essi derviente. In tutti questi studi, sono state proposte classificazioni essenzialmente analoghe, ma di difficile comprensione perché si sono utilizzate denominazioni differenti per indicare le medesime unità.

Pertanto, allo scopo di facilitare la comprensione della letteratura precedente, molto ricca di informazioni ma altrimenti non utilizzabile, vengono riportate ove possibile le varie denominazioni delle Unità così da agevolare la lettura dei documenti meno recenti.

Nella tabella 3.1 sono riportate le denominazioni delle diverse Unità secondo gli Autori che hanno trattato l'argomento.

UNITA' LITOLOGICHE (MARTINIS B. & MAZZARELLA S., 1971)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE (FRANCANI & POZZI, 1981)	UNITA' STRATIGRAFICHE (PIERI & GROPPI, 1981)	UNITA' IDROGEOLOGICHE (AVANZINI, BERETTA, , FRANCANI et Al., 1995)	GRUPPI ACQUIFERI (REGIONE LOMBARDIA & AGIP, 2002)
LITAZONA GHIAIOSO - SABBIOSA	FLUVIOGLACIALE WURM AUCT. (Dil. Recente)	ALLUVIONE	UNITA' GHIAIOSO - SABBIOSA	A
	FLUVIOGLACIALE RISS - MINDEL AUCT. (Dil. Medio - Antico)		UNITA' SABBIOSO - GHIAIOSA	B
	CEPPO AUCT		UNITA' A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI	
LITAZONA SABBIOSO - ARGILLOSA	VILLAFRANCIANO	SABBIE DI ASTI	UNITA' SABBIOSO - ARGILLOSA (facies continentali e di transizione)	C
LITAZONA ARGILLOSA			UNITA' ARGILLOSA (facies marine)	D

Tabella 1 -: Unità idrogeologiche presenti nel sottosuolo di Milano e hinterland secondo le denominazioni dei diversi Autori (Regione Lombardia & ENI – Divisione AGIP, 2002; modificata).

### Criteri che presidono alla scelta delle Unità idrogeologiche della pianura

Le motivazioni delle diverse denominazioni, ai fini di una migliore comprensione delle documentazioni tecniche e scientifiche, necessitano di una breve descrizione.

Il metodo proposto da Martinis B. e Mazzarella S., elaborato in un'epoca in cui la cartografia geologica di superficie era ancora poco nota, ricostruisce l'età delle Unità sulla base della paleontologia e micropaleontologia più profonde mentre le Unità superiori corrispondono alle Unità fluvioglaciali affioranti nella media e alta pianura lombarda; tra i depositi più recenti e quelli più antichi è riconoscibile un livello discontinuo di sedimenti fini che separa la falda libera da quella semiconfinata sottostante.

Il criterio idrostratigrafico adottato da Francani V. & Pozzi R.<sup>1</sup> assume una relazione diretta tra le caratteristiche litologiche e stratigrafiche e le proprietà idrauliche, sulla base della tradizione della cartografia idrogeologica internazionale (Castany, 1968, Margat 1962) che consente un approccio pratico alla comprensione della circolazione idrica sotterranea per la soluzione dei problemi di idrogeologia regionale.

Questo metodo consiste sostanzialmente nel seguire in profondità le Unità geologiche di superficie riportate nelle cartografie geologiche nazionali attraverso i numerosi dati ricavati dalle prospezioni geognostiche e dai pozzi per acqua.

Le denominazioni delle Unità idrogeologiche vengono quindi fatte corrispondere a quelle delle Unità di superficie.

<sup>1</sup> R. Pozzi, V. Francani, Modalità di alimentazione dell'acquifero milanese, Le strade, Ed. La Fiaccola, 1985



La Suddivisione in Unità idrogeologiche, proposta dallo studio sulle falde profonde della Provincia di Milano curato da Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. et Al.<sup>2</sup>, si basa invece sul riconoscimento di associazioni di litotipi che presentano le seguenti caratteristiche:

- analoghe condizioni di circolazione idrica sotterranea;
- rapporti comparabili di alimentazione - deflusso delle falde;
- disposizione geometricamente conforme rispetto agli altri acquiferi.

Questo criterio essenzialmente idrogeologico mette in relazione le caratteristiche litologico - stratigrafiche con le modalità di circolazione idrica e consente, rispetto ai criteri precedentemente illustrati, una maggiore razionalizzazione del modello stratigrafico del sottosuolo a vantaggio di una maggiore corrispondenza tra i livelli acquiferi e le falde presenti.

I criteri utilizzati da ENI - Divisione Agip e Regione Lombardia (2002) fanno riferimento ai risultati di un'indagine multidisciplinare, compiuta utilizzando diverse fonti di dati (stratigrafie di pozzo, linee sismiche e log elettrici); tale indagine propone un modello stratigrafico basato sul riconoscimento e la definizione di 4 Unità idrostratigrafiche, definite informalmente Gruppi Acquiferi A, B, C, D.

Il Gruppo Acquifero D, il più profondo, è costituito da una sequenza in facies negativa, o a granulometria inversamente crescente (Coarsening Upward) di età pleistocenica inferiore, caratterizzata da argilla siltosa e silt con intercalazioni di sabbia fine e finissima in strati sottili alla base, sabbia grigia fine e media nella porzione intermedia, e ghiaia poligenica alternata a sabbia nella parte alta.

La successione sedimentaria è interpretata come un sistema deposizionale di delta - conoide progradante da Nord verso Sud.

Il soprastante Gruppo Acquifero C, attribuito al Pleistocene Medio, è ripartito in due distinti cicli regressivi: il ciclo inferiore è costituito, alla base, da sedimenti marini di piattaforma, rappresentati in prevalenza da argilla siltoso - sabbiosa che passano superiormente a depositi prevalentemente sabbiosi di ambiente transizionale, la parte alta del ciclo è invece rappresentata da depositi continentali di piana alluvionale con sabbia grigia da finissima a media, laminata, alternata ad argilla siltosa e argilla palustre scura, ricca in sostanza organica. Il ciclo regressivo inferiore è interrotto da una fase trasgressiva che ha coinciso con la deposizione di facies transizionali di un sistema litorale a prevalenti sabbie finissime passanti superiormente ad argille marine di piattaforma.

La porzione basale del ciclo superiore è rappresentata da una sequenza di facies negativa di progradazione di sistemi deltizi (ambiente transizionale), con prevalente sabbia grigia fine e media in strati gradati. Segue una sedimentazione in ambiente continentale di piana alluvionale con sabbia grigia, da finissima a media, alternata ad argilla siltosa ed argilla nerastra.

Nel suo complesso il Gruppo Acquifero C corrisponde ad una fase di progradazione da Ovest verso Est dei sistemi deposizionali padani, la quale determina il rapido colmamento dei bacini profondi a sedimentazione torbida, ancora presenti nella parte orientale e Sud - orientale della Lombardia.

La notevole variabilità sedimentaria ha importanti conseguenze di natura idrogeologica; gli intervalli sabbiosi rappresentano infatti dei serbatoi caratterizzati da spessori significativi (10 - 30 m), buona continuità laterale e valori dei parametri idrogeologici (porosità e permeabilità) favorevoli allo sfruttamento idrico, mentre i livelli argillosi garantiscono una sufficiente protezione e confinamento delle falde idriche presenti.

---

<sup>2</sup> M. Avanzini, G.P. Beretta, V. Francani, M. Nespoli, Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano, CAP Milano, 1995

Il Gruppo Acquifero B è suddivisibile in due distinti cicli positivi (*fining upward*) di spessore pari a circa 20 m mentre nel ciclo inferiore prevalgono i litotipi sabbiosi, con sabbia grigia da fine a grossolana, raramente ciottolosa, massiva o laminata, in strati gradati da sottili a molto spessi.

Il ciclo superiore è caratterizzato da granulometrie più grossolane, con chiara prevalenza delle ghiaie, nelle aree più prossime alle aree alpine di alimentazione, e delle sabbie in quelle meridionali più distali.

Il limite di base del Gruppo Acquifero B coincide con una fase molto importante nell'evoluzione sedimentaria della pianura lombarda per quanto attiene a litologie, facies sedimentarie, ambienti e sistemi deposizionali e direzione degli apporti. Esso segna infatti il passaggio alla deposizione generalizzata di sedimenti grossolani, rappresentati da sabbie medio - grossolane, sabbie ciottolose e ghiaie a matrice sabbiosa.

L'ambiente di deposizione è esclusivamente continentale con sistemi deposizionali di piana alluvionale dominata da sistemi fluviali *braided* ad alta energia, caratterizzati da sedimenti sabbioso - ghiaiosi poco classati organizzati in strati molto spessi, per lo più amalgamati.

Il Gruppo Acquifero A presenta forti analogie con il sottostante Gruppo B in termini di litofacies, ambienti e sistemi deposizionali.

I depositi sono costituiti da ghiaie e ghiaie ciottolose poligeniche a matrice sabbiosa da media a molto grossolana; l'ambiente deposizionale è continentale e dominano, in particolare, le piane alluvionali con sistemi fluviali di tipo *braided*.

Ai fini della classificazione delle Unità idrogeologiche di Milano, si osserva che la classificazione della Regione Lombardia e di ENI del 2002 presenta indubbi vantaggi per il fatto di essere basata su un numero di dati molto maggior rispetto a quelle precedenti.

### **Analisi e commento della caratterizzazione degli acquiferi condotte in studi precedenti**

Il sottosuolo della pianura milanese è formato, come indicato in precedenza, da una successione di sedimenti plio-pleistocenici, costituiti nella parte basale prevalentemente da limi ed argille d'origine marina con rare sabbie e ghiaie, mentre nella parte sommitale si hanno alternanze di ghiaie, sabbie, limi ed argille di origine alluvionale e fluvio-glaciale.

### **Unità idrogeologiche**

#### *a. Unità argilloso-sabbiosa*

Questa Unità attribuita al Pleistocene inferiore (Martinis B. e Mazzarella S., 1971; Martinis B. e Robba E.<sup>3</sup>; Casati, 1986) si rinviene nei pozzi con profondità superiore ai 220-280 m nella media pianura e 130-180 m nell'alta pianura.

Si tratta prevalentemente di argille e limi di colore grigio cinereo con micro e macro fossili marini, ai quali sono subordinati livelli sabbiosi generalmente di modesto spessore.

I sedimenti della parte basale, riferiti al Pliocene - Pleistocene Inf. (Calabriano), sono rappresentati da limi e argille d'origine marina.

Dalla fine del Pleistocene Inferiore, a seguito di fasi neotettoniche legate allo spostamento verso NE dei fronti Appenninici (Regione Lombardia & ENI - Divisione AGIP, 2002) e del conseguente ritiro della linea costiera, si impostano condizioni di sedimentazione di tipo lagunare - deltizio caratterizzate da una successione di alternanze di depositi fini argilloso - limosi e più grossolani a tessitura sabbiosa.

---

<sup>3</sup> B. Martinis B., E. Robba E., **Contributo alla stratigrafia dei depositi quaternari del sottosuolo di Milano**, Rivista italiana di paleontologia, 1978

Il ritrovamento di macrofossili marini in numerose perforazioni condotte nella provincia di Milano ha permesso agli Autori di ricostruire con discreto dettaglio l'andamento del tetto dell'Unità argillosa in tutta l'area milanese, evidenziando una generale immersione dell'Unità verso Sud con inclinazione di 0.6-1.5 % ed un aumento di spessore procedendo da monte (circa 100 m nelle zone dell'alta pianura) verso valle (1000 m a Sud di Milano)<sup>4</sup>.

Unità sabbioso-argillosa (Pleistocene inferiore – Pliocene superiore, Unità C della classificazione regionale)

Questa Unità rappresenta una successione di sedimenti di origine continentale, i litotipi che caratterizzano tale Unità, spesso indicata in letteratura come "Argille Villafranchiane", sono costituiti da argille e limi di colore grigio e talora giallo, con frequenti intercalazioni di livelli torbosi più o meno continui, e di orizzonti lenticolari a tessitura sabbiosa, più raramente, ghiaiosa; questi costituiscono i livelli acquiferi con falde confinate ("terzo acquifero" di Francani V. & Pozzi R., 1981).

Nordio E.<sup>5</sup> suddivide la successione dei depositi Villafranchiani in un complesso inferiore, a carattere prevalentemente lacustre – palustre, e uno superiore di ambiente fluvio – lacustre. In linea generale si riscontra un aumento verso l'alto delle componenti granulometriche più grossolane e una contemporanea diminuzione degli spessori degli orizzonti prettamente argillosi.

Sempre secondo Nordio E., la natura del passaggio tra questa Unità e quella inferiore testimonierebbe una graduale trasformazione delle condizioni di sedimentazione da marine a transizionali, fino a continentali.

Si tratta di un'Unità formata in prevalenza da limi e limi argillosi di colore grigio meno frequentemente giallo con alternanze nella colorazione e presenza di torbe, a cui si interpongono lenti più o meno estese di sabbie, ghiaie e conglomerati che formano acquiferi con falde solitamente confinate. Sono depositi di tipo lagunare e alluvionale originatisi a seguito della fase di regressione marina.

L'Unità nei suoi livelli superiori non contiene macrofossili mentre risultano abbondanti i resti vegetali e le torbe. Nella zona della media e bassa pianura è stata definita anche come litozona-sabbioso argillosa (Martinis B. e Mazzarella S., 1971). È identificata come "terzo acquifero" nella classificazione di Pozzi R. e Francani V. del 1985<sup>6</sup>.

Il tetto di questa Unità ha un'inclinazione media verso Sud dello 0.5-0.8 % ed è caratterizzato da leggere ondulazioni solitamente di origine erosiva che vanno accentuandosi man mano che ci si avvicina alle aree pedemontane<sup>7</sup>.

Per questa ragione i limiti con l'Unità sovrastante nei settori dell'alta pianura, verso i confini settentrionali della Provincia, non sono facilmente riconoscibili per la maggiore abbondanza di materiali grossolani, tanto da non potere in alcuni casi, permettere una distinzione nella circolazione idrica delle due unità.

Le interpretazioni delle prove di pompaggio di pozzi, che captano le falde contenute nei livelli acquiferi dell'Unità in esame, indicano valori di trasmissività variabili da un minimo di  $3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  circa fino a un massimo di  $1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ .

---

<sup>4</sup> M. Avanzini, G.P. Beretta, V. Francani, M. Nespoli, **Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano**, CAP Milano, 1995

<sup>5</sup> E. Nordio E., Il sottosuolo di Milano, Comune di Milano, Servizio Acqua Potabile, 1957

<sup>6</sup> R. Pozzi, V. Francani, **Modalità di alimentazione dell'acquifero milanese**, Le strade, Ed. La Fiaccola, 1985

<sup>7</sup> M. Avanzini, G.P. Beretta, V. Francani, M. Nespoli, **Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano**, CAP Milano, 1995

b. *Unità sabbioso - ghiaiosa (Pleistocene Medio), Unità B della classificazione ENI-Regione Lombardia*

Si caratterizza per una successione di sedimenti sabbioso - ghiaiosi e sabbiosi, con frequenti intercalazioni lenticolari limoso - argillose.

Questi depositi, che costituiscono un sistema deposizionale fluviale (fluvioglaciale) tradizionalmente attribuito al Pleistocene Medio, nelle aree pedemontane e di alta pianura, affiorano in corrispondenza dei terrazzi morfologicamente più elevati, mentre più a Sud si immergono al di sotto dell'Unità ghiaioso - sabbiosa più recente, costituendo così la parte basale dell'acquifero tradizionale ("secondo acquifero" di Francani V. & Pozzi R.<sup>8</sup> che fanno coincidere questa Unità con i fluvioglaciali Mindel e Riss).

Si segnala una progressiva diminuzione granulometrica procedendo da Nord a Sud, tanto che, nel settore meridionale della Provincia di Milano, si hanno caratteri litologici simili all'Unità sabbioso - argillosa di facies continentale.

All'altezza di Milano, il limite con quest'ultima Unità si colloca ad una profondità di circa 100 m.

La portata specifica si attesta su valori compresi tra 5 e 15 l/s m mentre la trasmissività è compresa tra  $5 \times 10^{-3}$  e  $8 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s, anche se si possono avere valori più elevati in corrispondenza di paleovalvei fluviali o notevolmente più bassi laddove prevalgono le granulometrie sabbiose.

Nel settore della media pianura, al tetto di questa Unità è presente un livello limoso - argilloso, con uno spessore medio di una decina di metri circa, la cui continuità laterale determina il carattere semiconfinato della falda contenuta nella Unità sabbioso - ghiaiosa.

Alla base dell'Unità sabbioso-ghiaiosa, non è infrequente trovare una serie di livelli a conglomerati e arenarie, che alcuni Autori tendono a distinguere come una vera e propria Unità idrogeologica, che si raccorda con gli affioramenti del Ceppo Lombardo.

Essa risulta costituita da depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi caratterizzati da vari gradi di cementazione; dove presente, il cemento è sempre di tipo calcareo.

Per la sua importanza idrogeologica, essa è stata distinta da Avanzini M. e altri<sup>9</sup>, nella classificazione già descritta.

Questa Unità è facilmente riconoscibile nel settore pedemontano e dell'alta pianura in corrispondenza dei primi 50 - 100 m di profondità, dove costituisce il primo acquifero.

Perde invece la sua connotazione stratigrafica nella zona di Milano dove una diminuzione del grado di cementazione impedisce di distinguerla dagli adiacenti depositi ghiaioso - sabbiosi sciolti.

I parametri idrogeologici e la potenzialità idrica di questi depositi possono variare notevolmente in funzione del grado di cementazione e di fratturazione; si registra un valore medio di portata specifica pari a 5 - 10 l/s•m mentre la trasmissività è compresa tra  $5 \times 10^{-3}$  e  $1 \times 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.

c. *Unità ghiaioso-sabbiosa (Pleistocene superiore e Olocene, Unità A della classificazione Eni-Regione Lombardia)*

La litozona ghiaioso - sabbiosa, identificata per la prima volta da Martinis B. & Mazzarella S. (1971), si sviluppa dal piano campagna fino a una profondità di circa 40 m, è costituita da ghiaie e sabbie, talora cementate, con rare intercalazioni argillose, che vanno aumentando come continuità e spessore nella parte meridionale della città.

---

<sup>8</sup> R. Pozzi, V. Francani, **Modalità di alimentazione dell'acquifero milanese**, Le strade, Ed. La Fiaccola, 1985

<sup>9</sup> M. Avanzini, G.P. Beretta, V. Francani, M. Nespoli, **Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano**, CAP Milano, 1995

Essa corrisponde al fluvioglaciale Wurm (*Diluvium recente* Auct.) e all'Unità A della classificazione regionale.

Gli Autori successivi (Cavallin A. et al, 1983; Provincia di Milano, 1995), hanno identificato questa litozona con una successione caratterizzata dalla netta prevalenza di litotipi grossolani e dal limitato spessore e continuità laterale degli orizzonti a tessitura più fine.

L'ambiente deposizionale di questi sedimenti è del tutto analogo a quello dell'Unità ghiaioso - sabbiosa anche se cronologicamente correlabili con le ultime fasi dell'espansione glaciale quaternaria e con episodi alluvionali recenti e attuali.

Lo spessore saturo dei depositi dell'Unità ghiaioso - sabbiosa ("primo acquifero") è rilevante nella media e bassa pianura dove è contenuta la falda libera.

L'insieme degli acquiferi contenuti in questa Unità e in quella precedentemente descritta costituisce un successione di livelli permeabili che viene indicata come acquifero tradizionale.

Questa denominazione, rappresenta una semplificazione a volte eccessiva, in quanto a rigore sarebbe più corretto indicare questo sistema come multifalda; tuttavia agli effetti pratici, data la complessità geometrica dei vari livelli acquiferi, risulta conveniente trattare l'insieme come un unico monostrato acquifero.

Nell'area della media pianura i valori di trasmissività sono di circa  $2 \times 10^{-2} - 4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ; questi si mantengono relativamente elevati anche procedendo verso i settori più meridionali della Provincia di Milano, nonostante una progressiva diminuzione della granulometria, dove si riscontra una trasmissività di  $8 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ .

### Caratterizzazione idrogeologica degli acquiferi

Ai fini della gestione delle acque sotterranee, appare della massima importanza la conservazione dello stato di equilibrio del bilancio idrico, in modo che possano essere evitati interventi gestionali capaci di alterarne la funzionalità.

Si nota infatti che la stessa delimitazione delle aree di salvaguardia dei pozzi può comportare scelte nella collocazione delle opere di estrazione che possono pesantemente influire sul bilancio idrico locale.

Alla base di una corretta gestione del bilancio, è l'identificazione di un modello concettuale della circolazione idrica sotterranea basato sui dati idrogeologici conosciuti, che restituisca con chiarezza la struttura idrogeologica.

Una descrizione di tale modello concettuale è stata sintetizzata in numerosi studi regionali, a partire da quello di Pozzi R. e Francani V<sup>10</sup>, e in quello di Avanzini M. e al.<sup>11</sup> precedentemente descritti, e in altri lavori eseguiti dalla Provincia di Milano in collaborazione con il Politecnico, che hanno illustrato le modalità di circolazione e di alimentazione delle falde.

Alcune sezioni geologiche proposte illustrano la struttura dell'area studiata, permettendo di verificare le modalità di alimentazione e flusso delle acque sotterranee.

#### a. Alimentazione

Le acque si infiltrano nelle permeabili alluvioni del Pleistocene superiore e Olocene dell'alta pianura fra Adda e Ticino, in una "zona di ricarica degli acquiferi" che è oggetto di particolare attenzione da parte della Regione, in quanto la sua tutela garantisce la qualità delle acque sotterranee del Milanese. Questa "zona di ricarica" si estende dalle propaggini delle colline

---

<sup>10</sup> R. Pozzi, V. Francani, **Modalità di alimentazione dell'acquifero milanese**, Le strade, Ed. La Fiaccola, 1985

<sup>11</sup> M. Avanzini, G.P. Beretta, V. Francani, M. Nespoli, **Indagine preliminare sull'uso sostenibile delle falde profonde nella Provincia di Milano**, CAP Milano, 1995

moreniche varesine fino a comprendere tutta l'alta pianura fino a Legnano e Busto Arsizio. Ne sono esclusi i terrazzi fluvioglaciali mindeliani e rissani Auct, ricoperti da una coltre argilloso-limosa molto spessa che impedisce la ricarica degli acquiferi. Nella zona di ricarica degli acquiferi, il primo livello argilloso di separazione fra il primo acquifero e quelli più profondi, si trova generalmente a profondità compresa fra i 25 e i 40 m. Le acque di infiltrazione, provenienti anche dal Canale Villoresi e dalle acque di scorrimento superficiale provenienti dai terrazzi fluvioglaciali pleistocenici dianzi menzionati, possono quindi pervadere il primo acquifero e da questo trasferirsi a quelli inferiori.

#### *b. Zona di deflusso*

Le acque di infiltrazione si distribuiscono negli acquiferi del Milanese seguendo i corpi idrici di maggiore trasmissività, fra i quali soprattutto i paleoalvei dei fiumi Olona, Lambro e Seveso, che penetrano profondamente all'interno della città costruendo le vie preferenziali di alimentazione; rimangono quindi meno favorite dall'alimentazione le zone in cui i terrazzi fluvioglaciali di Garbagnate e Monza, costituiti dall'Unità B della classificazione regionale, sono più vicini alla superficie (direttrici V.le Espinasse – P.za Napoli e Riguarda-Porta Comasina), dove la resa dei pozzi è in effetti complessivamente minore.

Le sezioni idrogeologiche mostrano come si venga a delineare, in senso East-Ovest, una dorsale dell'Unità C, che dal F.Lambro si spinge fino al F.Adda all'altezza di Monza. Questa dorsale è determinata da un sollevamento dei depositi del Pleistocene medio ed inferiore che, anche senza raggiungere il centinaio di metri, risulta peraltro sensibilmente apprezzabile; ad esempio, si osserva che il tetto dell'Unità sabbioso-argillosa, arriva fino a poche decine di metri dalla superficie già a Nord del territorio comunale. Questa struttura, rallentando il flusso idrico verso valle con terreni di minore trasmissività, determina un certo impoverimento delle portate di falda fra Monza e il F.Adda e riduce gli afflussi verso Milano. Gli effetti di tale dorsale sulle caratteristiche idrogeologiche dell'area si manifestano in una cospicua riduzione di spessore e di estensione dei depositi più permeabili e trasmissivi, che nella parte centroccidentale della provincia ospitano le maggiori disponibilità idriche.

Questi terreni sono infatti sostituiti lateralmente, verso oriente, da depositi di minore trasmissività, di età più antica (Pleistocene medio).

La separazione tra l'acquifero freatico e quello semiconfinato comincia a delinearsi al di sotto della città di Milano, dove livelli limoso-argillosi fra i 60 e 80 m di profondità rendono più accentuata la separazione fra Unità B e A. Dalle sezioni condotte da N a S, si osserva come tale distinzione si accentui procedendo verso Sud, quindi verso la parte meridionale del comune di Milano e della Provincia, per l'aumento di spessore e di continuità dei livelli poco permeabili.

Agli effetti della qualità delle acque, questo stato di fatto determina drastiche variazioni del chimismo della falda, o comunque differenze di concentrazione paragonabili a quelle che si hanno al passaggio fra l'acquifero B e l'acquifero C della classificazione della Regione

L'esame delle sezioni geologiche eseguite in occasione dei precedenti studi consente di ricostruire l'assetto idrogeologico dell'area metropolitana.

In sintesi si osserva:

- una netta distinzione in più settori a carattere idrogeologico marcatamente differente: il settore della pianura wurmiana, immediatamente a Nord del comune di Milano, fra Parabiago e Garbagnate; il settore del terrazzo di Garbagnate; quello dei depositi alluvionali del fiume Lambro e del torrente Seveso; il terrazzo di Vimercate-Roncello, risultante dalla presenza della dorsale settentrionale ricordata in precedenza;
- la buona continuità laterale dell'acquifero freatico, che peraltro risulta contenuto in terreni a permeabilità e trasmissività differente;
- la rilevante eterogeneità dell'acquifero semiconfinato;
- l'intercomunicazione verticale fra i due acquiferi, che non sono mai nettamente separati da un aquiclude.

### **Distribuzione dei valori di trasmissività**

Per il calcolo dei valori di trasmissività sono stati utilizzati i dati riportati nelle stratigrafie dei pozzi.

Il valore del gradiente idraulico è basato sul valore medio rilevato, nell'area circostante ogni singolo pozzo, attraverso le campagne piezometriche condotte tra il 1996 e il 1998 dove il diametro del pozzo utilizzato corrisponde al valore medio dei tratti con presenza di filtri.

Nella scelta dei pozzi da utilizzarsi per queste operazioni si è fatta attenzione a selezionare esclusivamente quelli non multifalda: attraverso le sezioni stratigrafiche veniva controllato che i filtri del pozzo considerato cadessero all'interno di un solo acquifero; in questo modo è stato possibile ottenere valori di trasmissività dei singoli corpi idrici principali.

Per il calcolo dei valori di trasmissività si è fatto ricorso anche ad alcuni valori desunti da prove di pompaggio condotte da privati e da Autori precedenti.

Per una prima indicazione, si riportano i valori medi per acquifero, suddivisi in tre zone (settentrionale, centrale e meridionale); in questa suddivisione, la zona centrale corrisponde alla fascia dei fontanili. Si avrà modo successivamente di rilevare che in realtà i valori della trasmissività, nei diversi punti dell'area di indagine, variano in modo più marcato.

### **Gli acquiferi A e B**

Nell'area d'indagine è presente un numero elevato di pozzi pubblici a servizio dell'acquedotto con profondità superiore ai 70 m, che prelevano acque sia da A sia da B, è stato possibile calcolare numerosi valori di trasmissività, ottenendo una carta d'interpolazione che soddisfacesse le necessità di una modellazione matematica del flusso idrico sotterraneo.

I valori variano nell'area Milanese in un intorno di  $2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ .

I valori di trasmissività decrescono in senso N-S, e questo trend è tutt'altro che regolare e a piccola scala sono individuabili diverse eccezioni che nei casi isolati possono essere imputate a particolari condizioni di efficienza del pozzo o a errori nelle prova di collaudo.

### **L'acquifero C**

Il numero di dati che è stato possibile raccogliere per l'acquifero C è notevolmente ridotto rispetto a quelli riguardanti l'acquifero TR: raramente i pozzi a disposizione presentavano filtri esclusivamente in questo corpo idrico. Sono stati così ottenuti 29 dati che a seconda dei casi riguardano esclusivamente i corpi idrici C1/C2, C3/C4 o l'acquifero C nel suo complesso.

In quest'ultimo caso dal valore di trasmissività è stata ricavata la permeabilità in funzione dello spessore complessivo dell'acquifero C, e da questa poi il presunto valore di trasmissività. Si può notare come generalmente la trasmissività dei livelli permeabili in questo corpo idrico sia fortemente influenzata dalla qualità del dato a disposizione. Nella parte più superficiale dell'acquifero C la trasmissività media è pari a  $1,1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  contro la media di  $8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  riscontrati nella parte basale.

Si tratta di una differenza imputabile allo spessore delle sabbie che costituiscono i livelli permeabili rispetto a quelli sottostanti (Avanzini M., op.ct., 1995).

### **Analisi conclusive sull'assetto della struttura idrogeologica**

Tra le diverse osservazioni che si possono fare esaminando le sezioni geologiche si nota come le aree favorevoli allo sfruttamento delle riserve idriche siano di rilevante estensione (almeno due terzi della città).

I prelievi sono ormai di una tale entità che non esistono ulteriori risorse sfruttabili: quelle esistenti si concentrano negli orizzonti più permeabili del settore centro-orientale (limitati nell'area Parco Sempione-Duomo, da un potente banco sabbioso che sostituisce le ghiaie del primo acquifero) e settentrionale.

In questi due settori, infatti, gli acquiferi hanno la migliore resa con il minimo abbassamento, inducendo in passato alla costruzione di impianti a grande diametro (pozzi radiali) lungo la fascia orientale della città.

Nel settore occidentale, nel primo acquifero si interpongono frequenti lenti di argilla di scarsa continuità ma di elevato spessore complessivo (fino a 30 m nell'impianto di piazza Accursio, che raggiunge solo 100 m di profondità), riducendo molto la resa dei pozzi. In conclusione, possiamo restringere l'area più valida per ulteriori prospezioni alla periferia Nord della città e alla periferia orientale, fra circonvallazione esterna e tangenziale Est (inquinamenti a parte).

Appare evidente che gli acquiferi di Milano sfruttabili ai fini acquedottistici (in sintesi: la parte inferiore dell'acquifero A e l'acquifero B, parte dell'acquifero C) hanno esaurito le loro possibilità di sfruttamento per molti fattori (eccesso di prelievi, inquinamenti): è necessario predisporre studi atti ad individuare la zona destinata ai prelievi.

In effetti il solo Acquedotto civico estrae, da una superficie di soli 100 km<sup>2</sup>, e da acquiferi di soli 50 metri di spessore in media, come evidenziato dalle sezioni, con una porosità efficace del 15 % circa, oltre 300 milioni di m<sup>3</sup>/s, pari a 11 m<sup>3</sup>/s.

Tale cifra aumenta di almeno un terzo considerando industrie e privati, arrivando a poco meno di 15 m<sup>3</sup>/s nel solo comune di Milano.

Vengono qui di seguito riportate, ad illustrazione e completamento di quanto detto sopra, alcune sezioni idrogeologiche pubblicate dalla Provincia di Milano relative al territorio del Comune di Milano (Figura 2÷ Figura 7).

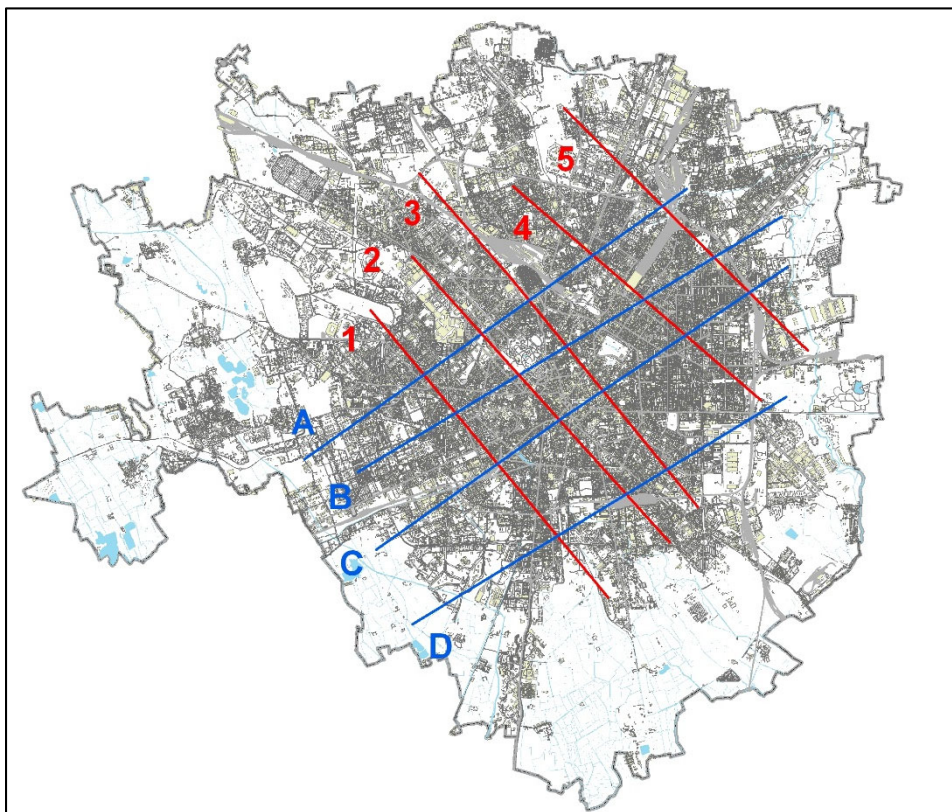


Figura 2: Ubicazione delle sezioni rappresentative dell'acquifero milanese.

Le sezioni rappresentative degli acquiferi sopra descritti sono riportate nelle figure seguenti (Figure 3 ÷ 7).



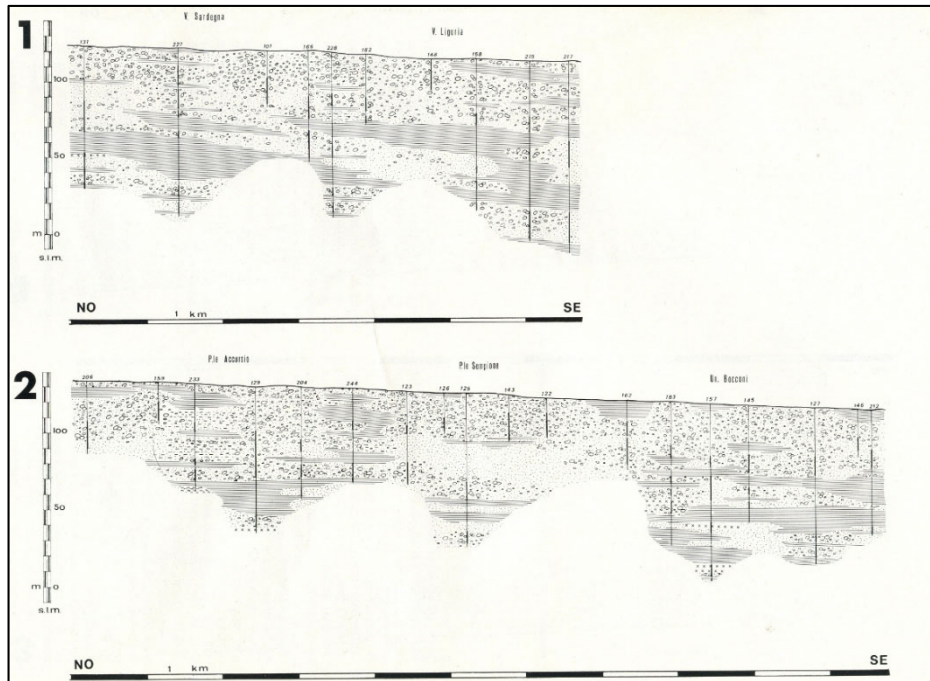


Figura 3: Sezioni rappresentative dell'acquifero milanese aventi direzione NO-SE

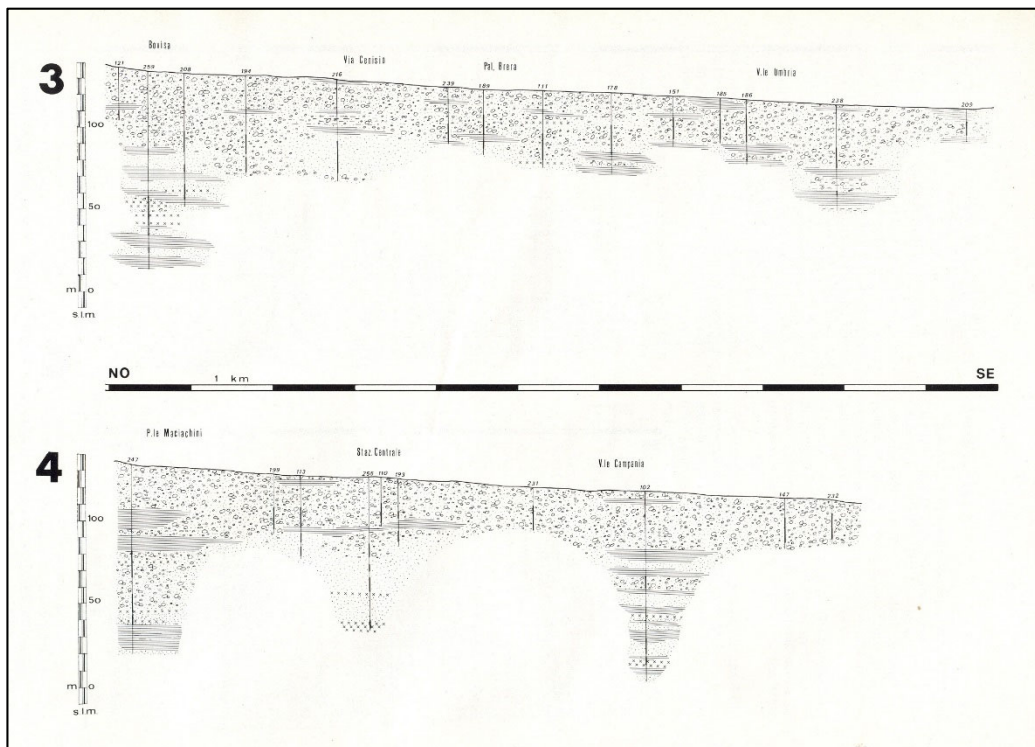


Figura 4: Sezioni rappresentative dell'acquifero milanese aventi direzione NO-SE

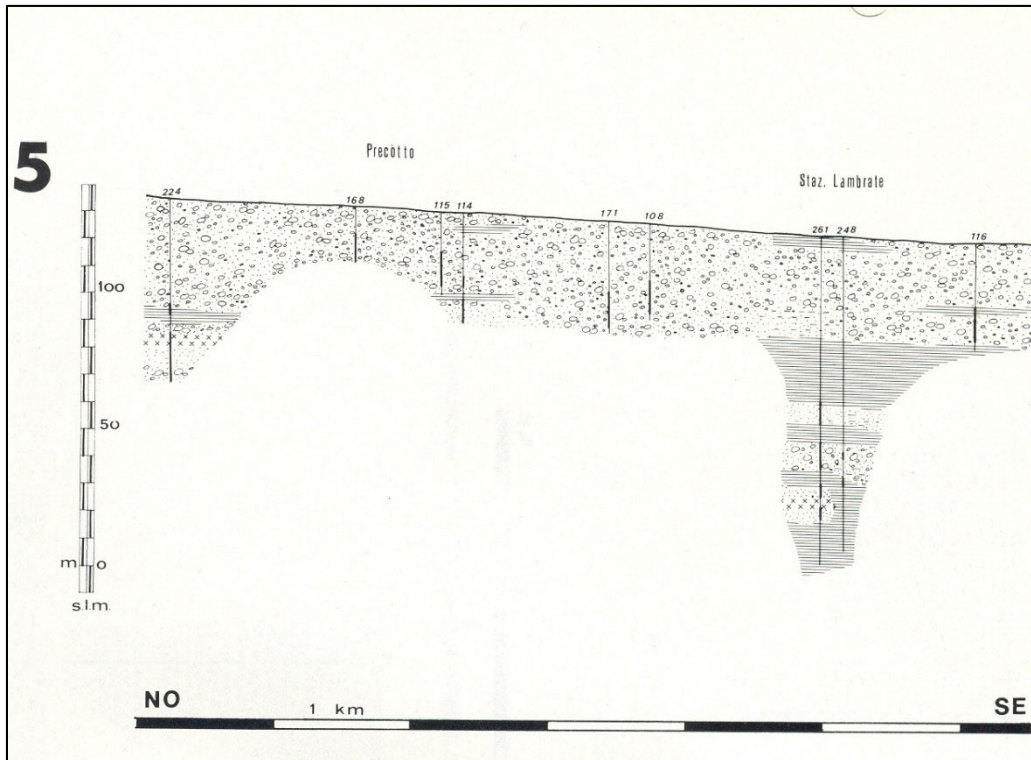


Figura 5: Sezioni rappresentative dell'acquifero milanese aventi direzione NO-SE

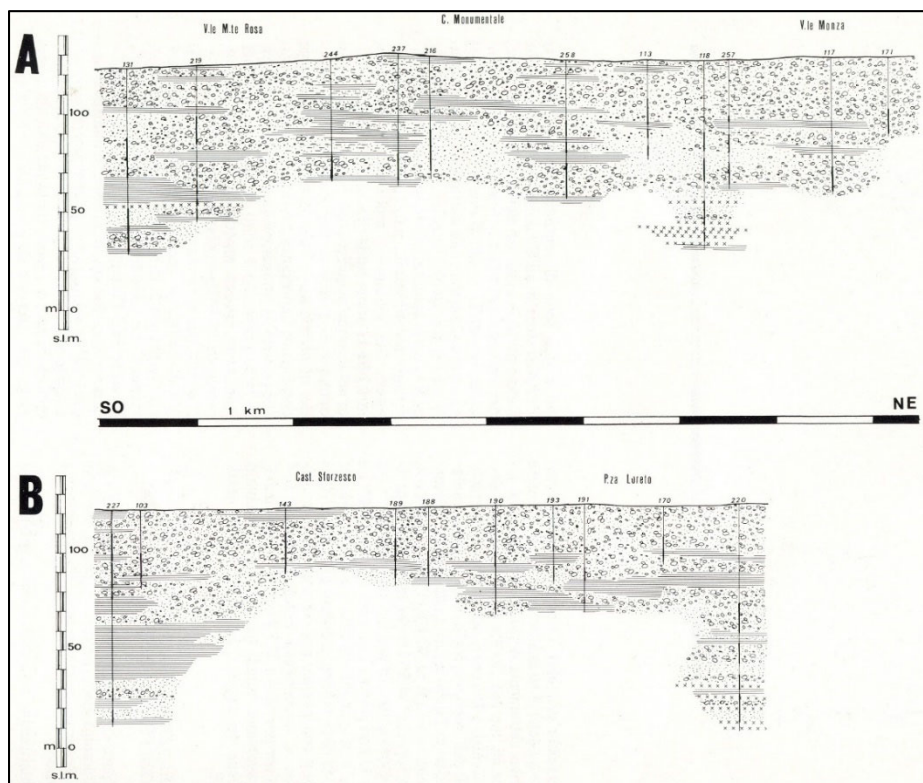


Figura 6: Sezioni rappresentative dell'acquifero milanese aventi direzione SO-NE

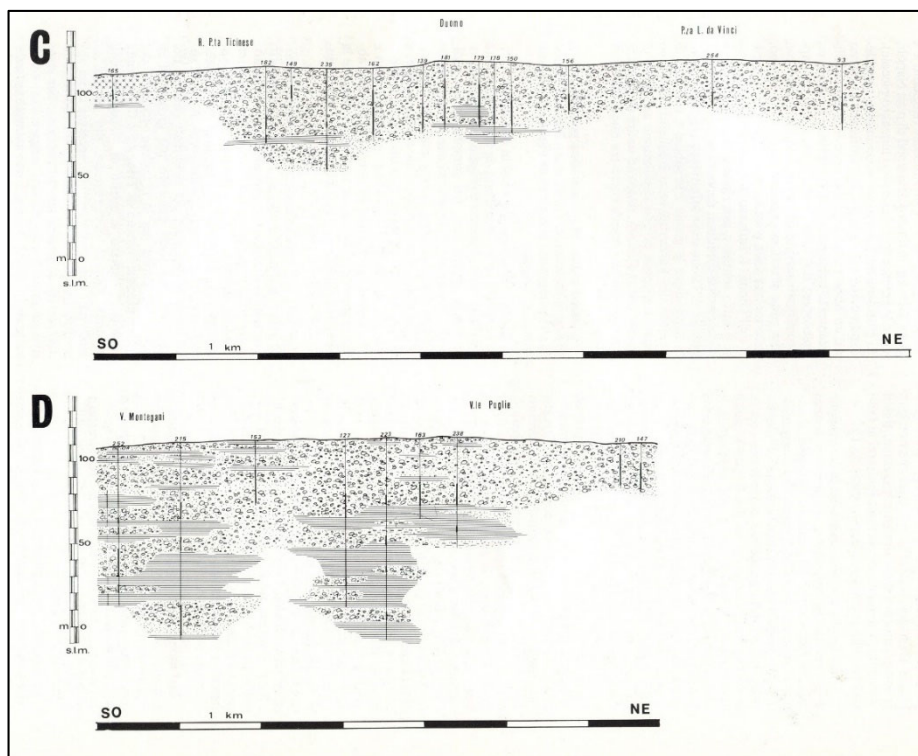


Figura 7: Sezioni rappresentative dell'acquifero milanese aventi direzione SO-NE

### 3.2. Analisi dell'evoluzione del livello piezometrico della falda superficiale

Come noto i livelli idrici nell'acquifero superficiale dell'area milanese hanno subito notevoli variazioni a partire dal primo dopoguerra fino ai giorni nostri.

In particolare, riprendendo tra le pubblicazioni più recenti la comunicazione presentata da F. Marelli e L. Scesi in occasione del workshop *"L'acqua e l'ingegneria: oggi e domani"* del 22 marzo 2016<sup>12</sup>, sono riconoscibili le seguenti fasi evolutive.

- Fino agli anni '50 la falda milanese si trovava in condizioni simili a quelle naturali, con soggiacenza a pochi metri dal piano campagna.
- Dal 1955 al 1970, in occasione del boom economico, l'aumento dei consumi legato alla realizzazione dei grandi poli industriali e all'aumento della popolazione porta ad un abbassamento della falda di circa 15 m.
- Dal 1970 al 1990 il livello rimane sostanzialmente costante.
- A partire dagli anni '90 con la chiusura dei poli industriali e lo spostamento di parte dei residenti in provincia, il consumo dell'acqua in città diminuisce con conseguente innalzamento del livello di falda.

<sup>12</sup> F. MARELLI & S. SCESI (2016). "L'acqua di Milano: falde e interferenza con le infrastrutture". Workshop "L'acqua e l'ingegneria: oggi e domani" del 22 marzo 2016. Politecnico di Milano.

[http://www.dica.polimi.it/fileadmin/file/h2o/Workshop/GMA\\_Scesi.pdf](http://www.dica.polimi.it/fileadmin/file/h2o/Workshop/GMA_Scesi.pdf)

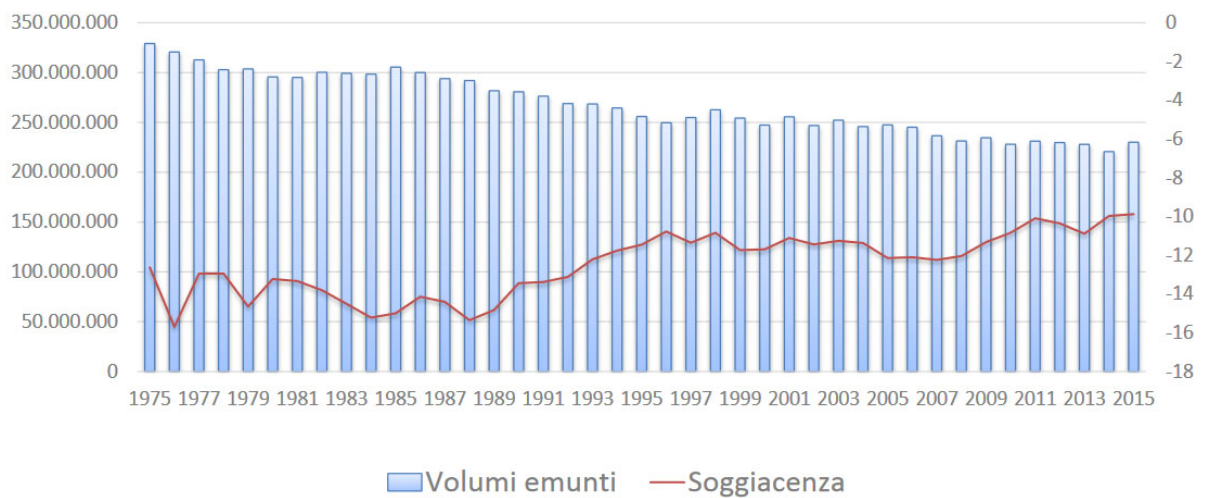


Figura 8 – Andamento della soggiacenza media della falda a Milano in relazione con la riduzione dei consumi idrici  
(da F. MARELLI & S. SCESI - 2016)

La figura 8, tratta dallo studio sopra citato, riporta l'andamento della soggiacenza media in relazione alla riduzione dei consumi idrici.

Pertanto, allo scopo di verificare l'andamento e l'evoluzione della soggiacenza della falda nel periodo odierno, sono stati acquisiti da MM SpA i risultati del monitoraggio presso i piezometri da tale società gestiti all'interno del territorio milanese. In tutto si tratta di una rete di circa 400 punti, dai quali tuttavia è stata fatta una cernita in modo da acquisire un campione rappresentativo della condizione attuale. Tenendo conto che, a seconda dei punti di monitoraggio, le misurazioni vengono effettuate a cadenza mensile o trimestrale, è stato preso in considerazione l'ultimo decennio, ovvero il periodo 2009-2018, e all'interno di tale intervallo temporale i soli punti su cui sono state effettuate almeno 20 misure (quindi mediamente almeno due all'anno), in modo da avere un campione statisticamente significativo.

In tal modo il numero di piezometri disponibili si è ridotto a 106 punti di osservazione, un numero comunque più che sufficiente per la caratterizzazione dell'andamento del livello piezometrico dell'acquifero superficiale. Non sono note con esattezza le caratteristiche dei singoli piezometri, tuttavia, come visto sopra (cfr. paragrafo precedente) il complesso multifalda milanese è strettamente collegato, per cui il livello piezometrico, almeno nei due complessi superficiali, è generalmente in equilibrio. Non sono viceversa stati utilizzati i livelli registrati presso i pozzi, sia in relazione alla difficoltà di interpretazione degli stessi in presenza di pompaggio nel sito di misura o in captazioni limitrofe, sia in quanto tale scelta avrebbe comportato il rischio di sottostimare i livelli idrici al di fuori dei campi pozzi.

Come valore di riferimento per le elaborazioni è stato considerato quello massimo, scelto tra il massimo assoluto tra i valori misurati negli ultimi dieci anni e la media dei valori massimi annuali registrati nello stesso periodo incrementato della variazione presumibile del livello piezometrico in un arco di 10 anni. In pratica, quest'ultimo valore corrisponde ad una proiezione dei valori massimi misurati fra 5 anni, ovvero pari al periodo di validità del PGT. Al fine del calcolo della suddetta variazione è stato definito il gradiente medio annuo sui singoli punti di misura.

La metodologia proposta può apparire eccessivamente cautelativa, occorre tuttavia ricordare che i valori utilizzati non corrispondono al massimo assoluto, in quanto non vi sono punti di monitoraggio in cui si ha la registrazione in continuo del livello piezometrico, ma si tratta di massimi relativi a un numero di misure limitato (da 12 a 4 per anno a seconda dei casi, a meno delle letture non effettuate per problemi logistici e strumentali).

Nella Carta Idrogeologica sono rappresentati le isofreatiche della falda superficiale, le classi di soggiacenza, i fontanili attivi, in secca permanente e storici, nonché l'ubicazione dei piezometri utilizzati per le elaborazioni.

Nel complesso viene confermato l'andamento storico del deflusso, da Nord-Ovest verso Sud-Est, così come risulta molto evidente il cono di depressione determinato dai pompaggi effettuati nell'area del centro storico. In particolare il centro di tale struttura cade nell'area compresa tra via S. Sofia, corso Porta Romana e corso Italia, quindi leggermente a Sud del Duomo. Il cono di depressione è per altro apparentemente deformato dalla presenza della Darsena e del cavo Redefossi che con ogni probabilità alimentano l'acquifero superficiale. Nel complesso si è preferito conservare le irregolarità della superficie descritte dai dati di misura, in quanto è evidente che, soprattutto nell'area centrale, si hanno forti deformazioni della suddetta superficie determinate sia dalla presenza dei pompaggi sia dagli apporti del reticolo idrografico superficiale. Il gradiente idraulico si riduce notevolmente passando da poco meno dell'1% dei confini meridionali allo 0,2% delle aree meridionali a valle del centro storico. Si intende che questa condizione è uno dei fattori che ha favorito la formazione di risorgive nell'area Milanese.

In relazione alla soggiacenza si osserva un'ampia fascia a ferro di cavallo che segue i confini occidentali, meridionali e orientali del comune ove la fascia di oscillazione del livello piezometrico è a una profondità inferiore a 5 m. In particolare il livello idrico appare particolarmente superficiale nel settore di Muggiano, ove i livelli sono prossimi a quelli ottocenteschi e dove quindi si concentrano quasi tutti i fontanili attualmente attivi. Altre modeste aree di risorgenza sono presenti lungo il Lambro e nell'area di Pero. Nell'area del centro storico e in tutto il settore settentrionale verso Bresso e Sesto San Giovanni la soggiacenza è sempre superiore a 10 m, con valori che spesso salgono a 15 m e in particolare nella zona del Duomo arrivano a 16-17 m.

La Figura 9 riporta l'andamento del gradiente medio annuo di evoluzione della falda. Si intende che valori positivi indicano una riduzione della soggiacenza ovvero una risalita del livello piezometrico. Si nota che la massima velocità di risalita si ha nell'area Nord, dove viceversa la soggiacenza è generalmente maggiore. Ove invece la falda è più superficiale per lo più i livelli sono stabilizzati.

Fanno eccezione l'area Expo, in cui si ha un gradiente relativamente elevato pur in presenza di un livello idrico abbastanza superficiale, ma probabilmente il processo di risalita ha raggiunto ora i suoi limiti fisiologici, e il centro storico ove il livello è stabile pur con soggiacenza elevata, ma in questo caso è probabile che la risalita sia contrastata dalla presenza di numerosi sistemi di pompaggio.

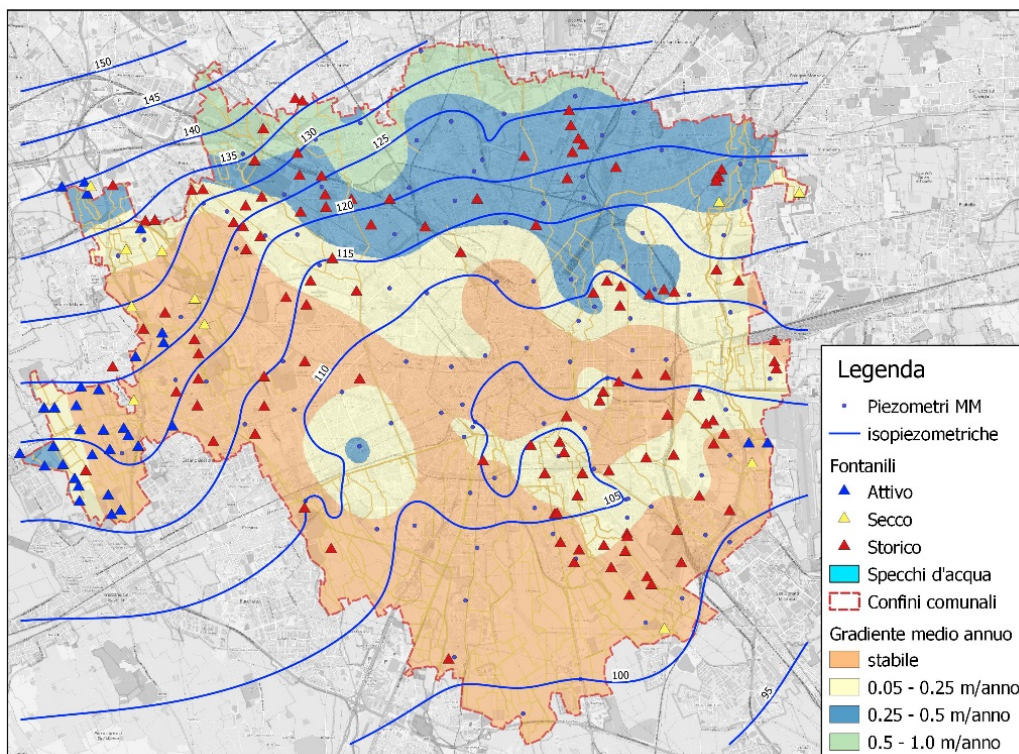


Figura 9 – Gradiente medio annuo di risalita della falda nel comune di Milano

Si osserva, inoltre, che la distribuzione dei fontanili “storici”, ovvero quelli che non solo non sono più attivi ma per i quali è stata interrata la testa, dimostra che almeno fino alla fine dell’800 la falda freatica doveva essere superficiale un po’ in tutto il territorio Milanese. Allora la rete di canali e fontanili svolgeva probabilmente anche una funzione di bonifica, ovvero impediva la risalita della falda fino alla superficie.

Allo stato attuale, se da un lato l’assenza quasi totale di un reticolo idrografico superficiale nell’area Nord, di fatto obliterato dall’urbanizzazione del ‘900, ha ridotto di molto l’alimentazione locale della falda e quindi la sua velocità di recupero, dall’altro l’assenza odierna di canali e fontanili fa sì che in teoria non vi siano più vincoli fisici alla risalita delle acque sotterranee fino alla superficie. In pratica il reticolo idrografico con le annesse teste di fontanili costituiva una sorta di struttura di regolarizzazione del livello di falda, che risultava così sufficientemente superficiale da poter essere sfruttato senza necessità di sistemi di pompaggio, ma che nel contempo non poteva salire oltre un certo livello a causa del drenaggio del reticolo idrografico stesso. Si intende che, soprattutto se vi sarà una ulteriore riduzione dei prelievi, è probabile che anche nel settore settentrionale il livello piezometrico si avvicini alla superficie; tuttavia nella condizione attuale non esiste più un reticolo idrografico diffuso in grado da un lato di contenere la risalita, dall’altro di fungere da recettore degli scarichi di eventuali impianti di pompaggio.

Va comunque osservato ribadito che alla velocità attuale il processo è ancora in una fase relativamente iniziale e quindi si dovrebbe avere a disposizione un lasso di tempo relativamente lungo per monitorare il fenomeno e quindi pianificare eventuali interventi.

Sempre nella Carta Idrogeologica sono stati inseriti altresì i seguenti tematismi.

- Specchi d’acqua connessi con la falda ovvero non connessi e quindi sospesi rispetto all’acquifero. I primi hanno un rapporto diretto con l’acquifero superficiale in termini di drenaggio e alimentazione, si tratta per lo più di laghi di cava, mentre i secondi sono alimentati dal reticolo idrografico superficiale e spesso impermeabilizzati per ridurre le perdite (per lo più bacini artificiali nelle aree a verde).

- Aree umide ovvero aree di interesse naturalistico di tipo palustre, quindi con possibilità di secche temporanee ma, nel caso di Milano, di origine artificiale ovvero senza una connessione dirette con la falda.
- Aree paludose ove si ha la risalita temporanea in superficie della falda. Nel caso specifico si tratta per lo più di aree di scavo abbandonate, spinte fino alla fascia di oscillazione del livello piezometrico, senza quindi la formazione di bacini stabili come nei numerosi laghi di cava, ma con formazione di pozze stagionali.

## 4. Componente sismica

### 4.1. Premessa e riferimenti normativi

Vengono di seguito descritte le attività di analisi e di studio condotte ai fini dell'aggiornamento della componente sismica del PGT del Comune di Milano.

La metodologia seguita è pienamente coerente con i contenuti della D.G.R. 30 novembre 2011 - n. IX/2616: "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 maggio 2008, n. 8/7374.

Per quanto riguarda l'analisi della pericolosità sismica e con riferimento alle caratteristiche del territorio in esame assume rilevanza la valutazione degli effetti di sito o di amplificazione sismica locale.

Tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

- Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:
- effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura;
- effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.

Lo studio della pericolosità sismica locale prevede tre livelli di approfondimento, in funzione della zona sismica di appartenenza e degli scenari di pericolosità sismica locale individuati.

**1° livello:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale (e lineare per gli scenari Z3a, Z3b e Z5) delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5 della D.G.R. IX/2616 (Figura 11), in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

**2° livello:** caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Il Comune di Milano è stato Classificato in Zona Sismica 3 e pertanto è tenuto a sviluppare anche gli approfondimenti di II° livello.

Per quanto riguarda il terzo livello di approfondimento deve essere evidenziato che esso è da sviluppare in fase progettuale.

## 4.2. Procedura di valutazione

La Procedura di valutazione per i diversi livelli di approfondimento è definita dal seguente diagramma di flusso:

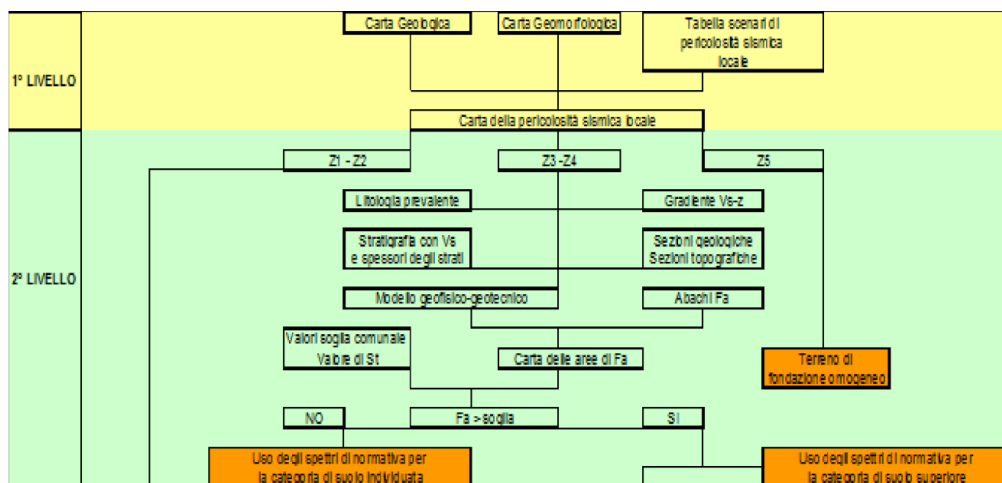


Figura 10 - Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei livelli di indagine



### Primo livello di approfondimento

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti (a scala 1:10.000 e 1:2.000) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovra-consolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali ecc.).

Perciò, salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito degli studi di 1° livello non sono necessarie nuove indagini geotecniche.

Lo studio consiste nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di un'apposita cartografia a scala 1:10.000 – 1:2.000 rappresentata dalla:

- carta geologica con le relative sezioni, in cui viene rappresentato il modello geologico e tettonico dell'area, le formazioni, le discontinuità e i lineamenti tettonici in essa presenti;
- carta geomorfologica, in cui vengono distinte le varie forme e i processi (dinamica dei versanti, dinamica fluviale, etc.) in atto, quiescenti o relitti presenti nell'area in esame;
- carta della pericolosità sismica locale (PSL), derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle situazioni tipo Z1, Z2, Z4 e gli elementi lineari delle situazioni tipo Z3, Z5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (Figura 11).

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide dellizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Figura 11 - Scenari di pericolosità sismica locale - Tabella 1 allegato 5 della DGR IX/2616

Nel territorio in esame assumono rilevanza gli scenari di pericolosità sismica locale classificati con le sigle Z2, e Z4.

### Secondo livello di approfondimento

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). La procedura consiste in un approccio di tipo semi-quantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa.

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale.

In particolare l'intervallo tra 0,1-0,5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5-1,5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (soglie\_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di Fa con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di +0,1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
  - \* anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
  - \* anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
  - \* anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.
  - \* Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

### 4.3. Primo livello di approfondimento

#### Procedura di riferimento

La DGR IX/2616 definisce in dettaglio le procedure specifiche da seguire per lo sviluppo dello studio di primo livello che, come già ricordato, è finalizzato alla definizione degli scenari di pericolosità sismica locale.

Lo studio consiste nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di un'apposita cartografia a scala 1:10.000 – 1:2.000 rappresentata dalla:

- carta geologica con le relative sezioni, in cui viene rappresentato il modello geologico e tettonico dell'area, le formazioni, le discontinuità e i lineamenti tettonici in essa presenti;
- carta geomorfologica, in cui vengono distinte le varie forme e i processi (dinamica dei versanti, dinamica fluviale, etc.) in atto, quiescenti o relitti presenti nell'area in esame;
- carta della pericolosità sismica locale (PSL), derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle situazioni tipo Z1, Z2, Z4 e gli elementi lineari delle situazioni tipo Z3, Z5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (Figura 11).

#### Carta Geologica

La carta geologica è stata realizzata sulla base delle informazioni contenute nel Foglio n. 118 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Come già ricordato, il Foglio è stato realizzato nell'ambito del Progetto CARG (Legge 226/1999) e la sua recente pubblicazione permette di considerare questo riferimento bibliografico come la sintesi più completa ed aggiornata delle conoscenze geologiche disponibile attualmente.

La carta è stata elaborata alla scala 1:10.000 sulla base della carta tecnica regionale e in essa trovano rappresentazione sia le unità stratigrafiche sia le litologie prevalenti in superficie, nonché l'idrografia e gli elementi antropici principali. I contenuti della legenda sono riportati in Figura 12.



Figura 12 - Legenda della carta geologica alla scala 1:10.000

La rappresentazione planimetrica degli affioramenti delle unità stratigrafiche, unitamente alle caratteristiche dei rapporti stratigrafici hanno permesso di tracciare, sia in senso longitudinale che trasversale all'orientazione del drenaggio naturale, un totale di 10 sezioni stratigrafiche, di supporto all'interpretazione del modello geologico e sismico del sottosuolo.

#### Sezioni geologiche

Sono state interpretate un totale di 10 sezioni stratigrafiche del territorio milanese orientate sia in senso longitudinale che trasversale alla direzione di drenaggio prevalente.

Le sezioni sono state definite utilizzando sia le informazioni riportate nella carta geologica sopra descritta, sia le informazioni stratigrafiche contenute nella Banca dati geologica sottosuolo.

La “Banca dati geologica sottosuolo” pubblicata all’interno del portale cartografico regionale, permette di visualizzare quota, profondità e stratigrafia di pozzi ed indagini geognostiche realizzati sul territorio lombardo.

Integrando le informazioni di superficie con quelle relative al sottosuolo è stato pertanto possibile definire i profili interpretativi riportati nelle 3 tavole denominate “Sezioni geologiche”.

I profili descrivono l’assetto ed i rapporti stratigrafici tra le unità appartenenti ai supersistemi Lombardo superiore, Lombardo inferiore e Padano individuando e distinguendo al loro interno le caratteristiche granulometriche predominanti, secondo lo schema indicato in legenda (Figura 13).

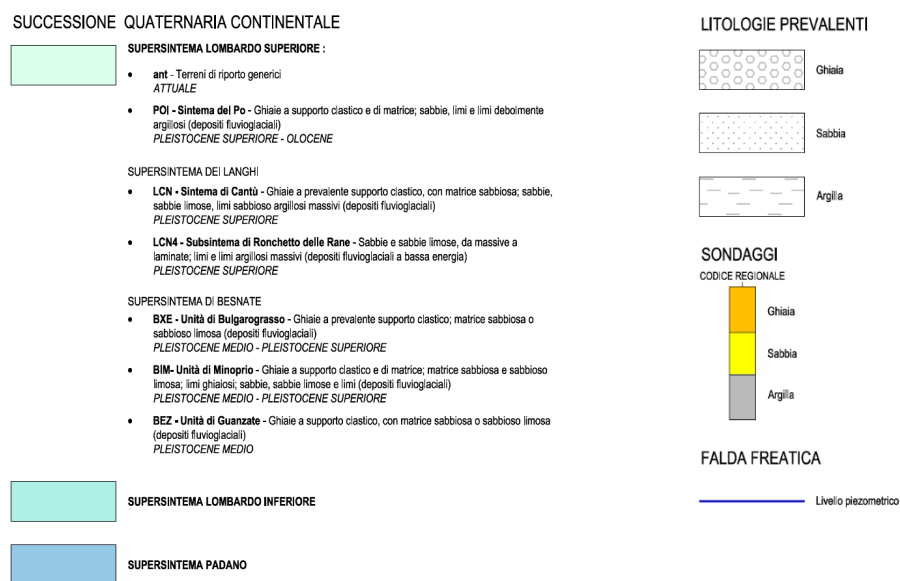


Figura 13 - Legenda Sezioni geologiche interpretative

Complessivamente l’assetto stratigrafico mostra una sostanziale omogeneità sul territorio milanese per quanto riguarda le geometrie dei corpi sedimentari appartenenti alle diverse unità.

Unica eccezione rilevabile è legata al progressivo ispessimento delle unità più recenti verso sud ed una altrettanto progressiva riduzione delle granulometrie procedendo nello stesso senso.

L’unità del Supersistema Lombardo Superiore a differenza delle unità sottostanti risulta costituita essenzialmente da corpi ghiaiosi e sabbiosi all’interno dei quali i livelli a granulometria fine limosi ed argillosi rappresentano sottili intercalazioni.

### Carta geomorfologica

Come già ricordato, scopo principale della carta geomorfologica è quello di individuare i settori del territorio caratterizzati da elementi del rilievo in grado di determinare effetti instabilizzanti in conseguenza dello sviluppo di energia sismica.

Il territorio in esame, caratterizzato da una energia di rilievo estremamente bassa, non manifesta le tradizionali forme di dissesto gravitativo come le frane e non presenta al contempo pendenze della superficie topografica né tantomeno forme come creste o scarpate in grado di determinare amplificazioni del moto sismico. L’indagine si è pertanto concentrata

nell'individuazione di eventuali microforme come scarpate o cumuli significativi dal punto di vista della microzonazione sismica.

Di interesse ai fini della descrizione geomorfologica del territorio risultano inoltre le forme fluviali relitte ancora visibili o interpretabili sulla superficie della pianura, dal momento che esse, oltre a risultare sede di deflusso in caso di esondazione, possono presentare riempimenti sedimentari con caratteristiche granulometriche e di addensamento molto diverse dal substrato.

L'indagine ha inoltre riguardato la descrizione di dettaglio dell'altimetria attraverso l'elaborazione del dtm pubblicato dal portale cartografico regionale ed il tracciamento delle curve di livello.

La legenda della Carta Geomorfologica è riportata nella seguente Figura 14.

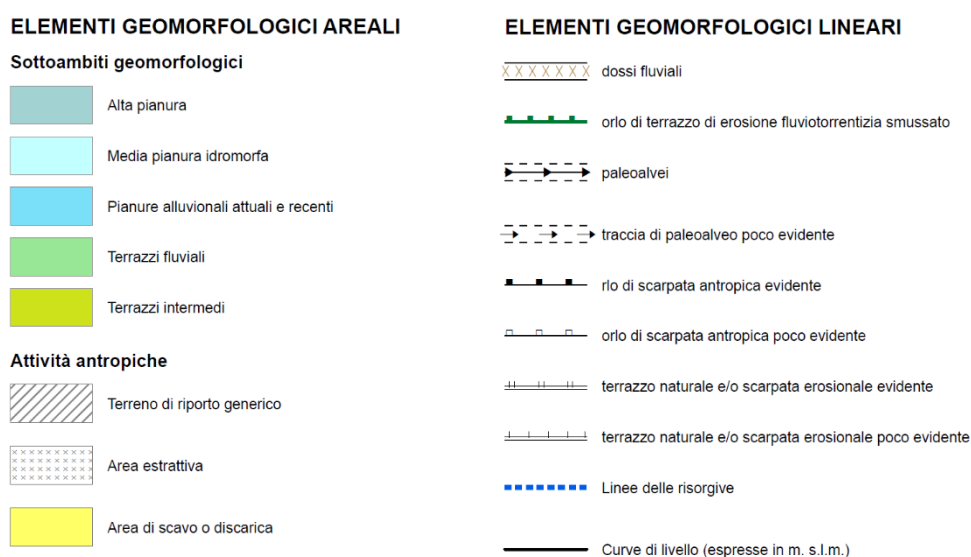


Figura 14 - Legenda della carta geomorfologica alla scala 1:10.000

### Pericolosità da liquefazione

Ai fini dello studio del pericolo di liquefazione risultano determinanti sia le caratteristiche stratigrafiche che sismiche ed idrogeologiche del territorio, così come indicato dalle Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018).

Le NTC 2018, infatti, definiscono le condizioni che determinano il fenomeno della liquefazione individuando, nel contempo, anche i criteri che permettono di escludere il fenomeno stesso anche in assenza di verifiche specifiche.

La liquefazione rappresenta lo stato raggiunto da terreni sabbiosi sciolti saturi quando perdono la loro resistenza al taglio come conseguenza di un incremento delle pressioni interstiziali. Tali fenomeni possono verificare grandi deformazioni del terreno, comportando danni sia lievi che catastrofici.

Secondo le NTC18 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove

penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

- distribuzione granulometrica esterna a fusi prestabiliti.

Nell'ambito del presente studio la valutazione della pericolosità da liquefazione è stata condotta verificando in primo luogo la presenza di strati a granulometria prevalentemente sabbiosa nel primo sottosuolo e determinando l'entità della loro interferenza con la falda freatica, in rapporto all'intensità delle sollecitazioni sismiche in termini di accelerazione massima in superficie.

### **Analisi stratigrafica**

Le informazioni contenute nella banca dati stratigrafica regionale sono state analizzate allo scopo di verificare la presenza di livelli sabbiosi negli strati più superficiali del terreno interessati anche dalla presenza della falda.

Sono stati analizzati i dati relativi ai 2.134 sondaggi riguardanti il territorio comunale di Milano ed in particolare ai 24.435 strati presenti al loro interno per l'individuazione delle granulometrie prevalentemente sabbiose.

Le operazioni di selezione delle informazioni sono state condotte seguendo i seguenti criteri (implementati in MS Access):

- litologia prevalente sabbiosa,
- profondità dello strato inferiore a 20 metri dalla superficie (per tenere in considerazione gli effetti su edifici con fondazioni profonde)
- interferenza dello strato con la falda freatica.

Per ciascun sondaggio è stato quindi possibile valutare l'esatto spessore dei terreni sabbiosi interessati dalla falda rendendo possibile anche la valutazione dello spessore cumulato per ciascun sondaggio.

Il database di accesso utilizzato per l'analisi stratigrafica ha permesso inoltre di elaborare un rapporto completo dell'analisi effettuata, all'interno del quale possono essere consultate, per ciascun punto rappresentato in carta, le caratteristiche costitutive e gli spessori degli strati selezionati. Il rapporto di analisi è consultabile nell'elaborato "Analisi stratigrafica - Note esplicative e database sondaggi".

Il risultato dell'elaborazione, rappresentato nella "Carta degli spessori di sabbie in falda" evidenzia come l'intero territorio comunale sia interessato dalla presenza di livelli sabbiosi, anche se sono osservabili maggiori livelli di concentrazione in alcune zone.

Rispetto ad un totale di 2.134 punti di sondaggio, 904 sono risultati interessati dalla presenza di sabbie in falda con spessori compresi tra un minimo di poco più di 2 centimetri ed un massimo di oltre 16 metri.

Da un punto di vista generale si evidenziano una maggiore concentrazione e spessori più consistenti di sabbie in corrispondenza della fascia di territorio più meridionale ed in quelle periferiche orientali ed occidentali, mentre la zona centrale di Milano, complice anche la maggiore soggiacenza della falda, risulta meno caratterizzata dalla presenza di sabbie in falda. Il territorio nel suo complesso non risulta pertanto caratterizzato da zone in cui il fenomeno della liquefazione, almeno dal punto di vista della presenza di sabbie sature, possa essere escluso poiché la litologia sabbiosa risulta in ogni caso largamente rappresentata.

### **Soggiacenza della falda**

L'analisi della soggiacenza della falda in corrispondenza dei punti di monitoraggio della rete freaticometrica presente nel sottosuolo di Milano ha permesso di effettuare una mappatura di dettaglio dei valori di profondità, estesa all'intero territorio. La Carta della Soggiacenza alla scala 1:20.000 rappresenta il risultato delle elaborazioni finalizzate alla individuazione delle aree del territorio caratterizzate dalla potenziale presenza di terreni sabbiosi saturi nella fascia di profondità in cui il fenomeno della liquefazione può avere luogo.

La carta evidenzia come nell'intero territorio comunale l'unica zona in cui la falda presenta una soggiacenza superiore ai 15 metri dalla superficie (valore soglia oltre al quale i criteri

introdotti dalle NTC 2018 escludono il verificarsi del fenomeno della liquefazione) sia quella comprendente il castello Sforzesco e le aree limitrofe.

### **Accelerazione massima al suolo**

Per la valutazione dell'accelerazione massima al suolo, ulteriore criterio di potenziale esclusione del fenomeno della liquefazione ai sensi delle NTC 2018, è stato fatto riferimento ai dati relativi alla maglia di punti indicati nell' Allegato B alle norme tecniche per le costruzioni: tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica (pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it>).

La Carta dei valori accelerazione massima al suolo è stata quindi ottenuta mappando i valori di  $a_g$  relativi al tempo di ritorno di 475 anni (rappresentativi dello stato limite ultimo di "salvaguardia della vita" per le tipologie di costruzione più diffuse) moltiplicati per i fattori di amplificazione calcolati nell'ambito delle attività di approfondimento descritte nei paragrafi che seguono.

In questo modo è stato possibile, sulla base delle informazioni disponibili, definire per l'intero territorio comunale le aree in cui i valori di accelerazione massima attesa al suolo superano il valore soglia di 0,1 g definito come criterio di esclusione dalle NTC 2018.

La Carta dei valori di accelerazione massima al suolo sintetizza i risultati dell'analisi e fornisce la rappresentazione delle aree in cui viene superato il valore soglia a causa dell'amplificazione stratigrafica.

### **Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)**

La Carta della pericolosità sismica locale rappresenta la sintesi dei risultati delle analisi appartenenti al primo livello di approfondimento definito dalla DGR IX/2616.

La PSL rappresenta inoltre il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento:

- il 2° livello permetterà la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici;
- il 3° livello (non previsto ai fini della pianificazione territoriale) permetterà sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti (zone Z1) e dei cedimenti e/o liquefazioni (zone Z2).

Come già ricordato essa è finalizzata a classificare il territorio comunale individuando le zone in cui i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area.

Le analisi descritte nei precedenti paragrafi hanno in particolare evidenziato che l'intero territorio, ricade al di sopra di una estesa copertura detritica al di sopra del bedrock sismico (substrato rigido) e risulta pertanto caratterizzato dal potenziale sviluppo di amplificazioni del segnale sismico.

Nonostante, inoltre, l'intero territorio sia interessato dalla presenza di livelli a granulometria sabbiosa saturi a profondità prossime al piano campagna, solo una limitata porzione del territorio è caratterizzata dal rischio di liquefazione, in quanto potenzialmente soggetta a valori di accelerazione massima al suolo superiori al valore di 0,1 g (valore soglia definito dalla NTC 2018).

Il quadro di pericolosità sismica descritto comprende inoltre le aree interessate da riporti antropici in quanto potenzialmente soggetti a cedimenti per lo scarso addensamento, per l'elevata compressibilità o per i rapporti con la falda.

## 4.4. Secondo livello di approfondimento

### Caratterizzazione sismica del territorio

#### *Campagna di indagine*

Il piano di indagine e in particolare il posizionamento dei punti di prova, è stato definito individuando una maglia pseudo-regolare di copertura territoriale corrispondente a celle di 2,5 km<sup>2</sup> di lato per un totale di 72 punti sui 180 km<sup>2</sup> del Comune. Il posizionamento definitivo è stato condotto individuando aree verdi di proprietà comunale aventi caratteristiche idonee al posizionamento delle attrezzature.

Preliminarmente alla definizione del programma di indagine definitivo è stato analizzato il patrimonio informativo disponibile presso il Comune di Milano. Sono in particolare state analizzate le pratiche edilizie riguardanti interventi di nuova edificazione o riguardanti nuove strutture in cemento armato realizzate successivamente all'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008) le quali richiedono la classificazione sismica del terreno di fondazione e di conseguenza l'acquisizione dei dati necessari per la sua determinazione.

Nel corso dell'indagine sono state impiegate differenti metodologie di acquisizione del segnale sismico finalizzate alla migliore definizione del modello sismostratigrafico nel punto d'indagine. L'analisi congiunta dei risultati ha consentito la determinazione del modello in termini di velocità  $V_s$ , la definizione del parametro  $V_{s30}$  e l'individuazione della profondità del substrato con  $V_s > 800$  m/s.

Le schede relative ai singoli siti di prova contenenti gli elementi di identificazione, ubicazione e i risultati delle indagini effettuate sono riportate nel documento "*Risultati prove in sito*". I risultati sono inoltre rappresentati nell'elaborato Carta delle  $V_{s30}$ .

### Analisi dei fattori di amplificazione

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Gli effetti di amplificazione litologica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura. Per quanto attiene in particolare al 2° livello di approfondimento previsto per il territorio di Milano, viene prevista la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, allo scopo di fornire la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano).

Le aree a pericolosità sismica locale individuate sono riportate nella carta di fattibilità con appositi retini "trasparenti", distinguendo quelle con Fa maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore.



Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dalle NTC 2018, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la categoria di suolo superiore.

Il valore di  $F_a$  è stato calcolato per gli intervalli di periodo compresi tra 0,1-0,5 s e tra 0,5-1,5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di  $F_a$  sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0,1-0,5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5-1,5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (soglie\_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di  $F_a$  con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di  $F_a$  ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di  $F_a$  è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di  $F_a$  è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- \* anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- \* anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- \* anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

## **Cartografia di microzonazione sismica**

### *Carta dei fattori di amplificazione*

I valori di amplificazione calcolati in corrispondenza dei siti di indagine, unitamente a quelli derivanti dai progetti individuati negli archivi comunali sono stati analizzati e interpolati anche con riferimento alle caratteristiche del substrato e di conseguenza estesi spazialmente a copertura dell'intero territorio comunale.

Il risultato dell'operazione di spazializzazione è sintetizzato nelle carte dei fattori di amplificazione.

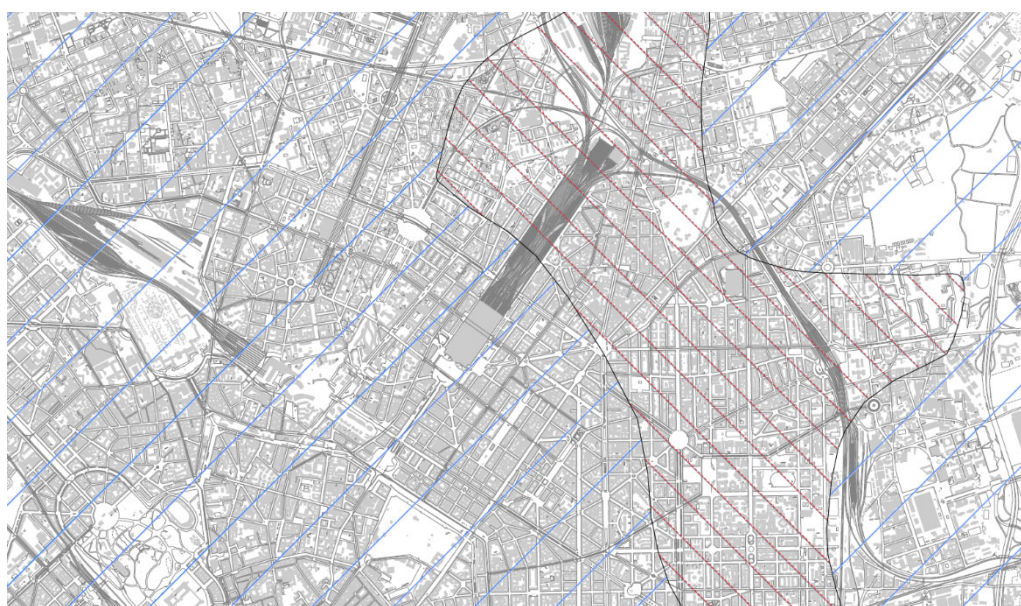
Come prescritto dalla DGR sono state realizzate due carte dei fattori di amplificazione relative agli intervalli di periodo 0,1–0,5 secondi e 0,5–1,5 secondi riferibili rispettivamente agli edifici e strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, e alle strutture più alte e più flessibili.

### Confronto tra i fattori di amplificazione calcolati e di quelli previsti dalla normativa

Come già evidenziato, lo scopo del secondo livello di approfondimento della microzonazione sismica è quello di verificare dove i fattori di amplificazione calcolati risultano superiori a quelli previsti dalla normativa regionale per il territorio comunale di riferimento.

I fattori di amplificazione da normativa risultano definiti per le differenti tipologie di suolo di fondazione definite dalle NTC 2018. Nella carta di confronto tra i valori di amplificazione calcolati e quelli da normativa sono pertanto state evidenziate anche le aree caratterizzate dalle differenti tipologie di suolo di fondazione, in modo da rendere evidenti i valori di confronto.

Le carte di confronto evidenziano come le zone caratterizzate da valori di amplificazione superiori alla normativa siano limitate dal punto di vista dell'estensione e come i superamenti siano verificabili solo con riferimento all'intervallo di periodo 0,5–1,5 secondi in corrispondenza delle aree caratterizzate da suoli di fondazione di categoria B.



### CONFRONTO TRA I FATTORI DI AMPLIFICAZIONE CALCOLATI E I PARAMETRI SOGLIA DEFINITI PER IL COMUNE DI MILANO (PERIODO 0,5 - 1,5 s)

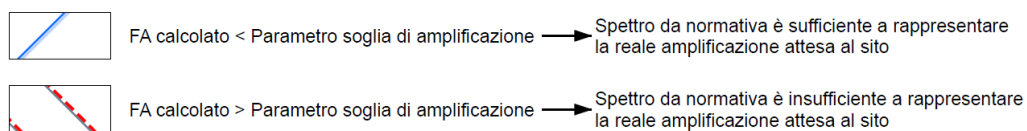


Figura 15 - Stralcio fuori scala della Carta di confronto tra i fattori di amplificazione calcolati e i parametri soglia definiti dalla normativa (periodo 0,5 – 1,5)

## 5. Idrografia

### 5.1. Inquadramento dell'evoluzione storica del reticolo idrografico

#### milanese

L'idrografia del territorio milanese ha subito un profondo rimaneggiamento già a partire da epoche antiche. Secondo alcune ricostruzioni, infatti, l'attuale centro storico, area di insediamento di epoca celtica, prima e romana poi, era compreso tra gli alvei del Nirone e del Seveso. Si trattava verosimilmente di una zona molto ricca d'acqua, con probabilmente aree paludose alimentate da risorgive che poi in epoche successive saranno capate attraverso i fontanili.

Le prime trasformazioni sono avvenute già in epoca romana quando è stato creato il primo fossato che cingeva la città fortificata, alimentato in origine, per l'appunto, dal Nirone e dal Seveso. Lungo il tracciato di tale fossato si sviluppano ancora due condotte, ora tombinate, denominate Piccolo e Grande Sevese, delle quali il secondo fa tuttora parte del reticolo idrografico minore. Le acque di tale fosso, attraverso il canale Vetra, si riversavano, e in parte vengono tuttora addotte, nella roggia Vettabbia.

Un secondo fosso, più ampio del primo, fu creato nel 1155, e corrispondeva alla così detta cerchia dei Navigli, giunta intatta fino quasi ai giorni nostri. Infatti, fu prima coperta per ragioni igieniche sanitarie con vari interventi tra la fine dell'800 e gli anni 30 del secolo scorso, e poi definitivamente interrata tra il 1968 e il 1969, in relazione a problemi di natura strutturale delle coperture stesse. Si ricorda, per altro, che è in fase avanzata di progettazione la riapertura di una parte di tale sistema di fossati, in particolare del tratto di collegamento tra la Martesana e la Darsena.

Sempre in epoca medioevale, con vari interventi tra il 1100 e il 1300 fu realizzato il Naviglio Grande, che permetteva il collegamento con il Ticino e il Lago Maggiore, successivamente nella seconda metà del '400 il Naviglio Martesana, realizzato quindi in epoca sforzesca, che consentiva il collegamento con l'Adda. Un tempo esso alimentava la fossa interna dei navigli passando dalla conca dell'Incoronata e dal laghetto di San Marco; dopo la confluenza col torrente Seveso, che avviene all'altezza di via Carissimi, dà origine, in corrispondenza del Ponte delle Gabelle, vicino a Porta Nuova, al Cavo Redefossi.

Quest'ultimo scorre (tombinato) sotto i viali della cerchia orientale dei Bastioni, fino a Porta Romana, dove devia lungo corso Lodi e le vie Cassinis e Rogoredo, raggiungendo poi in un condotto che fiancheggia la via Emilia, fino alla confluenza nel Lambro.

*Il tratto del Cavo Redefossi che va da piazza Medaglie d'Oro al Lambro venne scavato tra il 1783 ed il 1786 per rimediare alle frequenti esondazioni che interessavano le zone di Porta Vittoria, Porta Romana e Porta Ludovica.*

*Infine, tra la prima metà del '600 e l'inizio dell'800, attraverso vari fasi e traversie, fu scavato il Naviglio Pavese, che metteva in comunicazione il centro di Milano con Pavia e quindi con il Po e l'Adriatico.*

Il fiume Olona, che nasce nelle prealpi varesine, raggiunge Milano nei pressi dell'attuale Quartiere Gallaratese; percorrendo in sotterraneo i viali della circonvallazione occidentale fino a San Cristoforo; un tempo si immetteva direttamente nella darsena di Porta Ticinese; attualmente supera il Naviglio Grande e dà origine al Colatore Lambro Meridionale.

Nella zona di San Siro confluiscono nel fiume Olona il torrente Fugone (o Merlata), e poco più a valle il torrente Mussa: entrambi attraversano in sotterraneo parte dell'attuale territorio cittadino.

Ad Est della città scorre a cielo aperto, proveniente dal triangolo lariano, il Lambro settentrionale, che presso Melegnano raccoglie le acque del Cavo Redefossi e della Roggia Vettabbia, e poi a valle quelle del Colatore Lambro Meridionale.

Il Lambro Meridionale, oltre a ricevere le acque dell'Olona, funge anche da scaricatore del Naviglio Grande.

Per rimediare alle frequenti esondazioni del torrente Seveso e del fiume Olona esiste inoltre lo scolmatore di Nord-Ovest, che si è però spesso dimostrato insufficiente ad evitare allagamenti in città, soprattutto nella zona di Niguarda.

Infine che a Nord di Milano, trasversalmente alla pianura corre il Canale Villoresi, realizzato a solo scopo irriguo tra il 1877 e il 1890, che collega il fiume Ticino all'Adda, fornendo acqua di irrigazione a un ampio comprensorio naturalmente meno ricco di acqua della zona a Nord della città.

## 5.2. Studi mediante modelli idrodinamici

I corsi d'acqua principali che attraversano il territorio del Comune di Milano, costituiti del fiume Lambro e dei torrenti Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa, sono stati oggetto di uno specifico approfondimento delle condizioni di deflusso in piena attraverso l'implementazione di modelli idrodinamici di simulazione con lo scopo di definire le condizioni di allagamento del territorio e di identificare il grado di pericolosità idraulica.

In relazione al grado di pericolosità è stata definita la disciplina normativa specifica che governa le attività compatibili sul territorio.

Tale attività ha costituito la parte principale anche del processo di adeguamento del PGT al Piano di Gestione del Rischio Idraulico (PGRA) ai sensi delle disposizioni regionali sull'attuazione del PGRA nel settore urbanistico di cui all DGR 19 giugno 2017 n. 6738 che integra quelle approvate con DGR 30 novembre 2011 n. 2616.

Lo studio è stato condotto mediante la messa a punto e l'applicazione di modelli numerici di simulazione che combinano dinamicamente l'approccio monodimensionale e quello bidimensionale: il deflusso lungo l'alveo inciso dei corsi d'acqua in esame o nei tratti tombinati degli stessi è rappresentato con modelli numerici monodimensionali, mentre l'allagamento delle aree golenali o urbanizzate esterne ad essi è riprodotto con modelli bidimensionali, sulla base di una maglia di elevato dettaglio (passo 5mx5m) in grado di descrivere in modo preciso le caratteristiche morfologiche e altimetriche delle aree inondabili adiacenti agli alvei incisi. I modelli monodimensionali sono accoppiati a quelli bidimensionali in continuo lungo le sponde dell'alveo inciso o in corrispondenza dei pozzetti di ispezione dei tratti tombinati, dove avvengono gli scambi di portata da un modello all'altro. Con questa impostazione modellistica si è ottenuto un quadro di dettaglio dei limiti delle aree inondabili in funzione di onde di piena con assegnati tempi di ritorno e del corrispondente grado di pericolosità idraulica.

I modelli sono stati utilizzati per simulare i seguenti scenari idrologici:

- **TR10**: scenario attuale con portata decennale;
- **TR100**: scenario attuale con portata centennale (**TR200**: scenario attuale con portata duecentennale per il solo fiume Lambro);
- **TR500**: scenario attuale con portata cinquecentennale.

Il termine "attuale" indica la presa in conto dell'onda di piena per il relativo tempo di ritorno che corrisponde alle effettive condizioni del bacino idrografico sotteso alla sezione di inizio del tratto di corso d'acqua indagato, che tiene conto degli eventuali interventi a monte di laminazione della piena già realizzati e non di quelli ancora da costruire sulla base della programmazione delle opere a scala regionale e di bacino.

Le simulazioni sono state condotte generalmente in moto vario ipotizzando in ingresso ai modelli gli idrogrammi di piena di assegnato tempo di ritorno precedentemente definiti. Solo in pochi casi, comunque dichiarati, per semplicità e in favore di sicurezza, sono state condotte simulazioni in moto stazionario.

Per gli aspetti riguardanti le analisi idrologiche finalizzate alla definizione delle portate di piena di riferimento per ognuno dei corsi d'acqua in esame si rimanda alla relazione

specialistica, mentre nei paragrafi seguenti vengono in sintesi descritte le caratteristiche generali dei modelli applicati e i risultati delle analisi modellistiche ottenuti per ciascun corso d'acqua in esame.

I risultati delle simulazioni ottenuti con il modello sono illustrati in dettaglio nella relazione specifica mediante l'ausilio di elaborati grafici esplicativi:

- mappe con rappresentazione delle aree allagate calcolate con il modello MIKE 21;
- profili longitudinali di corrente lungo l'alveo inciso calcolati con il modello MIKE 11;
- profili longitudinali di corrente lungo i tratti tombinati calcolati con il modello MIKE URBAN;
- confronto tra idrogrammi di piena in ingresso e uscita dal modello al fine di valutare l'effetto di laminazione indotto dai volumi di esondazione calcolati.

I risultati delle simulazioni sono stati infine sintetizzati nella *“Carta PAI - PGRA, aree esondabili e pericolosità”* in scala 1:10.000, estesa al solo territorio di competenza del Comune di Milano.

La valutazione del diverso grado di pericolosità delle aree inondate è stata effettuata assumendo la definizione adottata dal PRGA:

- P3 (frequente) corrispondente alla perimetrazione delle aree allagate per piene con tempo di ritorno inferiore o uguale a 10 anni;
- P2 (poco frequente), corrispondente alla perimetrazione delle aree allagate per piene con tempo di ritorno compreso tra 10 anni e 100 anni (Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa) o 200 anni (Lambro);
- P1 (rara), corrispondente alla perimetrazione delle aree allagate per piene con tempo di ritorno compreso tra 100 anni (Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa) o 200 anni (Lambro) e 500 anni.

Per ciascuno dei corsi d'acqua indagati, all'interno delle tre aree a diversa pericolosità come sopra definite, che risultano direttamente confrontabili con le delimitazioni del PRGA, è stata effettuata una ulteriore caratterizzazione in funzione delle caratteristiche di altezze d'acqua e di velocità massime che si manifestano per il corrispondente tempo di ritorno.

A questo scopo si è fatto riferimento alla DGR 30 novembre 2011 n. IX/2616 *“Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, drogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 1”* che all' Allegato 4, *“Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione”* in cui viene definito che *“All'interno delle aree esondabili individuate devono essere delimitate zone a diverso livello di pericolosità idraulica, sulla base, in particolare, dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento. Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità idraulica si fa riferimento al grafico seguente”*

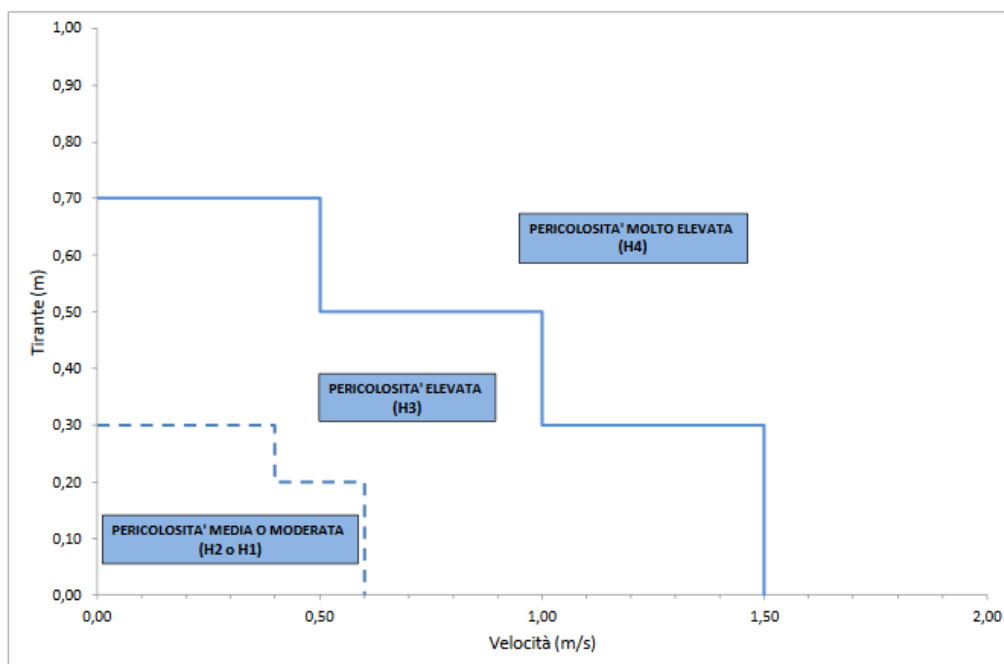


Figura 16 – Estratto da Allegato 4, DGR 30 novembre 2011 n. IX/2616 – Soglie di pericolosità in termini di tirante idrico locale condizionato alla velocità locale della corrente

Il criterio sopra indicato è stato applicato tenendo conto che:

- si tratta in questo caso di una sotto-specificazione del grado di pericolosità all'interno di ciascuna delimitazione fatta in funzione del tempo di ritorno (in coerenza con il PGRA);
- per le aree inondabili in questione – prevalentemente urbanizzate e/o infrastrutturate – il valore della velocità massima raggiunta per i diversi tempi di ritorno è poco variabile sia in funzione dell'area inondata che con l'aumentare del tempo di ritorno (che determina piuttosto l'aumento delle superficie allagata). Su tutti i corsi d'acqua tominati il valore medio della velocità si attesta tra 0,3 e 0,5 m/s con punte massime non molto superiori. Situazioni significativamente superiori hanno caratteristiche strettamente locali, strettamente correlate a singolarità morfologiche.

Nell'impiego specifico ipotizzato, il valore della velocità massima puntuale risulta nel caso specifico poco significativo per differenziare le condizioni di pericolosità all'interno dei tre campi principali assunti; si è pertanto fatto riferimento al solo indicatore rappresentato dal livello idrico massimo, assunto, in coerenza con i criteri indicati in Allegato 4 (DGR 30 novembre 2011 n. IX/2616), la suddivisione nelle seguenti tre classi:

- h1, valori compresi tra 0,05 e 0,30 m;
- h2, valori compresi tra 0,30 e 0,70 m;
- h3, valori superiori a 0,70 m.

Va ricordato in proposito, per la corretta interpretazione della cartografia di pericolosità, che i valori delle altezze idriche massime raggiunte sopraindicati hanno la sola funzione di dettagliare il grado di pericolosità locale nell'ambito del valore complessivo dell'area indicato dai limiti di inondazione per i diversi tempi di ritorno, in coerenza con quanto assunto dal PGRA.

### 5.3. Descrizione dei modelli idrodinamici

La messa a punto e applicazione dei modelli idrodinamici impiegati nello studio è basata sul codice di calcolo MIKE Flood del DHI, che combina dinamicamente l'approccio monodimensionale e quello bidimensionale.

MIKE Flood è uno strumento modellistico integrato che permette di accoppiare in maniera dinamica, attraverso un'interfaccia utente grafica, i codici monodimensionali MIKE 11 e MIKE URBAN e quello bidimensionale MIKE 21.

MIKE Flood consente di sfruttare al massimo le potenzialità di MIKE 11, MIKE URBAN e di MIKE 21, facendo intervenire nell'ambito di uno stesso modello l'uno o l'altro codice in funzione delle specifiche esigenze di rappresentazione geometrica e di simulazione necessarie: MIKE 11 per la simulazione monodimensionale di tratti di alveo incisi e per il deflusso idrodinamico attraverso ponti, tombini, salti di fondo, ecc.; MIKE URBAN per la simulazione monodimensionale di collettori chiusi con funzionamento a pelo libero o in pressione tenendo conto della presenza di strutture (salti di fondo, sfioratori, vasche ecc.) e dei pozzetti di ispezione; MIKE 21 per il deflusso nelle aree golenali o di esondazione e di invaso coperte da un DTM (modello digitale del terreno).

### 5.4. Fiume Lambro

Nel caso del fiume Lambro sono stati messi a punto due modelli distinti, separati tra loro dal rilevato ferroviario in corrispondenza di viale Lazio, sfruttando il passaggio obbligato dei deflussi attraverso il ponticello ferroviario, che determina una sorta di sconnessione idraulica tra il tratto fluviale di monte e quello di valle. Di conseguenza i deflussi nel Lambro in uscita dal modello di monte costituiscono l'input di portata in ingresso al modello di valle.

Il modello MIKE Flood è stato allestito con il seguente schema:

- modello MIKE 21 bidimensionale per la rappresentazione delle aree allagabili esterne al Lambro;
- modello MIKE 11 monodimensionale dell'intero tratto di Lambro caratterizzato dalle sezioni trasversali dell'alveo inciso di rilievo disponibili;
- connessione dinamica dei modelli MIKE 21 e MIKE 11.

Il modello monodimensionale dell'alveo inciso è stato collegato dinamicamente alle adiacenti aree esterne su entrambe le sponde, modellate mediante il codice di calcolo MIKE 21 con approccio bidimensionale su griglia di calcolo a celle quadrate di lato 5,0x5,0 m, nel rispetto delle reali quote spondali.

Nella Figura 17 per il Lambro a monte del rilevato ferroviario e nella Figura 18 per il Lambro a valle del rilevato ferroviario, sono riportate le distribuzioni calcolate con il modello bidimensionale MIKE 21 nella situazione attuale delle massime altezze d'acqua rispetto al piano campagna verificatesi nel corso del transito del colmo degli eventi di piena con tempo di ritorno 10, 200 e 500 anni.

Le aree interne all'alveo inciso del Lambro non sono rappresentate perché il loro contributo al deflusso è stato già preso in conto nell'ambito del modello MIKE 11.

In tutte le figure sono inoltre riportati i confini comunali (linee bianche) e i limiti delle aree con probabilità di alluvioni elevata (linee nere tratteggiate), media (linee nere continue) e scarsa (linee nere a tratto e punto) desunte dal PGRA.

Per la consultazione in dettaglio delle mappe riportate nelle figure si rimanda alla Tavola G.15 "Carta PAI - PGRA, aree esondabili e pericolosità" in scala 1:10.000 precedentemente citata.

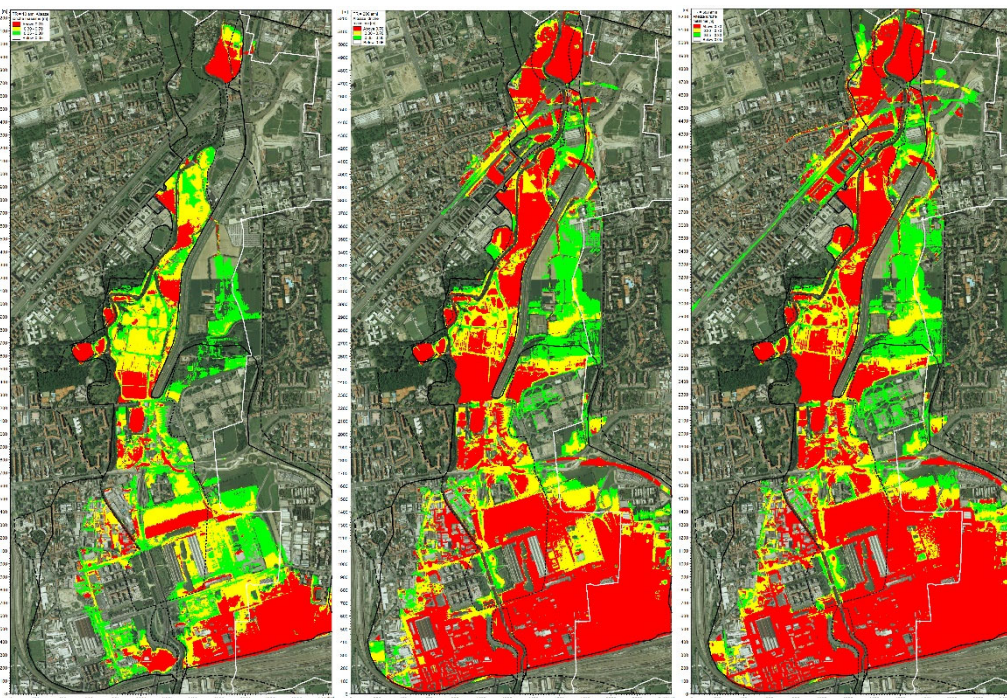


Figura 17: - Fiume Lambro a monte del rilevato ferroviario – mappe delle massime altezze d'acqua per tempi di ritorno rispettivamente di 10, 200 e 500 anni.

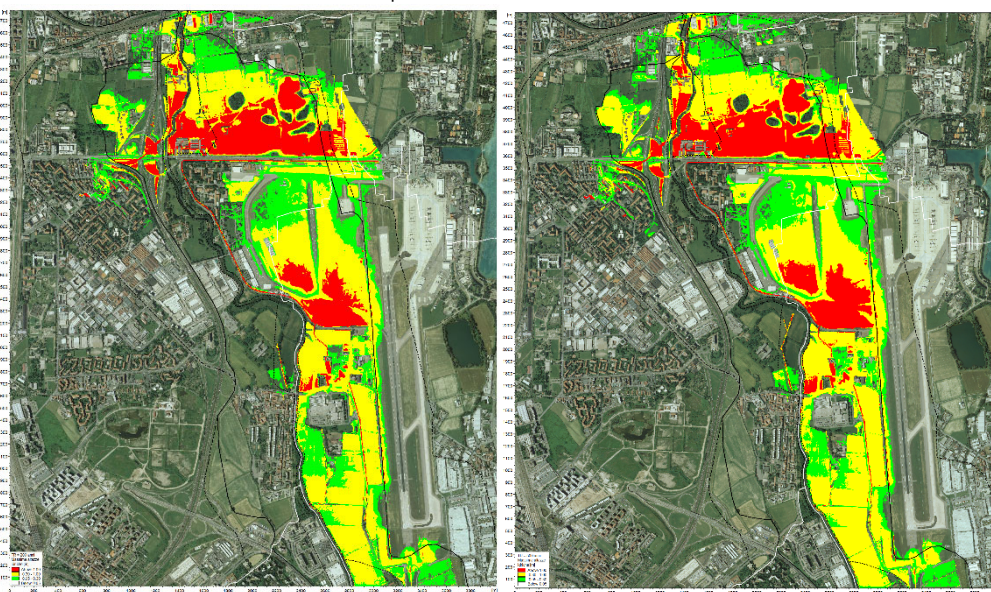


Figura 18 - Fiume Lambro a valle del rilevato ferroviario – mappe delle massime altezze d'acqua per tempi di ritorno rispettivamente di 200 e 500 anni (per TR=10 anni non si verificano allagamenti significativi).

## 5.5. Torrente Seveso

Per l'analisi dell'idrodinamica di piena del Seveso è stato allestito un modello MIKE Flood con il seguente schema:

- modello MIKE 21 bidimensionale per la rappresentazione delle aree urbane allagabili;
- modello MIKE 11 monodimensionale del tratto di alveo naturale;
- modello MIKE URBAN monodimensionale del successivo tratto tombinato;
- connessione dinamica dei modelli MIKE 21, MIKE 11 e MIKE URBAN.



Il modello monodimensionale dell'alveo inciso è stato collegato dinamicamente alle adiacenti aree esterne su entrambe le sponde, modellate mediante il codice di calcolo MIKE 21 con approccio bidimensionale su griglia di calcolo a celle quadrate di lato 5,0x5,0 m.

L'uscita dal modello MIKE 11 è connessa dinamicamente all'ingresso nel modello MIKE URBAN. I pozzetti di ispezione di MIKE URBAN sono connessi alle corrispondenti celle di calcolo di MIKE 21 in modo tale che le portate uscenti da essi diventano portate di esondazione simulate in MIKE 21, nel momento in cui il moto nel tratto tombinato avviene in pressione e la linea piezometrica supera le quote di piano stradale; eventuali rientri di portata nel tratto tombinato sono possibili nel caso in cui in corrispondenza dei pozzetti sia presente volume invasato in superficie e la linea piezometrica risulti inferiore al piano stradale.

Nella Figura 19 sono riportate le distribuzioni calcolate con il modello bidimensionale nella situazione attuale delle massime altezze d'acqua rispetto al piano campagna verificatesi nel corso del transito del colmo degli eventi di piena con tempo di ritorno 10, 100 e 500 anni, suddivise nelle tre classi h1, h2 e h3 sopra descritte.

Anche in questo caso, per una consultazione di dettaglio delle mappe riportate in figura si rimanda alla Tavola G.15 "Carta PAI - PGRA, aree esondabili e pericolosità" in scala 1:10.000 precedentemente citata.

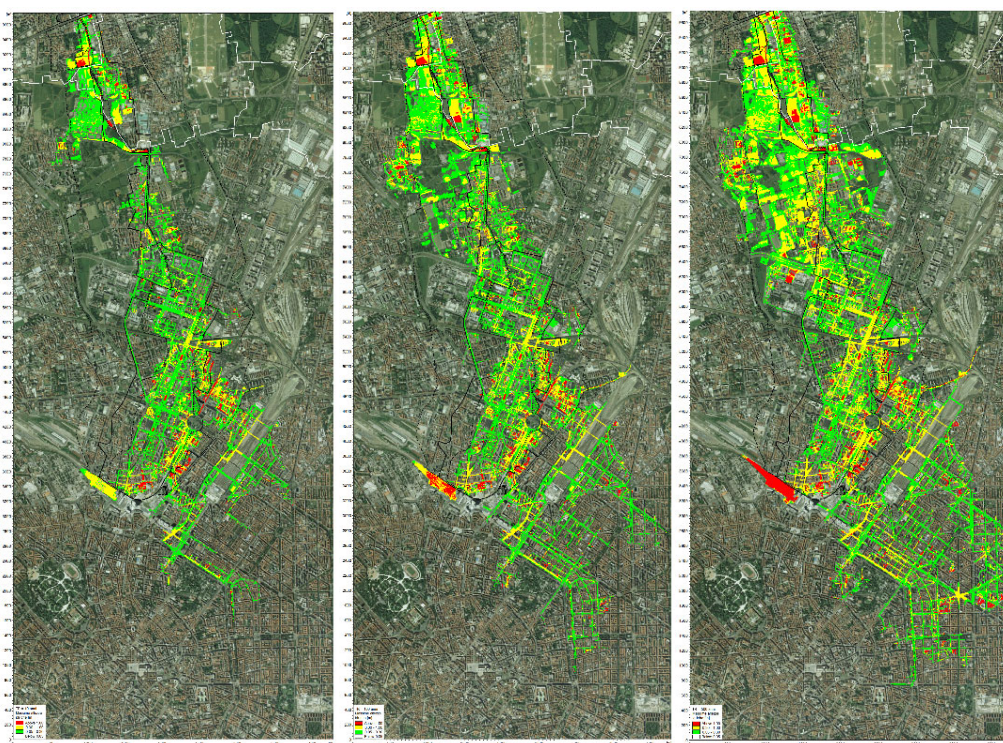


Figura 19 - Torrente Seveso – mappe delle massime altezze d'acqua per tempi di ritorno rispettivamente di 10, 100 e 500 anni.

Nella Figura 20 è rappresentato, per il tempo di ritorno di 100 anni, il confronto tra gli idrogrammi di piena in ingresso al modello MIKE 11, in ingresso al tratto tombinato e in uscita dal tratto tombinato: la portata al colmo di circa 112 m<sup>3</sup>/s si riduce a circa 76 m<sup>3</sup>/s a monte del tratto tombinato e a circa 40 m<sup>3</sup>/s in uscita da quest'ultimo.

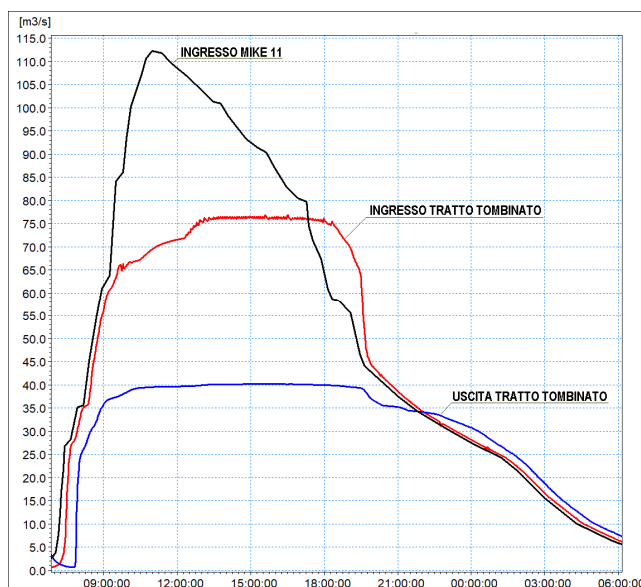


Figura 20 - Torrente Seveso – Confronto tra gli idrogrammi di piena in ingresso al modello MIKE 11, in ingresso al tratto tombinato e in uscita dal tratto tombinato per tempo di ritorno di 100 anni, nelle condizioni attuali.

## 5.6. Torrenti Guisa e Pudiga

Per i torrenti Guisa e Pudiga sono stati messi a punto i seguenti modelli:

- un modello dell'alveo naturale inciso del Guisa, rappresentato con il codice di calcolo MIKE 11;
- un modello dell'alveo naturale inciso del Pudiga, rappresentato con il codice di calcolo MIKE 11;
- un modello unico dei tratti tombinati di Guisa, Pudiga e Olona, basato sul codice di calcolo MIKE URBAN;
- un modello di esondazione ed allagamento delle aree urbane relativo al solo Pudiga, realizzato con il codice di calcolo MIKE 21.

Per effetto degli interventi realizzati nell'area EXPO il torrente Guisa non induce allagamenti a valle di tale area e pertanto non si è resa necessaria la messa a punto di un modello 2D: i deflussi risultano contenuti sia nel breve tratto di alveo naturale che nel successivo tratto tombinato.

Per il Pudiga, nella Figura 21 sono riportate le distribuzioni calcolate con il modello bidimensionale nella situazione attuale delle massime altezze d'acqua rispetto al piano campagna verificatesi nel corso del transito del colmo degli eventi di piena con tempo di ritorno 10, 100 e 500 anni, suddivise nelle tre classi h1, h2 e h3 sopra descritte.

Le esondazioni del Pudiga sono indotte dalla insufficiente capacità di portata presente in corrispondenza dell'attraversamento autostradale e del successivo imbocco nel tratto tombinato. La portata massima defluente in quest'ultimo è limitata a circa 13 m<sup>3</sup>/s: il moto avviene prevalentemente a pelo libero e solo per brevi tratti in pressione ma senza comportare rischi di fuoriuscite di portata dai pozzetti di ispezione.



Figura 21 - Torrente Pudiga – mappe delle massime altezze d’acqua per tempi di ritorno rispettivamente di 10, 100 e 500 anni.

## 5.7. Torrente Garbogera

Nel caso del torrente Garbogera sono stati messi a punto tre modelli distinti, interfacciati tra loro mediante il codice MIKE Flood:

- un modello dell’alveo naturale inciso, rappresentato con il codice di calcolo MIKE 11;
- un modello del successivo tratto tombinato, basato sul codice di calcolo MIKE URBAN CS;
- un modello di esondazione ed allagamento delle aree urbane, realizzato con il codice di calcolo MIKE 21.

Nella Figura 22 sono riportate le distribuzioni calcolate con il modello bidimensionale nella situazione attuale delle massime altezze d’acqua rispetto al piano campagna verificatesi nel corso del transito del colmo degli eventi di piena con tempo di ritorno 10, 100 e 500 anni, suddivise nelle tre classi h1, h2 e h3 sopra descritte.

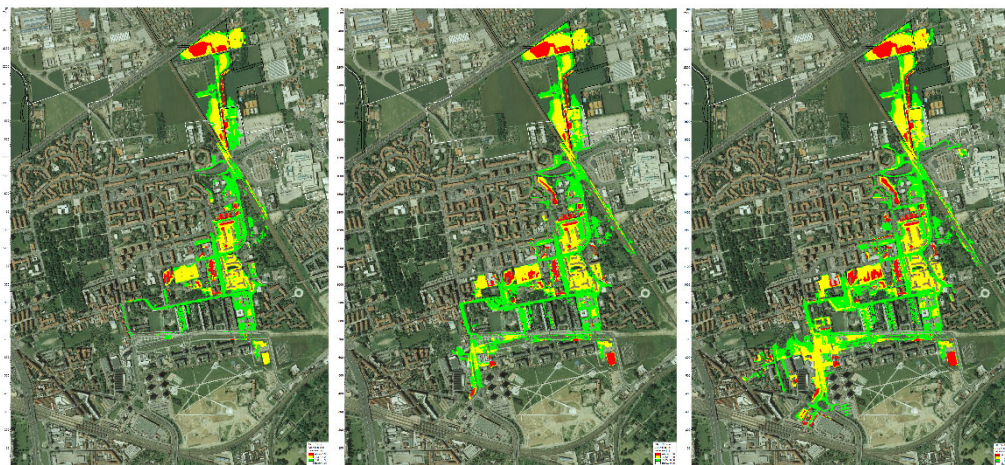


Figura 22 - Torrente Garbogera – mappe delle massime altezze d’acqua per tempi di ritorno rispettivamente di 10, 100 e 500 anni.

Le esondazioni del Garbogera sono indotte dalla insufficiente capacità di portata del tratto di alveo naturale presente a monte del tratto tombinato. La portata massima defluente in quest’ultimo è pari a circa  $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$  e le condizioni di moto sono sempre a pelo libero con sufficienti franchi di sicurezza.

## 6. Fattibilità geologica

### 6.1. Aspetti generali

Il confronto e le relazioni reciproche tra le carte di base sin qui definite porta all'elaborazione di uno strumento cartografico riassuntivo chiamato Carta di Fattibilità Geologica e Idraulica, nel quale il territorio viene distinto in aree omogenee in funzione del grado e del tipo di pericolosità cui esso è sottoposto in relazione ad aspetti geologici, idrogeologici, idraulici e sismici. Tale suddivisione è stata attuata in attuazione dei criteri regionali che forniscono le linee guida per la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile (art. 57, L.R. 12/2005).

La Carta di Fattibilità Geologica e Idraulica attribuisce a ciascuna porzione del territorio un valore di **classe di fattibilità** e fornisce le indicazioni sulle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio. Esse sono dettagliate nelle "Norme Geologiche di Piano" che indicano le prescrizioni per gli interventi urbanistici, gli studi e le indagini da effettuare per gli approfondimenti progettuali e le verifiche di compatibilità, le opere di mitigazione e le necessità di controllo dei fenomeni in atto.

Le classi di fattibilità geologica sono aree omogenee in cui è suddiviso il territorio comunale in funzione del grado di pericolosità di tipo geologico, idrogeologico e idraulico che insiste sulle aree stesse.

Per gli aspetti geologici e idrogeologici, la definizione delle classi di fattibilità tiene conto della presenza di aree con scadenti caratteristiche geotecniche (aree di possibile ristagno, torbose o paludose; aree prevalentemente limoso-argillose; aree con consistenti disomogeneità di tessitura verticali o laterali) o con condizioni di vulnerabilità delle acque sotterranee (elevata vulnerabilità dell'acquifero destinato a uso potabile, emergenze idriche diffuse, bassa soggiacenza della falda).

In rapporto alle caratteristiche idrogeologiche, la falda superficiale sul territorio comunale è suddivisa in tre aree in funzione della soggiacenza: rispettivamente inferiore a 5 m, tra 5 m e 10 m e superiore a 10 m. Il valore della soggiacenza è stato calcolato elaborando le serie storiche disponibili nelle stazioni di misura secondo un criterio in grado di stimare attendibilmente il valore minimo tenendo conto anche della tendenza evolutiva riscontrata. La zonizzazione in funzione dei campi di soggiacenza è rappresentata nella Carta Idrogeologica del PGT (Tav. G.03).

Per gli aspetti idraulici, le classi di fattibilità sono assegnate in funzione del grado di pericolosità dei fenomeni di inondazione, definiti sulla base di approfondite analisi idrauliche dirette sui corsi d'acqua coinvolti - svolti espressamente a supporto del PGT finalizzate a definire i limiti delle aree allagate per assegnata frequenza di accadimento. Si sono inoltre tenute in conto le pericolosità di inondazione che sono contenute negli strumenti di pianificazione sopra ordinati rappresentati dal Piano di Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po (PAI) vigente e dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA).

Il territorio è stato diviso in tre classi di fattibilità, con grado di limitazione d'uso del territorio crescente.

Per ogni classe vengono introdotte norme che precisano, in funzione delle tipologie di fenomeno in atto, gli interventi ammissibili, le precauzioni da adottare e indicazioni per eventuali studi di approfondimento.

## 6.2. Criteri generali di valutazione della pericolosità e di individuazione delle linee di intervento di mitigazione e/o compatibili

I criteri, approvati con DGR n. 8/1566 del 22/12/2005 e modificati con DGR 28/05/2008 n. 8/7374, forniscono le linee guida per la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione urbanistica compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala comunale, in raccordo con le disposizioni dell'art. 57 della l.r. 12/2005.

La direttiva regionale indica quindi i criteri relativi con cui viene analizzato e classificato il territorio; le classi di fattibilità costituiscono il riferimento rispetto alle quali sono definite le condizioni di idoneità all'utilizzo urbanistico del territorio.

In sintesi pertanto:

- il PGT contiene l'individuazione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico comunale comprensivo della caratterizzazione delle condizioni di pericolosità che possono condizionare le diverse forme di uso del suolo, sia in atto che previste attraverso la pianificazione urbanistica;
- nell'ambito del PGT è attuato il recepimento degli strumenti di pianificazione a scala regionale e di bacino idrografico inerenti le condizioni di rischio idrogeologico; in relazione al quadro conoscitivo emergente da tali strumenti il PGT ha svolto approfondimenti di dettaglio che permettono di migliorare la conoscenza dei fenomeni e, di conseguenza, le linee di intervento in ordine alla compatibilità con le previsioni urbanistiche;
- a seguito dell'identificazione delle aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica, idraulica e sismica il PGT definisce le norme e le prescrizioni a cui le medesime aree sono assoggettate in riferimento sia agli insediamenti esistenti sia alle trasformazioni territoriali, in relazione agli obiettivi di sviluppo sostenibile, di riduzione delle condizioni di rischio esistenti e di riqualificazione urbana e ambientale del territorio.

## 6.3. Struttura delle Norme Geologiche di Piano

Per le tre classi di fattibilità in cui è suddiviso il territorio comunale si sintetizzano nel seguito sia le caratteristiche delle aree appartenenti a ciascuna classe sia i caratteri generali delle norme geologiche applicate a ciascuna di esse.

Nel successivo capitolo vengono riportate per esteso le norme geologiche stesse, in modo da permettere l'analisi di dettaglio delle diverse disposizioni.

### Classe II Fattibilità con modeste limitazioni (verde)

Sotto l'aspetto geologico, le aree che rientrano in questa classe hanno morfologia pianeggiante e sono litologicamente costituite da depositi di natura sabbioso-ghiaiosa, con percentuali variabili di matrice limosa o limoso sabbiosa. Talvolta sono aree con presenza di terreni granulari/coesivi con mediocri caratteristiche geotecniche fino a 5-6 m circa di profondità; non sono invece presenti terreni con scadenti caratteristiche geotecniche o ambiti interessati da attività estrattive attive o dismesse.

Le aree hanno soggiacenza superiore a 5 m e non presentano quindi criticità legate a condizioni di falda superficiale o a emergenze idriche diffuse.

Rispetto alla pericolosità idraulica, si tratta di aree che o non sono coinvolte da fenomeni di inondazione a carico del reticolo idrografico o che sono potenzialmente inondabili per eventi eccezionali che hanno probabilità di accadimento molto bassa. In dettaglio:

- torrenti Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa: aree con pericolosità P1; aree con pericolosità P2 e  $h < 0,3$  m; aree con pericolosità P1 del PGRA;

- fiume Lambro: aree con pericolosità P1 e  $h < 0,3$  m; aree nella fascia C del PAI; aree con pericolosità P1 del PGRA.

Si tratta di aree nelle quali, in generale, sono ammissibili tutte le categorie di opere edificatorie. Alcune prescrizioni specifiche riguardano unicamente i vani interrati e semi-interrati.

### **Classe III - Fattibilità con consistenti limitazioni**

In relazione ai fenomeni di pericolosità per inondazione associati ai corsi d'acqua Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa e al fiume Lambro sono individuate due classi di fattibilità, rispettivamente IIIa e IIIb, che sono differenziate in relazione al diverso grado di interazione delle aree interessate dai fenomeni con le modalità di deflusso in piena della corrente.

Nella Classe IIIa ricadono le aree inondabili dei torrenti Seveso, Garbogera, Pudiga, Guisa caratterizzate da pericolosità P3 e P2, che sono originati dall'insufficiente capacità di deflusso, rispetto agli apporti idrici provenienti da monte, delle canalizzazioni dei tratti tominati per mezzo delle quali i corsi d'acqua attraversano gran parte dell'area urbanizzata del Comune.

Nella stessa Classe IIIa, ricadono le aree inondabili del fiume Lambro caratterizzate da pericolosità P2, che appartengono all'edificato esistente o sono sottese dalla fascia B di progetto del PAI e quelle a pericolosità rara (P1) per le quali si manifestano altezze idriche massime tali da comportare potenziali condizioni di rischio gravose, pur se con caratteristiche di frequenza rara.

Le aree indicate sono interessate da modalità di deflusso in piena che corrispondono complessivamente a condizioni di pericolosità media in rapporto alla frequenza propria degli scenari idrologici di piena correlati (frequenza media).

Nella Classe IIIb ricadono le aree inondabili del fiume Lambro con pericolosità P3 (frequente) o che sono all'interno della fascia A o B del PAI e che appartengono all'edificato esistente. Tali aree sono interessate da modalità di deflusso in piena che corrispondono complessivamente a condizioni di pericolosità elevata in rapporto alla frequenza propria degli scenari idrologici di piena correlati (frequenza elevata).

In relazione agli aspetti geologici e idrogeologici, ricadono nella classe III le aree a bassa soggiacenza della falda acquifera (Classe IIIc), quelle con scadenti caratteristiche geotecniche del primo orizzonte (Classe III d) e infine le aree interessate da attività di cava attive o dismesse (Classe IIIe).

Le due classi legate ai fenomeni di pericolosità idraulica puntano a distinguere le aree del fiume Lambro (IIIb) caratterizzate da modalità di deflusso in piena ancora simili a quelle dell'alveo attivo del corso d'acqua, pur se con sede nel piano golenale. Pur salvaguardano l'edificato esistente, gli obiettivi di lungo termine sono pertanto quelli di conseguire condizioni di uso del suolo coerenti con il ruolo primario di sede golenale di deflusso di piena.

In questo senso va interpretata la norma, (art. 45 comma 4.b) che si discosta in parte da quanto previsto all'art. 39 delle Norme di attuazione del PAI, secondo cui sono consentiti "gli interventi di ristrutturazione edilizia senza demolizione e ricostruzione, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse"; coerente con tale criterio e anche il successivo p.to f dove prescrive "In caso di dismissione degli edifici esistenti è fatto obbligo alla proprietà della demolizione degli stessi e della sistemazione morfologica e ambientale delle aree occupate secondo modalità coerenti con la funzione originaria prioritariamente legata al ruolo di alveo di piena del corso d'acqua. Fino all'avvenuta demolizione il proprietario è tenuto a mantenere l'immobile in condizioni di adeguata manutenzione ordinaria e straordinaria, estesa anche alle opere di protezione dal rischio di pericolosità idraulica".

La differenziazione di fondo tra le due classi, sotto l'aspetto normativo, è incentrata sul fatto che nella classe IIIa (per Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa e parte del Lambro) sono consentiti interventi di nuova edificazione e interventi edilizi su immobili esistenti pur se condizionati all'assicurazione della compatibilità idraulica sotto i diversi aspetti. Per la classe IIIb (parte del Lambro) le possibilità sono limitate all'edificato esistente con l'obiettivo di lungo termine di riconversione dell'area a funzioni di carattere strettamente fluviale, eventualmente integrate con miglioramenti di carattere ambientale.

Per gli aspetti geologici e idrogeologici, rientrano nella classe III le aree a bassa soggiacenza della falda acquifera (Classe IIIc), quelle con scadenti caratteristiche geotecniche del primo orizzonte (Classe IIId) e infine le aree interessate da attività di cava attive o dismesse (Classe IIIe).

Per esse l'impianto normativo si limita a segnalare le caratteristiche particolari e specifiche delle stesse che richiedono la presa in carico in maniera appropriata in sede di progettazione di eventuali interventi.

#### **Classe IV - Fattibilità con gravi limitazioni**

Nella Classe IV ricadono le aree inondabili del fiume Lambro caratterizzate da pericolosità di inondazione P3 o P2 esterne all'edificato esistente o alla fascia B di progetto del PAI. Sono inoltre comprese le aree inondabili del colatore Lambro Meridionale, che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3 del PGRA e le aree già storicamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali (zona Chiaravalle) della roggia Vettabbia Bassa.

Per l'aspetto idrogeologico, rientrano nella classe IV le aree paludose con emergenze idriche diffuse (fontanili e aree con emergenza della falda).

L'alto rischio riconosciuto in queste aree di territorio non consente le nuove edificazioni e più in generale ogni modifica delle caratteristiche morfologiche e modalità di utilizzo del territorio, se non per opere tese al consolidamento o alla sistemazione idraulica e idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

## 7. Norme geologiche di piano

Si riportano nel seguito le Norme geologiche di Piano.

### art. 42 Definizione e disciplina

1. Il Piano di Governo del Territorio (PGT) definisce, attraverso il Documento di Piano, l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio (L.R. 12/05 art. 8, comma 1, lettera c) e individua, per mezzo del Piano delle Regole, le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica eventualmente presenti sul territorio comunale, e determina le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate (L.R. 12/05 art. 10, comma 1, lettera d).

### art. 43 Classi di fattibilità geologica

1. In relazione alla prevenzione del rischio idrogeologico è stato attribuito al territorio al territorio un valore di classe di fattibilità geologica (Tav. R.01 e Tav G.17).

Le classi di fattibilità geologica sono aree omogenee in cui è suddiviso il territorio comunale in funzione del grado di pericolosità di tipo geologico, idrogeologico e idraulico che insiste sulle aree stesse.

Per gli aspetti geologici e idrogeologici, la definizione delle classi di fattibilità tiene conto della presenza di aree con scadenti caratteristiche geotecniche o con condizioni di vulnerabilità delle acque sotterranee.

Per gli aspetti idrogeologici, la falda superficiale sul territorio comunale è suddivisa in tre aree in funzione della soggiacenza: rispettivamente inferiore a 5 m, tra 5 m e 10 m e superiore a 10 m. La zonizzazione in funzione dei campi di soggiacenza è rappresentata nella Carta Idrogeologica costituente parte del PGT (Tav. G.03).

Per gli aspetti idraulici, le classi di fattibilità sono assegnate in funzione del grado di pericolosità dei fenomeni di inondazione, definiti sulla base di modellazioni di dettaglio che hanno identificato i limiti delle aree allagate per assegnata frequenza di accadimento. Le classi sono integrate con le delimitazioni della pericolosità di inondazione che sono contenute negli strumenti di pianificazione sovra ordinati rappresentati dal Piano di Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po (PAI) vigente e dal Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA).

### art. 44 Classe II - Fattibilità con modeste limitazioni

1. Rispetto all'aspetto geologico, le aree che rientrano in questa classe hanno morfologia pianeggiante e sono litologicamente costituite da depositi di natura sabbioso-ghiaiosa, con percentuali variabili di matrice limosa o limoso sabbiosa. Talvolta sono aree con presenza di terreni granulari/coesivi con mediocri caratteristiche geotecniche fino a 5-6 m circa di profondità; non sono invece presenti terreni con scadenti caratteristiche geotecniche o ambiti interessati da attività estrattive attive o dismesse.

Rispetto all'aspetto idrogeologico, le aree hanno soggiacenza superiore a 5 m e non presentano quindi criticità legate a condizioni di falda superficiale o a emergenze idriche diffuse.



Rispetto alla pericolosità idraulica, le aree o non sono coinvolte da fenomeni di inondazione a carico del reticolo idrografico o sono potenzialmente inondabili per eventi eccezionali che hanno probabilità di accadimento molto bassa.

Nel dettaglio, per i torrenti Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa le aree hanno le seguenti caratteristiche:

- aree che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P1 (rara; tempi di ritorno compresi tra 100 e 500 anni) delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, per qualsiasi altezza idrica massima;
- aree che rientrano all'interno del limite di pericolosità P2 (poco frequente; tempi di ritorno compresi tra 10 e 100 anni) delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, per altezze idriche massime comprese nel campo  $h_1 (< 0,30 \text{ m})$ ;
- aree che rientrano all'interno della zona P1 del PGRA.

Nel dettaglio, per il fiume Lambro le aree hanno le seguenti caratteristiche:

- aree che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P1 (rara; tempi di ritorno compresi tra 200 e 500 anni) delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, per altezze idriche massime comprese nel campo  $h_1 (< 0,30 \text{ m})$ ;
- aree che rientrano all'interno della fascia C del PAI vigente;
- aree che rientrano all'interno della zona P1 del PGRA.

2. La realizzazione e la modifica dei vani interrati e seminterrati, purché dotati di collettamento delle acque di scarico, che interferiscono con il livello della falda, è ammessa a condizione che vengano provvisti di sistemi di auto protezione. Gli scarichi delle acque superficiali e derivanti dal pompaggio delle acque sotterranee, anche in condizioni climatiche ed idrologiche avverse, devono essere comunque compatibili con la normativa regionale sull'invarianza idrologica e idraulica.

3. E' vietata per contro la realizzazione e la modifica dei vani interrati e seminterrati che interferiscono con il livello della falda da adibire ad uso produttivo, nel caso prevedano attività che comportano l'utilizzo o lo stoccaggio di sostanze pericolose/insalubri.

4. Qualora nell'ambito della predisposizione del progetto urbanistico o edilizio, si ritenga comunque di quantificare il grado di rischio tenendo in considerazione anche i prevedibili scenari di allagamento, e di definire le eventuali misure di mitigazione, l'Amministrazione Comunale mette a disposizione i risultati delle analisi idrauliche di dettaglio condotte nell'ambito del PGT, in grado di fornire i valori puntuali delle altezze idriche massime e delle velocità di corrente massime per i diversi tempi di ritorno, da utilizzare come riferimento di base per le relazioni/verifiche di compatibilità.

#### **art. 45 Classe III - Fattibilità con consistenti limitazioni**

1. Rispetto ai fenomeni di pericolosità idraulica associati ai corsi d'acqua Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa è individuata la classe IIIa; mentre per il fiume Lambro sono individuate le classi di fattibilità IIIa e IIIb, differenziate in relazione al diverso grado di interazione delle aree interessate dai fenomeni di esondazione con le modalità di deflusso in piena della corrente.

2. Rispetto agli aspetti geologici e idrogeologici, ricadono nella classe III le aree a bassa soggiacenza della falda acquifera (Classe IIIc); quelle con scadenti caratteristiche geotecniche del primo orizzonte (Classe IIId) e infine le aree interessate da attività di cava attive o dismesse (Classe IIIe).

3. Classe IIIa: aree a pericolosità di inondazione (condizioni di gravosità media)

a. Alla classe IIIa appartengono le seguenti aree:

i. aree inondabili dei torrenti Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa:

- che rientrano all'interno del limite di pericolosità P2, delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, per altezze idriche massime comprese nei campi h2 (altezza idrica massima compresa tra 0,30 m e 0,70 m) e h3 (altezza idrica massima > 0,70 m);
- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3 (frequente; tempo di ritorno inferiore o uguale a 10 anni) delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, per qualsiasi altezza idrica massima;
- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P2 del PGRA;
- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3 del PGRA.

ii. aree inondabili del fiume Lambro:

- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P1 delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, per altezze idriche massime comprese nei campi h2 (altezza idrica massima compresa tra 0,30 m e 0,70m) e h3 (altezza idrica massima > 0,70 m);
- che rientrano all'interno del limite di pericolosità P2 (poco frequente, tempi di ritorno compresi tra 10 e 200 anni) delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, per qualsiasi altezza idrica massima e che appartengono all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015), o che sono sottese dalla fascia B di progetto del PAI;
- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3 (frequente; tempo di ritorno inferiore o uguale a 10 anni) delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, per qualsiasi altezza idrica massima o che sono sottese dalla fascia B di progetto del PAI;
- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P2 del PGRA e che appartengono all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015), o che sono sottese dalla fascia B di progetto del PAI.

iii. La delimitazione cartografica della classe IIIa per le aree inondabili dei torrenti Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa e per quelle inondabili del fiume Lambro corrisponde all'inviluppo delle aree sopra definite.

b. Nelle aree della classe IIIa valgono le disposizioni di seguito elencate:

- i. Gli interventi di nuova edificazione e gli interventi edilizi su immobili esistenti che interferiscono direttamente sulle condizioni di pericolosità:
- sono ammessi a condizione che la verifica di compatibilità idraulica degli interventi in progetto abbia esito positivo rispetto alle condizioni di pericolosità e di rischio esistenti; la verifica dovrà inoltre identificare eventuali variazioni delle caratteristiche idrodinamiche dell'inondazione indotte dagli interventi e, nel caso abbiano effetti negativi, definire gli interventi correttivi;
  - devono avere il piano di accesso agli edifici posto a quota tale da consentire un franco di almeno 0,5 m rispetto al livello idrico massimo per l'evento con tempo di ritorno di 100 anni per i torrenti Seveso, Garbogera, Pudiga e Guisa e di 200 anni per il fiume Lambro;
  - devono ricercare prioritariamente una riduzione della vulnerabilità e contribuire, ove possibile, ad abbassare la pericolosità complessiva dell'area; le soluzioni progettuali devono ricercare caratteristiche compatibili con le condizioni di sommersione periodica e con le modalità di deflusso delle acque di esondazione.
- ii. Per gli interventi edilizi su immobili esistenti che non interferiscono direttamente sulle condizioni di pericolosità e che non comportano aperture o

variazione delle parti esterne, la verifica di compatibilità idraulica può essere sostituita da asseverazione del progettista o tecnico abilitato. Nell'ambito dell'asseverazione devono essere specificate le condizioni di pericolosità contenute nel PGT che coinvolgono l'immobile oggetto di intervento e che devono rimanere inalterate anche a seguito dell'intervento stesso. In relazione a tali condizioni, il soggetto attuatore, per il tramite dell'asseverazione, esclude da ogni responsabilità l'Amministrazione pubblica in ordine ad eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti dalle condizioni di pericolosità presenti e da quelle di vulnerabilità dell'immobile interessato.

iii. Fermo restando quanto indicato ai precedenti punti i e ii, la realizzazione e la modifica dei piani interrati e seminterrati è condizionata dal fatto che vengano dotati di sistemi di autoprotezione e che negli stessi si escludano funzioni e usi che prevedano la permanenza continuativa di persone.

iv. Sono da considerare prioritari gli interventi sulle aree a verde pubblico o comunque su aree non edificate adattati anche a svolgere funzioni di incremento di invaso temporaneo delle acque di esondazione; nella progettazione delle opere relative, va tenuto conto delle condizioni di inondabilità presenti per conformare tali aree, compatibilmente con le connessioni con le strutture circostanti, in modo da favorire le condizioni di invaso. Appare opportuno, al fine di conferire agli interventi caratteristiche funzionali adeguate, che vengano predisposti dispositivi per il lento smaltimento delle acque invase attraverso la stessa canalizzazione del corso d'acqua o la rete di fognatura o ancora con sistemi di infiltrazione in falda, ove compatibili. Gli effetti positivi di tali disposizioni riguardano sia, a livello locale, il conseguimento di una migliore distribuzione delle acque esondate rispetto all'articolazione stradale e alle aree contigue agli edifici, sia, a livello di insieme, il contenimento dell'estensione verso valle delle superfici allagate, a parità di dimensione dell'onda di piena.

c. Ai fini delle verifiche idrauliche sono messi a disposizione dei progettisti da parte dell'Amministrazione comunale i risultati delle analisi idrauliche di dettaglio condotte, in grado di fornire i valori puntuali delle altezze idriche e delle velocità di corrente massime per i diversi tempi di ritorno, da utilizzare come riferimento di base per le verifiche di compatibilità.

#### 4. Classe IIIb: aree a pericolosità di inondazione (condizioni di gravosità elevata)

a. Alla classe IIIb appartengono le aree inondabili del fiume Lambro:

- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3 delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT per qualsiasi altezza idrica massima, e che appartengono all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015);
- che ricadono all'interno della fascia A e della fascia B del PAI e che appartengono all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015);
- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3 del PGRA e che appartengono all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015).

b. Nelle aree della classe IIIb sono consentiti esclusivamente:

- gli interventi di cui all'art. 3 comma 1 lett a, b, c, del DPR 380/2001 (manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo); gli adeguamenti igienico-sanitari e quelli necessari per il rispetto delle norme di legge;
- gli interventi di ristrutturazione edilizia senza demolizione e ricostruzione, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse; in ogni caso gli interventi non possono comportare l'aumento di suolo occupato o la modifica del sedime esistente;

- gli interventi volti alla tutela e alla salvaguardia degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i., nonché quelli di valore storico-culturale così come classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti;
  - gli interventi per la mitigazione del rischio idraulico; le opere consentite sono quelle rivolte al consolidamento strutturale dell'edificio o alla protezione dello stesso.
- c. Per tutti gli interventi consentiti è richiesta una relazione di compatibilità idraulica che valuti le condizioni di pericolosità e di rischio sulle opere in progetto e sugli usi previsti (nelle condizioni di stato di fatto e a seguito della realizzazione dell'intervento) e gli effetti delle opere in progetto, sulle aree circostanti (per effetto della realizzazione dell'intervento) e sulle caratteristiche morfologiche e idrauliche dell'alveo, sia a livello locale che lungo il tratto di alveo potenzialmente interessato.
- d. Per gli interventi edilizi su immobili esistenti che non interferiscono direttamente sulle condizioni di pericolosità e che non comportano aperture o variazione delle parti esterne, lo studio di compatibilità idraulica può essere sostituito da asseverazione del progettista o tecnico abilitato. Nell'ambito dell'asseverazione devono essere specificate le condizioni di pericolosità contenute nel PGT che coinvolgono l'immobile oggetto di intervento e che devono rimanere inalterate anche a seguito dell'intervento stesso. In relazione a tali condizioni, il soggetto attuatore, per il tramite dell'asseverazione, esclude da ogni responsabilità l'Amministrazione pubblica in ordine ad eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti dalle condizioni di pericolosità presenti e da quelle di vulnerabilità dell'immobile interessato.
- e. Su tutti gli edifici esistenti è vietata la realizzazione e il recupero di vani interrati e seminterrati.
- f. In caso di dismissione degli edifici esistenti è fatto obbligo alla proprietà della demolizione degli stessi e della sistemazione morfologica e ambientale delle aree occupate secondo modalità coerenti con la funzione originaria prioritariamente legata al ruolo di alveo di piena del corso d'acqua. Fino all'avvenuta demolizione il proprietario è tenuto a mantenere l'immobile in condizioni di adeguata manutenzione ordinaria e straordinaria, estesa anche alle opere di protezione dal rischio di pericolosità idraulica.
- g. L'Amministrazione Comunale mette a disposizione dei progettisti i risultati delle analisi idrauliche di dettaglio condotte nell'ambito del PGT, in grado di fornire i valori puntuali delle altezze idriche e delle velocità di corrente massime per i diversi tempi di ritorno, da utilizzare come riferimento di base per le verifiche di compatibilità.
5. Classe IIIc: aree a bassa soggiacenza della falda acquifera
- a. Alla classe IIIc appartengono le aree che presentano una soggiacenza dell'acquifero superficiale inferiore a 5 m.
- b. Nelle aree IIIc valgono le disposizioni di seguito elencate:
- La realizzazione e la modifica dei vani interrati e seminterrati, purché dotati di collettamento delle acque di scarico, che interferiscono con il livello della falda è ammessa a condizione che vengano provvisti di sistemi di auto protezione. Gli scarichi delle acque superficiali e derivanti dal pompaggio delle acque sotterranee, anche in condizioni climatiche ed idrologiche avverse, devono essere comunque compatibili con la normativa regionale sull'invarianza idrologica e idraulica.
  - E' vietata la realizzazione e la modifica dei vani interrati e seminterrati che interferiscano con il livello della falda da adibire ad uso produttivo, nel caso prevedano attività che comportano l'utilizzo o lo stoccaggio di sostanze pericolose/insalubri.
  - Per queste aree, a salvaguardia della falda idrica sotterranea, per gli interventi di nuova edificazione, nonché di ristrutturazione con demolizione e ricostruzione, deve essere previsto in fase progettuale e realizzato il collettamento degli scarichi

idrici in fognatura; devono inoltre essere previsti interventi di regimazione idraulica per lo smaltimento delle acque superficiali e sotterranee.

- Gli scarichi delle acque superficiali e derivanti dal pompaggio delle acque sotterranee, anche in condizioni climatiche ed idrologiche avverse, debbono essere complessivamente compatibili con la normativa regionale sull'invarianza idraulica. A questo scopo è consentita, in mancanza di soluzioni alternative, la realizzazione di vasche di laminazione al di sotto del livello di falda purché costruttivamente compatibili con il terreno saturo.

6. Classe IIIId: aree con scadenti caratteristiche geotecniche

a. Appartengono alla classe IIIId le aree di possibile ristagno, torbose o paludose, le aree prevalentemente limoso-argillose, con limitata capacità portante, le aree con consistenti disomogeneità di tessitura verticali o laterali e le aree con riporti di materiale o colmate.

b. Nelle aree IIIId valgono le disposizioni di seguito elencate:

- Per gli interventi di nuova edificazione, nonché di ristrutturazione con demolizione e ricostruzione, si rendono necessarie indagini geologico-tecniche per la verifica delle caratteristiche litotecniche dei terreni, di capacità portante e di valutazione di stabilità dei versanti di scavo, valutazioni di compatibilità dell'intervento sull'assetto idrogeologico e ambientale dell'area. Sono da prevedere contestualmente interventi di recupero morfologico e paesistico ambientale delle aree interessate, opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque superficiali e sotterranee, collettamento degli scarichi idrici in fognatura a salvaguardia della falda.

7. Classe IIIe: ambiti interessati da attività estrattive attive o dismesse.

a. Appartengono alla classe IIIe le aree caratterizzate dalla presenza di ambiti estrattivi attivi, dismessi, recuperati o in fase di recupero.

b. Nella aree IIIe valgono le disposizioni di seguito elencate:

- Gli ambiti estrattivi dismessi possono presentare riempimenti e ripristini morfologici con terreni litologicamente disomogenei e con scadenti caratteristiche geotecniche. Le particolari condizioni di tali aree richiedono necessariamente l'effettuazione di studi per il recupero morfologico e di ripristino ambientale, indagini di stabilità dei fronti di scavo, indagini geognostiche di approfondimento per la verifica litotecnica dei terreni mediante rilievo geologico di dettaglio e prove geotecniche per la determinazione della capacità portante, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva di qualunque opera sul territorio.

- Sugli ambiti estrattivi dismessi, sono ammessi interventi di nuova edificazione e interventi sul patrimonio esistente purché definiti mediante specifici progetti di recupero che unitamente alle opere edilizie comprendano il recupero delle caratteristiche morfologiche delle aree compromesse dalle attività precedenti concluse, con particolare attenzione alla possibilità di ripristino dei caratteri di valenza paesaggistica e qualità ambientale propri delle condizioni antecedenti all'intervento estrattivo.

## **art. 46 Classe IV - Fattibilità con gravi limitazioni**

1. Nella Classe IV ricadono le aree inondabili del fiume Lambro caratterizzate da pericolosità di inondazione P3 o P2 di cui al successivo comma 2 esterne all'edificato esistente o alla fascia B di progetto del PAI. Sono inoltre comprese le aree inondabili del colatore Lambro Meridionale, che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3 del PGRA e le aree già storicamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali (zona Chiaravalle) della roggia Vettabbia Bassa.

Per l'aspetto idrogeologico, rientrano nella classe IV le aree paludose con emergenze idriche diffuse (fontanili e aree con emergenza della falda).

L'alto rischio riconosciuto in queste aree di territorio non consente le nuove edificazioni e più in generale ogni modifica delle caratteristiche morfologiche e modalità di utilizzo del territorio, se non per opere tese al consolidamento o alla sistemazione idraulica e idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

2. Classe IVa: aree a pericolosità di inondazione (condizioni di gravosità molto elevata)

a. Alla classe IVa appartengono le seguenti aree:

i. aree inondabili del fiume Lambro:

- che rientrano all'interno del limite di pericolosità P2, per qualsiasi altezza idrica massima, delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, che sono esterne all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015), e che non sono sottese dalla fascia B di progetto del PAI;
- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3, per qualsiasi altezza idrica massima, delimitate nell'ambito degli approfondimenti di analisi idraulica svolti espressamente a supporto del PGT, che sono esterne all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015), e che non sono sottese dalla fascia B di progetto;
- che ricadono all'interno della fascia A o B del PAI e che sono esterne all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015);
- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P2 del PGRA, che sono esterne all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015), e che non sono sottese dalla fascia B di progetto;
- che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3 del PGRA, che sono esterne all'edificato esistente, come da classificazione DUSAF (da Ortofoto AGEA 2015), e che non sono sottese dalla fascia B di progetto.

ii. aree inondabili del colatore Lambro Meridionale che rientrano all'interno dei limiti di pericolosità P3 del PGRA;

iii. aree storicamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali (zona Chiaravalle) della roggia Vettabbia Bassa;

iv. la delimitazione cartografica della classe IVa per le aree inondabili del fiume Lambro corrisponde all'involuppo delle aree sopra definite.

b. Nelle aree della classe IVa valgono le disposizioni di seguito elencate.

i. Per gli edifici esistenti sono consentiti esclusivamente:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di cui all'art. 3 comma 1 lett a, b, c, del DPR 380/2001 (manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, senza aumento di superficie o volume); gli adeguamenti igienico-sanitari e quelli necessari per il rispetto delle norme di legge. Per gli interventi edilizi su immobili esistenti che non interferiscono direttamente sulle condizioni di pericolosità e che non comportano aperture o variazioni delle parti esterne, lo studio di compatibilità idraulica può essere sostituito da asseverazione del progettista o tecnico abilitato. Nell'ambito dell'asseverazione devono essere specificate le condizioni di pericolosità contenute nel PGT che coinvolgono l'immobile oggetto di intervento e che devono rimanere inalterate anche a seguito dell'intervento stesso. In relazione a tali condizioni, il soggetto attuatore, per il tramite dell'asseverazione, esclude da ogni responsabilità l'Amministrazione pubblica in ordine ad eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti dalle condizioni di pericolosità presenti e da quelle di vulnerabilità dell'immobile interessato;
- la manutenzione, l'ampliamento o la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico e generale riferite a servizi essenziali e non

delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture parimenti essenziali, purché non concorrano ad incrementare il carico insediativo e non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio, e risultino essere comunque coerenti con la pianificazione degli interventi d'emergenza di protezione civile. I progetti relativi agli interventi ed alle realizzazioni di nuove opere pubbliche o di interesse pubblico e generale, dovranno essere valutati puntualmente dall'Amministrazione comunale, a tal fine dovrà essere acquisito il parere obbligatorio dell'Autorità di Bacino del fiume Po e allegata apposita relazione di compatibilità idraulica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di pericolosità e rischio idraulico;

- gli interventi volti alla tutela e alla salvaguardia degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi del D.Lgs. 42/2004 e s.m.i., nonché quelli di valore storico-culturale così come classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti; gli interventi per la mitigazione del rischio idraulico; gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità rispetto alle condizioni di rischio derivanti dal fenomeno alluvionale, costituiti dalle sole opere di consolidamento strutturale dell'edificio o di protezione dello stesso.

- gli interventi di sistemazione morfologica e idrogeologica dei terreni.

ii. Per tutti gli interventi consentiti è richiesta una relazione di compatibilità idraulica che valuti le condizioni di pericolosità e di rischio delle opere in progetto e sugli usi previsti (nelle condizioni di stato di fatto e a seguito della realizzazione dell'intervento) e gli effetti sulle opere in progetto, sulle aree circostanti (per effetto della realizzazione dell'intervento) e sulle caratteristiche morfologiche e idrauliche dell'alveo, sia a livello locale che lungo il tratto di alveo potenzialmente interessato.

iii. Le infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico e generale possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili.

iv. In particolare è vietata la realizzazione e il recupero di vani interrati e seminterrati.

c. L'Amministrazione Comunale mette a disposizione dei progettisti i risultati delle analisi idrauliche di dettaglio condotte nell'ambito del PGT, in grado di fornire i valori puntuali delle altezze idriche e delle velocità di corrente massime per i diversi tempi di ritorno, da utilizzare come riferimento di base per le verifiche di compatibilità.

### **3. Classe IVb: aree con emergenze idriche diffuse (fontanili e aree con emergenza della falda)**

a. Appartengono alla classe IVb le aree in cui si ha la risalita in superficie della falda superficiale con formazione di zone, anche temporanee, di ristagno d'acqua senza deflusso verso il reticolo superficiale; queste aree sono essenzialmente conseguenti ad interventi di scavo con formazione di siti artificialmente depressi rispetto all'andamento naturale della superficie topografica.

b. Nelle aree IVb valgono le seguenti disposizioni:

- valgono, fatti salvi i vincoli di normative sovraordinate, le limitazioni previste per le aree IVa;
- è ammesso il ripristino parziale o totale della superficie topografica originale con successiva modificazione della classe di fattibilità, e quindi dei relativi vincoli, in funzione della effettiva soggiacenza della falda definita sulla base della nuova superficie di progetto;

- nel caso dei fontanili, quindi di emergenze idriche collegate al reticolo idrografico superficiale che contribuiscono al controllo della risalita del livello idrico della falda superficiale, non sono ammessi interventi di riempimento delle aree depresse né, quindi, una revisione della classe di fattibilità. Sono ammessi gli interventi necessari al mantenimento in efficienza del fontanile stesso e alla conservazione dell'efficienza idraulica dei corsi d'acqua che da essi sono alimentati, nonché tutte le operazioni destinate al mantenimento e/o al recupero ambientale dei suddetti siti.

#### **4. Classe IVc: aree destinate ad infrastrutture prioritarie per la difesa del suolo**

- a. Alla classe IVc appartengono le seguenti aree:
  - i. area destinata alla realizzazione di infrastrutture per la difesa idraulica sul torrente Seveso in località Bruzzano al confine con il Comune di Bresso;
  - ii. area destinata alla realizzazione di infrastruttura per la difesa idraulica sul torrente Pudiga al confine con il Comune di Novate Milanese.
- b. Nelle aree sopra descritte ed individuate al fine di permettere la realizzazione di infrastrutture di difesa del suolo, non è consentita alcuna modifica d'uso del suolo rispetto all'assetto attuale.

#### **art. 47 Pericolosità sismica e microzonazione**

Il territorio comunale è suddiviso in base alle caratteristiche dell'amplificazione stratigrafica individuando il valore del Fattore di Amplificazione (Fa) relativo alle differenti microzone omogenee, che è indicato nella cartografia relativa (Tav. G.11 e Tav. G.12) e deve essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente confrontando il valore di Fa ottenuto con un valore-soglia assegnato per ciascun Comune.

Se Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

Se Fa è superiore al valore di soglia corrispondente la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Sono inoltre individuate le microzone in corrispondenza delle quali il fenomeno della liquefazione non può essere escluso a priori secondo i criteri introdotti dalle NTC 2018.

Nelle aree indicate con apposito soprassegno sulla cartografia della pericolosità da liquefazione (Area in cui il valore di accelerazione massima al suolo risulta superiore a 0,1 g) (Tav. G.08), in fase di progettazione degli interventi edilizi devono essere eseguite le verifiche di stabilità per il fenomeno della liquefazione definendo le azioni sismiche di progetto a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello (metodologie di cui all'allegato 5 della DGR



n. IX/2616/11), o in alternativa utilizzando lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Con riferimento infine agli edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03), indipendentemente dalla microzona in cui sono ubicati, la progettazione deve essere condotta adottando i criteri antisismici contenuti nelle Norme tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018) definendo le azioni sismiche di progetto a mezzo di analisi di approfondimento di 3° livello - metodologie di cui all'allegato 5 della DGR n. IX/2616/11, o in alternativa utilizzando lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo E si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

#### **art. 48 Documento semplificato del rischio idraulico**

Il Documento Semplificato Del Rischio Idraulico (DSRI) per il Comune di Milano, ai sensi dell'art. 14, commi 1 e 8 del Regolamento Regionale n. 7 del 2017 della Regione Lombardia, costituisce parte integrante della Componente Geologica Idrogeologica e Sismica.

Il DSRI, come da Regolamento citato contiene la determinazione in via preliminare delle condizioni di pericolosità idraulica presenti sul territorio che, associate a vulnerabilità e valore dei beni esposti, individuano le situazioni di rischio; in funzione delle condizioni di rischio definisce le misure di mitigazione strutturali e non strutturali (Componenti Geologica Idrogeologica e Sismica All. 8).

#### **art. 49 Definizione**

1. Il reticolo idrografico e l'area portuale sono individuati, classificati e riportati graficamente nella Tav. R.09.
2. Il reticolo idrografico è costituito da:
  - a. corsi d'acqua compresi nel Reticolo Idrografico Principale (RIP) come individuati da Regione Lombardia;
  - b. corsi d'acqua che costituiscono il Reticolo Idrografico Minore (RIM) ovvero corsi d'acqua demaniali, rappresentati nelle cartografie ufficiali (catastale, IGM, CTR), che presentano le seguenti caratteristiche funzionali idrauliche: acque proprie, connessione idraulica all'origine (sorgente o derivazione) e/o alla fine con il reticolo idrografico e continuità con l'alveo;
  - c. corsi d'acqua privati, rappresentati nelle cartografie ufficiali (catastale, IGM, CTR), che presentano le seguenti caratteristiche funzionali e idrauliche: acque proprie, connessione idraulica all'origine - sorgente o derivazione - e/o alla fine con il reticolo idrografico e continuità dell'alveo;

d. corsi d'acqua che costituiscono il Reticolo Idrografico di Bonifica del Consorzio ETV.

3. L'area portuale è costituita dalla Darsena di Porta Ticinese, dal tronco del Naviglio Grande che va dalla Darsena all'altezza di via Casale e dal Tronco del Naviglio Pavese che va dalla Darsena all'altezza di via E. Gola, così come originariamente indicato dal Decreto Ministeriale dei Trasporti del 20.08.1956. Eventuali successive modifiche o ampliamenti dell'area portuale sono approvate nel rispetto della normativa regionale in materia, con particolare riferimento al R.R. n.9/2015.

## art. 50 Disciplina

1. I corsi d'acqua che costituiscono il Reticolo Idrografico, sia a cielo aperto che tombinato, sono assoggettati a tutela specifica prevalentemente idraulica e ambientale in quanto le acque costituiscono una risorsa.
2. Sul Reticolo Idrografico Principale sono definite le fasce di rispetto necessarie a consentire l'accessibilità al corso d'acqua ai fini della manutenzione, fruizione e riqualificazione ambientale. In tali aree è vietata qualsiasi nuova opera edificatoria, ad eccezione di eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico e generale solo se non altrimenti localizzabili, corredati da una verifica di compatibilità idraulica degli interventi. Sono consentiti gli interventi atti a favorire il deflusso delle acque. Per le opere infrastrutturali sono necessarie indagini geognostiche per la verifica delle condizioni geotecniche locali con valutazione di stabilità dei versanti di scavo, finalizzate alla progettazione delle opere e alla previsione delle opportune opere di protezione degli scavi o degli sbancamenti durante i lavori di cantiere. Ferma restando la necessità di acquisire autorizzazione da parte dell'Autorità idraulica competente, ogni intervento che interessi direttamente l'alveo, incluse le sponde, dei corsi d'acqua del reticolo idrografico naturale e/o naturaliforme, di natura strutturale (modifica del corso), infrastrutturale (attraversamenti), idraulico-qualitativa e quantitativa (scarichi idrici), richiede necessariamente l'effettuazione di verifiche di compatibilità idraulica.
3. Le fasce di rispetto e le relative norme del Reticolo Idrografico Minore sono inoltre specificate e definite nel Regolamento di Polizia Idraulica (PdR All. 2).
4. Nel caso di sorgive e fontanili, compresi nei parchi regionali, valgono le specifiche norme previste dai Piani Territoriali di Coordinamento dei parchi regionali.
5. Per i corsi d'acqua di competenza del Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi si applicano le distanze, le disposizioni e la polizia di riferimento nazionale, regionale e consortile, inclusi il Regolamento Regionale n. 3 del 08/02/2010 e s.m.i. ed il Regolamento consortile di gestione della polizia idraulica, approvato da Regione Lombardia con D.G.R. n. X/6037 del 19/12/2016 e s.m.i.. Per ogni canale del RIB, le fasce di rispetto idraulico da rispettare e le modalità di misura delle stesse sono indicate rispettivamente nell'Allegato B e nell'Allegato C del succitato Regolamento Consortile di Polizia Idraulica, così come aggiornati periodicamente e pubblicati sul sito internet istituzionale del Consorzio.
6. Per le limitazioni e concessioni di attività nelle fasce di rispetto dei corsi d'acqua privati si rimanda al Regolamento di Polizia Idraulica (PdR All. 2).
7. Per la roggia Vettabbia alta, ancorché compresa nel Tessuto Urbano Consolidato, si applica una fascia di rispetto di 10 metri.
8. Per il tratto del torrente Nirone o delle Baragge o delle Baregge compreso nell'ambito MIND Post-Expo, si applica una fascia di rispetto di 4 metri per la riva destra e di 10 metri per la riva sinistra.
9. Per i tratti del fontanile Tosolo e fontanile Triulza compresi nell'ambito MIND Post-Expo, si applica una fascia di rispetto di 10 metri.
10. In presenza di corsi d'acqua tombinati, si assume una fascia di ricognizione di 20 m dalla mezzeria del corpo idrico per la verifica della esatta dimensione geometrica del manufatto e della determinazione dello stesso, e si applica la fascia di rispetto stabilita. Tale verifica è da

eseguirsi a cura dell'operatore dell'attività edilizia in collaborazione con l'Ente Gestore di competenza.

11. Le aree comprese nelle fasce di rispetto, poste nel Tessuto Urbano Consolidato, sono assoggettate alla disciplina perequativa e pertanto i relativi diritti edificatori attribuiti con le presenti norme possono essere oggetto di trasferimento. All'atto di trasferimento dei diritti le aree devono essere contestualmente cedute al Comune o asservite all'uso pubblico perpetuo. In tale ultimo caso è fatto obbligo al proprietario di provvedere alla manutenzione delle aree medesime.

12. Per gli alvei e gli eventuali corpi idrici individuati non compresi nel Reticolo Idrografico di cui alla Tav. R.09 ma presenti sul territorio comunale e/o rilevabili dalle cartografie catastali o carte tecniche comunali, deve essere redatta una verifica idraulica al fine di verificare la potenzialità idraulica degli stessi e in caso di accertata potenzialità idraulica deve essere rispettata una fascia di rispetto di un metro.

13. Le aree che costituiscono il Demanio Portuale sono assoggettate a vincolo di tutela monumentale e paesaggistica ai sensi della Parte II e Parte III del D.Lgs. 22/01/2004 n. 42.

14. Alle aree portuali si applica una zona di rispetto di 30 m per la verifica della compatibilità con i pubblici usi del demanio (D.G.R. 8/7967 del 06/08/2008 e Regolamento Regionale 27 ottobre 2015 n. 9). Per le aree che ricadono nell'area portuale e nella zona di rispetto si fanno salvi i contenuti del Regolamento approvato con D.C.C. n. 12 del 17/05/2017 per la disciplina delle funzioni amministrative delegate al Comune di Milano e dell'Ordinanza n.1/2017 del 28/03/2017 emanata dall'Autorità Portuale per la circolazione veicolare e pedonale in zona portuale della Darsena.

15. Il PGT individua nella Tav. R.09 le aree del Demanio Portuale e della zona di rispetto di 30 metri dal confine delle stesse.

16. Per quanto non riportato nelle presenti norme si rimanda al Regolamento di Polizia Idraulica. (PdR All. 2)

17. Le fasce di rispetto dei corsi d'acqua sono definite nella successiva tabella, ad eccezione della roggia Vettabbia, del torrente Nirone o delle Baragge o delle Baregge, del torrente Tosolo e del fontanile Triulza per i quali valgono le fasce di rispetto indicate ai punti 7, 8 e 9 del presente articolo.

AMBITI DI APPLICAZIONE	Classificazione del corso d'acqua	Fasce di rispetto (in mt)
Tessuto Urbano Consolidato (TUC) e aree destinate all'agricoltura	RIP	10
Tessuto Urbano Consolidato (TUC) e aree destinate all'agricoltura	RIM	4
Tessuto Urbano Consolidato (TUC) e aree destinate all'agricoltura	PRIVATO	4
Tessuto Urbano Consolidato (TUC) e aree destinate all'agricoltura	PRIVATO in derivazione da ETV	4
Parchi Regionali	RIP	10
Parchi Regionali	RIM	10
Parchi Regionali	PRIVATO	10
Parchi Regionali	PRIVATO in derivazione da ETV	10

## **art. 51 Connessione idraulica Naviglio Martesana-Darsena e riapertura dei Navigli Milanesi**

L'ambito interessato dal progetto della "Connessione idraulica Naviglio Martesana – Darsena e riapertura dei Navigli milanesi" sarà normato da accordi e regolamenti da definire tra il Comune di Milano, Regione Lombardia e Consorzio Est Ticino Villoresi.

L'ambito interessato dal progetto è individuato nella Tav. R.02 del Piano delle Regole.





Comune di  
Milano