



GEO.LOGO
STUDIO DI GEOLOGIA
DOTT. GEOL. MARCO CINOTTI

COMUNE DI ROBECCO SUL NAVIGLIO

RELAZIONE FINALE



Comune di
ROBECCO SUL NAVIGLIO
Provincia di Milano

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
ai sensi e per gli effetti della L.r. 12/2005 e s.m.i.
**Indagini Geologiche di Supporto
al Piano di Governo del Territorio**
Versione modificata a seguito della Deliberazione della Giunta Provinciale Milano n° 352/2012.

Il progettista
Dott. Geol. Marco Cinotti

Marco Cinotti



VIA COL DI LANA, 3 – 21052 BUSTO ARSIZIO – TEL. 0331 634908 – FAX 1782207421

E – MAIL: GEO.LOGO@LIBERO.IT - P. IVA 02767940121

SITO WEB: WWW.STUDIODIGELOGIA.EDILSITUS.IT

SKYPE: GEO.LOGO



CAPITOLO 1 – METODOLOGIA DI LAVORO

1.1 - Strumenti di pianificazione sovraordinata e riferimenti normativi

Lo studio geologico è stato realizzato avendo come quadro di riferimento le leggi e le normative esistenti sia a livello statale sia a quello regionale nel campo della difesa del suolo e della salvaguardia dell'ambiente e del territorio.

In particolare, lo studio ha preso in considerazione gli approfondimenti, le indicazioni ed i vincoli specifici di settore contenuti negli strumenti di pianificazione di bacino ai sensi della L. n. 183 del 1989 e successive modificazioni, nei programmi regionali e provinciali di previsione e prevenzione dei rischi ai sensi della L. n. 225 del 1992 e negli strumenti di programmazione territoriale di livello sovracomunale.

In aggiunta a questo è da considerare che la Regione Lombardia negli ultimi anni ha prodotto una specifica normativa che la colloca ai vertici nazionali in materia di indagini geologiche di supporto alla pianificazione urbanistica. Le Deliberazioni della Giunta Regionale del 1993, del 1998 e del 2001 hanno preparato la strada alla Legge di Governo del Territorio emanata nel 2005. In attuazione a questa la D.G.R. 8/1566 del 22.12.2005, il successivo aggiornamento contenuto nella delibera 8/7374 del 28.05.2008 e quello più recente del 30/11/2011, hanno completato il quadro.

Specificatamente, lo studio geologico di supporto del Piano di Governo del Territorio si colloca all'interno del quadro definito da questi strumenti di livello sovracomunale ed approfondisce alla scala di dettaglio richiesta le eventuali tematiche o situazioni di criticità ambientale e di rischio geologico ed idraulico in essi riscontrate.

Per quanto riguarda i Piani sovraordinati è da far presente il recente Piano Paesistico regionale ed il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

Sono stati pertanto recepiti nelle cartografie di fattibilità geologica delle azioni di piano, tutti gli indirizzi ed i vincoli derivanti dai Piani vigenti, approvati con atti legislativi o amministrativi dalle rispettive amministrazioni pubbliche competenti.



1.2 - Aspetti metodologici

La metodologia utilizzata, conformemente a quanto previsto nelle citate deliberazioni della Giunta Regionale, si fonda su tre successive fasi di lavoro: analisi, sintesi e proposte.

a) La **fase d'analisi** si basa sulla raccolta dati bibliografici, integrata con osservazioni di campagna, sulla predisposizione d'apposita cartografia di base in scala 1:10.000 e cartografia tematica di dettaglio.

b) Alla successiva **fase di sintesi** si perviene attraverso la redazione di una carta di sintesi sempre in scala 1:10.000 oltre alla ricognizione delle principali limitazioni d'uso, derivanti da vincoli, esistenti sul territorio. La carta, ha lo scopo di fornire, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico dello stato del territorio. Nella fase successiva, sarà operata una valutazione incrociata degli elementi contenuti nella carta di sintesi con i fattori ambientali ed antropici propri del territorio in esame. Ciò ha consentito di affrontare la lettura del territorio anche sotto il profilo geologico - ambientale e delle vocazioni d'uso, al fine di non compromettere gli equilibri che consentono una tutela ambientale preventiva.

c) La **fase propositiva** finale sarà definita tramite la carta di fattibilità geologica, alla stessa scala dello strumento urbanistico, proponendo una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità e rischio geologico ed idrogeologico presente ed in considerazione delle diverse destinazioni d'uso proposte. Questa zonizzazione sarà definita in prima istanza, attribuendo un valore d'ingresso alle diverse categorie territoriali individuate nella carta di sintesi e successivamente ad una più precisa e puntuale definizione delle classi stesse in base a valutazioni tecniche.

1.3 - Documentazione d'analisi

La documentazione d'analisi è costruita partendo, in primo luogo, dai dati e dalle informazioni esistenti, relative agli aspetti geologici, strutturali, geomorfologici, pedologici, idrogeologici, idrografici ed ambientali, integrati successivamente con verifiche e rilievi di campagna.

Per ciò che concerne le basi topografiche è stato utilizzato il rilievo aerofotogrammetrico realizzato dal Comune di Robecco sul Naviglio.



E' da evidenziare che il Comune di Robecco sul Naviglio era già dotato di uno studio redatto dallo studio Gamma s.r.l. – Progettazioni Territoriali ed il presente documento aggiorna, richiama e riconferma i contenuti di tale strumento, rielaborandolo e completandolo l'indagine con gli approfondimenti sismici richiesti dalla normativa vigente.

1.3.1 - CARTOGRAFIA D'INQUADRAMENTO DI DETTAGLIO

a) Elementi litologici e geologico – tecnici e pedologici

Con questo elaborato si intende inquadrare, da un punto di vista geologico, il territorio da studiare, comprendendo anche porzioni territoriali al di fuori dei limiti amministrativi.

In tale carta, realizzata mediante rilievo diretto integrato da studi presenti in bibliografia, i litotipi ed i depositi superficiali, sono stati distinti ricorrendo alle unità allostratigrafiche.

b) elementi geomorfologici e di dinamica geomorfologica

Redatta mediante verifiche sul terreno, rappresenta analiticamente le forme d'erosione e d'accumulo presenti, interpretandone la genesi in funzione dei processi geomorfologici attuali e passati e valutandone lo stato d'attività.

Anche per questo elaborato valgono i due tipi di rappresentazione descritti al punto precedente.

Sono previsti tre stati d'attività delle forme e dei processi geomorfologici: attive, quiescenti, inattive.

c) elementi idrografici, idreologici e idraulici

Con questa carta è stato individuato il reticolo idrografico principale e quello minore secondo i disposti della L.R. 1/2000 e ss.mm.ii, evidenziando le relative porzioni di bacino, le principali opere di regimazione e difesa idraulica, le opere di derivazione e d'attraversamento.

Per quanto riguarda gli elementi idrogeologici, sono stati riportati tutti i pozzi idrici (pubblici e privati) esistenti con la ricostruzione di una possibile piezometria, l'indicazione della direzione di flusso prevalente e dell'asse drenante.

Per la definizione di massima della vulnerabilità della falda ci si è basati sulla proposta di classificazione elaborata da Civita che attribuisce schematicamente ai litotipi una vulnerabilità



teorica. E' stata pertanto redatta una carta specifica con indicazione delle infrastrutture acquedottistiche ed i centri di pericolo esistenti.

d) elementi sismici

Con la nuova classificazione sismica del territorio nazionale alcuni comuni, che precedentemente risultavano non classificati, adesso sono stati inseriti in classe 4 o addirittura in classe 3. Tra questi rientra il Comune di Robecco sul Naviglio, attualmente classificato in zona 4.

La L.R. n. 12/2005 ha portato all'individuazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica. Secondo tale procedura, ai fini dell'analisi del rischio sismico è essenziale la definizione del 1° livello di approfondimento (obbligatoria per tutti i comuni), basato sul riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche, sia di dati esistenti (con produzione della Carta della pericolosità sismica locale). Su tale base dovranno poi essere eventualmente applicati il 2° ed il 3° livello di approfondimento (rispettivamente "caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale" e "definizione degli effetti di amplificazione tramite indagini ed analisi più approfondite").

In ogni caso, per i comuni classificati in zona sismica 4 come Robecco sul Naviglio, gli eventuali ulteriori livelli di approfondimento sono limitati agli edifici strategici e rilevanti. Attualmente, anche in base alle indicazioni del Servizio Sismico Nazionale, le modalità con cui vengono effettuati gli studi di rischio sismico prevedono un approccio interdisciplinare incentrato sulle discipline sismologiche, geologiche e geomeccaniche, per la definizione della pericolosità, ed esteso all'ingegneria sismica nella fase di valutazione del rischio.

Nell'ambito degli studi sismologici ha assunto particolare importanza l'individuazione di zone soggette ad amplificazione sismica, cioè quelle zone nelle quali il terremoto risulta amplificato a causa delle caratteristiche meccaniche del terreno. E' noto, infatti, che gli effetti del terremoto non risultano mai omogenei a scala locale, ma anzi mostrano una forte eterogeneità, con zone soggette a forti valori di scuotimento, vicine ad altre relativamente meno interessate dagli effetti del sisma. Il caso più eclatante, nel nostro paese, è stato il terremoto del Molise del 31 ottobre 2002 che ha portato al crollo della scuola di San Giuliano di Puglia. In quel caso ad evidenti negligenze progettuali dell'edificio, si sono sommati forti



effetti amplificativi legati alle caratteristiche dei terreni di fondazione. La nuova normativa sismica introdotta con le nuove “Norme tecniche per le costruzioni”, proprio traendo spunto dal caso menzionato, ha introdotto la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione, con il calcolo delle Vs30, cioè della velocità media delle onde S per uno spessore di 30 metri dalla superficie. Naturalmente l’individuazione delle zone soggette ad amplificazione sismica e la caratterizzazione delle Vs30, non necessariamente corrispondono ad una stessa fase operativa dello studio e nemmeno ad una stessa scala territoriale, potendosi distinguere sia metodi di analisi diversi, sia diverse estensioni areali investigate. Attualmente la legge non richiede ai Comuni di procedere a caratterizzazioni generalizzate delle Vs30, rimandando invece ai singoli interventi edificativi la caratterizzazione completa dei terreni; tuttavia si richiede la caratterizzazione dei terreni su cui insistono gli edifici così detti strategici, quali scuole, ospedali, caserme, uffici comunali, etc.; inoltre, è opportuno che le amministrazioni pubbliche siano a conoscenza delle eventuali aree comunali soggette ad amplificazione, in modo tale da predisporre eventuali piani di intervento in caso di sisma.

L’esperienza dei Comuni sismici, dove da anni si portano avanti studi di questo tipo, consente di definire preventivamente un iter procedurale che consenta anche a comuni con risorse finanziarie limitate di indagare il proprio territorio nel suo complesso; oltre agli interventi sugli edifici strategici, richiesti dalla legge, si procede alla microzonazione sismica del territorio comunale, individuando prima le aree a maggior amplificazione, e procedendo successivamente alla caratterizzazione delle Vs30 di zone limitate per le quali la precedente microzonazione abbia individuato particolari condizioni di criticità.

1.4 - Documentazione cartografica di sintesi

1.4.1 - CARTA DEI VINCOLI – CARTA DI SINTESI

La carta di sintesi, redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:10.000, contiene gli elementi più significativi evidenziati nella fase d’analisi.

A questo scopo sono evidenziati:



- i fenomeni geomorfologici attivi e potenzialmente riattivabili (quiescenti), come frane, erosioni, aree d'erosione e di spandimento, punti critici per degrado, inadeguatezza delle opere idrauliche o per la presenza d'opere interferenti con i corsi d'acqua o di sezioni critiche, corridoi ecc.
- le fasce di rispetto dei punti di captazione d'acqua;
- le aree, con caratteristiche geomeccaniche e geotecniche scadenti o pessime;
- le aree vincolate in base a disposizioni di polizia idraulica.

1.5 – Fase di proposta

1.5.1 - CARTA DELLA FATTIBILITÀ PER LE AZIONI DI PIANO E CLASSI DI FATTIBILITÀ

La carta della fattibilità geologica per le azioni di piano è stata redatta in scala 1:5000 come il Piano di Governo del Territorio, sulla stessa base topografica delle aree all'interno dei limiti comunali, interessate dalla cartografia d'inquadramento e di dettaglio risultando così, a tutti gli effetti, parte integrante del Piano.

Dalla valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia analitica con i fattori ambientali, territoriali ed antropici propri del territorio in esame, si è sviluppato il processo diagnostico che ha consentito di formulare le proposte per suddividere il territorio in classi di fattibilità geologica.

Per le finalità del presente documento si è valutato più significativo redigere una carta applicativa mirata a dimostrare la fattibilità geologica piuttosto che una carta del rischio in senso tradizionale.

Infatti le classi di fattibilità qui proposte tengono conto delle valutazioni della pericolosità dei singoli fenomeni, degli scenari di rischio conseguenti e della componente geologico - ambientale.

La classificazione fornisce inoltre indicazioni generali in ordine alle destinazioni d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso, alle opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni in atto.



In tale ottica sono state individuate dal punto di vista delle condizioni geologiche quattro classi di fattibilità.

1.6 Contenuti della relazione geologica e geologico-applicativa

La presente relazione geologica e geologico-applicativa, illustra gli aspetti metodologici seguiti per la realizzazione dello studio, indicando le motivazioni che giustificano eventuali variazioni rispetto allo standard, nonché le fonti utilizzate per l'elaborazione della documentazione cartografica.

1.6.1 RICERCA BIBLIOGRAFICA E RICERCA STORICA

Particolare importanza è stata attribuita alla ricerca bibliografica delle pubblicazioni esistenti e la ricerca storica, effettuata con l'intento di acquisire la conoscenza dei fenomeni di dissesto o esondazione che hanno colpito il territorio in passato, nell'ottica della prevenzione del ripetersi degli stessi o per la previsione di nuovi scenari di dissesto.

Tale ricerca è stata effettuata mediante la raccolta d'informazioni relative ad eventi del passato presso gli archivi comunali, biblioteche, archivi di Stato, biblioteche private, archivi di comunità montane, Province etc.

Sono state acquisite informazioni relative ad altri aspetti geologico-ambientali, quali discariche, forme d'inquinamento o quant'altro di significativo. La ricerca d'informazioni storiche è stata effettuata sugli ultimi 200 anni, senza tralasciare notizie precedenti, quando di rilevante importanza.

1.6.2 ASPETTI METEO-CLIMATICI

La relazione geologica e geologico-applicativa contiene tutte quelle informazioni di base utilizzate nello studio che non sono state oggetto d'apposita e specifica cartografia, quali ad esempio l'inquadramento meteo-climatico (precipitazioni e regime delle precipitazioni, eventi pluviometrici intensi ed estremi, temperature, bilanci idrologici, ecc.).



1.6.3 ASPETTI RELATIVI AI CORSI D'ACQUA

Per i corsi d'acqua sono stati raccolti, ove possibile, i dati idrologici al fine di valutare la loro evoluzione e la tendenza evolutiva dell'alveo nei tratti interessati dal territorio comunale.

1.6.4 CONCLUSIONI

Sono state puntualmente descritte, analizzate e commentate le cartografie di base e tematiche e le sezioni geologiche prodotte proponendo conclusioni aderenti con quanto emerso dalle ricerche e dalle indagini effettuate e motivando in modo particolare la classificazione delle aree proposte all'interno della carta della fattibilità geologica. Lo studio geologico indicherà gli approfondimenti d'indagine necessari definendo l'estensione dell'ambito su cui tali approfondimenti dovranno essere condotti in maniera unitaria. Sono inoltre indicate le cautele e le precauzioni da osservare in fase di progettazione di massima degli interventi, le opere necessarie e da realizzare al fine di mitigare e ridurre i rischi escludendo qualunque interferenza negativa con le aree limitrofe. Sono state da ultimo chiaramente specificate le prescrizioni di natura geologico-applicativa che dovranno essere recepite nelle Norme tecniche d'attuazione del Piano.



CAPITOLO 2 – IL RILIEVO

2.1 – La descrizione e la rappresentazione del territorio

In questo capitolo sono descritte le carte tematiche che compongono il rilievo e le analisi in relazione anche alle correlazioni che esse hanno con la determinazione della pericolosità.

La carta litologica e geotecnica rappresentano la costituzione fisica immutabile del territorio, con la quale dovremo sempre confrontarci per qualsiasi tipo d'intervento edilizio. La carta geomorfologica, idrografica ed idrogeologica, rappresentano la situazione attuale del territorio in relazione alle dinamiche fisiche che giorno dopo giorno lo regolano, alla tipologia dei dissesti, alla loro ricorrenza e spazialità. Tali elaborati ci consentono di evidenziare le dinamiche naturali del territorio e di distinguere, in una certa misura, i fenomeni propri da quelli indotti o potenzialmente innescabili da dinamiche antropiche errate.

2.2 – Elementi di climatologia

Per la definizione dei caratteri climatici e pluviometrici dell'area in esame sono stati utilizzati i dati provenienti dalle stazioni metereologiche presenti sul territorio, anche se in modo disomogeneo.

I dati utilizzati per l'elaborazione delle temperature sono stati forniti dalle stazioni elencate in tabella.



Stazione	Provincia	Quota s.l.m.	Anno inizio osservazione
Venegono Inferiore	Varese	341	1938
Varese	Varese	382	1901
Viggiù	Varese	483	1921
S. Maria del Monte	Varese	881	1913
Ispra	Varese	220	1959
Milano Malpensa	Varese	221	1966
Creva	Varese	233	1931
Varano Borghi	Varese	245	1897
Azzate	Varese	320	1901
Lago Delio	Varese	935	1913
Vizzola Ticino	Varese	221	1907
Gavirate	Varese	284	1889
Laveno-Ponte Tresa	Varese	285	1995
Cuasso al Monte	Varese	532	1924
Asso	Como	427	1966
Brembate	Bergamo	173	1966
Cantù	Como	360	1966
Cernusco S.N.	Milano	134	1966
Codogno	Lodi	58	1966
Lodi	Lodi	80	1966
Milano Linate	Milano	107	1966
Milano Brera	Milano	121	1966
Milano Lorenteggio	Milano		
Novara	Novara	532	1924

Gli anni esaminati sono distribuiti, anche se in modo discontinuo, dal 1901 al 2000. Da un punto di vista geografico, si è ritenuto che i dati forniti dalle stazioni di Milano Lorenteggio, Milano Brera, Milano Malpensa e Novara, rappresentino sufficientemente le caratteristiche climatiche dell'area.

Temperature medie mensili (1959-2000)

MESE	MIL.MALPENSA	MIL.A BRERA	MIL.LORENT.	NOVARA
Gennaio	0.5	3	3.2	1
Febbraio	3	5	5.2	3
Marzo	7.3	10	10.1	7.5
Aprile	11.6	13.5	13.3	11
Maggio	15.7	17.3	18.2	15.5
Giugno	18.4	21	21.8	19.5
Luglio	21.6	24.5	24.8	21.5
Agosto	20.9	23	24.3	21.5
Settembre	17.7	19.5	20.1	18
Ottobre	12.7	13.5	14.3	12.5
Novembre	6.3	8	8.0	6.5
Dicembre	2.1	4.5	4.2	2



Temperature massime (medie mensili del periodo 1959-2000)

MESE	MIL. MALPENSA	MIL. BRERA	MIL. LORENT.	NOVARA
Gennaio	5.5	6	7.2	5
Febbraio	7	8	10.0	8
Marzo	11	13.5	15.6	13
Aprile	15	17	18.8	17
Maggio	18	21.5	24.5	21
Giugno	22	26	27.7	26
Luglio	24.5	29	30.6	28
Agosto	27.5	27.5	27.9	28
Settembre	20.3	23	23.1	24
Ottobre	15	16.5	15.4	18
Novembre	9.5	10	9.0	11
Dicembre	5.5	6	6.0	6

Temperature minime (medie mensili del periodo 1959-2000)

MESE	MIL. MALPENSA	MIL. BRERA	MIL. LORENT.	NOVARA
Gennaio	-2	0.5	0.1	-3
Febbraio	-2	3	1.6	-2
Marzo	-0.5	6	5.7	2
Aprile	3	9.5	8.8	5
Maggio	7	13	13.4	10
Giugno	10.5	16	16.8	13
Luglio	13	19	19.7	15
Agosto	12	18.5	19.4	15
Settembre	9.5	15	15.5	12
Ottobre	5	10	10.8	7
Novembre	1.5	5	5.1	2
Dicembre	-3	1.5	1.4	-2

Dall'esame delle tabelle soprastanti, si osserva che le temperature presentano un massimo in luglio ed un minimo in gennaio.



Per la pluviometria i dati a disposizione provengono dalle seguenti stazioni:

Bacino e stazione	Tipo app.	Quota s.l.m.	Anno inizio osservazione
LAMBRO			
Venegono Inf. (Olona)	Pr	341	1938
Varese (Olona)	Pr	382	1901
Viggiù (Olona)	P	483	1921
S. Maria del Monte	P	881	1913
TICINO			
Ispra (Lago Maggiore)	Pr	220	1959
Milano Malpensa	Pr	221	-
Creva (Tresa)	P	233	1931
Varano Borghi (L.Va)	P	245	1897
Azzate (L. Varese)	P	320	1901
Lago Delio (Giona)	Pn-Pr	935	1913
Vizzola Ticino	P	221	-
Gavirate (L. Varese)	P	284	1889
Laveno-Ponte Tresa (L. Lugano)	Pr	285	1935
Cuasso al Monte (L. Lugano)	P	532	1924
Busto Arsizio	Pr	224	1933
Cuvio (Boesio)	P	305	1916
Vararo (Boesio)	P	728	1924

Note: Pr: pluviometro registratore. Pn: pluviometro. P: pluviometro a lettura diretta.

Milano Lorenteggio

Pioggia mm (medie ed estremi dal 1980)

MESE	Pioggia media e totale (mm e gg.)					Pioggia massima mese				Pioggia minima mese		
	1a dec.	2a dec.	3a dec.	Totale (*)		gg.	valore	scarto	anno	valore	scarto	anno
				MI	80-04							
Gennaio	20	25	20	65	66,2	8	238,2	+172,0	1996	1,6	-64,6	1996
Febbraio	15	20	15	50	51,4	6	192,0	+140,6	2002	0,0	-51,4	99&03
Marzo	30	15	30	75	78,2	9	272,6	+194,4	1980	1,8	-76,4	1998
Aprile	35	30	30	95	98,6	12	235,8	+137,2	1989	1,6	-97,0	1980
Maggio	40	40	40	120	121,2	12	316,8	+195,6	1984	3,8	-117,4	1989
Giugno	35	15	35	85	86,4	9	183,0	+96,6	1995	3,6	-82,8	2004
Luglio	30	30	15	75	78,8	7	187,8	+109,0	1993	2,8	-76,0	1985
Agosto	30	25	30	85	100,8	7	413,6	+312,8	1987	18,8	-82,0	1991
Settembre	35	30	35	100	107,2	8	338,6	+231,4	1993	0,0	-107,2	1997
Ottobre	35	50	30	115	116,6	10	251,6	+135,0	2000	4,4	-112,2	1989
Novembre	35	30	20	85	105,8	9	362,8	+257,0	2002	0,2	-105,6	1988
Dicembre	20	15	25	60	73,0	8	150,0	+77,0	2000	0,8	-72,2	1991
Totali / Anno	360	325	325	1010	1084,0	105	1.827,8	+743,8	2002	650,0	-434,0	1991

(*) La media arrotondata a 5mm è la media generale approssimata per Milano città, la media 1980-2004 è la media effettiva di Milano Lorenteggio (Milano SW).



Pioggia mm (picchi massimi)

MESE	mx/md giornal. (*)	record mensile (24h)	Picchi massimi e scarti				N° di mesi (**)	
			gg del record	anno del record	scarto dalla mx/md	scarto dalla media	valori >100mm	valori <10mm
Gennaio	20	53,2	11	1999	+33,2	-11,8	07	05
Febbraio	20	70,0	06	2002	+50,0	+20,0	05	05
Marzo	30	66,0	16	1983	+36,0	-8,4	05	02
Aprile	30	105,0	30	2004	+75,0	+5,7	10	01
Maggio	35	112,6	03	2002	+77,6	-7,4	16	02
Giugno	30	101,0	28	2003	+71,0	-28,0	10	01
Luglio	30	62,8	31	1987	+32,8	-12,2	07	02
Agosto	45	255,0	24	1987	+210,0	+170,0	09	00
Settembre	35	123,0	23	1993	+88,0	+23,0	10	02
Ottobre	40	101,6	17	1990	+61,6	-13,4	13	01
Novembre	30	79,0	06	2000	+49,0	-6,0	11	03
Dicembre	25	61,8	22	1983	+36,8	+1,8	08	02
Media	30	99,3	-	-	+61,3	+7,9	111	25

(*) mx/md giornal. è la media massima giornaliera di pioggia in un mese, ovvero quale è il valore medio arrotondato ogni 5mm più alto del giorno di un determinato mese.

(**) I valori dei mesi sopra i 100mm o pari e i valori sotto i 10mm sono relativi al periodo che va dal gennaio 1980 a dicembre 2004 compresi (25 annate). Questa sezione sarà aggiornata ogni fine anno, cambiando la data soprastante.

Dai dati soprariportati emerge che:

1. le massime precipitazioni si hanno in autunno ed a seguire primavera, estate ed inverno;
2. il mese più piovoso risulta essere generalmente novembre;
3. il territorio comunale di Robecco è compreso tra le isoiete 1400-1500 mm;

il regime pluviometrico è pertanto del tipo "sublitoraneo padano" con massimi di pioggia in primavera ed in autunno.

Il parametro dell'evapotraspirazione è stato calcolato per via teorica, utilizzando la formula di Turc

$$E = P / 0.9 + (P^2/L^2)$$

dove:

E = evapotraspirazione annua in mm

P = altezza media annua delle precipitazioni in mm



L è ricavato dalla seguente formula :

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3$$

T = temperatura media annua in °C.

Generalmente, al posto di T, nella Formula di Turc, si usa la grandezza Tp che si calcola nel seguente modo :

$$T_p = \frac{\sum P_i T_i}{\sum P_i}$$

Ti = temperatura media di ciascun mese

Pi = precipitazione media mensile corrispondente alla temperatura

Il calcolo seguente è stato fatto relativamente alla stazione di Milano Malpensa:

Quota	221 m s.l.m.
P	1087 mm
Tp	12.1 °C
L	691
E	604 mm
E/P	0.55 %

Nello studio eseguito da S. Belloni "Il clima della Provincia di Como e di Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici", l'area al confine con la Provincia di Milano viene a trovarsi attorno alla isocurva con E=620mm.

In "Risorse idriche sotterranee nella Provincia di Milano – Lineamenti Idrogeologici" il bilancio idrico per la stazione pluviometrica di Milano città (Brera) è stato quantificato con il metodo Thornthwaite-Mather (1957) sulla base dei valori medi mensili delle temperature e delle precipitazioni. In questo modo è stato possibile valutare le perdite per evapotraspirazione reale e i quantitativi di pioggia eccedenti.

Quota	121 m s.l.m.
P	979,1 mm
Tp	13.9 °C
Er (Evapotraspirazione reale)	703.5 mm
Ep (Evapotraspirazione potenziale)	793.8 mm
P-EP	185.3 mm



Estrapolando i dati così ricavati dalla bibliografia si può attribuire al Comune di Robecco (quote comprese 130 e 100m s.l.m.) un valore di E intermedio tra Milano Malpensa (q. 221m s.l.m.) a N e Milano Brera (q. 121m s.l.m.) a E, quindi attorno ai 690-700mm.

2.3 Le Carte di inquadramento di dettaglio

2.3.1 ELEMENTI GEOGRAFICI.

Il Comune di Robecco sul Naviglio ha una superficie di 20,35 Km² ed è ubicato nella parte occidentale della Provincia di Milano.



Da un punto di vista morfologico presenta due differenti caratteristiche:

- la **parte orientale**, pianeggiante, appartiene al “livello fondamentale della Pianura” costituito da terreni sabbioso-ghiaiosi con copertura di suolo, anticamente interessati da colture agricole ed oggi parzialmente antropizzati;



- la **parte occidentale** è costituita dalla Valle del Ticino ed è delimitata rispetto alla soprastante, da un orlo di terrazzo con decorrenza nord a sud avente un'ampiezza di circa 20 metri. Da un punto di vista litologico, è costituita da alluvioni ghiaioso-sabbiose con scarsa copertura di suolo, rappresentanti la sedimentazione recente delle alluvioni fluviali. Tale settore ha mantenuto un aspetto naturale con un'impronta antropica limitata alla pratica agricola e alla presenza di rade cascine.

Elementi caratteristici del territorio sono i tracciati dei due maggiori corsi d'acqua presenti: il Naviglio Grande, che attraversa la superficie comunale in senso NE-SO nella parte più orientale e il Fiume Ticino che delimita il confine comunale nella parte sud-occidentale del territorio.

2.3.2 ELEMENTI GEOLOGICI, LITOLOGICI E GEOTECNICI.

Per la realizzazione di questa carta è stato necessario prendere in esame non solo la natura litologica dei terreni affioranti ma anche tutta una serie di caratteristiche fisiche che vanno dalla compattezza o grado di cementazione alla porosità, dall'angolo di attrito interno alla coesione, alla presenza di strutture sedimentarie e tettoniche.

Al fine di redigere il presente elaborato, è stato eseguito un rilievo di campagna di dettaglio integrato da ricerche bibliografiche, interpretando così l'evoluzione del territorio.

2.3.2.1 EVOLUZIONE DEL TERRITORIO

L'area, rappresentata nel foglio 44 della carta Geologica d'Italia, è costituita da depositi alluvionali di tipo fluviolacustre riconducibili al Pleistocene, denominati Diluvium medio e Diluvium recente con le seguenti caratteristiche:

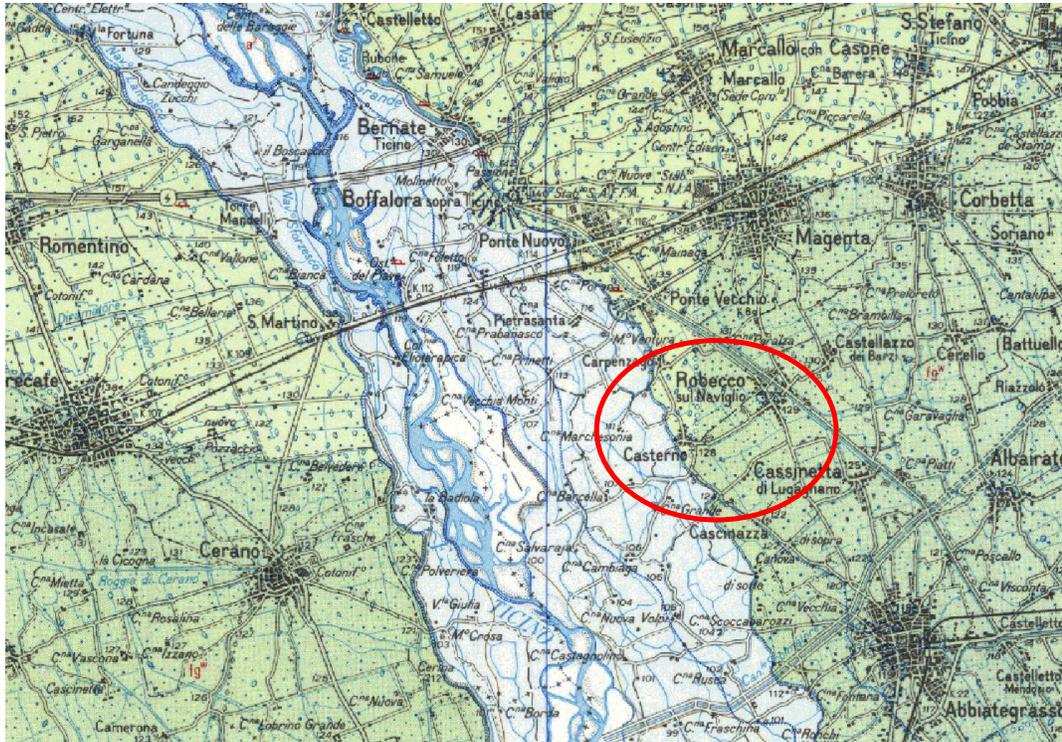


Figura 1 - Estratto Carta Geologica d'Italia - Foglio 44 - Novara

q2 - Diluvium medio (Fluvioglaciale rissiano I).

Col nome di Diluvium medio s'indicano i terreni costituenti quei ripiani terrazzati che occupano una posizione altimetricamente intermedia tra quella del Diluvium antico e il livello principale della pianura.

Le aree d'affioramento costituiscono estese spianate che si allungano da nord a sud assottigliandosi a meridione. La loro configurazione può essere paragonata a quella di vere e proprie penisole sopraelevate rispetto al livello principale della pianura, collegate a nord con le maggiori cerchie moreniche esterne. Sovente i depositi del Diluvium medio si appoggiano ai lati dei più alti terrazzi del Diluvium antico formando un gradino intermedio tra questi ed il Diluvium recente.

I tratti morfologici essenziali dei ripiani terrazzati del Diluvium medio sono i seguenti:

- configurazione superficiale piuttosto piatta e uniforme,



- leggera pendenza verso sud,
- posizione altimetrica tra i pianalti del Diluvium antico e il livello principale della pianura (Diluvium recente).

Sono separati dall'uno e dall'altro nella maggior parte dei casi da una scarpata morfologica ripida soprattutto nell'area settentrionale. Nei dintorni di Gerenzano si osservano ad esempio gradini di 5-6 m. Il passaggio dai pianalti del Diluvium medio a quelli del Diluvium antico e del Diluvium recente si realizza spesso attraverso un piano inclinato talora appena percettibile, soprattutto in corrispondenza dei lembi meridionali.

La superficie del Diluvium medio è piatta e uniforme in contrasto con quella dei pianalti più antichi sempre leggermente ondulata. Rispetto a quelli, inoltre, s'immerge a sud con una pendenza leggermente inferiore, ma superiore a quella del livello principale della pianura.

Da un punto di vista litologico il Diluvium medio è un deposito di natura essenzialmente ghiaiosa. Si tratta di ghiaie d'origine fluvioglaciale coperte da uno strato superficiale di natura limoso-argillosa (loess). Il contatto tra questo e le ghiaie sottostanti è brusco e talora di tipo erosionale.

Le ghiaie sono formate soprattutto da ciottoli di rocce cristalline: prevalgono graniti, dioriti, porfidi quarziferi, porfiriti, gneiss micacei, quarziti, meno frequenti le filladi ed i micascisti; molto scarsi i calcari.

I ciottoli sono inclusi in una matrice argilloso-sabbiosa. L'argilla, che conferisce talora al deposito una colorazione giallo-marroncina, è stata probabilmente trasportata dalla superficie fino a notevole profondità dalle acque di percolazione. I ciottoli, molto arrotondati, hanno dimensioni varie, ma inferiori a quelle del Diluvium antico; il loro diametro supera raramente i 10 cm.

Lo strato superficiale è costituito da limi argillosi, notevolmente omogenei e ad elevato grado d'assortimento. Il loro spessore si aggira nella maggior parte dei casi attorno al metro; non mancano però accumuli più potenti dovuti alle acque di dilavamento specialmente dove i terrazzi si addossano alle scarpate di quelli più antichi. Il passaggio dallo strato superficiale alle ghiaie pressoché inalterate è più rapido che nel Diluvium antico (20-30 cm). Di frequente l'alterazione dei ciottoli interessa solo la loro parte più esterna.



I depositi del Diluvium medio s'immergono sotto quelli del Diluvium recente nelle zone Cislago-Origgio-Saronno.

Lo spessore del Diluvium medio può essere determinato solo con le perforazioni poiché non affiora la sua base. Essa peraltro o sposa le irregolarità del sottostante conglomerato poligenico, o si appoggia ai depositi per vari aspetti simili del Diluvium antico.

Gli spessori segnalati sono di 40 m nei pressi di Saronno.

q3 - Diluvium recente (Fluvioglaciale rissiano II-Wurmiano).

Sotto il nome di Diluvium recente sono compresi quei depositi di natura ghiaioso-sabbioso-argillosa che costituiscono il livello principale della pianura.

Il Diluvium recente occupa gran parte del foglio «Milano». Nella parte settentrionale è limitato alle fasce altimetricamente più basse comprese tra i pianalti del Diluvium antico e medio.

La morfologia del Diluvium recente è molto uniforme; si tratta, infatti, di una pianura che s'insinua a nord tra i lembi diluviali più antichi, mantenendosi ad una quota sensibilmente inferiore.

È evidente, in quest'area, come la distribuzione delle ghiaie del Diluvium recente contrassegni l'alveo d'antichi corsi d'acqua incisi nei pianalti più elevati. A sud degli affioramenti di Diluvium medio e antico la pianura del Diluvium recente si sviluppa uniformemente ed è interrotta soltanto dagli alvei degli attuali corsi d'acqua, fiancheggiati da più ordini di terrazzi.

La natura del Diluvium recente è meno uniforme di quella del Diluvium medio e antico; essa è quasi costantemente caratterizzata dalla presenza di uno strato superiore d'alterazione di 25-70 cm di spessore. Questo strato d'alterazione di natura essenzialmente argilloso-sabbiosa non è sempre conservato.

Per quanto riguarda la natura dei depositi del Diluvium recente, sotto lo strato d'alterazione superficiale, s'incontrano ghiaie, sabbie, limi e argille. Nell'area in esame prevalgono le ghiaie costituite da ciottoli di dimensioni medie e grosse che si aggirano fra quelle di una testa d'uomo e quelle di una noce. I ciottoli hanno forma arrotondata con frequente tendenza verso la forma ovale. Mancano quasi del tutto elementi angolosi e, se presenti, si tratta di frammenti composti di rocce durissime e fragili, ad esempio diaspri. Le ghiaie sono nella maggior parte dei casi stratificate e la stratificazione è per lo più determinata da una successione di lenti e strati



a granulometria diversa, ma composti ciascuno da elementi di dimensioni simili tra loro. Sono pure frequenti straterelli sabbiosi che si alternano con ghiaie più o meno grossolane. I ciottoli delle ghiaie sono spesso mescolati con notevole quantità di sabbia, perciò più che di ghiaie si deve parlare di ghiaie sabbiose. L'argilla è pure presente molto spesso negli strati superficiali e talora si mescola con la ghiaia e la sabbia sino ad una certa profondità. Questa argilla, salvo eccezioni, è stata portata nel sottosuolo dalle acque di dilavamento e da quelle d'irrigazione.

Per quanto riguarda la natura litologica dei ciottoli, prevalgono quelli composti di rocce intrusive, quali graniti, granodioriti e dioriti. Sono abbondanti le rocce metamorfiche, quali gneiss, gneiss ghiandolari, kinzigiti, scisti cloritico-epidotici, quarziti, micascisti, filladi, anfiboliti della cosiddetta «Serie dei Laghi». Sono pure presenti ciottoli d'arenaria provenienti in gran parte dal «Piano di Sirone» tanto esteso nella fascia collinare prealpina, ed anche di calcari, in gran parte riferibili ai calcari di Esino; le dolomie, piuttosto scarse, ricordano quelle della Dolomia Principale.

L'esatta delimitazione dello spessore del Diluvium recente è possibile solo in perforazione ove le ghiaie si appoggiano direttamente su livelli ben identificabili, il Ceppo, le argille superficiali del Diluvium antico e medio, le argille fluvio-lacustri del Villafranchiano. Nella zona a ghiaie prevalenti lo spessore della coltre diluviale recente varia sensibilmente.

Nel dettaglio, osservando la carta Geolitologica allegata, partendo dal più recente al più antico si hanno le seguenti formazioni:

(a2) Alluvioni ghiaiose recenti ed attuali degli alvei abbandonati ed attivi.

Età: Olocene-Alluvium recente.

Tali alluvioni occupano il corso attuale del F. Ticino e rappresentano l'alveo di piena.

(a1) Alluvioni ghiaioso sabbiose ciottolose, terrazzate, di origine fluviale e fluvioglaciale, non alterate, costituenti terreni grigio bruni.

Età': Olocene-Alluvium Antico.



Anche queste alluvioni interessano il corso del Fiume Ticino per una fascia di ampiezza 1,5-2 km. Il fiume, cui affluivano gli apporti dei ghiacciai pleistocenici ha dato luogo ad una sedimentazione consistente.

(fgw) Alluvioni ghiaiose, sabbiose, limose, limitate ai fondi vallivi secondari e non ricollegabili agli apparati morenici

(pluviale wurm-pleistocene).

Questi depositi costituiscono, insieme ai depositi successivamente citati, il cosiddetto "livello fondamentale della pianura" a valle della linea settentrionale dei fontanili. Si riscontrano tra Ponte Vecchio e Ribecco per estendersi poi per tutta la pianura verso E.

(fgwr) Alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, sabbiose, limose, con strato superficiale di alterazione limitato a 40-60 cm, generalmente brunastro costituenti il livello fondamentale delle pianure.

Età pleistocenica: Diluvium Recente (Fluvioglaciale Wurm).

Questi depositi occupano la parte settentrionale del territorio comunale, a monte della linea dei fontanili e presentano uno spessore considerevole, dell'ordine di alcune centinaia di metri, ma di difficile distinzione cronologica, in quanto le alluvioni si sono depositate in un "continuum" stratigrafico costituito da litologie tra loro uguali.

Lo spessore dei depositi quaternari, rilevato da perforazioni profonde per ricerca d'acqua ed idrocarburi, è stato stimato tra i 250 ed i 300 metri.

Tutti i depositi sono costituiti da ciottoli arrotondati eterometrici, deposti in letti sub orizzontali ed immersi in una matrice sabbioso-argillosa generalmente sciolti o debolmente cementati, per l'azione di dissoluzione chimica dei componenti calcarei e dolomitici.

I clasti hanno dimensioni variabili. I letti a composizione grossolana si intersecano e si interdigitano con lenti ove prevalgono i limi e le argille.

Dal punto di vista mineralogico i clasti rappresentano le rocce dell'arco alpino che hanno potuto sopportare il processo di erosione e deposizione con prevalenza di quelli a natura cristallina (graniti, granodioriti, gneiss, quarziti), seguiti da quelli di natura carbonatica (calcari, dolomie) ed in subordine quelli di natura metamorfica (micascisti).



2.3.3 ELEMENTI LITOLOGICI

Le formazioni geologiche descritte precedentemente possono essere suddivise e raggruppate secondo le litologie presenti.

- SABBIE E LIMI TERRAZZATI:

Rappresentano il terrazzo più elevato ed antico prodotto dall'alterazione dei sottostanti depositi ghiaioso-sabbiosi del fluvioglaciale wurmiano s.l.

- CIOTTOLI, GHIAIE E SABBIE:

Costituiscono il livello fondamentale della pianura. Caratterizzati da un addensamento inferiore ai soprastanti, presentano una successione di livelli ora a maggiore ora a minore granulometria. Sono attribuibili ai depositi tardo wurmiani ed alle alluvioni antiche

- CIOTTOLI, GHIAIE E SABBIE SENZA STRATO DI ALTERAZIONE E/O SUOLO:

Alluvioni recenti ed attuali sono ubicati lungo la Valle del Ticino.

2.3.4 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

Il modellamento del territorio è influenzato dall'interazione fra i processi di alterazione meccanica e chimica e quelli di erosione e trasporto dei detriti; l'intensità dello stesso sarà condizionata quindi dalla combinazione dei caratteri litologici con i sistemi geomorfici. E' noto che, mentre i processi di degradazione tendono a diminuire le resistenze della roccia in posto, predisponendola al trasporto verso valle tramite la forza di gravità o l'azione delle acque superficiali, i processi di denudazione, che sono dovuti all'azione meccanica delle acque che ruscellano in superficie, ed ai movimenti di massa, tendono ad erodere le rocce in situ trasportando i detriti a valle.

Nella realizzazione della carta geomorfologica il lavoro si è articolato in due fasi. Nella prima sono state analizzate gli studi condotti sull'area in esame, in modo di avere una visione globale



dell'area ed evidenziare i principali eventi morfogenetici, cui è seguito il rilevamento di campagna che ha consentito di verificare e completare il lavoro svolto con l'inserimento di quegli elementi mal individuabili.

I fenomeni riconosciuti sono stati poi ulteriormente suddivisi in inattivi, quelli avvenuti in condizioni climatiche e morfoevolutive diverse dalle attuali, quiescenti (i processi avvenuti in situazioni simili) ed attivi.

Nella carta geomorfologica vengono messi in evidenza i processi geomorfologici più significativi presenti sul territorio comunale, individuando forme fluviali, forme fluvioglaciali, forme gravitative di versante e forme antropiche.

I processi geomorfologici si manifestano come forme di modellamento del terreno dovute sia a processi genetici relitti e quindi non più attivi, sia a processi attivi.

La suddivisione delle formazioni geologiche è stata effettuata non solo grazie al grado di alterazione dei depositi fluvioglaciali ed alle loro granulometrie, ma anche a seconda della situazione morfologica in cui gli stessi depositi sono stati cartografati.

Il territorio comunale può essere suddiviso, sotto l'aspetto geomorfologico in due distinte unità: la pianura e la valle del Ticino.

1. La prima, di età wurmiana, si presenta degradante verso sud con una pendenza variabile tra lo 0.3 e lo 0.7 %; le quote della pianura vanno dai 134m s.l.m. lungo il confine comunale nord con Magenta ai 118m s.l.m. della località Cascinazza a sud. L'area di pianura interessa la metà orientale del territorio del Comune. Queste aree sono cartografate nella **"Alta pianura ghiaiosa"**, **"Media pianura idromorfa"** e **"Area di terrazzi fluviali"**.
2. La valle del Ticino occupa la metà occidentale della superficie di Robecco; si sviluppa a occidente di un ciglio di scarpata che delimita un netto salto morfologico che - sebbene in molti punti sia stato obliterato da lavori di movimento terra - si individua da nord a sud lungo la Roggia Verga prima, il cavo Monegata poi, corsi d'acqua residuali delle divagazioni più orientali del Ticino in età olocenica. Tale salto morfologico costituisce il più antico terrazzo fluviale del Ticino rimasto, che separa le alluvioni fluvioglaciali wurmiane da quelle più recenti che interessano l'ambito del fiume. La differenza di quota, quasi sempre molto netta, è attorno ai 10 metri. Terrazzi



fluviali minori si susseguono verso il corso d'acqua attuale, con salti di quota più contenuti ed evidenze morfologiche meno chiare, dato l'intenso utilizzo agricolo cui è stato sottoposto l'intero territorio da parte dell'uomo. Le quote sono degradanti sia da est verso ovest (dal ciglio del terrazzo all'attuale corso d'acqua), sia da nord verso sud (direzione di scorrimento del Ticino), con quote che vanno dai 112m s.l.m. a nord (località Molino Marchesoni) ai 99m s.l.m. a sud (greto del fiume). Nella porzione territoriale interessata dalla valle del Ticino le rilevanze morfologiche sono rappresentate dal ciglio di terrazzo e dalle tracce dei paleoalvei, relitti di tracciati fluviali del Ticino precedenti all'attuale, suscettibili alcuni (quelli posti alle quote più basse) di venire riattivati in caso di piena. Tali paleoalvei, individuabili grazie alle foto aeree, sono rintracciabili in cartografia da alcuni segni territoriali che sottolineano le sinuosità degli antichi percorsi: tali segni sono le attuali rogge irrigue, alcuni limiti di terreni, una certa viabilità minore. Quest'ultima zona è cartografata come **"Pianura alluvionale attuale e recente"**.

Di seguito si descrivono i principali elementi rilevati sul territorio:

Orlo di terrazzo fluviale

I terrazzi sono forme inattive rappresentate da superfici pianeggianti delimitate da cambi di pendenza e localmente da scarpate. Gli orli in esame risultano stabili in quanto non soggetti a fenomeni di arretramento, regressione e/o di degradazione.

La distribuzione è legata esclusivamente alla zona dei versanti delimitanti la piana alluvionale.

Orlo di scarpata

Viene individuato in corrispondenza della linea di scarpata che delimita la piana alluvionale.

Viene individuato come forma inattiva, ad esclusione dei punti in cui si rilevano forme di degradazione della scarpata.



2.3.5 ELEMENTI GEOPEDOLOGICI

Al fine di completare il quadro informativo, riportiamo in sintesi anche i risultati degli studi pubblicati recentemente da ERSAF in *“Suoli e paesaggi delle Provincia di Como, Lecco e Varese”*.

In questo studio la Regione Lombardia e l'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste (ERSAF), che nel frattempo ha ereditato l'attività e le competenze in campo pedologico dell'ERSAF, hanno elaborato un documento dedicata ai **suoli della pianura e della collina lombarda**. I dati e le cartografie e le conoscenze sono state aggiornate all'anno 2000 ed ulteriormente approfondite e perfezionate rispetto al passato, sia per contenuto informativo che per coerenza e congruenza con gli altri tematismi del Sistema Informativo Territoriale (SIT) regionale.

Abbiamo così:

- il paesaggio definito dalla Pianura (**Livello fondamentale della pianura: sistema L**)
- il paesaggio definito dalla Valle del Ticino (**Valli alluvionali dei corsi d'acqua olocenici: sistema V**)

2.3.5.1 LIVELLO FONDAMENTALE DELLA PIANURA (SISTEMA L)

Questo sistema comprende le morfologie riconducibili alla la piana fluvio-glaciale pedalpina, costituite da depositi a granulometria variabile e decrescente, dalle ghiaie ai termini più fini.

Quest'aree sono delimitate a nord dai rilievi morenici o montuosi e dai terrazzi rilevati, a sud e lateralmente dai depositi olocenici dei corsi d'acqua, che hanno inciso o ricoperto i depositi quaternari antichi (sistema V). Il sistema si divide in tre sottosistemi, in funzione della granulometria dei sedimenti e dell'idrologia superficiale e profonda che, da nord verso sud, sono:

- A. **alta pianura ghiaiosa, (LG)**
- B. **media pianura idromorfa (LQ)**
- C. **bassa pianura sabbiosa. (LF)**



A - Alta pianura ghiaiosa (LG)

Interessa la fascia di territorio compresa tra la frazione Castellazzo e l'orlo di terrazzo della Valle del Ticino. È costituito dai conoidi ghiaiosi, coalescenti, a morfologia lievemente convessa o subpianeggiante, che formano una superficie debolmente inclinata, solcata da corsi d'acqua a canali intrecciati soggetti a grande variabilità di portata e con elevata torbidità delle acque. Questo origina depositi eterometrici, con elevate percentuali di ghiaie e sabbie e grande variabilità granulometrica verticale ed orizzontale, e determina un ambiente estremamente vulnerabile e da preservare in quanto coincide in larga parte con l'area di ricarica delle falde idriche di pianura.

Unità di paesaggio - L'uniformità morfologica e granulometrica delle superfici modali dell'alta pianura ghiaiosa (LG1) è interrotta dalla presenza di significative porzioni di territorio, a coperture più fini per pedogenesi in situ (LG2), le quali pur trovandosi alla stessa quota delle prime, ed avendo presumibilmente un'età comparabile, hanno suoli con caratteristiche più affini a quelli presenti su superfici più antiche (RI). A interrompere la continuità di LG1 intervengono inoltre superfici modellate dall'azione erosiva degli scaricatori fluvioglaciali, terrazzate e ribassate (LG3) rispetto a quella modale e in transizione alle valli fluviali del reticolo olocenico; tracce del passaggio dei torrenti fluvioglaciali sono invece conservate nelle incisioni (LG4), di grande evidenza morfologica anche sedi di limitata estensione, che solcano anch'essi la superficie modale. Sporadicamente sono presenti alla base dei rilievi, o nelle zone ove le correnti fluvioglaciali e fluviali entrano in fase di stanca, superfici ricoperte da consistenti depositi colluviali o alluvionali (LG5), che ricoprono le ghiaie inalterate o poco alterate.

Le unità di paesaggio presenti sono:

- **LG1**, corrispondente alla superficie rappresentativa –modale- dell'alta pianura ghiaiosa a morfologia subpianeggiante, con tracce di paleoidrografia a canali intrecciato



(braided). In prossimità dei solchi vallivi la morfologia è caratterizzata da ampie ondulazioni.

- **LG3**, corrispondente alle superfici ondulate subpianeggianti di transizione ai principali sistemi fluviali, generalmente costituite da materiali più grossolani.
- **LG4**, corrispondente ai paleoalvei o depressioni di origine torrentizia privi di sedimentazione attiva, delimitati da orli di terrazzo o raccordati alla pianura. Comprendono gli ampi fondovalle generati dall'antica azione degli scaricatori glaciali.

I suoli appartenenti all'unità pedologica **LG1** hanno come unità cartografica di riferimento il pedon classificato come 324-VIT1 e vengono così descritti:

"Il pedopaesaggio è quello della superficie rappresentativa dell'alta pianura ghiaiosa a morfologia subpianeggiante con evidenti tracce di paleoidrografia a canali intrecciati. In prossimità dei principali solchi vallivi la morfologia è caratterizzata da ampie ondulazioni con quota media di 146 m. slm e pendenza media del 0,2%, con suoli sviluppatisi su depositi ghiaiosi. L'uso del suolo prevalente è costituito da cereali tipo mais. I suoli VIT1 sono moderatamente profondi limitati da orizzonti con scheletro molto abbondante, a tessitura moderatamente grossolana in superficie, con scheletro comune o frequente in superficie, molto abbondante in profondità, a reazione subalcalina, neutra in superficie, saturazione bassa, CSC medio-bassa, AWC bassa, con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderata"

Le interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:

Capacità d'uso	3 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni severe
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con lievi limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli adatti con moderate limitazioni
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Moderata
Capacità protettiva per le acque superficiali	Elevata
Valore naturalistico	Basso
Tessitura del primo metro	moderatamente grossolana
AWC del primo metro	bassa
drenaggio	moderatamente rapido



Questi suoli hanno le seguenti proprietà applicative:

“I suoli VIT1 sono adatti all'agricoltura (Ills), presentando tuttavia severe limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S2), con lievi limitazioni dovute alla granulometria; sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (S3), con moderate limitazioni connesse alla granulometria e alla CSC; hanno capacità protettiva elevata (E) nei confronti delle acque superficiali, e moderata (M) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria; il loro valore naturalistico è basso (B).”

I suoli appartenenti all'unità pedologica **LG3** hanno come unità cartografica di riferimento il pedon classificato come 332-PVE1 e vengono così descritti:

“Il pedopaesaggio è quello della piana fluvioglaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura formata su colmata su superfici ondulate o subpianeggianti di transizione ai principali sistemi fluviali, con quota media di 127 m. s.l.m e pendenza media del 0,3%, costituite da materiali grossolani; sono superfici che si presentano lievemente ribassate e delimitate da orli di terrazzi convergenti con suoli sviluppati su depositi ghiaiosi a matrice sabbioso-limosa. L'uso del suolo prevalente è costituito da prati permanenti irrigui. I suoli PVE1 sono sottili o poco profondi limitati da orizzonti con scheletro molto abbondante, a tessitura moderatamente grossolana o media, scheletro comune o frequente, con reazione subacida, saturazione media, con CSC bassa, AWC bassa, drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata.”

Le interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:

Capacità d'uso	3 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni severe
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con lievi limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli adatti con moderate limitazioni
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Bassa
Capacità protettiva per le acque superficiali	Elevata
Valore naturalistico	Basso
Tessitura del primo metro	moderatamente grossolana
AWC del primo metro	bassa
drenaggio	moderatamente rapido



Questi suoli hanno le seguenti proprietà applicative:

“I suoli PVE1 sono adatti all'agricoltura (III_s), presentando tuttavia severe limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S2), con lievi limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria; sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (S3), con moderate limitazioni connesse alla CSC; hanno capacità protettiva elevata (E) nei confronti delle acque superficiali, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità; il loro valore naturalistico è basso (B).”

I suoli appartenenti all'unità pedologica **LG4** hanno come unità cartografica di riferimento il pedon classificato come 333-CSN1 e vengono così descritti:

“Il pedopaesaggio è quello della piana fluvio-glaciale e fluviale costituente il livello fondamentale della pianura formata per colmata alluvionale, rappresentano paleoalvei o depressioni di origine torrentizia, privi di sedimentazione attiva, delimitati da orli di terrazzi o raccordati alla pianura, con quota media di 130 m. slm e pendenza media del 0,2%; i suoli si sono sviluppati su depositi sabbioso-limosi. L'uso del suolo prevalente è costituito da cereali tipo frumento. I suoli CSN1 sono suoli profondi su orizzonti a scheletro molto abbondante, tessitura da moderatamente grossolana a media, scheletro frequente, reazione acida, subacida in profondità, saturazione bassa, CSC medio-bassa, AWC moderata, drenaggio buono e permeabilità moderata.”

Le interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:

Capacità d'uso	3 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni severe
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con lievi limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli adatti con moderate limitazioni
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Moderata
Capacità protettiva per le acque superficiali	Elevata
Valore naturalistico	Medio
Tessitura del primo metro	moderatamente grossolana
AWC del primo metro	moderata
drenaggio	buono



Questi suoli hanno le seguenti proprietà applicative:

“I suoli CSN1 sono adatti all'agricoltura (III_s), presentando tuttavia severe limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S2), con lievi limitazioni dovute alla granulometria; sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (S3), con moderate limitazioni connesse al pH e alla CSC; hanno capacità protettiva elevata (E) nei confronti delle acque superficiali, e moderata (M) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria; il loro valore naturalistico è medio (M).”

B - Media pianura idromorfa (LQ)

Interessa la fascia di territorio posta lungo il confine orientale del Comune di Robecco. È la zona della piana fluvioglaciale in cui, la falda freatica emerge in superficie o permane a scarsa profondità costituendo la fascia delle risorgive. Questa zona è delimitata a nord dalla linea ideale che congiunge i primi fontanili e termina a sud ove questi si organizzano in corsi d'acqua veri e propri.

In questo ambiente la pedogenesi è condizionata da processi di rideposizione dovuti alle acque correnti o stagnanti e, soprattutto, dalla saturazione idrica del suolo a diverse profondità e per periodi più o meno lunghi. Quando l'ambiente diviene asfittico, e l'ossigeno scarso o assente, molti processi microbiologici (nitrificazione) si arrestano, originando la presenza di torba, la cui formazione in tale contesto è più veloce dell'umificazione, o resti vegetali variamente decomposti.

Unità di paesaggio - Le depressioni corrispondenti alle zone di risorgenza ed ai collettori infossati (LQ1), con marcati fenomeni di idromorfia per la presenza di una falda semipermanente prossima alla superficie, sono alternate a superfici, subpianeggianti e parzialmente affrancate dall'idromorfia (LQ3), e a superfici relativamente stabili, con morfologia subpianeggiante od ondulata (LQ4), parzialmente interessate dalle principali linee di flusso e di raccolta delle acque di risorgiva, con limitati o nulli fenomeni di idromorfia



Le unità di paesaggio presenti sono:

- **LQ1**, corrispondente alle principali depressioni e testate di fontanili con drenaggio molto lento per la presenza di una falda semipermanente prossima al p.c.
- **LQ4**, corrispondente alle superfici modali stabili conservate, con morfologia pianeggiante.

I suoli appartenenti all'unità pedologica **LQ1** hanno come unità cartografica di riferimento il pedon classificato come 448-NIV1 e vengono così descritti:

“E' costituita da superfici interessate dalla presenza di fontanili, poste a circa 100 m slm, con pietrosità superficiale scarsa o nulla. Substrati costituiti da depositi fluviali e fluvioglaciali grossolani, non calcarei (ghiaie con limo e sabbia). Falda a circa 95 cm. Principale uso del suolo a seminativi avvicendati. I suoli NIV1 sono da moderatamente profondi a poco profondi limitati da orizzonti fortemente idromorfi, a tessitura moderatamente fine scheletro scarso o comune; drenaggio da mediocre a lento, permeabilità moderatamente bassa; AWC alta; sono suoli non calcarei, con reazione subacida o neutra e tasso di saturazione in basi medio”

Le interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:

Capacità d'uso	2 -Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni moderate
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con lievi limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli adatti con lievi limitazioni
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Moderata
Capacità protettiva per le acque superficiali	Moderata
Valore naturalistico	Basso
Tessitura del primo metro	moderatamente fine
AWC del primo metro	alta
drenaggio	mediocre

Questi suoli hanno le seguenti proprietà applicative:

“I suoli NIV1 sono adatti all'agricoltura (Ilw), presentando moderate limitazioni, legate alla presenza di acqua nel profilo che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S2t), con lievi limitazioni dovute alla presenza di falda,



e presentano problemi gestionali legati alla tessitura; sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (S2), con lievi limitazioni connesse alla presenza di falda e al pH; hanno capacità protettiva moderata (M) nei confronti delle acque superficiali per limitazioni legate al comportamento idrologico e al runoff, e moderata (M) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità e alla presenza di falda; il loro valore naturalistico è basso (B).”

I suoli appartenenti all’unità pedologica **LQ4** hanno come unità cartografica di riferimento il pedon classificato come 457 - NUO1 e vengono così descritti:

“L’unità è formata da 31 delinearzioni; la superficie complessiva è di 4167 ettari. Il pedopaesaggio è quello della porzione centrale della pianura con superfici modali stabili meglio conservate, a morfologia subpianeggiante od ondulata con quota media di 114 m. slm e pendenza media del 0,1%, prossime alle scarpate di raccordo con la valle del Ticino con suoli sviluppatisi su depositi sabbioso-limosi (sabbia grossa e fine silicea) talvolta con ghiaia. L’uso del suolo prevalente è costituito dai seminativi avvicendati, cereali, e prati stabili. I suoli NUO1 sono molto profondi, a scheletro assente o scarso, con tessitura moderatamente grossolana, a reazione neutra, saturazione alta, AWC moderata con drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderatamente elevata.”

Le interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:

Capacità d’uso	2 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni moderate
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con lievi limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli non adatti
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Bassa
Capacità protettiva per le acque superficiali	Elevata
Valore naturalistico	Basso
Tessitura del primo metro	moderatamente grossolana
AWC del primo metro	moderata
drenaggio	moderatamente rapido

Questi suoli hanno le seguenti proprietà applicative:

“I suoli NUO1 sono adatti all'agricoltura (IIs), presentando moderate limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S2), con lievi limitazioni dovute alla permeabilità e alla



granulometria; non sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (N), per limitazioni connesse alla CSC; hanno capacità protettiva elevata (E) nei confronti delle acque superficiali, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità; il loro valore naturalistico è basso (B).

C - Bassa pianura sabbiosa (LF)

La bassa pianura sabbiosa costituisce la porzione più meridionale del L.F.d.P. ed è caratterizzata da aree sufficientemente stabili; è costituita esclusivamente da sedimenti fluviali fini, privi di pietrosità superficiale e di scheletro nel profilo. La bassa pianura costituisce un areale ad elevata stabilità morfologica e vi si rilevano suoli evoluti e fertili in cui l'assenza di fattori di disturbo ha consentito una prolungata pedogenesi sui materiali d'origine con presenza di orizzonti d'alterazione o di illuviazione d'argilla in profondità.

Unità di paesaggio - La porzione più estesa di questo sottosistema è costituito dalla superficie modale (LF2), stabile e a morfologia subpianeggiante o leggermente ondulata è solcata da incisioni subcircolari con difficoltà di drenaggio (LF3) ed altre meandriforme (LF4) che costituiscono i paleoalvei degli antichi torrenti fluvioglaciali.

2.3.5.2 VALLI ALLUVIONALI DEI CORSI D'ACQUA OLOCENICI (SISTEMA V)

È il paesaggio delle valli fluviali, corrispondenti ai piani di divagazione attuali dei principali corsi d'acqua, attivi o fossili, e le loro superfici terrazzate.

L'origine del sistema V è dovuta all'incisione dei corsi d'acqua del reticolo idrografico attuale o recente; molti di essi, attivi già nel Pleistocene, continuano ad incidere o a sovralluvionare i propri depositi.

La dinamica dei corsi d'acqua olocenici, è stata prevalentemente di tipo erosivo; essi hanno inciso le proprie valli nella piana fluvioglaciale e fluviale, lasciando vari ordini di terrazzi, di età proporzionale alla quota sul corso d'acqua, ciascuno dei quali testimonia una precisa fase di stazionamento e di successiva incisione fluviale. Questi terrazzi sono affrancati dal corso



d'acqua, che incide o deposita frequentemente sulle superfici situate alla sua stessa quota (piane attualmente inondabili).

Nelle valli oloceniche si distinguono due sottosistemi:

- A. Superfici terrazzate (VT)
- B. Piane alluvionali inondabili (VA)

A - Superfici terrazzate, sospese sui corsi d'acqua attuali (VT)

Il sottosistema VT comprende i terrazzi alluvionali dell'Olocene antico, sospesi sul livello fluviale mediante scarpate erosive e non più inondabili; essi rappresentano precedenti alvei fluviali abbandonati in seguito ad una fase erosiva che ne ha provocato l'approfondimento.

La genesi dei terrazzi richiede l'alternanza di fasi deposizionale ed erosive, condizioni più volte ripetute nell'Olocene, innescate dalle variazioni di portata dei corsi d'acqua e dalle ripetute variazioni del livello di base (in questo caso il livello medio del mare). I suoli presenti sono mediamente evoluti nelle superfici stabili e variamente ringiovaniti su quelle in pendenza e nelle scarpate, più soggette a processi erosivi; nel milanese è più frequente il secondo caso, per cui la pedogenesi non è molto espressa. L'ambiente di tipo ossidativo favorisce l'alterazione dei minerali primari ed esprime suoli brunificati in cui la sostanza organica è incorporata alla frazione minerale. Questi suoli hanno tessitura grossolana o moderatamente grossolana, sono spesso pietrosi in superficie e scheletrici nel profilo, permeabili, a volte con orizzonti ad accumulo di sostanza organica, da subacidi e desaturati se evoluti fino a neutri o subalcalini e saturati dal complesso di scambio se recenti o poco evoluti.

Unità di paesaggio - Le unità sono distinte in base alla morfologia ed alla idromorfia, con terrazzi stabili a superficie pianeggiante o ondulata ed affrancati dall'idromorfia, delimitati da evidenti scarpate erosive (VT1), e terrazzi in cui il deflusso di acque provenienti da superfici più rilevate è causa di difficoltà nel drenaggio (VT2).



Le unità di paesaggio sono:

- **VT1**, corrispondente ai terrazzi fluviali stabili, delimitati da scarpate erosive evidenti, a morfologia pianeggiante o ondulata, comprendenti antiche linee di drenaggio (paleoalvei) lievemente ribassate ed affrancate all'idromorfia
- **VT2**, corrispondente ai terrazzi fluviali subpianeggianti, condizionati da un drenaggio lento, causato dal ristagno e dal deflusso di acque provenienti da superfici più rilevate. Coincidono spesso con paleoalvei, conche e depressioni.
- **VT4**,

I suoli appartenenti all'unità pedologica **VT1** hanno come unità cartografica di riferimento il pedon classificato come **111-BAO1/MAE1** e vengono così descritti:

“Il pedopaesaggio è quello delle superfici terrazzate costituite da alluvioni antiche o medie; i terrazzi fluviali stabili sono delimitati da scarpate erosive, a morfologia pianeggiante, con quota media di 111 m. slm e pendenza media di 0,3%, posti sempre sul livello superiore delle alluvioni vallive, con suoli sviluppati su substrati ghiaioso sabbiosi o limoso argillosi; si collocano sui livelli più alti delle alluvioni del Ticino. L'uso del suolo prevalente è costituito da cereali tipo mais. I suoli BAO1 sono sottili per substrato ciottoloso, con scheletro da frequente a molto abbondante, tessitura grossolana, reazione neutra, saturazione da bassa a media, AWC da molto bassa a bassa, drenaggio rapido e permeabilità moderatamente elevata; i suoli MAE1 sono suoli poco profondi o sottili limitati da orizzonti a tessitura fortemente contrastante, a tessitura moderatamente grossolana in superficie e grossolana in profondità, scheletro comune in superficie e abbondante in profondità, neutri, con saturazione molto alta, CSC media in superficie e molto bassa in profondità, AWC bassa, drenaggio buono e permeabilità moderatamente elevata.

interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:

Capacità d'uso	4 - Suoli atti all'agricoltura, limiti molto severi per BAO1, severi per MAE1
Attitudine spandimento reflui zootecnici	Suoli adatti con moderate/lievi limitazioni
Attitudine spandimento fanghi depurazione	Suoli non adatti
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Bassa



Capacità protettiva per le acque superficiali	Elevata per BAO1, moderata per MAE1
Valore naturalistico	Medio per BAO1, Basso per MAE1
Tessitura del primo metro	grossolana
AWC del primo metro	molto bassa per BAO1, bassa per MAE1
drenaggio	rapido per BAO1, buono per MAE1

I suoli **BAO1**, presenti in località Cascina Barcelletta a NO di Abbiategrasso hanno le seguenti proprietà applicative:

I suoli BAO1 sono adatti all'agricoltura (IVs), presentando tuttavia limitazioni molto severe, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S3), con moderate limitazioni dovute alla granulometria; non sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (N), per limitazioni connesse al drenaggio e alla granulometria; hanno capacità protettiva elevata (E) nei confronti delle acque superficiali, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria; il loro valore naturalistico è medio (M).-

I suoli **MAE1**, presenti in località Cascina Marchesonia, nel Comune di Robecco, hanno le seguenti proprietà applicative:

I suoli MAE1 sono adatti all'agricoltura (IIIs), presentando tuttavia severe limitazioni, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre la scelta delle colture e da richiedere speciali pratiche conservative; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S2), con lievi limitazioni dovute alla permeabilità, alla presenza di falda, alla granulometria e all'inondabilità; sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (S3), con moderate limitazioni connesse alla granulometria; hanno capacità protettiva moderata (M) nei confronti delle acque superficiali per limitazioni legate al comportamento idrologico, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità; il loro valore naturalistico è basso (B).

Appartenenti all'unità di paesaggio **VT1**, sono anche le unità cartografiche classificate come **112-MOR1/VIS1**, che vengono così descritte:

“Il pedopaesaggio è quello delle valli alluvionali oloceniche, su superfici terrazzate stabili costituite dalle alluvioni antiche o medie, con quota media di 102 m. s.l.m e pendenza media dello 0,4%. Il livello



terrizzato è ribassato di una decina di metri rispetto al livello fondamentale. Il substrato è costituito da ghiaie e sabbia grossolana, con utilizzazione prevalente dominata dal prato avvicendato. I suoli MOR1 sono sottili per scheletro molto abbondante, tessitura grossolana, scheletro abbondante; sono subacidi, presentano saturazione molto bassa, CSC bassa, AWC molto bassa, drenaggio rapido e permeabilità elevata; i suoli VIS1 sono suoli da moderatamente profondi a sottili, limitati da orizzonti fortemente scheletrici, a tessitura moderatamente grossolana con scheletro comune in superficie e molto abbondante in profondità, da acidi a subacidi, con saturazione bassa, CSC media in superficie molto bassa in profondità, AWC bassa, con drenaggio buono e permeabilità moderatamente elevata.

Le interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:

Capacità d'uso	4 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni molto severe
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con moderate/lievi limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli non adatti (MOR1), Suoli adatti con moderate limitazioni (VIS1)
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Bassa
Capacità protettiva per le acque superficiali	Elevata
Valore naturalistico	Medio
Tessitura del primo metro	grossolana
AWC del primo metro	molto bassa (MOR1), bassa (VIS1)
drenaggio	Rapido (MOR1), buono (VIS1)

I suoli **MOR1**, che hanno come località di riferimento la C.na Morosina, hanno le seguenti proprietà applicative:

“I suoli MOR1 sono adatti all'agricoltura (IVs), presentando tuttavia limitazioni molto severe, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S3p), con moderate limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria, e presentano problemi gestionali legati alla pietrosità; non sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (N), per limitazioni connesse al drenaggio e alla granulometria; hanno capacità protettiva elevata (E) nei confronti delle acque superficiali, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria; il loro valore naturalistico è medio (M).”



I suoli **VIS1**, che hanno come località di riferimento la C.nma Vismara, hanno le seguenti proprietà applicative:

“I suoli VIS1 sono adatti all'agricoltura (IVs), presentando tuttavia limitazioni molto severe, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S2p), con lievi limitazioni dovute alla permeabilità, alla granulometria e all'inondabilità, e presentano problemi gestionali legati alla pietrosità; sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (S3), con moderate limitazioni connesse al pH e alla CSC; hanno capacità protettiva elevata (E) nei confronti delle acque superficiali, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità; il loro valore naturalistico è medio (M).”

I suoli appartenenti all'unità pedologica **VT2** hanno come unità cartografica di riferimento il pedon classificato come **116-PTR1/SPI1** e vengono così descritti:

“Il pedopaesaggio è quello della delle valli alluvionali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili rappresentanti il reticolato idrografico olocenico; le superfici sono i terrazzi fluviali subpianeggianti che coincidono spesso con paleoalvei, conche e depressioni con quota media di 102 m. slm e pendenza media del 0,5%, con suoli sviluppatasi su depositi ghiaiosi a matrice sabbioso limosa. L'uso del suolo prevalente è costituito da cereali tipo frumento. I suoli PTR1 sono poco profondi su substrato ridotto (gley) o falda, con scheletro abbondante in superficie, frequente in profondità, a tessitura grossolana, da subacidi a neutri, saturazione da media ad alta in superficie, media in profondità, AWC da bassa a moderata, con drenaggio da mediocre a lento e permeabilità moderatamente elevata; i suoli SPI1 sono suoli profondi limitati dalla falda, a tessitura media con scheletro frequente in superficie e abbondante in profondità; subacidi, saturazione da media ad alta in superficie, molto alta in profondità, CSC media, AWC molto alta, con drenaggio mediocre e permeabilità moderata.”



Le interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:

Capacità d'uso	5 - Suoli adatti al pascolo e alla forestazione, limitazioni moderate (PTR1), 2 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni moderate (SPI1)
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con moderate limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli adatti con moderate limitazioni
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Bassa
Capacità protettiva per le acque superficiali	Moderata (PTR1), bassa 8SPI1
Valore naturalistico	Basso (PTR1), medio (SPI1)
Tessitura del primo metro	grossolana (PTR1), media (SPI1)
AWC del primo metro	bassa (PTR1), molto alta 8SPI1
drenaggio	lento (PTR1), mediocre (SPI1)

I suoli **PTR1**, che hanno come località di riferimento la C.na Pietrasanta, hanno le seguenti proprietà applicative:

I suoli PTR1 sono inadatti all'agricoltura (Vs), e, pur non mostrando fenomeni di erosione, presentano limitazioni difficilmente eliminabili, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da restringere l'uso al pascolo o alla forestazione o come habitat naturale; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S3dp), con moderate limitazioni dovute alla presenza di falda, e presentano problemi gestionali legati alla pietrosità e al drenaggio; sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (S3), con moderate limitazioni connesse alla presenza di falda e alla CSC; hanno capacità protettiva moderata (M) nei confronti delle acque superficiali per limitazioni legate al comportamento idrologico, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità; il loro valore naturalistico è basso (B).

I suoli **SPI1**, che hanno come località di riferimento la località Spianata del Portico, hanno le seguenti proprietà applicative:

“I suoli SPI1 sono adatti all'agricoltura (Ilws), presentando moderate limitazioni, legate alla presenza di acqua nel profilo e a caratteristiche negative del suolo che richiedono una opportuna scelta delle colture e/o moderate pratiche conservative; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S3), con moderate limitazioni dovute alla granulometria; sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione



(S3), con moderate limitazioni connesse alla granulometria e al pH; hanno capacità protettiva elevata (E) nei confronti delle acque superficiali, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla granulometria; il loro valore naturalistico è medio (M).”

Per i suoli **VT4** non vi sono unità cartografiche di riferimento specifiche.

B - Piane alluvionali inondabili (VA)

Interessa la vera e propria fascia golenale del Fiume Ticino. Sono le piane alluvionali attuali o recenti, laterali e alla stessa quota del corso d'acqua, costruite con dinamica prevalentemente deposizionale, e costituiscono la piana di tracimazione in occasione degli eventi di piena.

I corsi d'acqua hanno un regime a meandri, tipico della media e bassa pianura dove il fiume ha in carico il materiale fine e conserva una limitata capacità erosiva.

Qualunque ulteriore riduzione della capacità erosiva innesca condizioni di deposito. La pedogenesi nel VA è poco espressa, sia per la frequenza di episodi erosivi e deposizionali, sia perché queste superfici sono spesso sommerse. I suoli sono quindi scarsamente differenziati dal materiale di partenza e riflettono le particolari caratteristiche del corso d'acqua che ha depositato i sedimenti sui quali si sono formati. In generale presentano da lievi a forti problemi di idromorfia a causa delle periodiche variazioni del livello di falda, che talvolta può permanere in prossimità della superficie anche per lunghi periodi di tempo.

Unità di paesaggio - Fra le molteplici unità distinte nell'ambito delle piane alluvionali inondabili ne sono state distinte in provincia di Milano soltanto due, le superfici adiacenti ai corsi d'acqua ed isole fluviali (VA6), corrispondenti alle golene aperte o agli alvei di piena, e le superfici subpianeggianti (VA8), comprese fra i terrazzi e le aree più inondabili, da cui sono separate da gradini morfologici.



Sono le unità di paesaggio classificate come VA6, cioè la superficie adiacente al corso d'acqua, comprese le isole, che sono inondabili durante le piene ordinarie ed hanno come unità cartografica di riferimento il pedon classificato come **121-PRN1/VCT1** e vengono così descritti:

“Il pedopaesaggio è quello delle superfici adiacenti ai corsi d'acqua ed isole fluviali inondabili durante gli eventi di piena ordinaria, nelle piane di tracimazione e a meandri coincidono con le golene aperte, nelle piane a canali intrecciati e rettilinei si identificano con gli alvei, con quota media di 112 m. s.l.m. e pendenza media dello 0,5%; i suoli si sono sviluppati su depositi ghiaiosi a matrice sabbiosa. L'uso del suolo prevalente è costituito da prati permanenti irrigui, con aree comprese o prossime a superfici interessate da forte attività di estrazione di sabbie e ghiaie. I suoli PRN1 sono sottili su substrato ciottoloso, scheletro molto abbondante o abbondante, con tessitura moderatamente grossolana, reazione molto acida, saturazione molto bassa, AWC molto bassa, con drenaggio rapido e permeabilità moderatamente elevata; i suoli VCT1 sono suoli sottili limitati dal substrato ciottoloso, tessitura grossolana con scheletro abbondante in superficie e molto abbondante in profondità; sono subacidi, presentano saturazione bassa, CSC media in superficie e molto bassa in profondità, AWC molto bassa; drenaggio rapido e permeabilità elevata”

Le interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:

Capacità d'uso	4 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni molto severe
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con lievi limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli non adatti
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Bassa
Capacità protettiva per le acque superficiali	Moderata
Valore naturalistico	Basso
Tessitura del primo metro	moderatamente grossolana
AWC del primo metro	molto bassa
drenaggio	rapido

I suoli **PRN1**, che hanno come località di riferimento la località C.na Prinetti, hanno le seguenti proprietà applicative:

I suoli PRN1 sono adatti all'agricoltura (IVs), presentando tuttavia limitazioni molto severe, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S2), con lievi



limitazioni dovute alla permeabilità, alla granulometria e all'inondabilità; non sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (N), per limitazioni connesse al drenaggio, al pH e alla CSC; hanno capacità protettiva moderata (M) nei confronti delle acque superficiali per limitazioni legate all'inondabilità, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità; il loro valore naturalistico è basso (B)''

I suoli **VCT1**, che hanno come località di riferimento la località Visconti Madr., hanno le seguenti proprietà applicative:

''I suoli VCT1 sono adatti all'agricoltura (IVs), presentando tuttavia limitazioni molto severe, legate a caratteristiche negative del suolo, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S3), con moderate limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria; non sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (N), per limitazioni connesse al drenaggio e alla granulometria; hanno capacità protettiva moderata (M) nei confronti delle acque superficiali per limitazioni legate all'inondabilità, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria; il loro valore naturalistico è medio (M).''

Dell'unità di paesaggio **VA6** fanno pure parte i suoli definiti come unità cartografica **122-BSG1**, così descritta:

L'unità è distribuita su 4 delimitazioni diffuse in tutta la valle del Ticino con un'estensione di circa 1.600 ha. E' caratterizzata da superfici costituite da piani alluvionali parzialmente inondabili, adiacenti al corso del Ticino, poste alla quota media di 69 m. s.l.m. e con pendenza media praticamente nulla. Tale unità cartografica presenta pietrosità superficiale scarsa o nulla, con rischio d'inondazione alto o molto alto (in particolare l'area di Borgo Ticino e la fascia lungo il corso del Gravellone). Il parent material è costituito da depositi alluvionali grossolani mentre il substrato è formato essenzialmente da sabbia poco gradata non calcarea. Il principale uso del suolo è rappresentato dai pioppeti e vegetazione naturale igrofila (vi è un'intensa attività di cava soprattutto nel tratto a monte di Borgo Ticino). I suoli BSG1 sono profondi su falda, presentano permeabilità moderatamente elevata e drenaggio buono, tessitura grossolana e scheletro assente. Sono suoli non calcarei, a reazione subacida con tasso di saturazione in basi alto e con AWC bassa.

Le interpretazioni pedologiche li indicano con le seguenti caratteristiche:



Capacità d'uso	4 - Suoli adatti all'agricoltura, limitazioni molto severe
Attitudine allo spandimento dei reflui zootecnici	Suoli adatti con moderate limitazioni
Attitudine allo spandimento dei fanghi di depurazione	Suoli non adatti
Capacità protettiva per le acque sotterranee	Bassa
Capacità protettiva per le acque superficiali	Bassa
Valore naturalistico	Basso
Tessitura del primo metro	grossolana
AWC del primo metro	bassa
drenaggio	buono

I suoli **BSG1**, che hanno come località di riferimento la località Bosco Grande, hanno le seguenti proprietà applicative:

I suoli BSG1 sono adatti all'agricoltura (IVw), presentando tuttavia limitazioni molto severe, legate alla presenza di acqua nel profilo, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture e da richiedere accurate pratiche di coltivazione; sono adatti allo spandimento dei reflui zootecnici (S3), con moderate limitazioni dovute alla granulometria e all'inondabilità; non sono adatti allo spandimento dei fanghi di depurazione (N), per limitazioni connesse all'inondabilità e alla CSC; hanno capacità protettiva bassa (B) nei confronti delle acque superficiali per limitazioni legate all'inondabilità, e bassa (B) nei confronti di quelle sotterranee per limitazioni dovute alla permeabilità e alla granulometria; il loro valore naturalistico è basso (B).

2.4 – I caratteri idrografici

Con la determina D.g.r. 25 gennaio 2002, n.7/7868 e le successive modifiche ed integrazioni, la Regione Lombardia ha individuato il reticolo idrografico principale nell'intero territorio regionale, verificando poi la corrispondenza con i seguenti criteri:

- significatività dei bacini idrografici (bacini idrografici sottesi da corsi d'acqua superiori ai 2 Km)



- particolarità specifiche per corsi d'acqua di lunghezza <Km (rilevanze e/o problematiche di tipo idraulico-idrogeologico di tipo particolare, come presenza di interventi di versante, sbarramenti idraulici, derivazioni d'acqua)
- individuabilità dei tratti costituenti il reticolo principale .

L'area di studio presenta solo un corso d'acqua naturale di una certa rilevanza: il Fiume Ticino, che scorre in senso N-S e costituisce il limite occidentale dell'area del Comune, definendo il confine amministrativo anche regionale, ed un corso d'acqua artificiale d'importanza regionale, il Naviglio Grande che attraversando l'agglomerato urbano di Robecco e la porzione nordorientale del territorio comunale, scorre in senso NO-SE.

2.4.1 FIUME TICINO

Il Ticino nasce in Svizzera nel Cantone omonimo, nel massiccio del S.Gottardo alla quota di 2.685 m s.l.m. e, dopo aver costituito il Lago Maggiore, ridiventa fiume fino a confluire in Po in sponda sinistra presso Pavia.

Il bacino imbrifero complessivo misura 7.401 kmq, di cui però solo 802 Kmq interessano il tratto sublacuale. Tale tratto dal punto di vista morfologico presenta tre differenti paesaggi:

- **collinare della fascia pedemontana**, con quote comprese tra 500 e 300m s.l.m.,
- **alta pianura asciutta**, con quote tra 300 e i 100m e
- **bassa pianura** con quote inferiori a 100m.

Le portate del corso sublacuale, dipendenti essenzialmente dal deflusso del Lago Maggiore, sono comprese tra i 35 ed i 1.000-1.500 mc/s, con minimi nelle stagioni invernali (febbraio) ed estive (agosto, minimi assoluti) e massimi nelle stagioni intermedie (aprile-giugno e settembre-ottobre). Le derivazioni d'acqua per uso agricolo e industriale utilizzano un totale di 220-240mc/s. La portata media annua di deflusso nel cinquantennio 1943-1992 è stata di 279mc/s. La piena più grande di cui si conserva memoria storica risale al 1865, anno in cui le portate del fiume, secondo un calcolo di De Marchi, raggiunsero nel tratto sublacuale i 5.000mc/s. Altre piene significative sono state le seguenti (in ordine di valore di portata):



Data della piena	Portata (mc/s)
Ottobre 1993	2.500
Settembre 1981	2.200
Novembre 1951	2.000
Novembre 1963	1.810
Maggio 1983	1.802
Novembre 1968	1.770
Aprile 1986	1.676
Settembre 1960	1.630
Ottobre 1991	1.570
Ottobre 1976	1.530
Ottobre 1965	1.520

La piena del 1993 è stata la maggiore del secolo, con un tempo di ritorno di 125 anni. Il culmine di 2.500mc/s è stato raggiunto il 15 ottobre.

Nel territorio comunale di Robecco il Ticino scorre per poco più di 3Km con andamento pluricursale ed ampiezza del letto attorno ai 500-600m.

2.4.2 CANALE NAVIGLIO GRANDE

Il Canale Naviglio Grande deriva le sue acque dal Ticino, in località Panperduto (Comune di Turbigo) e le convoglia fino a Milano con un percorso di circa 50 km con andamento NS fino ad Abbiategrasso e quindi OE da Abbiategrasso a Milano. Il Canale raggiunge portate massime di 60mc/s con efficienze particolarmente elevate (dell'ordine del 95%)

In un lavoro di carattere idrogeologico-idraulico relativo al progetto della regione Lombardia "Masterplan Navigli" si sono incrociati i dati di massimo livello piezometrico della falda con quelli di quota del fondo canale del Naviglio Grande, al fine di verificare eventuali connessioni tra le quote di falda e quelle del canale e quindi segnalare possibili situazioni di criticità per le sponde e per l'interferenza tra le acque superficiali e quelle della falda freatica, nei tratti in cui le quote di queste ultime superassero quelle di fondo canale in determinati periodi dell'anno.



Sezione di riferimento archivio	Località	Comune	Quota p.c. (ms.l.m.)	Quota fondo (ms.l.m.)	Prof. (m)
86	C.na Airoidi	Magenta	138,00	127,11	10,85
92	Limite comunale Magenta/Robecco	Magenta riva sx Robecco riva dx	136,90	125,34	11,56
96	Molinazzo	Robecco s. Nav.	133,50	124,32	9,16
102	P.te di Robecco	Robecco s. Nav	130,00	122,54	7,46
107	C.na Rosa	Robecco s. Nav/ Cassinetta di L.	126,00	122,05	3,95

Questo studio ha evidenziato che le quote di fondo canale sono inferiori a quelle di massimo livello e pertanto tale corso d'acqua si presenta nel tratto comunale con la massima criticità e pertanto, specie nei mesi estivi, si possono verificare problemi determinati dalla interferenza con la falda (cedimento delle pareti del canale, alla cessione di acqua di falda a quelle del naviglio o viceversa etc.)

Poiché il tratto di criticità dell'intero Naviglio, dal ponte di Turbigo a Milano, copre il 78% dell'intero percorso, viene facilmente spiegata l'efficienza del canale: la perdita di acqua risulta spesso impossibile per il semplice fatto che i terreni ove il canale scorre sono essi stessi saturi.

2.4.3 RETICOLO IDROGRAFICO MINORE

Oltre ai due principali corsi d'acqua l'intera area è interessata poi da un fitto reticolo minore ad uso irriguo, costituito da rogge, canali, rii nonché fossi adacquatori e colatori che disegnano una maglia molto ben caratterizzata a seconda che il sistema irriguo sia a monte o a valle dell'orlo di terrazzo principale.

Tale sistema irriguo si presenta in modo geometrico regolare, disegnando appezzamenti di coltivi di forma rettangolare e di superficie grossomodo uniforme, di dimensione attorno ai 200x50m e relativi multipli.

Nel settore vallivo il sistema irriguo è invece meno regolare, con canali che ripercorrono le sinuosità delle divagazioni fluviali pregresse a ribadire una costruzione del paesaggio agricolo condizionata dalle strutture morfologiche preesistenti.



Le aree poste a coltura e le aree boschive delimitate dalla rete irrigua hanno quindi forma irregolare e perimetro curvilineo con superfici molto differenziate.

A questo proposito si sono individuati nell'area di pianura del territorio comunale i seguenti corsi d'acqua:

- Roggia Limido-Cavo Negri
- Roggia Soncino

e nella Valle del Ticino.

- Canale Delizia
- Roggia Calderara (detta anche roggia Donda)
- Cavo Citterio
- Roggia Gregora
- Roggia Verga
- Roggia Remarcetta
- Roggia Remarcia
- Roggia Bacile
- Cavo Menegatta
- Roggia Guadari

2.4.3.1. CANALE DELIZIA.

Il Canale ha origine in località Bosco Prinetti (comune di Magenta) e si sviluppa per complessivi 4,5 Km, di cui 2,5 in territorio di Robecco ove confluisce in riva sinistra Ticino presso Villa Corbellino.

2.4.3.2. ROGGIA CALDERARA (DETTA ANCHE ROGGIA DONDA)

Si origina fuori dal Comune di Robecco e s'immette nel Cavo Comi ad Abbiategrasso dopo aver attraversato i territori di Magenta, Robecco sul Naviglio, Abbiategrasso. La lunghezza complessiva è di 6 km. Con il toponimo di "Roggia Calderara" viene anche denominato un più



breve ramo che si sviluppa come prelievo di acque dal Canale Delizia in località Bosco Fasolo, nel comune di Robecco; quindi decorre per 2km all'interno del territorio comunale in senso NO-SE per continuare il proprio corso in Comune di Abbiategrasso.

2.4.3.3 CAVO CITTERIO

Ha origine nel comune di Magenta come colatura, entra nel Comune di Robecco in località C.na Crera e lo percorre per circa 3,5 km per poi unire le sue acque a quelle della Roggia Calderara e formare in territorio di Abbiategrasso il Cavo Castagnolo (Roggia Gambarera). La lunghezza complessiva è di 10 km.

2.4.3.4 ROGGIA GREGORA

Nasce in territorio di Magenta presso la località C.na Regina, entra in territorio comunale di Robecco all'altezza della C.na Marchesonia; percorre l'intero territorio comunale per circa 3,7km e prosegue verso Abbiategrasso oltre la C.na Fasolo.

2.4.3.5 ROGGIA VERGA

Si sviluppa dalla Roggia Lucertone ai margini Nord del territorio comunale in località Molino Marchesoni; decorre per 4Km scambiando le sue acque con la Roggia Gregora, per poi unirsi in territorio di Abbiategrasso alla Roggia Bacile

2.4.3.6 ROGGIA REMARCETTA

Si forma dalla Roggia Remarcio in località C.na Marchesonia, in territorio di Robecco; prosegue per 1,7km per esaurire poi le sue acque a scopo irriguo nei coltivi a nord della C.na Cambiaga.



2.4.3.7 ROGGIA REMARCIA

Prosegue il corso della Roggia Lucertone definendo il confine comunale tra Robecco e Magenta per un tratto di 500m. Dopo ulteriori 300m, appena dopo la C.na Marchesonia, si divide in due tronconi dando origine alla Roggia Remarcetta e alla Roggia Bacile .

2.4.3.8 ROGGIA BACILE

Si sviluppa dalla Roggia Remarcia per proseguire per circa 4km in comune di Robecco e continuare poi in Comune di Abbiategrasso ove va a congiungersi con la Roggia Verga in località Spianata del Portico. Gli ultimi 800m nel comune di Robecco costituiscono il limite comunale con Abbiategrasso.

2.4.3.9 CAVO MONEGATTA

Nasce all'interno del territorio comunale, sotto l'abitato di Costerno; dopodiché decorre per 2 km prima di proseguire in territorio di Abbiategrasso.

2.4.3.10 ROGGIA GUADATE

Nasce in territorio di Magenta e interessa nel suo ultimo tratto il territorio di Robecco per poco più di 1km; si conclude in località Molino Marchesoni.

2.4.3.11 ROGGIA LIMIDO/CAVO NEGRI

Tale corso, parallelo al Naviglio Grande, decorre per circa 3,5km nella parte nord del territorio comunale, attraversando l'agglomerato urbano; il percorso si sviluppa prima di fianco al Naviglio, in riva sinistra, con direzione NO-SE poi, dopo la C.na Bassana, compie una secca curva e si porta in direzione O-E.



2.4.3.12 ROGGIA SONCINO

In alcune carte tale Roggia è assimilata alla precedente; nella CTR con questo toponimo viene indicata una derivazione della Roggia Limido/Cavo Negri che poco più a sud della C.na Bassana si biforca in due canali il cavo Negri che corre più a nord, con percorso O-E e la Roggia Soncino appunto che decorre più a sud sempre con la medesima direzione. Il tratto compreso nell'area comunale è di circa 1,3km.

Dal sito della Provincia di Milano, si è ricavata la seguente tabella che informa i quantitativi d'acqua utilizzati ad uso irriguo nel Comune di Robecco.

corso d'acqua	uso	mc anno 2003
Vergo	irriguo	250
Roggia Remarcetta	irriguo	300
Roggia Laghetto	irriguo	150
Roggia Gandalosso	irriguo	200
Roggia Fontane	irriguo	150
Laghetto	irriguo	50
Remarcia	irriguo	10
Verghetto	irriguo	30
Remarcetta	irriguo	30
Calderara	irriguo	3000
Vergo	irriguo	96
Fontane o Asta del Fontanile	irriguo	100
Cavo Castagnolino	irriguo	55000
Roggia Bacile	irriguo	2300
Roggia Monegatta	irriguo	176
Cavo Clari Calderari	irriguo	1800
Remarcia	irriguo	10000
Font.S. Ambrogio	irriguo	5500
Roggia Laghetto	irriguo	58000
Roggia Rognoni	irriguo	29500
Tre Fontane	irriguo	1000
Laghetto	irriguo	250
Santa Marta	irriguo	300
Gandarosso	irriguo	200
Tre Fontane	irriguo	100



Laghetto	irriguo	100
Guada'	irriguo	300
Roggia Vergo	irriguo	150
Bascile	irriguo	700
Popula	irriguo	440
Plama	irriguo	5890
Vergo	irriguo	300
Vergo	irriguo	18
Sorgente Verga	irriguo	650
Vergo	irriguo	500
Rog.ne Pratomaggiore	irriguo	3800

2.4.3.13 FONTANILI

Fanno parte delle acque di superficie anche le risorgenze artificiali, meglio note come fontanili, la cui configurazione, è dovuta all'opera dell'uomo che è intervenuto per meglio captare e utilizzare le acque. Essi rappresentano l'emergenza della falda freatica sul piano campagna infatti la loro origine, è legata alla minore permeabilità che le acque di falda incontrano nel potente materasso sabbioso-ghiaioso-limoso che costituisce il terreno sede dell'acquifero.

Il carico idraulico che dalle propaggini collinari poste a nord spinge verso sud le acque sotterranee trova nell'elevata permeabilità dei sedimenti ghiaiosi e sabbiosi un facile mezzo di percorrenza; quando alle sabbie e alle ghiaie si accompagnano però frazioni di terreno più fine, quali limi e argille, la permeabilità diminuisce, e le acque così sospinte entrano in pressione. Approssimandosi al piano campagna il livello freatico può venire raggiunto artificialmente con l'immissione di tubi nel terreno in modo da liberare le acque sotterranee dalla pressione cui sono sottoposte e favorirne la risalienza per artesianità fino al piano campagna

Le acque dei fontanili mantengono le medesime temperature medie/annue delle località in cui si trovano, oscillando tra i 10 e i 14 gradi centigradi, con escursioni termiche annuali che superano raramente i 4 gradi. Presentano minimi in febbraio-marzo e massimi in ottobre-novembre, con un ritardo di qualche mese sulle oscillazioni termiche stagionali.

A completamento dell'idrografia superficiale, vanno quindi segnalati anche i fontanili presenti nell'area comunale, attivi o no. Sotto il nome di "fontanili" si è trovato ad esempio che vengono accorpate un certo numero di emergenze idriche di cui però solo due hanno la vera e propria connotazione di "fontanile" come viene sopra spiegato.



Le altre manifestazioni sorgentizie sono vere e proprie sorgenti che, seppur ampliate e ripulite dall'uomo, non hanno la caratteristica idrogeologica che specifica il fontanile, vale a dire:

- risalianza per leggera artesianità dovuta alla pressione contro sedimenti più fini,
- ubicazione nell'area di pianura,
- venuta a giorno grazie a tubazioni drenanti,
- morfologia tipica costituita da area di testa e cavo emissario.

Le altre sorgenti sono di due tipologie:

- sorgenti poste al piede della scarpata morfologica
- sorgenti dovute all'emergenza della falda freatica

Le seguenti tabelle descrivono tutte le manifestazioni sorgentizie censite e rilevata nel territorio comunale in data 16 marzo 2006.

Denom. e identificativo	Fontanile Gallo (I)
Località	Castellazzo de' Barzi
Quota (m s.l.m.)	133
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose del fluvioglaciali Wurm
Tipologia	Fontanile attivo
Descrizione	Testa e cavo ben evidenti, presenza di vegetazione all'intorno tipica delle zone di fontanile, manutenzione effettuata
Presenza d'acqua	Assente, ma presenza di umidità a denotare il recente abbassamento dovuto a maggiore soggiacenza della falda freatica

Denom. e identificativo	Fontanile Confalonieri (II)
Località	Castellazzo de' Barzi, al limite con il Comune di Magenta presso la C.na S.Maria Rosa
Quota (m s.l.m.)	134
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose del fluvioglaciali Wurm
Tipologia	Fontanile attivo
Descrizione	Testa e cavo ben evidenti, presenza di vegetazione all'intorno tipica delle zone di fontanile, manutenzione effettuata
Presenza d'acqua	Presente, ma ferma, per le ragioni citate in (I)



Denom. e identificativo	Tre fontane (III)
Località	Presso Cascinello Marani
Quota (m s.l.m.)	114
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose- ciottolose del fluvioglaciali post-Wurm
Tipologia	Sorgente di piede scarpata
Descrizione	La sorgente si manifesta ai piedi di un'incisione della scarpata morfologica, in un boschetto. Le scaturigini sono tre e l'acqua viene raccolta in un unico corso
Presenza d'acqua	Presente, limpida e scorrente in buona quantità

Denom. e identificativo	IV
Località	Alla base della scarpata morfologica ove è sito Casterno
Quota (m s.l.m.)	113
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose- ciottolose del fluvioglaciali post-Wurm
Tipologia	Sorgente di piede scarpata
Descrizione	La sorgente si manifesta a 40 m dal piede scarpata, in mezzo ad un prato. Lo scavo ha favorito l'emergenza dell'acqua che defluisce lungo un canale.
Presenza d'acqua	Presente, limpida e scorrente

Denom. e identificativo	Cavo Monegata (V)
Località	Alla base della scarpata morfologica ove è sito Costerno, presso il campo sportivo
Quota (m s.l.m.)	113
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose- ciottolose del fluvioglaciali post-Wurm
Tipologia	Sorgente di piede scarpata
Descrizione	La sorgente si manifesta al m dal piede scarpata, in mezzo ad un boschetto dando origine al Cavo Monegata.
Presenza d'acqua	Presente, scarsa quantità



Denom. e identificativo	Sorgente Mulino di S.Marta (VI)
Località	Alla base della scarpata morfologica presso il mulino di S.Marta
Quota (m s.l.m.)	114
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose- ciottolose del fluvioglaciali post-Wurm
Tipologia	Sorgente di piede scarpata
Descrizione	Le sorgenti sono due: una alla base della biforcazione tra le due strade asfaltate, quella che va a Cascinazza e quella che porta in Valle, a monte del mulino; l'altra a circa un centinaio di metri da questa, sotto la scarpata della strada che va a Cascinazza.. La prima alimenta la roggia del mulino, la seconda impingua un corsello che fluisce verso Cascinazza
Presenza d'acqua	Presente, limpida e scorrente in discreta quantità

Denom. e identificativo	VII
Località	Alla base della scarpata morfologica tra il mulino di S.Marta e il depuratore
Quota (m s.l.m.)	109
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose- ciottolose del fluvioglaciali post-Wurm
Tipologia	Sorgente di piede scarpata
Descrizione	E' una polla discosta dal cavo Monegata posta ai piedi della scarpata in un folto bosco.
Presenza d'acqua	Presente, limpida, non scorrente.

Denom. e identificativo	Fontana Gelata (VIII)
Località	Nella valle del Ticino, presso il confine comunale con Magenta, in dx orografica al corso d'acqua "Ramo della Delizia"
Quota (m s.l.m.)	105
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose-ciottolose del fluviale recente
Tipologia	sorgenti dovute all'emergenza della falda freatica
Descrizione	La sorgente è all'interno dell'area boschiva "Boschi della Fagiana" si presenta come un'ampio specchio d'acqua circondato dal bosco
Presenza d'acqua	Presente, limpida, non scorrente



Denom. e identificativo	IX
Località	Nella valle del Ticino, presso il confine comunale con Magenta, in sx orografica al corso d'acqua "Ramo della Delizia"
Quota (m s.l.m.)	105
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose-ciottolose del fluviale recente
Tipologia	sorgenti dovute all'emergenza della falda freatica
Descrizione	La sorgente è all'interno dell'area boschiva "Boscaccio" si presenta come uno scavo circondato dal bosco
Presenza d'acqua	Assente, ma presenza di umidità a denotare il recente abbassamento dovuto a maggiore soggiacenza della falda freatica

Denom. e identificativo	X
Località	Carpenzago, tra Molinetto e Mulino Ceriani
Quota (m s.l.m.)	117
Geologia	Alluvioni sabbioso-ghiaiose- ciottolose del fluvioglaciali post-Wurm
Tipologia	Sorgente di piede scarpata
Descrizione	Le sorgenti sono almeno tre: una a circa 200m dal Molinetto, verso il confine con Magenta: si tratta di un'incisione ai piedi della scarpata morfologica ampliata con scavi successivi; la seconda alimenta un lavatoio in fronte al Molinetto e la terza è posta a monte di questo a lato della strada e alimenta un piccolo corso d'acqua. Tutta l'area di pianura ai piedi della scarpata risulta imbibita d'acqua.
Presenza d'acqua	Assente nella sorgente a 200m dal molinetto, presente ma in scarsa quantità nel lavatoio, presente, limpida e scorrente sotto la strada.

2.5 - I caratteri idrogeologici

L'area di studio è dominata dalla presenza di sedimenti di origine fluviale e fluvioglaciale che in grande abbondanza ricoprono i terreni del pleistocene marino.

Questi sedimenti sono generalmente molto permeabili per ciò che concerne i depositi alluvionali recenti ed il fluvioglaciale Wurm. La permeabilità diminuisce leggermente per i depositi di età Rissiana e Mindeliana. Si passa cioè da un coefficiente di permeabilità $K > 10E^{-3}$ cm/sec per i sedimenti wurmiani ad un valore di K fra 10^{-3} e 10^{-5} per i sedimenti più antichi.



Tale diminuzione di permeabilità è da attribuirsi alla maggior alterazione degli elementi litoidi ed al cappellaccio argilloso che tali sedimenti presentano.

Lo schema idrogeologico è rappresentato da un sistema multistrato ove, ad una falda superficiale libera che si rinviene a profondità variabile da 1-2 metri (valle del Ticino) a oltre i 5 metri (zona di pianura), fanno seguito falde più profonde in pressione, divise tra loro sia verticalmente che orizzontalmente da lenti argillose o limoso-argillose semipermeabili.

UNITA' LITOLOGICHE		UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		UNITA' STRATIGRAFICHE	ETA'	UNITA' IDROGEOLOGICHE
Mazzarella S. e Martinis B.		Francani V. e Pozzi R.		A.G.I.P.		Avanzini M. et Al.
LITIZONA GHIAIOSO-SABBIOSA	ACQUIFERO TRADIZIONALE	FLUVIOGLACIALE WURM AUCT. (Diluvium recente)	I ACQUIFERO	ALLUVIONE	PLEISTOCENE SUPERIORE	UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSA
		FLUVIOGLACIALE RISS-MINDEL AUCT. (Dil. Medio-Antico)	II ACQUIFERO		PLEISTOCENE MEDIO	UNITA' GHIAIOSO-SABBIOSO-LIMOSA
		CEPPO AUCT.				UNITA' A CONGLOMERATI E ARENARIE BASALI
LITIZONA SABBIOSO-ARGILLOSA	ACQUIFERI PROFONDI	VILLAFRANCHIANO	III ACQUIFERO	SABBIE DI ASTI	PLEISTOCENE INFERIORE	UNITA' SABBIOSO-ARGILLOSA (facies continentali e di transizione)
LITIZONA ARGILLOSA					(CALABRIANO)	UNITA' ARGILLOSA (facies marina)

(da "Le risorse idriche della Provincia di Milano, 1995")

Una buona schematizzazione dei vari acquiferi è quella riportata nel lavoro di Avanzini e Al.(1995) riportata a pagina seguente in cui vengono correlate unità litografiche, stratigrafiche, idrostratigrafiche e geologiche derivate da studi precedenti.

Tale schema comprende tutte le unità che fanno parte del serbatoio geometricamente identificato, il cui limite in profondità si colloca mediamente nella unità idrogeologica argillosa in facies marina.

Da nord a sud, infatti, i successivi eventi deposizionali hanno determinato una selezione granulometrica del materiale sedimentato che, semplificando, può essere rappresentata come una continua diminuzione delle dimensioni, con conseguente diminuzione del grado di



permeabilità. Tale semplificazione, valida a scala regionale, è però poco rappresentativa alla scala locale in quanto le molteplici divagazioni delle fiamme postglaciali e interglaciali hanno costruito una più complessa struttura stratigrafica, tanto che appare ardua una correlazione in mancanza di perforazioni tra loro vicine.

L'analisi dei dati stratigrafici relativi ai pozzi effettuati nell'area mostrano che l'acquifero multistrato della zona di Robecco ha uno spessore sicuramente maggiore di 100m nell'area di pianura. A questo proposito si segnala la stratigrafia del pozzo dell'acquedotto di via Crocefisso che segnala il limite delle argille plioceniche alla quota di -185m dal p.c., corrispondente ad una quota di circa -50m s.l.m. Poco oltre tale livello corrisponde l'interfaccia con le acque salmastre profonde, che hanno assunto il significato di base dell'acquifero tradizionale e quindi superficie del fondo impermeabile.

L'analisi dei carotaggi elettrici AGIP, dei "cuttings" e delle colonne litologiche dei pozzi stessi, evidenziano come questa superficie sia attorno ai -100 metri s.l.m. all'altezza di Romentino (prov. di Novara, in sponda destra al F.Ticino, a circa 8 km in direzione NO)

Al di sotto di questa interfaccia le acque salmastre si possono considerare come acque fossili, con un comportamento, rispetto alle soprastanti acque dolci, non regolabile dalle normali leggi dell'idraulica.

L'alimentazione delle falde avviene nella fascia pedemontana e nello spesso materasso alluvionale che costituisce il livello fondamentale della pianura.

Tale alimentazione è favorita dalla grande permeabilità dei depositi e da una piovosità media molto più abbondante che nella fascia centrale e meridionale della pianura milanese (circa 300-400 mm di pioggia in più in uno stesso periodo di confronto).

Vi è quindi una costante ricarica di acqua che alimenta i diversi acquiferi superficiali e profondi che vanno poi a caratterizzare l'area di pianura. Tali acquiferi profondi possono essere classificati localmente come "acquiclude" vale a dire acquiferi ben individuati nello spazio, confinati a tetto e a letto, in modo tale da non permettere miscelazione tra le falde.

In realtà considerando l'andamento litologico sotterraneo, non si riscontrano vere e proprie condizioni di "acquiclude" ad una scala maggiore; pertanto è più esatto parlare di acquiferi con limitate possibilità di scambio (acquitard): le varie lenti a granulometria fine, infatti, non costituiscono in spessore ed in ampiezza, quelle rigide barriere che un "acquiclude"



comporterebbe. Va da sé che la ridotta permeabilità consente anche in senso orizzontale quel filtraggio e quella depurazione del corpo idrico che avviene, verticalmente, negli acquiferi profondi.

In uno studio effettuato dalla S.G.A. nel 1986 per conto del Consorzio di Bonifica Canale Villoresi, ed esteso all'area compresa tra Adda e Ticino, si poneva una certa attenzione al parametro della "portata specifica", intesa come rapporto

$$Q/dH$$

con

Q = portate emunte dai pozzi durante le prove di collaudo effettuate dal perforatore

dH = abbassamento del livello freatico dovuto all'estrazione di Q.

Questo parametro, che determina la relazione tra una portata estraibile ed il corrispondente abbassamento del livello dinamico e' condizionato dalla conducibilità idraulica dei terreni perforati e quindi è un indicatore delle caratteristiche idrodinamiche di questi: un alto valore di Q/dH è indice di terreni con una buona permeabilità (sabbie e ghiaie prevalenti), mentre un valore basso, viceversa, indica scadente permeabilità, tipica dei terreni con alto tenore argilloso.

L'area in esame presenta valori particolarmente elevati in quanto la portata specifica è tra i 10 e i 15 litri metro/secondo. Ciò significa (nel caso di $Q_s = 10$ l/s) che per far abbassare di un metro il livello di falda è necessario pompare 10 l/s. Questo valore indica terreni permeabili, quindi a prevalente composizione ghiaioso-sabbiosa.

2.5.1 STRUTTURA IDROGEOLOGICA

Come già detto l'area è considerata, a scala regionale, come un sistema multistrato-multifalda la cui base impermeabile è data dall'interfaccia acqua dolce-acqua salata ed il cui acquifero superficiale è molto profondo.

La tabella seguente elenca i pozzi censiti di cui è disponibile la scheda tecnica e la relativa stratigrafia.



A) TABELLA DATI ANAGRAFICI

N. IDENTIF.	PROF. (m dal p.c.)	INDIRIZZO	DATA ESECUZIONE	QUOTA (m s.l.m.)	UTILIZZO/PROPRIETA'
1	86	Cortile municipio	Febbraio 1954	128,43	Acquedotto/Comune Robecco
2	86		Novembre 1964	130,00	Acquedotto/Comune Robecco
3	96	S.S. n.526	Aprile 1978	126,02	Acquedotto/Comune Robecco
4	185	Via Crocefisso	Ottobre 1990		Acquedotto/Comune Robecco
5	204	Via Crocefisso	Novembre 1990		Acquedotto/Comune Robecco
6	60		1961	120,41	Acquedotto/Com. Abbiategrasso
7	90	Ospedale di Magenta	Settembre 1967		Acquedotto/ Ospedale di Magenta
8	70	Cortile municipio	Ottobre 1963	124,00	Acquedotto/Com. Cassinetta di L.

B) TABELLA DATI TECNICI

N. IDENTIF.	LIV. STATICO	LIV. DINAMICO	PORTATA (l/s)	PORTATA SPECIFICA	TRATTI FILTRATI
1	3,55				41/57 – 61,3/67,3 – 75,3/80,3
2	5,43	17,43	50	4,16	58/82
3	5,8	19,7	59,52	4,28	35/41 – 59/69 – 76/86
4	6,7	15,83	76,84	8,41	112,45/118,47 – 121,47/125,49 – 128,49/136,53 – 145,43/151,46 – 160,97/164,99
5	5,3	11,15	71,56	12,23	128,89/134,93 – 145,92/151,95 – 170,94/183
6					34,94/58
7	2,7	16,9	71	4,8	41/53 – 60/72 – 83/86,5
8	0,9	3,16	26	11,5	33,46/35,5 – 44,56/50,8 – 62,47/67,69

Come si può notare dai dati tecnici raccolti nei singoli pozzi, la portata specifica aumenta con l'aumento della profondità dei filtri, indice di terreni sabbioso-ghiaiosi a più alta permeabilità oltre i 100m di profondità dal p.c.



Esaminando la sezione idrogeologica tracciata in senso NE-SO, risulta evidente il potente deposito fluvioglaciale, quasi uniformemente costituito da ghiaie e sabbie, intercalate localmente con lenti di ridotto spessore, ove è presente una matrice più fine (limi e argille).

2.5.2 PIEZOMETRIA

Esaminando l'andamento delle linee di flusso, si evidenzia che lo stesso è costante in direzione NNE-SSO, con la Valle del Ticino che rappresenta l'asse drenante del livello di falda e quindi limite idrogeologico orientale del sistema acquifero superficiale, mentre il gradiente idraulico si mantiene costante.

A livello pianificatorio prima, ed edificatorio poi il dato più interessante è la soggiacenza minima, cioè la maggior vicinanza del livello freatico alla superficie del terreno.

CODICE POZZO	COMUNE	QUOTA POZZO (m s.l.m.)	SOGGIACENZA (metri dalla bocca pozzo)	QUOTA PIEZOMETRICA (m s.l.m.)
0150020004	Abbiategrasso	120,41	5,6	114,81
0150610001	Cassinetta di L.	124,70	2,23	122,47
0151840001	Robecco S.N.	128,43	3,29	125,14
0151840003	Robecco S.N.	126,02	4,1	121,92
0151840023	Robecco S.N.	108,78	1	107,78
0151300013	Magenta	138,44	4,17	134,27
0151300056	Magenta	143,30	2,24	141,06
0151300061	Magenta	115,56	3,62	111,94

Interpolando i dati numerici con isocurve corrispondenti alle quote piezometriche si verifica che:

- L'andamento della falda freatica è NE-SO
- Il gradiente idraulico è attorno al 5-6 per mille
- La soggiacenza è attorno ai 5-7m nell'area di pianura, meno di 2m nell'area di valle
- Si ha un leggero cambiamento di direzione del flusso di falda che da O a E passa da un andamento NE-SO ad uno più marcatamente NS



- Il Fiume Ticino costituisce la condizione occidentale al contorno e drena la falda superficiale

Il territorio comunale è stato suddiviso in zone in funzione della permeabilità delle diverse litologie presenti. Schematizzando una sezione verticale del terreno osserviamo dall'alto verso il basso, il suolo, la zona di areazione e la zona di saturazione occupata stabilmente dalla falda freatica. In base a questa suddivisione sarà poi valutata la vulnerabilità della falda superficiale.

All'interno della carta idrogeologica sono riportate le seguenti indicazioni:

- LINEE ISOPIEZOMETRICHE – Linee di punti con ugual quota piezometrica rispetto al livello del mare;
- DIREZIONE DI FLUSSO DELLA FALDA – Indicazione delle linee di drenaggio con cui si muove la falda;

Indicativamente per le litologie presenti possiamo fornire il seguente schema di permeabilità:

DESCRIZIONE	LITOLOGIA	PERMEABILITA' (cm/sec)	SUOLO E/O STRATO DI ALTERAZIONE	GRADO DI VULNERABILITA' DELLA FALDA
I – PERMEABILITA' LENTA	Depositi fluvio glaciali da wurmiani a tardo rissiani costituiti superiormente da sabbie e limi passanti a depositi di ciottoli, ghiaie, sabbie intercalati a livelli o lenti limoso argillose	$K=10^{-3} - 10^{-6}$	Suoli da profondi a molto profondi a drenaggio mediocre – buono con spessori mediamente superiori al metro. Permeabilità superficiale bassa	MOLTO BASSA
II – PERMEABILITA' MEDIOCRE	Depositi alluvionali da antichi ad attuali e depositi fluvio glaciali wurmiani costituiti da ciottoli, ghiaie, sabbie e limi in percentuale variabile	$K=10^{-2} - 10^{-5}$	Suoli da moderatamente a molto profondi a drenaggio variabile con spessore compreso tra 0.6 e 1.5 m. Permeabilità superficiale bassa	MEDIO - ALTO
III – PERMEABILITA' BASSA – MODERATAM ENTE BUONA	Depositi fluvio glaciali eterogenei costituiti da ciottoli, ghiaie, sabbie	$K=10^{-1} - 10^{-4}$	Suoli a profondità e drenaggio molto variabile Permeabilità superficiale da bassa a alta	ALTO – MOLTO ELEVATO
IV – PERMEABILITA' BUONA	Depositi fluvio glaciali eterogenei costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie	$K=10^{-1} - 10^{-3}$	Suoli da poco sviluppati a assenti	ELEVATO – MOLTO ELEVATO



2.5.3 CARATTERISTICHE IDROCHIMICHE

Sono stati presi in considerazione dati relativi alle caratteristiche idrochimiche della falda pubblicati in uno studio effettuato nel 1991 dal Politecnico di Milano, che ha campionato le acque dei pozzi, laghi di cava e fontanili integrati da altri studi effettuati dal l'USSL e dalla Provincia di Milano (1995). I parametri esaminati si riferiscono alla concentrazione dei composti Organo-Alogenati, Nitrati, ed ai valori della durezza e della conducibilità elettrica.

Composti organo-alogenati

Essi sono presenti in prodotti di enorme diffusione nei cicli produttivi e quindi di impatto rilevante sulle acque di falda (tetracloroetilene, tricloroetilene).

La concentrazione massima ammissibile di questo composto è stata fissata dal DPR 236/88 a 30 microgrammi/litro. Nel comune di Robecco tali valori sono stati stimati sotto il valore medio di 5 microgrammi/litro, quindi al di sotto della soglia di legge.

Nitrati

La concentrazione massima dei nitrati secondo il D.Lgs 152/06 non deve superare i 50 mg/l, mentre il valore guida è di 5 mg/l e rappresenta il riferimento per la valutazione qualitativa e sanitaria. La presenza dei nitrati è dovuta essenzialmente a fenomeni di inquinamento organico-biologico dovuti a scarichi fognari, liquami zootecnici, concimazioni, pozzi perdenti. Nell'area di Robecco la concentrazione di nitrati è compresa in un range tra 10 e 30 mg/l.

Durezza

La durezza rappresenta la somma dei composti di Ca e Mg (eventualmente Sr e Ba) in essa presenti. Un'acqua si definisce dura quando non scioglie il sapone. La durezza di un'acqua è indice del suo grado di contaminazione; essa infatti aumenta nel caso di fenomeni di inquinamento. Il tenore medio di durezza in un'acqua non contaminata e con le caratteristiche chimiche tipiche della media pianura lombarda è compreso tra i 15 e 25 gradi francesi. (grado francese = 10 mg/l di CaCo₃). Facendo riferimento a tale valore le acque campionate ed analizzate nell'area in esame si presentano nella norma.



Conducibilità elettrica

Al pari della durezza anche il parametro della conducibilità è sensibile alla presenza di agenti inquinanti. Ad un aumento della mineralizzazione dell'acqua dovuto ad apporti esterni, corrisponde un aumento della conducibilità dell'acqua, intesa cioè come proprietà a farsi attraversare dalla corrente elettrica.

Il valore quindi indicato dal D.Lgs. 152/06 è pari a 400 uS/cm a 20 gradi centigradi. I valori medi registrati in pianura sono compresi tra 350 e 450 uS.

Nella valutazione poi delle caratteristiche idrochimiche della falda si deve tener conto dei "centri di pericolo" ("CDP") definiti come qualsiasi funzione, attività, insediamento, manufatto (ovvero modalità d'uso di insediamenti, manufatti ed aree), in grado di generare direttamente e/o indirettamente fattori reali o potenziali di degrado delle acque sotterranee. L'inquinamento degli acquiferi è infatti provocato dai rifiuti delle attività umane, di cui l'acqua è il veicolo di trasporto e di disseminazione ideale.

I maggiori pericoli di inquinamento, riportati nella Carta 1.2.3. del Quadro conoscitivo allegato al Documento di Piano, sono rappresentati da:

- *pozzi assorbenti (o perdenti)* dove sono talvolta scaricati inquinanti chimici difficilmente degradabili; in tal caso, l'introduzione delle sostanze contaminanti nel sottosuolo è immediata;
- *Vie di comunicazione importanti* (Autostrada e linea ferroviaria) dove ogni giorno transitano innumerevoli mezzi di trasporto con potenziali "bombe ad orologeria" pronte ad esplodere. Il caso poi vuole che i principali pozzi comunali utilizzati ai fini idropotabili, siano localizzati proprio in prossimità di queste strutture;
- *Attività industriali*. Visto che le opere di presa sfruttano le falde più superficiali, talvolta non coperte da adeguato strato impermeabile, un possibile evento incidentale potrebbe essere causa di un deterioramento delle caratteristiche organolettiche delle acque. Gli altri esempi riportati nella fig. 17 sono riconducibili a modalità di penetrazione e di assorbimento degli inquinanti collegate con la litologia e la permeabilità verticale della roccia.



- *Rete fognaria principale* . La maggior parte dell'area urbanizzata risulta servita da rete fognaria, tranne alcuni insediamenti presenti nell'ambito del centro abitato e nelle zone industriali. Le fasce di rispetto di tutti i pozzi sono interessate dal passaggio della rete fognaria.

Questi fattori naturali ed antropici comportano di solito un'amplificazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, aumentando di fatto la velocità di infiltrazione e abbattendo, di contro, la capacità di depurazione naturale della zona non satura, che è saltata tutta o in parte.

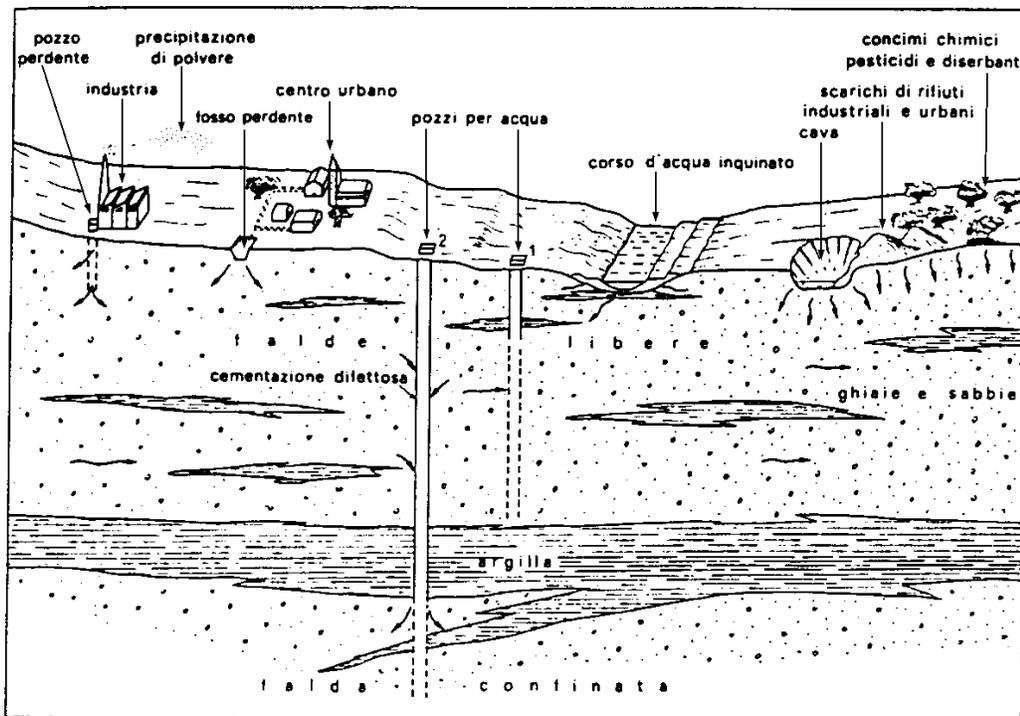


Figura 2 - Principali modalità di inquinamento delle acque sotterranee, dovute all'attività dell'uomo (Celico, 1988).

La raccolta dei dati relativi è stata molto impegnativa, dovendosi necessariamente raggiungere un elevato grado di copertura e di approfondimento. Non basta, ad esempio, il rilevamento di un complesso industriale per definire il tipo ed il grado di pericolosità potenziale di esso ma sarà necessario conoscere il tipo di rifiuti che produce, la portata degli scarichi liquidi, la destinazione di questi (fognatura urbana, impianto di depurazione, rete idrografica).



Un aspetto però da non trascurare, è legato alla mancata individuazione esatte delle aree di rispetto secondo i criteri temporali dei pozzi in quanto, data l'elevata permeabilità delle formazioni in cui si localizzano queste, le attività antropiche svolte in prossimità delle sorgenti possono creare dei pericoli di inquinamento per le falde idriche.

La carta della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento è uno strumento basilare del processo di pianificazione delle risorse idriche sotterranee di un determinato territorio, sia per quanto riguarda l'uso corretto di esse che per quanto attiene alla loro protezione nel tempo e nello spazio; scopo di questo documento è di colmare la distanza, *talvolta abissale*, tra la conoscenza scientifica organizzata esistente su un territorio e quella che è resa effettivamente disponibile a coloro che sono chiamati a gestire il processo decisionale e gestionale nello stesso territorio. Tale carta può essere quindi di grande aiuto nel processo decisionale quando è utilizzata correttamente e, specialmente, interpretata in funzione dell'effettiva consistenza e qualità dei dati disponibili all'atto della sua redazione, del metodo di compilazione e della scala.

L'utilizzo della carta della vulnerabilità permette di avere una sufficiente oculatezza nelle decisioni e nei giudizi preventivi circa l'ammissibilità di trasformazioni territoriali potenzialmente inquinanti o l'inserimento di nuove attività produttive; ciò significa che la cartografia, ben interpretata con l'ausilio di tecnici specialisti, può sostituire, almeno in chiave preliminare, i rilievi necessari al rilascio di licenze ed autorizzazioni da parte dei legali gestori del territorio.

Infine, nel campo della prevenzione del pericolo di inquinamento delle fonti idropotabili e della formazione di riserve strategiche in aree vincolate onde poter disporre, all'occorrenza, di risorse idriche integrative, sostitutive o di emergenza, l'uso delle carte della vulnerabilità è non soltanto necessario ma effettivamente indispensabile. Il D.Lgs. 152/06 prevede, com'è noto, che le opere di presa di acque sotterranee destinate al consumo umano siano circondate da un'area di salvaguardia articolata almeno su tre zone concentriche nelle quali siano imposti vincoli nell'utilizzo del territorio via via meno severi dal centro alla periferia; quindi, anche la più esterna delle zone (la cosiddetta *zona di protezione*, che comprende tutta l'area di alimentazione degli acquiferi), deve essere soggetta ad alcune limitazioni d'uso e delle attività produttive esistenti e/o programmate. L'identificazione e l'imposizione rapida ed oculata di tali



vincoli è impossibile senza l'esistenza di un *documento di piano* che, appunto, mostri la consistenza e la tipologia delle attività esistenti a fronte della suscettibilità dell'acquifero ad essere contaminato.

La carta stessa può essere un documento inadeguato alla valutazione di situazioni particolari, essendo i metodi di preparazione generalmente basati sull'ipotesi di un inquinante generico e non specifico; infatti, è stato notato che alcuni dei parametri utilizzati nella valutazione dell'abbattimento parziale degli inquinanti nel sottosuolo sono fortemente influenti su taluni inquinanti ma non lo sono per niente su altri.

2.5.4. LE AREE DI RISPETTO DEI POZZI COMUNALI

Attualmente per tutti i pozzi ad uso potabile è stata definita un'area di rispetto secondo il criterio geometrico, individuando un raggio di 200 m intorno ai pozzi indipendentemente dalle caratteristiche idrogeologiche delle formazioni presenti sul territorio.

In conformità a quanto definito dalla normativa vigente, parallelamente alla procedura di approvazione del P.G.T., saranno attivate le richieste necessarie alla definizione delle aree stesse secondo i criteri temporali.

2.5.5. LA SOSTENIBILITÀ DEL PGT IN FUNZIONE DELLE RISORSE IDRICHE DISPONIBILI

Al fine di definire la disponibilità idrica del Comune di Robecco sul Naviglio e di conseguenza la sostenibilità del Piano di Governo del Territorio, sono stati valutati i dati presenti in bibliografia, derivanti da studi eseguiti precedentemente.

In aggiunta a eventuali interventi strutturali, il P.G.T. dovrà operare su questi elementi incrementando ulteriormente le risorse a disposizione:

- adozione di meccanismi per il recupero e l'ottimizzazione delle risorse idriche;
- miglioramento e ricerca di nuove fonti idropotabili mediante la riattivazione, ristrutturazione e/o potenziamento delle opere esistenti;

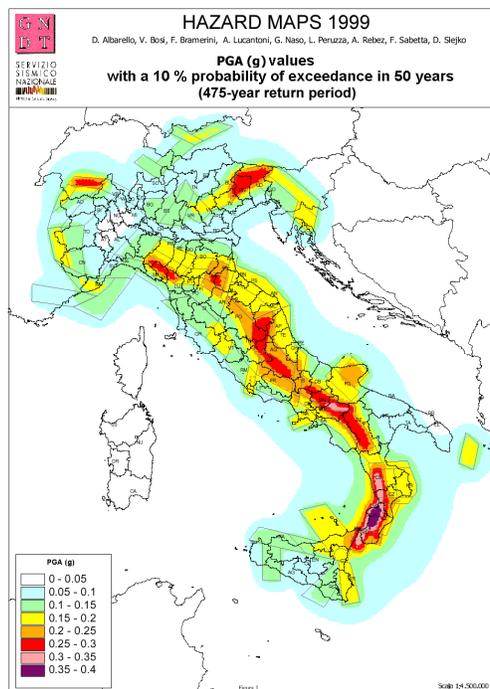


2.6 – I caratteri sismici

I terremoti determinano oscillazioni nei mezzi attraversati che tendono in via teorica ad attenuarsi con la distanza dalla sorgente. L'osservazione dei danni prodotti da numerosi eventi sismici ha però dimostrato che talvolta, anche in aree lontane dalla zona epicentrale, si possono presentare fenomeni locali di esaltazione dello "scuotimento sismico" imputabili a particolari condizioni stratigrafiche, litologiche e geomorfologiche del sito (condizioni di sito)

che, in situazioni limite, possono addirittura dar luogo a fenomeni di instabilità dei terreni, estremamente pericolosi.

L'espressione effetti di sito, o effetti sismici locali, indica proprio il complesso di modifiche subite dalle perturbazioni sismiche (in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza) a causa delle particolari condizioni del luogo. In particolare ci si riferisce alle caratteristiche del moto sismico in fase di affioramento in superficie, modificato in relazione alle proprietà geotecniche dei depositi di terreno attraversati e delle condizioni morfologiche del sito. L'esperienza acquisita nel tempo ha consentito di riconoscere le situazioni più "pericolose"



legate sostanzialmente a:

- i depositi di fondo valle (con profondità superiori a 5 m) costituiti da terreni non particolarmente addensati o comunque dotati di caratteristiche meccaniche nettamente differenti rispetto alle rocce del substrato;
- le morfologie caratterizzate da una topografia irregolare (sommità dei rilievi collinari, creste, promontori, orlo di terrazzo fluviale, etc.), soprattutto se interessati da importanti discontinuità litologiche e strutturali.



Attraverso l'analisi delle misure locali ed il loro confronto con registrazioni su roccia affiorante, caratterizzate da una amplificazione minima, è possibile leggere le eventuali amplificazioni o attenuazioni subite a causa delle particolari condizioni di sito. Naturalmente un approccio del genere fornisce buoni risultati in tempi utili solo in zone caratterizzate da una sismicità diffusa, cioè dove sia possibile la registrazione di un numero sufficiente di terremoti di intensità medio-alta (aftershocks) in un tempo ragionevole. Questo aspetto riduce notevolmente le possibilità di utilizzo di questa procedura ed è anche il motivo che ha spinto negli anni diversi studiosi a tentare altre strade.

Attualmente, anche in base alle indicazioni del Servizio Sismico Nazionale, le modalità con cui vengono valutati tali effetti prevedono un approccio interdisciplinare incentrato sulle discipline sismologiche, geologiche e geotecniche, per la definizione della pericolosità, ed esteso all'ingegneria sismica nella fase di valutazione del rischio. Per ciascuna disciplina possono esserci diversi livelli di approfondimento da scegliere in relazione agli scopi dello studio, alle caratteristiche note del territorio ed ovviamente alle risorse economiche disponibili.

La sismologia fornisce in primo luogo i dati di base necessari alla valutazione del potenziale sismogenetico dell'area, valutato mediante metodi strumentali e soprattutto mediante i metodi propri della sismologia storica. In secondo luogo fornisce una valutazione puntuale basata su metodi di prospezione sismica attiva o passiva. In particolare questi ultimi, basati sull'impiego di microtremiti sismici, hanno dimostrato di poter essere proficuamente impiegati nello studio di aree estese essendo meno onerosi rispetto ai primi e più rapidi nell'esecuzione.

I microtremiti sismici sono oscillazioni del suolo prodotte da sorgenti naturali quali ad esempio vento e moto ondoso oppure sorgenti artificiali come macchine industriali, traffico, attività umane di vario genere. L'assunto fondamentale deriva dall'osservazione fatta dagli ingegneri Kanai e Tanaka che lo spettro dei microtremiti presenta una buona correlazione con quello dei terremoti, questo suggerisce come il contenuto spettrale di un terremoto sia legato a quello del rumore sismico locale e possa essere dedotto da quest'ultimo. In particolare il rapporto spettrale risulta essere prossimo ad uno per strati rocciosi, il che ci consente di dire che su roccia, per perturbazioni provenienti da ogni direzione, le componenti del moto



presentano ampiezze paragonabili in ogni direzione; mentre le oscillazioni risultano generalmente amplificate dai terreni soffici che possono ricoprire il bedrock.

Su questa base il “metodo Kanai-Tanaka” (Kanai-Tanaka, 1961) prevede il calcolo della funzione di amplificazione come rapporto spettrale tra le componenti orizzontali delle registrazioni sismiche locali e di quelle su substrato roccioso; mentre recentemente Nakamura” (Nakamura, 1989) ha proposto una stima della funzione di amplificazione come rapporto spettrale tra le componenti orizzontale e verticale dei microtrempi registrate nel medesimo sito.

In alternativa alle metodiche basate sulle analisi dirette delle onde sismiche esiste un approccio basato sull’impiego di modelli numerici, attraverso i quali vengono simulate le complesse interrelazioni che possono stabilirsi tra le onde sismiche, prodotte da un terremoto di prefissate caratteristiche, e le proprietà geotecniche dei terreni del sito di interesse; con tale metodo (metodo geotecnico) viene valutata la risposta del terreno ad un terremoto di input, in arrivo al sito, in corrispondenza del bedrock e descritto mediante un accelerogramma.

La valutazione degli effetti sismici locali di un’area con l’approccio geotecnico si articola fondamentalmente in tre fasi:

1. *individuazione delle condizioni locali e determinazione dei parametri geotecnici* da utilizzare nelle analisi di risposta sismica locale; a tal fine è necessario, oltre che reperire la documentazione proveniente da altre indagini, programmare ed eseguire specifiche indagini geologiche, geofisiche e geotecniche;
2. *determinazione del moto sismico di riferimento* su roccia da utilizzare nelle analisi di risposta sismica locale; per determinare il moto sismico, da impiegare come input, occorre effettuare analisi della sismicità regionale, individuare e modellare i possibili meccanismi di sorgente, determinare le leggi di attenuazione e/o utilizzare registrazioni *strong motion* effettuate nell’area in studio su roccia o su deposito;
3. *definizione del modello* da impiegare nelle analisi; la scelta del modello è da rapportare alla complessità della situazione specifica, alla precisione e affidabilità richiesta, ai risultati e alle risorse economiche. I modelli attualmente utilizzati nell’analisi sono raggruppabili in diverse categorie in relazione: al numero di dimensioni impiegate per la schematizzazione del programma (in tal caso si parla di modelli monodimensionali, bidimensionali tridimensionali);



al tipo di soluzioni che propongono, in forma chiusa o numerica (in questo caso si hanno modelli analitici e numerici); allo schema fisico adottato per rappresentare il terreno (metodi della trave a taglio continua o discretizzata) e, infine, alle leggi costitutive impiegate per il terreno (modelli lineari, lineari equivalenti, non lineari e elastoplastici).

Queste tre fasi concorrono tutte alla definizione di uno spettro di risposta del terreno che fornisce per ogni frequenza l'ampiezza dello spostamento.

Il dibattito circa l'applicabilità di tali metodologie e quindi l'attendibilità dei risultati ottenuti è particolarmente acceso e sta interessando un numero sempre maggiore di ricercatori, vista soprattutto l'attualità del problema di fornire strumenti di indagine per la prevenzione dal rischio sismico, sempre più rapidi, efficaci ed economici.

Il metodo basato sui microtremori presenta l'enorme vantaggio di non basarsi su modelli teorici di amplificazione sismica del mezzo, ma sulla diretta osservazione sul campo degli effetti locali di distorsione del segnale sismico. Aspetto ancor più importante è che, in questo modo, non si trascura alcuna delle possibili cause di amplificazione locale. Il lato negativo è invece rappresentato dall'impossibilità di distinguere le singole cause di amplificazione e di non poter comprendere in che misura ciascuna di esse pesi sulla perturbazione finale. Tra l'altro si deve considerare che l'acquisizione strumentale consente una stima puntuale del fenomeno di amplificazione e quindi, per poter ottenere una rappresentazione bidimensionale della distribuzione degli effetti amplificativi, è necessario realizzare un numero adeguato di registrazioni, sufficientemente ravvicinate, che possano, per interpolazione successiva, dare un quadro esteso della situazione di vulnerabilità dell'area. Nel caso di misure di microtremori deve inoltre essere valutato un altro importante limite legato all'impossibilità, di tali metodi, di prevedere gli effetti di amplificazione sismica causati da un comportamento non lineare dei terreni che potrebbe aversi in presenza di terremoti di elevata intensità. I microtremori sono infatti segnali a bassa energia per cui si ritiene che i terreni interessati da tali perturbazioni si mantengano nel dominio di comportamento elastico e lineare.

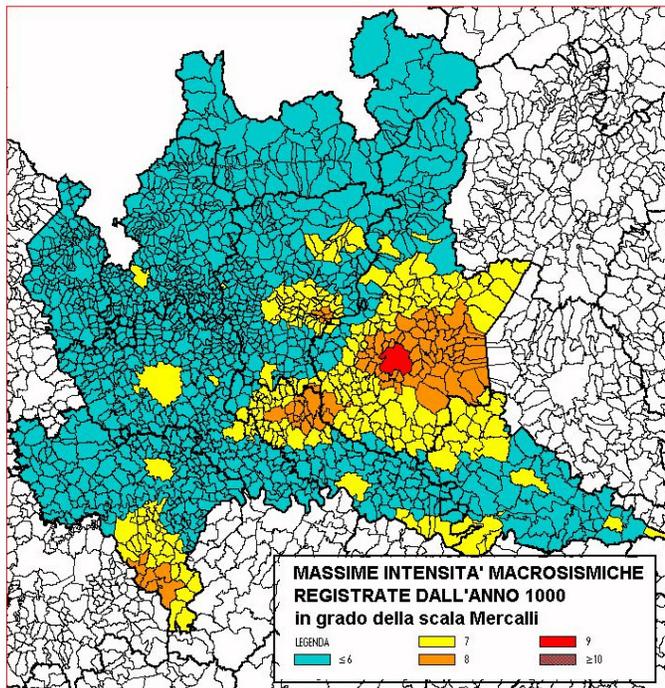
Entrando nello specifico tra i metodi strumentali quello di Kanai e Tanaka presenta dei limiti dovuti alla necessità di impiegare due punti di misura dove registrare i moti orizzontali del suolo di cui uno per il quale si possano considerare assenti eventuali fenomeni amplificativi; inoltre questo sito deve essere sufficientemente vicino all'area da studiare. Nel caso in cui



questi requisiti siano soddisfatti il metodo fornisce sia la frequenza propria di oscillazione del sito, sia il valore del fattore di amplificazione; entrambi sufficientemente attendibili.

Il metodo di Nakamura o HVSR presenta il vantaggio di necessitare di un solo strumento di misura in quanto l'acquisizione di microtremore avviene su un unico punto considerando sia il moto verticale sia quello orizzontale, infatti Nakamura ipotizza che la componente verticale non subisca una significativa amplificazione nell'attraversare i sedimenti dal substrato alla superficie. Questo metodo si è rivelato molto affidabile nello stimare la frequenza propria di oscillazione del sito, ma presenta qualche incertezza nella stima del fattore di amplificazione.

Diversamente dai metodi strumentali il metodo geotecnico prevede un approccio teorico al problema dell'amplificazione sismica basandosi su codici di calcolo numerico che possono



essere mono bi e tridimensionali (SHAKE, QUAD4, FLUSH). Ciascuno dei codici di calcolo prevede dei dati di ingresso molto accurati il cui reperimento è spesso di difficile realizzazione se non a prezzo di indagini molto onerose, inoltre è necessario determinare un moto sismico di riferimento su cui basare l'analisi. Per questo motivo, nella realizzazione di un'analisi di sito mediante il metodo geotecnico, spesso devono essere comunque

impiegati anche metodi sismologici per arrivare alla stima dei dati necessari alla modellazione.

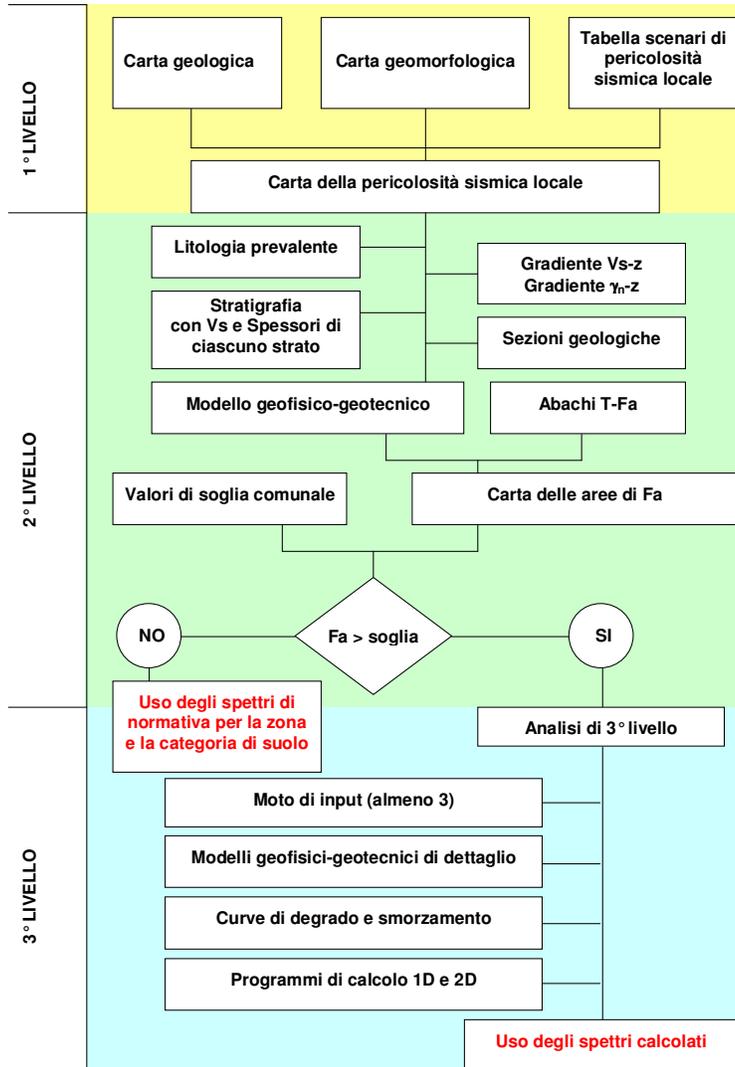
Qualora si disponga di tutti i dati il metodo consente di ottenere una rappresentazione completa della verticale o della sezione indagata, sia in termini di frequenza di oscillazione che di fattore di amplificazione.



2.6.1 INDICAZIONI METODOLOGICHE DELLA REGIONE LOMBARDIA

Riprendiamo direttamente dal sito della Regione Lombardia le indicazioni seguenti.

Il D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 all'allegato 5 presenta una metodologia per la valutazione



delle aree suscettibili di amplificazione sismica, la delibera non stabilisce vincoli, ma indica una procedura semplificata e differenziata per grado di sismicità, secondo tre livelli di approfondimento, ed è basata su studi condotti dal Politecnico di Milano. La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno "Studio-Pilota" redatto dal Politecnico di Milano - Dip. di Ingegneria

Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento:

1° livello:



La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Il primo livello 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 probabilità prevedibili, sulla base delle indicazioni e delle osservazioni geologiche e sulla raccolta di tutti dati disponibili per una determinata area (dati geotecnici, litologici, geofisici, idrogeologici, geologici, geomorfologici...)

Lo studio consiste quindi nell'analisi dei dati esistenti e nella redazione di una Carta della pericolosità sismica locale a scala adeguata al territorio ed agli elementi considerati come fattori condizionanti la sismicità, come rappresentato nella seguente tabella:

Q	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
U	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
e	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
S	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
t	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Q	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
I	Zona di cresta rocciosa, cocuzzolo	
i	Zona di fondovalle con presenza di terreni incoerenti	Amplificazioni litologiche e geometriche
V	Zona pedemontana di falda di detrito e cono di deiezione	
e	Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

lo, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).



2° livello:

caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate 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 i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad es. i comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti per la zona 2).

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

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

3° livello:

definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale, il cui utilizzo è dettagliato nell'allegato 5.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:



- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);

- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5).

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

2.6.2 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Sulla base dei rilievi effettuati e dei dati bibliografici, è stata prodotta la "Carta della pericolosità sismica locale", come risultato di sintesi di primo livello dell'indagine sulla sismicità comunale.

Più in particolare riprendendo la precedente tabella relativa agli scenari di sismicità locale si elencano in dettaglio gli elementi riscontrati nell'area comunale di Robecco sul Naviglio.



Pericolosità locale di tipo Z2 (terreni scadenti)

SITUAZIONI TIPO (SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE)	sigla	TERRITORIO COMUNALE DI ROBECCO
Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Z2	I terreni di fondazione sono costituiti in generale dai depositi fluvioglaciali, cioè sabbie e ghiaie con terreno di copertura derivato dall'alterazione delle stesse, con formazione di uno strato superficiale argilloso con spessore attorno al metro. Tali terreni non presentano problemi dal punto di vista della sismicità tranne in quei casi ove si possono rinvenire orizzonti sabbiosi di spessore considerevole in concomitanza di una falda superficiale prossima al p.c. In tali luoghi è possibile, in caso di sisma, l'innescarsi del fenomeno della fluidificazione delle sabbie, con grave rischio per le fondazioni dei manufatti esistenti. Non è nota la stratigrafia di dettaglio del sottosuolo; è nota invece l'area ove la falda può arrivare in periodi di minima soggiacenza a 1m dal p.c.

Pericolosità locale di tipo Z3 (scarpate)

SITUAZIONI TIPO (SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE)	sigla	TERRITORIO COMUNALE DI ROBECCO
Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Z3a	L'orlo di terrazzo geomorfologico che separa le deposizioni fluvioglaciali più antiche (Wurm) da quelle più recenti (piana alluvionale del Fiume Ticino), presenta un'altezza di scarpata (differenza tra la quota ciglio e la quota piede) per un buon tratto superiore ai 10m, determinando pertanto la segnalazione di tale zona come zona di rischio Z3a



Pericolosità locale di tipo Z4 (terreni incoerenti)

SITUAZIONI TIPO (SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE)	sigla	TERRITORIO COMUNALE DI ROBECCO
Zona di fondovalle con presenza di terreni incoerenti (depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi)	Z4a	I terreni incoerenti che costituiscono il substrato del territorio comunale derivano dalle antiche deposizioni fluvioglaciali che hanno riempito la valle del Po fino a costituire l'attuale Pianura Padana nella parte di pianura "alta". La stessa tipologia di sedimenti, di età più recente, ha invece formato la Valle del Ticino. Non sussistono pertanto le condizioni di "fondovalle", in quanto le due valli (Padana e Ticino) presentano, seppur di età diverse, la stessa tipologia litologica, rappresentando un "unicum" dal punto di vista delle proprietà elastiche dei terreni in gioco. La zona di fondovalle richiamata dalla tabella definisce situazioni con un ben diverso rapporto tra larghezza della stessa "valle" e spessore dei depositi. Con ciò però l'analisi delle poche stratigrafie riscontrate evidenzia la presenza di orizzonti sabbiosi sotto falda, di spessore significativo e posti nei primi 15m di profondità. Poiché la falda nell'intero territorio comunale è SEMPRE a profondità inferiore ai 15m (limite di sicurezza determinato da studi sul rischio di liquefazione dei terreni) è risultato giocoforza comprendere l'intero territorio sotto questa classificazione in quanto possono sussistere le condizioni atte a determinare l'amplificazione sismica per ragioni litologiche.

Pericolosità locale di tipo Z5 (contatto)

SITUAZIONI TIPO (SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE)	sigla	TERRITORIO COMUNALE DI ROBECCO
Zona di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Z5	Le due formazioni geologiche che costituiscono il substrato del territorio comunale hanno le stesse componenti litologiche in quanto entrambe rappresentano il risultato di eventi deposizionali simili anche se di età diverse. Con ciò le caratteristiche fisico-meccaniche delle due formazioni si mantengono identiche.

La Carta presenta pertanto due elementi riconducibili a scenari di pericolosità sismica locale:

- la zona di ciglio della scarpata morfologica con altezza superiore ai 10m;



- la zona con terreni costituiti da materiali granulari di origine alluvionale e/o fluvioglaciale con possibile presenza di orizzonti fini, non coesivi, e con falda superficiale prossima al p.c. Tale zona è particolarmente vasta, interessando tutto il territorio comunale, pertanto sono stati condotti due accertamenti in aree campione per definire una parametrizzazione sismica nei siti indagati.

In entrambi i casi quindi si è ritenuto opportuno effettuare un approfondimento conoscitivo di secondo livello.

Il secondo livello parte dalla Carta di pericolosità sismica locale e permette *“la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l’individuazione, nell’ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici”*.

Tali scenari qualitativi suscettibili di amplificazione comprendono le seguenti aree:

- **zona di ciglio H>10m:** scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica (Zona Z3a) ove si possono avere amplificazioni topografiche;
- **zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo, appuntite – arrotondate (Zona Z3b)** ove si possono avere amplificazioni topografiche;
- **zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi (Zona Z4a)** ove si possono avere amplificazioni litologiche e geometriche;
- **zona pedemontana di falda di detrito , conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre (Zona Z4b)** ove si possono avere amplificazioni litologiche e geometriche;
- **zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi, comprese le coltri loessiche (Zona Z4c)** ove si possono avere amplificazioni litologiche e geometriche;
- **zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale (Zona Z4d)** ove si possono avere amplificazioni litologiche e geometriche.

In tali aree per tutte le tipologie di costruzioni devono essere fatte oggetto di approfondimento del 2° livello tramite una procedura di approccio semiquantitativo finalizzata



a fornire la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

Nel caso del Comune di Robecco, l'approfondimento andrà **effettuato per le sole costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, nonché costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali, essenziali.**

Gli studi possono essere 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** che si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1-0,5s e 0,5-1,5s, cioè i due intervalli di periodo nei quali il valore di Fa calcolato è stato scelto in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale:

- strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (0,1-0,5s) ovvero edifici con strutture particolarmente rigide e sviluppo verticale indicativamente fino a 5 piani

$$SI_{0.1-0.5}(PSV) = \int_{0.1}^{0.5} PSV(T, \xi) dT$$

- strutture più alte e più flessibili (0,5-1,5s) assunto come rappresentativo del periodo proprio dei alcuni edifici presenti nei centri urbani più sviluppati del territorio regionale, ovvero edifici con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani

$$SI_{0.5-1.5}(PSV) = \int_{0.5}^{1.5} PSV(T, \xi) dT$$

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici la procedura considera solo l'intervallo 0,1-0,5s.



Le costruzioni devono essere dotate di un livello di protezione antisismica differenziato in funzione della loro importanza e del loro uso e quindi delle conseguenze più o meno gravi di un loro danneggiamento per effetto di un evento sismico.

I terreni di fondazione sono suddivisi per categorie a seconda delle loro caratteristiche litologiche, la loro risposta elastica alle onde superficiali (V_{s30}), la loro resistenza penetrometrica (N_{spt}), la loro coesione non drenata (C_u). Nella seguente tabella tali categorie vengono così elencate:

CAT.	DESCRIZIONE	V_{s30}	N_{spt}	C_u
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore max pari a 5m	>800m/s		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800 m/s	>50	>250kPa
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri	180-360 m/s	15-50	70-250 kPa
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	<180m/s	<15	<70kPa
E	Profili di terreni costituiti da strati superficiali alluvionali, con spessore compreso tra 5 e 20m, giacenti su un substrato di materiale più rigido avente $V_{s30}>800m/s$	<360m/s	<50	<250kPa
S1	Depositi costituiti da (o che includono) uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza con elevato indice di plasticità e contenuto in acqua	<100m/s		10-20 kPa
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nelle categorie precedenti			



2.6.3 PARAMETRAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE: ZONA DI CIGLIO (Z3A)

Le direttive emanate dalla R.L. stabiliscono nella parte 1 “Analisi del rischio sismico” che “il secondo livello è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle aree di Pericolosità sismica locale individuate attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche e interferenti con l’urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle aree a Pericolosità sismica locale Z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003 fermo restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche nelle altre categorie di edifici”.

Nell’area Comunale di Robecco è presente una zona di tipo Z3a, corrispondente alla “Zona di ciglio” della scarpata morfologica, costituente il terrazzo fluviale che separa l’alta pianura dalla valle del Ticino.

Tale zona di ciglio interessa il territorio comunale in senso N-S; l’altezza critica di tale scarpata ($H > 10\text{m}$) non è continua, ma comunque rilevabile per almeno 4km. In tale fascia sono state effettuate le analisi di risposta sismica locale su scenari di scarpata seguendo la metodologia riportata dalle direttive del Politecnico di Milano precedentemente citate. Tale metodologia si basa su analisi morfologiche eseguite su casistiche reali presenti nel territorio regionale in cui sono stati individuati i criteri geometrici da utilizzare per l’identificazione dello scenario Z3a.

Lo scenario di zona di scarpata rocciosa (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α del fronte principale uguale o superiore ai 10°).

In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

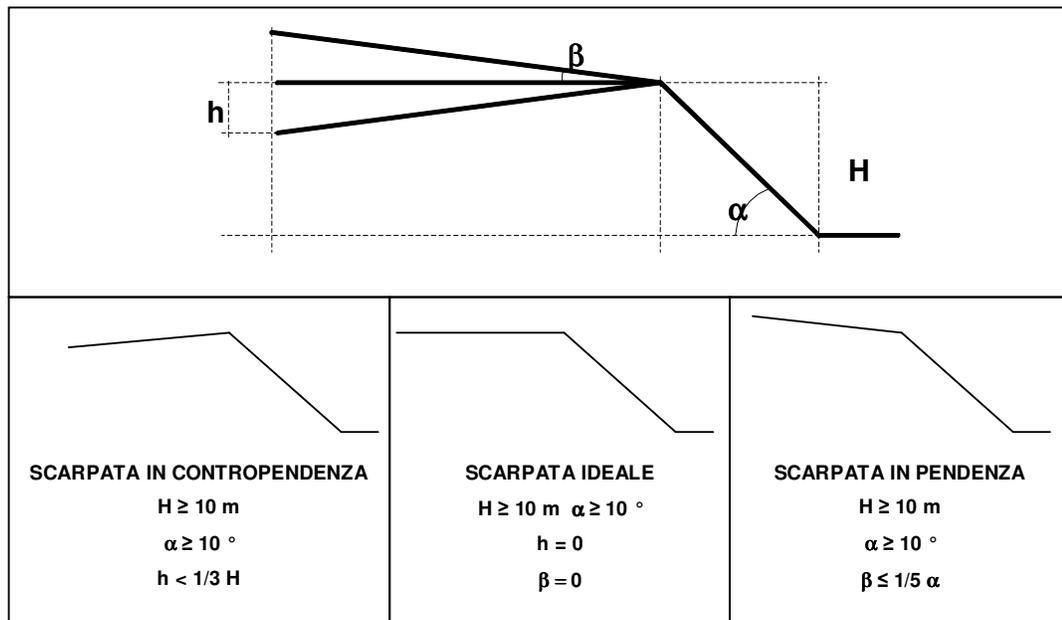


La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m;
- l'inclinazione β del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione α del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza;
- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq 1/3H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

Di seguito si riporta lo schema identificativo e le tipologie delle situazioni di scarpata:





Sulla base delle situazioni reali identificate sono stati costruiti modelli caratterizzati da diverse altezze H, diverse inclinazioni α del fronte principale e diversa tipologia del fronte superiore ed è stato calcolato l'andamento del valore del Fattore di amplificazione per l'intervallo di periodo compreso tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s lungo il fronte superiore, identificando anche l'area di influenza (A_i) dei fenomeni di amplificazione sismica.

Il valore di F_a così calcolato è stato messo in relazione al corrispondente valore di α

Le diverse coppie α/F_a (per ogni intervallo calcolato) sono state riportate su appositi grafici: i risultati sono apparsi poco dispersi per l'intervallo (0.1-0.5 s), mentre per l'intervallo (0.5-1.5 s) sono apparsi influenzati sensibilmente dalla variabilità del moto di input e quindi non sufficientemente adatti a rappresentare in modo univoco la risposta sismica al sito.

Di conseguenza si è scelto di operare utilizzando il solo intervallo di periodo 0.1-0.5 s, analogamente a quanto eseguito per gli scenari di cresta rocciosa (Z3b).

La dispersione evidenziata nei risultati considerando l'intervallo 0.1-0.5 s è stata limitata distinguendo le varie coppie di valori in funzione dell'altezza H del fronte principale.

La fase di validazione dei valori di F_a caratteristici e delle aree di influenza degli effetti di amplificazione sismica è stata condotta su casi reali e ha evidenziato una variabilità massima nei valori di F_a inferiore a ± 0.1 .

Nella tabella seguente si riporta per ciascuna classe altimetrica e classe di inclinazione il valore caratteristico di F_a e l'estensione della relativa area di influenza A_i :

<i>Classe altimetrica</i>	<i>Classe di inclinazione</i>	<i>Valore di F_a</i>	<i>Area di influenza</i>
10 m \leq H \leq 20 m	10° \leq α \leq 90°	1.1	$A_i = H$
20 m < H \leq 40 m	10° \leq α \leq 90°	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
H > 40 m	10° \leq α \leq 20°	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	20° < α \leq 40°	1.2	
	40° < α \leq 60°	1.3	
	60° < α \leq 70°	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	



I valori di soglia calcolati per il Comune di Robecco dalla Regione Lombardia sono i seguenti per i vari tipi di terreni considerati:

Comune	Valore di soglia (0.1-0.5 s)			Valore di soglia (0.5-1.5 s)		
	A	B-C-E	D	A	B-C-E	D
ROBECCO	1,3	1,6	1,8	1,7	2,7	4,5

Sulla base della procedura specificata nel precedente paragrafo, la scarpata morfologica esistente, corrispondente ad una zona sismica di tipo Z3a, è assimilabile al caso della classe altimetrica con H (altezza della scarpata) compreso tra 10 e 20m. In questo caso il valore di Fa (fattore di amplificazione) da riferirsi solo al caso 0,1-0,5s è:

$$F_a = 1,1$$

Tale valore è inferiore a quello previsto dalla Regione Lombardia per il Comune di Robecco, che è valutato per i vari terreni tra 1,3 e 1,8.

In questo caso la nuova normativa è da considerare sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro di norma.

Si stabilisce inoltre in 10m l'area di influenza della amplificazione sismica, da considerarsi dal ciglio di scarpata e da estendersi verso la pianura retrostante.

2.6.4 PARAMETRAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE: ZONA CON TERRENI COSTITUITI DA MATERIALI INCOERENTI E CON FALDA SUPERFICIALE PROSSIMA AL P.C. (Z2-Z4A)

Nel caso considerato (terreni incoerenti) gli effetti derivati da un eventuale sisma sono quelli che comportano cedimenti e/o liquefazioni del terreno e pertanto possibili danni alle fondazioni e agli edifici e manufatti presenti.



Per liquefazione dei terreni si intende la perdita quasi totale della resistenza al taglio e l'assunzione di un comportamento meccanico caratteristico dei liquidi. In pratica ciò accade quando una sollecitazione sismica induce nel terreno sforzi tangenziali che superano la pressione interstiziale: nei terreni in falda i rapidi cambiamenti di pressione indotti dalle onde d'urto determinano l'espulsione dell'acqua verso l'esterno della porzione di terreno sollecitata, con mutamenti di volume del terreno. I fenomeni di liquefazione pertanto interessano essenzialmente i depositi sabbiosi saturi e dipendono dai seguenti fattori:

- proprietà geotecniche dei terreni (granulometria, spessore, addensamento, presenza della falda)
- caratteristiche del sisma (in termini di durata e di ampiezza d'onda)
- tipologia geologica dei terreni (età e genesi)
- fattori ambientali

Semplificando si possono ritenere a rischio liquefazione quei terreni appartenenti a depositi sciolti che presentano le seguenti caratteristiche:

- sono costituiti da sabbie fini-medie, con matrice fine compresa tra 0-25%
- siano in falda
- siano da poco a mediamente addensati
- si trovino a basse profondità (di solito inferiori ai 15m)

La valutazione del sisma di riferimento rispetto al quale si deve effettuare la stima della suscettibilità del terreno alla liquefazione viene fatta con diverse metodologie, così come diversi sono i metodi di calcolo della suscettibilità dei terreni alla liquefazione.

Se ne elencano alcuni:

A) Metodi empirici, che prendono in considerazione i parametri geologici-geotecnici del sito

- Sherif & Ishibashi (1978): considerano a rischio liquefazione quei livelli di terreno sabbiosi o sabbioso-limosi che si trovino in falda con uno strato di copertura inferiore ai 3m.



- Youd & Perkins (1978): la proprietà di liquefazione è ricavabile dal tipo di deposito sedimentario e dalla sua età geologica: molto bassa per i depositi antichi (pre-pleistocene), più alta in quelli più recenti; tra questi alta nei depositi sedimentari dei canali fluviali, pianure di esondazione, depositi di delta, di lago, colluviali, eolici, di spiaggia e di estuario.
- Chinese Building Code (1974): utilizza la prova SPT, considerando il numero di colpi SPT critico dello strato sabbioso
- Ambraseys (1988): pone in relazione distanza epicentrale del sisma (analizzando la serie storica e i tempi di ritorno) con la magnitudo di soglia del sisma che può indurre fenomeni di liquefazione in terreni suscettibili e determina la probabilità che il fenomeno si manifesti.

B) Metodi semplificati, che prendono in considerazione i parametri fisici del sito, cioè l'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e la magnitudo di riferimento.

Tali metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza (F_s) dato dalla rapporto:

$$F_s = R / T$$

Ove:

R: resistenza al taglio nello strato di terreno suscettibile di liquefazione (caratteristiche meccaniche dello strato)

T: sforzo tagliante indotto dal sisma (parametri del sisma: magnitudo e accelerazione sismica)

Con $F_s > 1$, il terreno "resiste" al sisma, non si ha liquefazione; diversamente si è in presenza di liquefazione.



Il calcolo di T viene ricavato conoscendo l'accelerazione sismica massima, la pressione verticale totale ed efficace alla profondità dello strato a rischio, coefficienti geometrici in funzione della profondità e in funzione della magnitudo del sisma.

Il calcolo di R avviene con

- prove penetrometriche dinamiche: metodo Seed & Idriss (1982), metodo Tokimatsu & Yoshimi (1983), metodo Iwasaki & al (1984), metodo Seed e al. modificato (1985);
- prove penetrometriche statiche: metodo Robertson & Wride (1997);
- sismica a rifrazione (parametro Vs30): metodo Andrus & Stokoe (1997).

2.6.5 VALUTAZIONE DEL PARAMETRO VS30

La parametrizzazione della vasta area che potrebbe comprendere orizzonti suscettibili alla liquefazione, cioè strati sabbiosi contenuti nei primi 15m di terreno sotto falda, risulta ovviamente impossibile e priva di senso se non effettuata solo in quei siti ove sono previste costruzioni che rientrano nelle seguenti categorie "costruzioni, il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provoca situazioni di emergenza, costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003"

E' stato comunque effettuato un approfondimento geofisico, consistente in due interventi di sismica, in due zone campione del territorio comunale.

L'indagine di carattere sismico realizzata, ha permesso di determinare il valore del parametro sismico "Vs equivalente" negli strati superficiali di terreno (primi 30m); con tale valore, tramite una procedura matematica, si calcola il Fattore di amplificazione (Fa) di tali terreni nei confronti di una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (valutazione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi sul territorio italiano)

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia dei materiali presenti nel sito (litologie ghiaiose e litologie argilloso limose);



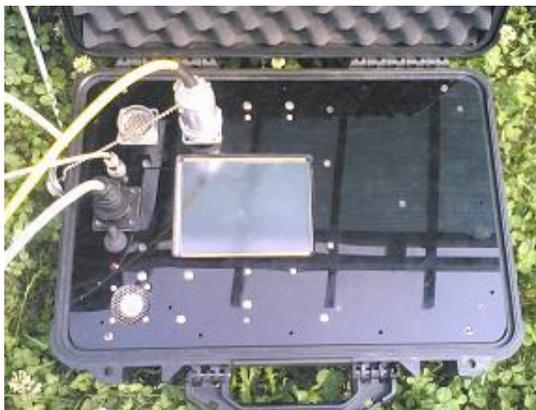
- stratigrafia del sito fino alla profondità in cui le velocità V_s dei materiali raggiungono e superano gli 800 m/s;
- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato;

L'indagine è consistita nella effettuazione di due linee sismiche con il metodo MASW. Le linee sismiche eseguite prevedevano ciascuna uno stendimento di 24 geofoni, con interdistanza di 2m e lunghezza totale della singola linea di 46m. Alle estremità di ogni linea è stata effettuata l'energizzazione con un offset di 20m.

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più



comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .



Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le



onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.



Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

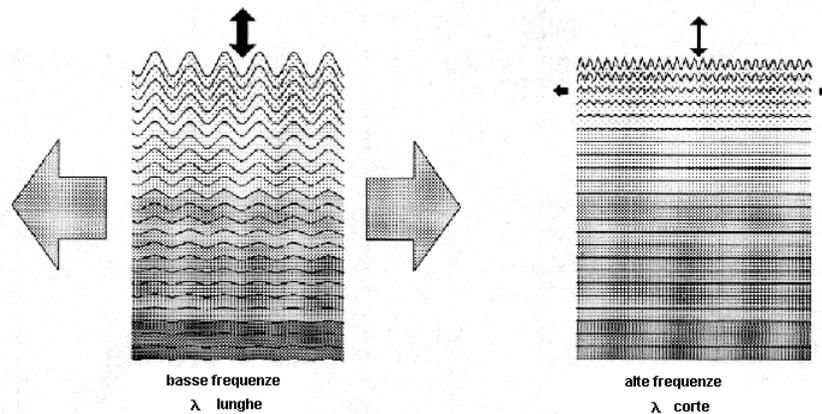
La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x ; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo Vs di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate



correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



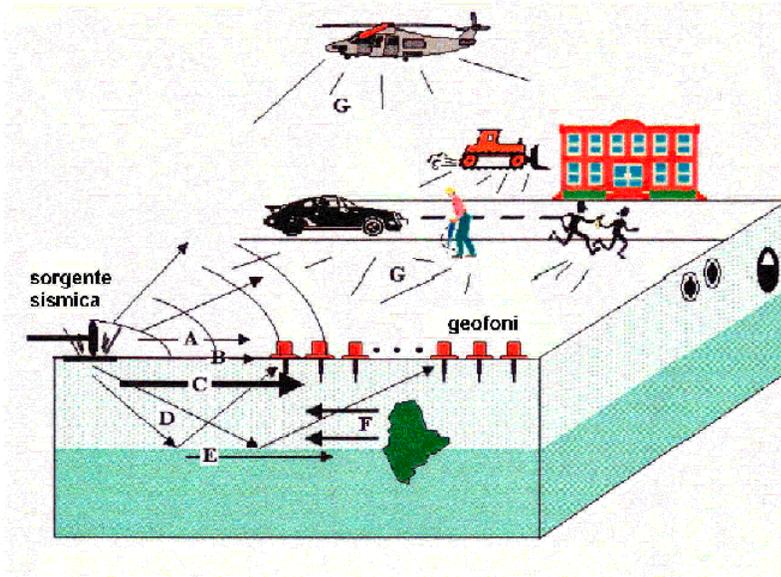
L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La strumentazione utilizzata è costituita da :

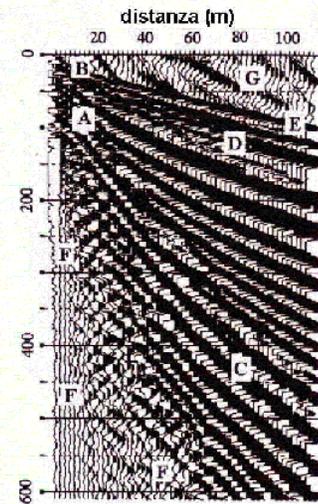
- un sismografo EEG BR24 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz
- fucile sismico o una mazza da 6 Kg



Acquisizione multicanale

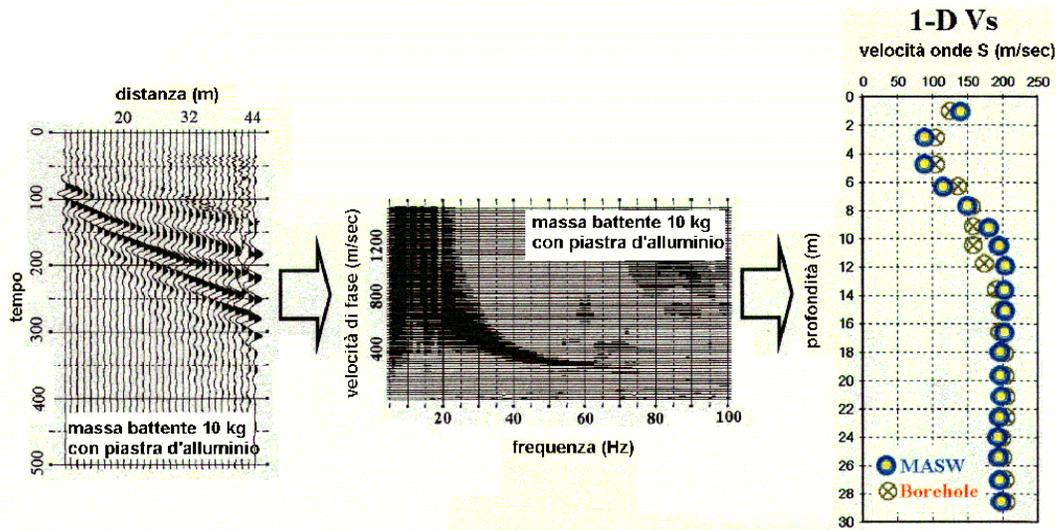


Sismogramma
multicanale



- | | |
|-----------------------|----------------------|
| A: onde in aria | E: onde rifratte |
| B: onde dirette | F: onde riverberate |
| C: onde di superficie | G: rumore ambientale |
| D: onde riflesse | |

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo;
2. estrazione della curva di dispersione;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

I terreni su cui è stata effettuata l'indagine sono costituiti da depositi fluvioglaciali rappresentati da una eterogenea aggregazione di materiali sciolti quali ghiaie, ciottoli, sabbie, in matrice argillosa e limosa, con spessori che arrivano al centinaio di metri. La stratigrafia dei pozzi dell'acquedotto, seppur da prendersi con le dovute cautele sull'uso dei termini litologici descrittivi, definisce nei primi 30m di profondità strati costituiti da "silt sabbioso-argilloso con elementi di ghiaia", "sabbia con silt argilloso", "sabbia fine argillosa". Con tali descrizioni litologiche in situazione di falda freatica prossima al p.c. si individuano strati con rischio liquefazione in caso di evento sismico.



L'esecuzione delle due prove MASW nei due terreni campione, ha permesso di definire i valori della Vs30 media nei primi 30m di profondità del terreno. La procedura di trattamento dei dati ricavati è prettamente matematica e lascia poco margine all' "interpretazione".

Di ogni frequenza presente nell'onda viene valutata la velocità e quindi viene ricavata la curva di dispersione (velocità-frequenza). Una procedura iterativa consente di ricavare il modello di velocità delle onde S del terreno.

Tale iterazione che viene effettuata come descritto nel capitolo precedente con l'ausilio di apposito software, ha individuato una serie di unità strato (Hi) nei primi 30 m di profondità. Ogni unità-strato è stata definita da una sua specifica Vs (Vi), come indicato nella tabella seguente:

PROVA MASW "A"

<i>Prof</i>	<i>Hi</i>	<i>Vi</i>	<i>Hi/Vi</i>
0-0,6	0,6	181	0,0033
0,6-1,3	0,7	181	0,004
1,3-2,2	0,9	171	0,0054
2,2-3,4	1,2	154	0,0074
3,4-4,8	1,4	201	0,0072
4,8-6,6	1,8	285	0,0063
6,6-8,8	2,2	296	0,0075
8,8-11,6	2,8	233	0,012
11,6-15,1	3,5	257	0,0136
15,1-30,0	14,9	486	0,0306

Non avendo a disposizione una stratigrafia del terreno limitrofa all'intervento geofisico, si può tentare un comparazione derivata da dati bibliografici tra i valori desunti dalla sismica e la litologia:

<i>Prof (m)</i>	<i>Hi (m)</i>	<i>Vi (m/s)</i>	<i>Litologia ipotizzata</i>
0-4,8	4,8	180-200	<i>Suolo, terreno superficiale molto poco addensato, terreno di riporto</i>
4,8-8,8	4	285-296	<i>Sabbie e ghiaie in falda</i>
8,8-15,1	6,3	233-257	<i>orizzonte sabbioso? sono diminuite le proprietà elastiche</i>
15,1-30	14,9	486	<i>Sabbia e ghiaia, molto addensate</i>



PROVA MASW "B"

Prof	Hi	Vi	Hi/Vi
0-1	1	212	0,0049
1-2,3	1,3	133	0,0097
2,3-3,9	1,6	178	0,0091
3,9-5,9	2	228	0,0088
5,9-8,5	2,6	205	0,0123
8,5-11,6	3,1	289	0,0109
11,6-15,5	3,9	397	0,0099
15,5-20,5	5	441	0,0112
20,5-26,6	5,1	475	0,0129
26,6-30,0	3,4	792	0,0043

Anche in questo caso non avendo a disposizione una stratigrafia del terreno limitrofa all'intervento geofisico, si correlano i dati geofisici con la litologia utilizzando i dati bibliografici:

Prof (m)	Hi (m)	Vi (m/s)	Litologia ipotizzata
0-3,9	3,9	178-212	Suolo, terreno superficiale molto poco addensato, terreno di riporto
3,9-8,5	4,6	205-228	Orizzonte sabbioso? scarse proprietà elastiche, poco addensamento
8,5-11,63	3,1	289	Sabbie e ghiaie mediamente addensate
11,3-30	18,7	>397	Sabbia e ghiaia c.s. sempre più addensate con la profondità

La Vs30 viene definita dalla formula:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vi}}$$

ove: hi = spessore dello strato individuato con specifica velocità Vs

Vi = Velocità Vs dello strato hi

Pertanto la Vs30:

- corrisponde nella MASW "A" al valore di 308,0 m/s
- corrisponde nella MASW "B" al valore di 319,0 m/s



Il valore del Fattore di amplificazione viene quantificato graficamente mediante l'utilizzo degli abachi di correlazione riportati nei "Criteri attuativi dell' art. 57 della l.r. 12/2005 -Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio", approvate con D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005" o numericamente mediante l'utilizzo delle equazioni valide per ciascun tratto delle curve di correlazione.

La procedura semplificata rappresenta un'analisi di valutazione degli effetti di sito di 2° livello e richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

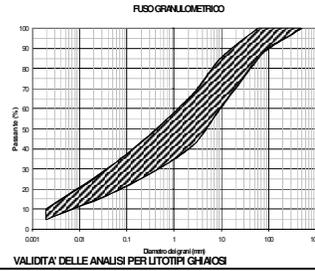
- litologia dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito fino alla profondità in cui le velocità Vs dei materiali raggiungono e superano i 1000 m/s;
- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato.

In funzione della litologia prevalente presente nel sito, del gradiente di velocità Vs e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento. Non conoscendo esattamente la successione stratigrafica esatta sotto ciascuna prova MASW, i calcoli per la definizione del parametro Fa sono stati fatti utilizzando sia la scheda "litologia ghiaiosa" (di cui è stato riportato un esempio) sia la scheda "litologia limoso-sabbiosa tipo 1"



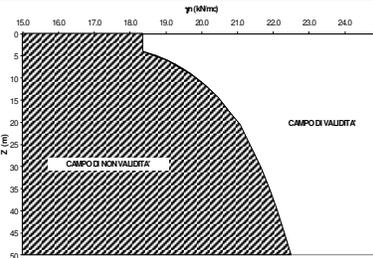
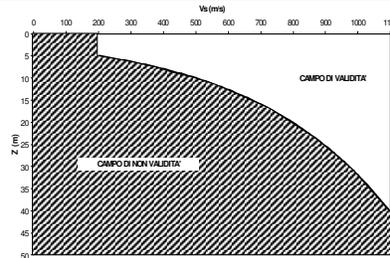
LITOLOGIA GHIAIOSA

Ghiaie e ghiaie ciottolose con matrice sabbioso limosa subordinata, presenza anche di trovanti (D>50 cm) e di locali orizzonti cementati. Viene riportato un fuso granulometrico indicativo.



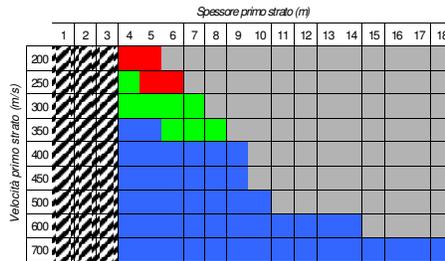
VALIDITA' DELLE ANALISI PER LITOTIFI GHIAIOSI

VALIDITA' DELLE ANALISI PER LITOTIFI GHIAIOSI

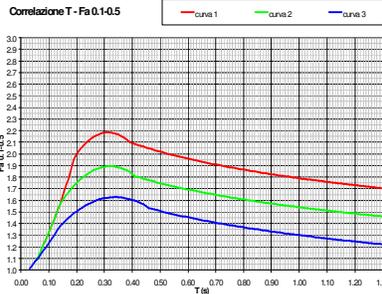


$$Vs = 430 \ln(z) - 49$$

$$\gamma_n = 1.62 \ln z + 16.$$



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.42T^3 + 0.3T^2 + 0$$



Curva	esponenziale	polinomiale	logaritmico
1	$0.10 \leq T \leq 0.18$	$0.18 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.30$
	$Fa_{0.1-0.5} = e^{4.8T}$	$Fa_{0.1-0.5} = -9.4T^2 + 6.63T + 1.53$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.19 - 0.54 \ln T$
2	$0.08 \leq T \leq 0.15$	$0.15 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.30$
	$Fa_{0.1-0.5} = 0.76e^{5.28T}$	$Fa_{0.1-0.5} = -12.2T^2 + 8.47T + 0.72$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.86 - 0.32 \ln T$
3	$0.02 \leq T \leq 0.15$	$0.15 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.30$
	$Fa_{0.1-0.5} = 0.9e^{3T}$	$Fa_{0.1-0.5} = -6.72T^2 + 4.83T + 0.85$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.56 - 0.16 \ln T$



In funzione dello spessore e della velocità V_s dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s, mentre per l'intervallo 0,5-1,5 la curva è unica.

Il periodo "T" proprio del sito necessario per l'utilizzo dell'abaco di correlazione deve essere calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s supera i 1000 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

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

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i -esimo.

Il valore di F_a determinato, approssimato alla prima cifra decimale, dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della nuova normativa sismica allegata all' O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici: pertanto il valore di F_a ottenuto dall'abaco va confrontato con un parametro di analogo significato calcolato per il comune di Robecco e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro ottenuto e riportato nella "Tabella dei Valori di Soglia del Fattore di Amplificazione (F_a) ricavati dalla Banca Dati della Regione Lombardia riferiti al Comune di Robecco Sul Naviglio" rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla nuova normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

In tale tabella sono mostrati i valori dell'intensità spettrale calcolate sugli intervalli tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s per il Comune di Robecco; si ricorda che:



- 0.1-0.5s :è il periodo assunto come rappresentativo di quello proprio della maggior parte degli edifici presenti nel territorio regionale, ovvero edifici con strutture particolarmente rigide e sviluppo verticale indicativamente fino a 5 piani
- 0.5-1.5s : è il periodo assunto come rappresentativo di quello proprio dei alcuni edifici presenti nei centri urbani più sviluppati del territorio regionale, ovvero edifici con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani .

Si riporta per meglio comprendere la tabella l'elenco delle categorie dei vari suoli di fondazione, già citata in altra parte della presente relazione

CATEGORIE DI SUOLI DI FONDAZIONE

CAT.	DESCRIZIONE	Vs30	Nspt	Cu
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore max pari a 5m	>800m/s		
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360-800 m/s	>50	>250kPa
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri	180-360 m/s	15-50	70-250 kPa
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti	<180m/s	<15	<70kPa
E	Profili di terreni costituiti da strati superficiali alluvionali, con spessore compreso tra 5 e 20m, giacenti su un substrato di materiale più rigido avente Vs30>800m/s	<360m/s	<50	<250kPa

Tabella dei Valori di Soglia del Fattore di Amplificazione (Fa) ricavati dalla Banca Dati della Regione Lombardia riferiti al Comune di Robecco Sul Naviglio

Comune	Valore di soglia (0.1-0.5 s)			Valore di soglia (0.5-1.5 s)		
	A	B-C-E	D	A	B-C-E	D
ROBECCO S.N.	1.3	1.6	1.8	1.7	2.7	4.5



VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI SITO

CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SUI TERRENI DELLA PROVA MASW "A"

1. con litologia ghiaiosa

Un primo calcolo è stato effettuato prendendo come riferimento la scheda "litologia ghiaiosa". I terreni in questione, valutando il valore complessivo medio della Vs30, che è = 308m/s appartengono alla categoria dei suoli di fondazione di tipo "C" (Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri).

Considerando che lo strato superficiale (costituito da terreni poco addensati) viene sempre asportato in caso di costruzioni e non viene interessato mai da fondazioni dirette, vengono fatti i calcoli sui terreni che soddisfano la curva n.3 per l'intervallo T-Fa (0,1-0,5).

Il valore di T calcolato per tutti i 30m indagati è di T = 0,33

Applicando tale valore nella funzione della curva 3 espressa come

$$-4,7T^2 + 3,0T + 0,92$$

si ottiene Fa =1,39

Tale valore è inferiore a quello dei valori di soglia della Banca Dati della Regione Lombardia, che individua per questo tipo di terreni nell'intervallo considerato un Fa=1,6; pertanto la nuova normativa è sufficiente per tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi si applica lo spettro di norma.

Per l'intervallo T-Fa (0,5-1,5), l'equazione della curva di riferimento è la seguente:

$$-0,58T^2 + 0,84T + 0,94$$

Il valore di T calcolato per tutti i 30m indagati è di T = 0,33

si ottiene Fa =1,15



Tale valore è inferiore a quello dei valori di soglia della Banca Dati della Regione Lombardia, che individua per questo tipo di terreni nell'intervallo considerato un $Fa = 2,7$; la nuova normativa è da considerare sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro di norma;

2. con litologia limoso-sabbiosa tipo 1

Non conoscendo la reale successione stratigrafica del sottosuolo indagato, è stato fatto un secondo calcolo prendendo come riferimento la scheda "litologia limoso-sabbiosa tipo 1".

Come già precedentemente detto i terreni in questione, appartengono alla categoria dei suoli di fondazione di tipo "C".

Come nel caso precedente è stata scelta la curva n.3 per l'intervallo T-Fa (0,1-0,5).

Il valore di T calcolato per tutti i 30m indagati è di $T = 0,33$

Applicando tale valore nella funzione della curva 1 espressa come

$$-7,3T^2 + 4,5T + 0,8$$

si ottiene $Fa = 1,49$

Tale valore è inferiore a quello dei valori di soglia della Banca Dati della Regione Lombardia, che individua per questo tipo di terreni nell'intervallo considerato un $Fa = 1,6$; pertanto la nuova normativa è sufficiente per tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro di norma;

Per l'intervallo T-Fa (0,5-1,5), l'equazione della curva di riferimento è la seguente:

$$-0,67T^2 + 1,3T + 0,93$$

si ottiene $Fa = 1,28$



Tale valore è inferiore a quello dei valori di soglia della Banca Dati della Regione Lombardia, che individua per questo tipo di terreni nell'intervallo considerato un $Fa = 2,7$; la nuova normativa è da considerare sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro di norma

CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SUI TERRENI DELLA PROVA MASW "B"

3. con litologia ghiosa

Analogamente al precedente, anche con la MASW "B" è stato fatto un primo calcolo prendendo come riferimento la scheda "litologia ghiaiosa".

I terreni in questione, valutando il valore complessivo medio della Vs_{30} , che è = 319m/s appartengono alla categoria dei suoli di fondazione di tipo "C" (Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri).

Come da procedura è stata scelta la curva n.3 per l'intervallo T-Fa (0,1-0,5).

Il valore di T calcolato per tutti i 30m indagati è di $T = 0,31$

Applicando tale valore nella funzione della curva 1 espressa come

$$-4,7T^2 + 3,0T + 0,92$$

si ottiene $Fa = 1,4$

Tale valore è inferiore a quello dei valori di soglia della Banca Dati della Regione Lombardia, che individua per questo tipo di terreni nell'intervallo considerato un $Fa = 1,6$; pertanto la nuova normativa è sufficiente per tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

Per l'intervallo T-Fa (0,5-1,5), l'equazione della curva di riferimento è la seguente:

$$-0,58T^2 + 0,84T + 0,94$$



Il valore di T calcolato per tutti i 30m indagati è di $T = 0,31$

si ottiene $Fa = 1,14$

Tale valore è inferiore a quello dei valori di soglia della Banca Dati della Regione Lombardia, che individua per questo tipo di terreni nell'intervallo considerato un $Fa = 2,7$; la nuova normativa è da considerare sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro di norma;

4. con litologia limoso-sabbiosa tipo 1

Non conoscendo la reale successione stratigrafica del sottosuolo indagato, è stato fatto un secondo calcolo prendendo come riferimento la scheda "litologia limoso-sabbiosa tipo 1".

Come già precedentemente detto i terreni in questione, appartengono alla categoria dei suoli di fondazione di tipo "C".

Come da procedura è stata scelta la curva n.3 per l'intervallo T-Fa (0,1-0,5).

Il valore di T calcolato per tutti i 30m indagati è di $T = 0,31$

Applicando tale valore nella funzione della curva 3 espressa come

$$-7,3T^2 + 4,5T + 0,8$$

si ottiene $Fa = 1,49$

Tale valore è inferiore a quello dei valori di soglia della Banca Dati della Regione Lombardia, che individua per questo tipo di terreni nell'intervallo considerato un $Fa = 1,6$; pertanto la nuova normativa è sufficiente per tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro di norma;

Per l'intervallo T-Fa (0,5-1,5), l'equazione della curva di riferimento è la seguente:

$$-0,67T^2 + 1,3T + 0,93$$

si ottiene $Fa = 1,27$



Tale valore è inferiore a quello dei valori di soglia della Banca Dati della Regione Lombardia, che individua per questo tipo di terreni nell'intervallo considerato un $Fa = 2,7$; la nuova normativa è da considerare sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro di norma.

TABELLA DI SINTESI VALORI DI Fa

Tipologie di suolo	Valore di soglia (0.1-0.5 s)			Valore di soglia (0.5-1.5 s)		
	A	B-C-E	D	A	B-C-E	D
Valori di soglia precalcolati dalla Regione Lombardia per il comune di Robecco	1.3	1.6	1.8	1.7	2.7	4.5
MASW A Litologia ghiaiosa		1,39			1,15	
MASW A Litologia limoso-sabbiosa1		1,49			1,28	
MASW B Litologia ghiaiosa		1,4			1,14	
MASW B Litologia limoso-sabbiosa1		1,49			1,27	

In entrambe le prove MASW, considerando due tipi di litologie medie differenti (ghiaiosa e sabbioso-limosa) i valori di Fa riscontrati nell'intervallo 0.1-0,5s, corrispondenti al periodo assunto come rappresentativo di quello proprio della maggior parte degli edifici presenti nel territorio regionale, ovvero edifici con strutture particolarmente rigide e sviluppo verticale indicativamente fino a 5 piani, SONO SEMPRE INFERIORI RISPETTO ALLA Fa precalcolata.

Nell'intervallo 0,5-1,5s, corrispondente al periodo assunto come rappresentativo di quello proprio dei alcuni edifici presenti nei centri urbani più sviluppati del territorio regionale, ovvero edifici con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, i valori di Fa calcolati SONO SEMPRE INFERIORI RISPETTO ALLA Fa precalcolata.



Lo studio dell'aspetto sismico del territorio comunale di Robecco sul Naviglio, condotto secondo i "Criteri attuativi dell' art. 57 della l.r. 12/2005 -Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio", approvati con D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005, ha permesso di sintetizzare le seguenti conclusioni finali.

La zonizzazione sismica del territorio comunale ha individuato due aree suscettibili di amplificazioni sismiche in caso di evento:

- **un'area di ciglio scarpata (zona di tipo Z3a)** corrispondente alla "Zona di ciglio" della scarpata morfologica, costituente il terrazzo fluviale che separa l'alta pianura dalla valle del Ticino, ove si possono avere amplificazioni sismiche determinate dalla topografia.
- **un'area costituita da sedimenti incoerenti di origine fluvioglaciale, con falda prossima al p.c. (zona assimilabile sia al tipo Z2 che al tipo Z4a)** ove si possono avere amplificazioni di tipo litologico, cioè determinate dalle locali caratteristiche geotecniche, geometriche e stratigrafiche dei terreni (costipamento, addensamento, granulometria, presenza d'acqua, spessore dei singoli strati), nonché cedimenti del terreno a seguito di possibili fenomeni di liquefazione in caso di presenza nel sottosuolo di strati sabbiosi che presentano le caratteristiche di rischio.

L'area di ciglio è facilmente definita e comporta una fascia di rischio ampia 10m per tutto il tratto della scarpata morfologica che presenta le caratteristiche geometriche definite dai criteri citati.

La più vasta area Z2-Z4 è di più difficile delimitazione, in quanto non si conosce esattamente la successione stratigrafica dei depositi nel sottosuolo. Dalla bibliografia si evince che la presenza di strati sabbiosi a granulometria fine, di spessore considerevole e immersi in falda comportano un possibile rischio al fenomeno della liquefazione fino a circa 15m di profondità. Ricontrando dalle stratigrafie note la presenza di strati sabbiosi con dette caratteristiche e riscontrando altresì in tutta l'area comunale la presenza della falda a quote sempre inferiori ai



15m è risultato giocoforza, nel perseguire una linea logica di pianificazione, classificare l'intero territorio comunale come ambito di pericolosità sismica possibile, anche perché l'eventuale presenza di strati a mediocre comportamento elastico può determinare l'amplificazione del sisma. In tale area sono state pertanto effettuate due prove sismiche campione per la parametrizzazione dei terreni, utilizzando il metodo MASW per la definizione del valore di Vs30.

Le due prove effettuate in aree di possibile interesse pianificatorio hanno segnalato, sotto il punto di vista dell'elasticità, terreni con proprietà geotecniche mediocri, caratterizzati da addensamento da scarso a medio nei primi 15m di profondità della prova MASW "A" e nei primi 11m di profondità della prova MASW "B".

Tale fatto, unitamente alla presenza della falda a scarsa profondità e all'accertata presenza in alcuni pozzi dell'acquedotto di cui è nota la stratigrafia di livelli di sabbie fini sotto falda, con spessori significativi nei primi 15m di profondità, induce una certa attenzione in fase edificatoria per il possibile rischio del manifestarsi dei fenomeni di liquefazione delle sabbie.

E' stato altresì calcolato, nei siti d'indagine MASW, il Fattore di amplificazione dei terreni, utilizzando le schede litologiche di riferimento allegate ai criteri citati e seguendo la procedura di calcolo enunciata in detti criteri. Non conoscendo nel dettaglio la successione stratigrafica al di sotto dei siti d'indagine, sono stati fatti i calcoli utilizzando sia la scheda "litologia ghiaiosa" sia quella "litologia sabbioso-limosa tipo 1".

I valori calcolati del Fattore di Amplificazione Fa, con entrambe le schede ed in entrambi i siti sono risultati:

- minori della Fa precalcolata nell'intervallo 0.1-0,5s, corrispondenti al periodo assunto come rappresentativo di quello proprio della maggior parte degli edifici presenti nel territorio regionale, ovvero edifici con strutture particolarmente rigide e sviluppo verticale indicativamente fino a 5 piani.
- minori della Fa precalcolata nell'intervallo 0,5-1,5s, corrispondente al periodo assunto come rappresentativo di quello proprio dei alcuni edifici presenti nei centri urbani più sviluppati del territorio regionale, ovvero edifici con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani .



Le due prove Masw eseguite pertanto non segnalano superamento del valore di soglia nei due siti indagati.

Quando tale valore di F_a risultasse superiore a quello dei valori di soglia della Banca Dati della Regione Lombardia significa che la nuova normativa è insufficiente per tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) per individuare gli spettri di risposta da utilizzare a livello progettuale.



CAPITOLO 3 – LA SINTESI

3.1 – Analisi geologico -tecnica

Una volta distinte le diverse formazioni in funzione delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche, è possibile effettuare un'ulteriore caratterizzazione in base ai parametri geotecnica.

Questa distinzione è stata effettuata utilizzando sia i dati presenti in bibliografia, sia quelli desunti da prove in situ eseguite direttamente nell'area.

3.1.1 – DESCRIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICO TECNICHE

Questa suddivisione operata, non vuole essere esaustiva del problema, ma fornire una prima serie di informazioni al fine di meglio indirizzare la campagna geognostica nell'area. Le informazioni principali che hanno condotto alla classificazione geotecnica sono essenzialmente le seguenti:

- Caratteristiche litologiche superficiali dominanti dal piano campagna a circa 20 metri di profondità;
- Aree inondabili

Prendendo infatti in considerazione i primi 20 m di terreno (che sono quelli più direttamente interessati nel caso di fondazioni) si è notato una presenza più o meno accentuata di matrice limoso-argillosa mista alle ghiaie e alle sabbie. In alcuni casi (pozzo acquedotto nn.2, 3, 4 e 5) viene ben individuato uno strato argilloso dello spessore variabile tra 1 e 4m nei primi 10m di profondità.

Questi orizzonti, benchè, come già detto, non presentano significative continuità areali, possono però creare problemi nel caso di fondazioni che si attestino su tali livelli. Il loro spessore è quasi sempre limitato e le problematiche geotecniche che ne derivano sono



facilmente risolvibili o con l'asportazione dello strato argilloso, nel caso si trovassero in posizione sub-superficiale, o con l'adozione di fondazioni su pali, nel caso fossero a profondità maggiori.

Le sabbie e ghiaie che costituiscono il deposito alluvionale prevalente per i primi 20 metri di profondità possono essere ora descritte nelle loro caratteristiche geotecniche generali; informazioni più dettagliate saranno invece ricavate da analisi di laboratorio sui campioni prelevati in corrispondenza dell'opera progettata, nei casi richiesti dalla normativa vigente.

Le sabbie sono composte da particelle con dimensioni comprese fra 0.06 e 3 mm mentre le ghiaie sono composte da frazioni con dimensioni comprese fra 3 e 200 mm. A volte sono presenti frammenti con diametro maggiore di 200 mm (ciottoli). La frazione limosa è costituita da particelle clastiche e scagliose che determinano una certa "plasticità" della matrice fine.

Nel complesso il materiale si presenta come un aggregato a struttura granulare con proprietà qualitativamente indicate dal termine "mediamente addensato".

Dal punto di vista granulometrico tale materiale viene classificato a "granulometria grossolana", con più del 50% in peso costituito da particelle visibili (diametro > 0.074 mm).

La porosità (n), determinata dal rapporto fra il volume dei vuoti ed il volume totale del terreno, espressa in percentuale, è dell'ordine del 25-35%.

L'indice dei vuoti (e), o rapporto fra il volume dei vuoti ed il volume della parte solida, è dell'ordine di 0.3-0.5

Il contenuto d'acqua (w), o rapporto fra peso dell'acqua e peso secco dell'aggregato, espresso in percentuale, è dell'ordine di 10-20%.

Infine il peso specifico apparente, espresso in grammi/centimetro cubo è dell'ordine di 1.5-2.0 (allo stato secco) e di 1.9-2.3 (allo stato saturo).

Per quanto concerne le proprietà più prettamente idrauliche e meccaniche dei terreni in oggetto, si può dire che il coefficiente di permeabilità K (o conducibilità idraulica) è complessivamente elevato, con valori che variano da 10E-1 fino a 10E-3 cm/s.

L'angolo di attrito interno (phi) risulta compreso fra i 35 ed i 50 gradi.

L'altro elemento di variabilità che interessa l'aspetto edificatorio è la presenza del F. Ticino, che in una fascia evidenziata in carta è da considerare a rischio di esondazione. Tale area, come già detto nel capitolo dedicato al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, è stata perimetrata in



considerazione degli eventi di piena già accaduti e a seguito di una modellizzazione effettuata tenendo conto di una piena con tempi di ritorno di 200 anni. Dell'esonabilità di quest'area si dovrà tener conto a seconda della tipologia dell'opera intrapresa e delle relative fondazioni.

Per ciò che invece concerne la soggiacenza della falda freatica essa si attesta mediamente tra 1 e 5m di profondità dal p.c. e pertanto la sua influenza nelle considerazioni geotecniche è decisiva a seconda se l'area presa in esame viene trovarsi nella zona di pianura o in quella di valle del Ticino.

In conclusione, per quello che riguarda le problematiche geotecniche del territorio, si può dire quanto segue:

- L'area è pianeggiante e pertanto sono assenti i problemi legati alla stabilità dei pendii, tranne la ristretta fascia di terrazzo
- La falda ha una soggiacenza tale da interessare opere nel sottosuolo o fondazioni
- Il sottosuolo è costituito in prevalenza da sabbie e ghiaie, con matrici però molto fini (limi e argille) e quindi con capacità di carico da verificarsi di volta in volta a seconda del tipo di intervento.
- Eventuali orizzonti argillosi e/o limoso-sabbiosi sono stati riscontrati nei primi 20 metri a profondità variabili, in aree non facilmente definibili, vista la scarsità di stratigrafie a disposizione. A seconda delle edificazioni previste ed in funzione dei lavori nel sottosuolo da effettuarsi, si valuterà caso per caso come risolvere la loro presenza
- Nella fascia in fregio al F. Ticino, dato il rischio di inondabilità esistente, dovranno essere adottate specifiche misure preventive per evitare il danneggiamento delle strutture e per garantire la stabilità delle eventuali opere presenti o da effettuarsi.

Non essendo disponibili altri dati specificatamente geotecniche a carattere quantitativo più diffusi si è elaborata una carta di zonizzazione geotecnica molto semplificata, istituendo tre classi o zone, ciascuna delle quali è contraddistinta da una diversa caratterizzazione geotecnica.



Le classi sono pertanto le seguenti:

Classe	Litologia e falda freatica	Caratteristiche geotecniche
I	<i>Terreni sabbioso-ghiaiosi, con presenza di matrice argillosa e di orizzonti argillosi nei primi 20 m e falda che può raggiungere la profondità 2-5m</i>	<i>Medie, con particolare attenzione per le fondazioni e alla falda prossima al p.c.</i>
II	<i>Terreni sabbioso-ghiaiosi, con presenza di matrice argillosa e di orizzonti argillosi nei primi 20 m e falda con profondità <2m</i>	<i>Mediocri, con particolare attenzione per le fondazioni e alla falda molto prossima al p.c.</i>
III	<i>Terreni sabbioso-ghiaiosi, ma possibilità di esondazione e falda con profondità <2m dal p.c.</i>	<i>Mediocri; le strutture sono da adeguare alla possibilità di inondazione ed alla falda prossima al p.c.</i>

Si intende sottolineare che i parametri geotecnici delle diverse unità riportati in legenda non sono vincolanti dal punto di vista progettuale, trattandosi appunto di caratteristiche medie di prima approssimazione e, come tali, non devono essere considerate sostitutive dei parametri geotecnici ricavabili mediante le indagini geognostiche da eseguire a supporto dei progetti di edificazione.

3.2 – La normativa vigente

Oltre alla pericolosità, per la definitiva valutazione della fattibilità degli interventi sul territorio è di fondamentale importanza mettere in relazione le prescrizioni, le direttive ed i vincoli introdotti dalla normativa vigente con gli studi e le analisi effettuate. Ciò consente, da un lato di assolvere alle richieste della normativa stessa e dall'altro di indicare ulteriori specifiche che possano rendere efficaci, i dettami emanati a livello generale dalle leggi regionali e nazionali. Questa tavola, vista la necessità progettuale di individuare puntualmente i vincoli ricadenti sul territorio, è stata realizzata alla stessa scala della carta di fattibilità ed allegata ad essa.

In particolare nella tavola della normativa vigente sono stati riconosciuti:

- **Gli ambiti "A", "B" e "C" di tutela dei corsi d'acqua** secondo il Piano stralcio di Assetto Idrogeologico del Po;



- **Le zone di rispetto intorno alle opere di captazione** delle acque destinate al consumo umano secondo il testo unico ambientale (D.Lgs. n°152/06);
- **Le fasce di rispetto** relative ai corsi d'acqua previsti dal R.D. 523/1904;

3.3 - La carta di sintesi

La carta di sintesi rappresenta l'interpretazione degli elementi fisici, morfologici e idrogeologici, naturali ed artificiali, che per proprie caratteristiche funzionali e/o per lo stato di efficienza in cui sono mantenuti possono determinare un "dissesto più o meno grave" o comunque rappresentano un punto di debolezza del territorio. Per esempio gli attraversamenti degli argini che determinano un restringimento della sezione dell'alveo, oppure, la presenza di un pozzo abbandonato non richiuso, l'interruzione di un fosso di scolo delle acque, lo sbarramento di un rilevato, la soggiacenza della falda a poca profondità, gli accumuli detritici alla base delle pendici impongono un'attenzione particolare riguardo al verificarsi delle esondazioni, alla salvaguardia della falda, al deflusso superficiale delle acque, alla stabilità dei pendii e via dicendo. La finalità che si vuole raggiungere è quella di fornire, a chiunque dovrà operare sul territorio, un riferimento sufficientemente dettagliato affinché in fase progettuale si possa adeguare la struttura e la funzionalità dell'intervento al contesto specifico in cui è inserito.

La carta di sintesi e la carta dei vincoli esistenti, costituiscono gli elaborati di sintesi per l'interpretazione della pericolosità; essi forniscono quindi il quadro generale di riferimento per la realizzazione dei nuovi progetti e delle nuove previsioni urbanistiche. Nella carta della pericolosità sono rappresentate le situazioni naturali predisponenti il dissesto e le pratiche antropiche che possono innescarlo. Queste informazioni, consentono la valutazione del livello di pericolosità raggiunto nelle diverse parti del territorio.



3.3.1 – GLI ELEMENTI DI SINTESI

Dalle analisi dei caratteri fisici, morfologici, idrogeologici e dei modi in cui le attività antropiche si relazionano ad essi, è stato possibile riconoscere i fattori principali che portano all'individuazione del grado di pericolosità di una certa area.

In questa tavola si sintetizzano tutti gli elementi puntuali, naturali ed artificiali, che determinano o possono determinare nel tempo un dissesto o un aggravio di una situazione già problematica.

I fattori di rischi derivano principalmente dall'assetto fisico e morfologico delineato nella carta geomorfologica.



CAPITOLO 4 – LA GESTIONE DEL TERRITORIO

4.1 La carta di fattibilità e delle azioni di piano

Secondo quanto indicato dalla normativa vigente, la carta della fattibilità scaturisce dall'attribuzione, a ciascun elemento della carta di sintesi, di un valore di ingresso. Tale valore può, successivamente, essere aumentato o diminuito secondo le scelte motivate del progettista.

La carta di fattibilità risulta pertanto una carta di pericolosità che fornisce, in aggiunta, indicazioni in merito alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed approfondimenti necessari alle opere di mitigazione del rischio ed alle necessità di controllo dei fenomeni in atto e potenziali.

In questa ottica, si è cercato di pervenire a una dettagliata definizione della carta di sintesi e quindi alla individuazione di una serie di indicazioni normativa per la fattibilità in modo da non perdere le specifiche informazioni geologiche.

Dobbiamo comunque tenere in considerazione il fatto che, nella realtà, la delimitazione cartografica delle aree con diversa pericolosità, non dovrà essere applicata letteralmente. A tal fine, per interventi che ricadono in un intorno significativo di queste zone di confine, dovranno essere eseguiti tutti i necessari approfondimenti d'indagine necessari a delimitare il fenomeno e la relativa pericolosità.

Infatti l'individuazione delle aree caratteristiche, articolando la fattibilità per temi specifici, consente di limitare il grado di approssimazione nella definizione del *rischio/fattibilità* suggerendo anche le indagini specifiche e le soluzioni progettuali da adottare per la mitigazione del rischio stesso.

Il riconoscimento delle diverse cause e dei livelli di fattibilità, ha lo scopo quindi, di "costringere" a confrontare, con le caratteristiche specifiche dei luoghi, qualsiasi tipo di intervento al fine di non innescare o aggravare situazioni già critiche.



Oltre alle dimensioni e alla tipologia dell'intervento, il progetto dovrà considerare, ad esempio, lo schema generale delle acque, indicarne i recapiti e i volumi nel caso di ampie impermeabilizzazioni, valutare l'effettiva profondità della falda in relazione ai piani interrati, assicurare la copertura vegetale o un'adeguata sistemazione idraulica dei terreni in pendenza.

Per agevolare la verifica del corretto inserimento di un progetto nello specifico contesto ambientale, si indicano gli elaborati tecnici da presentare per la richiesta di concessione edilizia o denuncia di inizio attività, che dovranno rispondere ai "quesiti" posti dalla pericolosità.

4.1.1 – LA FATTIBILITÀ DEGLI INTERVENTI URBANISTICI E EDILIZI

Qui di seguito si riporta la tabella che esprime i valori della fattibilità attribuita ai diversi tipi d'intervento previsti dal Piano in relazione alle caratteristiche di pericolosità del territorio.

Le specificazioni permettono poi di valutare, in funzione del tipo di intervento e delle conseguenti interferenze con il territorio circostante, le operazioni da compiere per non aggravare situazioni problematiche al suo intorno e, nei limiti del possibile, contribuire a migliorarle.

Sulla base dei risultati delle indagini eseguite e delle elaborazioni cartografiche schematizzate nelle CARTE DI SINTESI e DEI VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO, attraverso la valutazione incrociata degli elementi caratteristici del territorio, si perviene alla ZONAZIONE del territorio.

Gli elementi individuati quali fattori caratterizzanti per la formulazione di proposte di suddivisione del territorio in CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA sono:

- FENOMENI GEOMORFOLOGICI ATTIVI E POTENZIALI
- CARATTERI IDROGRAFICI
- FATTORI ANTROPICI
- VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA
- AREE DI RISPETTO PER POZZI AD USO POTABILE
- VINCOLI NORMATIVI DI NATURA GEOLOGICA

In funzione della presenza di uno o più elementi sopra esposti, vengono delimitate porzioni di territorio con differente CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA.



Secondo quanto previsto dalla normativa regionale vigente in materia, si individuano QUATTRO classi di FATTIBILITA' GEOLOGICA così definite:

CLASSE 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

CLASSE 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

CLASSE 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

CLASSE 4 - Fattibilità con gravi limitazioni



CLASSE 1

FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI

“In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso dell'area”

AMBITO TERRITORIALE

Alla Classe 1 non viene ascritta alcuna porzione del territorio comunale di Robecco sul Naviglio.

CLASSE 2

FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI

Fattibilità 2 - Situazioni che non determinano particolari condizioni di attuazione

In questa classe ricadono le aree nelle quali sono state rilevate puntuali o ridotte condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le quali, si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico - tecnico o idrogeologico, finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di sistemazione e bonifica, le quali non dovranno incidere negativamente sulle aree limitrofe.

Sono rappresentate da tutte le aree nelle quali non insistono particolari fenomeni di origine fisica e antropica da tenere in considerazione con adeguate soluzioni da adottare a livello progettuale.

AMBITO TERRITORIALE

Alla Classe 2 non viene ascritta alcuna porzione del territorio comunale di Robecco sul Naviglio.



CLASSE 3

FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

In questa sottoclasse vengono ricomprese anche le aree a ridosso dei settori in cui il versante si presenta maggiormente acclive. Le aree si presentano subpianeggianti e/o con acclività moderata e sono individuate con criterio geometrico arbitrario dei 10 m di distanza dall'orlo della scarpata. Queste risultano geologicamente stabili, non presentando evidenze di dissesto attivo e/o quiescente; la vicinanza all'orlo della scarpata induce però a qualche cautela in merito alla eventuale interazione tra i nuovi interventi edilizi e le condizioni geomorfologiche della stessa.

Gran parte del territorio di Robecco sul Naviglio e delle aree contermini rispettivamente nei settori Centro-Orientale, Settentrionale e Meridionale è caratterizzato da condizioni di Vulnerabilità Idrogeologica intrinseca di entità Media/elevata.

Sono state qui classificate quelle aree appartenenti all'area di pianura ove sussiste la possibilità che la minima soggiacenza della falda arrivi attorno ai -5m dal p.c.; come già precedentemente spiegato questo dato può essere rivisto con una mirata campagna di controllo del livello piezometrico dei pozzi, una ricostruzione più dettagliata della falda e quindi una comparazione tra i nuovi dati ricavati dallo studio ed i dati storici. Tale indagine, che necessiterà però di una capillare e consistente rete di pozzi che raggiungano la prima falda e siano accessibili alle misurazioni (non esistenti attualmente, in quanto quasi tutti sigillati), potrà delimitare con maggior accuratezza le aree ove la minima soggiacenza raggiunga profondità maggiori di 5m e pertanto tali aree potranno essere riclassificate in Classe I con procedura di Variante.

Ovunque, dovrà essere applicato quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le costruzioni" (o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo transitorio) per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva di opere pubbliche e private.

Tutti gli approfondimenti geologici richiesti per tale classe di fattibilità dovranno essere prodotti contestualmente alle richieste di "permesso di costruire" o "DIA" e valutati di conseguenza prima del rilascio di tali permessi.



E' consentito qualunque tipo di opera edificatoria e/o modifica di destinazione d'uso del suolo e/o all'utilizzo delle aree in genere, prestando attenzione alle problematiche inerenti la stabilità del complesso versante-fondazioni.

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per l'entità e la natura dei rischi individuati nell'area di studio o nell'immediato intorno. Il professionista dovrà pertanto:

- a) definire puntualmente le prescrizioni per gli eventuali interventi urbanistici in funzione della tipologia del fenomeno sia per le opere di mitigazione del rischi, sia per le specifiche costruttive degli interventi edificatori;
- b) realizzare le indagini necessarie per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, mediante campagne geognostiche, prove in situ e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici ecc.). Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica.

Per l'edificato esistente, dovranno essere fornite indicazioni in merito alle indagini da eseguire per la progettazione e realizzazione delle opere di difesa, sistemazione idrogeologica e degli eventuali interventi di mitigazione degli effetti negativi indotti dall'edificato. Potranno inoltre essere predisposti, idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento.

In carta sono state evidenziate le tipologie dei fenomeni che concorrono all'inserimento delle aree nella specifica classe individuando eventualmente le sottoclassi.

La mancanza di un'adeguata copertura vegetale, l'accumulo detritico, l'erosione superficiale diffusa, l'erosione superficiale di origine antropica (pascolo, fuoristrada etc.) saranno da tenere sotto controllo prevedendo adeguate sistemazioni secondo il seguente schema:

Per gli interventi edilizi, urbanistici, d'utilizzo del suolo e per i progetti di mantenimento delle condizioni fisiche e ambientali e di regimazione idraulica, vigono le seguenti prescrizioni:

- La classificazione e la perimetrazione delle aree può essere soggette a variazioni a seguito di documentate argomentazioni e studi idrologico-idraulici che dimostrino l'assenza delle



condizioni di rischio per eventi di piena con tempi di ritorno T 100 e T 500 anni. Tali revisioni saranno comunque soggette a procedure di variante urbanistica.

- La disciplina e gli interventi in tali zone devono comunque essere finalizzati al mantenimento ed al miglioramento delle condizioni fisiche ed ambientali esistenti. Costituiscono eccezione interventi di trasformazione edilizia ed urbanistica legati alla realizzazione di strutture e/o infrastrutture di pubblica utilità e/o interesse e opere pubbliche.
- Trasformazioni urbanistiche d'altra natura dovranno discendere da valutazioni idrauliche esaurienti ai sensi della vigente normativa.
- Le aree dovranno essere assoggettate a nuova verifica idraulica nel caso di cambiamenti morfologici. Per gli interventi edilizi e/o urbanistici vige l'obbligo di effettuare la verifica idraulica secondo i disposti della normativa vigente. In caso d'esito negativo della verifica, per gli interventi edilizi-urbanistici, dovranno essere predisposti specifici programmi d'intervento per la riduzione del rischio idraulico.
- Al fine di tutelare l'incolumità dell'utente, per le nuove eventuali costruzioni si prescrive quanto segue:
 - realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi dei materiali sopraelevati rispetto al livello della piena di riferimento;
 - gli impianti elettrici dei piani interrati dovranno essere dotati di centralina d'allarme per il rilevamento della presenza d'acqua che tolga la tensione al piano in caso d'allagamento e di dispositivo che impedisca la discesa dell'ascensore a tali piani interrati e/o scantinati;
 - poiché, in ogni caso, potrebbero verificarsi fenomeni di ristagno per ridotto funzionamento della rete drenante superficiale, i locali interrati dovranno essere impermeabilizzati, così come si dovrà provvedere a munire le rampe d'accesso di paratoia opportunamente posizionata e di facile e rapida possibilità di manovra;
 - detti piani interrati dovranno essere muniti di pozzetto con pompa sollevante a livello dotata di generatore autonomo ubicato al piano terra.



Zona di rispetto dei pozzi comunali

La zona di rispetto del pozzo comunale ha un'estensione di 200 m di raggio rispetto al punto di captazione. Al suo interno il decreto legislativo 152/06, prevede limitazioni e divieti per l'inserimento di nuove attività.

Le attività elencate nel Decreto Legislativo 152/2006, quali fognature, edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio, sono subordinate ad approfondimenti che accertino la compatibilità dell'intervento, (secondo quanto definito dall'art 94 del D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii. e della D.G.R. 7/12693) con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche o in alternativa si potrà procedere alla ripermimetrazione delle fasce di rispetto secondo il criterio temporale o idrogeologico (D.G.R. 6/15137 del 27/06/1996).

Dovranno comunque essere eseguite indagini idrogeologiche di dettaglio per valutare l'impatto degli interventi nei confronti della qualità delle acque destinate al consumo umano secondo quanto precedentemente specificato.

Scarpate morfologiche acclivi

L'utilizzo delle aree deve essere preceduto da attenta valutazione della stabilità delle scarpate. Dovranno essere eseguite indagini geologico – tecniche a supporto degli interventi edificatori secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.08. La relazione geotecnica deve contenere valutazioni sulla portanza e sui cedimenti del terreno di fondazione.

Deve essere condotta inoltre un'attenta analisi di stabilità del pendio nelle sue condizioni naturali (precedente all'intervento), con simulazioni della stabilità in ordine alle modifiche dello stato tensionale con la realizzazione degli interventi. Si dovranno inoltre fornire indicazioni sulla possibile evoluzione geomorfologica del versante.

Analisi di stabilità andranno eseguite anche in relazione ai fronti di scavo.

Per i nuovi insediamenti si dovranno evitare scarichi lungo il pendio; le acque devono essere captate ed indirizzate verso la più vicina opera di presa della rete delle acque chiare o in sito idoneo.



Nella scelta delle tecniche di consolidamento del versante si dovranno preferire le tecniche di ingegneria naturalistica.

Ovunque in Classe 3, dovrà essere applicato quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 “Norme Tecniche per le costruzioni” o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo transitorio) per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva di opere pubbliche e private.

Localmente, con riferimento alla tipologia ed alla funzione (o destinazione) dell'intervento edificatorio, dovranno essere valutate le condizioni geotecniche, idrogeologiche e sismiche ai fini della corretta progettazione.

In particolare, per le Opere strategiche e rilevanti (d.d.u.o. n. 19904/2003) nel territorio in Classe 3 si dovranno approntare analisi sismiche di 3° LIVELLO nei casi richiesti in base alle risultanze dell'indagine eseguita ai sensi della DGR 8/1566/2005 .

Tutti gli approfondimenti geologici richiesti per tale classe di fattibilità dovranno essere prodotti contestualmente alle richieste di “permesso di costruire” o “DIA” e valutati di conseguenza prima del rilascio ditali permessi.

PRESCRIZIONI

DESTINAZIONI D'USO

In tale area quindi si manterranno le prescrizioni previste nella classe precedente con l'aggiunta del divieto di apertura di discariche pubbliche e private, del deposito di sostanze pericolose e di materiali a cielo aperto e di impianti di smaltimento rifiuti.

Ogni scavo nel sottosuolo comporterà la messa a giorno della falda freatica e quindi tutti gli interventi in tal senso (fondazioni, serbatoi interrati, tubazioni ecc.) dovranno essere motivati e presentare le migliori garanzie di impermeabilizzazione e/o di salvaguardia della qualità della falda.

Per i nuovi insediamenti e per gli ampliamenti degli edifici produttivi le indagini dovranno essere finalizzate a determinare l'eventuale necessità di impermeabilizzare le superfici scoperte interessate dal transito mezzi e dalle attività produttive, anche in funzione delle caratteristiche dei prodotti trattati.



In ambito urbano ed extraurbano, quanto previsto dallo strumento urbanistico, e più precisamente:

Nelle aree di rispetto dei POZZI IDROPOTABILI pubblici con estensione di raggio pari a 200 m dal pozzo, sono vietate le seguenti attività o destinazioni (D.Lgs. 152/2006):

- Dispersione di acque reflue e fanghi, anche se depurati;
- Accumulo di concimi chimici, fertilizzanti e pesticidi;
- Spandimento di concimi chimici, fertilizzanti e pesticidi (salvo quanto indicato in specifici piani di utilizzazione);
- Dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali o strade;
- Aree cimiteriali;
- Apertura di cave in connessione con la falda
- Apertura di pozzi, ad eccezione di quelli idropotabili e di quelli finalizzati alla tutela della caratteristiche qualitative della risorsa;
- Gestione di rifiuti;
- Stoccaggio di prodotti e sostanze chimiche pericolose, sostanze radioattive;
- Centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- Pozzi perdenti;
- Pascolo e stabulazione del bestiame.

La Regione disciplina, all'interno delle aree di rispetto, le seguenti attività e strutture:

- Fognature,
- Edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- Opere viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- Pratiche agronomiche e piani di utilizzazione per concimi, fertilizzanti e pesticidi.

“FASCIA FLUVIALE B” del PAI (FIUME TICINO): auspicabili destinazioni d'uso agricole in virtù delle condizioni di dissesto idrografico Molto Elevate.

Nell'ipotesi di limitati interventi edificatori, non sono ammessi quelli che comportino (art. 30 delle NTA del PAI) :



- una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto all'art. 29, comma 3, let. l;
- In presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Sono consentiti, oltre agli interventi di cui al comma 3 dell'art. 29, i seguenti:

- gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;
- gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;
- la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs.152/1999 e successive modifiche e integrazioni;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento



dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti dell'art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.

INDAGINI E STUDI

“FASCIA FLUVIALE B” del PAI (FIUME TICINO):

le indagini e gli studi che dovranno accompagnare i progetti degli interventi compatibili di cui al precedente paragrafo dovranno provare, mediante specifici approfondimenti:

- la compatibilità idraulica dell'intervento con le condizioni di dissesto e pericolosità idrologica;
- il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area;
- l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti;
- l'assenza di interferenze negative con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

Ovunque in Classe 3, quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 “Norme Tecniche per le costruzioni” (o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo transitorio) per la pianificazione attuativa e per la progettazione esecutiva di opere pubbliche e private.

Per tutte le opere edilizie di nuova realizzazione (manufatti, edifici, strutture pertinenziali, infrastrutture tecnologiche, stradali, ecc.) è obbligatoria la relazione geologica; la stessa dovrà evidenziare mediante supplementi d'indagine di natura geologico-tecnica, geotecnica e/o idrogeologica (in relazione allo specifico ambito territoriale), la compatibilità dell'intervento con le situazioni di reale o potenziale dissesto.

Inoltre dovranno essere altresì indicate le prescrizioni tecniche al fin di realizzare idonee tipologie costruttive nonché opere di sistemazione e bonifica.

Per quanto concerne l'edificato esistente è richiesta la relazione geologica a supporto della pratica edilizia per i seguenti casi: ampliamento del manufatto o del fabbricato; demolizione totale parziale con ricostruzione del manufatto/fabbricato; interventi strutturali di consolidamento sulle fondazioni esistenti.



OPERE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO

In ambito urbano ed in ambito produttivo-terziario, completamento degli eventuali sistemi di collettamento e depurazione, allacciamento alla rete fognaria delle porzioni non ancora servite; censimento e bonifica degli eventuali residui pozzi perdenti.



CLASSE 4

FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

L'alto rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente interventi così come definiti dall'art. 27, lettere a), b), c) della legge regionale 12/05. Si dovranno inoltre fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto. Eventuali opere pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Zona di tutela assoluta dei pozzi collegati all'acquedotto comunale

La zona di tutela assoluta dei pozzi deve circondare la captazione con un'estensione di raggio non inferiore a 10 m.

Le relazioni di cui ai punti precedenti relativi alle differenti classi di fattibilità non sono richieste per gli interventi di ordinaria e straordinaria manutenzione, risanamento conservativo.

Sarà cura del progettista ottemperare, in fase esecutiva, a quanto disposto del progetto esecutivo e dalle norme tecniche del Testo Unico delle Costruzioni.

Fasce di rispetto delle risorgive e/o fontanili.

In cartografia sono stati individuati i fontanili presenti sul territorio comunale e, schematicamente è stato indicato con un cerchio il vincolo ambientale che ricade su di essi.



Questo dovrà essere considerato oltre che sulla testa del fontanile, anche sulla fascia che, partendo da questo, si estende per 25 metri a valle.

L'art. 34 delle N.T.A del P.T.C.P. Provinciale, qui interamente richiamato detta le seguenti disposizioni:

- è vietato alterare la testa e l'asta dei fontanili e, in generale, dei fontanili attivi o nei quali sia ancora presente l'acqua e il fenomeno della risalita;
- è vietata ogni opera di trasformazione, di urbanizzazione e di edificazione all'interno di una fascia, stabilita in via transitoria fino alla maggiore definizione da parte dei comuni, non inferiore a metri 50 misurati dall'orlo della testa e lungo l'asta, per una fascia non inferiore a metri 25 se la situazione attuale lo consente.

Le eventuali recinzioni sono consentite solo in forma di siepi di vegetazione arbustiva;

- è da promuovere la riqualificazione delle incisioni della testa e dell'asta per almeno 150 m, dei fontanili attivi e di quelli potenzialmente riattivabili e la relativa vegetazione di pertinenza in quanto elementi di valorizzazione ecologica e agricola del territorio rurale;
- oltre agli interventi necessari per la normale manutenzione della testa e dell'asta, da effettuarsi con tecniche tradizionali, legata alla funzione irrigua dei fontanili, sono ammessi interventi per la fruizione, quali piccole attrezzature di osservazione e percorsi pedonali purché compatibili con le finalità della conservazione e della valorizzazione naturalistica del bene;

Fasce di rispetto dei corsi d'acqua e canali.

Per corsi d'acqua s'intendono, ai fini dell'applicazione della presente norma, quelli a carattere costante a cielo aperto, a carattere stagionale a cielo aperto; tombotti completamente o parzialmente. Sono altresì inclusi gli alvei dei torrenti con andamento stagionale o episodico; il reticolo idrico principe, la rete di bonifica ed irrigazione e il reticolo idrico minore.

Su ambedue le sponde dei corsi d'acqua è istituita una fascia di rispetto di larghezza pari a 10 m. o in conformità a quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di pulizia Idraulica (R.D. 368/1904, R.D. 523/1904) con particolare riferimento alla classificazione del corso d'acqua a partire dal piede dell'argine esterno per i corsi d'acqua incanalati, a partire dalla sommità della sponda incisa per i corsi d'acqua non arginati e dal piede di sponda esterna per i corsi d'acqua arginati fuori terra. Questa fascia oltre a garantire la conservazione delle funzioni



biologiche caratteristiche dell'ambito ripariale servirà a garantire la piena efficienza delle sponde e la funzionalità delle opere idrauliche e facilitare le operazioni di manutenzione delle stesse.

Considerata la difficoltà di rappresentare una fascia larga 10 m. nella scala utilizzata per rappresentare il territorio comunale, si omette il graficismo a favore di una maggiore leggibilità della carta, pur individuando in tutte le aree esterne ai corsi d'acqua una zona di fattibilità 4.

Nelle fasce di rispetto, ferme restando le disposizioni normative vigenti, saranno applicate le seguenti disposizioni:

- è vietato qualsiasi tipo di edificazione; saranno consentiti solamente interventi di sistemazione a verde, con percorsi pedonali e ciclabili, ma senza attrezzature fisse, e tali da non interferire con periodiche operazioni di manutenzione e pulizia dei corsi d'acqua;
- è vietato ogni tipo di impianto tecnologico salvo le opere attenti alla corretta regimazione dei corsi d'acqua, alla regolazione del deflusso di magra e di piena, alle derivazioni e alle captazioni per approvvigionamento idrico e per il trattamento delle acque reflue nonché per le opere necessarie all'attraversamento viario e all'organizzazione di percorsi pedonali e ciclabili e funzionali alle pratiche agricole meccanizzate, ed alla realizzazione di opere di protezione e salvaguardia della sicurezza da rischi di accidentale caduta nei canali;
- sono vietati gli orti;
- sono vietati i movimenti di terra che alterino in modo sostanziale e stabilmente il profilo del terreno con la sola eccezione di quelli connessi ai progetti di recupero ambientale, di bonifica e di messa in sicurezza dal rischio idraulico.
- la formazione di pescaie, chiuse, petraie ed altre opere per l'esercizio della pesca, con le quali si alterasse il corso naturale delle acque. Sono eccettuate da questa disposizione le consuetudini per l'esercizio di legittime ed innocue concessioni di pesca, quando in esse si osservino le cautele od imposte negli atti delle dette concessioni, o già prescritte dall'autorità competente, o che questa potesse trovare conveniente di prescrivere;
- le piantagioni che si inoltrino dentro gli alvei dei fiumi, torrenti, rivi e canali, a costringerne la sezione normale e necessaria al libero deflusso delle acque;



- lo sradicamento o l'abbruciamento dei ceppi degli alberi che sostengono le ripe dei fiumi e dei torrenti per una distanza orizzontale non minore di nove metri dalla linea in cui arrivano le acque ordinarie.
- la piantagione sulle alluvioni delle sponde dei fiumi e torrenti e loro isole a distanza dalla opposta sponda minore di quella, nelle rispettive località, stabilita o determinata dal prefetto, sentite le amministrazioni dei comuni interessati e l'ufficio del Genio civile;
- le piantagioni di qualunque sorta di alberi ed arbusti sul piano e sulle scarpe degli argini, loro banche e sottobanche, lungo i fiumi, torrenti e canali navigabili;
- le piantagioni di alberi e siepi, le fabbriche, gli scavi e lo smovimento del terreno a distanza dal piede degli argini e loro accessori come sopra, minore di quella stabilita dalle discipline vigenti nelle diverse località, ed in mancanza di tali discipline, a distanza minore di metri quattro per le piantagioni e smovimento del terreno e di metri dieci per le fabbriche e per gli scavi;
- qualunque opera o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso, a cui sono destinati gli argini e loro accessori come sopra, e manufatti attinenti;
- le variazioni ed alterazioni ai ripari di difesa delle sponde dei fiumi, torrenti, rivi, canali e scolatori pubblici, tanto arginati come non arginati, e ad ogni altra sorta di manufatti attinenti;
- il pascolo e la permanenza dei bestiami sui ripari, sugli argini e loro dipendenze, nonché sulle sponde, scarpe, o banchine dei pubblici canali e loro accessori;
- l'apertura di cavi, fontanili e simili a distanza dai fiumi, torrenti e canali pubblici minori di quella voluta dai regolamenti e consuetudini locali, o di quella che dall'autorità amministrativa provinciale sia riconosciuta necessaria per evitare il pericolo di diversioni e indebite sottrazioni di acque.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua appartenenti al Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi, questi sono assoggettati alle norme di cui al Regolamento Regionale n° 3/2010 qui interamente richiamato per cui sono vietati in modo assoluto i seguenti lavori:

- a) la realizzazione di fabbricati e di tutte le costruzioni ad una distanza minima compresa dai 5 ai 10 metri dal ciglio dei canali a seconda dell'importanza del canale;



- b) la messa a dimora di alberature quali siepi o filari, lo scavo di fossi e canali nonchè il movimento di terreno negli alvei, nelle scarpate, nelle sommità arginali e nelle zone di rispetto dal piede interno ed esterno degli argini e loro accessori o dal ciglio delle sponde dei canali non muniti di argini o dalle scarpate delle strade, per una distanza di almeno metri 4, salvo deroghe motivate per interventi di rinaturalizzazione e valorizzazione ambientale realizzati dal consorzio competente;
- c) qualunque occupazione o riduzione delle aree di espansione e di divagazione dei corsi d'acqua;
- d) qualunque scarico di acque di prima pioggia e di lavaggio provenienti da aree esterne o suscettibili di inquinamento;
- e) qualunque apertura di cave, temporanee o permanenti, che possa dar luogo a ristagni d'acqua o impaludamenti di terreni o in qualunque modo alterare il regime idraulico della bonifica stessa;
- f) qualunque opera, atto o fatto che possa alterare lo stato, la forma, le dimensioni, la resistenza e la convenienza all'uso a cui sono destinati gli argini, opere di difesa e loro accessori e manufatti attinenti, od anche indirettamente degradare o danneggiare i corsi d'acqua;
- g) qualunque ingombro totale o parziale dei canali di bonifica o di irrigazione col getto o caduta di materie terrose, pietre, erbe, acque o sostanze che possano comunque dar luogo a qualsiasi inquinamento dell'acqua;
- h) qualunque deposito di terre o di altro materiale di risulta a distanza inferiore di metri 10 dai suddetti corsi d'acqua, che per una circostanza qualsiasi possano esservi trasportate ad ingombrarli;
- i) qualunque ingombro o deposito di materiale come sopra definito, sul piano viabile delle strade di servizio e loro pertinenze;
- j) qualunque interruzione o impedimento, con la costruzione di rilevati, del deflusso superficiale dei fossi e dei canali.

Per le Opere strategiche e rilevanti (d.d.u.o. n. 19904/2003) nel territorio in Classe 4 si dovranno approntare analisi sismiche di 3° LIVELLO nei casi richiesti in base alle risultanze dell'indagine eseguita ai sensi della DGR 8/1566/2005.



Tutti gli approfondimenti geologici richiesti per tale classe di fattibilità dovranno essere prodotti contestualmente alle eventuali richieste di “permesso di costruire” o “DIA” e valutati di conseguenza prima del rilascio di tali permessi.

PRESCRIZIONI

DESTINAZIONI D'USO

Viene esclusa qualsiasi nuova edificazione ad eccezione delle opere finalizzate al consolidamento, alla protezione idrogeologica ed idraulica.

Per gli edifici esistenti saranno consentiti i soli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo, senza aumenti di volume e modifiche delle destinazioni d'uso - Art. 3, comma 1, lettere a), b) e c) del DPR 380/2001.

Potranno essere realizzate eventuali infrastrutture pubbliche e/o di interesse pubblico solo se non altrimenti localizzabili sul territorio; le stesse dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio presenti nell'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea.

Alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata la relazione geologica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio.

Le aree di tutela assoluta dei POZZI IDROPOTABILI, rappresentate dai comparti immediatamente circostanti alle captazioni con estensione di raggio di 10.0m attorno ad esse, devono essere adibite esclusivamente ad opere di captazione e ad infrastrutture di servizio (D.Lgs. n. 152/2006). Per ragioni di sicurezza, le medesime devono essere adeguatamente protette.

OPERE DI RIDUZIONE DEL RISCHIO

Allacciamento alla rete fognaria delle porzioni non ancora servite, censimento e bonifica dei residui pozzi perdenti.



Quanto previsto dai risultati delle indagini condotte ai sensi del D.M. 14.01.2008 “Norme Tecniche per le costruzioni” (o dalle disposizioni ancora applicabili sino al termine del periodo transitorio) per l’eliminazione delle condizioni di reale o potenziale dissesto.

4.2. Aree soggette ad amplificazione sismica locale; edifici strategici e rilevanti;

Per il Comune di ROBECCO SUL NAVIGLIO, in base alle risultanze dell’indagine sismica effettuata, si individuano due tipologie di risposta sismica dei terreni, indicate in cartografia con la seguente sigla:

Z4a - Zona con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi

Caratteri litologici e geotecnici

ZONA Z4a: lo scenario Z4a rappresenta l’area maggiormente estesa del territorio in studio ed è costituita essenzialmente da

- depositi alluvionali Quaternari;
- depositi fluvioglaciali recenti, con morfologia pressoché piana.

In corrispondenza di queste aree si possono verificare effetti di amplificazioni sismica legati alla natura litologica dei terreni, che può variare da limoso-sabbiosa a sabbioso-ghiaiosa, con tendenziale aumento della granulometria da nord verso sud.

Sulla base di quanto sopra, all’interno dello scenario Z4a si possono riconoscere terreni caratterizzati da parametri geotecnici diversi; essi, dal punto di vista normativo, vengono raggruppati nello stesso scenario di pericolosità sismica della classe dei depositi alluvionali e/o fluvioglaciali.

Approfondimenti d’indagine:

Per i siti ove sorgeranno le costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.g.r.14964/2003 (elencate nel d.d.u.o. n. 19904/2003), sono da assoggettarsi obbligatoriamente ad approfondimento di 2° livello secondo i criteri definiti dall’Allegato 5 della DGR



8/156622/12/05. Tale approfondimento porta alla determinazione del valore del Fattore di Amplificazione Fa.

E' richiesta in fase di progettazione la valutazione delle caratteristiche geologiche, dei parametri geotecnici e sismici dei terreni di fondazione; tale valutazione deve considerare la successione stratigrafica fino al bedrock sismico, o in alternativa fino alla profondità di circa 30 m da p.c.

Sono escluse dall'approfondimento tutte le aree non edificabili per motivi geologici e/o soggette a vincolo di natura ambientale, fintanto che tale vincolo garantisce la loro inedificabilità.

Tutte le costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi o attività pericolose per l'ambiente, le reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti o con funzioni sociali essenziali devono essere obbligatoriamente sottoposte alle analisi di cui sopra, con riferimento all'Allegato 5 della DGR 8/1566 del 22 dicembre 2005 al punto 2.3 e successive integrazioni.

In fase di progettazione è richiesta la valutazione delle caratteristiche geologiche e dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione. Tale valutazione ribadisce pertanto quanto già è stato precedentemente espresso nella definizione delle Norme di Attuazione, sottolineando l'importanza dell'accertamento della presenza o meno di strati sabbiosi o sabbioso limosi sotto falda nei primi 15 metri di profondità. Gli strati devono avere spessore consistente (> 2m) per essere giudicati suscettibili di rischio liquefazione. In caso di evidenziazione di strati con le caratteristiche citate, è opportuno procedere ad una valutazione del Fattore di Amplificazione (Fa) dei terreni. La valutazione andrà effettuata con una delle metodologie contemplate dalla DGR citata. Nel caso che tale valore risulti superiore a quello precalcolato dalla Regione Lombardia per il Comune di Robecco (vedi tabella qui sotto riportata), il progetto dovrà essere sottoposto ad analisi di 3° livello, di cui all'all. 5 della DGR 8/1566 del 22 dicembre 2005 al punto 2.3 e successive integrazioni.



Z3a - Zona di ciglio H>10m (scarpata con parete subverticale, orlo di terrazzo fluviale)

Allo scenario Z3a in territorio comunale appartiene la zona che delimita il ciglio superiore della scarpata di erosione fluviale del Ticino ed il sottostante pendio. L'ampiezza di tali zone è stata determinata in funzione dell'altezza e dell'inclinazione della scarpata in accordo alle indicazioni di cui all'allegato 5 alla D.G.R. 22 dicembre 2005 n° 8/7374, basate su considerazioni relative alla modalità di propagazione delle onde di taglio nel sottosuolo. In tali zone, estese fino alla base del pendio sotteso al ciglio di scarpata, e aventi ampiezza in sommità pari a 3/4 dell'altezza della scarpata, sono prevedibili effetti di amplificazione della sollecitazione sismica al suolo conseguenti a fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione tra l'onda. Si stabilisce indicativamente in 10m l'area di influenza minima della amplificazione sismica, da considerarsi dal ciglio di scarpata e da estendersi verso la pianura retrostante. Tale area è da considerarsi vincolata e in tale area in fase progettuale, (Pericolosità sismica Z3a -ciglio di scarpata) sono soggetti ad analisi di 3° livello, secondo le indicazioni contenute nell'all. 5 della DGR 8/1566 del 22 dicembre 2005 (Analisi e valutazioni degli effetti sismici di sito in Lombardia, finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio) le costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.g.r. 14964/2003; tali costruzioni sono elencate nel d.d.u.o. n.19904/2003..

Sintetizzando:

Sempre analisi **di 3° livello**, secondo le indicazioni contenute nell'all. 5 della DGR 8/1566 del 22 dicembre 2005 (Analisi e valutazioni degli effetti sismici di sito in Lombardia, finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio) nei seguenti casi:

- le costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.g.r. 14964/2003; tali costruzioni sono elencate nel d.d.u.o. n.19904/2003.
- le costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi o attività pericolose per l'ambiente
- le costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti o con funzioni sociali essenziali
- le reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza



Accertamenti di **2° livello** secondo le indicazioni contenute nell'all. 5 della DGR 8/1566 del 22 dicembre 2005 (Analisi e valutazioni degli effetti sismici di sito in Lombardia, finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio) per le restanti tipologie di costruzioni, nel caso in cui l'analisi geotecnica condotta sui terreni di fondazione individuasse terreni suscettibili del rischio liquefazione (strati sabbiosi nei primi 15m di profondità e sotto falda) o con caratteristiche tali da risultare suscettibili del rischio di amplificazione sismica (mediocre qualità geotecnica dei terreni, bassa velocità delle onde Vs, considerevoli spessori di strati con numero di colpi SPT particolarmente basso, ecc); tali analisi possono scaturire da un più mirato utilizzo degli interventi conoscitivi a suo tempo prescritti nella stesura del PRGC che vengono qui di seguito richiamate:

Sarà necessario, sull'area d'imposta delle opere che si vogliono attuare, eseguire approfondimenti di carattere geologico tecnico, più specificatamente un congruo numero di prove penetrometriche (una ogni 10-20 m a seconda dell'altezza dell'opera) al fine di avere un'esatta parametrizzazione dei terreni interessati dalle fondazioni. Se le fondazioni dell'opera interessano profondità superiori ai 3 metri, o se l'opera è rappresentata da edificio con più di un piano, alle prove SPT verrà integrato un sondaggio geognostico spinto almeno 3 metri sotto la massima profondità di fondazione prevista."

Si aggiunge in questo caso che il sondaggio geognostico dovrà interessare come minimo 15m di profondità.

4.3. Vincoli e norme di polizia idraulica (fasce di rispetto, fasce di attenzione);

I progetti che prevedono interventi all'interno della fasce B e C previste dal PAI, ***ove non in contrasto con quanto previsto dalle relative classi di fattibilità***, devono contenere l'individuazione dell'area soggetta ad esondazione con $Tr=100$ anni calcolata secondo le direttive individuate dal PAI stesso. Al fine di determinare la massima quota raggiunta dall'area inondata, si dovrà provvedere alla rappresentazione della stessa in uno dei seguenti modi:

- a) tramite rilievo topografico in scala 1.1000 o di maggior dettaglio;



b) tramite individuazione su cartografia aerofotogrammetrica collaudata nella scala di maggior dettaglio disponibile, a condizione che tale cartografia non sia in scala inferiore a 1:5.000 e sia accompagnata da dichiarazione del progettista o altro tecnico abilitato da cui risulti che il corso d'acqua in esame non ha subito nel tratto interessato modifiche sostanziali dalla data del volo di base della cartografia stessa.

Gli attraversamenti da realizzarsi mediante ponti, tombini stradali o ferroviari, passi carrabili non potranno comunque ridurre la sezione idraulica preesistente. Non rientrano tra le opere di attraversamento altri interventi che configurino la copertura del corso d'acqua.

4.3.1. DIMOSTRAZIONE DELL'ASSENZA DI RISCHIO

La dimostrazione dell'assenza delle condizioni di rischio legate a fenomeni di esondazione o ristagno, intesa come limite di rischio accettabile senza interventi di adeguamento, deve essere costituita da uno dei seguenti elaborati:

- a) una o più sezioni trasversali al corso d'acqua che attraversino l'area di intervento, in scala 1:100 o 1:200 redatte da Ingegnere idraulico od altro laureato con specifiche competenze in materia di idraulica fluviale, da cui risulti che la quota minima di altezza del piano di campagna esistente nella zona di intervento, è superiore di almeno ml. 2 rispetto alla quota del piede d'argine esterno più vicino o, in mancanza, del ciglio di sponda più vicino;
- b) relazione idrologico - idraulica redatta da tecnico abilitato da cui risulti che l'area di intervento è comunque protetta da rischio di inondazione o ristagno;
- c) relazione tecnica nella quale sia richiamata la verifica idrologico - idraulica già effettuata preliminarmente in sede di approvazione dello S.U. generale o del piano urbanistico attuativo, che abbia già individuato l'assenza del rischio.

Tali studi dovranno comunque essere conformi ai criteri di compatibilità idraulica definiti nell'allegato 4 della deliberazione della G.R.L. n°7374/08.

I progetti privati relativi alla realizzazione delle sistemazioni esterne, dei parcheggi etc., tesi a ridurre quanto possibile l'impermeabilizzazione superficiale, devono comunque mantenere una **superficie permeabile** pari almeno al **30% della superficie fondiaria**, ed essere **realizzati**



con modalità costruttive che consentano l'infiltrazione o la ritenzione anche temporanea delle acque. Sono possibili eccezioni esclusivamente per dimostrati motivi di sicurezza o di tutela storico-paesaggistica.

Il convogliamento delle acque piovane in fognatura o in corsi d'acqua, deve essere evitato; quando è possibile, le acque dovranno essere dirette in aree adiacenti con superficie permeabile, senza che si determinino danni dovuti al ristagno delle stesse.

4.3.2. REGIMAZIONE DELLE ACQUE

Nelle aree spondali dei corsi d'acqua cos' come definite dal R.D. 523/04, sono prescritti i seguenti vincoli, limitazioni e modalità d'uso:

a) è fatto divieto:

1. di realizzare qualsiasi costruzione, anche a carattere temporaneo, fatta eccezione degli impianti e delle costruzioni facenti parte del sistema di monitoraggio e di controllo idrometeorologico e idropluviometrico;
2. di modificare o manomettere gli alvei, che devono essere mantenuti in condizioni di efficienza idraulica, se non per opere di regimazione idraulica disposte dalle autorità competenti;
3. di immettere rifiuti liquidi, anche di origine agricola, se non preventivamente trattati;
4. di realizzare recinzioni che costituiscano ostacolo al regolare deflusso delle acque, serre e manufatti precari, capanni e orti;
5. di costruire serre e manufatti precari;

b) le opere spondali devono essere realizzate con terra o gabbionate o con tecniche di bioingegneria; argini in cemento o pietra sono consentiti solo in tratti urbani o in prossimità delle opere di attraversamento dei corsi d'acqua, di infrastrutture e impianti;

c) deve essere mantenuta e, dove necessario, ripristinata la vegetazione ripariale;

Per tutti i corsi d'acqua che si trovano ad attraversare gli ambiti di trasformazione, è vietato il tombinamento e/o la copertura ai sensi dell'art. 115 del D.Lgs 152/06 e dell'art. 46 comma g delle N.T.A. allegate al PTCP.



Con riferimento all'ammissibilità degli interventi edilizi la disciplina per la prevenzione del rischio idraulico si applica agli ambiti A, B e C, così come definiti dal PAI, adiacenti ai corsi d'acqua;

Tutti gli interventi consentiti nelle diverse fasce debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza d'interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti. Gli stessi, dovranno essere finalizzati a mantenere la piena funzionalità delle opere di difesa essenziali alla sicurezza idraulica e a garantire la funzionalità ecologica degli ecosistemi, la tutela della continuità ecologica, la conservazione e l'affermazione delle biocenosi autoctone; di migliorare le caratteristiche naturali dell'alveo, salvaguardando la vegetazione di ripa, con particolare riguardo alla varietà, alla tutela degli habitat caratteristici; di eliminare gli ostacoli al deflusso della piena in alveo e in golena.

Gli interventi di manutenzione idraulica possono prevedere l'asportazione di materiale litoide dagli alvei, in accordo con quanto disposto all'art. 97, lettera m) del R.D. 25 luglio 1904, n. 523, se finalizzata esclusivamente alla conservazione della sezione utile di deflusso, al mantenimento della officiosità delle opere e delle infrastrutture, nonché alla tutela dell'equilibrio geostatico e geomorfologico dei terreni interessati e alla tutela e al recupero ambientale.

Nelle Fasce A e B e in particolare nella porzione non attiva dell'alveo inciso sono favoriti gli interventi finalizzati al mantenimento ed ampliamento delle aree di esondazione, anche attraverso l'acquisizione di aree da destinare al demanio, il mancato rinnovo delle concessioni in atto non compatibili con le finalità del Piano, la riattivazione o la ricostituzione di ambienti umidi, il ripristino e l'ampliamento delle aree a vegetazione spontanea autoctona. Gli interventi devono assicurare la funzionalità ecologica, la compatibilità con l'assetto delle opere idrauliche di difesa, la riqualificazione e la protezione degli ecosistemi relittuali, degli habitat esistenti e delle aree a naturalità elevata, la tutela e la valorizzazione dei contesti di rilevanza paesistica e la ridotta incidenza sul bilancio del trasporto solido del tronco fluviale interessato; qualora preveda l'asportazione di materiali inerti dall'alveo inciso o di piena, il progetto deve contenere la quantificazione dei volumi di materiale da estrarre che non devono superare complessivamente i 20.000 mc.



Per le aree comprese nelle Fasce A e B ad utilizzo agricolo si prescrivono i seguenti interventi:

- riduzione delle quantità di fertilizzanti, fitofarmaci e altri presidi chimici utilizzati;
- miglioramento delle caratteristiche naturali per le aree coltivate.

Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30 delle NTA relative al PAI, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.

In tutto il territorio comunale, la possibilità di realizzare nuove edificazioni e trasformazioni morfologiche d'aree pubbliche e private è subordinata all'individuazione d'interventi atti a limitare l'impermeabilizzazione della superficie.

A tutte le acque pubbliche presenti nel territorio comunale (anche non ricomprese in elenco) si applicano le disposizioni di cui all'art. 96, R.D.523/1904.

Al fine dell'applicazione delle norme di cui ai precedenti commi si precisa quanto segue:

- per nuova edificazione s'intendono tutti gli interventi edilizi che comportano la realizzazione di nuovi volumi, con la sola esclusione delle sopraelevazioni;
- per manufatti di qualsiasi natura s'intendono tutte le opere che possono ostacolare il deflusso delle acque, quali recinzioni, depositi, serre, tettoie, piattaforme e simili.
- per trasformazioni morfologiche s'intendono esclusivamente quelle modifiche del territorio che costituiscono ostacolo al deflusso delle acque in caso d'inondazione.

I progetti che prevedono interventi a distanza inferiore a m.10 dal piede esterno dell'argine o, se mancante, dal ciglio di sponda, devono contenere un allegato con l'individuazione della larghezza del corso d'acqua per l'accertamento della presenza degli ambiti A, B e C.

In questa fascia di 10 metri sono consentiti:



- Gli interventi che non siano suscettibili di influire né direttamente, né indirettamente sul regime del corso d'acqua;
- Le difese radenti (ossia senza restringimento della sezione d'alveo e a quota non superiore al piano di campagna), realizzate in modo tale da non deviare la corrente verso la sponda opposta né provocare restringimenti d'alveo. Tali opere dovranno essere caratterizzate da pendenze e modalità costruttive tali da permettere l'accesso al corso d'acqua;

Gli attraversamenti (ponti, gasdotti, fognature, tubature e infrastrutture a rete in genere) con luce superiore a 6 metri dovranno essere realizzati secondo la direttiva dell'Autorità di Bacino *"Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B"*;

I progetti di cui al punto precedente dovranno contenere, indipendentemente dallo sviluppo lineare dell'attraversamento, apposita relazione idrologica-idraulica attestante che gli stessi sono stati dimensionati per una piena con Tempo di ritorno 100 anni ed un franco minimo di 1 m.

In ogni caso i manufatti di attraversamento non dovranno:

- Restringere la sezione mediante spalle e rilevati di accesso;
- Avere l'intradosso a quota inferiore al piano di campagna;
- Comportare una riduzione della pendenza del corso d'acqua mediante l'utilizzo di soglie di fondo.

Non è ammesso il posizionamento di infrastrutture longitudinali in alveo che riducano la sezione. In caso di necessità e di impossibilità di diversa localizzazione, le stesse potranno essere interrate.

In ogni caso gli attraversamenti e i manufatti realizzati al di sotto dell'alveo, dovranno essere posti a quote inferiori a quelle raggiungibili in base all'evoluzione morfologica prevista dell'alveo e dovranno comunque essere adeguatamente difesi dalla possibilità di danneggiamento per erosione del corso d'acqua.

- Previsioni urbanistiche ed attuazione degli interventi



I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono:

- a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;
- b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;
- c) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia.

All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti.

Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

Nei territori della Fascia B, sono inoltre esclusivamente consentite, **(per i primi due punti se non ricompresi in fattibilità 4):**

- opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
- interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e 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, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

- interventi di adeguamento igienico - funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

4.3.3. PRESCRIZIONI E VINCOLI ALL'INTERNO DEGLI AMBITI PAI

Gli artt. 1 comma 5 e 6¹, 29 c. 2², 30³ e 31 c. 3 e 4⁴, 38⁵, 38 bis⁶, 39 commi da 1 a 6⁷ e 41⁸ del PAI, interamente recepiti nel presente documento, definiscono gli obiettivi, i divieti e per contro, gli interventi consentiti rispettivamente nelle fasce A, B e C.

¹ 5. Allorché il Piano riguardante l'assetto della rete idrografica e dei versanti detta disposizioni di indirizzo o vincolanti per le aree interessate dal primo e dal secondo Piano Stralcio delle Fasce Fluviali; le previsioni integrano le discipline previste per detti piani, essendo destinate a prevalere nel caso che esse siano fra loro incompatibili.

6. Nei tratti dei corsi d'acqua a rischio di asportazione della vegetazione arborea in occasione di eventi alluvionali, così come individuati nell'Allegato 3 al Titolo I - Norme per l'assetto della rete idrografica e dei versanti, è vietato, limitatamente alla Fascia A di cui al successivo art. 29 del Titolo II, l'impianto e il reimpianto delle coltivazioni a pioppeto.

2.2. Nella Fascia A sono vietate:

- a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. l);
- c) la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. m);
- d) le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per una ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente; le Regioni provvederanno a disciplinare tale divieto nell'ambito degli interventi di trasformazione e gestione del suolo e del soprassuolo, ai sensi dell'art. 41 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche e integrazioni, ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del R.D. 25 luglio 1904, n. 523;
- e) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;
- f) il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

3 Art. 30. Fascia di esondazione (Fascia B)

1. Nella Fascia B il Piano persegue l'obiettivo di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2. Nella Fascia B sono vietati:

- a) gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. l);
- c) in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

3. Sono per contro consentiti, oltre agli interventi di cui al precedente comma 3 dell'art. 29:

- a) gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;



- b) gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis;
- c) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;
- d) l'accumulo temporaneo di letame per uso agronomico e la realizzazione di contenitori per il trattamento e/o stoccaggio degli effluenti zootecnici, ferme restando le disposizioni all'art. 38 del D.Lgs. 152/1999 e successive modifiche e integrazioni;
- e) il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi sono soggetti a parere di compatibilità dell'Autorità di bacino ai sensi e per gli effetti del successivo art. 38, espresso anche sulla base di quanto previsto all'art. 38 bis.
4. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.
- 4.3. In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.
4. Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.
- 5 Art. 38. Interventi per la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico
1. Fatto salvo quanto previsto agli artt. 29 e 30, all'interno delle Fasce A e B è consentita la realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali non altrimenti localizzabili, a condizione che non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale che possono aver luogo nelle fasce, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità di invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo. A tal fine i progetti devono essere corredati da uno studio di compatibilità, che documenti l'assenza dei suddetti fenomeni e delle eventuali modifiche alle suddette caratteristiche, da sottoporre all'Autorità competente, così come individuata dalla direttiva di cui la comma successivo, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino.
2. L'Autorità di bacino emana ed aggiorna direttive concernenti i criteri, gli indirizzi e le prescrizioni tecniche relative alla predisposizione degli studi di compatibilità e alla individuazione degli interventi a maggiore criticità in termini d'impatto sull'assetto della rete idrografica. Per questi ultimi il parere di cui al comma 1 sarà espresso dalla stessa Autorità di bacino.
3. Le nuove opere di attraversamento, stradale o ferroviario, e comunque delle infrastrutture a rete, devono essere progettate nel rispetto dei criteri e delle prescrizioni tecniche per la verifica idraulica di cui ad apposita direttiva emanata dall'Autorità di bacino.
- 6 Art. 38bis. Impianti di trattamento delle acque reflue, di gestione dei rifiuti e di approvvigionamento idropotabile
1. L'Autorità di bacino definisce, con apposite direttive, le prescrizioni e gli indirizzi per la riduzione del rischio idraulico a cui sono soggetti gli impianti di trattamento delle acque reflue, le operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti e gli impianti di approvvigionamento idropotabile ubicati nelle fasce fluviali A e B.
2. I proprietari e i soggetti gestori di impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, di potenzialità superiore a 2000 abitanti equivalenti, nonché di impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti e di impianti di approvvigionamento idropotabile, ubicati nelle fasce fluviali A e B predispongono, entro un anno dalla data di pubblicazione dell'atto di approvazione del Piano, una verifica del rischio idraulico a cui sono soggetti i suddetti impianti ed operazioni, sulla base delle direttive di cui al comma 1.
- Gli stessi proprietari e soggetti gestori, in relazione ai risultati della verifica menzionata, individuano e progettano gli eventuali interventi di adeguamento necessari, sulla base delle richiamate direttive.
3. L'Autorità di bacino, anche su proposta dei suddetti proprietari e soggetti gestori ed in coordinamento con le Regioni territorialmente competenti, delibera specifici Programmi triennali di intervento ai sensi degli artt. 21 e seguenti della L. 18 maggio 1989, n. 183, per gli interventi di adeguamento di cui al precedente comma. Nell'ambito di tali programmi l'Autorità di bacino incentiva inoltre, ovunque possibile, la delocalizzazione degli impianti di cui ai commi precedenti al di fuori delle fasce fluviali A e B.
- 7 Art. 39. Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica
1. I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, che divengono contenuto vincolante dell'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica perseguite dal Piano stesso:
- a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;
- b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera
- c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;
- d) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le



aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.

2. All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

3. Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.

4. Nei territori della Fascia B, sono inoltre esclusivamente consentite:

- a) opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
- b) interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e 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, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;
- c) interventi di adeguamento igienico - funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;
- d) opere attinenti l'esercizio della navigazione e della portualità, commerciale e da diporto, qualora previsti nell'ambito del piano di settore, anche ai sensi del precedente art. 20.

5. La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui al precedente art. 38.

6. Fatto salvo quanto specificatamente disciplinato dalle precedenti Norme, i Comuni, in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici per renderli coerenti con le previsioni del presente Piano, nei termini previsti all'art. 27, comma 2, devono rispettare i seguenti indirizzi:

- a) evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;
- b) favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;
- c) favorire nelle fasce A e B, aree di primaria funzione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.

8 Art. 41. Compatibilità delle attività estrattive

1. Fatto salvo, qualora più restrittivo, quanto previsto dalle vigenti leggi di tutela, nei territori delle Fasce A e B le attività estrattive sono ammesse se individuate nell'ambito dei piani di settore o degli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali. Restano comunque escluse dalla possibilità di attività estrattive le aree del demanio fluviale.

2. I piani di settore o gli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali devono garantire che gli interventi estrattivi rispondano alle prescrizioni e ai criteri di compatibilità fissati nel presente Piano. In particolare deve essere assicurata l'assenza di interazioni negative con l'assetto delle opere idrauliche di difesa e con il regime delle falde freatiche presenti. I piani di settore o gli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali devono inoltre verificare la compatibilità delle programmate attività estrattive sotto il profilo della convenienza di interesse pubblico comparata con riferimento ad altre possibili aree di approvvigionamento alternative, site nel territorio regionale o provinciale, aventi minore impatto ambientale. I medesimi strumenti devono definire le modalità di ripristino delle aree estrattive e di manutenzione e gestione delle stesse, in coerenza con le finalità e gli effetti del presente Piano, a conclusione dell'attività. I piani di settore delle attività estrattive o gli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali, vigenti alla data di approvazione del presente Piano, devono essere adeguati alle norme del Piano medesimo.

3. Gli interventi estrattivi non possono portare a modificazioni indotte direttamente o indirettamente sulla morfologia dell'alveo attivo, devono mantenere o migliorare le condizioni idrauliche e ambientali della fascia fluviale.

4. I piani di settore o gli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali devono essere corredati da uno studio di compatibilità idraulico-ambientale, relativamente alle previsioni ricadenti nelle Fasce A e B, e comunicati all'atto dell'adozione all'Autorità idraulica competente e all'Autorità di bacino che esprime un parere di compatibilità con la pianificazione di bacino.

5. In mancanza degli strumenti di pianificazione di settore, o degli equivalenti documenti di programmazione redatti ai sensi delle leggi regionali, e in via transitoria, per un periodo massimo di due anni dall'approvazione del presente Piano, è consentito procedere a eventuali ampliamenti delle attività estrattive esistenti, per garantire la continuità del soddisfacimento dei fabbisogni a livello locale, previa verifica della coerenza dei progetti con le finalità del presente Piano.

6. Nei territori delle Fasce A, B e C sono consentiti spostamenti degli impianti di trattamento dei materiali di coltivazione, nell'ambito dell'area autorizzata all'esercizio dell'attività di cava, limitatamente al periodo di coltivazione della cava stessa.



Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

La Fascia A ha l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.

Così come previsto dall'art. 1 comma 5 e 6 delle NTA del P.A.I., le previsioni contenute in esso, integrano le discipline previste da Programmi, Piani nazionali, regionali e degli Enti locali di sviluppo economico, di uso del suolo e di tutela ambientale, prevalendo su essi nel caso che esse siano fra loro incompatibili.

Nei tratti dei corsi d'acqua a rischio di asportazione della vegetazione arborea in occasione di eventi alluvionali, così come individuati nell'Allegato 3 al Titolo I - Norme per l'assetto della rete idrografica e dei versanti, è vietato, limitatamente alla Fascia A di cui al successivo art. 29 del Titolo II, l'impianto e il reimpianto delle coltivazioni a pioppeto.

Sono vietate:

- le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;
- la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. l);
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. m);

7. Ai fini delle esigenze di attuazione e aggiornamento del presente Piano, le Regioni attuano e mantengono aggiornato un catasto delle attività estrattive ricadenti nelle fasce fluviali con funzioni di monitoraggio e controllo. Per le cave ubicate all'interno delle fasce fluviali il monitoraggio deve segnalare eventuali interazioni sulla dinamica dell'alveo, specifici fenomeni eventualmente connessi al manifestarsi di piene che abbiano interessato l'area di cava e le interazioni sulle componenti ambientali.



- le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente;
- la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;
- il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

Sono invece consentiti:

- i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;
- i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m³ annui;
-
- il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;
-
- l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

Per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio, l'Autorità idraulica preposta può in ogni momento effettuare o autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente nella Fascia A.

Fascia B del Fiume Ticino



La Fascia B ha la funzione di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica ai fini principali dell'invaso e della laminazione delle piene, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

Sono vietati:

- gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;
- la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al precedente art. 29, comma 3, let. l);
- in presenza di argini, interventi e strutture che tendano a orientare la corrente verso il rilevato e scavi o abbassamenti del piano di campagna che possano compromettere la stabilità delle fondazioni dell'argine.

Sono consentiti, oltre agli interventi previsti per la fascia A:

- gli interventi di sistemazione idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;
- gli impianti di trattamento d'acque reflue, qualora sia dimostrata l'impossibilità della loro localizzazione al di fuori delle fasce, nonché gli ampliamenti e messa in sicurezza di quelli esistenti;
-

Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.

4.3.4. PRESCRIZIONI E VINCOLI DERIVANTI DAL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE



Il PTCP della Provincia di Milano, individua i più importanti corsi d'acqua con caratteristiche prevalentemente naturali e quelli sottoposti a vincolo paesistico ai sensi del comma 1, lettera c) art. 146 del D.lgs. 490/1999 integrati con i tratti del reticolo principale conformemente alla D.G.R. 25 Gennaio 2002, n. VII/7868 tra cui ricade proprio il Fiume Ticino. Per i corsi d'acque facenti parte di questa elencazione, lo stesso individua i seguenti indirizzi di tutela e salvaguardia:

- a) favorire il naturale evolversi dei fenomeni di dinamica fluviale e degli ecosistemi;
- b) migliorare la capacità di laminazione delle piene e di autodepurazione delle acque; oltre ad indirizzi e prescrizioni di legge:
 - a) la programmazione e progettazione degli interventi di difesa del suolo e di regimazione idraulica devono essere orientate verso soluzioni di tipo integrato che coniughino aspetti di prevenzione del rischio idraulico con il miglioramento della qualità delle acque e la fruibilità dei luoghi;
 - b) le opere di difesa del suolo, di regimazione idraulica e in generale ogni intervento infrastrutturale sui corsi d'acqua devono essere realizzati in modo da rispettare la diversità ambientale, da ridurre al minimo la rottura di stabilità degli ecosistemi locali e le sue ripercussioni sui tratti situati più a valle. In tal senso devono essere individuate, conformemente alle disposizioni del PAI, aree libere in cui consentire la naturale divagazione dei corsi d'acqua e favorire il ristagno delle acque di supero nei brevi periodi di intensa precipitazione meteorica ed il successivo lento rilascio delle stesse al termine della crisi, evitando ove possibile di procedere con opere strutturali. La progettazione e la realizzazione delle opere di cui sopra deve tendere non solo a minimizzare gli impatti sulle componenti ambientali ma soprattutto al miglioramento della funzionalità ecologica dell'ambito fluviale e al miglioramento della qualità paesistica dei luoghi, con adeguati accorgimenti tecnici. Devono essere utilizzate tecniche di ingegneria naturalistica, a meno che non sia dimostrata la loro inapplicabilità;
- c) favorire la riduzione della pericolosità dei corsi d'acqua in caso di piena attraverso una regolare pulizia degli alvei con asportazione di materiale ingombrante e di quanto può ostacolare il regolare deflusso delle acque;



- d) favorire ove possibile la sostituzione di opere di difesa del suolo di tipo tradizionale relativi a corsi d'acqua naturali, con sistemazioni di ingegneria naturalistica. A tal fine i manufatti in calcestruzzo, muratura, scogliera o prismata in caso di ripristino o adeguamento funzionale, non possono essere riparati o ristrutturati ma devono essere sostituiti con interventi di rinaturazione delle sponde. E' opportuno non mutare la tipologia costruttiva e lo stile di opere idrauliche, o connesse ai corsi d'acqua, che siano dotate di valore o riconoscibilità storico - architettonica;
- e) le nuove opere di attraversamento stradale e ferroviario, o comunque le infrastrutture a rete che interessano i corsi d'acqua naturali, devono essere progettate nel rispetto della specifica Direttiva allegata alle Norme di Attuazione del PAI;
- f) vanno mantenuti i tracciati dei corsi d'acqua naturali. Gli interventi che comportano la regolazione dei corsi d'acqua naturali, i rivestimenti, la bonifica e altri simili che incidono sul regime delle acque, dovranno essere comunicati alla Provincia;
- g) è vietata la copertura o il tombinamento dei corsi d'acqua ai sensi dell'art. 41 del D.lgs. 152/1999, fatti salvi casi dettati da ragioni di tutela di pubblica incolumità, ove sia dimostrata l'impossibilità di intervenire con altri sistemi o mezzi. Riguardo ai tombinamenti esistenti dei corsi d'acqua naturali, ai sensi dell'art. 21 del PAI, i proprietari o concessionari predispongono, entro un anno dalla data di pubblicazione dell'atto di approvazione del PAI, una verifica idraulica di tali opere in corrispondenza degli attraversamenti dei centri urbani. Sono da privilegiare interventi di ripristino delle sezioni di deflusso a cielo aperto con priorità per quelle opere di copertura che determinano condizione di rischio idraulico. Tali azioni risultano prioritarie per le aree libere dove non sussistano ostacoli agli interventi di rinaturazione e al ripristino della funzionalità idraulica.
- h) per i corsi d'acqua ad uso irriguo, gli interventi dovranno essere compatibili alle esigenze e alle necessità della funzione agricola.
- Si ribadiscono inoltre le norme di tutela, già precedentemente descritte, per i fontanili, i corsi d'acqua in genere oltre a quanto indicato e previsto per le aree a vincolo idrogeologico⁹.

⁹ **Art. 45 Ambiti a rischio idrogeologico**

1. Si intendono a rischio idrogeologico gli ambiti in cui si possa verificare un dissesto idrogeologico, causando danni a persone, cose e patrimonio ambientale in base al grado di vulnerabilità del territorio e alla probabilità che tale evento accada. Detta individuazione assume efficacia di



4.4. - Gestione acque sotterranee;

A – Salvaguardia della falda idrica

I punti d'approvvigionamento idrico dell'acquedotto non più utilizzati, se non adibiti a punti di controllo della falda (misura del livello e della qualità delle acque), dovranno essere tombati secondo i disposti della vigente normativa;

Qualsiasi sistema di smaltimento della acque superficiali in sotterraneo, se ammesso dalla normativa vigente, dovrà essere supportato da una specifica indagine idrogeologica relativa alla possibilità di contaminazione della falda acquifera;

Nella **zona di tutela assoluta** attorno ai pozzi, di raggio non inferiore a ml. 10,00, sono ammesse esclusivamente opere di presa e strutture di servizio. Tale area deve essere adibita esclusivamente ad opere di presa e ad infrastrutture di servizio; deve essere recintata,

prescrizione diretta solo nei casi di cui al comma 5 dell'art. 4 e, per le verifiche a scala di maggior dettaglio operate dal PTCP, a seguito del perfezionamento delle intese di cui al precedente art. 16, comma 2.

2. Gli indirizzi del PTCP mirano alla prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico attraverso una pianificazione orientata al ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, al recupero degli ambiti fluviali, alla programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, alla stabilizzazione e consolidamento dei terreni.

3. Il PTCP recepisce le disposizioni del PAI, relativamente alla prevenzione del rischio idrogeologico in conformità a quanto segue:

a) *Fascia A del PAI* : si applicano le relative disposizioni del PAI. Alla Tav. 5bis sono riportate le fasce del PAI vigente. Alla Tav. 2 sono riportate le fasce verificate dal presente PTCP rispetto agli elementi fisici rilevati a scala di maggior dettaglio. Le disposizioni di cui alla fascia A del PAI si applicano altresì alla fascia di rispetto di 10 m lungo i corsi d'acqua di cui all'art. 96 del R.D. 523/1904.

b) *Fascia B del PAI* : si applicano le relative disposizioni del PAI. Alla Tav. 5bis sono riportate le fasce del PAI vigente. Alla Tav. 2 sono riportate le fasce verificate dal presente PTCP rispetto agli elementi fisici rilevati a scala di maggior dettaglio;

c) *Zone B-Pr del PAI* : a tali aree, potenzialmente interessate da inondazioni e collocate in corrispondenza delle fasce B di progetto del PAI, si applicano le disposizioni dell'art. 51 del PAI. Alla Tav 5bis sono riportate le aree del PAI vigente;

d) *Zone I del PAI* : a tali aree, potenzialmente interessate da inondazioni si applicano le disposizioni dell'art. 51 del PAI. Alla Tav 5bis sono riportate le aree del PAI vigente;

e) *Fascia C del PAI* di inondazione per piena catastrofica. Alla Tav. 5bis sono riportate le fasce del PAI vigente. Alla Tav. 2 sono riportate le fasce verificate dal presente PTCP rispetto agli elementi fisici rilevati a scala di maggior dettaglio. I criteri per la definizione delle attività consentite in fascia C e le relative prescrizioni, volte a garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale, sono desumibili dalla specifica regolamentazione regionale di cui alla D.G.R. 29 Ottobre 2001 n. 7/6645 e successive eventuali modifiche od integrazioni. Nel caso di aree comprese tra la fascia C del PAI e il tratto indicato in Tav. 5bis come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" si applicano le disposizioni relative all'art. 31 comma 5 del PAI;

f) *Aree a vincolo idrogeologico* definite ai sensi del R.D. 3267/1923 e della L.R.33/1988. In tali aree, qualora le stesse si sovrappongano con le fasce e le aree di cui al presente comma, andranno mantenuti i boschi presenti e indirizzati interventi di forestazione nel rispetto delle Norme di Attuazione del PAI. Ai fini del mantenimento della stabilità dei terreni si rimanda al precedente art. 44, comma 3;

g) *Aree con potenziale dissesto* segnalate in via preliminare nella Tav. 2 sulla base degli studi geologici sinora redatti ai sensi della L.R. 41/1997. Le relative disposizioni andranno riferite alla specifica regolamentazione del PAI e a quella regionale di cui alla D.G.R. 29 Ottobre 2001 n. 7/6645.

4. Per la complessità del reticolo idrografico e la conformazione del territorio, la Provincia approfondisce le analisi relative al rischio idrogeologico anche in relazione al comma 11 art. 1 del PAI, tenuto conto dei contributi derivanti dagli Enti che operano sul territorio. La Provincia individua alla Tav. 2, quali misure di conoscenza, un primo repertorio delle *aree di esonazione* documentate sulla base delle segnalazioni dei Comuni.



provvista di canalizzazioni per le acque meteoriche, protetta da esondazioni di corpi idrici limitrofi;

L'area di rispetto relativa alle opere di presa utilizzate dall'acquedotto comunale dovrà essere delimitata e recintata, in conformità ai disposti della vigente normativa. Le stesse dovranno essere preservate dal degrado tramite la loro destinazione ad attività, insediamenti ed infrastrutture che non rechino pregiudizio alla risorsa idrica, nonché tramite il monitoraggio della qualità delle acque e la conservazione del territorio anche attraverso interventi di manutenzione o riassetto.

L'attuazione degli interventi edilizi entro le zone di rispetto, in assenza di diverse indicazioni formulate dalla Regione, è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una ripermutazione di tali zone secondo i criteri temporale o idrogeologico o che comunque accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

Nella **zona di protezione** sono vietati lo spandimento di diserbanti, pesticidi o simili, nelle zone messe a coltura; l'inquinamento da sostanze indesiderabili utilizzate nelle attività classificate come insalubri; gli sversamenti di sostanze pericolose sulle strade e quanto altro previsto dal D.Lgs 152/06. Inoltre dovranno essere verificate le reti fognarie esistenti e previsti idonei sistemi di monitoraggio al fine di intercettare eventuali fonti inquinati prima del raggiungimento della falda;

Per interventi edilizi, urbanistici e di trasformazione dell'assetto nelle aree vulnerabili all'inquinamento delle falde idriche sotterranee vigono i seguenti vincoli e limitazioni d'uso:

- Divieto d'utilizzo di diserbanti, pesticidi e simili nelle zone messe a coltura;
- Divieto di sversamento di sostanze indesiderabili da parte d'attività produttive nel suolo, nei fossi, nei pozzi privati, nei piazzali e nei parcheggi;
- Opportune opere per la tenuta di cisterne e depositi interrati, ad evitare filtrazioni nel suolo di sostanze indesiderabili; opportune captazioni delle sostanze pericolose sversate sulle strade, controlli delle rete fognaria esistente;
- Le nuove fognature dovranno essere alloggiate in manufatti impermeabili.



In relazione a nuove previsioni e insediamenti è vietato l'uso di fertilizzanti, pesticidi e diserbanti ed anche l'autorizzazione al pascolamento ed all'allevamento dovranno costituire oggetto di specifica regolamentazione e controllo avendo cura che per i primi i quantitativi usati siano solo quelli strettamente necessari, e che per i secondi la pratica e la permanenza non siano eccessivi. Per quanto concerne le destinazioni esistenti, controlli periodici dell'acqua di falda consentiranno di verificare la compatibilità dell'uso attuale dei presidi sanitari con la qualità d'acqua nel sottosuolo.

Deroghe a queste possono essere fatte solo alle seguenti condizioni:

- Si dimostri la necessità, in rapporto ad esigenze d'interesse pubblico, di localizzare comunque la previsione all'interno di tale zona;
- Siano eseguite specifiche indagini geognostiche ed idrogeologiche che accertino situazioni locali di minore vulnerabilità intrinseca delle falde: a tal fine dovranno essere misurate le permeabilità dei livelli posti al di sopra dell'acquifero, calcolando sperimentalmente il 'tempo di arrivo' di un generico inquinante idroveicolato.

Per opere pubbliche e/o infrastrutture di pubblica utilità e/o interesse, in seguito a specifiche indagini geologiche ed idrogeologiche finalizzate alla predisposizione di accorgimenti tali da impedire la dispersione ed il conseguente arrivo in falda di un generico inquinante idroveicolato.

Dovranno essere attuate ai fini della tutela dell'esistente, verifiche della rete fognaria, della compatibilità di eventuali attività insalubri, dell'impermeabilizzazione di scoline di tratti della viabilità, delle condizioni dei pozzi privati. Dovranno inoltre essere previsti idonei sistemi di monitoraggio affinché l'eventuale fonte inquinante sia intercettata prima del raggiungimento della falda.

4.5. - Gestione scarichi

A – Reti tecnologiche interrato



Gli impianti tecnologici a reti sotterranee comprendono le tubazioni del gas, dell'acquedotto, delle fognature, le linee elettriche e telefoniche e tutte le attrezzature connesse al funzionamento e alla manutenzione delle stesse.

La messa in opera degli impianti tecnologici dovrà preferibilmente evitare la variazione e/o alterazione del reticolo di deflusso delle acque superficiali. Qualora l'intervento preveda qualche modifica, dovrà esserne indicato il nuovo andamento garantendo che non comporti concentrazioni e/o ristagni d'acqua nelle aree d'intervento e in quelle limitrofe;

La profondità rispetto al piano di campagna, alla quale installare gli impianti tecnologici, dovrà essere tale da non compromettere la crescita e lo sviluppo degli apparati radicali e non ostacolare le operazioni di aratura e/o irrigazione delle zone agricole;

Allo scopo di coordinare le operazioni di scavo per gli interventi sugli impianti interrati, gli interventi stessi e ciascuna opera dovranno essere resi noti in anticipo a tutti soggetti competenti;

I lavori di chiusura degli scavi dovranno garantire la risistemazione del terreno (piantumato e non) o della pavimentazione.

B – Fognature

Tutti gli interventi di nuovo impianto della rete fognaria dovranno privilegiare il completamento della rete stessa estendendola alle aree insufficientemente servite;

Le reti fognarie per le aree di nuova realizzazione dovranno prevedere un sistema di raccolta e smaltimento separato delle acque chiare separato da quello delle acque nere.

4.6. - Tutela qualità dei suoli (bonifica suoli contaminati, aree industriali dismesse, trattamento terre e rocce da scavo)

Tutte le aree di cui al presente articolo sono soggette alle regole urbanistiche generali di cui al comma seguente; tuttavia, le regole specifiche possono stabilire per determinate aree di territorio aperto ulteriori prescrizioni e limitazioni d'uso.



Per gli interventi di natura edilizia, urbanistica e di trasformazione dell'assetto nelle aree instabili, vigono i seguenti vincoli e limitazioni d'uso:

Aree ricadenti in classe di fattibilità 4;

In queste aree, qualsiasi nuova utilizzazione urbanistica e edilizia, non è consentita fino a quando non siano state realizzate opere di intervento e di sistemazione per la rimozione o mitigazione del dissesto. In tal caso una nuova perimetrazione o deperimetrazione per annullamento del pericolo può essere realizzata da parte dell'Amministrazione Comunale.

Il grado di intervento sistematorio di bonifica e di consolidamento dovrà essere proporzionato ed adeguato alla tipologia della nuova forma di utilizzazione. Sono ammessi tipi di utilizzo puramente conservativi o comunque volti alla bonifica del dissesto finalizzata al recupero di spazi per verde pubblico, parchi o per pratiche agricole, comunque in condizioni di sicurezza.

Aree ricadenti in classe di fattibilità 3;

In dette aree su un significativo intorno che comprenda la possibile zona di influenza del processo o del fenomeno, sono richiesti studi ed indagini geologiche e geotecniche di dettaglio che facciano da supporto ad ogni intervento volto alla utilizzazione finale dell'area.

L'esecuzione di quanto previsto dai risultati di tali indagini in termini di bonifica, miglioramento dei terreni e/o tecniche fondazionali particolari, costituisce un vincolo specifico per il rilascio della concessione o autorizzazione edilizia.

Suolo

A – Copertura vegetale dei versanti

Tutti i tipi d'impianto vegetazionale previsti dovranno essere composti con modalità atte a consentire una corretta regimazione delle acque superficiali. Essa sarà orientata a favorire



l'infiltrazione nel terreno e in ogni modo la ritenzione temporanea delle acque di precipitazione.

B – Stabilizzazione dei versanti

Nel caso si prevedano operazioni di recupero e di riorganizzazione fondiaria, sarà possibile modificare la disposizione dei terrazzamenti o prevederne la sostituzione e/o lo smantellamento solo attraverso un progetto specifico che definisca il nuovo assetto idrogeologico.

Nelle aree soggette a fenomeni di scivolamento e colamenti di terra, fango e/o detriti, sono interdetti:

- L'espansione urbanistica se non integrata con opere d'intervento e di sistemazione per la rimozione o mitigazione della pericolosità;
- Tutti i lavori di colmamento, escavazione e scalzamento, i quali non siano giustificati da approfondite indagini geologiche e geotecniche atte a dimostrare l'efficacia degli stessi per un'effettiva riduzione della pericolosità;
- L'accumulo di materiali d'ogni natura che non sia giustificato da approfondite indagini geologiche e geotecniche, atte a dimostrare l'efficacia per un'effettiva riduzione della pericolosità;
- La dispersione d'acque sulla superficie del terreno e/o la loro infiltrazione nello stesso (con pozzi a perdere in particolare) e, comunque, ogni intervento che abbia per effetto un innalzamento del livello di falda idrica del terreno;
- La demolizione d'opere che svolgono una funzione di sostegno, sempre che queste non siano sostituite da altre opere con lo stesso fine, la cui stabilità deve essere assicurata in ogni fase dell'intervento;

C – Impermeabilizzazione del suolo



Tutti i tipi d'impianti artificiali previsti dovranno essere realizzati con modalità atte a consentire una corretta regimazione delle acque superficiali. Esse saranno orientate a favorire l'infiltrazione nel terreno e in ogni caso la ritenzione temporanea delle acque di precipitazione; Tutti i tipi d'impianti artificiali dovranno essere realizzati con l'obiettivo di minimizzare l'effetto dell'impermeabilizzazione, attraverso l'uso più esteso possibile di materiali che permettano la percolazione delle acque, o quantomeno la ritenzione temporanea delle stesse;

Tutti i tipi d'impianti artificiali dovranno essere realizzati in modo da non alterare la funzionalità idraulica dell'ambiente in cui s'inseriscono, garantendo il mantenimento dell'efficienza della rete di convogliamento e recapito delle acque superficiali;

E' vietato interrompere e/o impedire il deflusso superficiale dei fossi e dei canali nelle aree agricole, senza prevedere un nuovo e/o diverso recapito per le acque di scorrimento intercettate.

D – Erosione del suolo d'origine antropica

Per erosione d'origine antropica s'intende il danneggiamento della copertura vegetale e pedologica del substrato litologico a causa d'attività quali il pascolo, il fuoristrada e l'estrazione di materiale lapideo.

La pastorizia dovrà essere disciplinata secondo uno specifico programma che tenga conto della superficie di pascolo disponibile per ogni capo di bestiame.

E' vietato percorrere e attraversare le aree agricole e/o boscate, con mezzi fuoristrada (automobili, motocicli e mountain – bike) al di fuori dei percorsi segnalati.

Sottosuolo

A – Sbancamenti, scavi e reinterri

Ogni sbancamento e scavo in terreno sciolto o lapideo che comporti modificazioni permanenti e rilevanti della morfologia e del profilo topografico, dovrà essere provvisto d'appositi drenaggi



a monte per l'abbattimento del carico delle acque meteoriche e il loro convogliamento nella rete di scolo esistente;

Prima dell'inizio dei lavori di sbancamento e/o escavazione dovrà essere individuato il sito di discarica ed i modi di riutilizzo del materiale sbancato e/o scavato secondo quanto previsto dal D.M. 161/2012;

Per ogni intervento che comporti un rimodellamento con modifica della pendenza di superfici preesistenti, si dovranno calcolare le condizioni di stabilità delle nuove pareti e/o dei nuovi versanti, in relazione alla prevista configurazione finale, e alle variazioni indotte sulla stabilità delle strutture limitrofe;

Tutti i lavori di sbancamento e/o scavo dovranno prevedere il ripristino delle condizioni di stabilità delle pareti naturali mediante opere di rinaturalizzazione spontanea e/o guidata con l'impiego di tecniche d'ingegneria naturalistica;

Per i rinterri dovranno essere utilizzati materiali terrigeni simili a quelli esistenti in loco, ripristinando il grado di compattezza e d'addensamento del terreno originario.

Ad esclusione dei casi di riconversione delle aree stesse, già normate in modo specifico, qualora aree siano sottoposte ad escavazione per costruzione ed ampliamenti di edifici, realizzazione di fognature etc, sarà cura dell'Amministrazione comunale richiedere tramite l'esecuzione di analisi analitiche, le caratteristiche dei terreni stessi.

B – Costruzioni interrato

Per tutte le costruzioni interrato previste nelle zone di falda acquifera superficiale, dovrà essere verificata la profondità del livello di falda e della sua escursione stagionale in relazione alla profondità del piano di posa delle fondazioni;

Il piano di calpestio dei locali interrati dovrà, possibilmente, rimanere sopra il livello massimo di risalita della falda, al fine di evitare la messa in opera d'impianti di pompaggio per la depressione della tavola d'acqua.

C – Riconversione aree ex artigiani - industriali



In tutti gli interventi relativi a riconversione di aree artigianali / industriali o coinvolgenti attività potenzialmente causa di fenomeni di inquinamento (distributori di carburante, depositi di sostanze tossiche etc.) verso destinazioni residenziali, verde pubblico etc., dovranno essere eseguiti studi finalizzati alla individuazione di potenziali situazioni di contaminazione delle diverse matrici ambientali, secondo quanto definito dal D.Lgs 152/06.

4.7 – Gli elaborati richiesti

La necessità di adottare delle regole precise per il governo del territorio impone, ai fini di una facile interpretazione e di una chiarezza nei confronti della normativa vigente, una serie di prescrizioni di carattere procedurale che riguardano i contenuti degli elaborati richiesti per la presentazione della domanda di concessione edilizia.

I contenuti degli elaborati geologico-tecnici, che accompagneranno ciascun progetto, dovranno dimostrare che le specifiche problematiche rilevate nelle carte di sintesi sono state prese in considerazione riportando, sia i risultati delle indagini geognostiche, sia tutte le indicazioni per la progettazione delle adeguate soluzioni da adottare, in ordine alle sistemazioni idrogeologiche relative alle acque superficiali, alla stabilità del suolo e alla copertura vegetale.

Qui di seguito si riportano il tipo di elaborato tecnico di tipo geologico in riferimento agli articoli delle N.T.A. che specificano i tipi di intervento ammessi dal P.R.G. Il livello di approfondimento dovrà essere coerente con le classi di fattibilità previste per le diverse situazioni di dissesto reale o potenziale così come evidenziato nella tabella del paragrafo 4.2.

1. Per le *opere di manutenzione ordinaria*, poiché non riguardano agli elementi strutturali, non è previsto alcun elaborato tecnico.

2. Per le *opere di manutenzione straordinaria*, quando queste sono relative alla realizzazione e modifica della rete di collettamento e di smaltimento delle acque di superficie, il progetto dovrà essere accompagnato da una relazione idrologico - idraulica che specifichi il nuovo assetto dei deflussi superficiali e i recapiti finali.



Nel caso di modifica e rifacimento dei manufatti relativi al funzionamento della rete di deflusso delle acque superficiali (briglie, traverse, pennelli, argini), si dovrà accompagnare il progetto con apposita relazione idrogeologico - idraulica che chiarisca gli effetti dei nuovi interventi sul regolare deflusso delle acque, in regime di magra e di piena, sia a monte sia a valle degli stessi interventi.

3. Le opere di restauro e le opere di risanamento conservativo riguardano sia gli edifici sia gli spazi aperti.

a) Nel caso di operazioni che comportino il consolidamento e la ricostruzione di parti dell'edificio crollate o demolite e/o il rifacimento delle strutture delle fondazioni, il progetto dovrà essere accompagnato da una relazione geologico - tecnica relativa all'eventuale variazione dei carichi e delle interazioni terreno ↔ struttura che le nuove opere potranno indurre sul substrato di fondazione.

b) Nelle operazioni relative agli spazi aperti sui sistemi di collettamento e di smaltimento delle acque di superficie, sulle opere di consolidamento e di contenimento dei terreni in pendio e delle scarpate, dovrà essere presentata relazione geologico – tecnica, che attesti che le nuove sistemazioni previste, agiscano sempre a favore della stabilità dei versante e della stabilità della copertura pedologica superficiale, evitando l'innescò e/o l'aggravio di fenomeni erosivi, ai fini del mantenimento della stabilità generale dei versante.

4. Le opere di ristrutturazione riguardano sia gli edifici sia gli spazi aperti.

a) Per gli interventi sugli edifici relativi alla modifica del funzionamento strutturale delle fondazioni, i progetti dovranno essere accompagnati da una relazione geologico – tecnica, che valuti l'alterazione dei carichi indotti sul substrato di fondazione in relazione alle nuove strutture previste.

b) Per tutti gli interventi di ristrutturazione sugli spazi aperti i progetti, qualora comportino l'alterazione della rete di deflusso e di drenaggio superficiale esistente, dovranno allegare una relazione geologico - tecnica che riporti: lo schema di deflusso delle acque superficiali in essere; lo schema di deflusso delle acque modificato nella sua configurazione finale;



l'indicazione dei nuovi recapiti previsti per le acque e la valutazione della capacità di ricezione dei recapiti finali.

5. Le opere di ampliamento riguardano gli interventi che comportano l'aggiunta di nuovi volumi a quelli esistenti.

Per tutti gli interventi relativi agli ampliamenti in aderenza, si dovrà allegare una relazione geologico - tecnica che verifichi la compatibilità dei nuovi interventi in relazione alla possibilità di innesco di cedimenti differenziali, oltre a rilevare l'eventuale alterazione dello schema di deflusso superficiale delle acque, definendone il nuovo assetto in relazione alle nuove superfici previste.

6. Gli interventi di demolizione con ricostruzione comprendono sia la sostituzione parziale o totale di un edificio con un altro analogo o difforme per tipo e volume, sia la sistemazione degli spazi aperti.

a) Per gli interventi sugli edifici, il progetto dovrà essere accompagnato da una relazione geologico - tecnica che, oltre a valutare le modificazioni indotte dalle nuove strutture sul substrato di fondazione, valuti la fattibilità geotecnica dei nuovi interventi.

b) Qualora l'intervento di ricostruzione comporti l'alterazione della rete di deflusso e di drenaggio superficiale esistente, si dovrà allegare una relazione geologico - tecnica che riporti: lo schema di deflusso delle acque superficiali in essere; lo schema di deflusso delle acque modificato nella sua configurazione finale; l'indicazione dei nuovi recapiti previsti per le acque e la valutazione della capacità di ricezione dei recapiti finali.

7. Gli interventi di demolizione senza ricostruzione, interessano le aree da recuperare come spazi aperti.

La sistemazione delle aree recuperate come spazi aperti, dovrà essere accompagnata da un progetto specifico che preveda la ricostituzione di una rete di deflusso e di drenaggio delle acque superficiali funzionalmente coerente con quella esistente, diventandone parte integrante e, nei limiti del possibile, migliorandola.



8. La **ristrutturazione urbanistica e recupero ambientale** definisce un insieme sistematico di interventi finalizzato sia alla ridefinizione dei principi insediativi esistenti, sia al recupero ambientale.

a) Per il risanamento, la modifica e il rimodellamento delle sponde e dei letti fluviali, per il recupero della piena efficienza idraulica del reticolo idrografico superficiale, nel rispetto della sua primaria funzione di ricezione e di regimazione degli afflussi naturali e artificiali, si dovrà predisporre uno studio idrogeologico - idraulico relativo:

- alla definizione delle portate e delle altezze di massima piena in relazione alla stabilità dei manufatti previsti;
- alla valutazione degli effetti indotti dalle nuove strutture sul regime delle portate di magra, in relazione al mantenimento della portata minima vitale che possa garantire lo sviluppo dei normali processi biologici del corso d'acqua;
- alla valutazione della variazione del trasporto solido ai fini del mantenimento nel tempo della funzionalità e della stabilità delle stesse opere previste e di quelle esistenti.

b) Per gli interventi di risanamento, di modifica e di rimodellamento delle aree degradate (frane, zone di erosione), finalizzati al recupero dell'equilibrio idrogeologico, al mantenimento della stabilità geomorfologica e al potenziamento dell'attività biologica, si dovrà allegare al progetto una relazione geologica e idrogeologica che riporti lo stato di fatto del dissesto e del degrado geomorfologico e individui le cause principali che lo determinano. Il progetto di risanamento dovrà indicare la sistemazione finale della rete di smaltimento delle acque superficiali, gli interventi specifici di rinaturalizzazione per il controllo e la difesa dell'erosione delle superfici non vegetate, gli interventi specifici di ingegneria naturalistica e di bioingegneria per la stabilizzazione e la messa in sicurezza dei pendii in frana.

g. - La **nuova edificazione e il nuovo impianto** si riferisce agli interventi che interessano le aree non edificate al momento di adozione del Pano di Governo del Territorio.

Per gli interventi di nuova edificazione che comportino l'occupazione di superfici superiori a 500 mq si dovrà allegare, oltre alla relazione geologico-tecnica già prevista dalla normativa



nazionale, il progetto di convogliamento e di smaltimento delle acque meteoriche intercettate dalle superfici impermeabili.



Tipi di intervento	Fattibilità		
	2	3	4
Manutenzione ordinaria	1	1	1
Manutenzione straordinaria	2	2	3
Risanamento conservativo	2	2	3
Restauro	2	2	3
Ristrutturazione	2	3	3
Ampliamento	2	3	4
Demolizione con ricostruzione	2	3	4
Demolizione senza ricostruzione	2	2	2
Ristrutt. urbanist. Recupero ambient.	2	3	4
Nuova edificazione e nuovo impianto	2	3	4

Incrociando la fattibilità indicata nella cartografia, con la tipologia di intervento da realizzare, perveniamo, nella tabella successiva, le indagini da eseguire e gli interventi da prevedere in sede di realizzazione dell'opera.



CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	CARATTERISTICHE	PARERE SULL'EDIFICABILITA'	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE	INDAGINE APPROFONDIMENTO NECESSARIA	INTERVENTI PREVEDERE
FATTIBILITA' I	Aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso	Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		RG	RE - CO
				RG	RE - CO
				IGT - SV	RE - CO
				IGT - SV	RE - CO
		In aggiunta a quanto sopra dovrà essere verificata la potenziale contaminazione del sito		IGT - SV - ISS - PCA	RE - CO
		Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT - SV	RE - CO



CLASSE FATTIBILITA' GEOLOGICA	DI	CARATTERISTICHE	PARERE SULL'EDIFICABILITA'	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE	INDAGINE APPROFONDIMENTO NECESSARIA	DI	INTERVENTI PREVEDERE	DA
FATTIBILITA' II		Aree con modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti d'indagine e accorgimenti tecnico - costruttivi.	Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT		RE - CO	
					IGT		RE - CO	
					IGT - SV		RE - CO	
					IGT - SV		RE - CO - CA	
			In aggiunta a quanto sopra dovrà essere verificata la potenziale contaminazione del sito		IGT - SV - ISS - PCA		RE - CO - CA - BO	
			Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT - SV		RE - CO	



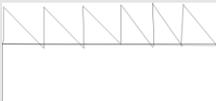
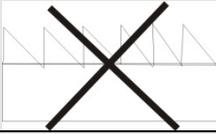
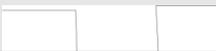
CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA	CARATTERISTICHE	PARERE SULL'EDIFICABILITA'	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE	INDAGINE APPROFONDIMENTO NECESSARIA	INTERVENTI DA PREVEDERE
FATTIBILITA' III	Aree in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici.	Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT – SCID – SCI ¹⁰	RE - CO
				IGT – SCID – SCI	RE - CO
				IGT – SV – SCID - SCI	RE - CO
				IGT – SV – SCID – SCI	RE – CO -CA
		In aggiunta a quanto sopra dovrà essere verificata la potenziale contaminazione del sito		IGT – SV – ISS – PCA – SCID – SCI	RE – CO – CA - BO
		Dovranno comunque essere valutate le possibili interferenze nei confronti della falda idrica		IGT – SV - SCID	RE - CO

¹⁰ SCI – Solamente se l'area ricade nella fascia individuata dal PAI come esondabile



CLASSE FATTIBILITA' GEOLOGICA	DI	CARATTERISTICHE	PARERE SULL'EDIFICABILITA'	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE	INDAGINE APPROFONDIMENTO NECESSARIA	DI	INTERVENTI PREVEDERE	DA
FATTIBILITA' IV		L'alta pericolosità / vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso	Non consentita. Sono permessi solamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo senza aumento di superficie, volume o carico insediativo					
								
								
								
								
								

LEGENDA

DEFINIZIONE / TIPOLOGIA	DESCRIZIONE
	Edilizia singola uni – bifamiliare 2 piani al massimo, di limitata estensione
	Edilizia intensiva uni – bifamiliare 2 piani al massimo, o edilizia plurifamiliare
	Edilizia plurifamiliare di grande estensione o edilizia pubblica Edilizia produttiva di modesta estensione areale (< 500 mq)
	Edilizia produttiva di significativa estensione areale (> 500 mq)
	Cambi di destinazione d’uso di ambiti produttivi
	Opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche o lavori di escavazione e sbancamento
INDAGINI PREVENTIVE ¹¹	
RG	Rilevamento geologico di dettaglio e profilo geotecnica a mezzo assaggi con escavatore e/o dati bibliografici
IGT	Indagini geotecniche con prove in situ e/o laboratorio comprensive di rilevamento geologico di dettaglio anche a mezzo di escavatori
SV	Valutazione della stabilità dei fronti di scavo
PCA	Piano di caratterizzazione ambientale ai sensi del D.Lgs 152/06
ISS	Indagini sullo stato di salubrità dei suoli preventivo a cambio di destinazione d’uso di ambienti produttivi
SCI - VRE	Studi di compatibilità idraulica e verifica del rischio di esondazione
INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE	
RE	Opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque sotterranee
CO	Collettamento degli scarichi di fognatura
CA	Predisposizione di sistemi di controllo ambientale per insediamenti a rischio di inquinamento da definire in relazione alle tipologie di intervento: Piezometri di controllo della falda a monte e a valle flusso dell’insediamento; indagini nel terreno non saturo per l’individuazione di eventuali contaminazioni in atto
BO	Interventi di bonifica secondo quanto definito dal D.Lgs 152/06.

¹¹ Vengono indicati gli standard minimi richiesti

CAPITOLO 1 – Metodologia di lavoro	2
1.1 - Strumenti di pianificazione sovraordinata e riferimenti normativi	2
1.2 - Aspetti metodologici	3
1.3 - Documentazione d’analisi	3
1.3.1 - cartografia d’inquadramento di dettaglio	4
a) Elementi litologici e geologico – tecnici e pedologici	4
b) elementi geomorfologici e di dinamica geomorfologica	4
c) elementi idrografici, idreologici e idraulici	4
d) elementi sismici	5
1.4 - Documentazione cartografica di sintesi	6
1.4.1 - Carta dei Vincoli – Carta di Sintesi.....	6
1.5 – Fase di proposta	7
1.5.1 - Carta della fattibilità per le azioni di piano e classi di fattibilità	7
1.6 Contenuti della relazione geologica e geologico-applicativa	8
1.6.1 Ricerca bibliografica e ricerca storica	8
1.6.2 Aspetti meteo-climatici	8
1.6.3 Aspetti relativi ai corsi d’acqua	9
1.6.4 Conclusioni	9
Capitolo 2 – Il Rilievo	10
2.1 – La descrizione e la rappresentazione del territorio	10
2.2 – Elementi di climatologia	10
2.3 Le Carte di inquadramento di dettaglio	16
2.3.1 Elementi geografici.	16
2.3.2 Elementi geologici, litologici e geotecnici.	17
2.3.2.1 Evoluzione del territorio	17
2.3.3 Elementi litologici	23
2.3.4 Elementi geomorfologici	23
2.3.5 Elementi geopedologici	26
2.3.5.1 Livello fondamentale della pianura (sistema L)	26

2.3.5.2 Valli alluvionali dei corsi d'acqua olocenici (sistema V)	34
2.4 – I caratteri idrografici	44
2.4.1 Fiume Ticino	45
2.4.2 Canale Naviglio Grande	46
2.4.3 Reticolo idrografico minore	47
2.4.3.1. Canale Delizia.	48
2.4.3.2. Roggia Calderara (detta anche Roggia Donda)	48
2.4.3.3 Cavo Citterio	49
2.4.3.4 Roggia Gregora	49
2.4.3.5 Roggia Verga	49
2.4.3.6 Roggia Remarcetta	49
2.4.3.7 Roggia Remarcia	50
2.4.3.8 Roggia Bacile	50
2.4.3.9 Cavo Monegatta	50
2.4.3.10 Roggia Guadate	50
2.4.3.11 Roggia Limido/Cavo Negri	50
2.4.3.12 Roggia Soncino	51
2.4.3.13 Fontanili	52
2.5 - I caratteri idrogeologici	56
2.5.1 Struttura idrogeologica	59
2.5.2 Piezometria	61
2.5.3 Caratteristiche idrochimiche	63
2.5.4. Le aree di rispetto dei pozzi comunali	67
2.5.5. La sostenibilità del PGT in funzione delle risorse idriche disponibili	67
2.6 – I caratteri sismici	68
2.6.1 Indicazioni metodologiche della Regione Lombardia	73
2.6.2 Carta della Pericolosità sismica locale	76
Pericolosità locale di tipo Z2 (terreni scadenti)	77
Pericolosità locale di tipo Z3 (scarpate)	77
Pericolosità locale di tipo Z4 (terreni incoerenti)	78

Pericolosità locale di tipo Z5 (contatto)	78
2.6.3 Parametrazione sismica del territorio comunale: zona di ciglio (Z3a)	82
2.6.4 Parametrazione sismica del territorio comunale: zona con terreni costituiti da materiali incoerenti e con falda superficiale prossima al p.c. (Z2-Z4a) 85	
2.6.5 Valutazione del parametro Vs30	88
Capitolo 3 – La sintesi	109
3.1 – Analisi geologico -tecnica	109
3.1.1 – Descrizione delle unità geologico tecniche	109
3.2 – La normativa vigente	112
3.3 - La carta di sintesi	113
3.3.1 – Gli elementi di sintesi.....	114
Capitolo 4 – La Gestione del territorio	115
4.1 La carta di fattibilità e delle azioni di piano	115
4.1.1 – La fattibilità degli interventi urbanistici e edilizi	116
CLASSE 1	118
CLASSE 2	118
CLASSE 3	119
CLASSE 4	128
4.2. Aree soggette ad amplificazione sismica locale; edifici strategici e rilevanti;	134
4.3. Vincoli e norme di polizia idraulica (fasce di rispetto, fasce di attenzione);	137
4.3.1. Dimostrazione dell'assenza di rischio	138
4.3.2. Regimazione delle acque	139
4.3.3. Prescrizioni e vincoli all'interno degli ambiti pai	144
4.3.4. Prescrizioni e vincoli DERIVANTI DAL PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE	149
4.4. - Gestione acque sotterranee;	152
4.5. - Gestione scarichi	154
4.6. - Tutela qualità dei suoli (bonifica suoli contaminati, aree industriali dimesse, trattamento terre e rocce da scavo)	155
4.7 – Gli elaborati richiesti	160
ALLEGATI	175
fonti rinnovabili	200

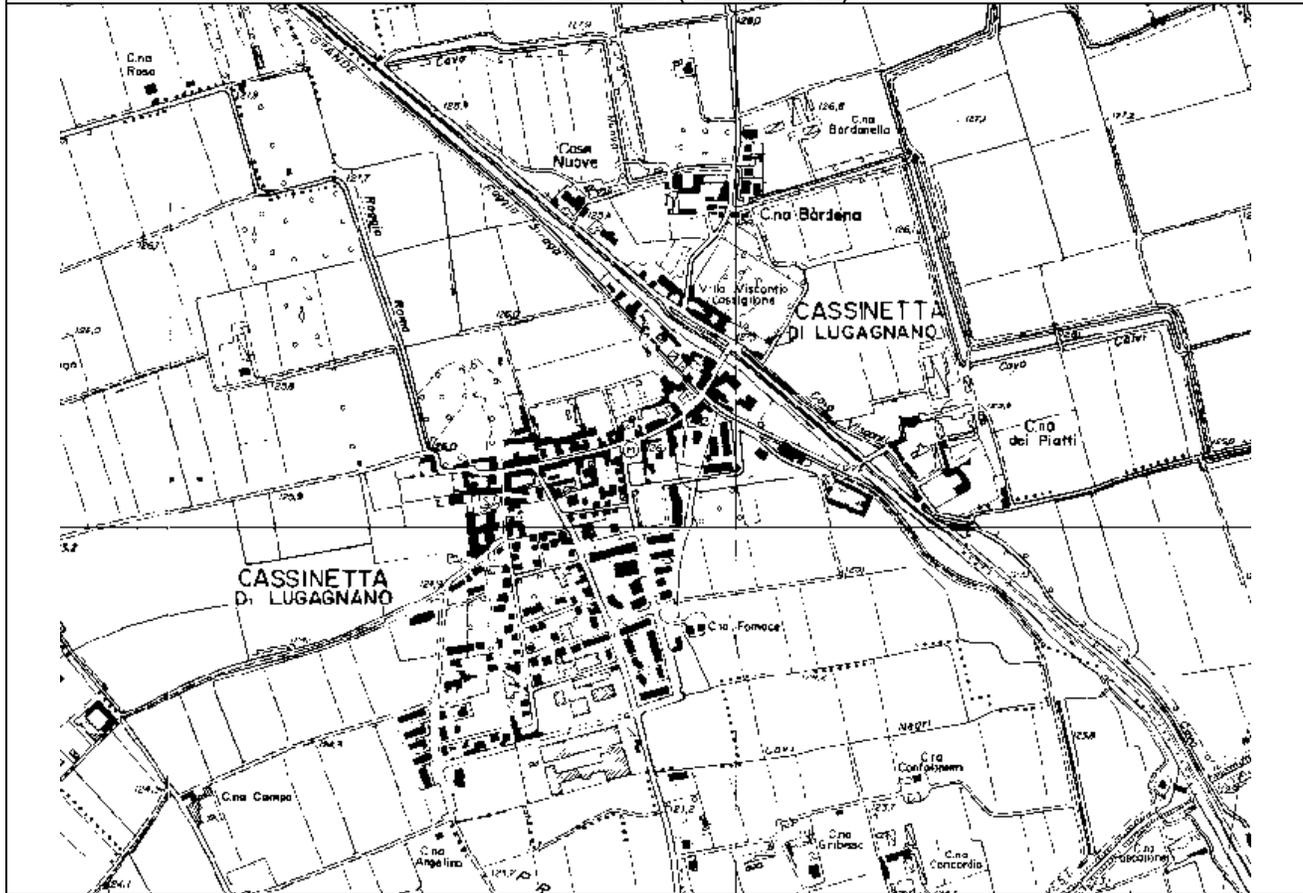
1. Geotermia	200
1.1. Tipologie di sistemi geotermici	200
1.2. Per cosa si utilizza il calore geotermico	201
1.3. Limiti e vantaggi	202
1.4. Applicazione del calore geotermico	202
1.4.1. Riscaldamento /climatizzazione di luoghi abitati ed altri usi civili	203
1.4.2. Usi industriali	203
1.5. Le tecnologie di utilizzo termico del terreno come fonte di calore	203
1.5.1. Le sonde geotermiche	204
1.5.2. I pali energetici	210
1.5.3. Sfruttamento diretto della falda freatica	210
2. Sonde Geotermiche Verticali – Prescrizioni.....	211
2.1. Divieti:	211
2.2. Procedure autorizzative	212
2.3. Adempimenti	212
2.4. Indicazioni tecniche operative	214
3. Solare termico	215
3.1. Analisi energetica: calcolo dell'energia pro capite necessaria	217
3.2. Vantaggi ambientali	218
4. Impianto fotovoltaico	220
4.1. Applicazioni	222
4.2. Potenzialità del fotovoltaico	223
4.3. Vantaggi ambientali	224

ALLEGATI

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DEI POZZI

n° di riferimento e denominazione (1)	1	
Località	CASSINETTA	
Comune	ROBECCO SUL NAVIGLIO	
Provincia	MILANO	
Sezione CTR	A6E3	
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine	45°25'16"
	Longitudine	3°32'42"
Quota (m s.l.m.)		
Profondità (m da p.c.)	70	

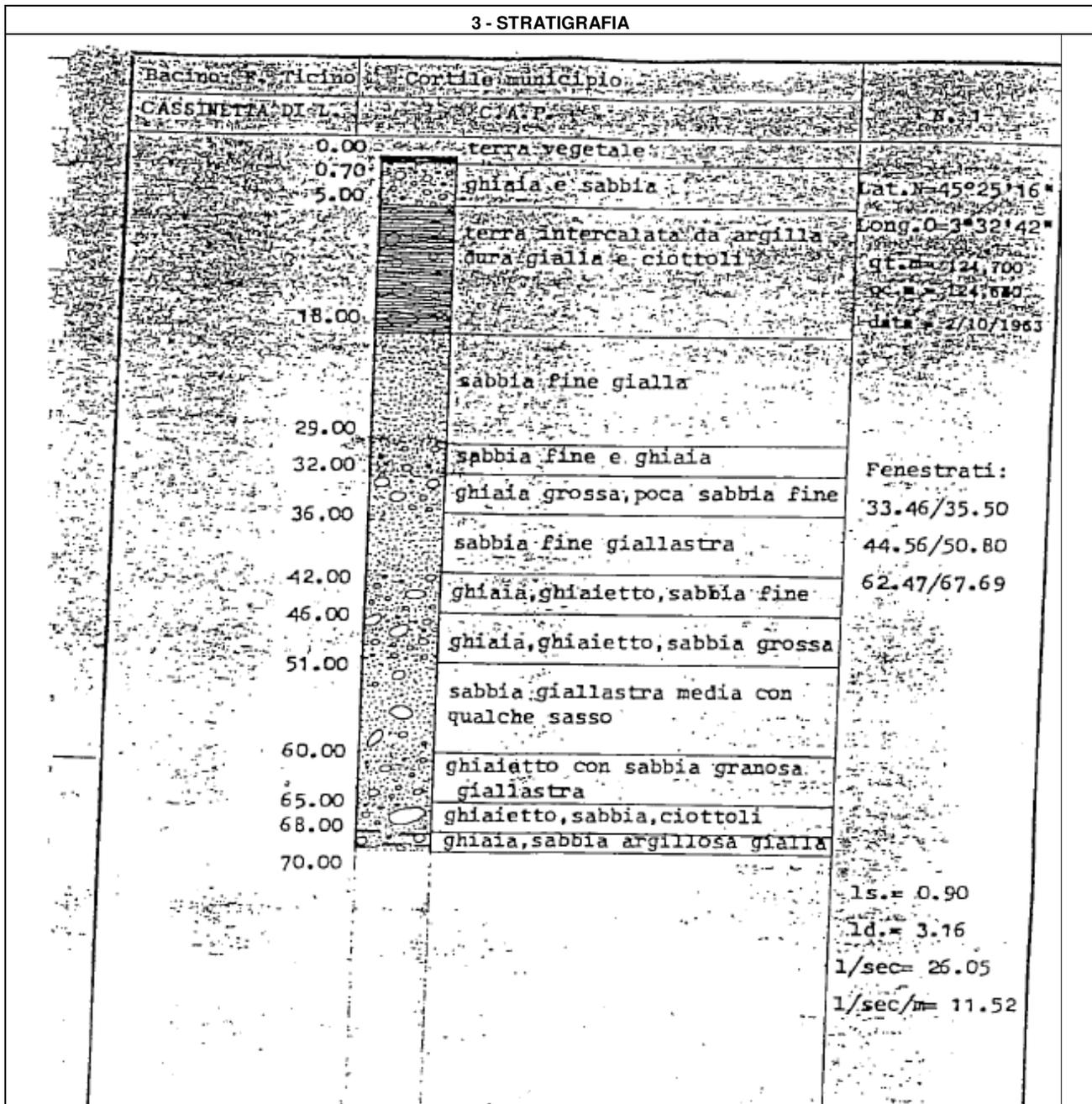
UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	COMUNE ROBECCO SUL NAVIGLIO	
Ditta Esecutrice	F.LLI COSTA	
Anno	1963	
Stato		
	Attivo	
	Disuso (2)	X
	Cementato	
	Altro	
Tipologia utilizzo (3)		
Portata estratta (mc/a e lt/ sec)		

SCHEMA DI COMPLETAMENTO						
Tubazioni (4)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1					33.46	35.50
					44.56	50.80
					62.47	67.69
Setti impermeabili (5)						
Tipo		da m		a m		



SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

6 - IDROCHIMICA

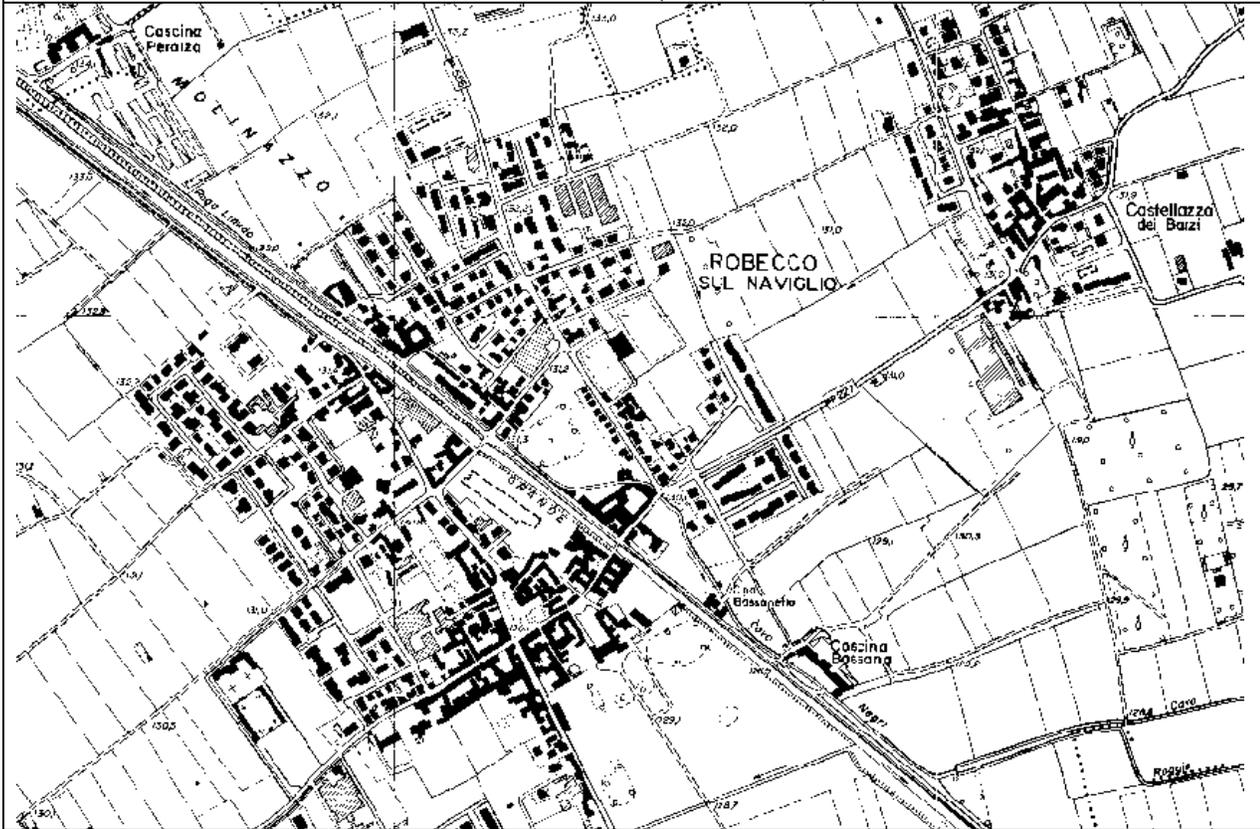
7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
-----------------------------------------------------	--	--	--	--	--

geometrico	x	temporale		idrogeologico	
data del provvedimento di autorizzazione					

n° di riferimento e denominazione (1)	10
Località	ROBECCO SUL NAVIGLIO
Comune	ROBECCO SUL NAVIGLIO
Provincia	MILANO
Sezione CTR	A6D3
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine
	Longitudine
Quota (m s.l.m.)	
Profondità (m da p.c.)	86

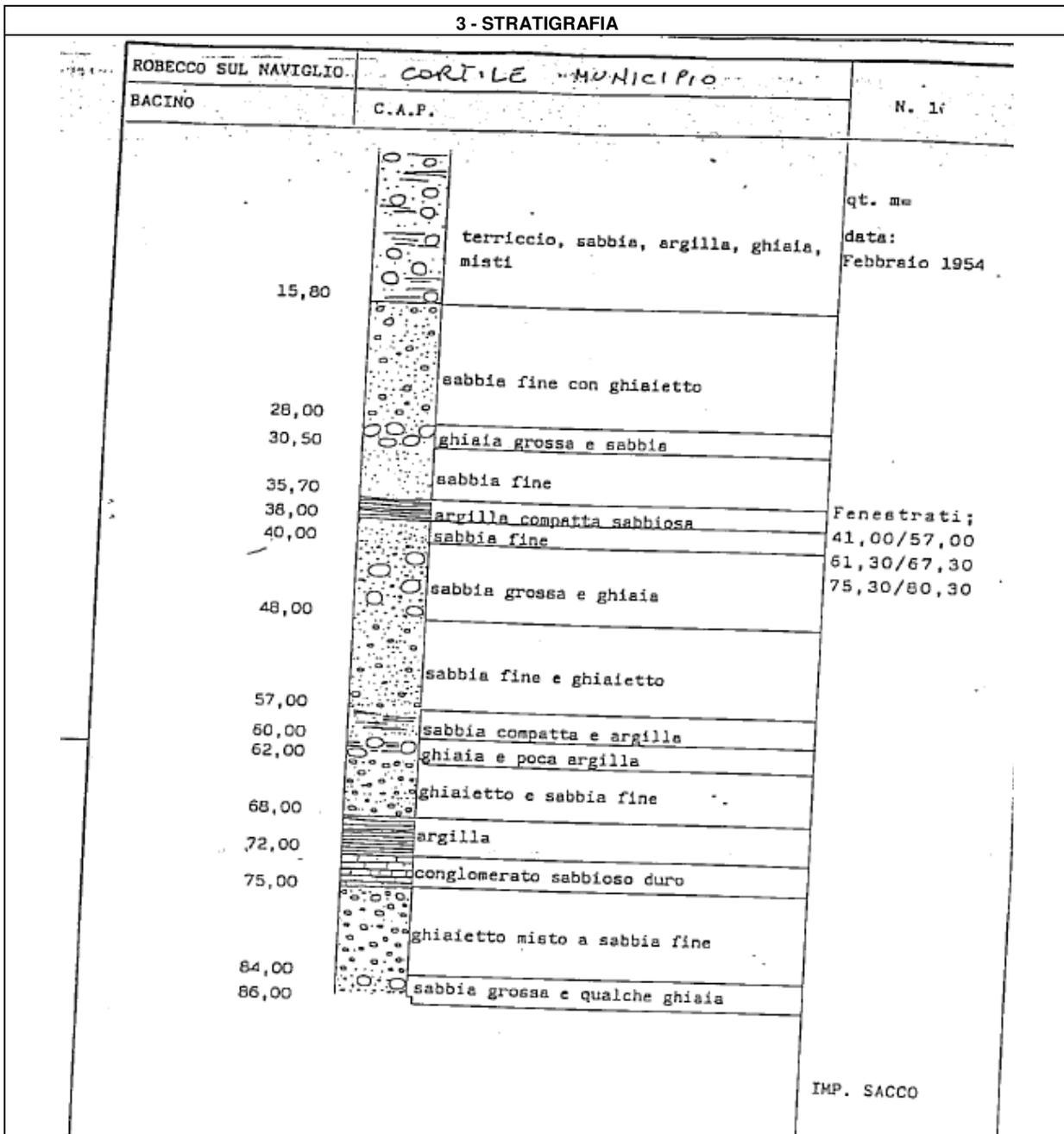
UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	COMUNE ROBECCO SUL NAVIGLIO	
Ditta Esecutrice	IMP. SACCO	
Anno	1954	
Stato		
	Attivo	
	Disuso (2)	X
	Cementato	
	Altro	
Tipologia utilizzo (3)		
Portata estratta (mc/a e lt/ sec)		

SCHEMA DI COMPLETAMENTO						
Tubazioni (4)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1					41.00	57.00
					61.30	67.30
					75.30	80.30
Setti impermeabili (5)						
Tipo		da m		a m		



SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

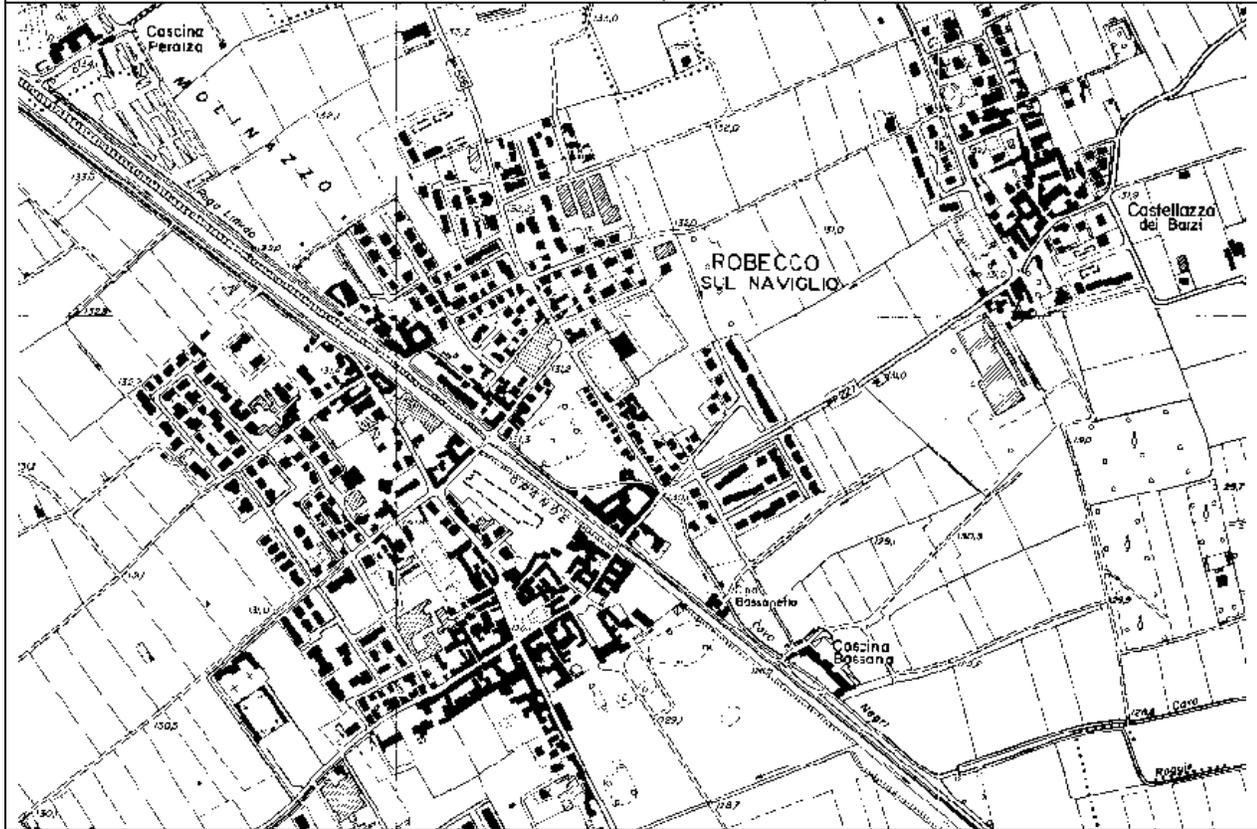
6 - IDROCHIMICA

7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico	x	temporale		idrogeologico	
data del provvedimento di autorizzazione					

n° di riferimento e denominazione (1)	1
Località	
Comune	ROBECCO SUL NAVIGLIO
Provincia	MILANO
Sezione CTR	A6D3
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine
	Longitudine
Quota (m s.l.m.)	
Profondità (m da p.c.)	85

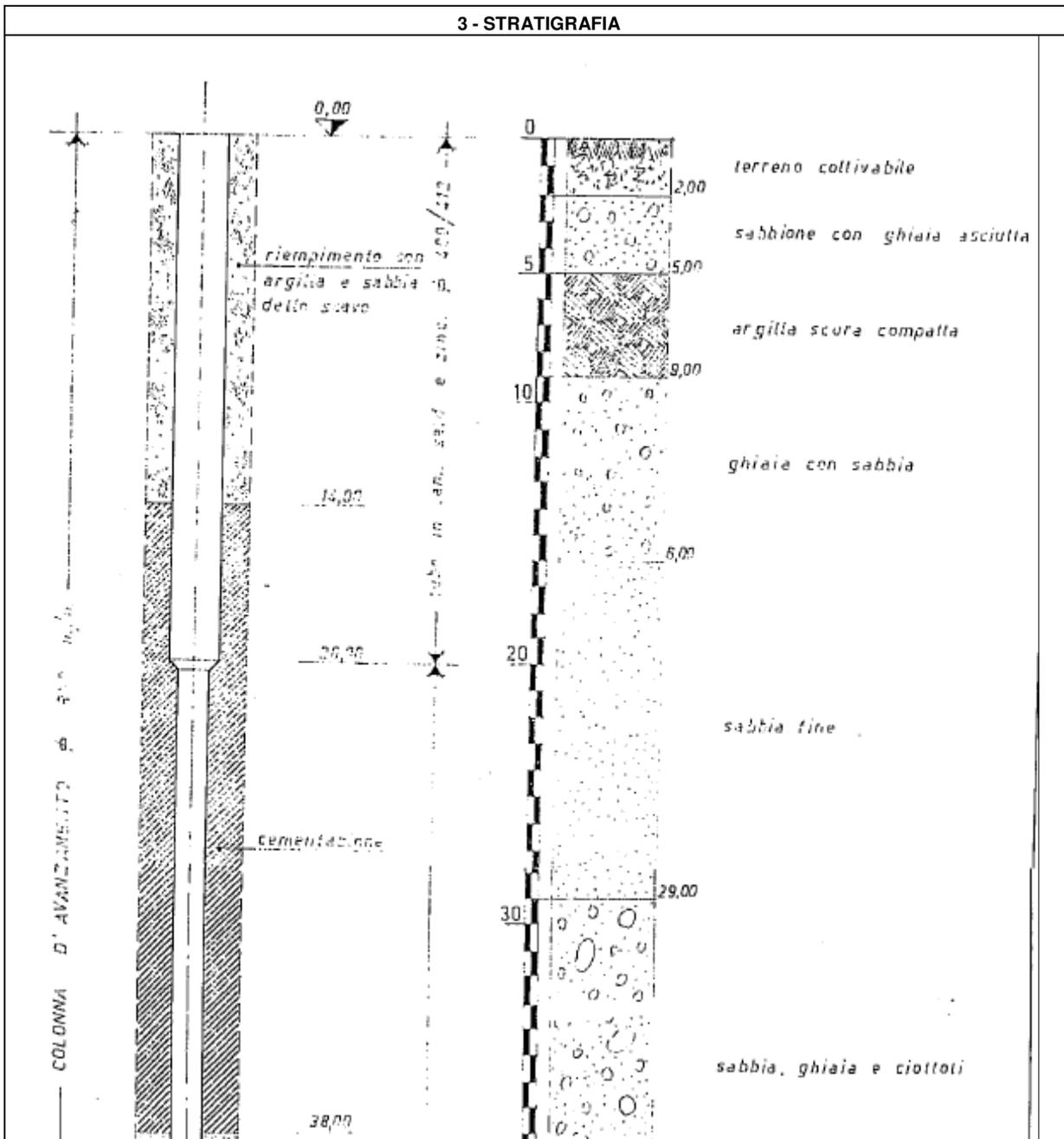
UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)

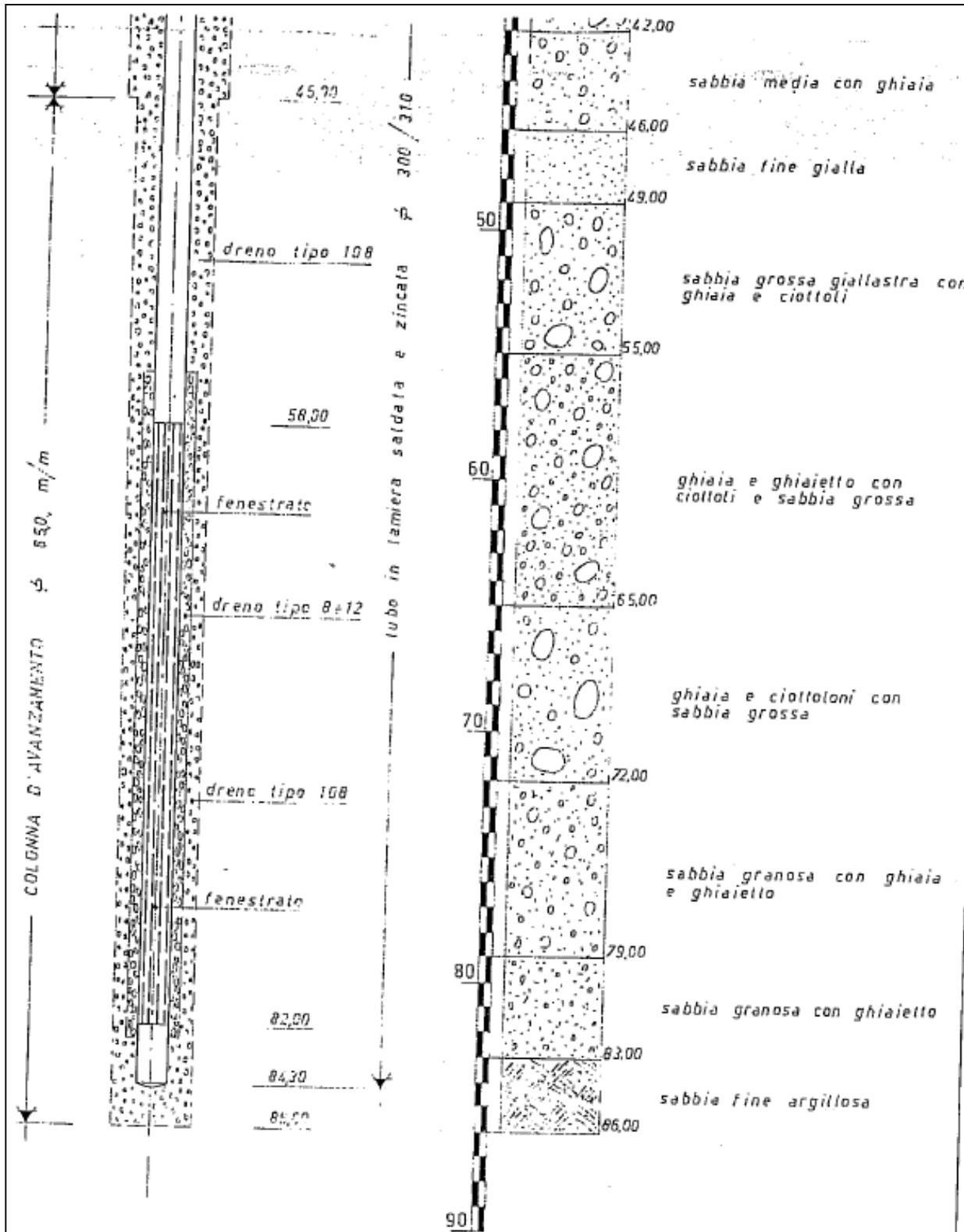


2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	COMUNE ROBECCO SUL NAVIGLIO	
Ditta Esecutrice	IMP. NEGRETTI	
Anno	1964	
Stato		
	Attivo	
	Disuso (2)	X
	Cementato	
	Altro	
Tipologia utilizzo (3)		
Portata estratta (mc/a e lt/ sec)		

SCHEMA DI COMPLETAMENTO						
Tubazioni (4)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1		0	45			
2	650	45	85		58.00	82.00
Setti impermeabili (5)						
Tipo			da m	a m		





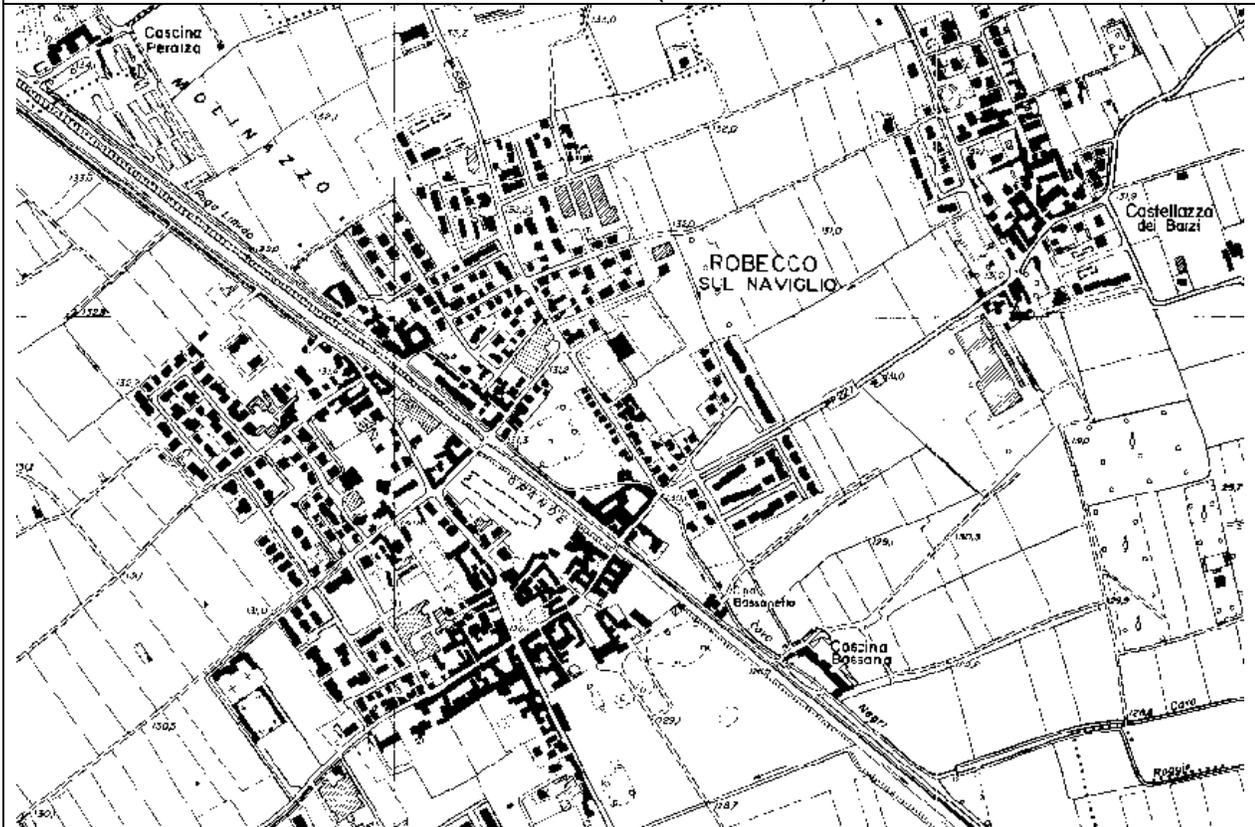
SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

6 - IDROCHIMICA

7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)					
CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico	x	temporale		idrogeologico	
data del provvedimento di autorizzazione					

n° di riferimento e denominazione (1)	3	
Località	S.S. 526	
Comune	ROBECCO SUL NAVIGLIO	
Provincia	MILANO	
Sezione CTR	A6D3	
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine	45°25'37"
	Longitudine	3°33'38"
Quota (m s.l.m.)		
Profondità (m da p.c.)	96	

UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	COMUNE ROBECCO SUL NAVIGLIO
Ditta Esecutrice	IMP. NEGRETTI
Anno	
Stato	
	Attivo
	Disuso (2) X
	Cementato

Altro	
Tipologia utilizzo (3)	
Portata estratta (mc/a e lt/ sec)	

SCHEMA DI COMPLETAMENTO						
Tubazioni (4)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1					35.00	41.00
					59.00	69.00
					76.00	86.00
Setti impermeabili (5)						
Tipo			da m	a m		

3 - STRATIGRAFIA

BACINO: Ticino		S.S. n° 526	
ROBECCO S/N		C.A.P.	N. 3
0.00		terreno di coltura	
0.50		sabbia, silt, ghiaia	Lat. N=45°25'31"
4.00		silt argilloso	Long. O=3°33'31"
5.00		sabbia argillosa, ghiaia	qt. m= 126
8.00		silt sabbioso argilloso con elementi di ghiaia rossastra	data= 5.5.78
16.00		sabbia fine argillosa color giallo rossastro	
26.00		ghiaia e ciottoli con poca sabbia e qualche blocco	
38.00		sabbia media prevalente con ghiaia	
47.00		sabbia fine rossiccia	Fenestrati:
51.00		argilla gialla siltosa	35.00/41.00
56.00		sabbia fine siltosa	59.00/69.00
58.00		ghiaia con sabbia media	76.00/86.00
70.00		silt sabbioso	
75.00		ghiaia e ghiaietto con sabbia media	
82.00		sabbia grossa, poco ghiaietto	
87.00		argilla grigia siltosa	
90.00		sabbia fine argillosa	
93.00		argilla grigia siltosa	
96.00			ls.=5.80
			ld.=19.70
			l/sec=59.52
			l/sec/m=4.28

SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

6 - IDROCHIMICA

7 - PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

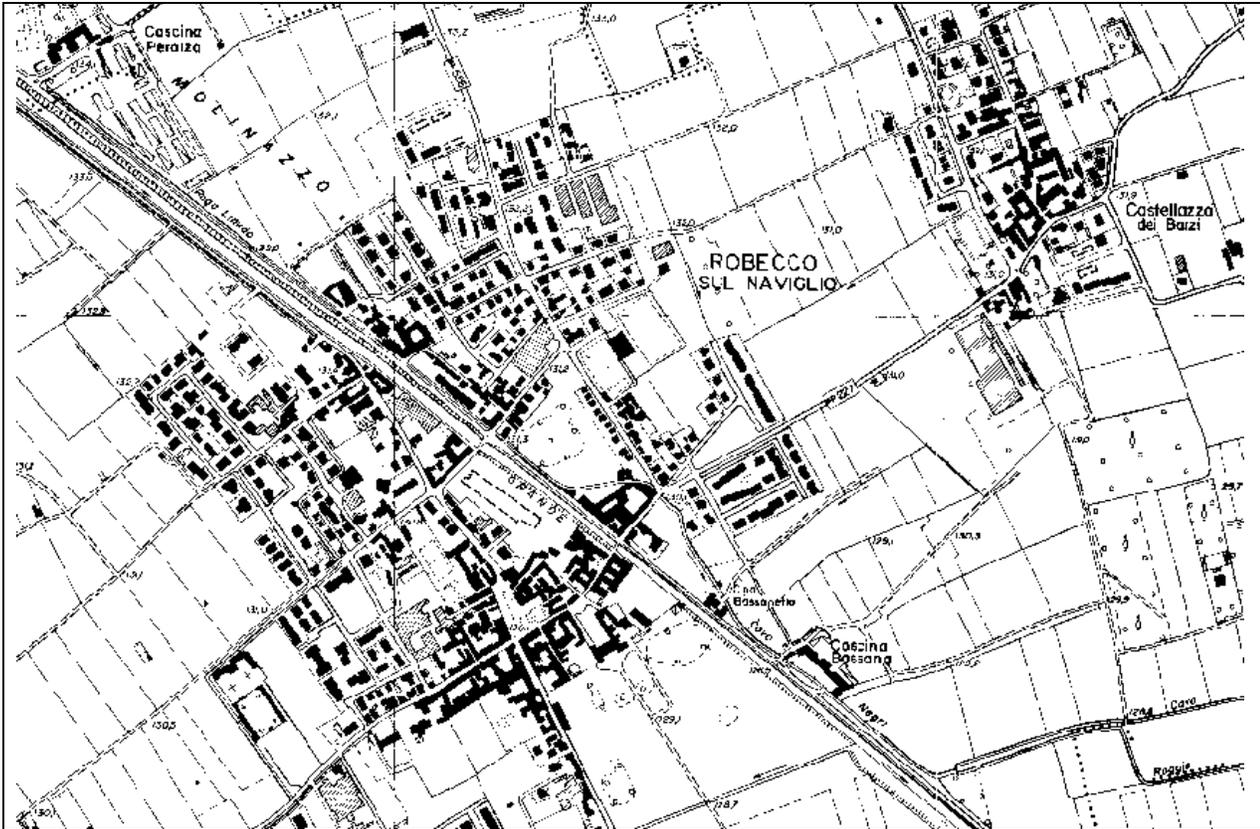
CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)

geometrico		temporale		idrogeologico	
------------	--	-----------	--	---------------	--

data del provvedimento di autorizzazione				
------------------------------------------	--	--	--	--

n° di riferimento e denominazione (1)	4
Località	VIA CROCIFISSO
Comune	ROBECCO SUL NAVIGLIO
Provincia	MILANO
Sezione CTR	A6D3
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine
	Longitudine
Quota (m s.l.m.)	
Profondità (m da p.c.)	185

UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)



2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	COMUNE ROBECCO SUL NAVIGLIO
Ditta Esecutrice	IMP. NEGRETTI
Anno	1990
Stato	
	Attivo X
	Disuso (2)
	Cementato
	Altro
Tipologia utilizzo (3)	
Portata estratta (mc/a e lt/ sec)	

SCHEMA DI COMPLETAMENTO

Tubazioni (4)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1		0	30.42			
2		30.42	170.00		112.45	118.47
					121.47	125.49
					128.49	136.53
					145.43	151.46
					160.97	164.99
Setti impermeabili (5)						
Tipo		da m		a m		

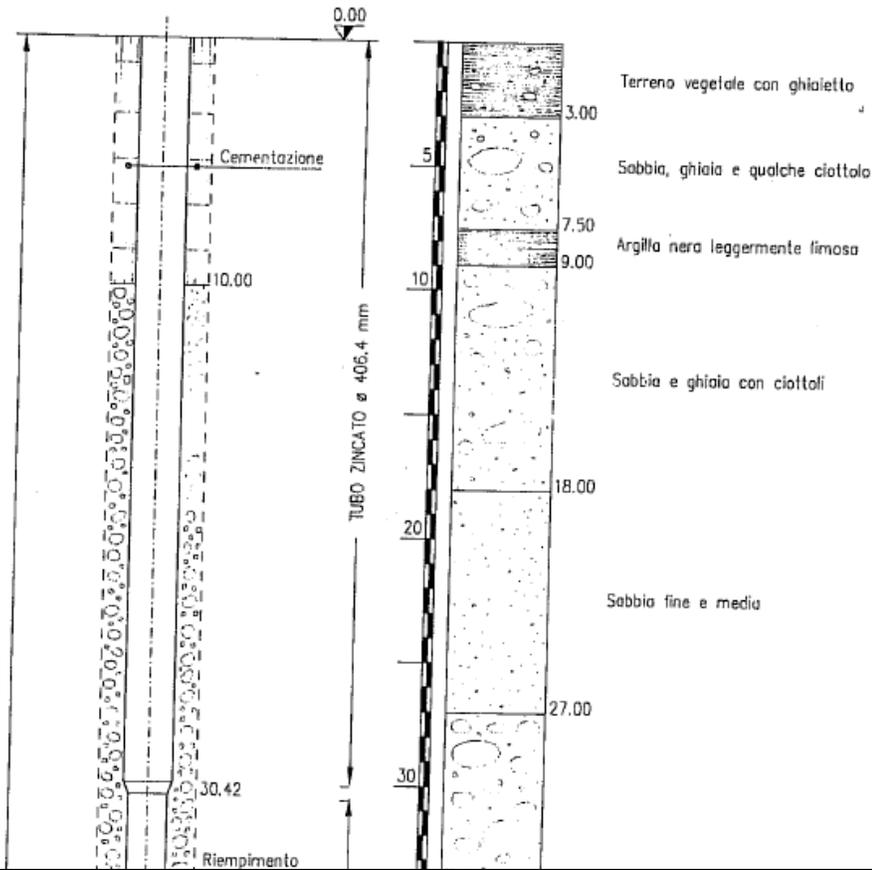
--	--	--

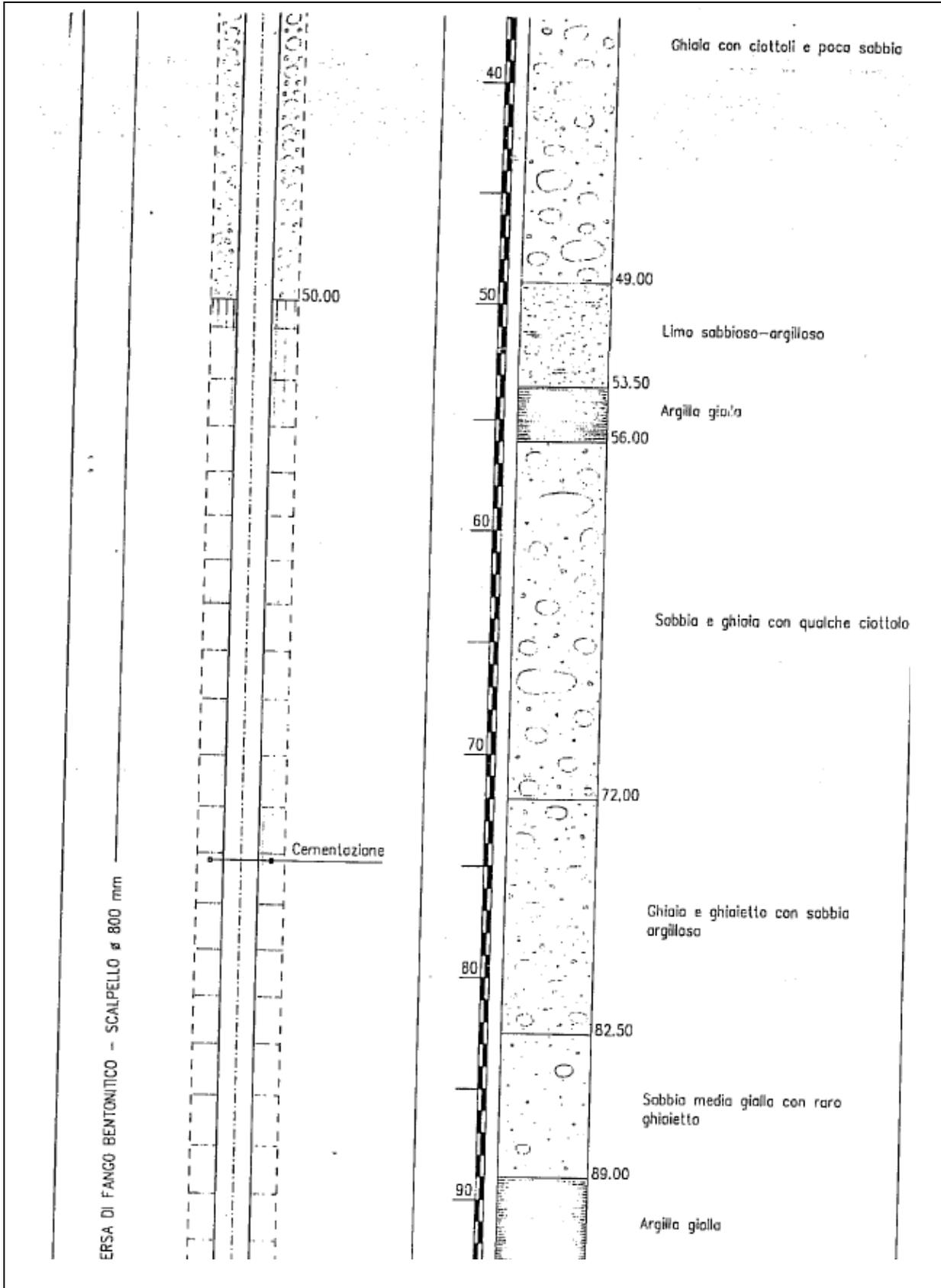
3 - STRATIGRAFIA

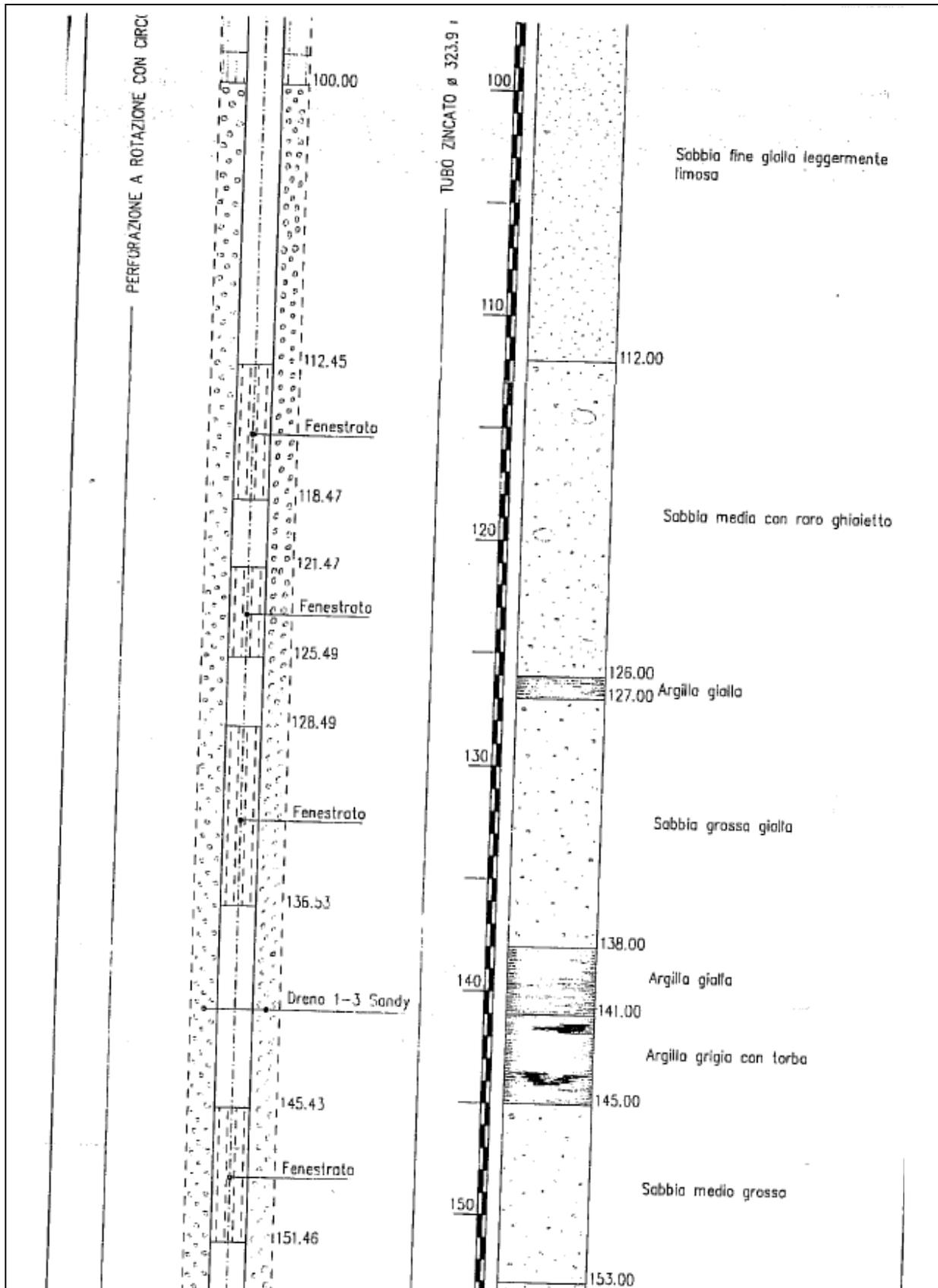
POZZO TRIVELLATO E STRATIGRAFIA

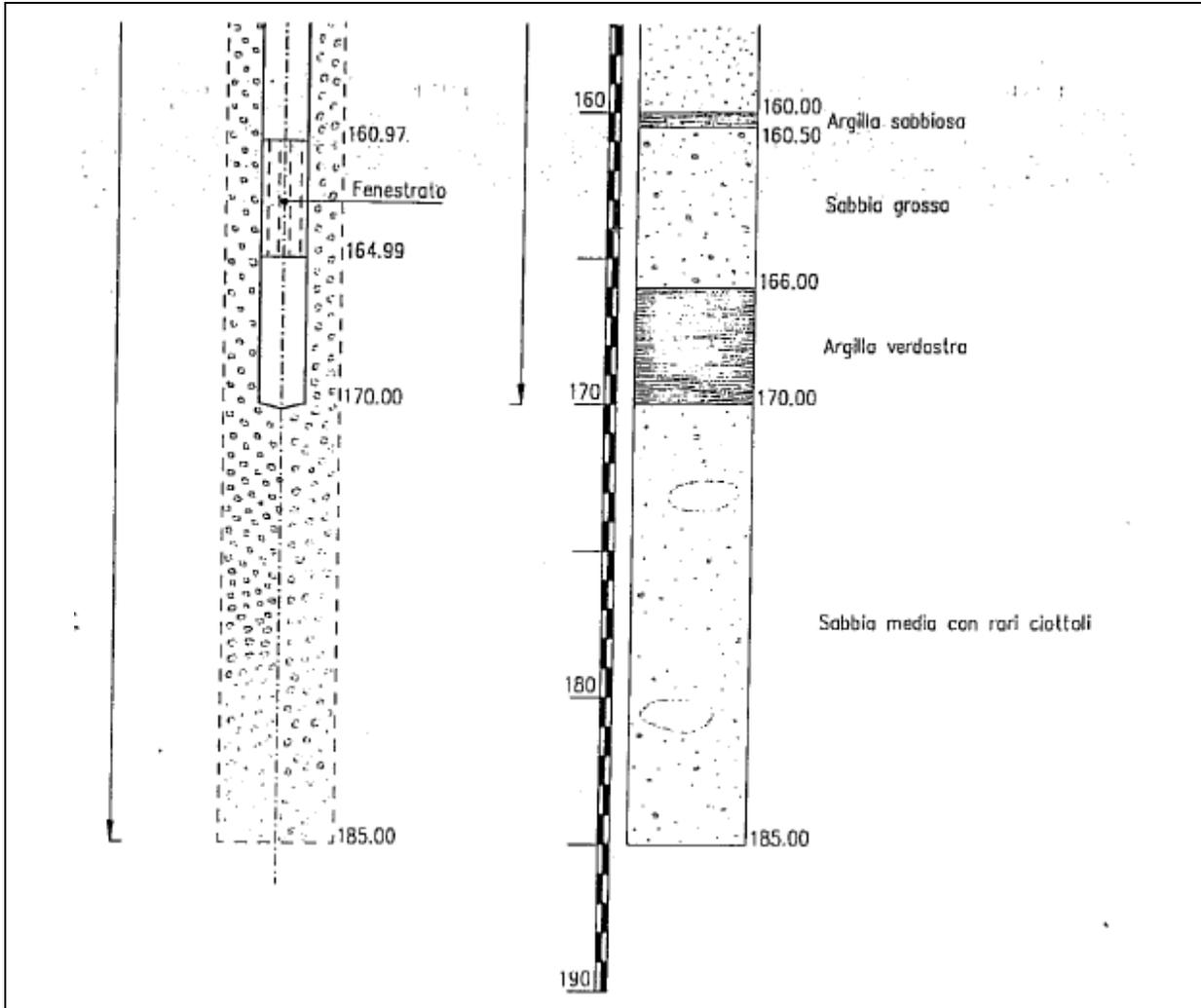
Data	9/10/90	9/10/90		
Liv. statico m	6.70	6.70		
Portata l/s	76.84	61.53		
Liv. dinamico m	15.83	13.20		

Pozzo n. 4
 Data Ottobre 90
 Impresa NEGRETTI









SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

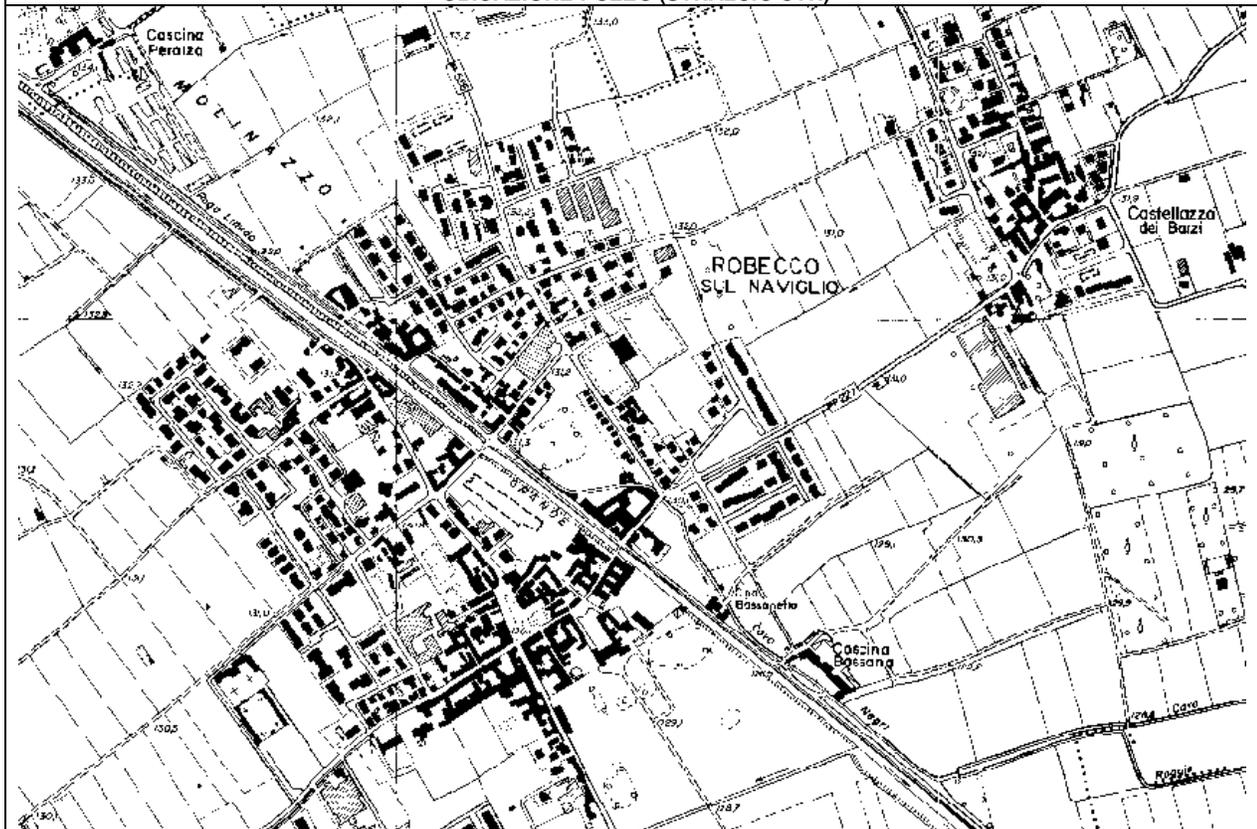
6 - IDROCHIMICA

7 - PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico	x	temporale		idrogeologico	
data del provvedimento di autorizzazione					

n° di riferimento e denominazione (1)	5
Località	VIA CROCEFISSO
Comune	ROBECCO SUL NAVIGLIO
Provincia	MILANO
Sezione CTR	A6D3
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	Latitudine
	Longitudine
Quota (m s.l.m.)	
Profondità (m da p.c.)	188.00

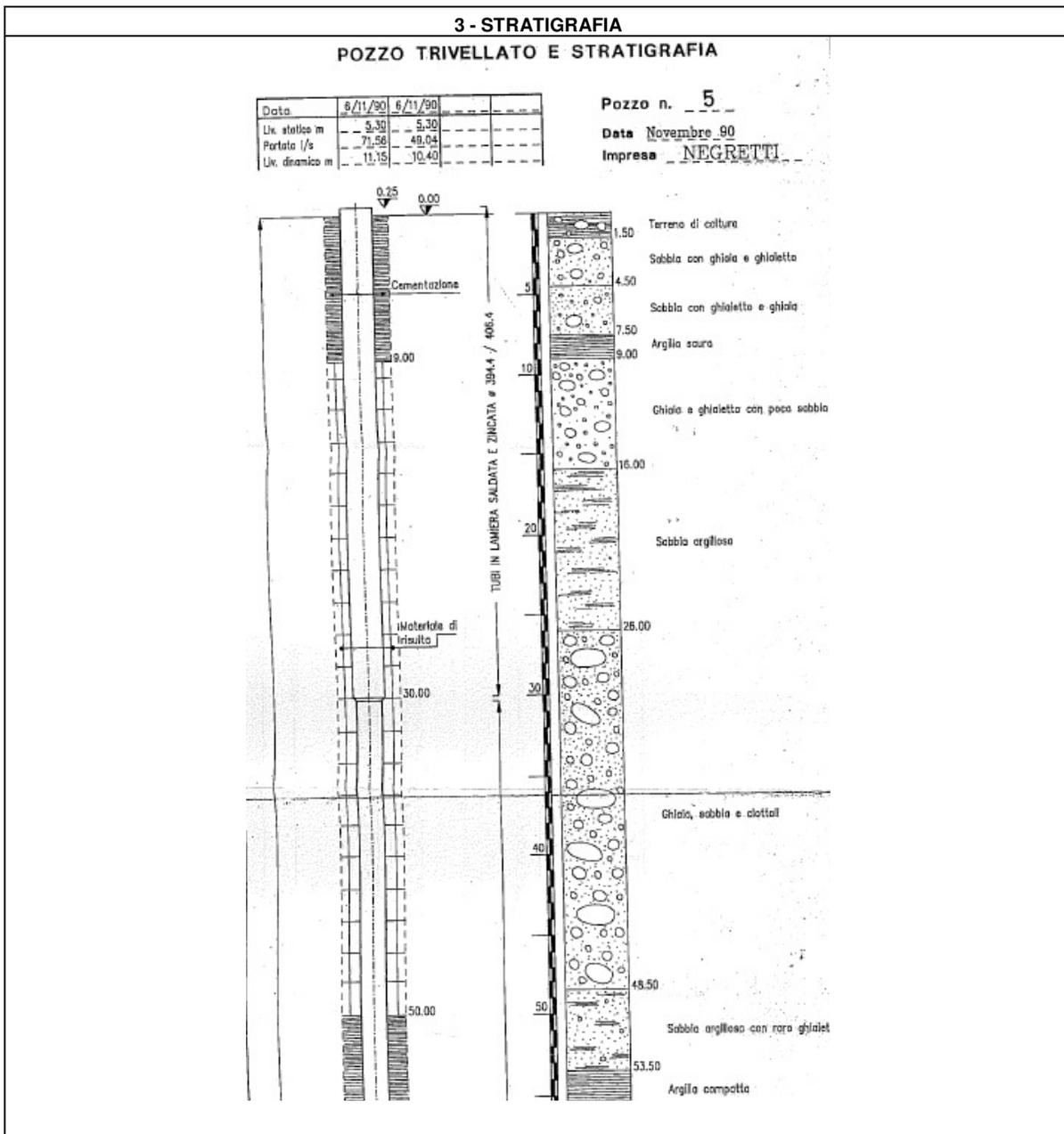
UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)

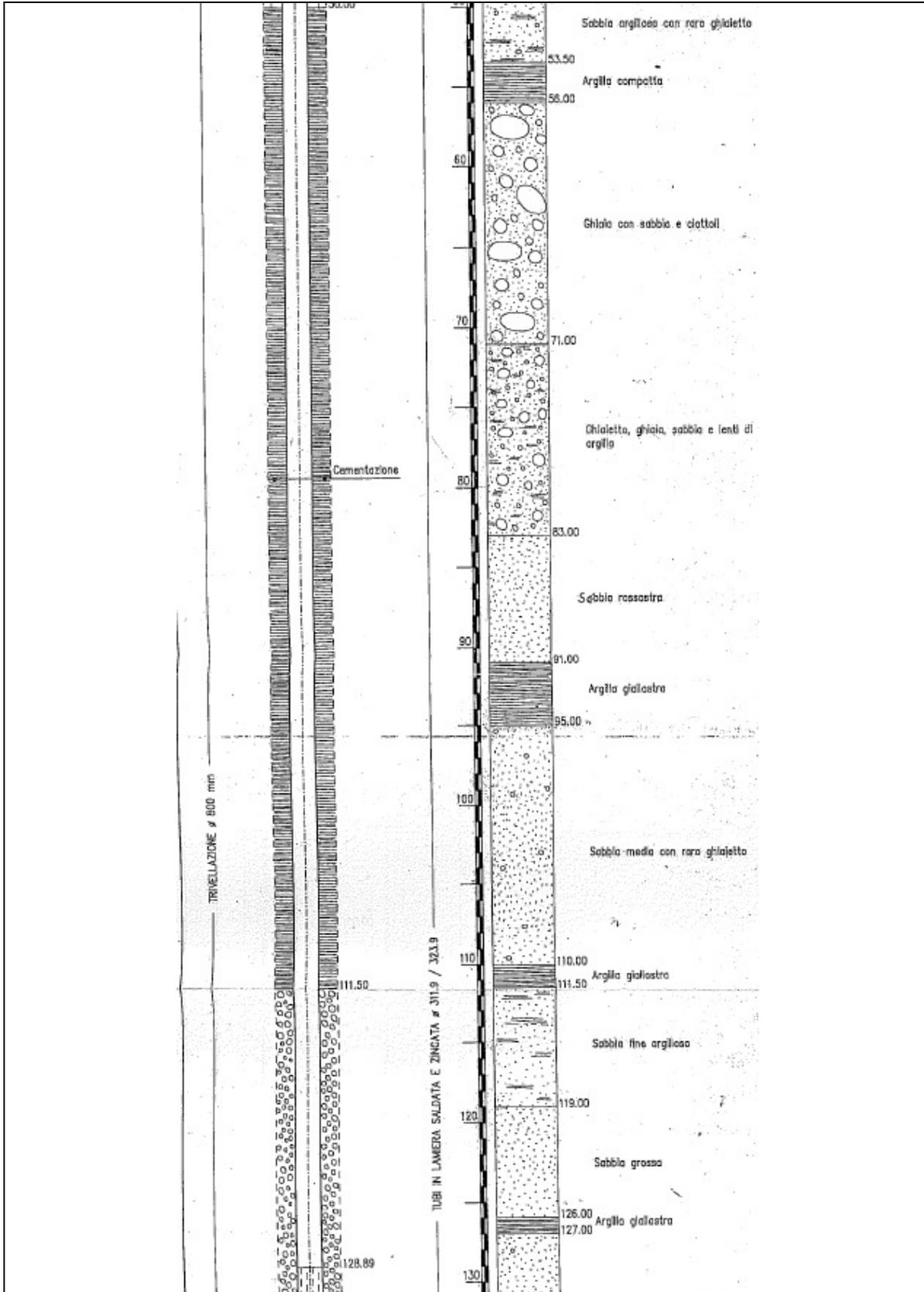


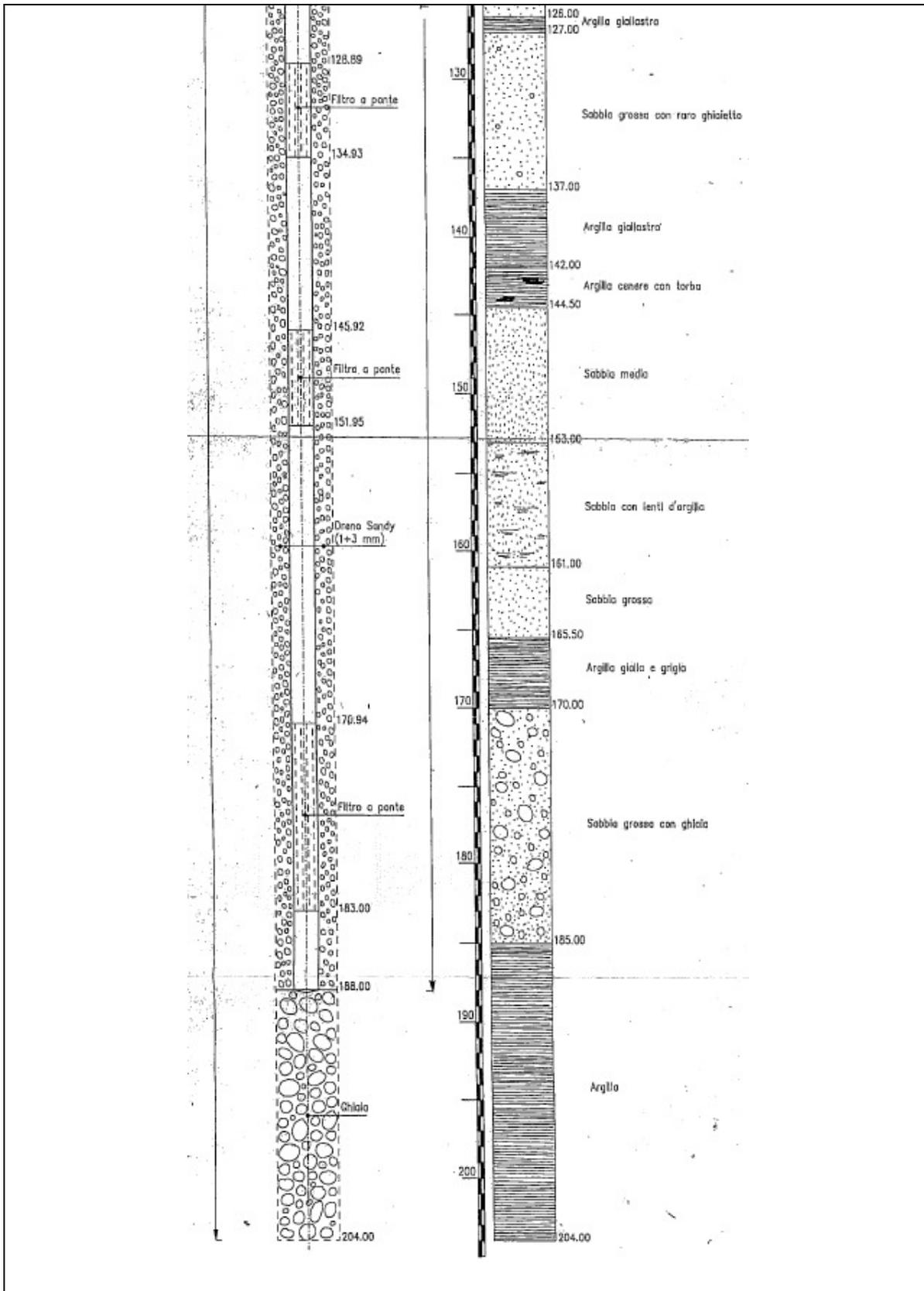
2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	COMUNE ROBECCO SUL NAVIGLIO
Ditta Esecutrice	IMP. NEGRETTI
Anno	1990
Stato	
	Attivo X
	Disuso (2)
	Cementato
	Altro
Tipologia utilizzo (3)	
Portata estratta (mc/a e lt/ sec)	

SCHEMA DI COMPLETAMENTO						
Tubazioni (4)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
1		0	30.00			
2		30	188.00		128.89	134.93
					145.92	151.95
					170.94	183.00
Setti impermeabili (5)						
Tipo		da m			a m	







SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI

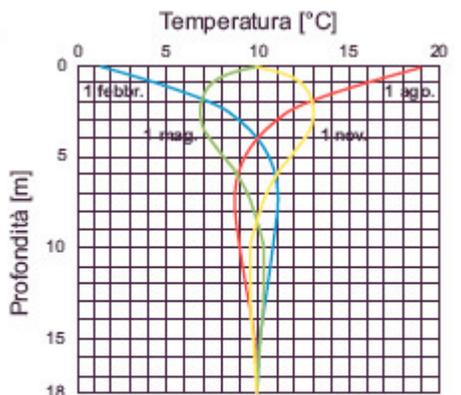
6 - IDROCHIMICA

7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)				
geometrico	x	temporale		idrogeologico
data del provvedimento di autorizzazione				

geometrico	x	temporale		idrogeologico
data del provvedimento di autorizzazione				

FONTI RINNOVABILI

1. Geotermia

Il sole causa una variazione della temperatura in superficie fino a circa 20 m [2].

Il termine geotermia deriva dal greco *geos* (terra) e *thermòs* (calore) ed il significato letterale è "calore della Terra". Per energia geotermica si intende infatti, quella contenuta, sotto forma di "calore", al suo interno che si dissipa con regolarità verso la superficie della terra. La temperatura del terreno è influenzata dalla temperatura dell'aria esterna fino alla profondità di circa 10 m; oltre i 10 m di profondità, la temperatura del terreno aumenta da 1 a 3 °C ogni 30 m circa, in funzione del tipo di terreno ma non risente delle variazioni di temperatura, sia giornaliere che stagionali, dell'aria esterna.

stagionali, dell'aria esterna.

In inverno, dunque, la temperatura del terreno aumenta passando dal valore di superficie, pari a quello dell'aria esterna (ad esempio 2 ÷ 10°C), fino a raggiungere, alla profondità di 10 m, la temperatura di 10 °C. D'estate, viceversa, la temperatura del terreno diminuisce passando dal valore di superficie, pari a quello dell'aria esterna (30 ÷ 40°C) fino a 10 °C, alla profondità di 10 m. Alla profondità di penetrazione delle sonde geotermiche (100 m), la temperatura del terreno varia dai 12 °C ai 20 °C.

Nella maggior parte delle aree terrestri, le rocce hanno una temperatura di circa 25-30°C a 500 m di profondità, e di 35-45°C a 1000 m.

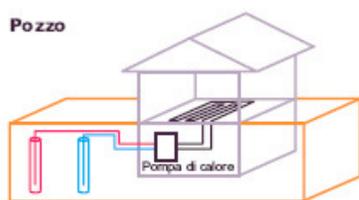
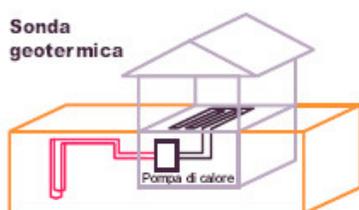
1.1. TIPOLOGIE DI SISTEMI GEOTERMICI

Inizialmente erano considerati solo i sistemi geotermici idrotermali, con un serbatoio in cui il calore si propaga per convezione a seguito dei moti convettivi dei fluidi contenuti e che possono essere ad acqua dominante (con contenuto energetico inferiore) o a vapore dominante (con contenuto energetico molto elevato).

In realtà esistono in natura altre situazioni geologiche in cui è presente calore in quantità potenzialmente utilizzabile.

Si fa riferimento ai sistemi geopressurizzati, i quali non hanno alcuna comunicazione con la superficie e in cui il calore si propaga per conduzione; oppure ai sistemi geotermici in rocce calde e secche, che non contengono in origine neanche il fluido, ma che possono essere artificialmente fratturate dando luogo ad un serbatoio geotermico artificiale.

Nei sistemi magmatici, infine, si sfrutta l'idea di estrarre energia da magmi a profondità accessibile ai mezzi di perforazione.



Per sistema geotermico, quindi, si intende *"qualunque risorsa sotterranea con la quale si possa scambiare calore"*: I sistemi idrotermali sono finora gli unici ad essere sfruttati a livello industriale per la produzione di energia elettrica. Gli altri tre tipi sono in fase di studio o di sperimentazione più o meno avanzata.

1.2. PER COSA SI UTILIZZA IL CALORE GEOTERMICO

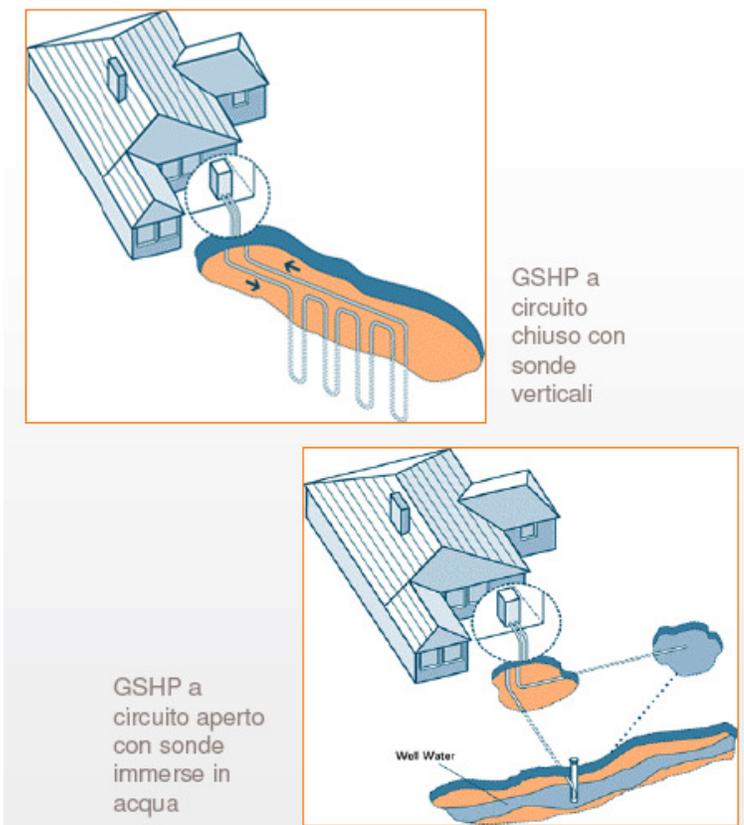
Esistono *"due geotermie"*: quella classica, relativa allo sfruttamento di anomalie geologiche o vulcanologiche (temperatura > 150°C) e quella a *"bassa entalpia"*, (temperatura medio - bassa <150°C), relativa allo sfruttamento del sottosuolo come serbatoio termico dal quale estrarre calore durante la stagione invernale ed al quale cederne durante la stagione estiva.

Il primo tipo di geotermia, quello "classico" riguarda la produzione di energia elettrica e le acque termali utilizzate a fini di riscaldamento e non è sfruttabile nel territorio comunale di Robecco sul Naviglio.

La geotermia a *bassa entalpia*, invece, è quella "geotermia" con la quale qualsiasi edificio, in qualsiasi luogo della terra, può riscaldarsi e raffrescarsi senza usare la classica caldaia d'inverno ed il gruppo frigo d'estate: il sistema è applicabile in qualsiasi tipo di sottosuolo, ed in qualsiasi regione d'Italia.

1.3. LIMITI E VANTAGGI

Premesso quanto sopra è da precisare che l'unico limite della tecnologia risiede nel fatto che è economicamente appetibile solo in presenza di "terminali a bassa temperatura" quali pavimenti



riscaldanti o radiatori a bassa temperatura. Tra le numerose tecniche che possono essere utilizzate per trarre profitto da questa fonte di calore pressoché infinita, quella più diffusa, soprattutto in nordeuropa e nordamerica, è l'impiego di pompe di calore accoppiate al terreno, che possono operare anche reversibilmente.

La stessa sorgente termica invernale può essere utilizzata come serbatoio termico estivo e pertanto, con lo stesso impianto di sonde geotermiche è possibile

non solo riscaldare un edificio, ma anche raffreddarlo, sfruttando il freddo del sottosuolo, tramite una particolare tecnica chiamata *geocooling*.

1.4. APPLICAZIONE DEL CALORE GEOTERMICO

Gli impieghi non elettrici dei fluidi geotermici, particolarmente delle acque calde, che abbiano oppure no finalità energetica, utilizzabili nel territorio comunale di Robecco sul Naviglio, possono essere raggruppati nelle seguenti categorie d'utilizzo:

- usi industriali
- riscaldamento di luoghi abitati ed altri usi civici

È questo il settore della geotermia a bassa energia, o a bassa entalpia. In base ai dati relativi alle temperature del sottosuolo attualmente disponibili sul territorio provinciale, le prospettive di utilizzo della risorsa geotermica sono principalmente indirizzate al riscaldamento di edifici

mediante sonde geotermiche verticali accoppiate a pompe di calore oppure, considerato che la prima falda freatica non può essere utilizzata ai fini potabili, sistemi di pozzi con prelievo e successiva resa alla falda stessa. La prima tecnologia, è preferibile per il basso impatto ambientale (il circuito è chiuso e non viene rilasciata acqua in falda con rischio di contaminazione) mentre la seconda presenta oltre a costi di gestione quasi nulli, un minor costo realizzativi, ammortizzabile talvolta in pochi anni dall'installazione dell'impianto.

1.4.1. RISCALDAMENTO /CLIMATIZZAZIONE DI LUOGHI ABITATI ED ALTRI USI CIVILI

Grazie alle sue favorevoli proprietà fisiche, il sottosuolo (rocce e acque sotterranee) può essere utilizzato quale sorgente fredda per una pompa di calore, ma anche quale luogo per lo stoccaggio stagionale di calore e di freddo.

Il raffreddamento di ambienti è realizzabile quando impianti ad assorbimento possono essere adattati al funzionamento con i fluidi geotermici disponibili. Questi impianti dispongono di una tecnologia ben conosciuta e sono reperibili sul mercato senza difficoltà. Funzionano seguendo un ciclo che utilizza il calore invece dell'elettricità come sorgente di energia.

Il raffreddamento è ottenuto utilizzando due fluidi: un refrigerante, che circola, evapora (assorbendo calore) e condensa (cedendo calore), e un fluido secondario o assorbente.

1.4.2. USI INDUSTRIALI

Per usi industriali, si intendono tutti quegli utilizzi non legati ad attività residenziali e/o commerciali di modesta entità tali da non poter essere gestiti mediante Sonde Geotermiche Verticali (SGV). In questi casi, visto gli elevati volumi da riscaldare, sono da preferire i sistemi che utilizzano pozzi realizzati nella prima falda (se inquinata) con sistemi di prelievo e successiva resa.

1.5. LE TECNOLOGIE DI UTILIZZO TERMICO DEL TERRENO COME FONTE DI CALORE

Di seguito si descrivono brevemente alcune tra le più diffuse tecnologie per lo sfruttamento del terreno come fonte di calore, applicabili al territorio comunale di Robecco sul Naviglio, ovvero:

- sonde geotermiche e pompe di calore;
- pali energetici;
- sfruttamento diretto della falda.

1.5.1. LE SONDE GEOTERMICHE

Le sonde geotermiche utilizzano la risorsa geotermica di scarsa profondità e bassa temperatura (lo sfruttamento della risorsa è conveniente già a partire da 12°C). Oltre i 10 metri di profondità la temperatura del sottosuolo è costante e non dipende più dalle escursioni termiche giornaliere né stagionali. Le sonde geotermiche verticali (SGV) sono degli scambiatori di calore installati in perforazioni, in prossimità dell'edificio da riscaldare, che vanno dai 50 fino ai 100 metri di profondità. Queste, realizzate in prossimità dell' edificio da scaldare, hanno un diametro di 10-15 cm ed al termine dei lavori, non rimane nulla di visibile in superficie.

Le SGV possono essere installate in quasi tutti i tipi di formazioni rocciose: il numero e la profondità delle perforazioni sono determinati in base al volume dei locali da scaldare ed al tipo di terreno.

Il tipo di sottosuolo infatti, gioca un ruolo importante e la conoscenza appropriata delle sue caratteristiche termiche e idrogeologiche è determinante per il dimensionamento corretto dell'impianto:

- Non tutti i tipi di rocce e di terreni dimostrano lo stesso rendimento termico.
- Le installazioni di pozzi necessitano della presenza di acque di falda in quantità soddisfacenti.

La tabella seguente presenta le differenze nel rendimento termico di alcuni tipi di sottosuolo per sonde geotermiche. Le sonde geotermiche estraggono una quantità specifica per ogni metro di lunghezza: più alta è la conducibilità termica del sottosuolo, più alta chiaramente è la quantità estratta.

Sottosuolo	Rendimento [W/m]
Sottosuolo cattivo (terreno asciutto)	20
Roccia o terreno umido	50
Roccia con alta conducibilità	70
Ghiaia, sabbia, asciutta	< 20
Ghiaia, sabbia, satura	55-65
Argilla, limo, umido	30-40
Roccia calcare	45-60
Arenaria	55-65
Granito	55-70
Gneiss	60-70

Valori approssimativi di rendimenti specifici per diversi tipi di sottosuolo per sonde geotermiche.



Al fine di fornire un'indicazione di massima sugli elementi e sul funzionamento di un impianto ad energia geotermica, illustreremo di seguito gli elementi essenziali presenti in un impianto a Sonde Geotermiche Verticali. Questo è composto da:

- *SONDA GEOTERMICA* inserita in profondità per scambiare calore con il terreno.
- *POMPA DI CALORE*, installata in centrale termica;
- *SISTEMA DI DISTRIBUZIONE* del calore a bassa temperatura all'interno dell'ambiente (impianto a

pannelli radianti sottopavimento);

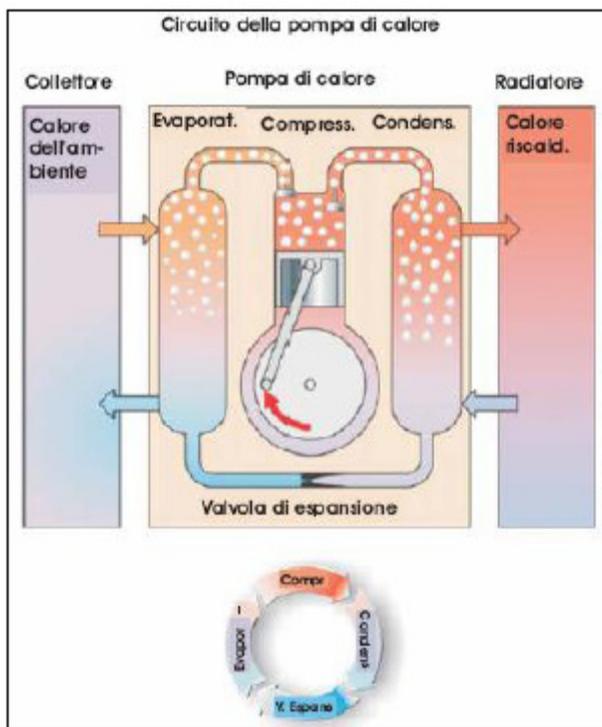
Lo scambio di calore con il terreno avviene tramite la sonda di captazione, installata con una perforazione del diametro di poche decine di centimetri accanto all'edificio, invisibile dopo la costruzione. La presenza d'acqua nel terreno, aumenta il rendimento di un impianto migliorando il contatto tra l'impianto e il sottosuolo. Se l'acqua è in movimento, ha come ulteriore effetto positivo l'asportazione di energia termica che può essere sfruttata.

Un fluido termoconduttore è pompato in un circuito chiuso all'interno di uno o due tubi di

polietilene a forma di U e lo spazio vuoto tra questi ed il terreno circostante, è riempito con una miscela di bentonite e cemento che assicura un buon contatto termico tra i tubi e la parete della perforazione.

Il numero delle sonde geotermiche e la profondità d'installazione (da 50 a 150 metri) variano in funzione dell'energia termica richiesta. Ogni sonda è formata da n. 2 moduli, ciascuno dei quali costituito da una coppia di tubi in polietilene uniti a formare un circuito chiuso (un tubo di "andata" e uno di "ritorno").

Questo fluido recupera il calore dal terreno e fornisce l'energia geotermica ad una pompa di



calore (PAC), dimensionata secondo la potenza di riscaldamento necessaria, che permette di innalzare la temperatura al livello desiderato (circa 35°).

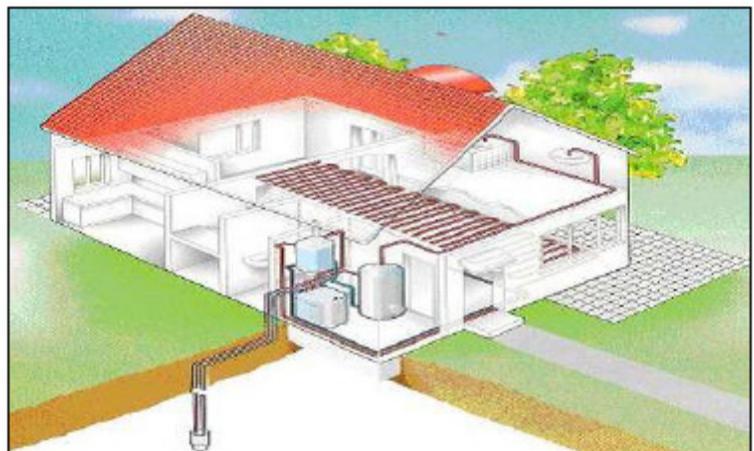
I tubi delle sonde sono collegati in superficie con un apposito collettore connesso alla pompa di calore. Durante l'inverno il terreno ha una temperatura generalmente superiore a quella esterna, il fluido glicolato scendendo in profondità attraverso le sonde, sottrae energia termica al terreno. Tornato in superficie ad una temperatura maggiore, provoca l'evaporizzazione del refrigerante che circola nel sistema della pompa di calore, il liquido si espande ed assorbe calore dalla sorgente esterna, ovvero tramite le sonde geotermiche, dal terreno.

La pompa di calore è una macchina termica in grado di trasferire il calore da un corpo più freddo ad uno più caldo, innalzandone la temperatura; essa estrae calore da una sorgente a bassa temperatura, sorgente fredda, con dispendio di energia esterna che può essere di natura elettrica e meccanica.

All'uscita dell'evaporatore il fluido, ora allo stato gassoso, viene aspirato all'interno del compressore che, azionato da un motore elettrico, fornisce l'energia meccanica necessaria per comprimere il fluido, determinandone così un aumento di pressione e conseguentemente di temperatura.

Il fluido viene così a trovarsi nelle condizioni ottimali per passare attraverso il condensatore (scambiatore).

In questa fase si ha un nuovo cambiamento di stato del fluido, che passa, da stato gassoso a quello liquido **CEDENDO CALORE** all'aria o all'acqua che sono utilizzati come fluido vettore per il riscaldamento degli ambienti.



Il ciclo termina con la sua ultima fase dove il liquido passa attraverso una valvola d'espansione trasformandosi parzialmente in vapore e raffreddandosi, riportandosi così alle condizioni iniziali del ciclo.

Lo stesso identico sistema con opportuni accorgimenti impiantistici provvede anche al **CONDIZIONAMENTO ESTIVO**, in questo caso il ciclo viene invertito ed il sistema cede al terreno il calore estratto dell'ambiente interno raffreddandolo.

Utilizzando le sonde geotermiche la temperatura di riferimento è invece di circa 16°C, il salto di temperatura nelle macchine che devono produrre acqua refrigerata a 7°C, si riduce drasticamente, aumentando notevolmente la resa e riducendo di conseguenza, in modo rilevante i consumi di energia ed i costi di gestione.

A questo si aggiunge il vantaggio di poter effettuare anche un preraffreddamento dell'aria



utilizzando direttamente il fluido circolante nelle sonde geotermiche, mentre l'acqua refrigerata viene usata solo per la deumidificazione raffreddando l'aria sotto il punto di rugiada.

Con le pompe di calore si ha quindi il vantaggio di sfruttare una sola macchina, che grazie ad una valvola diventa reversibile poiché presenta la possibilità di invertire le funzioni dell'evaporatore e del condensatore, fornendo così aria fredda in estate e aria calda in inverno.

L'inversione tra i due sistemi, riscaldamento e raffrescamento, può avvenire o con un'inversione sul ciclo o con un'inversione sull'impianto.

La tecnica di prelevare calore con una sonda geotermica è altamente affidabile e fa ormai parte dei modi convenzionali di riscaldamento, ben conosciuta e sfruttata in tutto il Nord Europa e negli Stati Uniti. In generale per il condizionamento estivo si è costretti al raffreddamento delle macchine frigorifere con l'aria, la cui temperatura di riferimento estiva è di 32°C.

L'efficienza di una pompa di calore è rappresentata dal coefficiente di prestazione COP (Coefficient of Performance), inteso come rapporto tra l'energia termica resa al corpo da riscaldare e l'energia elettrica consumata perché possa avvenire il trasporto di calore medesimo.

La termodinamica ci insegna, ma ce lo suggerisce anche il buon senso, che il lavoro necessario per portare l'energia termica da un livello di temperatura più basso ad uno più alto è proporzionale a tale dislivello o salto di temperatura.

Da ciò consegue la prima buona regola energetica di utilizzare per il riscaldamento di ambienti abitati, che vanno mantenuti a temperatura di comfort intorno ai 20°, temperature per i fluidi di riscaldamento degli impianti non superiori ai 35° sufficienti allo scopo.

Con acqua disponibile a 10°-15°, il salto di temperatura è conseguentemente di solo 20°-25° e, in queste condizioni, il rapporto tra calore reso all'impianto di riscaldamento e la potenza richiesta dalla pompa di calore nelle buone macchine moderne si aggira intorno a 4, potendo giungere anche a 5.

Ciò significa che, spendendo 1 kW elettrico per l'azionamento dell'impianto si ottengono almeno 4 kW termici per l'utenza; gli altri 3 kW, ovvero il 75% del fabbisogno termico, vengono prelevati dall'ambiente e, più precisamente, nel caso da noi ipotizzato, dal sottosuolo inteso come fonte "geotermica".

Sottosuolo	Conducibilità termica (W/m K)	Potenza d'estrazione (W/m)	Lunghezza della sonda geotermica per kW di potenza di riscaldamento (m)	
			COP = 3	COP = 3,5
Sottosuolo di cattiva qualità (rocce mobili secche)	meno di 1,5	20	33	36
Rocce indurite o rocce mobili sature d'acqua	1,5 a 3,0	50	13	14
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	superiore a 3,0	70	19,5	10
Ghiaia, sabbia, secco	0,4	meno di 20	superiore a 33	superiore a 36
Ghiaia, sabbia, acquifero	1,8 a 2,4	55 a 65	10 a 12	11 a 13
Argilla, limo, umido	1,7	30 a 40	17 a 22	18 a 24
Calcere, massiccio	2,8	45 a 60	11 a 15	12 a 16
Arenaria	2,3	55 a 65	10 a 12	11 a 13
Granito	3,4	55 a 70	9,5 a 12	10 a 13
Basalto	1,7	35 a 55	12 a 19	13 a 20
Gneiss	2,9	60 a 70	9,5 a 11	10 a 16

Le SGV sono usate per fornire riscaldamento a ville familiari, immobili o piccoli quartieri residenziali e si tratta di una tecnologia collaudata che, nella sola Svizzera, presenta più di 30.000 installazioni questo tipo.

Le sonde geotermiche possono essere a circuito chiuso, con due circolazioni separate terreno/abitazione o aperto, con un solo circuito, tuttavia con quest'ultimo possono verificarsi contaminazioni delle falde acquifere e pertanto sono da sconsigliare.

Una ulteriore variante di questa tecnologia sono i fasci di tubi (sonde orizzontali, con tubazioni dritte o sonde a spirale), che, interrati orizzontalmente fino ad una profondità massima di 3 m, sottraggono calore al suolo. Il loro metodo di funzionamento è quasi identico a quello delle sonde

geotermiche verticali, ma è meno utilizzato richiedendo maggior spazio e sviluppo delle sonde. Grazie alla pressoché costanza della temperatura nel sottosuolo, in inverno la sonda geotermica preleva calore da utilizzare per il riscaldamento dei locali, mentre in estate la pompa di calore sottrae calore dall'abitazione disperdendolo nel sottosuolo.

VANTAGGI DEL SISTEMA

La realizzazione di un impianto geotermico completo (riscaldamento + raffrescamento) è oggi una delle migliori soluzioni possibili per la climatizzazione degli ambienti, in quanto presenta i seguenti vantaggi:

- **INDIPENDENZA COMPLETA DA COMBUSTIBILI FOSSILI**

- Gasolio, GPL, gas metano, pallets, biomassa;
- Utilizza energia rinnovabile del terreno, rigenerabile e sempre disponibile in quantità illimitata;

- **SALVAGUARDIA DELL'AMBIENTE**

- Azzeramento delle emissioni di CO₂ e/o altre emissioni inquinanti in atmosfera (NO_x, SO₂, CO₂);
- L'Ente di Protezione dell'Ambiente degli USA ha affermato che i sistemi ghp sono la tecnologia più efficiente e più pulita per riscaldare e condizionare gli ambienti;
- Installare un impianto Geotermico in una villetta equivale mediamente a piantare all'incirca 4000 m² di alberi o a togliere dalla circolazione 2 auto;
- Le installazioni attuali di sistemi ghp equivalgono al risparmio di 14 milioni di barili di petrolio all'anno, a togliere dalle strade 500.000 auto o piantare più di 1 milione di acri di alberi con la riduzione di più di 1 milione di tonnellate di anidride carbonica all'anno;

- **NOTEVOLE COMFORT DELL'ABITAZIONE**

- Uniformità di temperatura nei diversi locali;
- Flessibilità (possibilità di impostare una diversa temperatura nei singoli ambienti);
- Miglior sfruttamento degli spazi interni (assenza di corpi scaldanti e caldaie);
- Funzionamento silenzioso.
- Un solo sistema per riscaldare e raffrescare;
- Nessun inestetico dispositivo visibile all'esterno;

- La riduzione dei consumi varia dal 40% ad oltre il 70%;

1.5.2. I PALI ENERGETICI

I pali energetici sono delle geostrutture (principalmente pali) in calcestruzzo o calcestruzzo armato dalla duplice funzione:

- Funzionare come fondazioni profonde
- fornire calore all' edificio che sostengono.

All'interno dei pali sono installati dei tubi in polietilene ad U (due o più a seconda del diametro del palo da 0,4 a 1,5 m). Un fluido portatore di calore circola nel circuito chiuso tra i pali e la pompa di calore.

I pali energetici funzionano secondo un ciclo annuale, con un' estrazione di calore dal terreno durante la stagione di riscaldamento ed un' estrazione di freddo durante il periodo di climatizzazione.

1.5.3. SFRUTTAMENTO DIRETTO DELLA FALDA FREATICA

Nel territorio in esame, la temperatura delle acque sotterranee superficiali presenta, al disotto dei 20-30 metri di profondità, presenta delle temperature costanti superiori ai 12° C. Lo sfruttamento della falda freatica è possibile attraverso pozzi unici o multipli (pozzi di produzione e d'iniezione) e richiede una concessione da parte della Provincia di Varese.

Dopo aver estratto l'acqua sotterranea attraverso l'emungimento di un pozzo, una pompa di calore trattiene la sua energia e fornisce una temperatura sufficiente per il riscaldamento delle abitazioni. Una volta raffreddata, l'acqua viene reimpressa in falda mediante un secondo pozzo.

Tale sistema, se per un verso presenta un'evidente semplicità di realizzazione e di utilizzo della risorsa, d'altra parte necessita di una più attenta progettazione ed esecuzione dato che potrebbe portare ad un depauperamento della falda (se l'acqua emunta non viene reimpressa) od a possibili fenomeni di contaminazione della stessa (se il circuito d'iniezione non è totalmente chiuso).

2. Sonde Geotermiche Verticali - Prescrizioni

La sonda geotermica (SG) rappresenta un'alternativa sostenibile per l'ambiente e per lo sfruttamento di una risorsa energetica rinnovabile per il riscaldamento e la refrigerazione di edifici.

E' comunque da tener presente che tale opportunità se non adeguatamente sfruttata e pianificata può essere causa di danni ambientali poiché:

- Durante la perforazione ed il rinterro del foro gli additivi utilizzati possono contaminare il sottosuolo o l'acqua di falda.
- Durante la perforazione possono essere penetrati strati impermeabili collegando diversi acquiferi. Una forte risalita di acque artesiane può impedire il ritombamento dei fori di perforazione.
- Durante la perforazione e il ritombamento del foro possono essere coinvolte o prosciugate utenze d'acqua adiacenti.
- In aree franose o di forte allentamento tettonico le sonde geotermiche possono essere distrutte post operam.
- Irregolarità nell'esercizio (es. perdite dalle sonde) possono comportare l'inquinamento del sottosuolo e/o della falda.

2.1. DIVIETI:

La posa in opera di sonde geotermiche è pertanto vietata nelle zone di rispetto e tutela assoluta relative ai pozzi di attingimento dell'acquedotto potabile comunale, così come definiti dal D.Lgs. 152/06;

In ogni caso vanno rispettate le seguenti distanze di rispetto:

- Entro un raggio di 30 m da qualsiasi pozzo e di 100 m da pozzi idropotabili privati.

Le perforazioni devono rispettare le distanze legali dal limite di proprietà e comunque una distanza minima di 6 m. La riduzione della distanza minima dal limite di proprietà è sottoposta alla dichiarazione di assenso da parte del proprietario dell'immobile confinante.

2.2. PROCEDURE AUTORIZZATIVE

Ai sensi dell'art. 22, comma 5 del Regolamento Regionale n. 2 del 24/03/2006 "Disciplina dell'uso delle acque superficiali e sotterranee, dell'utilizzo delle acque ad uso domestico, del risparmio idrico e del riutilizzo dell'acqua in attuazione dell'art. 52, comma 1, lettera c) della legge regionale n. 26 del 12/12/2003" e ss.mm.ii. prima di procedere a perforazioni per l'installazione di sonde geotermiche è necessario presentare idonea comunicazione informatizzata al CESTEC corredata da

eventuale documentazione tecnica a seconda della profondità delle sonde da realizzare.

Prima di procedere alla perforazione, il richiedente dovrà attendere 30 giorni dalla presentazione della comunicazione, decorsi i quali anche in assenza del nulla osta della Provincia di Varese è comunque possibile iniziare i lavori.



Esecuzione del foro di sondaggio per la messa di una sonda geotermica [5].

2.3. ADEMPIMENTI

Prima di iniziare la perforazione, e comunque con almeno 10 gg di anticipo, il richiedente deve presentare la denuncia di inizio lavori, comunicando la data di inizio dell'escavazione, il direttore dei lavori e la ditta esecutrice.

Durante la perforazione deve essere evitata qualsiasi conseguenza negativa per il suolo e sottosuolo. Vanno implementate misure di sicurezza per:

- Perdite di olio alla macchina perforatrice, perdite di prodotti specifici per la perforazione (es. carburanti, lubrificanti, olii idraulici, additivi). Il terreno sotto la perforatrice deve essere protetto mediante teli impermeabili e vasche di raccolta.
- In cantiere devono sempre essere a disposizione idonei prodotti olio assorbenti.
- Acqua di perforazione: non deve comportare alcune conseguenze negative per il sottosuolo e per l'acqua di falda durante il suo utilizzo. Additivi devono essere evitati. Qualora venissero impiegati lo stesso, devono essere completamente biodegradabili. Acque e fanghi di perforazione vanno smaltiti secondo la normativa vigente se vengono utilizzati additivi.
- Infiltrazioni di acque superficiali: queste vanno impedito tramite una idonea strutturazione della zona attorno al foro di perforazione.

La posizione della perforazione deve essere garantita per quanto riguarda eventuali sottoservizi interrati.

Non è ammesso che la sonda geotermica perfori la base della falda freatica se l'acquifero



Una volta eseguito il foro, i circuiti della sonda vengono inseriti [5].

sottostante può essere definito come isolato ed idoneo a scopo idropotabile. Qualora questo dovesse succedere deve essere fermata la perforazione e, in caso di fuoriuscita di acque artesiane, quest'ultima deve essere bloccata mediante misure idonee.

A lavoro eseguito è necessario presentare la denuncia di fine lavori corredata da Relazione Tecnica Finale e richiesta di licenza d'attingimento.

La documentazione completa deve essere indirizzata agli Uffici competenti della Provincia di Varese, completa di un rapporto di perforazione secondo i parametri di cui sotto:

- Composizione stratigrafica del sottosuolo, riferita al piano campagna (in base alla legge

4 agosto 1984, n. 464), applicando almeno le seguenti categorie: 1) terreni sciolti permeabili; 2) terreni sciolti impermeabili; 3) roccia; 4) contaminazioni del sottosuolo; 5) afflusso di acque sotterranee e 6) livello di falda misurato

- Afflussi di acqua di falda e perdite di acque di perforazione
- Tipo di perforazione e dati tecnici
- Utilizzo di rivestimenti
- Additivi utilizzati
- Quantitativi di sospensione iniettata a pressione per il ritombamento del foro
- Avvenimenti particolari

Ogni 6 metri e ad ogni cambiamento di formazione vanno eseguiti prelievi di campioni rappresentativi di terreni di risulta della prima perforazione eseguita.

2.4. INDICAZIONI TECNICHE OPERATIVE

Durante il ritombamento del foro di perforazione deve essere posta la massima attenzione a garantire una impermeabilizzazione ottimale. Deve essere utilizzata una sospensione di cemento, acqua e bentonite che va iniettata a pressione mediante pompa a pistone od altra stazione di pompaggio a partire dal fondo del foro sino al piano campagna. La composizione deve garantire, dopo l'indurimento, una struttura compatta, duratura e sia chimicamente che fisicamente stabile. Le sonde geotermiche devono essere di polietilene ad alta densità (PE-HD) e senza suture tra testa e piede. La pressione nominale minima deve essere pari a PN16. I collegamenti al piede devono essere completati esclusivamente dal produttore oppure mediante appositi giunti termosaldati.

La prova di tenuta deve essere eseguita come segue o con acqua o con aria:

- Prova di tenuta della sonda geotermica eseguita esclusivamente con aria (pressione di prova: minimo 10 bar; durata: minimo 1 ora; diminuzione di pressione tollerata: 0,2 bar; al raggiungimento della profondità di 80 metri deve essere aumentata la pressione di 0,1 bar per ogni ulteriore metro di profondità).

- Prova di tenuta della sonda geotermica ricolmata interamente con acqua (pressione di prova: minimo 6 bar; durata: minimo 4 ore; diminuzione di pressione tollerata: 0,5 bar);

Qualora un test di tenuta desse esito negativo la sonda difettosa va ricolmata definitivamente con sospensione di cemento, acqua e bentonite. Di ogni prova di tenuta va compilato un protocollo.

In caso di perdite, il liquido delle sonde deve essere smaltito secondo la normativa vigente e sostituito da una sospensione di cemento, acqua e bentonite.

Ogni singola sonda deve essere dotata di propria saracinesca e l'impianto deve essere dotato di manometro di sicurezza.

Sono ammesse solo condotte in materiale plastico prive di suture (PE-HD) resistente ad una pressione nominale minima pari a PN10.

La posa delle condotte di collegamento deve essere svolta sotto costante sorveglianza da parte di un esperto:

- In un letto di sabbia o calcestruzzo senza giunti a spinta
- Il raggio di curvatura fissato dal produttore non deve essere ridotto
- Vanno programmate curvature di dilatazione sufficienti in aree a rischio di cedimento
- In una profondità minima di 1 metro dal piano di campagna
- In caso di posa interrata le condotte devono essere protette da nastro di segnalazione

Sono ammessi i seguenti additivi antigelo:

- Glicole etilenico (etan diolo)
- Glicole propilenico (propan-1,2 diolo)
- Cloruro di calcio (CaCl₂)
- Alcool etilico (etanolo)

È vietato l'utilizzo di inibitori della corrosione e pertanto condotte e valvole devono quindi essere resistenti alla corrosione.

3. Solare termico

Il solare termico è una tecnologia usata ormai da decenni per la produzione dell'acqua calda sanitaria e per uso riscaldamento, per essiccazione, sterilizzazione, dissalazione e cottura cibi.



Applicazioni di questo tipo sono testimoniate fin dal 1700. Inizialmente trovarono ampio spazio le tecnologie ad alta temperatura per la produzione di vapore (concentratori parabolici), che non si affermarono, nonostante continue riduzioni dei costi, a causa delle espansioni successive dei

combustibili fossili (carbone prima, petrolio poi).

L'energia solare termica può essere sfruttata nei seguenti modi:

- collettori piani e sottovuoto per la produzione di acqua calda per usi sanitari, riscaldamento e preriscaldamento acqua di processo;
- collettori piani ad aria;
- concentratori per la generazione elettrica e calore di processo.



Tra queste quelle più facilmente applicabili sono rappresentate dalle seguenti tre tecnologie di base:

- pannelli in materiale plastico,
- collettori piani vetrati,
- collettori sottovuoto.

La prima soluzione è caratterizzata dai costi più bassi ed è adatta all'impiego estivo, in quanto l'assenza di copertura vetrata comporta perdite per

convezione troppo elevate per un uso con basse temperature esterne. L'acqua da riscaldare attraversa direttamente il pannello, evitando i costi e le complicazioni impiantistiche dello scambiatore. Essa rappresenta pertanto la soluzione ideale per le piscine scoperte.

I collettori piani sono la tecnologia più diffusa e più adattabile e rispetto a quelli in plastica offrono una resa buona tutto l'anno. Da un punto di vista costruttivo sono disponibili varie soluzioni che si distinguono per la selettività della piastra assorbente, per i materiali (rame, acciaio inox e alluminio anodizzato) e per l'essere idonee all'uso in impianti a circolazione forzata o naturale (meno costose, più affidabili, ma meno integrabili con le strutture architettoniche da un punto di vista estetico, perché il serbatoio di accumulo dev'essere posizionato più in alto del pannello e nelle immediate vicinanze).



Le dimensioni, pur essendo presenti sul mercato soluzioni particolari, prevedono di solito un ingombro vicino al classico 100x200 cm².



I collettori sottovuoto presentano il rendimento migliore in tutte le stagioni (circa un 15-20% di aumento di produzione energetica), grazie al sostanziale annullamento delle perdite per convezione. Il costo maggiore rispetto alla soluzione piana, comunque, ne consiglia l'adozione solo in casi particolari (temperature dell'acqua più elevate e/o clima rigido). Sono nella maggior parte dei casi di forma tubolare, permettendo l'inclinazione ottimale della piastra captante, anche se disposti secondo superfici orizzontali o verticali.

Dal punto di vista dell'integrazione architettonica esistono vari esempi di buone realizzazioni anche nel caso di tetti a falda. Ciò usualmente comporta il ricorso alla circolazione forzata e quindi ad una maggiore complessità di impianto. Va comunque detto che ormai la tecnologia è provata e

affidabile, purché sia eseguita la manutenzione periodica prescritta dal costruttore.



Per valutare la produzione di energia termica si deve partire dalle caratteristiche di insolazione del sito, eventualmente corrette per tener conto di ombreggiamenti nel corso della giornata dovuti a palazzi, alberi o rilievi nelle vicinanze. Indicativamente

si possono considerare i valori riportati in tabella, tratti dall'*Atlante europeo della radiazione solare* e riferiti ad un m² di superficie esposta a sud con un'inclinazione pari alla latitudine.

<i>Irraggiamento</i>	<i>Nord</i>	<i>Centro</i>	<i>Sud</i>
kWh/m ² /giorno	3,8	4,6	5,0

Con un rendimento di impianto compreso fra il 30% ed il 35%, valori mediamente accettabili, si ottiene una produzione complessiva annua compresa fra i 450 ed i 730 kWh/m².

3.1. ANALISI ENERGETICA: CALCOLO DELL'ENERGIA PRO CAPITE NECESSARIA

In media, in Italia si consumano circa 50 litri al giorno di acqua calda sanitaria pro capite, alla temperatura di 45°C. Ipotizzando una temperatura dell'acqua proveniente dall'acquedotto pari a 15 °C si può calcolare il quantitativo pro capite Q, di energia termica necessaria:

$$Q = G \cdot c_s \cdot (T_u - T_a) = 50 \text{ l} \cdot 1 \text{ kcal/l } ^\circ\text{C} \cdot 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 1500 \text{ kcal}$$

Avendo indicato con:

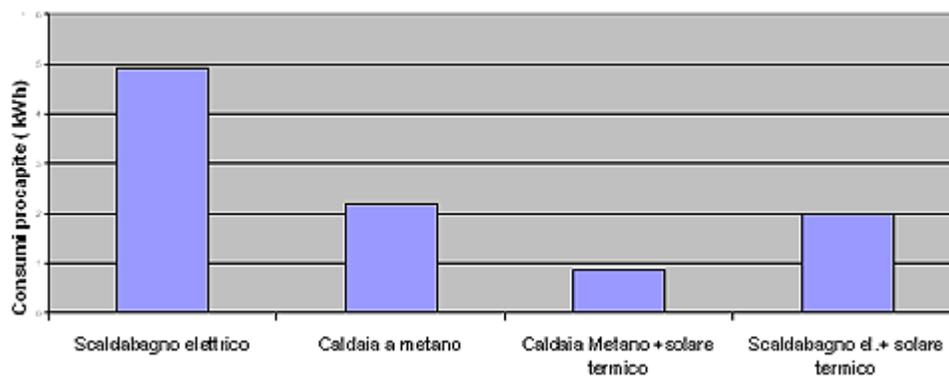
G, massa d'acqua da scaldare (l)

c_s, calore specifico dell'acqua (kcal/l)

T_u, temperatura di utilizzo, pari a 45°C

T_a, temperatura acqua dell'acquedotto (°C).

La figura seguente mostra il risultato del confronto tra il fabbisogno energetico necessario per la produzione di acqua calda sanitaria con uno scaldabagno elettrico, con una caldaia a gas, un sistema caldaia gas/collettore solare termico ed un sistema scaldabagno elettrico/collettore solare termico, ferme restando le ipotesi sopra enunciate ed il quantitativo procapite di acqua necessaria.



Si osserva allora che, nel passaggio dalla soluzione con scaldabagno elettrico a quella con caldaia a gas integrata da collettori solari, il consumo energetico procapite passa da 4,93 a 0,87 kWh. E' il caso più interessante, dunque, che porta ad **una riduzione dell'82% del consumo energetico, a parità di servizio reso.**

Nel confronto tra il sistema basato sull'integrazione di collettore solare con una caldaia a gas e la caldaia stessa, si nota come il consumo passi da 2,18 kWh, per il caso della sola caldaia, a 0,87 kWh, per il sistema integrato. Nel passaggio dal solo scaldabagno elettrico ad uno scaldabagno integrato da collettori solari, il consumo energetico scende da 4,93 a 1,97 kWh.

3.2. VANTAGGI AMBIENTALI

Un primo indicatore di confronto tra le diverse tecnologie a disposizione può essere ritenuta la quantità di anidride carbonica mediamente immessa nell'ambiente per produrre, nelle stesse condizioni, acqua calda sanitaria. Nel corso dell'analisi energetica, si è stimato che il fabbisogno di energia elettrica di un'utenza monofamiliare (4 persone) per produrre acqua calda sanitaria con uno **scaldabagno elettrico** è pari a 7,74 kWh (elettrici) /giorno. In Italia, per produrre un kWh elettrico, le centrali termoelettriche emettono nell'atmosfera in media 0,58 kg di anidride carbonica (CO₂), uno dei principali gas responsabili dell'effetto serra [Dati ENEL 1999]. Pertanto, lo scaldabagno in esame è indirettamente responsabile dell'immissione nell'atmosfera di:

$$0,58 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh (elettrico)} \cdot 7,74 \text{ kWh (elettrici) /giorno} = 4,5 \text{ kg CO}_2/\text{giorno},$$

Questo significa che, per la sola acqua calda sanitaria, utilizzando lo scaldabagno elettrico, una

famiglia immette quotidianamente nell'ambiente 4,5 kg CO₂ (**con una media procapite di 1,125 kgCO₂/giorno**).

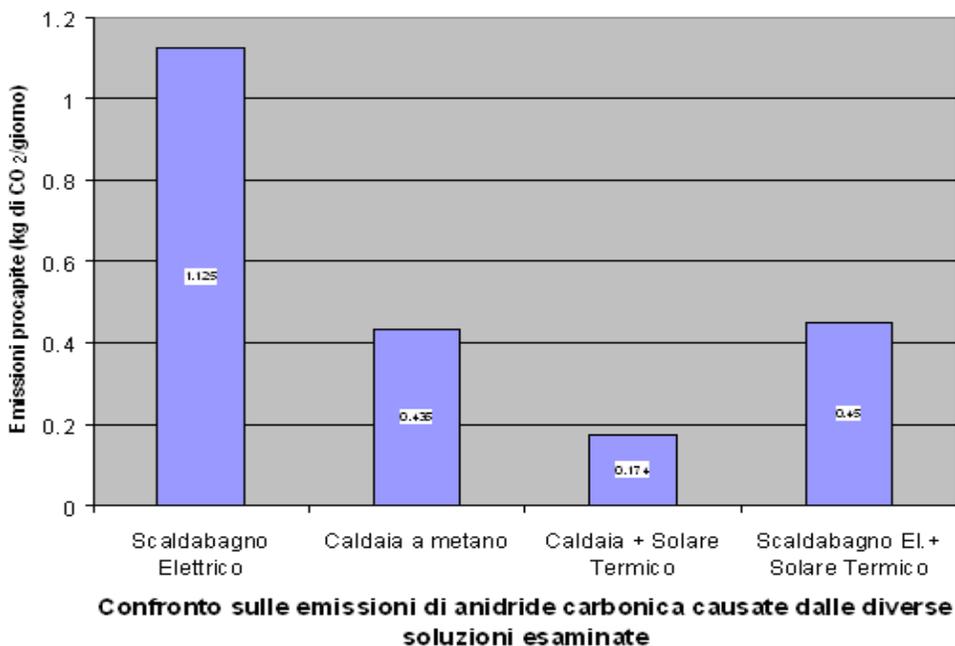
Nel caso di una **caldaia a metano**, nella combustione si formano 0,25 kg CO₂ per ogni kWh termico; una famiglia di 4 persone dà quindi origine alla seguente produzione giornaliera di anidride carbonica:

$$0,25 \text{ kg CO}_2 \cdot 6,97 \text{ kWh (termici)} = 1,74 \text{ kg CO}_2 \text{ /giorno}$$

con **una media procapite di 0,435 kgCO₂/ giorno**.

Nel caso di **impianti ibridi solare /gas**, ossia impianti solari posti ad integrazione della caldaia a gas, assicurando lo stesso comfort durante tutto l'arco dell'anno, è possibile risparmiare, a Roma, il 60% del consumo di gas: la stessa famiglia produrrà, allora, giornalmente 0,69 kg CO₂, **con una media procapite di 0,174 kgCO₂/ giorno**.

La figura seguente riepiloga le emissioni di anidride carbonica generate nei diversi casi analizzati. La riduzione delle emissioni di CO₂ ottenuta con il sistema ibrido è notevole soprattutto rispetto al primo scenario: si passa da 1,125 kg di CO₂ emessi a 0,22 kg di CO₂, con una riduzione percentuale dell'80%. Tra il caso di impiego della caldaia a metano e quello di integrazione di questa con i collettori si verifica una riduzione, in valore assoluto, di 0,33 kg di CO₂ procapite, mentre lo scaldabagno elettrico, se impiegato con il solare, porta ad una riduzione di 0,675 kg di CO₂.



4. Impianto fotovoltaico

La tecnologia fotovoltaica consente di trasformare direttamente in energia elettrica l'energia



associata alla radiazione solare. Essa sfrutta il cosiddetto effetto fotovoltaico, basato sulle proprietà di alcuni materiali semiconduttori (fra cui il silicio, elemento molto diffuso in natura) che, opportunamente trattati ed interfacciati, sono in grado di generare elettricità una volta colpiti dalla radiazione solare (senza quindi l'uso di alcun combustibile).

Il dispositivo più elementare capace di operare una conversione dell'energia solare è la cella fotovoltaica, in grado di produrre una potenza di circa 1,5 Watt in condizioni standard. Vale a dire quando essa si trova ad una temperatura di 25°C ed è sottoposta ad una potenza della radiazione pari a 1.000 W/m².

Un modulo fotovoltaico tipo, formato da 36 celle, ha una superficie di circa mezzo metro quadrato ed eroga, in condizioni standard, circa 50W.

Il campo fotovoltaico è un insieme di moduli fotovoltaici, opportunamente collegati in serie e in parallelo, in modo da realizzare le condizioni operative desiderate. Più¹ moduli assemblati meccanicamente tra loro formano il pannello.

La bassa densità energetica dell'energia solare necessita di grandi superfici per ottenere le alte energie necessarie a rifornire le abitazioni civili.

I sistemi fotovoltaici si distinguono in sistemi isolati (stand-alone) e sistemi collegati alla rete (grid connected), questi ultimi a loro volta si dividono in centrali fotovoltaiche e sistemi integrati negli edifici.

Nei sistemi isolati, in cui la sola energia è quella prodotta dal FV, occorre prevedere un sistema di accumulo (in genere costituito da batterie tipo quelle delle automobili, e dal relativo apparecchio di controllo e regolazione della carica), reso necessario dal fatto che il generatore FV può fornire energia solo nelle ore diurne, mentre solitamente la richiesta energetica si ha durante tutte le ore del giorno.

E' opportuno prevedere quindi un dimensionamento del campo fotovoltaico in grado di permettere, durante le ore di insolazione, sia l'alimentazione del carico, sia la ricarica delle batterie di accumulo.

Nei sistemi fotovoltaici isolati, l'immagazzinamento dell'energia avviene, in genere, mediante accumulatori elettrochimici (tipo le batterie delle automobili). Tali accumulatori permettono di far fronte a punte di carico, senza dover sovradimensionare i generatori, nonchè di garantire la continuità dell'erogazione dell'energia anche in caso di basso (o nullo) irraggiamento o guasto temporaneo dei generatori.

Poichè l'energia prodotta dal generatore FV è sotto forma di corrente continua (CC), qualora si debbano alimentare apparecchi che funzionino con corrente alternata (AC), è necessario introdurre nel sistema un dispositivo elettronico, detto inverter, che provvede alla conversione da CC a AC.

L'inverter è un elemento essenziale negli impianti collegati alla rete elettrica (che è a AC a bassa tensione [BT]), ma può non esserci se il sistema è isolato (in tal caso tutte le apparecchiature presenti dovranno funzionare in corrente continua).

Nei sistemi collegati alla rete l'inverter è sempre presente mentre, al contrario degli impianti isolati, non è previsto il sistema di accumulo, poichè l'energia prodotta durante le ore di insolazione viene immessa nella rete. Viceversa, nelle ore notturne, il carico locale viene alimentato dalla rete: un meter provvede a scalare la differenza dal contatore.

Un sistema di questo tipo è, sotto il punto di vista della continuità di servizio, più affidabile di un sistema isolato. Il sistema fotovoltaico, nel suo insieme, capta e trasforma l'energia solare disponibile e la rende utilizzabile per l'utenza sotto forma di energia elettrica.

Sviluppata alla fine degli anni 50 nell'ambito dei programmi spaziali, per i quali occorre disporre di una fonte di energia affidabile ed inesauribile, la tecnologia fotovoltaica (FV) si va oggi diffondendo molto rapidamente anche per applicazioni terrestri, come l'alimentazione di utenze isolate o gli impianti installati sugli edifici e collegati ad una rete elettrica preesistente. Il funzionamento dei dispositivi fotovoltaici si basa sulla capacità di alcuni materiali semiconduttori, opportunamente trattati, di convertire l'energia della radiazione solare in energia elettrica in corrente continua senza bisogno di parti meccaniche in movimento. Il materiale semiconduttore quasi universalmente impiegato oggi a tale scopo è il silicio. Il componente base di un impianto FV è la cella fotovoltaica, che è in grado di produrre circa 1,5 Watt di potenza in condizioni standard, vale a dire quando essa si trova ad una temperatura di 25 °C ed è sottoposta ad una potenza della

radiazione pari a 1000 W/m^2 . La potenza in uscita da un dispositivo FV quando esso lavora in condizioni standard prende il nome di potenza di picco (W_p) ed è un valore che viene usato come riferimento. L'output elettrico reale in esercizio è in realtà minore del valore di picco a causa delle temperature più elevate e dei valori più bassi della radiazione. Più celle assemblate e collegate tra di loro in una unica struttura formano il modulo fotovoltaico. Il modulo FV tradizionale è costituito dal collegamento in serie di 36 celle, per ottenere una potenza in uscita pari a circa 50 Watt, ma oggi, soprattutto per esigenze architettoniche, i produttori mettono sul mercato moduli costituiti da un numero di celle molto più alto e di conseguenza di più elevata potenza, anche fino a 200 Watt per ogni singolo modulo. A seconda della tensione necessaria all'alimentazione delle utenze elettriche, più moduli possono poi essere collegati in serie in una "stringa". La potenza elettrica richiesta determina poi il numero di stringhe da collegare in parallelo per realizzare finalmente un generatore fotovoltaico. Il trasferimento dell'energia dal sistema fotovoltaico all'utenza avviene attraverso ulteriori dispositivi, necessari per trasformare ed adattare la corrente continua prodotta dai moduli alle esigenze dell'utenza finale. Il complesso di tali dispositivi prende il nome di BOS (Balance of System). Un componente essenziale del BOS, se le utenze devono essere alimentate in corrente alternata, è l'inverter, dispositivo che converte la corrente continua in uscita dal generatore FV in corrente alternata

4.1. APPLICAZIONI

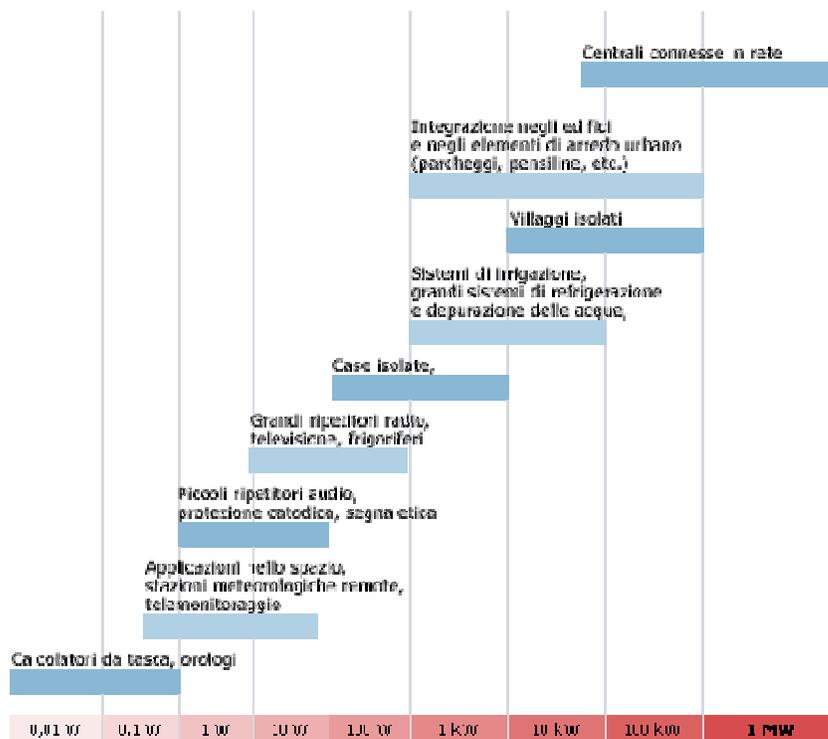
Data la loro modularità, i sistemi fotovoltaici presentano una estrema flessibilità di impiego. La principale classificazione dei sistemi fotovoltaici divide i sistemi in base alla loro configurazione elettrica rispettivamente in:

- sistemi autonomi ("stand alone")
- sistemi connessi alla rete elettrica ("grid connected")

I sistemi connessi alla rete elettrica si dividono a loro volta in:

- Centrali fotovoltaiche
- Sistemi integrati negli edifici

Il diagramma seguente mostra le principali applicazioni dei dispositivi FV classificate secondo la potenza elettrica.



4.2. POTENZIALITÀ DEL FOTOVOLTAICO

La quantità di energia elettrica prodotta da un sistema fotovoltaico dipende da numerosi fattori:

- superficie dell'impianto
- posizione dei moduli FV nello spazio (angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale ed angolo di orientamento rispetto al Sud)
- valori della radiazione solare incidente nel sito di installazione
- efficienza dei moduli FV
- efficienza del BOS
- altri parametri (p.es. temperatura di funzionamento)

A titolo di esempio viene calcolata la quantità di energia elettrica mediamente prodotta dai sistemi fotovoltaici in un anno di funzionamento in Lombardia (Milano). Ai fini del calcolo si può ragionare indifferentemente per m² di pannelli o per unità di potenza installata (ad es. 1 kWp). Si ipotizza che i pannelli FV siano inclinati di 30° sull'orizzontale ed orientati verso Sud. Per l'efficienza dei moduli si è preso un valore conservativo di 12.5% (i moduli possono avere efficienze anche fino al 16 – 17%), mentre per quella del BOS un valore dell'85% (include l'efficienza dell'inverter ed altri fattori di perdita, come ad esempio le perdite nei cavi elettrici di collegamento).

Calcolo dell'energia elettrica mediamente prodotta in corrente alternata in un anno da 1 m² di moduli:

Insolazione media annua	X Efficienza moduli	X Efficienza del BOS	= Elettricità prodotta mediamente in un anno
1372.4 kWh/m ² anno	12,5%	85%	145.8 kWhel/m ² anno

Calcolo dell'energia elettrica in corrente continua mediamente prodotta in un anno da 1 kWp di moduli:

Insolazione media annua	X Efficienza moduli	X superficie occupata da 1 kWp di moduli	= Elettricità prodotta mediamente in un anno in corrente continua
1372.4 kWh/m ² anno	12,5%	8 m ²	1372.4 kWhel/kWp anno

Calcolo dell'energia elettrica in corrente alternata mediamente prodotta in un anno da 1 kWp di moduli:

Elettricità prodotta mediamente in un anno in corrente continua	X efficienza del BOS	= Elettricità prodotta mediamente in un anno in corrente alternata
1372.4 kWhel/kWp anno	85%	1167 kWhel/kWp anno

4.3. VANTAGGI AMBIENTALI

I vantaggi dei sistemi fotovoltaici sono la modularità, le esigenze di manutenzione ridotte (dovute all'assenza di parti in movimento), la semplicità d'utilizzo, e, soprattutto, un impatto ambientale estremamente basso. In particolare, durante la fase di esercizio, l'unico vero impatto ambientale è rappresentato dall'occupazione di superficie. Tali caratteristiche rendono la tecnologia fotovoltaica particolarmente adatta all'integrazione negli edifici in ambiente urbano. In questo caso, infatti, sfruttando superfici già utilizzate, si elimina anche l'unico impatto ambientale in fase di esercizio di questa tecnologia. I benefici ambientali ottenibili dall'adozione di sistemi FV sono proporzionali alla quantità di energia prodotta, supponendo che questa vada a sostituire dell'energia altrimenti fornita da fonti convenzionali.

Per produrre un chilowattora elettrico vengono bruciati mediamente l'equivalente di 2,56 kWh sotto forma di combustibili fossili e di conseguenza emessi nell'aria circa 0,53 kg di anidride carbonica (fattore di emissione del mix elettrico italiano alla distribuzione). Si può dire quindi che ogni kWh prodotto dal sistema fotovoltaico evita l'emissione di 0,53 kg di anidride carbonica.

Questo ragionamento può essere ripetuto per tutte le tipologie di inquinanti. Per quantificare il beneficio che tale sostituzione ha sull'ambiente è opportuno riferirsi ad un esempio pratico. Si consideri un impianto fotovoltaico installato sul tetto di un abitazione a Milano con una potenza di picco di 1 kWp (orientati a Sud con inclinazione 30°). L'emissione di anidride carbonica evitata in un anno si calcola moltiplicando il valore dell'energia elettrica prodotta dai sistemi per il fattore di emissione del mix elettrico. Per stimare l'emissione evitata nel tempo di vita dall'impianto è sufficiente moltiplicare le emissioni evitate annue per i 30 anni di vita stimata degli impianti. La tabella seguente riporta l'esempio di calcolo:

Emissioni evitate da un kWp di moduli nel tempo di vita degli impianti

Energia elettrica generata in c.a .in un anno	X Fattore del mix elettrico italiano	= Emissioni evitate in un anno	X Tempo di vita dell'impianto	= Emissioni evitate nel tempo di vita
1167.4kWhel/kWp	0,531kg CO2/kWhel	729kg CO2	30anni	18590kg CO2

INDAGINI SISMICHE INTEGRATIVE

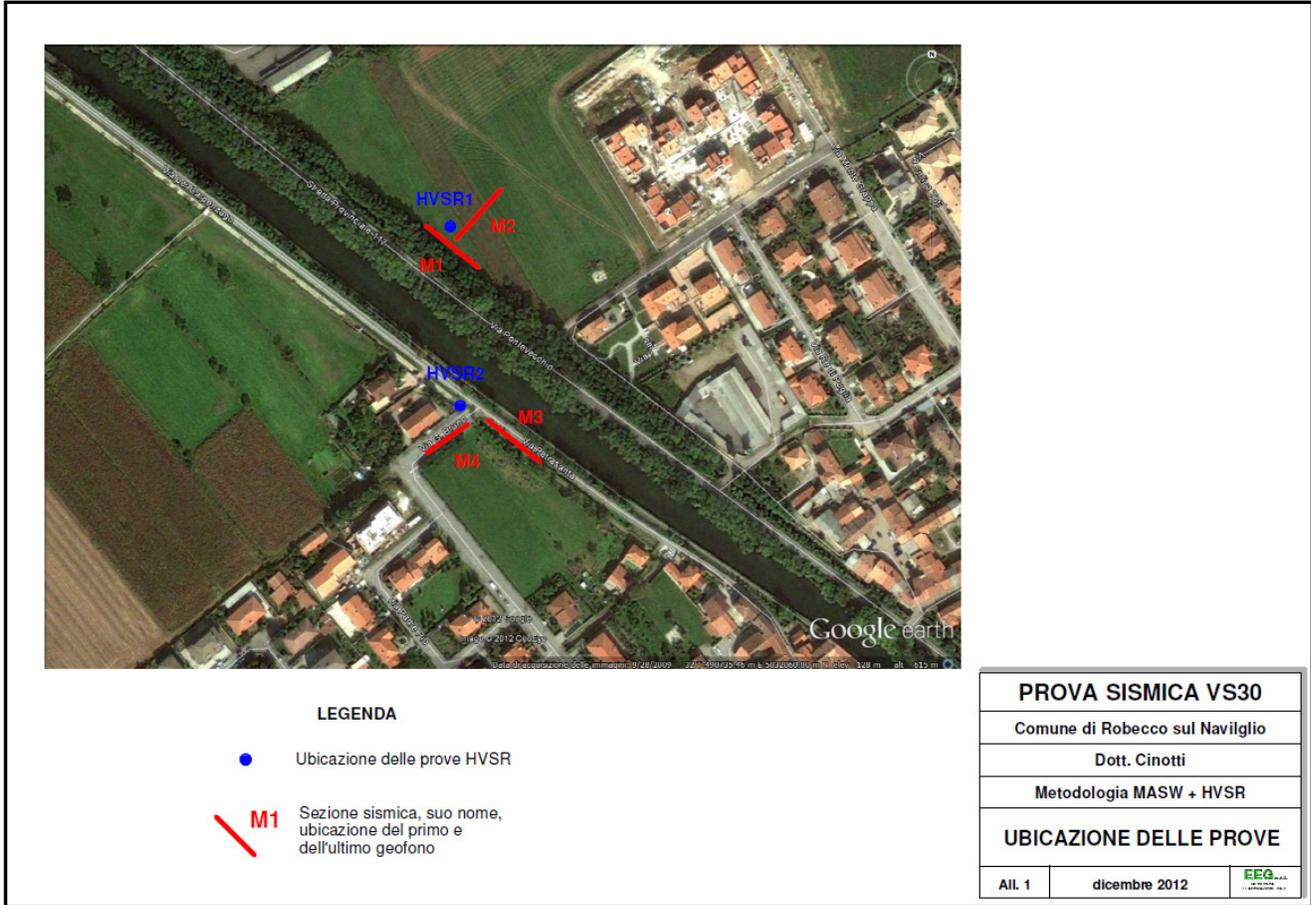


Figura 3 - Ubicazione indagini sismiche integrative

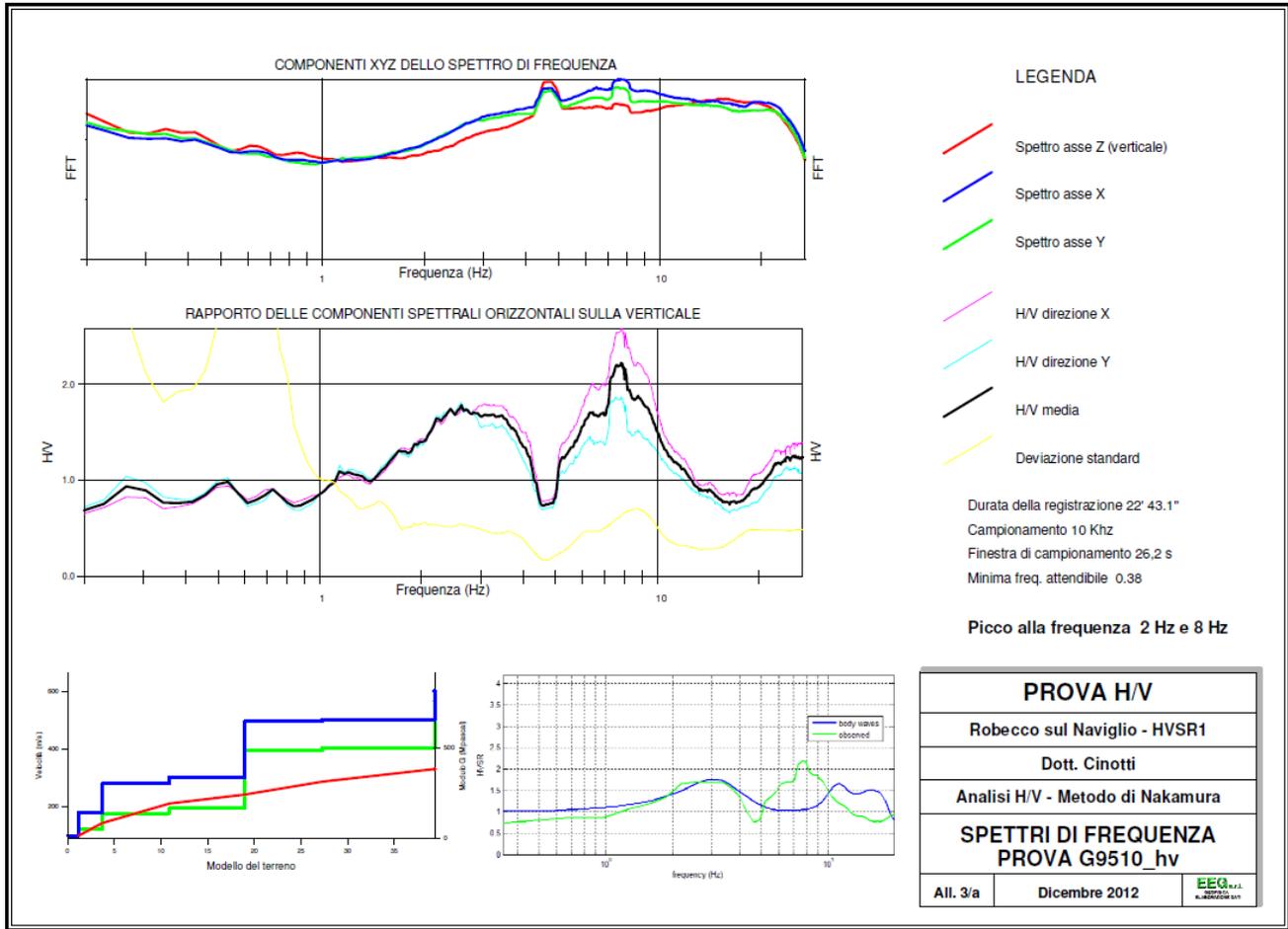


Figura 4 - Scheda risultati HVSR1

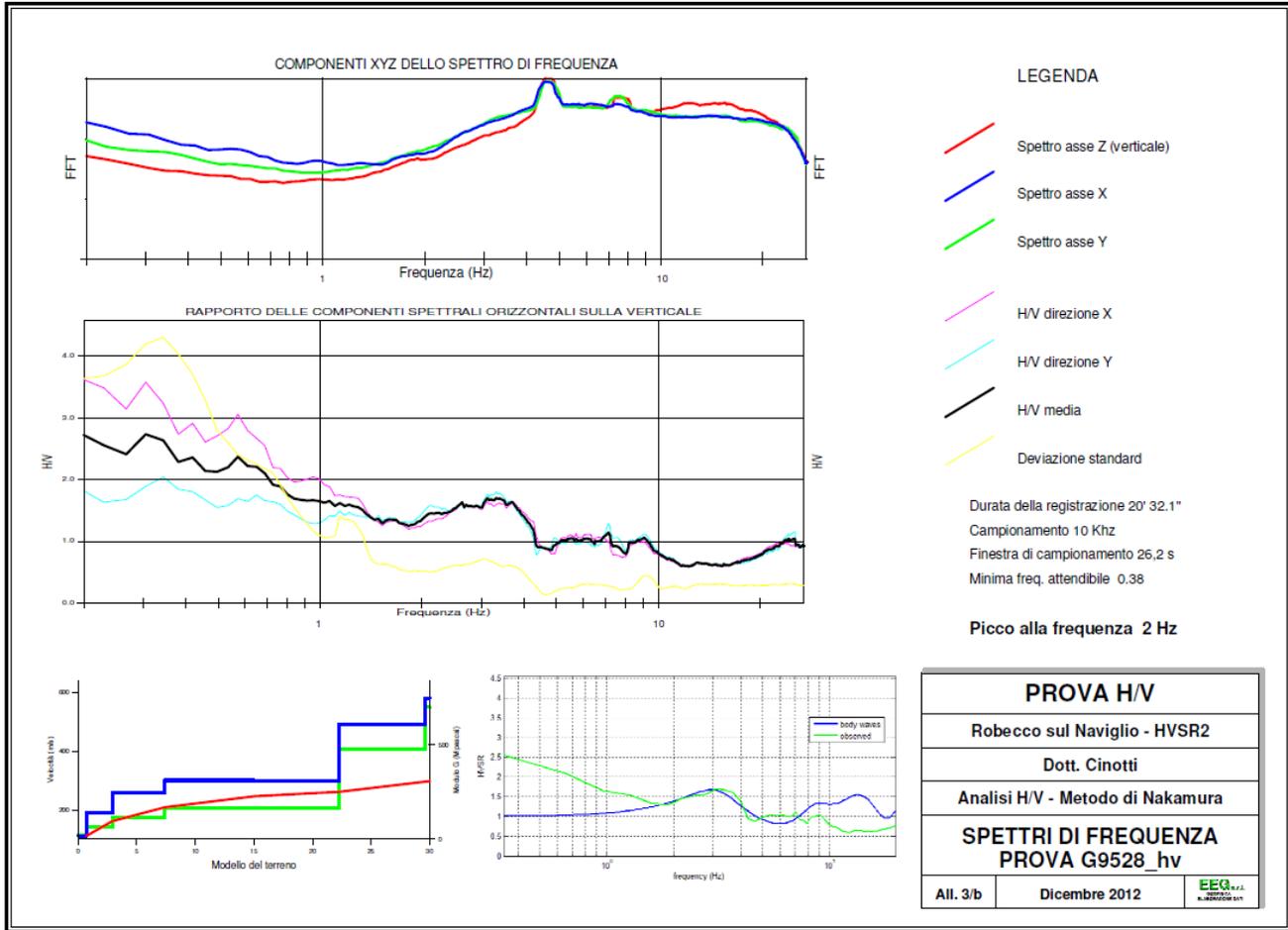


Figura 5- Scheda risultati HVSR1

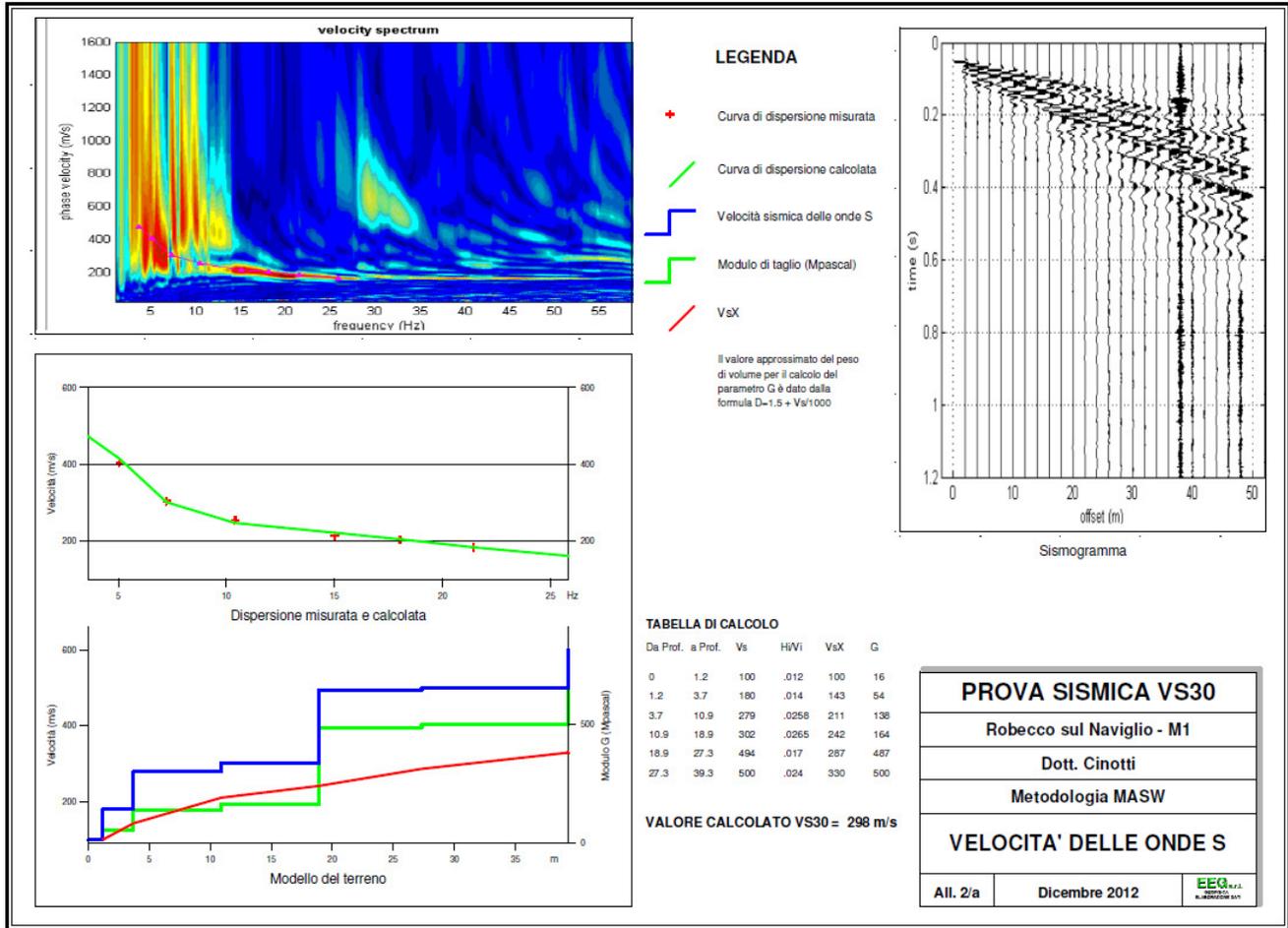


Figura 6 - Scheda risultati MASW - M1

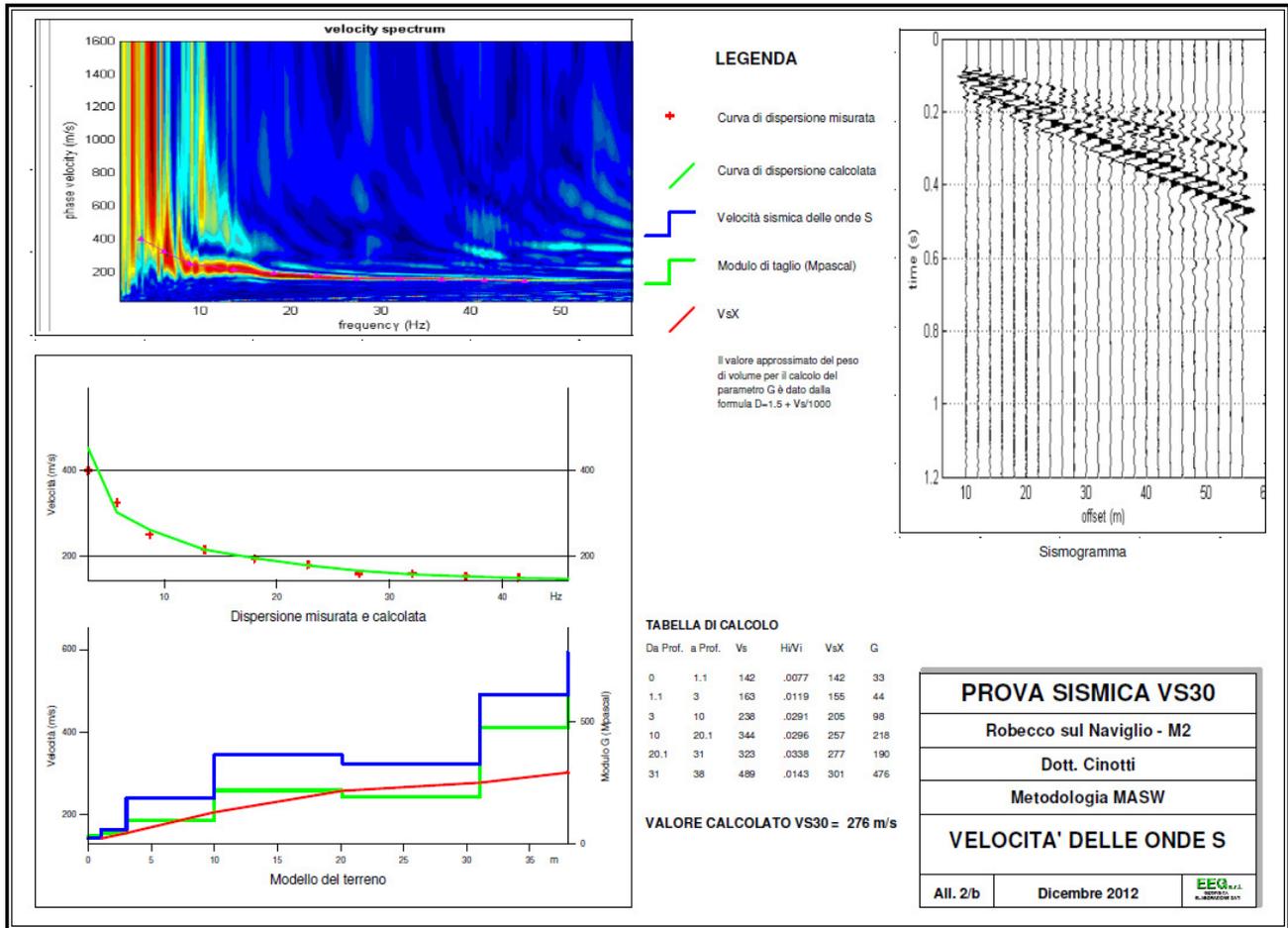


Figura 7 - Scheda risultati MASW - M2

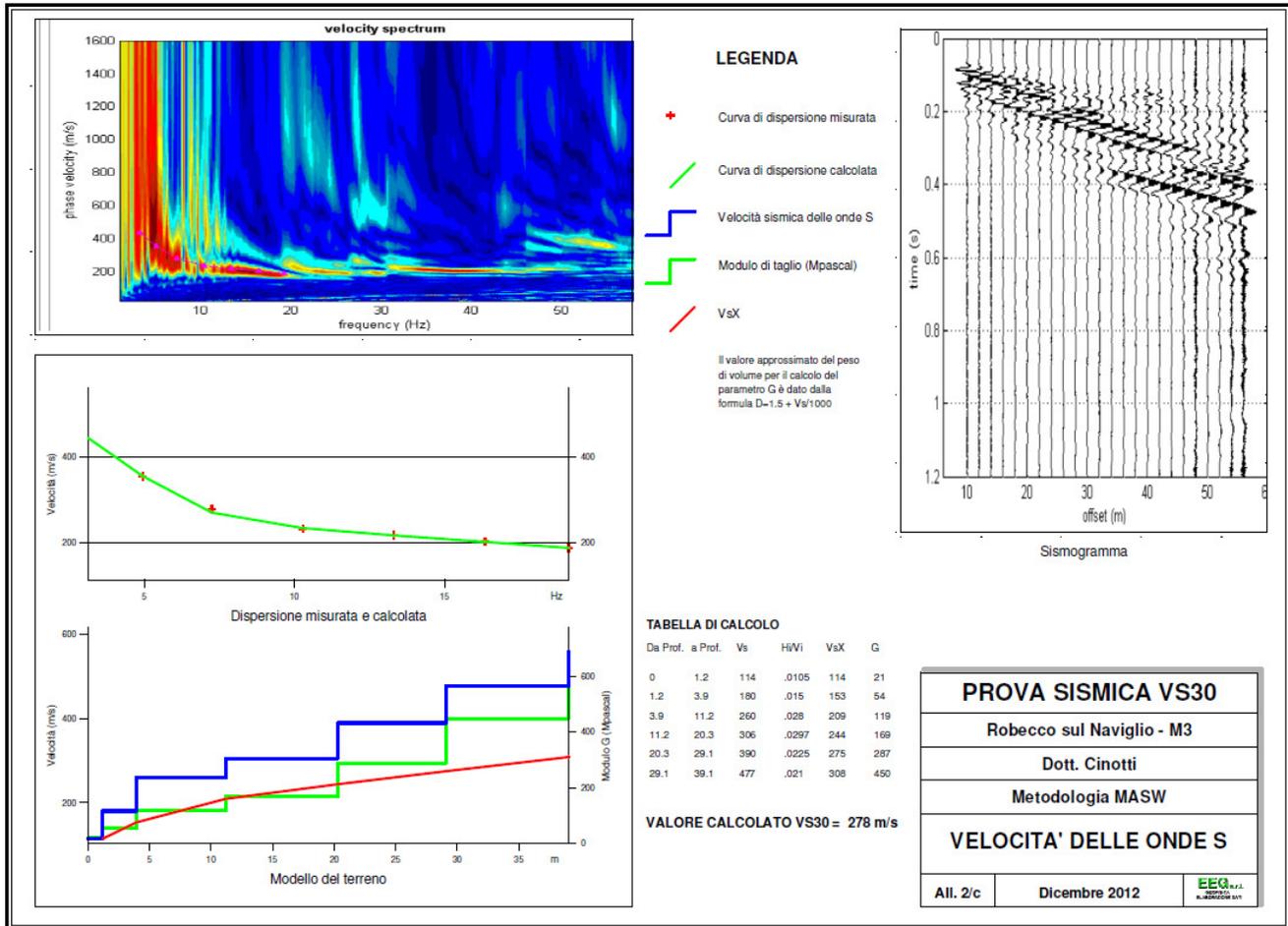


Figura 8 - Scheda risultati MASW - M3

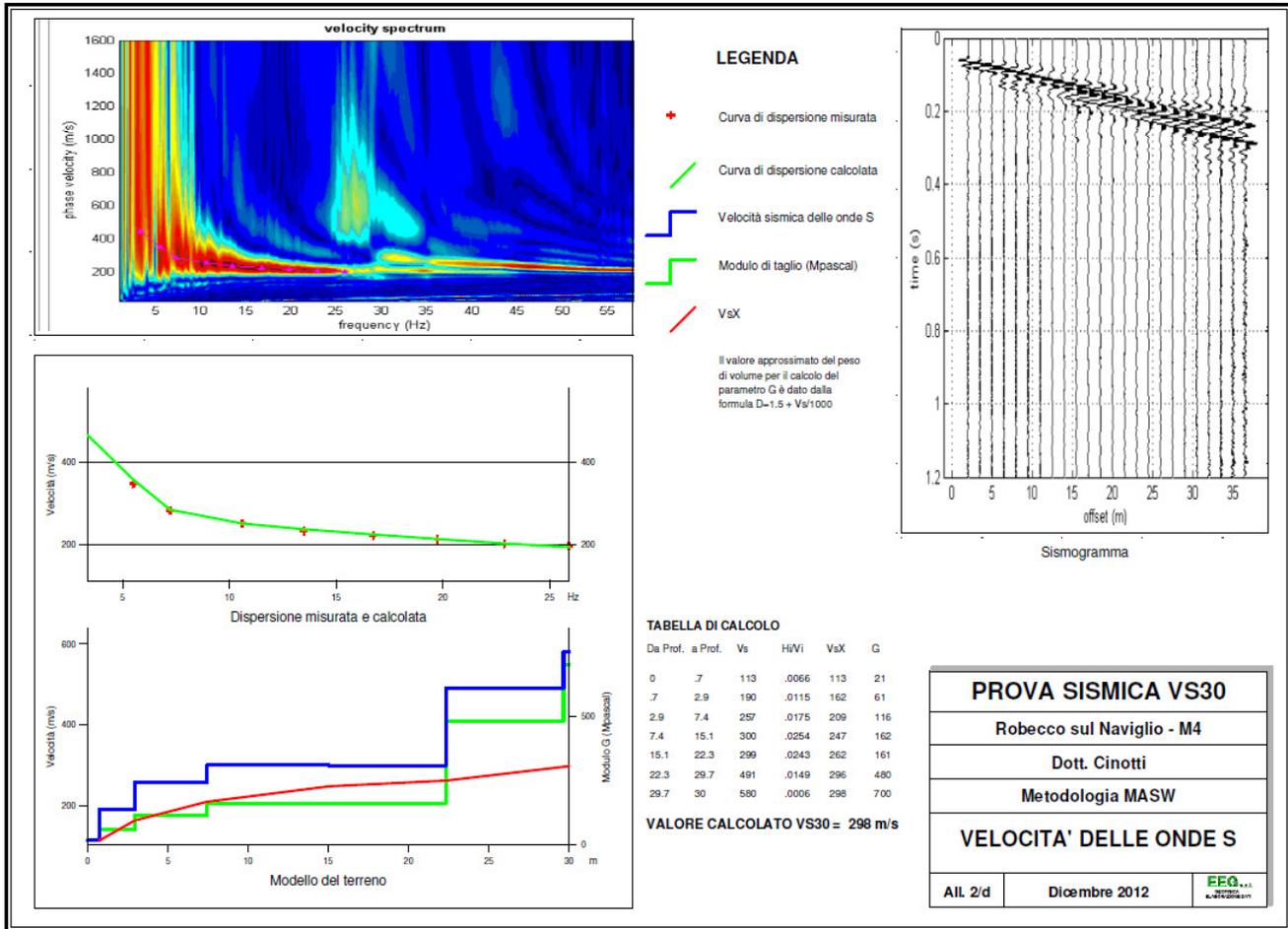


Figura 9 - Scheda risultati MASW - M4