



# Anas SpA

MI 10/12 - ACCESSIBILITA' VALTELLINA. LOTTO 1° - S.S.38 - VARIANTE DI MORBEGNO  
DALLO SVINCOLO DI FUENTES ALLO SVINCOLO DEL TARTANO  
II STRALCIO DALLO SVINCOLO DI COSIO ALLO SVINCOLO DI TARTANO



## PROGETTO COSTRUTTIVO

DITTA ESECUTRICE MON. AMB. ANTE OPERAM:



Responsabile di Contratto P. chim. Roberto Barboglio

IMPRESA APPALTATRICE:



DC: Geom. Mirco Negri  
RA: Dott. Francesco Tragna



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
ING. Anna Maria Nosari  
DIRETTORE DEI LAVORI  
ING. Marco Mutti

## PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE REPORT MONITORAGGIO AMBIENTALE CAMPAGNA ANTE OPERAM

CODICE PROGETTO		NOME FILE	PC_T00_M000_MOA_A001_A	REVISIONE	SCALA:	
PROGETTO	LIV. PROG. N. PROG.					
LO202H	E 1401	PC	T00	M000	MOA	A001
A	EMISSIONE REPORT MA ANTE OPERAM	SETT. 2015	Ing. L. Barberis	P.Chim. R.Barboglio	Cossi Costruzioni Spa	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

# SOMMARIO

1. Premessa.....	8
2. Componenti ambientali monitorate.....	9
3. Ambiente idrico superficiale.....	10
3.1 Fonti di interferenza/Punti campionamento.....	10
3.2 Rilievi in situ .....	12
3.2.1 Rilievi di portata .....	12
3.2.2 Risultati indagini speditive .....	12
3.3 Caratteristiche chimico/fisiche .....	14
3.3.1 Metodologie d'indagine.....	14
3.3.2 Risultati indagini di laboratorio .....	16
3.4 Indice Star_ICMi .....	17
3.4.1 Attribuzione dell'idrocoregione (HER) e del tipo fluviale .....	18
3.4.2 Definizione dell'area di campionamento .....	19
3.4.3 Definizione della superficie di campionamento .....	19
3.4.4 Campionamento multihabitat proporzionale .....	19
3.4.5 Risultati.....	21
3.5 Diatomee e Indice ICMi .....	25
3.5.1 Modalità di campionamento .....	26
3.5.2 Intercalibraton Common Metric Index .....	26
3.5.3 Attribuzione dell'idrocoregione (HER) e del tipo fluviale.....	27
3.5.4 Risultati.....	28
3.6 IFF.....	29
3.6.1 Primo tratto.....	34
3.6.2 Secondo tratto.....	35
3.6.3 Terzo tratto.....	36
3.6.4 Quarto tratto .....	37
3.6.5 Quinto tratto .....	38
3.6.6 Sesto tratto .....	39

3.6.7	Settimo tratto .....	40
3.6.8	Ottavo tratto .....	41
3.6.9	Nono tratto .....	42
3.6.10	Conclusioni .....	43
4.	Ambiente idrico sotterraneo.....	44
4.1	Ubicazione punti di campionamento.....	44
4.2	Messa in opera piezometri.....	47
4.2.1	Piezometro AIST_01 .....	47
4.2.2	Piezometro AIST 02 .....	51
4.2.3	Piezometro AIST 03 .....	54
4.2.4	Piezometro AIST 04.....	58
4.2.5	Caratterizzazione terreni di sondaggio: prove di permeabilità in situ .....	62
4.2.6	Caratterizzazione terreni di sondaggio: analisi granulometriche.....	64
4.3	Analisi chimico-fisiche acque sotterranee.....	65
4.3.1	Campionamento piezometri .....	65
4.3.2	Parametri chimico-fisico in situ.....	67
4.3.3	Parametri chimici determinati in laboratorio .....	68
5.	Atmosfera .....	73
5.1	Ubicazione punti di campionamento.....	73
5.2	Modalità di conduzione delle misure .....	77
5.3	Parametri rilevati e caratteristiche del laboratorio mobile .....	78
5.3.1	Strumentazione.....	78
5.3.2	Sensori Meteo .....	78
5.3.3	Parametri Chimici.....	79
5.3.4	Range analitico degli strumenti.....	80
5.4	Risultati dei parametri meteorologici .....	82
5.4.1	Postazione ATMO 01 .....	82
5.4.1.1	Temperatura .....	82
5.4.1.2	Umidità relativa e precipitazioni.....	82
5.4.1.3	Vento .....	83

5.4.1.4	Pressione atmosferica .....	84
5.4.1.5	Irraggiamento solare .....	85
5.4.1.6	Andamento parametri meteo.....	85
5.4.2	Postazione ATMO 02 .....	87
5.4.2.1	Temperatura .....	87
5.4.2.2	Umidità relativa e precipitazioni .....	88
5.4.2.3	Vento .....	89
5.4.2.4	Pressione atmosferica .....	90
5.4.2.5	Irraggiamento solare .....	90
5.4.2.6	Andamento parametri meteo.....	91
5.4.3	Postazione ATMO 03 .....	92
5.4.3.1	Temperatura .....	92
5.4.3.2	Umidità relativa e precipitazioni .....	93
5.4.3.3	Vento .....	94
5.4.3.4	Pressione atmosferica .....	95
5.4.3.5	Irraggiamento solare .....	96
5.4.3.6	Andamento parametri meteo.....	96
5.5	Risultati dei parametri chimici .....	98
5.5.1	Postazione ATMO 01 .....	98
5.5.1.1	Polveri (PM10 e PM2.5).....	98
5.5.1.2	Ossidi d'azoto .....	101
5.5.2	Postazione ATMO 02 .....	104
5.5.2.1	Polveri (PM10 e PM2.5).....	104
5.5.2.2	Ossidi d'azoto .....	107
5.5.3	Postazione ATMO 03 .....	110
5.5.3.1	Polveri (PM10 e PM2.5).....	110
5.5.3.2	Ossidi d'azoto .....	113
5.6	Conclusioni.....	116

6. Rumore .....	117
6.1 Ubicazione punti di campionamento .....	117
6.2 Limiti normativi di riferimento .....	118
6.2.1 Classificazione acustica del territorio .....	118
6.2.2 Limiti specifici per rumore da traffico stradale .....	122
6.3 Modalità di misura .....	124
6.3.1 Strumentazione di misura .....	124
6.3.1 Tipologia di misura .....	125
6.4 Validazione dei dati .....	126
6.5 Risultati di misura .....	127
6.5.1 RUMO_01 .....	127
6.5.2 RUMO_02 .....	129
6.5.3 RUMO_03 .....	130
6.5.4 RUMO_04 .....	131
6.5.5 RUMO_05 .....	133
6.5.6 RUMO_06 .....	134
7. Suolo.....	135
7.1 Ubicazione punti di campionamento.....	135
7.2 PEDO_01 .....	136
7.3 PEDO 02.....	139
7.4 PEDO 03.....	143
7.5 PEDO 04.....	146
7.6 PEDO 05.....	149
7.7 PEDO 06.....	156
7.8 Parametri chimici determinati in laboratorio .....	158
7.9 Risultati analisi di laboratorio .....	160
8. Vibrazioni .....	175
8.1 Ubicazione punti di campionamento.....	175
8.2 Limiti normativi di riferimento – Norma UNI 9614:1990 .....	175
8.3 Strumentazione di misura.....	177

8.4	Modalità di misura .....	177
9.	Vegetazione, flora e fauna .....	178
9.1	Descrizione generale dell'ambito territoriale di riferimento .....	179
9.1.1	Uso del suolo .....	179
9.1.2	Vegetazione .....	182
9.1.3	Fauna .....	183
9.2	Indagine tipo "A" – Mosaici di fitocenosi direttamente consumati dalle attività di cantiere.....	187
9.3	Indagine tipo "B" – Monitoraggio dello stato fitosanitario di singoli individui vegetali di pregio .....	188
9.4	Indagine tipo "C" – Analisi floristica per fasce campione .....	189
9.5	Indagine tipo "D" – Analisi delle comunità vegetali.....	190
9.6	Indagine tipo "E" – Analisi della fauna mobile terrestre .....	192
9.7	Indagine tipo "F" – Analisi quali-quantitativa delle comunità ornitiche.....	196
9.7.1	Area Faun02.....	198
9.7.2	Area Faun03.....	201
9.7.3	Area Faun04.....	204
9.7.4	Area Faun05.....	209
9.7.5	Area Faun06.....	212
9.8	Indagine tipo "G" – Analisi dei popolamenti ittici.....	215
9.8.1	Metodi.....	215
9.8.2	Descrizione dei siti di indagine .....	215
9.8.3	Risultati dei campionamenti .....	222
9.9	Bibliografia .....	224
10.	Sistema informativo territoriale.....	225

# ALLEGATI

## 1. Schede monografiche punti di monitoraggio

### ACQUE SOTTERRANEE

2. Schede campionamento AIST
3. Certificati di analisi AIST

### ACQUE SUPERFICIALI

4. Certificati di analisi AISU
5. Schede indice STAR\_ICMi
6. Schede indice ICMi
7. Schede di campo IFF

### ATMOSFERA

8. Schede di restituzione ATMO
9. Certificati di analisi ATMO
10. Certificati di taratura strumentazione di misura ATMO

### RUMORE

11. Schede di restituzione RUMO
12. Certificato strumentazione di misura RUMO

### SUOLO

13. Certificati di analisi PEDO

### VIBRAZIONI

14. Schede di restituzione VIBR
15. Certificati strumentazione misura VIBR

## 1. Premessa

La presente relazione documenta le attività di monitoraggio e controllo ambientale relativamente alla fase ANTE-OPERAM dei lavori di costruzione della *S.S. 38 - Variante di Morbegno dallo svincolo di Fuentes allo svincolo del Tartano - secondo stralcio dallo svincolo di Cosio allo svincolo di Tartano*.

Il riferimento documentale è costituito dal Progetto di Monitoraggio Ambientale - Progetto operativo (PC\_T00\_M000\_M0A\_RE01\_B aprile 2015).

Il documento ha subito aggiustamenti e correzioni successive, di natura esecutiva, che non modificano la natura del monitoraggio.

Il Progetto di Monitoraggio Ambientale prevede tre fasi temporali articolate come segue:

- Monitoraggio ante -operam.  
Si pone l'obiettivo di fornire una fotografia dell'ambiente prima degli eventuali disturbi generati dalla realizzazione dell'opera. Si conclude prima delle attività interferenti con la componente ambientale.
- Monitoraggio in corso d'opera  
Riguarda il periodo di realizzazione dell'infrastruttura, dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento e ripristino dei siti. Il monitoraggio di ciascuna componente, in termini di attivazione e durata, è strettamente legato allo stato di avanzamento lavori e alla durata effettiva delle attività.
- Monitoraggio post operam  
Comprende le fasi di pre-esercizio ed esercizio dell'opera con inizio dopo il completo smantellamento e ripristino delle aree di cantiere.

Allo stato attuale è stato completato il monitoraggio ante-operam, di seguito illustrato.



## 2. Componenti ambientali monitorate

Il Monitoraggio Ante Operam comprende l'insieme dei controlli di parametri fisici, chimici e biologici nelle varie componenti potenzialmente interessate dalla realizzazione dell'opera e di seguito elencate.

Componente ambientale	Punti monitorati
AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE	AISU 01, AISU 02, AISU 03, AISU 04, AISU 05, AISU 06, AISU 07, AISU 08, AISU 09
AMBIENTE IDRICO SOTTERRANEO	AIST 01, AIST 02, AIST 03, AIST 04
ATMOSFERA	ATMO 01, ATMO 02, ATMO 03
RUMORE	RUMO 01, RUMO 02, RUMO 03, RUMO 04, RUMO 05, RUMO 06
SUOLO	PEDO 01, PEDO 02, PEDO 03, PEDO 04, PEDO 05, PEDO 06
VIBRAZIONI	VIBR 01
VEGETAZIONE E FLORA	VEGE 01, VEGE 02, VEGE 03, VEGE 04, VEGE 05
FAUNA	FAUN 01_1, FAUN 01_2, FAUN 02, FAUN 03, FAUN 04, FAUN 05, FAUN 06, FAUN 07_1, FAUN 07_2

In allegato 1 sono riportate le schede monografiche di ogni punto contenenti:

- Identificativo
- Coordinate geografiche e UTM
- Breve Descrizione
- Estratto cartografico
- Documentazione fotografica

Si specifica che i riferimenti normativi per ciascuna componente sono quelli riportati nel PMA approvato.

### 3. Ambiente idrico superficiale

Il monitoraggio della componente si pone l'obiettivo di definire le condizioni esistenti e le caratteristiche dei corsi d'acqua in condizioni indipendenti dalla realizzazione dell'opera, in modo da fornire gli elementi utili a identificare gli eventuali interventi per il ripristino delle condizioni originali, nel caso in cui si verificassero mutamenti delle stesse in corso d'opera.

Nel corso di questa indagine sono state effettuate analisi di tipo chimico-fisico e microbiologiche estese ad un elevato numero di parametri, di seguito dettagliate:

- Analisi in sito di parametri fisici
- Analisi in laboratorio dei parametri chimico-fisico e microbiologici
- Analisi comunità macrobentonica con indice STAR-ICMi
- Studio dell'ambiente fluviale in relazione al territorio circostante con indice di funzionalità fluviale (I.F.F.)

#### 3.1 Fonti di interferenza/Punti campionamento

I punti di monitoraggio sono ubicati nei seguenti corsi d'acqua:

- Torrente Orobia, che sarà attraversato dall'omonimo ponte ad unica campata. I lavori che si prevedono in corrispondenza del torrente attengono alla costruzione delle spalle, che sono fondate su fondazioni profonde costituite da pali della lunghezza di circa 15 m, e dell'impalcato.
- Confluenza Adda-Bitto, interessata dalla costruzione del viadotto Adda-Bitto a tre campate, le cui pile-spalle poggiano su fondazioni profonde fino a 40 m, dalla sistemazione idraulica delle sponde del torrente Bitto, dalla realizzazione di una viabilità provvisoria di cantiere in destra idraulica al fiume Adda.
- Torrente Tovate, attraversato da un nuovo ponte ad unica campata. I lavori che si svolgeranno nei pressi del torrente inseriscono proprio la costruzione dell'opera e cioè realizzazione delle spalle che fondano su pali profondi 10 m e varo dell'impalcato.
- Fiume Adda, interessato dalla costruzione del ponte Talamona ad unica campata, le cui spalle poggiano su fondazioni su pali della profondità di 30 m, e dalla realizzazione di un guado provvisorio con tubi armco.

I punti di monitoraggio sono tutti situati a monte e a valle degli attraversamenti dei corsi d'acqua, al fine di valutare l'inquinamento eventualmente generato dalla realizzazione dell'opera.

Tabella 3.1 - ubicazione effettiva punti di monitoraggio AISU

ID PUNTO	Corso d'acqua	Ubicazione	Coordinate geografiche	Variazioni ubicazione rispetto a PMA
AISU 01	Torrente Orobias	Valle Ponte Orobias	46°08'19,17" N 9°32'37,32" E	Coincidente
AISU 02	Torrente Orobias	Monte Ponte Orobias	46°08'1783" N 9°32'39,58" E	Coincidente
AISU 03	Confluenza Adda-Bitto su fiume Adda	Valle Viadotto Adda Bitto	46°08'41,56" N 9°33'24,24" E	Coincidente
AISU 04	Confluenza Adda-Bitto su torrente Bitto	Monte Viadotto Adda Bitto	46°08'41,56" N 9°33'24,24" E	Coincidente
AISU 05	Fiume Adda a monte della confluenza con Torrente Bitto	Monte Viadotto Adda Bitto	46°08'41,67" N 9°33'38,36" E	Coincidente
AISU 06	Torrente Tovate	Monte Ponte Tovate	46°08'52,62" N 9°35'36,99" E	Coincidente
AISU 07	Torrente Tovate	Valle Ponte Tovate	46°08'22,47" N 9°35'39,02" E	Coincidente
AISU 08	Fiume Adda	Valle viadotto Talamona	44°09'03,91" N 9°37'51,33" E	Coincidente
AISU 09	Fiume Adda	Monte Viadotto Talamona	46°09'12,16" N 9°37'56,66" E	Coincidente

## 3.2 Rilievi in situ

### 3.2.1 Rilievi di portata

Il Piano di Monitoraggio approvato prevede la misura della portata per i punti siti lungo il torrente Orobio (AISU01/02) e lungo il torrente Tovate (AISU 06/07), in quanto per i restanti punti tale misura sarebbe di difficile esecuzione.

Il metodo di misurazione della portata prescelto è stato quello delle verticali progressive: le misurazioni sono state eseguite con l'utilizzo di correntometro a tecnologia doppler.

Si riporta di seguito il risultato ottenuto per il torrente Orobio.

**Tabella 3.2 – risultati portate AISU 01, AISU 02**

Punto di misura	Data	Profondità Max	Profondità Media	Larghezza	Portata mc/s
AISU 01	21/01/15	0,2	0,2	4	0,2
AISU 02	21/01/15	0,2	0,2	4	0,2

Si riporta di seguito il risultato ottenuto per il torrente Tovate.

**Tabella 3.3 – risultati portate AISU 06, AISU 07**

Punto di misura	Data	Profondità Max	Profondità Media	Larghezza	Portata mc/s
AISU 06	21/01/15	0,15	0,1	0,9	0,008
AISU 07	21/01/15	0,15	0,1	0,9	0,008

### 3.2.2 Risultati indagini speditive

Gli strumenti utilizzati in campo sono stati i seguenti:

- Sonda portatile modello WTW 3410 set. 5 per la misurazione del ossigeno disciolto, temperatura e potenziale redox
- Sonda portatile modello Ponsel Actéon 3000 per la conducibilità
- Misuratore di velocità modello SIM Strumenti FL530

Tabella 3.4 – metodi di riferimento misure in campo

PARAMETRO MISURATO IN CAMPO	UNITA' DI MISURA	METODO DI RIF.
pH	–	APAT CNR IRSA 2060 A Man 29 2003
Temperatura	°C	APAT CNR IRSA 2100 B Man 29 2003
Ossigeno disciolto	% e mg/l	APAT CNR IRSA 4120 B Man 29 2003
Potenziale redox	mV	APHA 2580 B/05
Conducibilità	µS/cm	APAT CNR IRSA 4120 B Man 29 2003

Tabella 3.5 – risultati parametri in situ

ACQUE SUPERFICIALI – DATI RILIEVO IN ANTE OPERAM – GENNAIO 2015										
		AISU 01	AISU 02	AISU 03	AISU 04	AISU 05	AISU 06	AISU 07	AISU 08	AISU 09
PARAMETRI	T° est. (°C)	6,8	6,8	6,50	6,8	6,7	7,2	7,6	7,0	7,00
	T°H <sub>2</sub> O (°C)	3,1	3,0	4,3	4,0	5,2	4,4	4,7	4,77	4,84
	Ph	7,35	7,25	7,22	7,96	7,10	7,05	7,13	7,20	7,12
	Pot.Redox (mV)	244	234	220	178	233	237	233	233	238
	O <sub>2</sub> disciolto (mg/l)	13,48	13,59	13,07	13,33	12,57	12,87	12,49	12,64	12,59
	Valore di saturazione O <sub>2</sub> (mg/l)	13,12	13,12	12,79	12,79	12,47	12,79	12,47	12,47	12,47
	O <sub>2</sub> disciolto (%)	102	103	102	104	100	100	100	101	100
Conducibilità (µS/cm)	26,01	25,90	89,20	45,10	153,10	72,70	71,20	166,30	164,90	

I livelli di ossigeno disciolto presente nei punti di campionamenti sono stati sia misurati in campo mediante un ossimetro, dando una misura in mg/l, ma anche calcolati successivamente come percentuale di saturazione, dando quindi una misura in percentuale (rapporto tra concentrazione di ossigeno rilevata e concentrazione massima di ossigeno presente nelle condizioni ambientali analizzate). Paragonando i due dati è più semplice caratterizzare le diverse acque.

Il valore di saturazione viene calcolato considerando due fattori determinanti per la solubilità dell'ossigeno in acqua, ossia la temperatura e la pressione atmosferica. La temperatura dell'acqua è stata rilevata in sede di campionamento, mentre la pressione atmosferica si recepisce dal monitoraggio per la componente atmosfera (ATMO02 - 740 mmHg).

Facendo quindi il rapporto tra l'ossigeno misurato rispetto al livello di saturazione si ottiene una percentuale di ossigenazione, considerata solitamente eccellente per valori tra il 90 e il 100%. Non è raro tuttavia trovare percentuali superiori al 100%, infatti nei torrenti montani le concentrazioni di ossigeno disciolto si aggirano tra i 7 e i 15 mg/l, sempre in funzione della T e della Pressione, ma esistono tuttavia altri fattori che possono incidere sul livello di ossigenazione, quali la turbolenza (come per la maggior parte dei nostri punti presi in esame), l'azione del vento e delle onde, la presenza di vegetazione algale e l'azione dell'uomo, inteso come utilizzo o scarico.

Considerando i punti di fiume analizzati possiamo concludere che tutti hanno un livello di ossigeno disciolto eccellente, sia per l'assenza di fattori esterni quali l'utilizzo idrico, la presenza di scarichi industriali (che potrebbero aumentando la temperatura dell'acqua, diminuire la solubilità dell'ossigeno) sia per fattori morfologici, quali la turbolenza.

### 3.3 Caratteristiche chimico/fisiche

#### 3.3.1 Metodologie d'indagine

Nella seguente tabella si riportano i parametri previsti nel PMA e ricercati nel Monitoraggio Ante Opera con i riferimenti metodologici utilizzati e le rispettive unità di misura.

**Tabella 3.6 - prove chimiche previste in laboratorio e metodica corrispondente**

DESCRIZIONE	UNITA' DI MISURA	METODICA ANALITICA
Alcalinità come Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	mg/l	APAT CNR IRSA 2010B Man 29 2003
Alluminio	µg/l	EPA 6020 A 2007
Arsenico	µg/l	EPA 6020 A 2007
Azoto Ammoniacale (come N)	mg/l	APAT CNR IRSA 4030B Man 29 2003
Azoto nitrico (come N)	mg/l	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003

DESCRIZIONE	UNITA' DI MISURA	METODICA ANALITICA
Azoto nitroso (come N)	mg/l	APAT CNR IRSA 4050 Man 29 2003
Azoto totale	mg/l	APAT CNR IRSA 4060 Man 29 2003
Cadmio	µg/l	EPA 6020 A 2007
Cloruri	mg/l	APAT CNR IRSA 7030F Man 29 2003
Cromo	µg/l	EPA 6020 A 2007
Cromo esavalente	µg/l	APAT CNR IRSA 3150C Man 29 2003
Durezza totale (come CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	APAT CNR IRSA 2010B Man 29 2003 (escluso campionamento al par. 4)
Ferro	µg/l	EPA 6020 A 2007
Fosforo totale (come P)	µg/l	APAT CNR IRSA 4110A2 Man 29 2003
Idrocarburi totali	µg/l	APAT CNR IRSA 5160B2 Man 29 2003
Mercurio	µg/l	EPA 7473 2007
Nichel	µg/l	EPA 6020 A 2007
Ortofosfato (come P)	mg/l	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Piombo	µg/l	EPA 6020 A 2007
Rame	µg/l	EPA 6020 A 2007
Richiesta biochimica di ossigeno (BOD 5)(>10mg/l)	mg/l	CA PO6 03 2012 rev.7 (rif. metodo 5120B2 APAT CNR IRSA Man 29 2003)
Richiesta chimica di ossigeno (COD)	mg/l	APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003
Solfati	mg/l	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Solidi sospesi totali	mg/l	APAT CNR IRSA 2090B Man 29 2003
Tensioattivi anionici MBAS	mg/l	APAT CNR IRSA 5170 Man 29 2003
Tensioattivi non ionici TAS	mg/l	UNI 10511-1:1996 + A1:2000
Zinco	µg/l	EPA 6020 A 2007
Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	APAT CNR IRSA 4110A2 Man 29 2003

### 3.3.2 Risultati indagini di laboratorio

Nella seguente tabella sono riportati i risultati delle analisi effettuate presso il laboratorio di Consulenze Ambientali SpA. I campionamenti sono stati eseguiti in data 21/01/2015.

Tabella 3.7 - risultati analisi chimiche

NACCETTAZIONE1		543	544	545	546	547	548	549	550	551
DESCRIZIONECAMPIONE		AISU 01	AISU 02	AISU 03	AISU 04	AISU 05	AISU 06	AISU 07	AISU 08	AISU 09
Alcalinità come Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	mg/l	64,8	81	145,8	129,6	226,8	145,8	145,8	259,2	259,2
Alluminio	µg/l	10,5	9,2	14,1	8,1	10,8	18,3	18,1	13,4	15,3
Arsenico	µg/l	1	1,1	2,2	0,6	4,9	< 0,5	< 0,5	5,7	5,6
Azoto Ammoniacale (come N)	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
Azoto nitrico (come N)	mg/l	< 0,5	< 0,5	0,7	< 0,5	0,9	1,1	0,9	0,7	0,7
Azoto nitroso (come N)	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Azoto totale	mg/l	2,9	2,5	2,8	2,6	10	16	2,4	3	3,8
Cadmio	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cloruri	mg/l	< 1	3	4	1	3	3	3	2	2
Conta Escherichia coli	UFC/100 ml	200	400	900	100	900	< 100	< 100	900	200
Cromo	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cromo esavalente	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Durezza totale (come CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	16	16	20	24	86	41	33	94	90
Ferro	µg/l	< 5	6,7	15,7	< 5	26,6	9,8	11,2	43,4	48,8
Fosforo totale (come P)	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Idrocarburi totali	µg/l	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250	< 250
Mercurio	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Nichel	µg/l	0,8	0,6	1,6	1,4	2,1	0,5	0,5	2,7	2,4



NACCETTAZIONE1		543	544	545	546	547	548	549	550	551
DESCRIZIONECAMPIONE		AISU 01	AISU 02	AISU 03	AISU 04	AISU 05	AISU 06	AISU 07	AISU 08	AISU 09
Ortofosfato (come P)	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Piombo	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,1	< 0,5
Rame	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Richiesta biochimica di ossigeno (BOD5)(>10mg/l)	mg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Richiesta chimica di ossigeno (COD)	mg/l	< 5	5	5	< 5	5	< 5	5	< 5	< 5
Solfati	mg/l	4	5	15	10	26	7	8	31	31
Solidi sospesi totali	mg/l	2	< 2	2	< 2	3	2	3	4	4
Tensioattivi anionici MBAS	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Tensioattivi non ionici TAS	mg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Zinco	µg/l	13,3	17,5	31,2	34,9	37,2	23,1	12	22,6	25,1

Dalle analisi riportate è evidente la buona qualità dei corsi d'acqua oggetto di analisi.

### 3.4 Indice Star\_ICMi

La normativa attuale dello stato italiano (D.Lgs. 152/2006 e successivo D. Lgs. 260/2010) recepisce la direttiva 2000/60/EC (Direttiva Quadro sulle Acque (Water Framework Directive)) e fornisce specifiche indicazioni sulla messa a punto del sistema di valutazione del monitoraggio biologico dei corsi d'acqua. L'adeguamento alle richieste della direttiva europea ha portato alla messa a punto di un nuovo sistema di classificazione dei fiumi denominato MacroOper (Buffagni-Belfiore) il quale, a differenza del metodo IBE precedentemente adottato, prevede un campionamento di tipo multihabitat proporzionale e l'applicazione dell'indice STAR\_ICMi (Standardization of River Classification-Intercalibration Common Metric Index), indice multimetrico per il cui calcolo vengono combinate sei metriche riconducibili alle categorie generali di tolleranza, abbondanza/habitat e diversità/ricchezza.

Tale metodo esprime lo stato ecologico di un corso d'acqua in termini di Ecological Quality Ratio (EQR). I valori osservati per un dato sito vengono quindi confrontati con quelli corrispondenti a condizioni di riferimento predefinite (riportate nell'Appendice dell'Allegato 1 del D.Lgs. 260/2010) al fine di formulare un giudizio sullo stato ecologico del sito esaminato.

La procedura può essere schematizzata in diverse fasi che vengono di seguito descritte.

### 3.4.1 Attribuzione dell'idroecoregione (HER) e del tipo fluviale

Per prima cosa al corso d'acqua in esame viene attribuita la relativa idroecoregione di appartenenza (HER) come previsto dalla Direttiva 2000/60/EC. Le idroecoregioni sono zone che presentano al loro interno una limitata variabilità per le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche delle acque e l'attribuzione della corretta HER è di fondamentale importanza perché definisce le condizioni di riferimento con cui confrontare i risultati nei punti campionati.

L'analisi della comunità macrobentonica è stata effettuata in 4 punti sul Fiume Adda e in un punto sul Torrente Bitto.

Il **fiume Adda**, nel tratto in esame, appartiene all'idroecoregione 3 Alpi centro-orientali ed è incluso nella tipologia fluviale codificata secondo il sistema MacrOper 03SS3N (03= Idroecoregione, SS= scorrimento superficiale su substrato calcareo, 3 corso d'acqua medio (lunghezza 69 Km), N= nessuna influenza bacino di monte).

Il **torrente Bitto** appartiene all'idroecoregione 3 Alpi centro-orientali ed è incluso nella tipologia fluviale codificata secondo il sistema MacrOper 03SS2N (03= Idroecoregione, SS= scorrimento superficiale su substrato calcareo, 2 corso d'acqua piccolo (lunghezza < 25 Km), N= nessuna influenza bacino di monte).



Fig. 3.2 Idroecoregioni individuate sul territorio Italiano

### 3.4.2 Definizione dell'area di campionamento

Il campionamento prevede la raccolta di macrobenthos in uno dei mesohabitat contigui che caratterizzano i tratti medi dei corsi d'acqua cioè le pozze (pool) o i raschi (riffle). Nei piccoli corsi d'acqua, dove la sequenza riffle/pool non è riconoscibile, è sufficiente effettuare un campionamento detto generico in un tratto rappresentativo del torrente.

### 3.4.3 Definizione della superficie di campionamento

Secondo il metodo MacrOper il campionamento deve essere effettuato su una superficie complessiva di 1mq (o 0,5mq), derivante dalla raccolta di 10 unità di campionamento per ciascuna area pari a 0,1mq (o 0,05mq). Le dimensioni della superficie dipendono dall'idroecoregione di appartenenza. Nel presente lavoro (HER 3) la superficie di una singola unità di campionamento è stata in tutti i casi di 0,1mq mentre la superficie totale ammontava a 1mq.

### 3.4.4 Campionamento multihabitat proporzionale

La fase successiva del campionamento è rappresentata dal riconoscimento e dalla quantificazione dei microhabitat presenti nel sito. I microhabitat sono contenuti in una lista standard che definisce substrati minerali, catalogati in base alla granulometria del substrato dominante, e substrati biotici, che comprendono varie categorie di substrato quali per esempio macrofite acquatiche, detrito fogliare, parti vive di piante terrestri e alghe. Per ogni area di campionamento si effettua una stima dei microhabitat presenti, a step del 10% e si raccolgono in totale 10 unità di campionamento. Ciascun 10% corrisponderà pertanto ad una unità di campionamento. Eventuali microhabitat presenti con percentuale inferiore al 10% devono essere registrati come presenti. Per la definizione delle percentuali di occorrenza dei microhabitat, il substrato minerale e quello biotico devono essere considerati come un unico layer. La somma di tutti gli habitat registrati (minerali e biotici) deve dare 100%.

Se il substrato minerale è ricoperto totalmente o quasi da formazioni biotiche o da un sottile strato di materiale fine inorganico o organico, ciò deve essere segnalato sulla scheda di campo (nell'apposito riquadro). In tal caso si procederà all'allocazione delle unità di campionamento in relazione all'occorrenza dei microhabitat minerali sottostanti.

Si riporta la lista completa dei microhabitat relativi al campionamento del macrobenthos:

Microhabitat	Dimensioni (minerali)*	Code (IT)	Description	
Mineral microhabitats	Limo/Argilla	<6 $\mu$	ARG	Substrati limosi, anche con importante componente organica, e/o substrati argillosi composti da materiale di granulometria molto fine che rende le particelle che lo compongono adesive, compattando il sedimento, fino a comporre talvolta una superficie solida.
	Sabbia	6 $\mu$ - 2 mm	SAB	Sabbia fine e grossolana.
	Ghiala	0.2 - 2 cm	GHI	Ghiala e sabbia grossolana (con predominanza di ghiala).
	Microlithal	2 - 6 cm	MIC	Pietre piccole.
	Mesolithal	6 - 20 cm	MES	Pietre di medie dimensioni.
	Macrolithal	20 - 40 cm	MAC	Pietre grossolane della dimensione massima di un pallone da rugby.
	Megalithal	>40 cm	MGL	Pietre di grosse dimensioni, massi, substrati rocciosi di cui viene campionata solo la superficie.
	Artificiale (e.g. cemento)		ART	Cemento e tutti i substrati immessi artificialmente nel fiume.
	Igropetrico		IGR	Sottile strato d'acqua su substrato solido generalmente ricoperto di muschi.
*Le dimensioni indicate si riferiscono all'asse intermedio				
Biotic microhabitats	Algne		AL	Principalmente alghe filamentose; anche diatomee o altre alghe in grado di formare spessi feltri porosi
	Macrofite sommerse		SO	Macrofite acquatiche sommerse. Sono da includere nella categoria anche muschi, Characaceae etc.
	Macrofite emergenti		EM	Macrofite emergenti radicate in alveo (e.g. <i>Typha</i> , <i>Carex</i> , <i>Phragmites</i> etc.).
	Parti vive di piante terrestri		TP	Radici fluitanti di vegetazione riparia (e.g. radici di ontani).
	Xylal		XY	Materiale legnoso grossolano e.g. rami, legno morto, radici (diametro pari almeno a 10cm).
	CPOM		CP	Deposito di materiale organico particellato grossolano (foglie, rametti).
	FPOM		FP	Deposito di materiale organico particellato fine.
	Film batterici		BA	Funghi e sapropel (e.g. <i>Sphaerotilus</i> , <i>Leptomyxus</i> ), solfobatteri (e.g. <i>Beggiatoa</i> , <i>Thiotrix</i> ).

Fig. 3.3 Lista microhabitat

Il sito campionato deve essere rappresentativo di un tratto più ampio del fiume in esame, se possibile, dell'intero corpo idrico. Il campionamento inizia nel punto più a valle dell'area oggetto d'indagine e prosegue verso monte, in modo da non disturbare gli habitat che via via vengono campionati. Nel caso di utilizzo della rete Surber, la tecnica di campionamento prevede l'utilizzo delle mani (sempre con l'ausilio di guanti di adeguata lunghezza) per il disturbo del substrato e la rimozione degli organismi. Nel caso di uso di retino immanicato, si può procedere al campionamento sia utilizzando i piedi per smuovere il fondo sia utilizzando le mani.

Nelle aree in esame, il campionamento è stato effettuato mediante retino Surber.

### 3.4.5 Risultati

L'indice STAR\_ICMi è un indice multimetrico utilizzato nel metodo MacroOper composto da sei metriche opportunamente normalizzate e ponderate. Le metriche utilizzate includono i principale aspetti che la direttiva 2000/60/EC chiede di considerare. Tali metriche sono ASPT,  $\log_{10}(\text{sel\_EPTD}+1)$ , 1-GOLD, Numero Famiglie di EPTD, numero famiglie e indice di Diversità di Shannon-Wiener (H').

Tipo di informazione	Tipo di metrica	Nome della Metrica	Taxa considerati nella metrica	Rif. Bibliografico	Peso
Tolleranza	Indice	ASPT	Intera comunità (livello di famiglia)	e.g. ARMITAGE et al., 1983	0,333
Abbondanza/Habitat	Abbondanza	$\log_{10}(\text{sel\_EPTD}+1)$	$\log_{10}$ (somma di <i>Heptageniidae</i> , <i>Ephemeroidea</i> , <i>Leptophlebiidae</i> , <i>Brochycentridae</i> , <i>Goeridae</i> , <i>Polycentropodidae</i> , <i>Umnephiliidae</i> , <i>Odontoceridae</i> , <i>Dolichopodidae</i> , <i>Stratiomyidae</i> , <i>Dixidae</i> , <i>Empididae</i> , <i>Athericidae</i> e <i>Nemauridae</i> +1)	BUFFAGNI et al., 2004; BUFFAGNI e EREA, 2004	0,266
Ricchezza/Diversità	Abbondanza	1-GOLD	1- (Abbondanza relativa di <i>Gastropoda</i> , <i>Oligochaeta</i> e <i>Diptera</i> )	PINTO et al., 2004	0,067
	Numero Taxa	Numero Totale di Famiglie	Somma di tutte le famiglie presenti nel sito	e.g. OFENBOCK et al., 2004	0,167
	Numero Taxa	Numero di Famiglie di EPT	Somma delle famiglie di <i>Ephemeroptera</i> , <i>Plecoptera</i> e <i>Trichoptera</i>	e.g. OFENBOCK et al., 2004; BOHMER et al., 2004	0,083
	Indice Diversità	Indice di diversità di Shannon-Wiener	$D_{s-w} = -\sum_{i=1}^J \left( \frac{n_i}{J} \right) \ln \left( \frac{n_i}{J} \right)$	e.g. HERING et al., 2004; BOHMER et al., 2004	0,083

Fig. 3.4 Metriche metodo MacroOper

Una volta calcolate, le sei metriche devono essere normalizzate, cioè il valore osservato deve essere diviso per il valore della metrica che rappresenta le condizioni di riferimento per l'idroecoregione ed il tipo fluviale analizzati. La normalizzazione garantisce la comparabilità dei risultati ottenuti in aree diverse visto che diverse idroecoregioni e diverse tipologie fluviali possono presentare composizioni faunistiche molto varie. Inoltre in accordo con la Direttiva 2000/60/EC è necessario esprimere lo stato ecologico in termini di Ecological Quality Ratio (EQR).

Limiti di classe STAR_ICMi (Stato Ecologico)			
Elevato	Buono	Sufficiente	Scarso
1-0.97	0.96-0.72	0.71-0.48	0.47-0.24

Fig. 3.5 Limiti di classe

Per quanto riguarda la determinazione dell'indice effettuata sul fiume Adda e sul Torrente Bitto come da indicazioni del Piano di Monitoraggio approvato, si specifica che l'obiettivo è quello di valutare lo stato di qualità del corso d'acqua nei punti di interazione tra lo stesso e l'infrastruttura in progetto. In questa fase del monitoraggio, Ante Operam, l'obiettivo è stato quello di caratterizzare i tratti di fiume/torrente con i quali l'infrastruttura interferirà.

Nello specifico i punti analizzati sono:

Tabella 3.8 - punti valutazione

Denominazione Punto	Corso d'acqua
AISU03	Fiume Adda confluenza ADDA BITTO
AISU05	Fiume ADDA a monte della confluenza con Bitto
AISU08	Fiume ADDA
AISU09	Fiume ADDA
AISU04	Fiume Bitto confluenza BITTO ADDA

Una volta effettuato il campionamento ed il riconoscimento dei macroinvertebrati presenti, i dati sono stati inviati ad ARPA Bergamo per il calcolo dell'indice.

Il dettaglio dei campionamenti biologici è riportato nelle schede riportate in Allegato. Per ogni punto contengono le seguenti informazioni:

- Corso d'acqua oggetto dei rilievi
- Identificativo del punto di misura
- Data di esecuzione delle misure
- Tabella per la percentuale di composizione del substrato
- Tabella con indicazione delle abbondanze dei taxon rilevati in sito
- Valore STAR\_ICMi normalizzato
- Giudizio dello stato ecologico

Nella tabella che segue sono riportati i tipi fluviali campionati classificati secondo il sistema MacrOper.

**Tabella 3.9 – classificazione tipi fluviali**

ORD	Area reg.	Idrocoregione	Nome idrocoregione	Classe di distanza dalla sorgente/morfologia	Cod.Tipo
AISU03	Lombardia	3	Alpi centro-orientali	25-75 Km medio	03SS3N
AISU05	Lombardia	3	Alpi centro-orientali	25-75 Km medio	03SS3N
AISU08	Lombardia	3	Alpi centro-orientali	25-75 Km medio	03SS3N
AISU09	Lombardia	3	Alpi centro-orientali	25-75 Km medio	03SS3N
AISU04	Lombardia	3	Alpi centro-orientali	5-25 Km piccolo	03SS2N

Nella tabella che segue sono riportati i valori di riferimento per le metriche componenti e l'indice STAR\_ICMi nelle tipologie fluviali campionate:

**Tabella 3.10 – indici STAR\_ICMi**

Torrente	Stazione	ORD	ASPT	N_famiglie	N_EPT_Fam	1-GOLD	Shannon (H')	Log(SelEPTD+1)	STAR_ICMI
Adda	Fiume Adda confluenza ADDA BITTO	AISU03	7	5	4	0,68	1,55	1,00	0,73
Adda	Fiume ADDA a monte della confluenza con Bitto	AISU05	7,6	5	5	1,00	1,29	1,00	0,82
Adda	Fiume ADDA	AISU08	6,5	5	3	0,79	1,31	1,15	0,70
Adda	Fiume ADDA	AISU09	7	5	4	0,92	1,31	0,78	0,72
Bitto	Fiume Bitto confluenza BITTO ADDA	AISU04	7	5	4	0,93	1,43	0,70	0,70

Il campionamento, effettuato nel mese di gennaio, ha permesso di analizzare lo stato ecologico della comunità di macroinvertebrati in tutte le stazioni considerate. Il calcolo è stato eseguito da ARPA Bergamo come riportato nella scheda di output allegate.

Il grafico che segue riporta i valori dell'indice STAR\_ICMi in EQR. I colori dei box indicano il relativo stato ecologico:

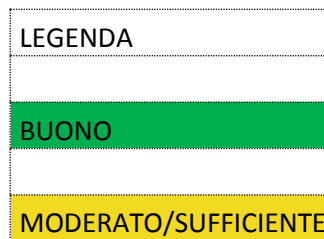
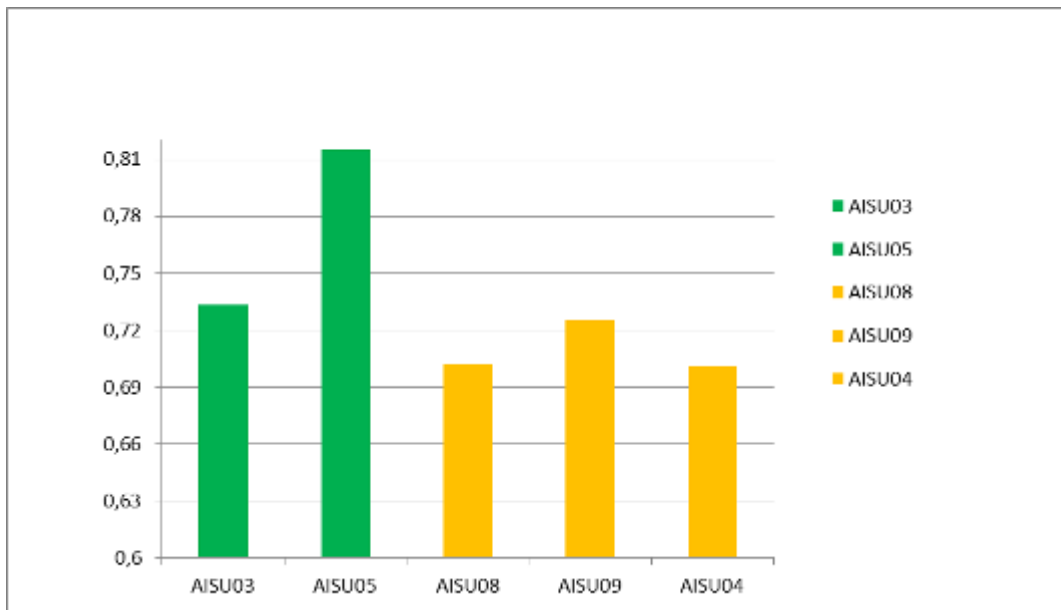


Fig. 3.6 Stato ecologico corsi d'acqua monitorati

Lo stato ecologico dei corsi d'acqua risulta essere **BUONO** per i punti AISU 03 e 05 e **SUFFICIENTE** per i punti AISU 04, 08 e 09.



### 3.5 Diatomee e Indice ICMi

Le diatomee sono alghe brune, unicellulari, eucariote e autotrofe, appartenenti alla Classe delle Bacillariophyceae, generalmente delle dimensioni di pochi  $\mu\text{m}$ . Possono vivere isolate o formare colonie. Sono caratterizzate da una parete cellulare silicea chiamata frustulo costituito da due metà che si incastrano l'una nell'altra come una scatola e il suo coperchio. Esse sono le principali componenti del perifiton.

Le diatomee sono in grado di colonizzare qualsiasi tipo di ambiente umido, dai sistemi lotici a quelli più lentic, permettendo una valutazione della qualità di diverse tipologie ecosistemiche, sia fluviali, che sorgenti, torbiere o prati umidi. In base all'habitat possono essere suddivise in bentoniche, che vivono aderenti al substrato e possiedono meccanismi per l'adesione ad esso e planctoniche che non sono ancorate a substrati e sono trascinate liberamente dalla corrente. A seconda che vivano su ciottoli, su altri elementi vegetali macroscopici o su depositi di limo si parla rispettivamente di diatomee epilittiche, epifitiche e epipeliche.

Le diatomee, sia bentoniche che planctoniche, sono influenzate da numerose variabili fisico-chimiche quali, innanzi tutto, la luce, essendo organismi fotosintetizzanti, la temperatura, il pH, la salinità e la velocità di corrente dell'acqua, ma anche le concentrazioni di ossigeno, di silice, di sostanza organica, di nutrienti ed eventualmente di metalli pesanti. Le comunità sono quindi capaci di rispondere efficacemente alle variazioni di questi fattori variando le specie che le compongono. Le diatomee sono considerate buone indicatrici dello stato di qualità delle acque per numerosi motivi: presentano differenti sensibilità agli inquinanti e sono molto reattive al variare delle condizioni ambientali; hanno una vasta distribuzione geografica; sono in grado di accumulare metalli pesanti e possono essere fissate in preparati permanenti grazie allo scheletro siliceo.

In Italia, prima del recepimento della Direttiva 2000/60/CE, l'utilizzo della comunità diatomica per la valutazione della qualità dei corsi d'acqua, non era previsto, a livello normativo. Con il D.Lgs 152/2006 e successivi decreti attuativi è stato introdotto per la prima volta lo studio di un metodo in grado di soddisfare le richieste della direttiva europea.

Il decreto attuativo 8 novembre 2010 n. 260 recante "criteri tecnici per la classificazione dei corpi idrici superficiali per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152, recante norme in materia ambientale" prevede l'applicazione dell'indice ICMi per definire uno stato di qualità dei corsi idrici in funzione della comunità diatomica rilevata.

L'indice ICMi si basa sull'analisi della struttura della comunità di diatomee, sull'Indice di Sensibilità agli Inquinanti, IPS e sull'Indice Trofico, TI e restituisce un valore compreso tra 0 e 1 chiamato RQE. Esso prevede il confronto tra la comunità presente in uno specifico sito con quella che sarebbe presente in un sito, della stessa tipologia, in assenza di pressioni, detta comunità di riferimento.

### 3.5.1 Modalità di campionamento

Il metodo di campionamento utilizzato è quello pubblicato sul manuale APAT (2007) – Protocollo di campionamento ed analisi per le diatomee bentoniche dei corsi d'acqua italiani, al quale si rimanda per una descrizione dettagliata.

Presso ogni stazione di monitoraggio, viene scelto innanzitutto il substrato idoneo per il campionamento: nell'ambito della rete di monitoraggio del fiume Adda e del Torrente Bitto, i campioni raccolti sono stati sempre prelevati su ciottoli. I ciottoli sono i substrati naturali mobili migliori per la raccolta di diatomee; sono preferibili in quanto consentono un agevole prelievo e sono abbastanza stabili da permettere l'insediamento di una comunità rappresentativa.

La scelta dei ciottoli viene effettuata tenendo conto della velocità della corrente, evitando zone con acqua troppo lenticca, dell'ombreggiatura, non troppo elevata, e della profondità dell'acqua. I substrati devono essere raccolti in aree sempre sommerse, o sommerse da almeno 4 settimane. Se si campiona in corsi d'acqua profondi è necessario rimanere nella zona eufotica. I ciottoli complessivamente devono essere almeno 5.

L'operazione di raccolta viene fatta con uno spazzolino che deve essere sciacquato in un barattolo contenente per metà acqua del torrente oggetto di campionamento e per metà alcol etilico.

I campioni sono trasportati in laboratorio dove vengono trattati per essere conservati per un tempo illimitato. Successivamente i campioni sono montati e letti al microscopio ottico. Per l'applicazione degli indici diatomici, devono essere identificati almeno 400 individui per ogni campione, come previsto dalla norma standard (UNI EN 14407:2004). Per l'identificazione degli organismi sono utilizzate differenti chiavi dicotomiche.

### 3.5.2 Intercalibraton Common Metric Index

I dati rilevati sono archiviati in un file excel (in allegato) che ha permesso il calcolo degli indici relativi alle diatomee.

L'indice ICMi, indicato dalla normativa italiana, viene espresso come Rapporto di Qualità Ecologica, RQE tra i valori ricavati dal monitoraggio e quelli attesi per siti di tipologia analoga in condizioni di riferimento.

L'ICMi deriva dall'Indice di Sensibilità agli Inquinanti IPS (CEMAGREF, 1982) e dall'Indice Trofico TI (Rott et al., 1999). Il valore di ICMi è dato dalla media aritmetica degli RQE dei 2 indici.

$$ICMi = (RQE\_IPS + RQE\_TI)/2$$

È necessario quindi calcolare il rapporto tra i valori osservati dei 2 indici e i rispettivi riferimenti forniti dal D.M. 260/2010.

Entrambi gli indici prevedono l'identificazione a livello di specie e in alcuni casi a livello di varietà, ad ognuna delle quali viene attribuito un valore di sensibilità (affinità/tolleranza) all'inquinamento.

Si basano entrambi sulla seguente formula di calcolo:

$$\text{Indice diatomico} = \sum_j^n [a_j r_j i_j] / \sum_i^n [a_j r_j]$$

a = abbondanza relativa della specie j

r = affidabilità della specie j

i = sensibilità della specie j a fattori di inquinamento

L'IPS tiene conto principalmente della sensibilità delle specie all'inquinamento organico mentre il TI tiene conto principalmente della sensibilità delle specie all'inquinamento trofico.

### 3.5.3 Attribuzione dell'idroecoregione (HER) e del tipo fluviale

Per prima cosa al corso d'acqua in esame viene attribuita la relativa idroecoregione di appartenenza (HER) come previsto dalla Direttiva 2000/60/EC. Le idroecoregioni sono zone che presentano al loro interno una limitata variabilità per le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche delle acque e l'attribuzione della corretta HER è di fondamentale importanza perché l'idroecoregione di appartenenza definisce le condizioni di riferimento con cui confrontare le condizioni risultanti nei punti campionati.

Il fiume Adda e il torrente Bitto appartengono all'idroecoregione Alpi centro-orientali con codice HER 3.

Le tipologie nazionali sono state aggregate in 8 macrotipi per i macroinvertebrati bentonici e le diatomee e in 12 macrotipi per le macrofite.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco di questi macrotipi e delle corrispondenti tipologie nazionali.

Area geografica	Macrotipi fluviali	Descrizione	Idroecoregioni
Alpino	A1	calcareo	1, 2, 3, 4 (Alpi)
	A2	siliceo	
Centrale	C	Tutti i tipi delle idroecoregioni ricadenti nell'area geografica centrale	1, 2, 3, 4, 5, 7 (aree collinari o di pianura)
			6 (pianura Padana a Nord del fiume Po)
Mediterraneo	M1	Fiumi molto piccoli e piccoli	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 (fiumi perenni). 6 (fiumi perenni della pianura Padana a Sud del fiume Po)
	M2	Fiumi medi e grandi di pianura	
	M3	Fiumi di pianura molto grandi	
	M4	Fiumi medi di montagna	
	M5	Corsi d'acqua temporanei	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 (fiumi temporanei) 6 (fiumi temporanei della pianura Padana a Sud del fiume Po)

Fig. 3.7 Macrotipi fluviali nazionali

Il fiume Adda e il torrente Bitto appartengono all'idroecoregione 3 ed essendo caratterizzati da substrato calcareo appartengono al **Macrotipo fluviale A1**.

### 3.5.4 Risultati

Dai calcoli riportati nell'allegato sono risultati i seguenti valori:

Tabella 3.11 - calcolo indici \_ICMi


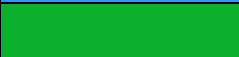



	AISU 03	AISU 05	AISU 08	AISU 09	AISU 04
IPSS	2,57	3,58	3,63	3,80	3,60
IPS	8,46	13,24	13,49	14,32	13,36
Rif. A1	18,40	18,40	18,40	18,40	18,40
RQE_IPS	<b>0,46</b>	<b>0,72</b>	<b>0,73</b>	<b>0,78</b>	<b>0,73</b>

	AISU 03	AISU 05	AISU 08	AISU 09	AISU 04
TI	2,51	2,07	1,49	1,48	1,70
Rif. A1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
RQE_TI	<b>1,48</b>	<b>1,22</b>	<b>0,88</b>	<b>0,87</b>	<b>1,00</b>

	AISU 03	AISU 05	AISU 08	AISU 09	AISU 04
ICMi	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	<b>0,81</b>	<b>0,82</b>	<b>0,86</b>

La tabella seguente riporta la corrispondenza tra valori di RQE e gli stati validi per l'indice ICMi per la macrotipologia A1 (area geografica Alpina) alla quale appartiene il sito in esame.

Tabella 3.12 - giudizi qualità indici \_ICMi

Valori RQE	ICMi	Colore convenzionale
$RQE \geq 0,85$	elevato	
$0,64 \leq RQE < 0,85$	buono	
$0,54 \leq RQE < 0,64$	sufficiente	
$0,27 \leq RQE < 0,54$	scarso	
$RQE < 0,27$	cattivo	

È possibile osservare come per tutti i punti AISU 03/04/05 il valore di RQE corrisponda ad un giudizio di qualità **ELEVATO** mentre per i punti AISU 08/09 il giudizio sia **BUONO**.

## 3.6 IFF

L'I.F.F. (Indice di Funzionalità Fluviale) nasce come indice fondato su informazioni provenienti dall'intero ecosistema fluviale e non solo dall'acqua: il cosiddetto alveo asciutto svolge una importante azione depurativa.

Il mosaico di ambienti ripari che si estendono dalla sorgente alla foce lungo il corso di un fiume rappresenta una continua ed efficace zona di filtro, di bioaccumulo dei carichi inquinanti provenienti da monte o percolanti dal bacino, di metabolizzazione della sostanza organica in biomassa vivente vegetale e animale e di riduzione delle concentrazioni di azoto e fosforo della sottostante falda freatica. Tutto l'ambiente adiacente al fiume (rive e territorio limitrofo) deve contribuire, quindi, all'analisi del degrado ambientale: il giudizio di qualità è così basato su un più grande numero di informazioni.

L'Indice di Funzionalità Fluviale consiste nella compilazione di una scheda di quattordici domande, ad ognuna delle quali sono associate quattro risposte predefinite: per ogni domanda è possibile esprimere una sola delle quattro risposte. I dati di corredo richiesti riguardano il bacino, il corso d'acqua, la località, la larghezza dell'alveo di morbida e la lunghezza del tratto omogeneo in esame.

Le 14 domande possono essere suddivise in quattro gruppi funzionali:

- le domande 1-4 riguardano le condizioni vegetazionali delle rive e del territorio circostante il corso d'acqua e prendono in esame le varie tipologie strutturali che influenzano l'ambiente fluviale, quali ad esempio l'uso del territorio o l'ampiezza della zona riparia naturale;
- le domande 5 e 6 si riferiscono all'ampiezza relativa all'alveo bagnato e alla struttura fisica e morfologica delle rive, per le informazioni che esse forniscono sulle caratteristiche idrauliche;
- le domande 7-11 riguardano la struttura dell'alveo, con l'individuazione delle tipologie che favoriscono la diversità ambientale e la capacità di autodepurazione di un corso d'acqua;
- le domande 12-14 rilevano le caratteristiche biologiche, attraverso l'analisi strutturale delle comunità macrobentonica e macrofitica e della conformazione del detrito.

Ad ogni risposta sono associati punteggi (pesi), raggruppati in 4 classi (con peso minimo di 1 e massimo di 30), che esprimono le differenze funzionali tra le singole risposte.



SCHEDA I.F.F.		scheda N° .....	
Bacino:.....		Corso d'acqua.....	
Località.....		Codice.....Tratto. (metri).....	
Data.....		Operatori.....	
		<b>Sponda</b>	<b>Sx</b>
			<b>Dx</b>
<b>1) Stato del territorio circostante</b>			
- Coperto da foreste e boschi		25	25
- Prati-pascoli, boschi, pochi arativi e incolti		20	20
- Colture stagionali in prevalenza e/o arativi misti e/o colture permanenti		5	5
- Aree urbanizzate		1	1
<b>2) Vegetazione presente nella fascia perifluviale primaria</b>			
- Presenza di formazioni arboree riparie		30	30
- Presenza formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto		25	25
- Presenza di formazioni arboree non riparie		10	10
- Costituita da specie arbustive non riparie o erbacee o assente		1	1
<b>2 bis) Vegetazione presente nella fascia perifluviale secondaria</b>			
- Presenza di formazioni arboree riparie		20	20
- Presenza formazioni arbustive riparie (saliceti arbustivi) e/o canneto		15	15
- Presenza di formazioni arboree non riparie		10	10
- Costituita da specie arbustive non riparie o erbacee o assente		1	1
<b>3) Ampiezza della fascia di vegetazione perifluviale</b>			
- Fascia di vegetazione perifluviale >30 mt		20	20
- Fascia di vegetazione perifluviale 5 - 30 mt		15	15
- Fascia di vegetazione perifluviale 1 -5 mt		5	5
- Fascia di vegetazione perifluviale assente		1	1
<b>4) Continuità della fascia di vegetazione perifluviale</b>			
- Fascia di vegetazione perifluviale senza interruzioni		20	20
- Fascia di vegetazione perifluviale con interruzioni		10	10
- Interruzioni frequenti o solo erbacea continua e consolidata		5	5
- Suolo nudo o vegetazione erbacea rada		1	1
<b>5) Condizioni idriche dell'alveo</b>			
- Larghezza dell'alveo di morbida inferiore al triplo dell'alveo bagnato			20
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata a ritorno frequente			15
- Alveo di morbida maggiore del triplo dell'alveo bagnato con fluttuazioni di portata a ritorno stagionale			5
- Alveo bagnato inesistente o quasi o presenza di impermeabilizzazioni della sezione trasversale			1
<b>6) Conformazione delle rive</b>			
- Rive stabili o trattenute da radici arboree e/o massi		25	25
- Rive trattenute da erbe e arbusti e/o con interventi di rinaturazione		15	15
- Rive trattenute da un sottile strato erboso		5	5
- Rive nude e/o con interventi artificiali		1	1
<b>7) Strutture di ritenzione degli apporti trofici</b>			
- Alveo con massi e/o vecchi tronchi stabilmente incassati o presenza di fasce di canneto o idrofite			25
- Massi e/o rami presenti con deposito di sedimento o canneto o idrofite rade e poco estese			15
- Strutture di ritenzione libere e mobili con le piene o assenza di canneto e di idrofite			5
- Alveo di sedimenti sabbiosi privo di alghe o sagomature artificiali lisce a corrente uniforme			1

<b>8) Erosione delle rive</b>		
- Nessuna o poco evidenti	20	20
- Erosioni solamente nelle curve e/o nelle strettoie	15	15
- Erosioni frequenti con scavo delle rive e delle radici	10	10
- Erosione molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1	1
<b>9) Naturalità della sezione trasversale</b>		
- Sezione naturale		15
- Naturale con lievi interventi artificiali		10
- Artificiale con qualche elemento naturale		5
- Sezione artificiale		1
<b>10) Fondo dell'alveo</b>		
- Irregolare, stabile e diversificato		25
- A tratti mobile e con poco sedimento		15
- Facilmente mobile		5
- Artificiale o cementificato		1
<b>11) Raschi e pozze o meandri</b>		
- Ben distinti, ricorrenti, distanti al massimo 5-7 volte la larghezza dell'alveo bagnato		25
- Presenti a distanze diverse e con successione irregolare		20
- Lunghe pozze che separano corti raschi, pochi meandri		5
- Meandri, raschi e pozze assenti; percorso raddrizzato		1
<b>12) Vegetazione in alveo bagnato in acque a flusso turbolento</b>		
- Assente o costituita da gruppi di idrofite con copertura complessiva < del 10%		15
- Costituita da idrofite con copertura complessiva tra 10 e 35 %, feltro perfitico visibile		10
- Costituita da idrofite con copertura complessiva > del 35 %, feltro perfitico discreto		5
- Costituita esclusivamente da alghe filamentose, feltro perfitico spesso		1
<b>12 bis) Vegetazione in alveo bagnato in acque a flusso laminare</b>		
- Costituita da idrofite con copertura complessiva > del 35 %		15
- Costituita da idrofite con copertura complessiva < del 35 %		10
- Costituita da idrofite con copertura complessiva < del 5 %, presenza di alghe filamentose		5
- Costituita esclusivamente da alghe filamentose o assente, feltro perfitico spesso		1
<b>13) Detrito</b>		
- Composto da frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi		15
- Composto da frammenti vegetali fibrosi e polposi		10
- Composto da frammenti polposi		5
- Detrito anaerobico		1
<b>14) Comunità macrobentonica</b>		
- Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		20
- Sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso		10
- Poco equilibrata e diversificata con presenza di taxa tolleranti all'inquinamento		5
- Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa tutti piuttosto tolleranti all'inquinamento		1
<b>PUNTEGGIO TOTALE</b>		
<b>LIVELLO DI FUNZIONALITA'</b>		

Fig. 3.8 Scheda per il rilevamento dei stati ambientali

Il valore di I.F.F., ottenuto sommando i punteggi parziali relativi ad ogni domanda, può assumere un valore minimo di 14 ed uno massimo di 300; dal valore dell'Indice, attraverso una tabella di conversione (tabella seguente), si risale ad un livello di funzionalità che può variare tra I e V, a cui sono associati un giudizio di funzionalità ed un colore per la rappresentazione cartografica.

**Tabella 3.13 – Tabella per il calcolo dei livelli di funzionalità e giudizi di funzionalità**

Valore di I.F.F.	Livello di Funzionalità	Giudizio di Funzionalità	Colore
261-300	I	elevato	Blu
251-260	I-II	elevato-buono	Blu- Verde
201-250	II	buono	Verde
181-200	II-III	buono-mediocre	Verde- Giallo
121-180	III	mediocre	Giallo
101-120	III-IV	mediocre-scadente	Giallo- Arancio
61-100	IV	scadente	Arancio
51-60	IV-V	scadente-pessimo	Arancio- Rosso
14-50	V	pessimo	Rosso

Il fiume Adda è un corso d'acqua che nasce dal monte Alpisella nelle Alpi Retiche. Dopo aver disceso la Valle di Fraele giunge nel comune di Bormio; passando a sud della città di Sondrio attraversa l'intera Valtellina, successivamente si immette presso Colico (Lecco) nel lago di Como. Dopo aver alimentato questo bacino lacustre, esce come suo emissario dall'estremità meridionale del Lario, dove forma i piccoli bacini naturali di Garlate e di Olginate. Dopo aver attraversato il territorio del Meratese si dirige quindi verso Sud ricevendo il fiume Brembo presso Canonica d'Adda (Bergamo). In provincia di Cremona accoglie le acque del fiume Serio e subito dopo confluisce nel fiume Po presso Castelnuovo Bocca d'Adda (Lodi).

L'Adda è un fiume dal regime tipicamente alpino, modulato in maniera naturale dal Lago di Como, tuttavia il regime fluviale, lungo tutto il tragitto, risulta essere notevolmente modificato da indigamenti per scopi idroelettrici.

Il tratto oggetto della presente relazione è quello compreso tra il confine del comune di Delebio con il comune di Cosio e il comune di Talamona. Il bacino lungo il tratto analizzato presenta diversi tratti con arginazioni artificiali in buona parte ormai naturalizzati.

La zona riparia è in buono stato di conservazione, in parte limitata da zone di coltivazione e aree urbanizzate.

La disponibilità di rifugi per i pesci è buona, grazie ai massi e alla vegetazione riparia e le zone di frega sono abbondanti grazie alla notevole presenza di ghiaia.



L'applicazione dell'IFF è stata effettuata in due momenti stagionali diversi, uno a febbraio e uno in giugno. Si precisa che in sede del sopralluogo di giugno il fiume risultava ingrossato a causa delle recenti precipitazioni. Lungo l'asta principale del fiume sono state individuati 9 tratti omogenei distinti, per i quali sono state rilevate tutte le caratteristiche ecologiche previste dal metodo. Per la scelta dei tratti omogenei si è fatto riferimento da un lato alle caratteristiche morfologiche dell'alveo e dall'altro alle dinamiche idrologiche del bacino.

Di seguito il dettaglio dei soli risultati relativi a giugno, in quanto coerenti con le indicazioni metodologiche sul periodo di rilevazione.

### 3.6.1 Primo tratto

L'applicazione del metodo descritto è iniziata dal punto all'altezza dello svincolo del primo tratto di variante fino alla prima isola all'altezza del comune di Cosio.

In questo tratto è possibile evidenziare discreta naturalità dell'ambiente in cui scorre il fiume con lieve pressione antropica, per la presenza di attività agricole sulla sponda sinistra e la presenza di strade e coltivazioni sulla sponda destra. Entrambe le sponde sono dotate di argine artificiali sulla cui sommità sono presenti le piste ciclabili. Come evidente in figura 3.9 l'argine artificiale risulta essere ben naturalizzato con vegetazione sia in fascia perifluviale primaria e secondaria mediamente semplificata.

Nel mese di febbraio la sponda sinistra era caratterizzata dalla presenza di un maggiore numero di piante ad alto fusto, di recente rimosse in sede di pulizia dell'alveo fluviale.



Figura 3.9 Primo Tratto

Il punteggio totale per entrambe le sponde è 245, corrispondente ad un livello di funzionalità fluviale uguale a **Il buono**.

### 3.6.2 Secondo tratto

Il secondo tratto arriva fino all'altezza del campo sportivo di Cosio sulla sponda destra del fiume.

Anche per questo tratto si possono individuare la compresenza più marcata tra aree naturalizzate e usi antropici per la sponda destra, mentre la sponda sinistra è caratterizzata da campi di colture stagionali.



Figura 3.10 Secondo Tratto

Il punteggio totale per la sponda destra è di 250, mentre per la sponda sinistra è di 235. Per entrambe le sponde il giudizio di funzionalità è di **Il buono**.

### 3.6.3 Terzo tratto

Riguarda il tratto fluviale tra il campo di calcio di Cosio e il cantiere per la costruzione della nuova passerella pedonale che attraversa l'Adda. Sia la sponda sinistra che la destra sono caratterizzate da una formazione riparia semplificata nella fascia perifluviale sia primaria che secondaria tranne nel tratto riguardante il cantiere. Infatti la presenza del cantiere della passerella comporta che la realizzazione degli argini artificiali non sia ancora conclusa al contrario della sponda destra dove gli argini sono completati, ma non ancora ovviamente naturalizzati.



**Figura 3.11 Terzo Tratto**

Il punteggio finale per la sponda destra è di 235, mentre per la sponda sinistra è di 220, il livello di funzionalità risulta quindi ancora in livello II buono.

### 3.6.4 Quarto tratto

Il tratto riguarda l'area fluviale compresa tra la passerella e la confluenza del torrente Bitto nell'Adda. La sponda destra è caratterizzata da una urbanizzazione sia rurale che artigianale, quindi con assenza di fascia perifluviale secondaria e una fascia perifluviale primaria ridotta e con formazioni riparie rade ma comunque funzionali. Sempre sulla sponda destra sono già evidenti i primi interventi di cantiere legati al disboscamento dell'area. In febbraio l'area risultava decisamente più naturalizzata.

La sponda sinistra ha una fascia perifluviale primaria e secondaria limitata ma comunque con vegetazione funzionale. Il tratto centrale è caratterizzato dalla presenza del cantiere per la realizzazione del tratto di pista ciclabile, dove risulta assente la fascia perifluviale secondaria con relativa vegetazione.



Figura 3.12 Quarto Tratto

Quindi i punteggi finali sono, per la sponda destra 166 con livello di funzionalità **III medio-buono**, mentre per la sponda sinistra è di 210 con livello di funzionalità **II buono**.



### 3.6.5 Quinto tratto

Riguarda il tratto tra la confluenza con il Torrente Bitto e il ponte Ganda. Entrambe le sponde sono caratterizzate da argini artificiali naturalizzati con fascia perfluviale secondaria assente, per la presenza di aree urbanizzate e strade parallele al corso del fiume.

Si segnala poco a monte della confluenza del Torrente Bitto la presenza dell'impianto di depurazione (Secam spa), con relativo scarico in corso d'acqua.



Figura 3.15 Quinto Tratto

Il punteggio finale è di 181 sia per la sponda destra, che quella sinistra, corrispondente ad un livello di funzionalità **II-III buono-mediocre**.

### 3.6.6 Sesto tratto

Si estende tra il ponte Ganda e la ex centrale idroelettrica di Campovico. La fascia perifluviale della sponda destra limitata da via Merizzi, presenta formazioni riparie semplificate funzionali, mentre la sponda sinistra presenta un argine artificiale non naturalizzato con l'evidente funzione di proteggere dall'erosione, l'area adiacente è notevolmente urbanizzata.

Nel tratto finale in entrambe le sponde sono ben distinguibili le fasce perifluviali primarie e secondarie con presenza di formazioni riparie.



Figura 3.16 Sesto Tratto

Il punteggio finale è di 225 per la sponda destra e 153 per la sponda sinistra, equivalenti a **II buono** per la sponda destra e **III mediocre** per quella sinistra.

### 3.6.7 Settimo tratto

Dalla ex centrale idroelettrica fino alla confluenza con il Torrente Tovate. Entrambi gli argini presentano segni di erosione, limitati sulla sponda destra da argini artificiali, infatti la corrente in questo tratto risulta essere di maggiore intensità. Le fasce perfluviali primaria e secondarie presentano una buona vegetazione riparia. Si segnala la presenza di isolotti con vegetazione di basso fusto.



Figura 3.17 Settimo Tratto

I punteggi finali sono per la sponda destra di 261, equivalente a un livello **I-II ottimo-buono**, mentre per la sponda sinistra è di 247 corrispondente ad un livello **II buono**.



### 3.6.8 Ottavo tratto

Dal Torrente Tovate fino al Ponte della ferrovia nel comune di Paniga.

In questo tratto la fascia perifluviale risulta essere meno estesa rispetto ai precedenti tratti, per la presenza della pista ciclabile su entrambi i lati, ma comunque con formazioni riparie funzionali sia in fascia primaria che in fascia secondaria.



Figura 3.18 Ottavo tratto

I punteggi finali sono per la sponda destra 195, mentre per la sinistra 200, quindi con livello di funzionalità **II-III buono -mediocre**.

### 3.6.9 Nono tratto

Si estende dal ponte della ferrovia di Paniga fino alla cantiere per lo svincolo nel comune di Talamona.

La sponda sinistra presenta una fascia perifluviale primaria ristretta con presenza di una elevata copertura vegetativa funzionale, la fascia perifluviale secondaria è limitata dalla presenza della parete rocciosa. La sponda destra è caratterizzata dalla presenza di una fascia perifluviale interrotta in alcuni punti dalla confluenza del Torrente Tartano, e dall'area di cantiere presso l'area industriale dismessa, dove è già iniziata l'intervento di disboscamento. Si segnala la presenza di isolotti con vegetazione di basso fusto.



Figura 3.19 Nono Tratto

I punteggi risultano di 220 per la sponda destra, mentre la sponda sinistra di 245, quindi entrambe con di livello **II buono**.

### 3.6.10 Conclusioni

Come evidente nella tabella sotto riportata il tratto fluviale oggetto d'indagine è risultato mediamente buono dal punto di vista funzionale, con solo alcune criticità limitate ad alcuni tratti in corrispondenza in particolare della zona a livello del comune di Morbegno.

Nella seguente tabella sono riassunti i risultati ottenuti.

**Tabella 3.14 – Risultati**

TRATTO OMOGENEO	VALORE IFF		LIVELLO DI FUNZIONALITA'		GIUDIZIO DI FUNZIONALITA'			
	Sponda dx	Sponda sx	Sponda dx	Sponda sx	Sponda dx		Sponda sx	
1	245	245	II	II	BUONO		BUONO	
2	250	235	II	II	BUONO		BUONO	
3	235	220	II	II	BUONO		BUONO	
4	160	210	III	II	MEDIocre		BUONO	
5	181	181	II-III	II-III	BUONO	MEDIocre	BUONO	MEDIocre
6	225	153	II	III	BUONO		MEDIocre	
7	261	247	I-II	II	ELEVATO	BUONO	BUONO	
8	195	200	II-III	II-III	BUONO	MEDIocre	BUONO	MEDIocre
9	220	245	II	II	BUONO		BUONO	

## 4. Ambiente idrico sotterraneo

Il monitoraggio della componente si pone l'obiettivo di evidenziare le eventuali variazioni quantitative e qualitative determinate dalla realizzazione delle opere in progetto sull'assetto idrogeologico delle formazioni attraversate dall'infrastruttura.

La fase ante-operam è pertanto finalizzata alla caratterizzazione fisico-chimica degli acquiferi corrispondenti a posizioni di monitoraggio considerate strategiche e definite nel PMA.

### 4.1 Ubicazione punti di campionamento

L'ubicazione esecutiva dei punti di monitoraggio è sintetizzata nella tabella seguente.

Tabella 4.1 - ubicazione effettiva punti di monitoraggio AIST

ID PUNTO	Posizione da PMA	Coordinate geografiche	Quota m slm	Variazioni ubicazione rispetto a PMA
AIST 01	Cantiere 1	46° 8'32.34"N, 9°33'4.86"E	220.30	Spostato di 80 m in direzione sud ovest
AIST 02	Cantiere 2	46° 8'36.12"N, 9°33'29.28"E	240.20	Coincidente
AIST 03	Cantiere 3 - 4	46°09'06.41"N, 9°38'00.43"E	262.96	Spostato 65 m a nord est
AIST 04	Cantiere 5	46° 8'58.19"N, 9°37'50.15"E	262.30	Spostato 35 m a sud

Per i punti di controllo delle acque sotterranee è stata sostanzialmente mantenuta l'ubicazione prevista dal PMA con un modesto spostamento, operato su AIST 01, AIST 03 e AIST 04.

Il primo era stato previsto in prossimità del margine nord dell'area di cantiere n. 1, all'interno dell'area agricola. Si è preferito spostarlo leggermente in prossimità del margine del campo confinante con la scarpata verso il Fiume Adda, al fine di garantire maggiore protezione rispetto ai mezzi agricoli e, in prospettiva, rispetto ai mezzi di movimentazione transitanti.

Lo spostamento operato non determina alcuna modifica della rappresentatività idrogeologica del punto rispetto a possibili impatti dell'attività di cantiere sull'acquifero.



Fig. 4.1 Ubicazione AIST 01

L'AIST 04 era stato originariamente ubicato nella zona centrale dell'area di cantiere in un punto che, a cantiere avviato, sarà interessato dal passaggio di mezzi d'opera e quindi potenzialmente esposto a rischio di danneggiamento.

Il piezometro è stato realizzato nella zona marginale dell'area di cantiere, circa 35 m a sud della posizione prevista, mantenendo sempre una collocazione a valle idrogeologico sia dell'opera sia dell'area di cantiere e conservando pertanto la sua funzione di punto di verifica di eventuali possibili impatti generati dalle attività sull'acquifero.



Fig. 4.2 Ubicazione AIST 04



Diversamente, per la realizzazione dell'AIST 03, si sono registrate molteplici difficoltà. Il piezometro era stato originariamente previsto ad est della strada statale n.38 in corrispondenza di una zona intensamente boscata, interessata dall'installazione del cantiere n.3.



Fig. 4.3 Accesso all'area di cantiere n.5

Durante la fase di attivazione della rete di controllo (febbraio 2015) non c'erano le condizioni di accesso per il punto previsto e neppure per l'immediato intorno.

Per il controllo delle acque sotterranee si è pertanto fatto riferimento al pozzo dell'eliporto, ubicato circa 160 m a sud est.

A seguito dei contatti intercorsi con ARPA, richiamata la necessità di disporre un punto di verifica ubicato a monte idrogeologico dell'area di cantiere, si è ritenuto di procedere alla realizzazione del piezometro. L'opera è stata realizzata una volta rimossa la vegetazione presente. Il punto è stato ubicato nella fascia nord dell'area di cantiere circa 65 m a nord est dell'ubicazione prevista del PMA.



Fig. 4.4 Ubicazione AIST 03

## 4.2 Messa in opera piezometri

Per ciascun punto di misura si riportano le seguenti informazioni:

- Caratteristiche costruttive del piezometro
- Documentazione fotografica
- Stratigrafia rilevata

### 4.2.1 Piezometro AIST\_01

Caratteristiche costruttive del piezometro	
Identificativo	AIST 01
Modalità di perforazione	Rotazione a carotaggio continuo
Sonda utilizzata	Beretta T44
Profondità	-13.5 m dal p.c.
Fluido di perforazione	Acqua
Diametro perforazione	127 mm
Diametro piezometro	3'
Posizione fenestrature	-5.0 ÷ -13.5 m
Caratteristiche chiusino	Cilindrico in PVC diam. 168 mm, chiuso con lucchetto
Livello statico	-4.91 m bocca pozzo, -4.83 m dal p.c.
Quota assoluta falda	215.44 m slm



Fig. 4.5 AIST 01 spurgo

Stratigrafia AIST 01	
Unità	Quota dal p.c.
Terreno di coltivo	0 - 0.3 m
Sabbiosa limosa con ciottoli	0.3 - 1.2 m
Sabbia e ghiaia con ciottoli ( $\phi$ max 5 cm)	1.2 - 8.5 m
Sabbia grossolana con ghiaia	8.5 - 13.5 m

Di seguito si riporta la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici e lo schema stratigrafico.





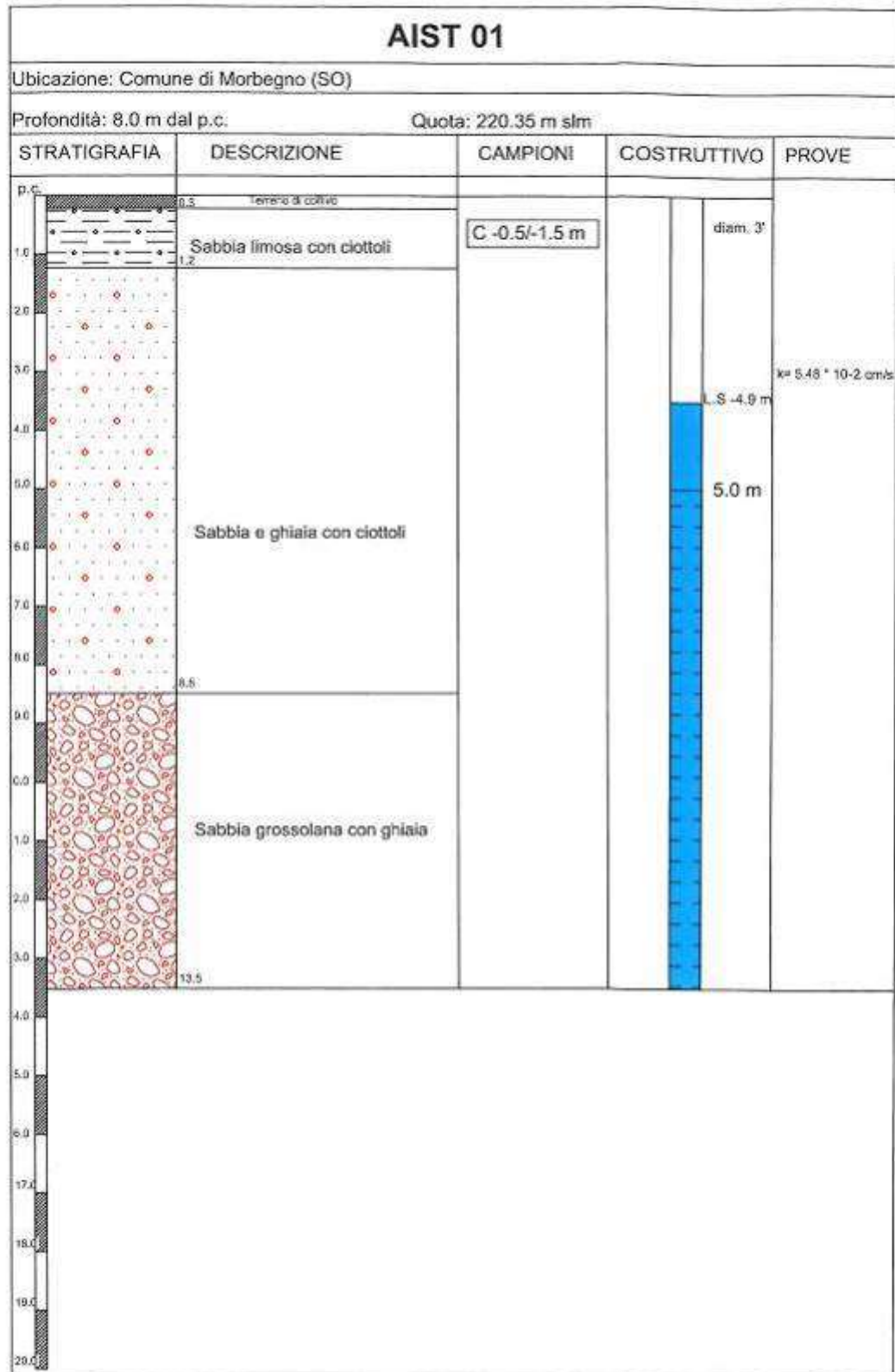
Fig.4.6 AIST 01 0 - 5 m



Fig. 4.7 AIST 01 5 - 10 m



Fig. 4.8 AIST 01 10 - 13.5 m



**Fig. 4.9 AIST 01 - Stratigrafia**



#### 4.2.2 Piezometro AIST 02

Caratteristiche costruttive del piezometro	
Identificativo	AIST 02
Modalità di perforazione	Rotazione a carotaggio continuo fino a -8.0 m a distruzione di nucleo fino a -20 m
Sonda utilizzata	Beretta T44
Profondità	-20 m dal p.c.
Fluido di perforazione	Acqua
Diametro perforazione	127 mm
Diametro piezometro	3'
Posizione fenestrature	-18 / 20 m
Caratteristiche chiusino	Cilindrico in PVC diam. 168 mm, chiuso con lucchetto
Livello statico	-3.70 m bocca pozzo, -3.55 m dal p.c.
Quota assoluta falda	219.75 m slm



Fig. 4.10 AIST 02 spurgo

Stratigrafia AIST 02	
Unità	Quota dal p.c.
Sabbia e ghiaia con ciottoli ( $\phi$ max 5 cm) in blanda matrice limosa	1.2 - 8.5 m

La perforazione è stata eseguita a carotaggio continuo fino a circa 8 m dal p.c.. Più in profondità, avendo rinvenuto la presenza di trovanti difficilmente carotabili, si è proseguito a distruzione di nucleo.

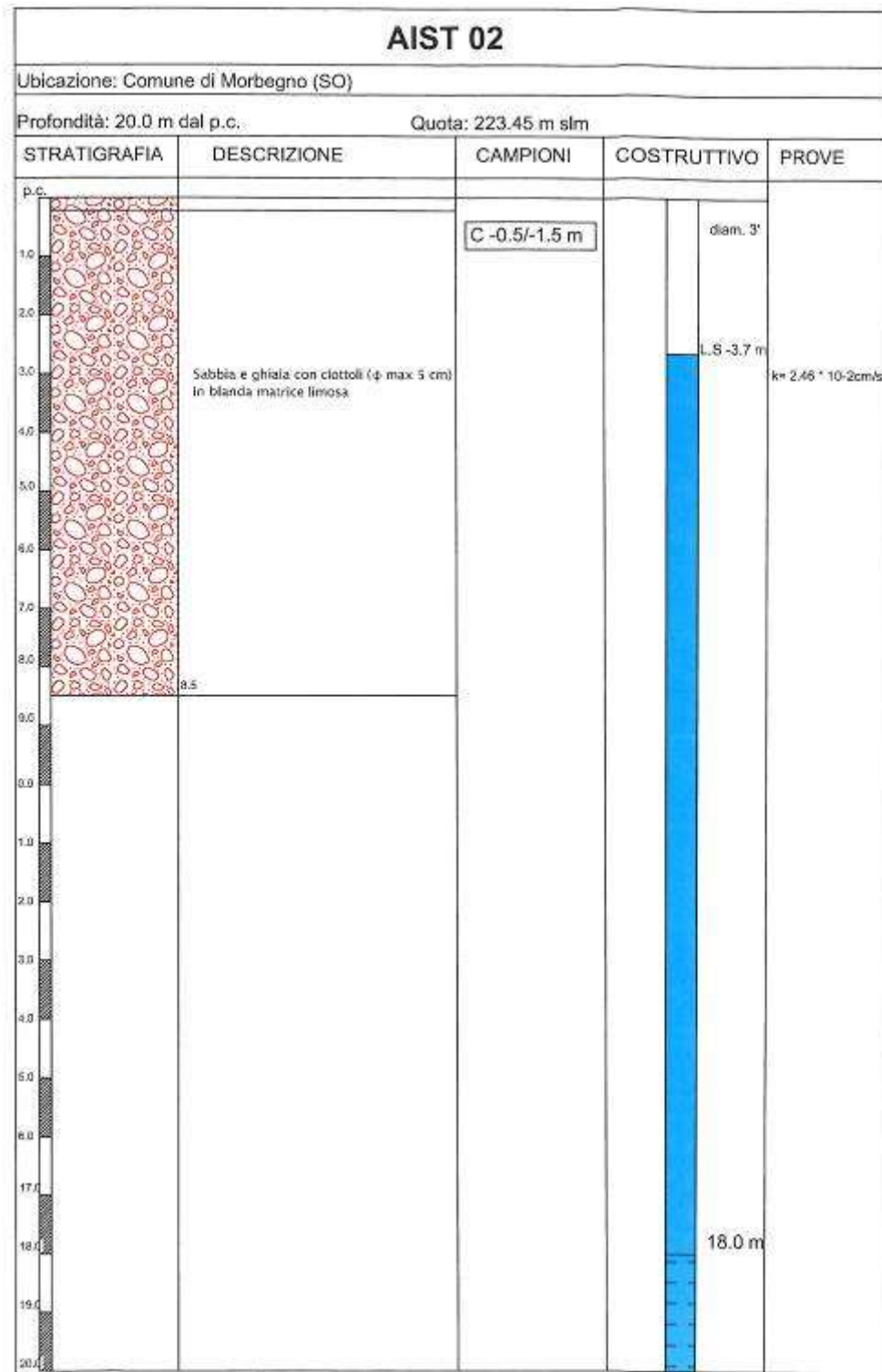


Fig. 4.11 AIST 02 0 - 5.0 m



Fig. 4.12 AIST 02 5.0 - 8.0 m





**Fig. 4.13 AIST 02 Stratigrafia**

### 4.2.3 Piezometro AIST 03

Caratteristiche costruttive del piezometro	
Identificativo	AIST 03
Modalità di perforazione	Rotazione a carotaggio continuo fino a -7.0 m a distruzione di nucleo fino a -15 m
Sonda utilizzata	ATLAS
Profondità	-15 m dal p.c.
Fluido di perforazione	Acqua/Aria
Diametro perforazione	178 mm
Diametro piezometro	4'
Posizione fenestrature	-7 / 15 m
Caratteristiche chiusino	Cilindrico in PVC diam. 168 mm, chiuso con lucchetto
Livello statico	-6.57 m bocca pozzo, -6.23 m dal p.c.
Quota assoluta falda	256.39 m slm



Fig. 4.14 AIST 03 terebrazione

Stratigrafia AIST 03	
Unità	Quota dal p.c.
Sabbia e ghiaia con ciottoli ( $\phi$ max 5 cm) in blanda matrice limosa	0 - 0.7 m
Trovanti	0.7 - 1.3 m
Sabbia e ghiaia in abbondante matrice limosa	1.3 - 3.2 m
Limo sabbioso	3.2 - 4.5 m
Argilla limosa	4.5 - 5.0 m
Ghiaia e sabbia con ciottoli e blocchi in matrice limosa	5.0 - 8.0 m

La perforazione è stata eseguita a carotaggio continuo fino a circa 8 m dal p.c.. Più in profondità, avendo rinvenuto la presenza di trovanti difficilmente carotabili, si è proseguito a distruzione di nucleo.



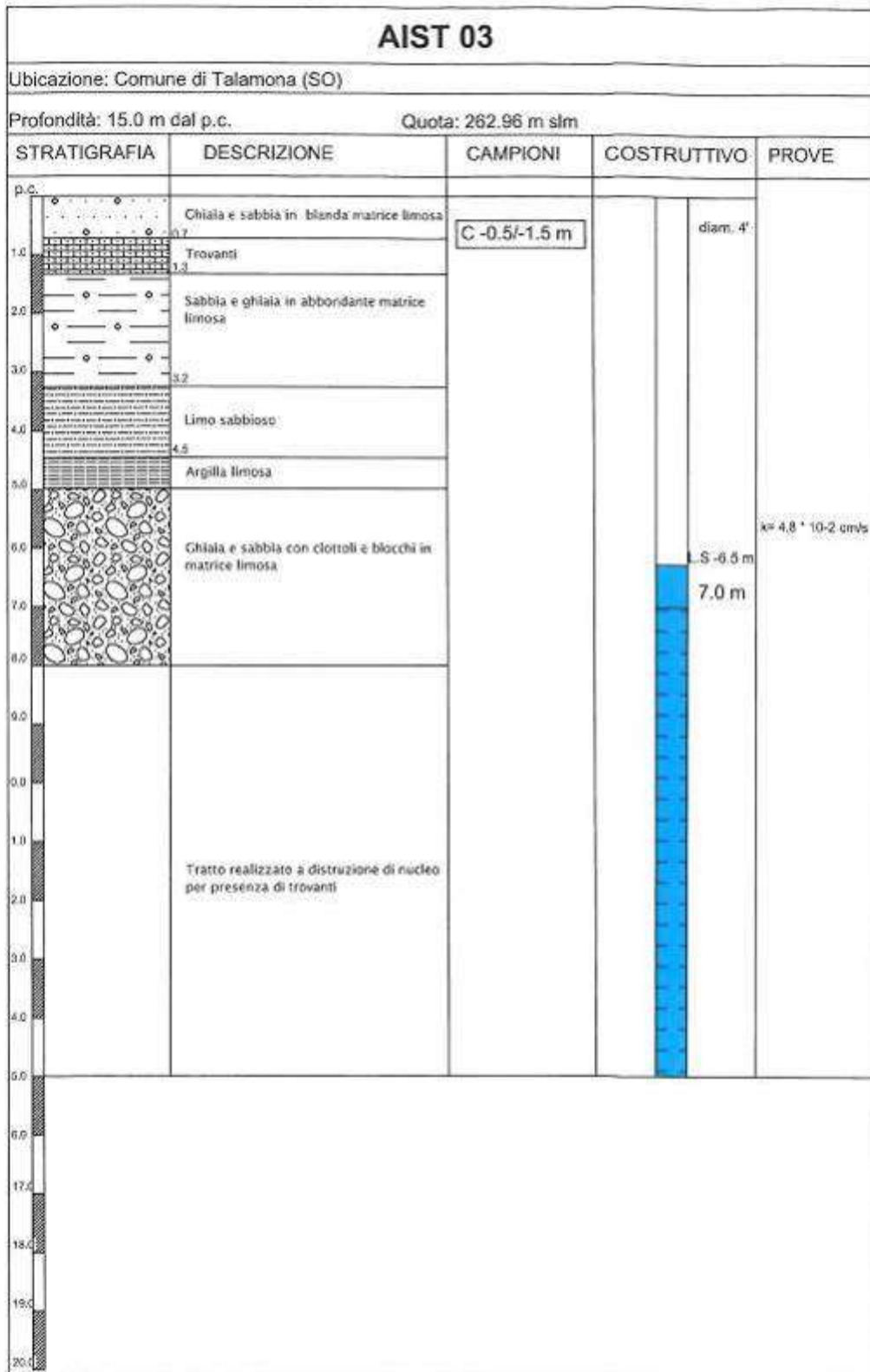


Fig. 4.15 AIST 03 0 - 5.0 m



Fig. 4.16 AIST 03 5.0 - 8.0 m





**Fig. 4.17 AIST 03 -Stratigrafia**

#### 4.2.4 Piezometro AIST 04

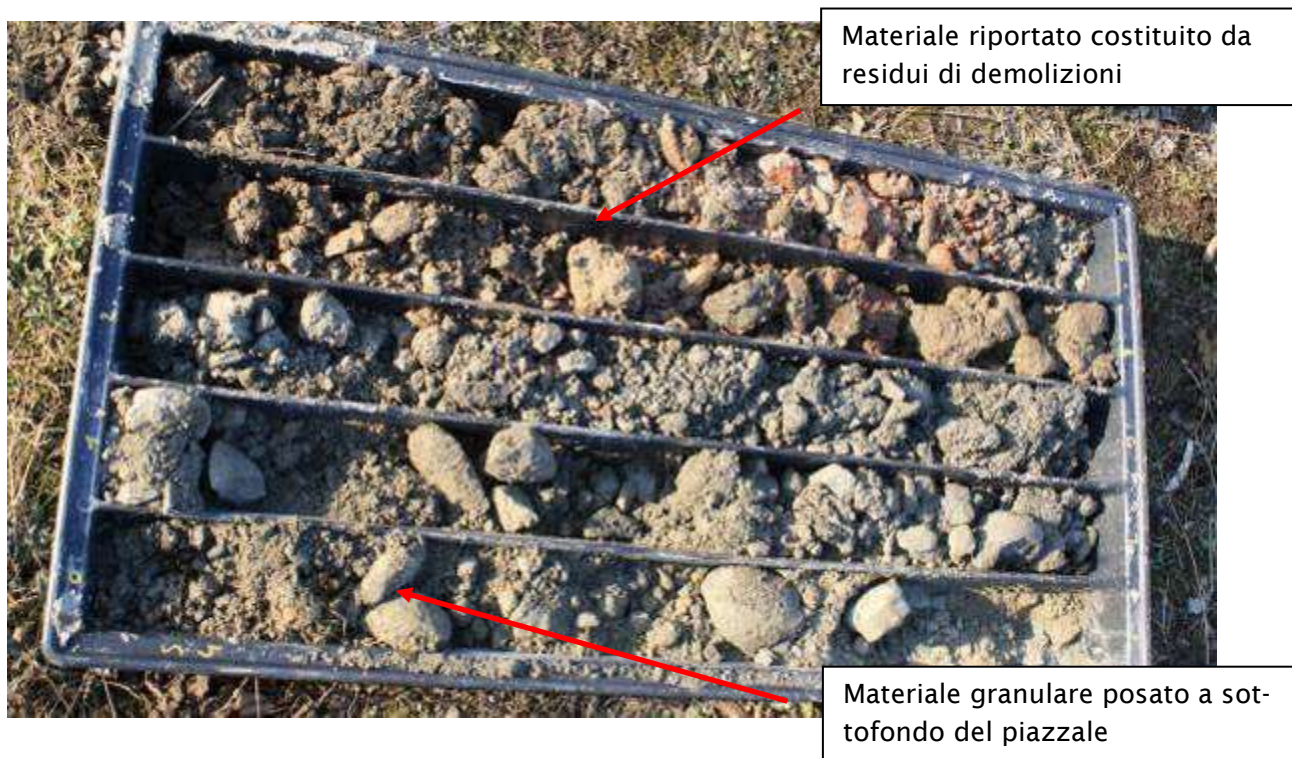
Caratteristiche costruttive del piezometro	
Identificativo	AIST 04
Modalità di perforazione	Rotazione a carotaggio continuo fino a -12.0 m a distruzione di nucleo fino a -15 m
Sonda utilizzata	Beretta T44
Profondità	-15 m dal p.c.
Fluido di perforazione	Acqua
Diametro perforazione	127 mm
Diametro piezometro	3'
Posizione fenestrate	-11 / 15 m
Caratteristiche chiusino	Cilindrico in PVC diam. 168 mm, chiuso con lucchetto
Livello statico	-11.57 m bocca pozzo, -11.42 m dal p.c.
Quota assoluta falda	250.81 m slm



**Fig. 4.18 AIST 04 spurgo**

<b>Stratigrafia AIST 04</b>	
<b>Unità</b>	<b>Quota dal p.c.</b>
Materiale di riporto	0 - 5.0 m
Sabbia e ghiaia con ciottoli e blocchi	5.0 - 12 m

Si sottolinea che tutta l'area del piazzale aziendale, che sarà interessata dall'installazione dell'area di cantiere n.5, è stata oggetto di riporto di materiale di scavo contenente in parte demolizioni, per uno spessore complessivo di 5 m.



**Fig. 4.19 AIST 04 0 - 5.0 m**

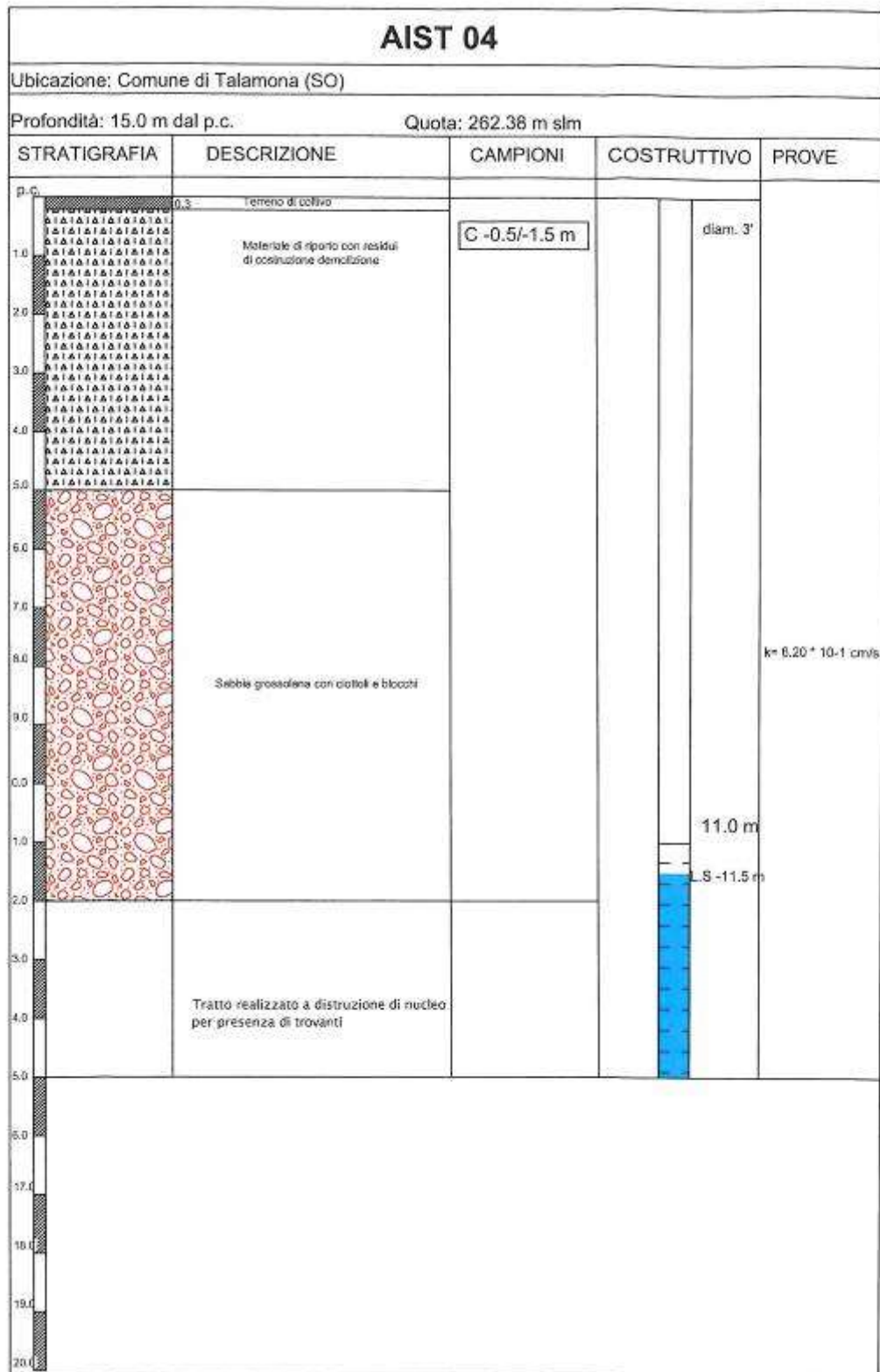




Fig. 4.20 AIST 04 5.0 - 10 m



Fig. 4.21 AIST 04 10 - 12 m



**Fig. 4.22 AIST 04 – Stratigrafia**

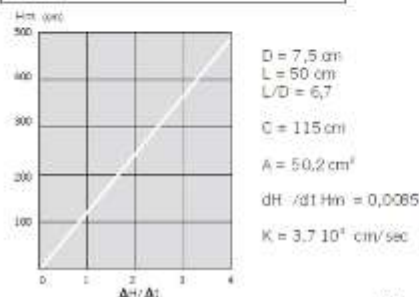
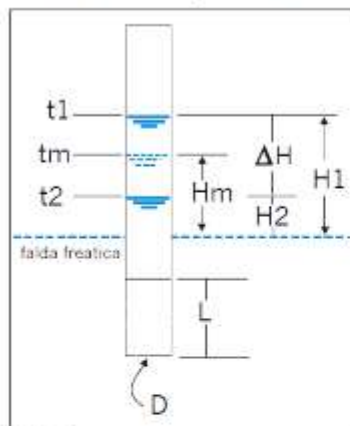
## 4.2.5 Caratterizzazione terreni di sondaggio: prove di permeabilità in situ

Come previsto dal PMA nel corso della realizzazione dei piezometri sono state eseguite prove di permeabilità in foro.

Le stesse (prove di permeabilità tipo Lefranc) consentono di valutare l'entità dell'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo, e di conseguenza il potenziale trascinarsi dei contaminati nell'insaturo.

A seconda delle modalità esecutive e delle caratteristiche granulometriche e tessiturali del terreno si distinguono in prove a carico costante e prove a carico variabile. Nel caso in esame, prevedendo una permeabilità alta, sono state effettuate prove a carico costante.

### Schema della prova Lefranc



(Idrogeologia: prove in situ)

Per le prove a carico costante la conducibilità idraulica è:

$$K = Q / C \Delta H$$

$Q$  = portata a regime (cm<sup>3</sup>/sec)

$H$  = carico idraulico a regime (cm)

$C$  = coefficiente di forma (cm), in funzione della tasca inferiore di diametro  $D$  e lunghezza  $L$

Per prove a carico idraulico variabile la conducibilità idraulica è:

$$K = A dH / C dt H_m$$

$A$  = area di base della tasca filtrante

$dH = H_2 - H_1$  = differenza di carico idraulico

$dt = t_2 - t_1$  = intervallo di tempo corrispondente a  $dH$

$H_m$  = carico idraulico corrispondente al tempo medio  $(t_1 + t_2) / 2$

$C$  = coefficiente di forma

Nel caso di foro aperto inferiore:

$$C = 2,85 D$$

Per una tasca sferica con  $L = D$ :

$$C = 2D\pi$$

Il grafico a sinistra indica la buona esecuzione della prova

Fig. 4.23 Prova Lefranc

In questo tipo di prova viene misurata la portata necessaria per mantenere costante il livello dell'acqua all'interno del foro di sondaggio.





**Fig. 4.24 Prova di permeabilità in foro**

La prova è stata eseguita all'interno del foro di sondaggio in corrispondenza dell'unità profonda ritenuta potenzialmente adeguata alla dispersione delle acque meteoriche.

**Tabella 4.2 - Esiti prove permeabilità in situ**

Sondaggio	Quota m dal p.c.	K cm/s
AIST 01	-3.0 m	$5.48 * 10^{-2}$
AIST 02	-3.0 m	$2.46 * 10^{-2}$
AIST 03	-6.0 m	$4.8 * 10^{-2}$
AIST 04	-8.0 m	$6.20 * 10^{-1}$

Gli esiti della prova indicano valori elevati di permeabilità del terreno.

#### 4.2.6 Caratterizzazione terreni di sondaggio: analisi granulometriche

In allegato alla presente si riportano i Rapporti di prova delle analisi granulometriche effettuate per i quattro piezometri.

Le analisi sono state condotte dal laboratorio certificato ASACERT Geodrill s.r.l. avente sede in Comune di Treviolo (BG).

Di seguito si riportano sinteticamente gli esiti delle prove effettuate:

**Tabella 4.3 - Esiti analisi granulometriche**

ID. PUNTO	Profondità (m)	Denominazione	Coefficiente di Uniformità	Coefficiente di permeabilità cm/s
AIST 01	0.5 / 1.5 m	Sabbia con ghiaia limosa	$1.00 \cdot 10^2$	$1.69 \cdot 10^{-4}$
AIST 02	0.5 / 1.5 m	Sabbia con ghiaia limosa	$1.42 \cdot 10^2$	$3.48 \cdot 10^{-3}$
AIST 03	2.0/ 3.0 m	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa	$2.9 \cdot 10$	$4 \cdot 10^{-4}$
AIST 04	0.5 / 1.5 m	Sabbia con ghiaia limosa	$1.44 \cdot 10^2$	$2.56 \cdot 10^{-4}$



## 4.3 Analisi chimico-fisiche acque sotterranee

Il campionamento delle acque sotterranee è stato eseguito in due campagne: il 12 febbraio 2015 sono stati campionati i punti AIST 01, AIST 02 ed AIST 04 unitamente al pozzo Eliporto (denominato AIST 03 Eliporto).

Il 26 giugno 2015, a seguito della realizzazione del punto AIST 03, è stato campionato lo stesso unitamente all'AIST 04, corrispettivo di valle.

Di seguito sono riportati i dati di campionamento distinguendo le due campagne eseguite.

### 4.3.1 Campionamento piezometri

Prima dell'avvio delle operazioni di spurgo si è provveduto alla misura del livello statico della falda mediante freatimetro.

Una volta accertato il livello della falda sono state avviate le operazioni di spurgo. Allo scopo è stata utilizzata una pompa Grundfos MP1 alimentata con generatore esterno.

Di seguito si riportano i dati di spurgo.

**Tabella 4.4 - Dati di spurgo campagna febbraio 2015**

ID PUNTO	Pompa utilizzata	Quota di posizionamento della pompa	Portata di spurgo	Tempo di spurgo	Volume spurgato	Ricambi di acqua nel piezometro
AIST 01	Grundfos MP1	-6.0 m dal p.c.	8 l/min	40'	320 l	9
AIST 02	Grundfos MP1	-18.0 m dal p.c.	8 l/min	50'	400 l	5
AIST 04	Grundfos MP1	-13.0 m dal p.c.	8 l/min	40'	320 l	8

Lo spurgo è stato protratto fino alla completa stabilizzazione dei parametri qualitativi generali.



**Fig. 4.25** Spurgo piezometro

**Tabella 4.5 - Dati di spurgo campagna giugno 2015**

ID PUNTO	Pompa utilizzata	Quota di posizionamento della pompa	Portata di spurgo	Tempo di spurgo	Volume spurgato	Ricambi di acqua nel piezometro
AIST 03	Grundfos MP1	-8.0 m dal p.c.	8 l/min	40'	320 l	5
AIST 04	Grundfos MP1	-12.0 m dal p.c.	9 l/min	30'	270 l	6

Il campionamento è stato eseguito in accordo con quanto prescritto da PMA.

### 4.3.2 Parametri chimico-fisico in situ

Di seguito sono sinteticamente riportati i dati finali stabilizzati dei vari piezometri e rilevati mediante:

- Sonda portatile modello WTW 3410 set. 5 per la misurazione del ossigeno disciolto
- Sonda portatile modello Ponsel Actéon 3000 per conducibilità, pH, T e Redox

**Tabella 4.6 - Parametri in situ campagna febbraio 2015**

	Conducibilità μS/cm	pH	T °C	Redox mV	Ossigeno mg/l
AIST 01	52	7.3	11.7	195	8.91
AIST 02	66.9	6.2	10.6	251	8.1
AIST 04	112	5.9	10.8	242	8.46

**Tabella 4.7 - Parametri in situ campagna giugno 2015**

	Conducibilità μS/cm	pH	T °C	Redox mV	Ossigeno mg/l
AIST 03	177	6.14	11.67	155	8.2
AIST 04	158	7.4	12.2	55	8.1



**Fig. 4.26 Determinazione parametri con sonda multiparametrica**

### 4.3.3 Parametri chimici determinati in laboratorio

La tabella seguente sintetizza i parametri definiti da PMA e le metodiche utilizzate nell'analisi.

**Tabella 4.8 - prove chimiche previste in laboratorio e metodica corrispondente**

PARAMETRO	U.M.	METODICA
Nitrati	mg/l	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Cloruri	mg/l	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Solfati	mg/l	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003
Arsenico	µg/l	EPA 6020A 2007
Ferro	µg/l	EPA 6020A 2007
Cadmio	µg/l	EPA 6020A 2007
Cromo totale	µg/l	EPA 6020A 2007
Cromo VI	µg/l	APAT CNR IRSA 3150C Man 29 2003
Mercurio	µg/l	EPA 7473 2007
Nichel	µg/l	EPA 6020A 2007
Piombo	µg/l	EPA 6020A 2007
Alluminio	µg/l	EPA 6020A 2007
Calcio	µg/l	APAT CNR IRSA 3010 (Met.A, Met. B) Man 29 2003 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Sodio	µg/l	APAT CNR IRSA 3010 (Met.A, Met. B) Man 29 2003 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Magnesio	µg/l	APAT CNR IRSA 3010 (Met.A, Met. B) Man 29 2003 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Manganese	µg/l	EPA 6020A 2007
Rame	µg/l	EPA 6020A 2007
Zinco	µg/l	EPA 6020A 2007
BTEX	µg/l	EPA 5030C 2003 + EPA 8260C 2006
Idrocarburi totali	µg/l	APAT CNR IRSA 5160B2 Man 29 2003

PARAMETRO	U.M.	METODICA
Tensioattivi non-ionici	mg/l	UNI 10511-1:1996 + A1:2000
Tensioattivi anionici	mg/l	APAT CNR IRSA 5170 Man 29 2003
TOC	mg/l	APAT CNR IRSA 5040 Man 29 2003

Di seguito si riportano gli esiti delle analisi chimiche effettuate.

**Tabella 4.9 - risultati analisi di laboratorio campagna febbraio 2015**

DESCRIZIONE CAM- PIONE	U.M.	AIST 01	AIST 02	AIST 03 Eliporto	AIST 04	CSC tabella 2 All.5 parte IV D. Lgs. 152/06
(#) Total Organic Car- bon (TOC)	mg/L	0,5	0,5	0,6	0,5	
Alluminio	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	200
Arsenico	µg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	10
BTEX	µg/L					
(Benzene)	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	1
(Etilbenzene)	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	50
(Toluene)	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	15
((m,p)-xilene)	µg/L	< 2	< 2	< 2	< 2	10
((o)-xilene)	µg/L	< 1	< 1	< 1	< 1	10
Cadmio	µg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	5
Calcio	mg/L	16	8	24	26	
Cloruri	mg/L	1	1	3	3	
Cromo	µg/L	0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	50
Cromo esavalente	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	5
Ferro	µg/L	6,1	< 5	< 5	< 5	200
Idrocarburi totali	µg/L	< 100	< 100	< 100	< 100	350
Magnesio	mg/L	1	2	7	4	
Manganese	µg/L	19,4	6,7	< 5	10,5	50

DESCRIZIONE CAM- PIONE	U.M.	AIST 01	AIST 02	AIST 03 Eliporto	AIST 04	CSC tabella 2 All.5 parte IV D. Lgs. 152/06
Mercurio	µg/L	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1
Nichel	µg/L	1,6	1,1	2,2	2,2	20
Nitrati	mg/L	2,8	4,1	3,6	6,1	
Piombo	µg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	10
Rame	µg/L	< 5	< 5	< 5	< 5	1000
Sodio	mg/L	2	2	4	4	
Solfati	mg/L	9	10	16	16	250
Tensioattivi anionici MBAS	mg/L	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	
Tensioattivi non ionici TAS	mg/L	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
Zinco	µg/L	27	14	109	36,8	3000

L'AIST 02 si configura come punto di monte dell'AIST 01, la verifica tra i due punti, oltre alla valutazione delle caratteristiche locali delle acque sotterranee, è finalizzata all'individuazione, nel tempo, di eventuali possibili alterazioni dell'ambiente idrico sotterraneo indotte dalla realizzazione delle opere.

I due piezometri presentano caratteristiche idrochimiche sostanzialmente comparabili. Concentrazioni tendenzialmente maggiori di alcuni metalli, comunque conformi ai limiti, (Ferro, Zinco, Nichel) si rinvenivano nell'AIST 01. Tale differenze potrebbero essere imputabili alla vicinanza del torrente Bitto all'AIST 02.

Per ciò che attiene alla componente organica (BTEX ed Idrocarburi totali) in entrambi i piezometri non si rinvenivano concentrazioni superiori alla rilevabilità strumentale.

Tabella 4.10 - risultati analisi di laboratorio campagna giugno 2015

DESCRIZIONE CAMPIONE	U.M.	AIST 03	AIST 04	CSC tabella 2 All.5 parte IV D. Lgs. 152/06
(#) Total Organic Carbon (TOC)	mg/L	0,4	0,2	
Alluminio	µg/L	<5	<5	200
Arsenico	µg/L	<0,5	<0,5	10
BTEX	µg/L			
(Benzene)	µg/L	<0,05	<0,05	1
(Etilbenzene)	µg/L	<0,05	<0,05	50
(Toluene)	µg/L	<0,05	<0,05	15
((m,p)-xilene)	µg/L	<0,1	<0,1	10
((o)-xilene)	µg/L	<0,05	<0,05	10
Cadmio	µg/L	<0,5	<0,5	5
Calcio	mg/L	27	26	
Cloruri	mg/L	3	3	
Cromo	µg/L	<0,5	<0,5	50
Cromo esavalente	µg/L	<5	<5	5
Ferro	µg/L	<5	<5	200
Idrocarburi totali	µg/L	<100	<100	350
Magnesio	mg/L	8	6	
Manganese	µg/L	22,8	<5	50
Mercurio	µg/L	<0,3	<0,3	1
Nichel	µg/L	1,7	1,2	20
Nitrati	mg/L	6,4	7,1	
Piombo	µg/L	<0,5	<0,5	10
Rame	µg/L	<5	<5	1000
Sodio	mg/L	3	4	
Solfati	mg/L	18	17	250
Tensioattivi anionici MBAS	mg/L	<0,1	<0,1	

DESCRIZIONE CAMPIONE	U.M.	AIST 03	AIST 04	CSC tabella 2 All.5 parte IV D. Lgs. 152/06
Tensioattivi non ionici TAS	mg/L	<0,5	<0,5	
Zinco	µg/L	20,9	23,6	3000

L'AIST 03 si configura come punto di monte dell'AIST 04.

I due piezometri presentano caratteristiche idrochimiche del tutto analoghe con la sola eccezione del Manganese significativamente più elevato nell'AIST 04.

Anche dal confronto dell'AIST 04 con la precedente campagna del febbraio 2015 non si rilevano rilevanti differenze.



## 5. Atmosfera

La finalità del monitoraggio di tale componente è rivolta principalmente alla determinazione della concentrazione degli inquinanti atmosferici che originano dalle lavorazioni di cantiere e dall'esercizio dell'infrastruttura. La fase ante operam si pone pertanto l'obiettivo di stabilire lo status-quo della qualità dell'aria per quanto riguarda i parametri individuati come rappresentativi delle successive fasi di corso d'opera e post-operam.

Il monitoraggio dei parametri chimici è completato dal rilevamento dei parametri meteorologici necessari a caratterizzare lo stato di qualità dell'aria.

### 5.1 Ubicazione punti di campionamento

L'ubicazione esecutiva dei punti di monitoraggio è sintetizzata nella tabella seguente.

**Tabella 5.1 - ubicazione effettiva punti di monitoraggio ATMO**

ID PUNTO	Comune	Coordinate Geografiche	Descrizione	Variazioni rispetto a PMA
ATMO 01	Cosio Valtellino	46° 8'20.12"N; 9°32'39.83"E	Parcheggio del campo sportivo di Cosio Valtellino	Spostato 400 m a nord est
ATMO 02	Cosio Valtellino	46° 8'30.89"N, 9°33'10.69"E	Campo agricolo in via Adda	Coincidente
ATMO 03	Morbegno	46° 8'50.97"N, 9°35'28.22"E	Parcheggio pubblico in frazione Campovico	Spostato 170 m a sud ovest

La localizzazione del punto ATMO 01 è stata ridefinita in quanto la proprietà dell'area indicata nel PMA non ha consentito l'accesso e il posizionamento del mezzo.

La localizzazione del punto ATMO 03 è stata ridefinita per mancanza di spazio adeguato al posizionamento del mezzo mobile.

Entrambe le posizioni finali sono ricomprese in un raggio di 500 metri e sostanzialmente analoghe alle precedenti in termini di qualità dell'aria.

Postazione ATMO\_01 Comune di Cosio Valtellino in Via alla Colonia presso il centro sportivo comunale

Altitudine 217 s.l.m.



**Fig. 5.1** Postazione ATMO\_01

Il laboratorio mobile è stato installato nei pressi del parcheggio a sud dal campo da calcio. Nell'intorno della postazione si riscontrano quasi esclusivamente coltivi e aree boscate. Nelle immediate vicinanze non si segnalano infrastrutture stradali importanti.

Postazione ATMO 02 Comune di Cosio Valtellino in Via Adda presso un campo agricolo  
Altitudine 220 s.l.m.



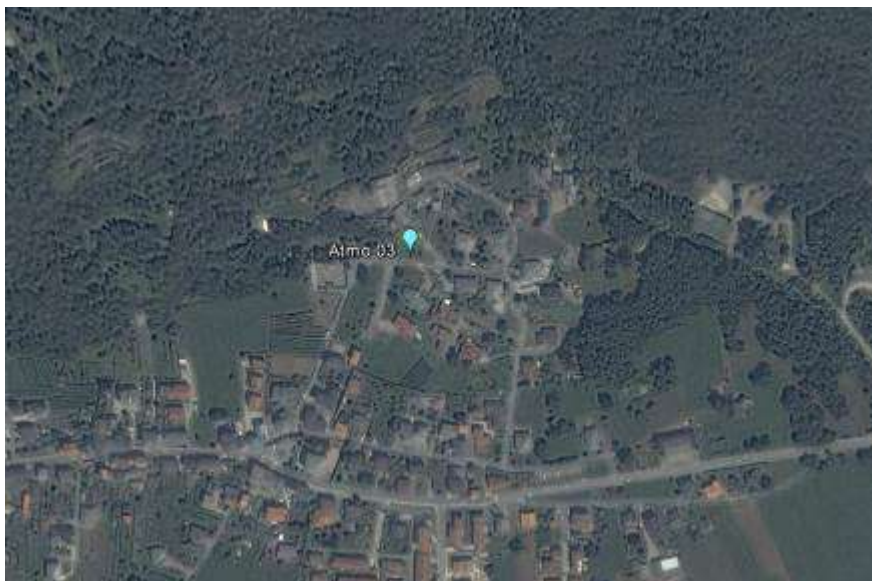
Fig. 5.2 Postazione ATMO\_02



La seconda postazione è ricavata nei pressi di una cascina: nell'intorno si evidenziano coltivi, stalle e qualche attività produttiva in direzione nord. Nelle immediate vicinanze non si segnalano infrastrutture stradali trafficate.

Postazione ATMO\_03 Comune di Morbegno Frazione Campovico via Roma nei pressi del cimitero.

Altitudine 260 s.l.m.



**Fig. 5.3** Postazione ATMO\_03

La posizione Atmo\_03 è stata ricavata in un'area pubblica limitrofa al cimitero. La morfologia del terreno evidenzia un forte pendio in direzione nord. Nell'intorno oltre a coltivi il territorio è caratterizzato da aree boscate e residenze della frazione Campovico.

I comuni di Morbegno e Cosio Valtellino sono inseriti nella **zona C2** della DGR 5290/07 e quindi caratterizzati da:

- Concentrazioni di PM10 in genere limitate
- Minore densità di emissione di PM10 primario, NOx e COV
- Importanti emissioni di COV biogeniche
- Orografia alpina
- Situazione meteorologica favorevole alla dispersione degli inquinanti
- Bassa densità abitativa.

La zona C2 corrisponde alle aree meno critiche individuate sul territorio da Regione Lombardia.

## 5.2 Modalità di conduzione delle misure

Il monitoraggio è stato condotto nei seguenti periodi:

**Tabella 5.2 - tempistiche monitoraggio**

ATMO_01	Dal 28/01/15 al 24/02/15
ATMO_02	Dal 13/01/15 al 09/02/15
ATMO_03	Dal 28/12/14 al 26/01/15

Durante questi periodi i laboratori mobili hanno registrato in continuo una serie di parametri meteo e chimico-fisici raccogliendo dati computati su medie orarie.

I parametri PM10 e PM 2.5 sono stati campionati a parte con mediazione giornaliera, come previsto dalle specifiche norme di riferimento. Inoltre i parametri Benzo(a)pirene e Levoglucosano sono stati valutati come media di tutto il periodo di monitoraggio per ogni postazione.

## 5.3 Parametri rilevati e caratteristiche del laboratorio mobile

I parametri rilevati con i laboratori mobili sono i seguenti:

1. Ossidi d'azoto (NO<sub>x</sub>)
2. PM 10
3. PM 2.5
4. Benzo(a)pirene
5. Levoglucosano
6. Temperatura
7. Umidità relativa
8. Velocità e direzione del vento
9. Pressione atmosferica
10. Irraggiamento solare
11. Precipitazioni

### 5.3.1 Strumentazione

I mezzi sono dotati di impianto di condizionamento in grado di garantire:

- +20 °C con T esterna di -10 °C.
- +20 °C e 50% di UR, con T esterna di 32-36 °C e UR del 70%.

I sistemi di prelievo sono molteplici permettendo così il campionamento parallelo degli ossidi d'azoto e delle due frazioni delle polveri.

### 5.3.2 Sensori Meteo

I sensori sono posti su un'antenna porta strumenti elevabile a un'altezza da terra fino a 9 mt.

Vengono determinati i seguenti parametri:

- Velocità dell'aria con un anemometro a tre coppe paraboliche. Trattasi di un anemometro a forza, funzionante in base alla differenza di pressione che si crea all'interno della superficie della coppa ortogonale alla direzione del vento e quella sulla superficie esterna a 120° dalla direzione del vento. Tale differenza di pressione crea una forza che fa girare le coppe. Dal numero di giri è calcolata la velocità del vento.
- Direzione del vento tramite una banderuola dotata di una superficie che si dirige parallelamente al vento. Un potenziometro legge la direzione.
- Temperatura tramite termocoppia che misura la variazione di resistenza elettrica della sonda al variare della temperatura, nota la resistività della sonda si risale al valore del parametro.

- Umidità con sensore tipo a cappello SRHS. Lo strumento ha come elemento sensibile un condensatore la cui capacità varia proporzionalmente al variare dell'umidità ambientale. Il sensore è di tipo completamente elettronico e restituisce una risposta di tipo lineare.
- Irraggiamento solare con sistema Starpyranometer che misura il differente riscaldamento di settori affiancati, uno nero adsorbente la luce, l'altro bianco riflettente, la differenza consente di risalire al valore d'irraggiamento solare.
- Pressione atmosferica tramite un liquido sensibile alla pressione che spinge una molla legata a un trasduttore.
- Precipitazioni mediante imbuto di raccolta che convoglia l'acqua in una bilancia oscillante di tipo magnetico. La bilancia è composta da due contenitori tarati collegati ad un contrappeso. Al superamento della soglia di peso, si chiude il contatto magnetico e si incrementa lo step per la registrazione dei dati. Il numero di ribaltamenti della bilancia risulta così proporzionale all'intensità della pioggia.

### 5.3.3 Parametri Chimici

#### Ossidi d'azoto.

Per la determinazione degli ossidi d'azoto si utilizza un metodo a chemiluminescenza. Il metodo si basa sulla reazione chimica tra il monossido d'azoto e l'ozono, capace di produrre una luminescenza caratteristica, d'intensità proporzionale alla concentrazione di NO. Un apposito rivelatore permette di misurare l'intensità della radiazione luminosa prodotta. La reazione è specifica per il monossido d'azoto; per misurare il biossido, invece, bisogna ridurlo a monossido, attraverso un convertitore al molibdeno. L'analizzatore è automaticamente predisposto per rilevare sia il monossido d'azoto sia il biossido d'azoto. L'unità di misura con la quale sono espresse le concentrazioni di ossidi d'azoto è il microgrammo al metro cubo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### Polveri PM10 e PM2,5

L'aria viene fatta passare, con l'aiuto di un campionatore, su membrane filtranti precedentemente tarate in laboratorio. La polvere che è accumulata sul supporto è in seguito pesata permettendo così di risalire alla concentrazione in aria ambiente (espressa in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). A monte delle membrane per ogni frazione ricercata vi è un selettore ciclonico in grado di separare le polveri secondo la loro granulometria. Alle membrane giungono così solo le polveri inferiori a 10 o 2,5 micron.

Sulle polveri campionate sono eseguiti approfondimenti riguardanti la presenza di levoglucosano (marker della combustione della legna) e IPA (in particolare benzo(a)pirene).

### 5.3.4 Range analitico degli strumenti

Le seguenti tabelle illustrano una sintesi delle caratteristiche degli strumenti e delle analisi utilizzate

**Tabella 5.3 Range analitico degli strumenti**

Parametro	UM	Cifre significative	Precisione
Direzione del vento	gradi da N	000	0-360 ± 0.5%
Velocità del vento	m/sec	00,0	0-50 ± 0.25 m/sec
Temperatura	°C	00,0	-50 - 80 °C ± 0.1 %
Umidità relativa	%	00,0	10-100 ± 2 %
Radiazione solare	watt/m2	000	0 -1300 ± 1,5 %
Pressione atmosferica	mbar	000	700-1100 ± 0.5 mbar
Pioggia	mm		0-300 mm/h ± 0.1 mm/h

Parametro	UM	Cifre significative	Range di misura e incertezza
NO	µg/m3	000	1-1200 µg/m3 ± 25%
NO2	µg/m3	000	1-500 µg/m3 ± 25%
PM10	µg/m3	000,0	1-150 ± 14%
PM2,5	µg/m3	000,0	1-120 ± 23%



In dettaglio gli strumenti installati sui laboratori mobili:

**Tabella 5.4 Strumenti utilizzati su laboratorio mobile ATMO 02**

ANALIZZATORE	COSTRUTTORE	MODELLO
ANALIZZATORE OSSIDI DI AZOTO PER CHEMI LUMINESCENZA	API	API200
PLUVIOMETRO	MICROS	PLUV
SENSORE PRESSIONE ATMOSFERICA	MICROS	BAR1
SENSORE RADIAZIONE SOLARE	MICROS	PIR
SENSORE TEMPERATURA ARIA	MICROS	STEP4/20
SENSORE UMIDITA' RELATIVA	MICROS	SRH
SENSORE VELOCITA' DIREZIONE VENTO	MICROS	SVDV0/2
UNITA' DI CAMPIONAMENTO PM2,5	ZAMBELLI	EXPLORER
UNITA' DI CAMPIONAMENTO PM10	STA	LECKEL

**Tabella 5.5 Strumenti utilizzati su laboratorio mobile ATMO 03 e 01**

ANALIZZATORE	COSTRUTTORE	MODELLO
ANALIZZATORE OSSIDI DI AZOTO PER CHEMI LUMINESCENZA	ENVIRONNEMENT SA	AC32M
PLUVIOMETRO	MICROS	PLUV
SENSORE PRESSIONE ATMOSFERICA	MICROS	BAR1
SENSORE RADIAZIONE SOLARE GLOBALE	MICROS	PIR
SENSORE TEMPERATURA ARIA	MICROS	STEP4/20
SENSORE UMIDITA' RELATIVA	MICROS	SRH
SENSORE VELOCITA' DIREZIONE VENTO	MICROS	SVDV0/2
UNITA' DI CAMPIONAMENTO PM2,5	ZAMBELLI	EXPLORER
UNITA' DI CAMPIONAMENTO PM10	TECORA	SKYPOST

Gli strumenti utilizzati nel monitoraggio sono stati tarati prima dell'inizio della campagna, alla fine e ogni 15 giorni di misura . Tutti i risultati dei controlli sono all'interno del range di accettabilità. I periodi di calibrazione sono stati eliminati dal computo delle medie orarie.

## 5.4 Risultati dei parametri meteorologici

L'analisi dei parametri meteorologici è indispensabile per comprendere la dinamica dell'atmosfera e per valutare soprattutto nel breve periodo l'incidenza degli inquinanti sulla qualità dell'aria. In linea generale possiamo affermare che l'accumulo d'inquinanti è favorito da venti scarsi e di direzioni poco variabili, dalla presenza di strati bassi d'inversione termica, dall'alta pressione, da scarse escursioni termiche e dall'assenza di piogge.

L'attività fotochimica, vale a dire la formazione d'inquinanti secondari, è invece favorita dal forte irraggiamento solare.

In genere nei periodi d'alta pressione i venti tendono a provenire da quote più alte e a schiacciare verso il suolo le masse d'aria, mentre nei periodi di bassa pressione i venti tendono a direzionarsi dal suolo verso quote alte.

Inoltre la direzione del vento è un parametro fondamentale per valutare la dispersione degli inquinanti e la loro origine.

### 5.4.1 Postazione ATMO 01

#### 5.4.1.1 Temperatura

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di misurazione espressi in °C:

**Tabella 5.4 ATMO 01 Valori di temperatura**

Media	Max	Minima
3	16	-3

Le escursioni termiche sono variate tra 2 e 15 °C.

#### 5.4.1.2 Umidità relativa e precipitazioni

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di misurazione espressa in %:

**Tabella 5.5 ATMO 01 Valori di umidità relativa**

Media	Max	Minima
66	99	12

Durante il monitoraggio si sono verificati 9 eventi di pioggia di media-bassa intensità, si contano 6 giorni con precipitazioni di almeno 1 mm. Il giorno più colpito da tale fenomeno risulta il 5 febbraio con un accumulo nelle 24h di 8 mm.

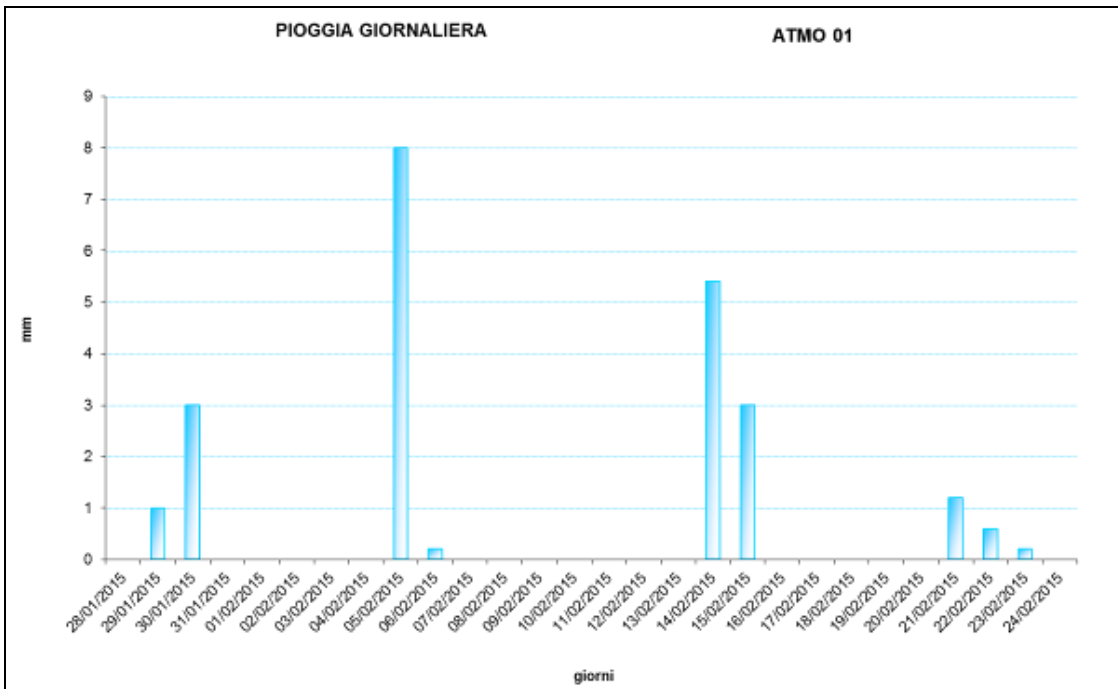


Fig. 5.4 ATMO\_01 mm pioggia giornalieri

### 5.4.1.3 Vento

La seguente immagine evidenzia la frequenza delle classi di vento e la provenienza percentuale (illustrata anche dalla rosa dei venti).

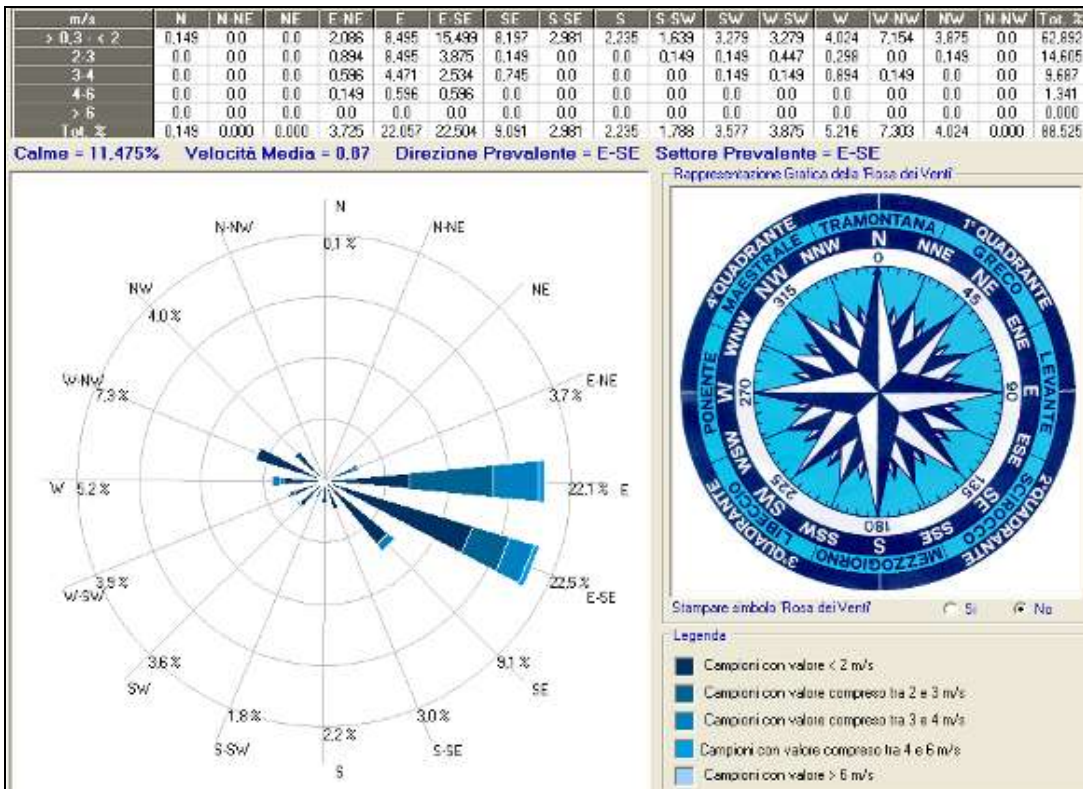


Fig. 5.5 ATMO\_01 distribuzione classi e rosa dei venti

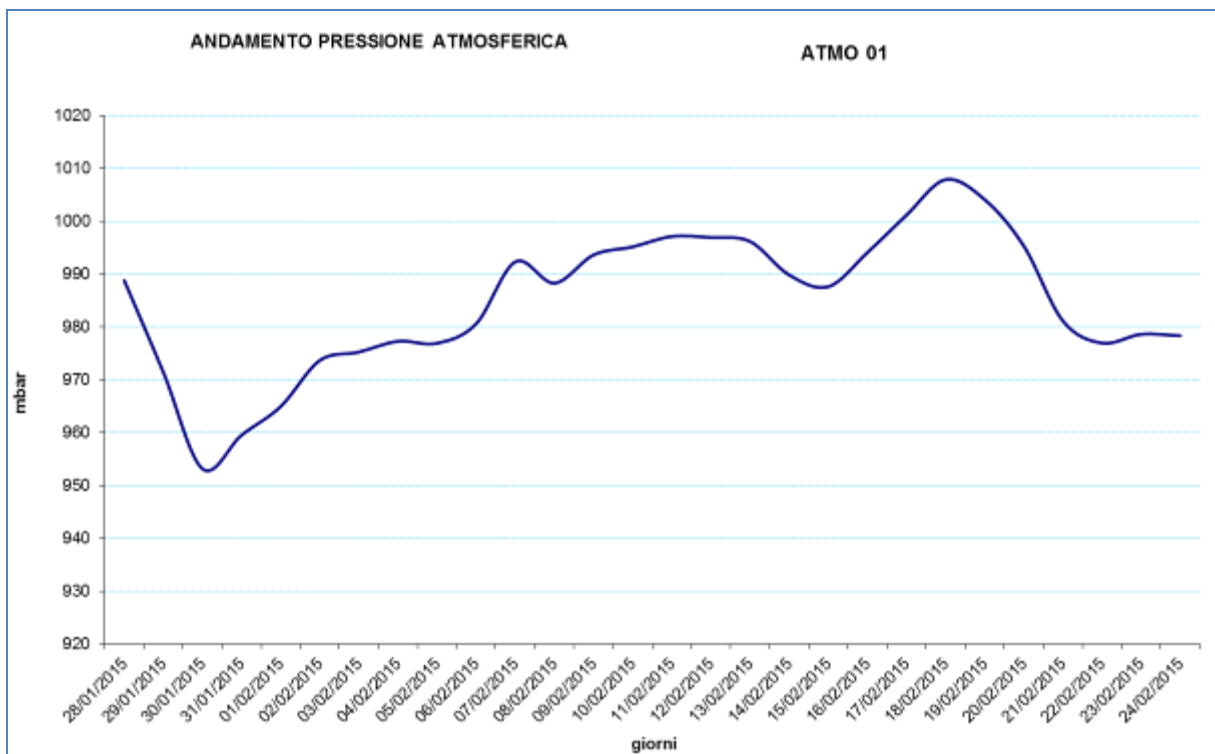
I venti sono stati di medio bassa intensità (media 0.9 m/s) con prevalenza da E-ES, parallela quindi alla direzione della valle. Non si evidenziano variazioni sostanziali nelle direzioni diurne/notturne.

#### 5.4.1.4 Pressione atmosferica

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazioni espresse in mbar.

**Tabella 5.6 ATMO01 Valori di pressione atmosferica**

Media	Max	Minima
985	1010	951



**Fig. 5.6 ATMO\_01 andamento pressione atmosferica**

La pressione è stata mediamente di 985 mbar, in corrispondenza del 30/1 si è misurata la media giornaliera minima della postazione ATMO 01 di 953 mbar.

### 5.4.1.5 Irraggiamento solare

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazione espresse in watt/m<sup>2</sup>.

Tabella 5.7 ATMO01 Valori di irraggiamento solare

Media	Max	Minima
68	500	1

L'irraggiamento è stato di media-bassa intensità. L'eliofania assoluta è l'insolazione, misurata in ore, che si verifica in una determinata località. Il periodo di misura è di bassa eliofania nel corso dell'anno; si sono registrate mediamente circa 6 ore/giorno. Questo è comunque indice di copertura nuvolosa frequente. Sono intese come ore d'insolazione quelle con più di 50 Watt/m<sup>2</sup> d'irraggiamento solare complessivo.

### 5.4.1.6 Andamento parametri meteo

L'andamento dei parametri meteorologici si riassume nei grafici seguenti.

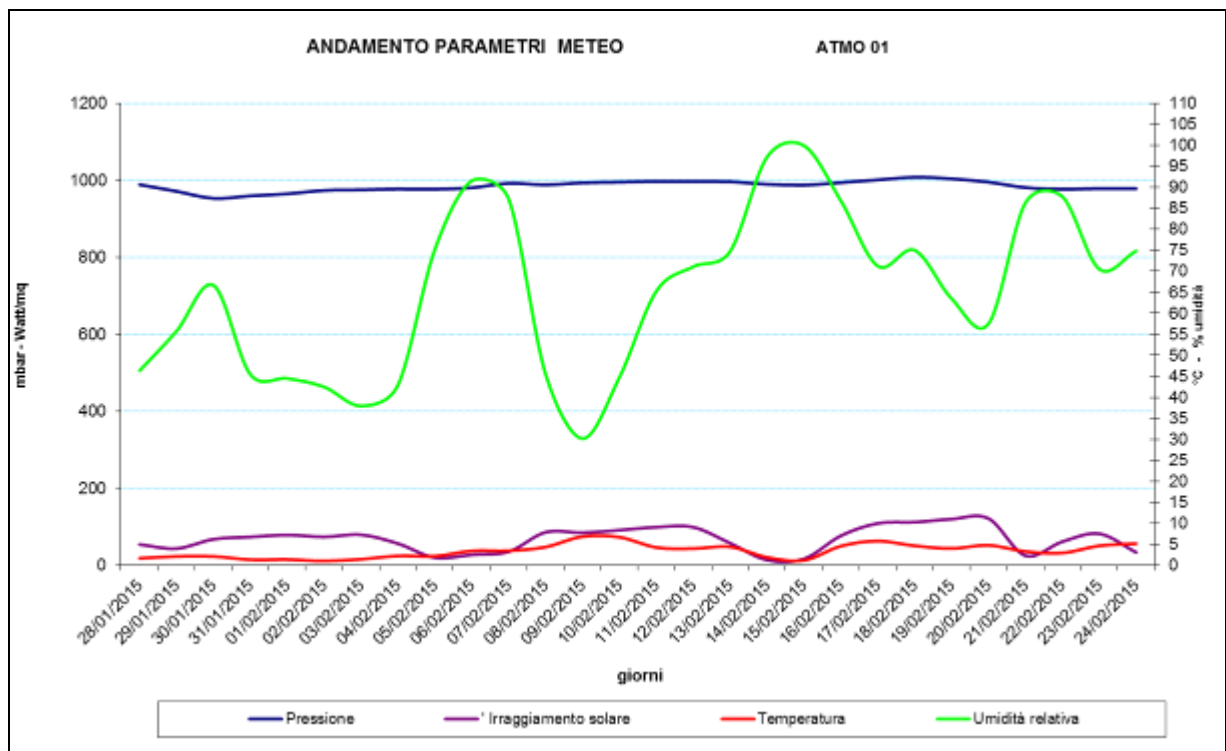
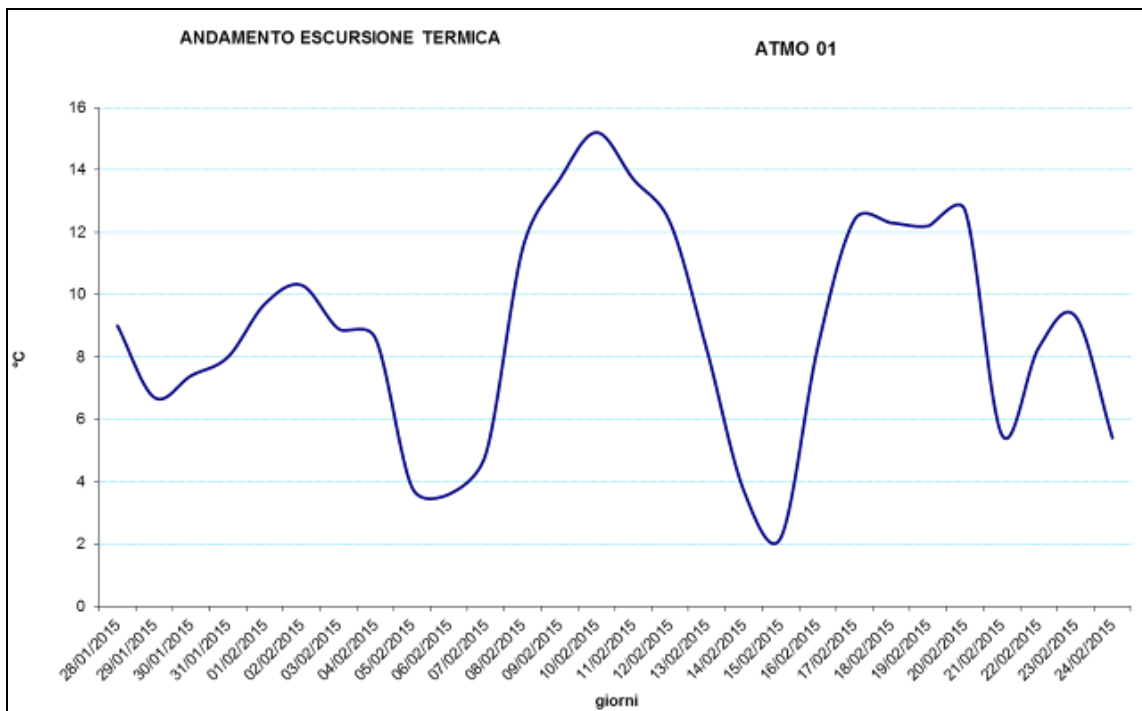
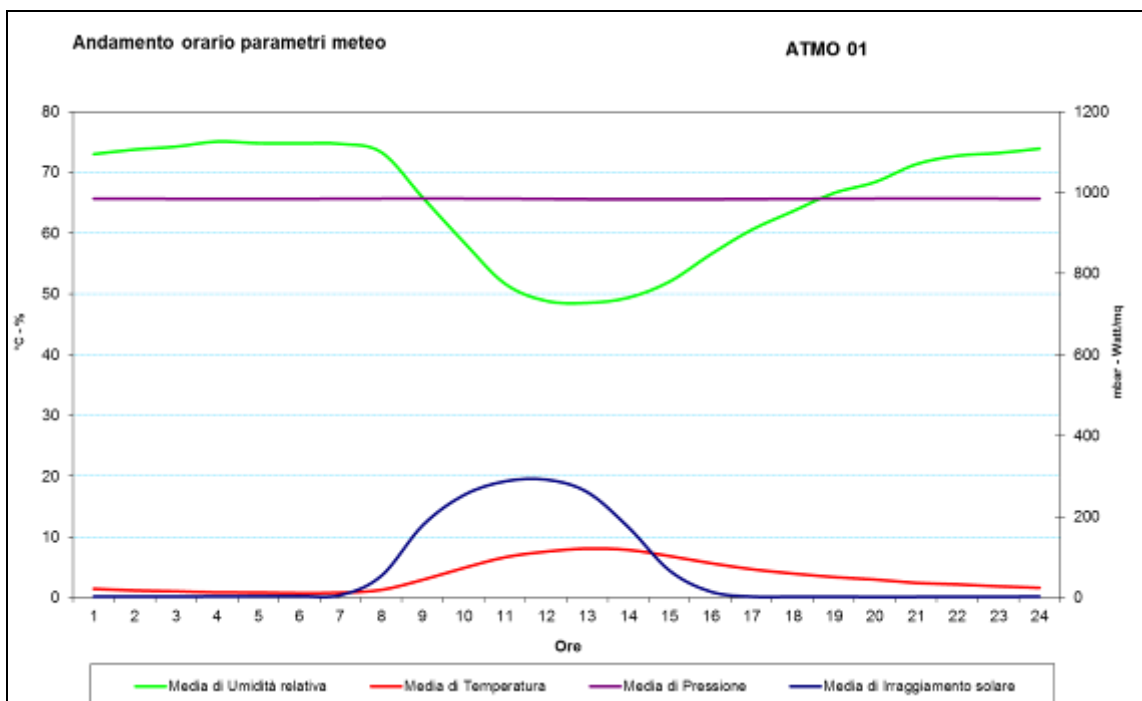


Fig 5.7 ATMO01 andamento medie giornaliere parametri meteo



**Fig 5.8 ATMO01 andamento escursioni termiche**

Si evidenzia la marcata escursione termica avvenuta il 15/02.



**Fig 5.9 ATMO01 parametri meteo giorno tipo**

L'ultimo grafico mostra le tipiche variazioni giornaliere per temperatura, irraggiamento e umidità.



## 5.4.2 Postazione ATMO 02

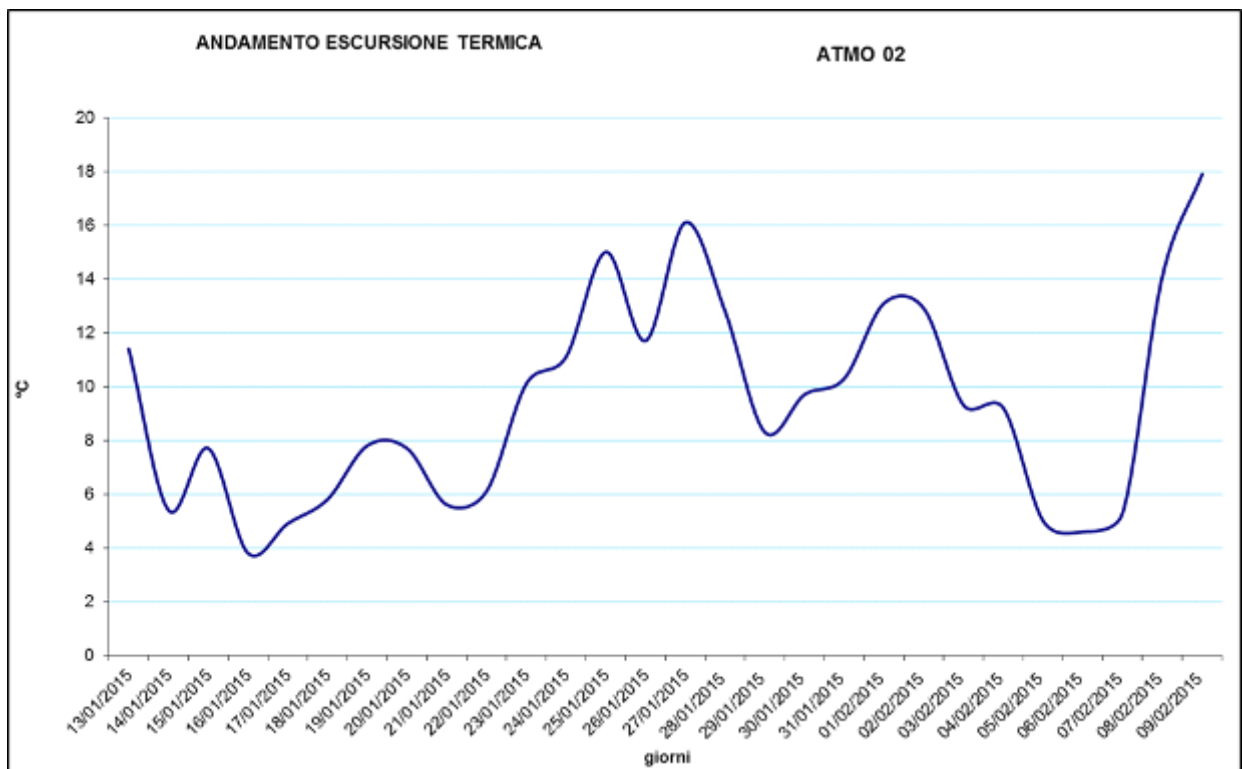
### 5.4.2.1 Temperatura

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di monitoraggio espressi in °C:

**Tabella 5.8 ATMO02 Valori di temperatura**

Media	Max	Minima
-1	13	-8

Le escursioni termiche sono variate tra 3,8 e 17.9 °C.



**Fig 5.10 ATMO02 andamento escursioni termiche**

I giorni con l'escursione termica più marcata sono stati il 25, 27 gennaio e il 09 febbraio.

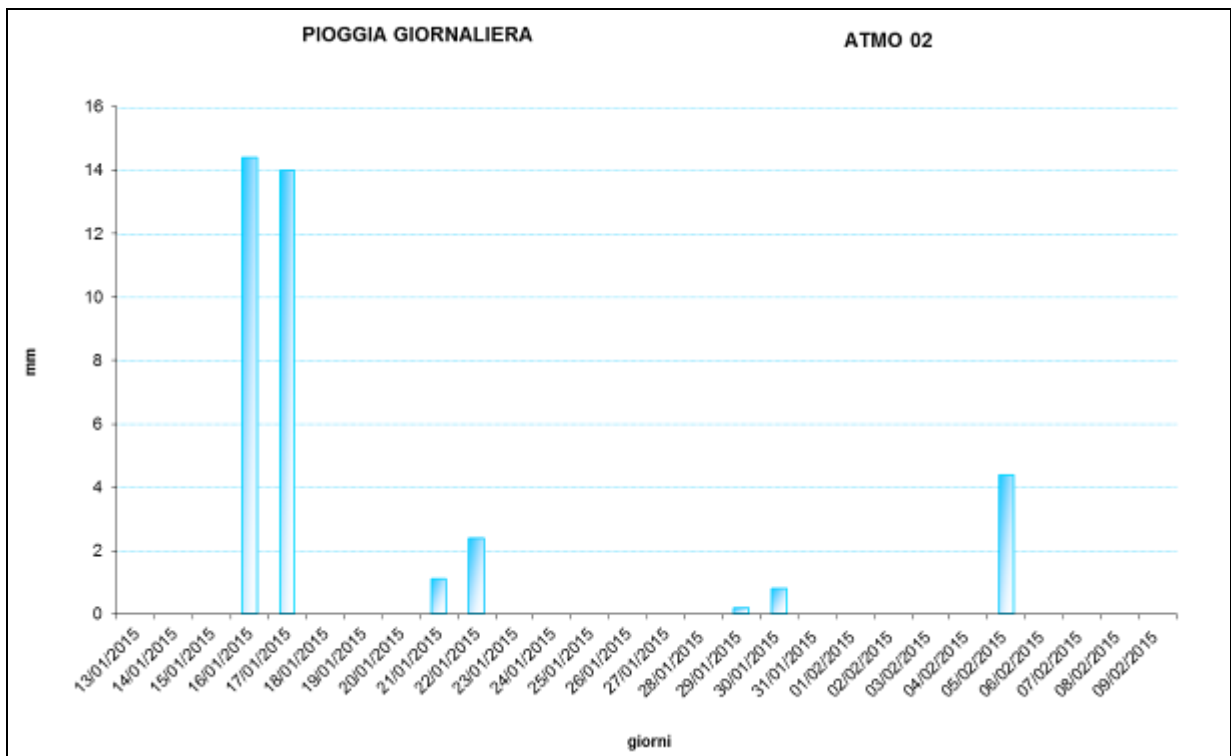
### 5.4.2.2 Umidità relativa e precipitazioni

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di misurazione espressa in %:

**Tabella 5.9 Valori di umidità relativa**

Media	Max	Minima
68	99	21

Durante il monitoraggio si sono verificati diversi eventi di pioggia di media intensità. Si contano 5 giorni con almeno 1 mm di pioggia durante il giorno. I giorni più colpiti da tale fenomeno risulta il 16 e 17 gennaio con un accumuli nelle 24h nell'ordine dei 14 mm.



**Fig 5.11 ATMO02 mm pioggia giornalieri**

### 5.4.2.3 Vento

La seguente tabella illustra i valori di velocità, provenienza visualizzati anche con la rosa dei venti.

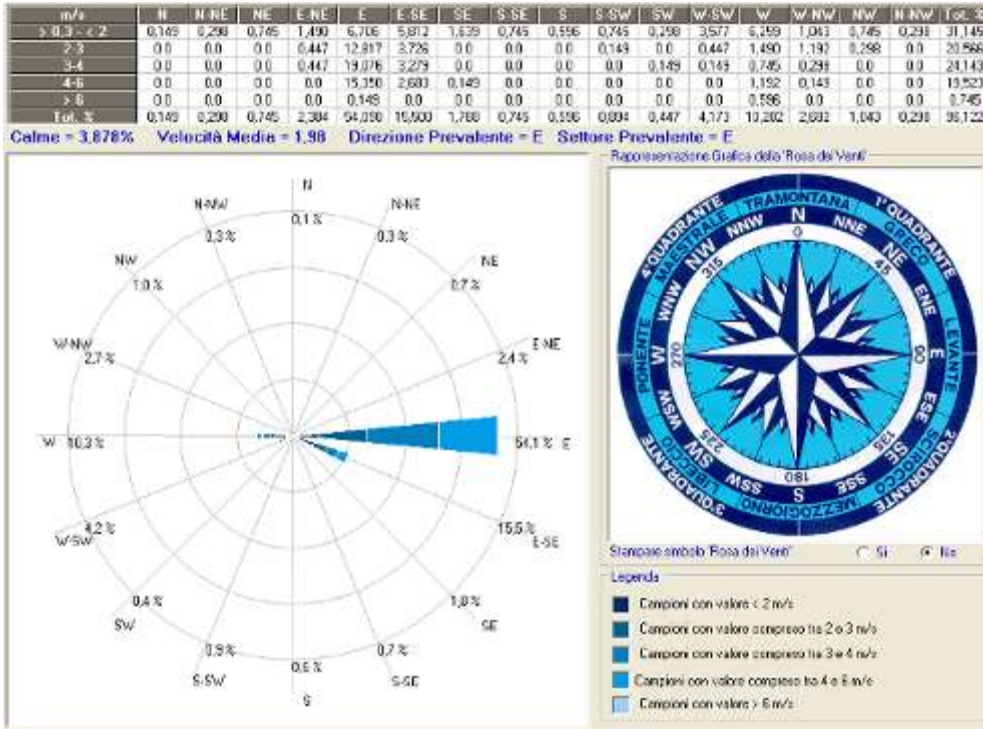


Fig 5.12 ATMO02 distribuzione classi e rosa dei venti

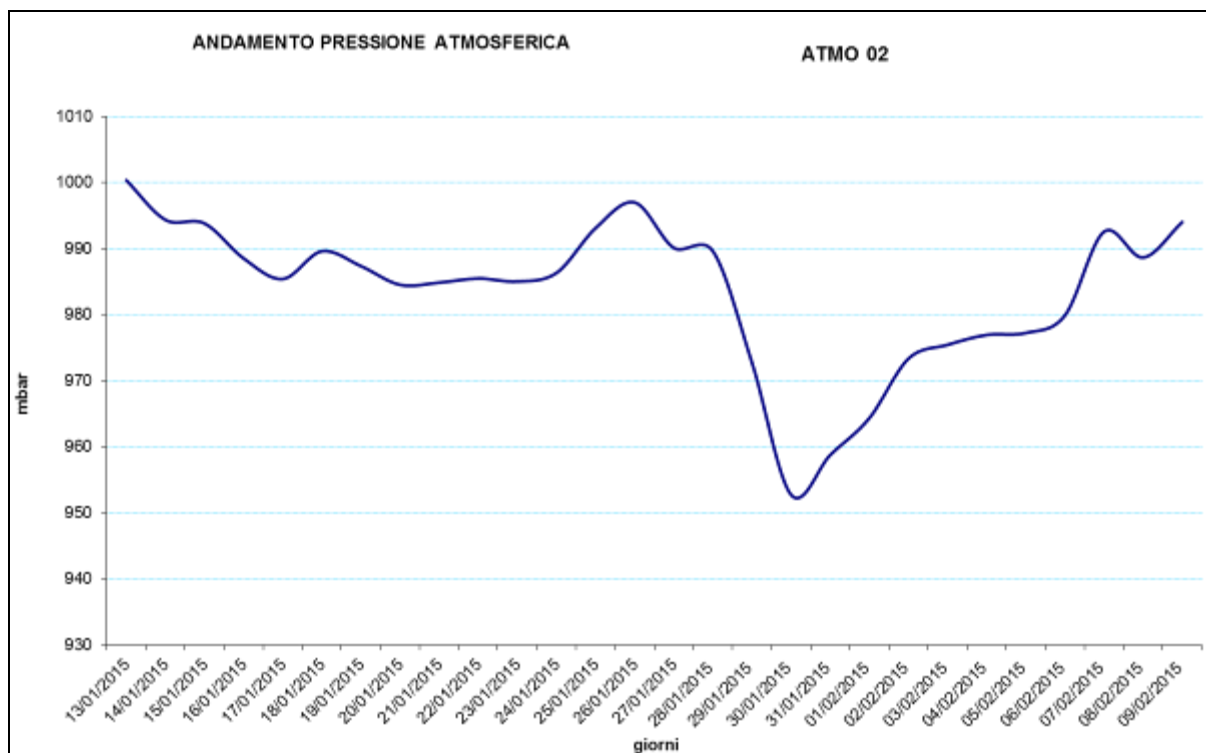
Velocità media del periodo circa 2 m/s con provenienza prevalente Est. La distribuzione dei venti nella postazione ATMO 02 risulta simile a quella del punto ATMO 01.

#### 5.4.2.4 Pressione atmosferica

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazioni espresse in mbar.

**Tabella 5.10 ATMO02 Valori di pressione atmosferica**

Media	Max	Minima
984	1003	950



**Fig. 5.13 ATMO\_02 andamento pressione atmosferica**

La pressione è stata mediamente intorno ai 980 mbar, fatta eccezione per 31 gennaio dove si è misurato un forte abbassamento fino a 950 mbar.

#### 5.4.2.5 Irraggiamento solare

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazione espresse in watt/m<sup>2</sup>.

**Tabella 5.11 ATMO02 Valori di irraggiamento solare**

Media	Max	Minima
49	457	1

L'irraggiamento è stato di bassa intensità. Il periodo di misura è di bassa eliofania nel corso dell'anno; si sono registrate circa 6 ore/giorno. Questo è indice di copertura nuvolosa frequente. Sono intese come ore d'insolazione quelle con più di 50 Watt/m<sup>2</sup> d'irraggiamento solare complessivo.

### 5.4.2.6 Andamento parametri meteo

L'andamento dei parametri meteorologici si riassume nei grafici seguenti.

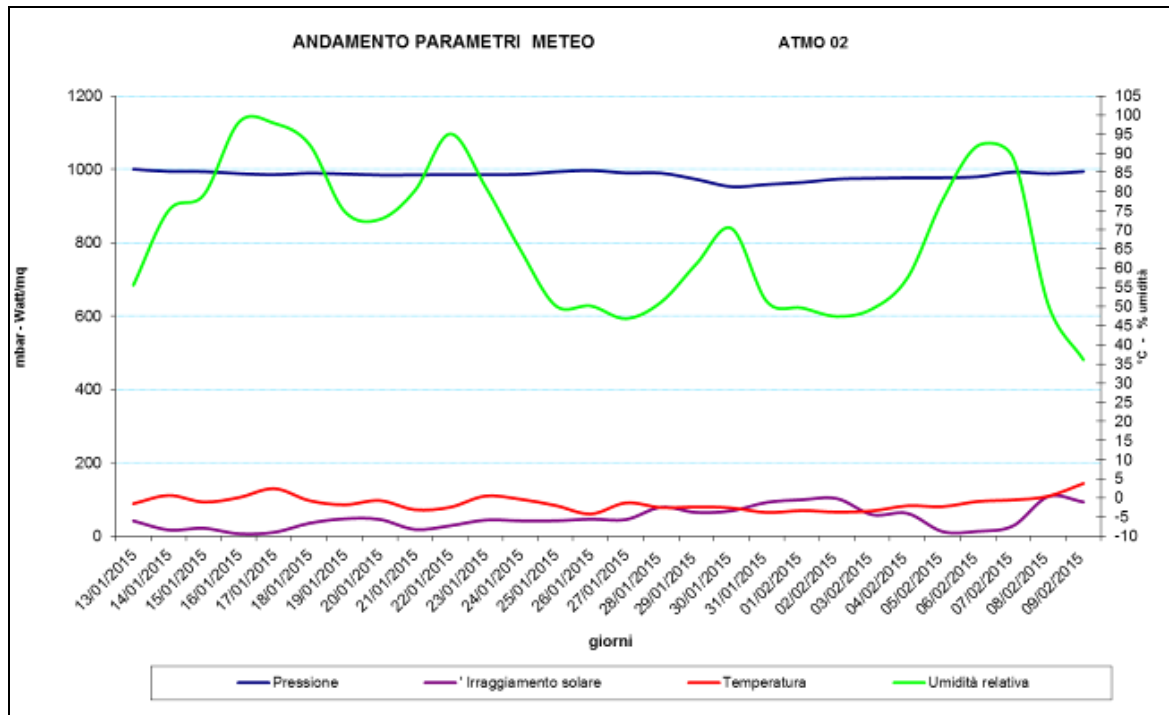


Fig. 5.14 ATMO\_02 andamento medie giornaliere parametri meteo

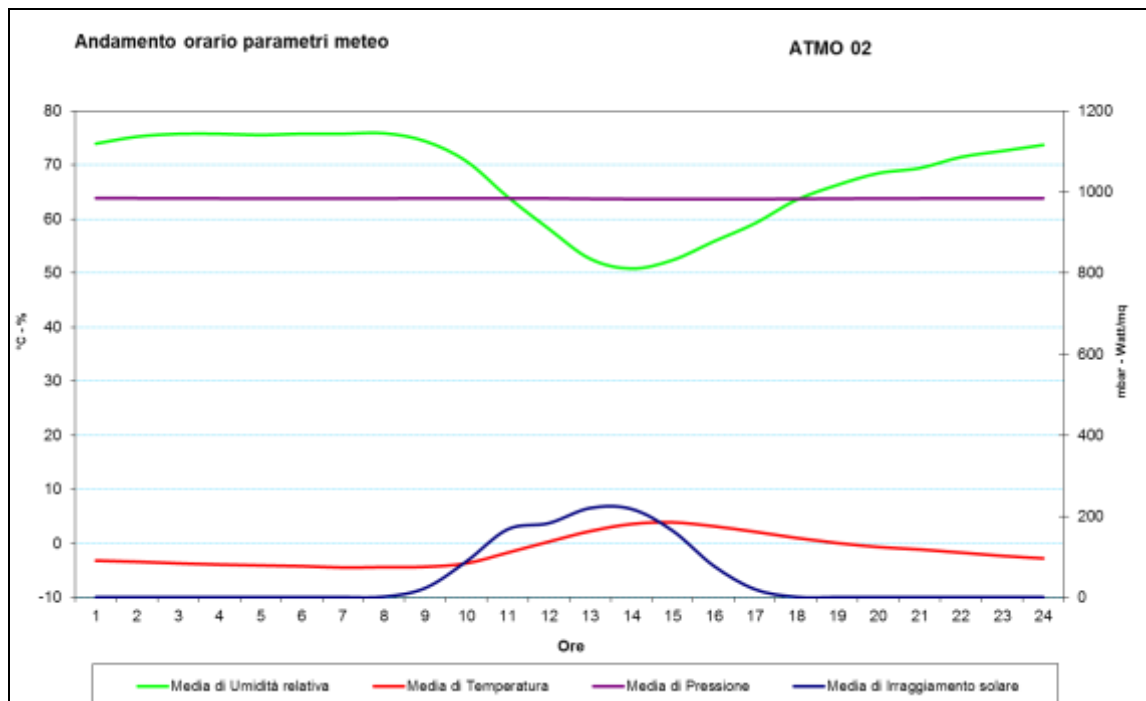


Fig 5.15 ATMO02 andamento parametri meteo giorno tipo

Anche nella postazione ATMO 02 si registrano le naturali variazioni giornaliere dei parametri meteo che ci si aspetta per la stagione invernale.

### 5.4.3 Postazione ATMO 03

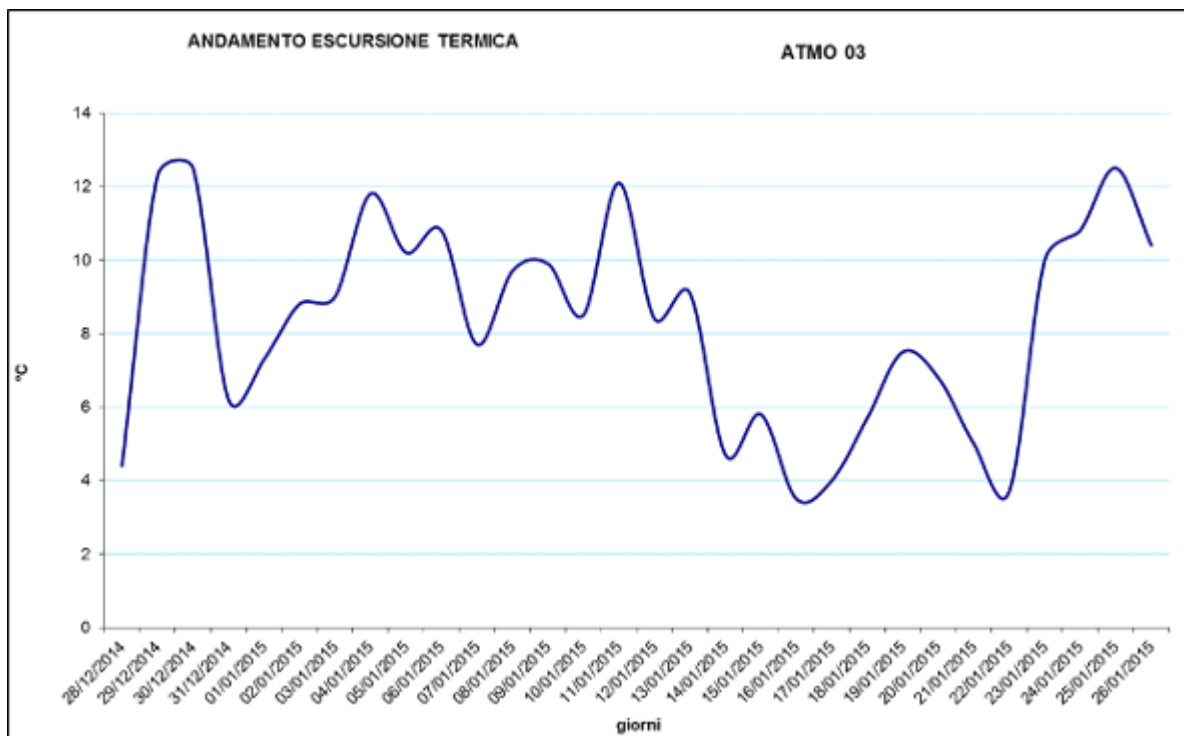
#### 5.4.3.1 Temperatura

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di misurazione espressi in °C:

**Tabella 5.11 ATMO03 Valori di temperatura**

Media	Max	Minima
3	15	-5

Le escursioni termiche sono variate tra 3,5 e 12.8 °C.



**Fig 5.16 ATMO03 andamento escursione termica**

Le escursioni maggiori si sono verificate il 30/12, l' 11/1 e il 25/1 sempre nell'ordine dei 12 gradi.



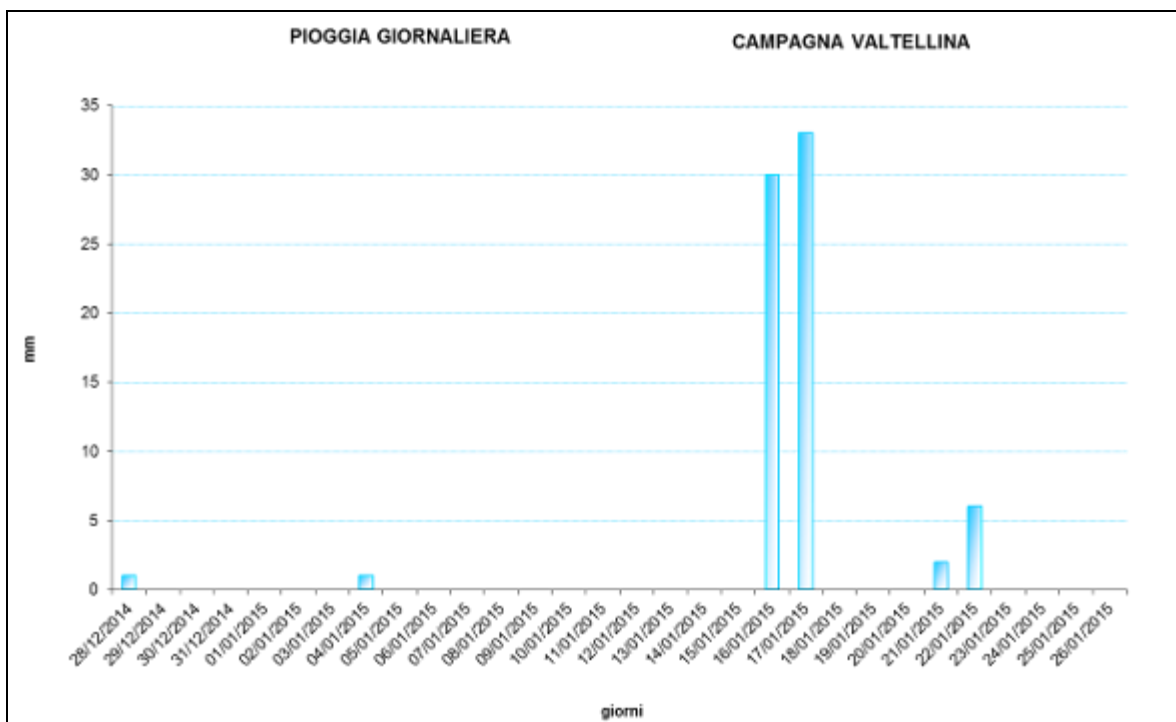
### 5.4.3.2 Umidità relativa e precipitazioni

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la campagna di misurazione espressa in %:

**Tabella 5.12 Valori di umidità relativa**

Media	Max	Minima
66	99	12

Durante il monitoraggio si sono verificati diversi eventi di pioggia di media intensità. Si contano 6 giorni con almeno 1 mm di pioggia durante il giorno. I giorni più colpiti da tale fenomeno risultano il 16 e il 17 gennaio con un accumulo nelle 24h di 30 e 33 mm.



**Fig 5.17 ATMO03 mm pioggia giornaliera**

### 5.4.3.3 Vento

La seguente tabella illustra i valori di velocità ottenuti durante le misurazioni espresse in m/sec.

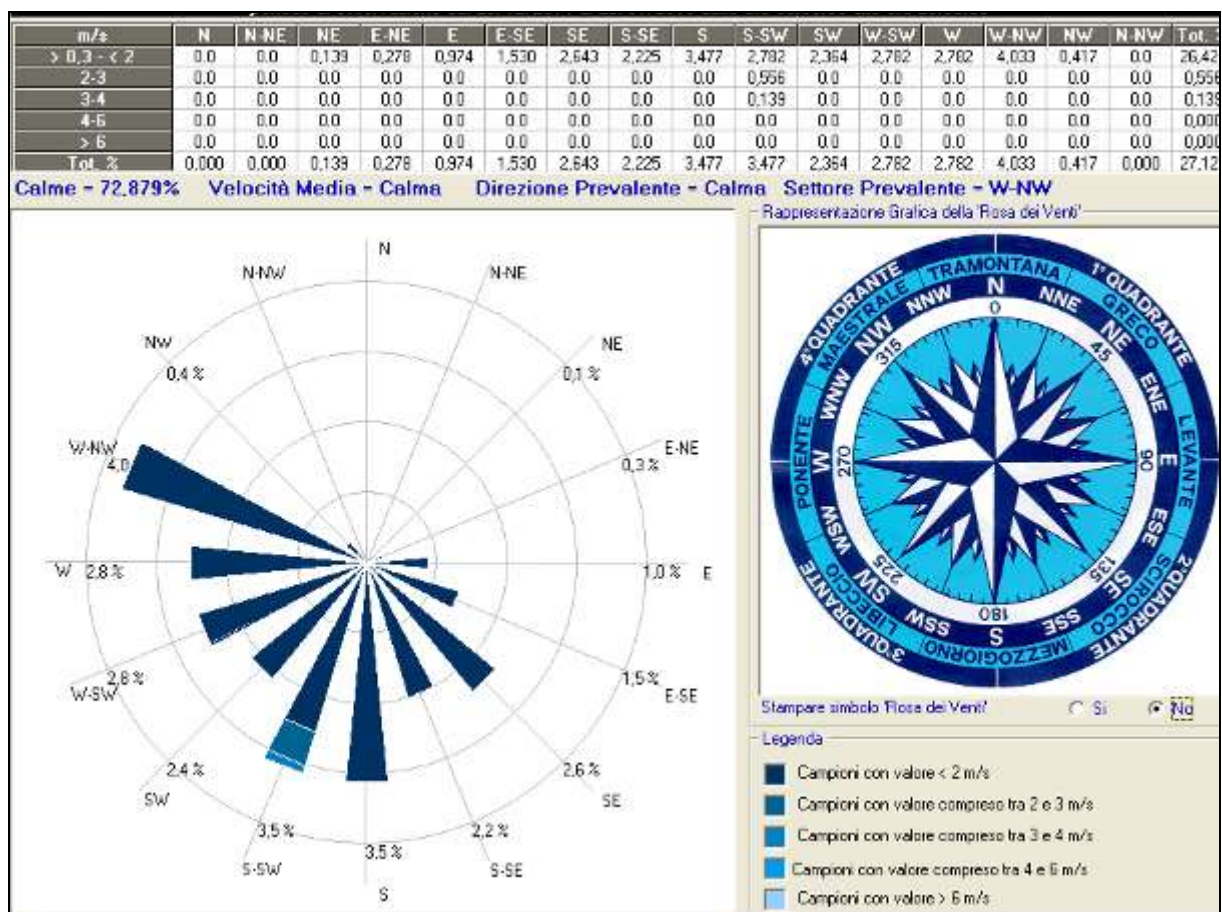


Fig 5.18 ATMO03 distribuzione delle classi e rosa dei venti

Il settore di prevalenza risulta essere W-NW e le calme di vento sono molto frequenti.

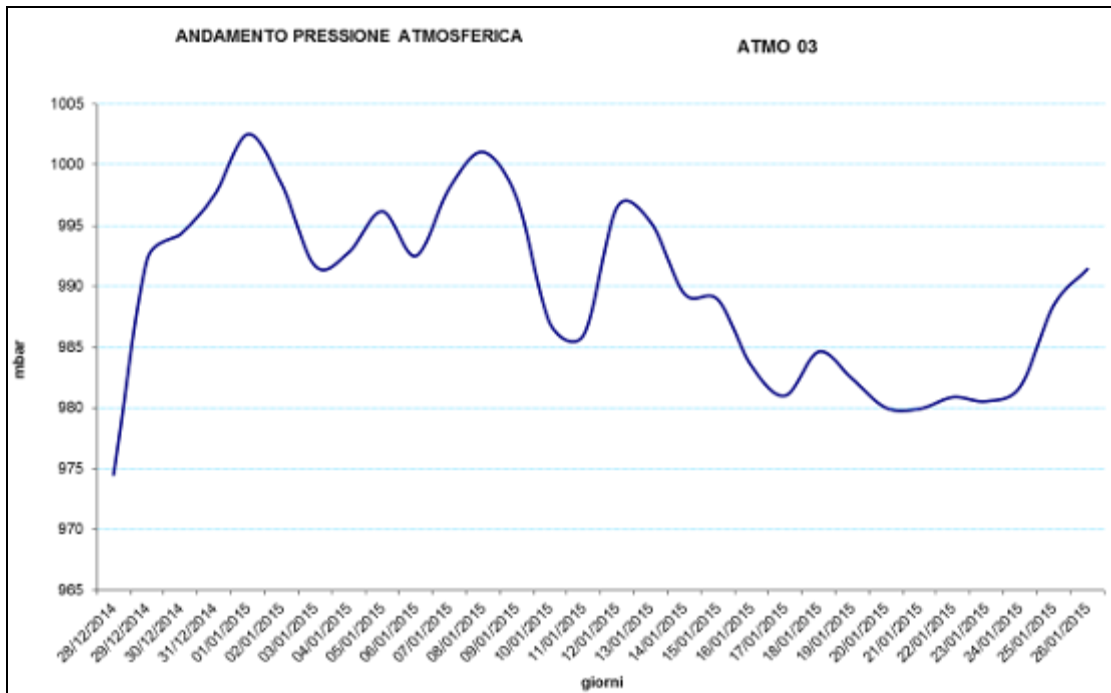
La rosa dei venti è fortemente influenzata dalla posizione di installazione del laboratorio mobile: la postazione ATMO 03 è difatti ricavata ai piedi del pendio di Campovico il quale limita la provenienza dei venti alla sola direzione da W-NW a SE. In particolare nelle ore diurne la direzione di provenienza è S-SW mentre la notte è W-NW.

### 5.4.3.4 Pressione atmosferica

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazioni espresse in mbar.

**Tabella 5.13 ATMO03 Valori di pressione atmosferica**

Media	Max	Minima
990	1003	968



**Fig 5.19 ATMO03 andamento pressione atmosferica**

Il giorno con minor pressione risulta il 28 dicembre dal giorno seguente si evidenzia un rapido incremento. Un abbassamento del trend si visualizza poi a partire dal 16 gennaio.

#### 5.4.3.5 Irraggiamento solare

La seguente tabella illustra i valori ottenuti durante la serie di misurazione espresse in watt/m<sup>2</sup>.

Tabella 5.14 ATMO03 Valori di irraggiamento solare

Media	Max	Minima
51	421	1

L'irraggiamento è stato di bassa intensità. Si sono registrate circa 5 ore/giorno. Questo è indice di copertura nuvolosa frequente. Sono intese come ore d'insolazione quelle con più di 50 Watt/m<sup>2</sup> d'irraggiamento solare complessivo.

#### 5.4.3.6 Andamento parametri meteo

L'andamento dei parametri meteorologici si riassume nei grafici seguenti.

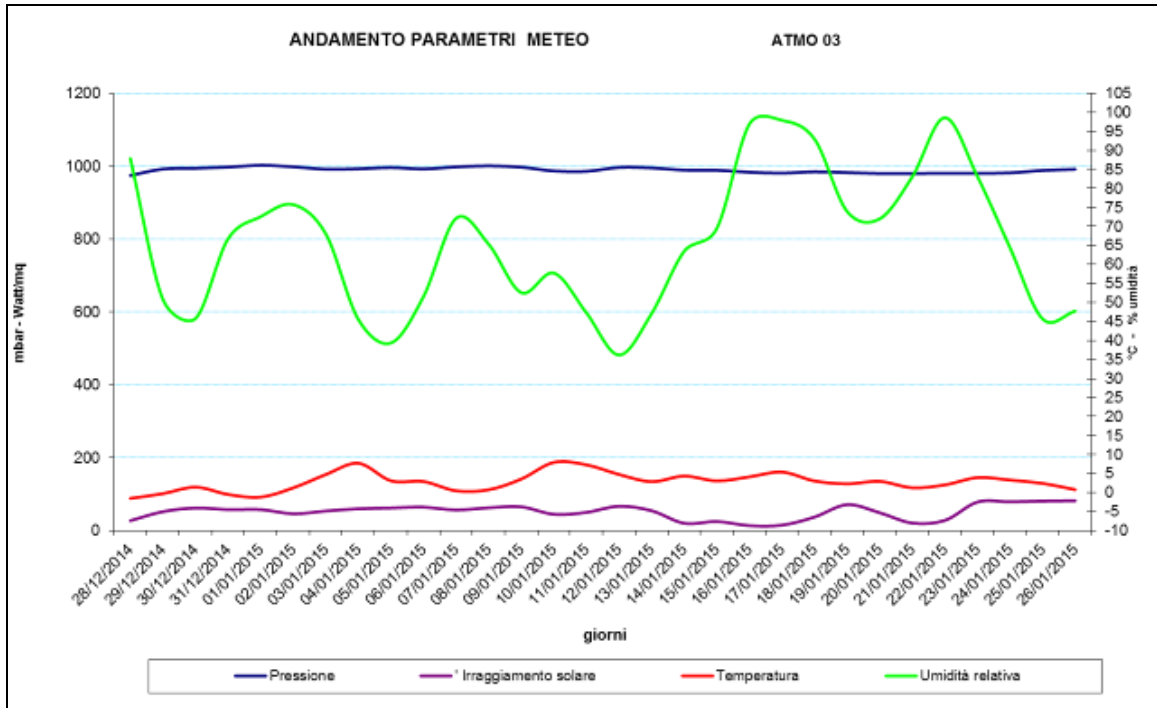


Fig 5.20 ATMO03 andamento medie giornaliere parametri meteo

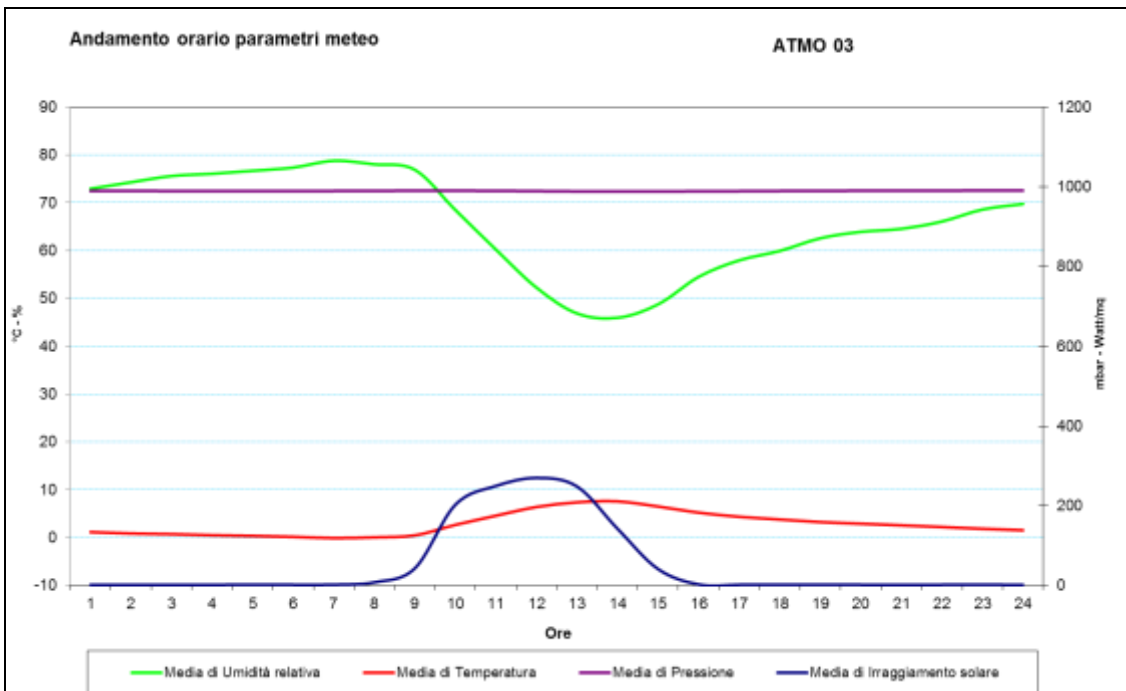


Fig 5.21 ATMO03 andamento parametri meteo giorno tipo

Anche in questa ultima serie di dati si evidenzia la naturale variabilità giornaliera dei parametri meteo.

## 5.5 Risultati dei parametri chimici

### 5.5.1 Postazione ATMO 01

#### 5.5.1.1 Polveri (PM10 e PM2.5)

Le concentrazioni di polveri PM10 si sintetizzano nella seguente tabella

**Tabella 5.15 ATMO01 Risultati PM10**

	Media	Max	Minima
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	38,6	101,0	10,1

Sono stati registrati 4 superamenti del valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

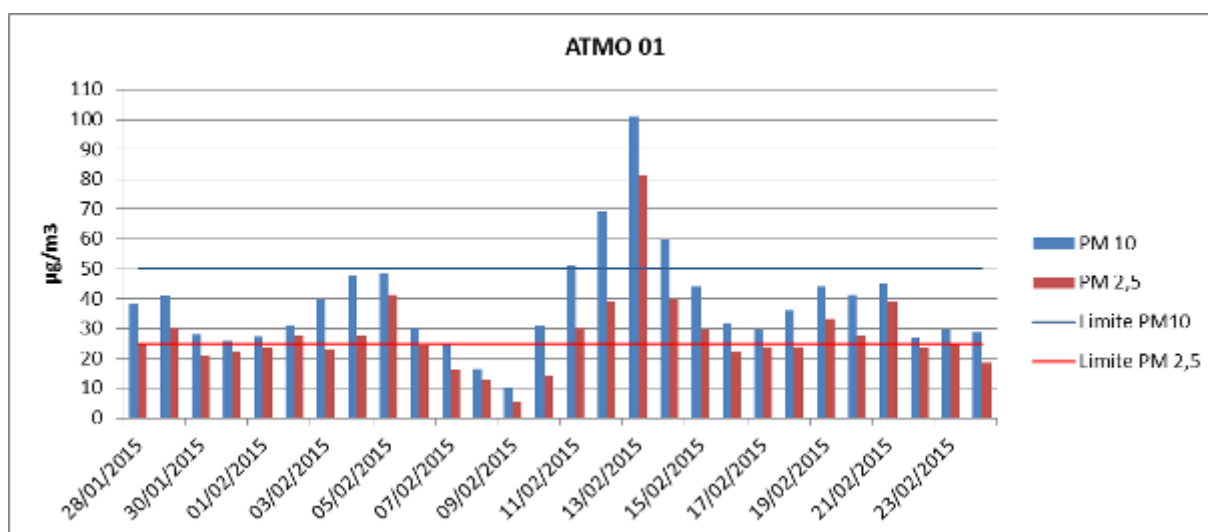
La media di tutto il periodo di monitoraggio, è in linea di confronto inferiore al limite annuale di  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Tabella 5.16 ATMO01 Risultati PM 2.5**

	Media	Max	Minima
PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	27,6	81,1	5,3

Il valore limite annuale da prendere come riferimento viene superato dai 28 giorni di monitoraggio anche se di soli  $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Le misure effettuate indicano che quest'ultima frazione costituisce il 71% del PM10.



**Fig. 5.22 ATMO01 andamento delle polveri**



Sono stati richiesti i dati misurati da ARPA Lombardia riguardanti il PM10 della centralina di Morbegno (PM2,5 non monitorato da ARPA). La media del periodo risulta inferiore, 29 µg/m<sup>3</sup>, ma gli andamenti sono sicuramente sovrapponibili.

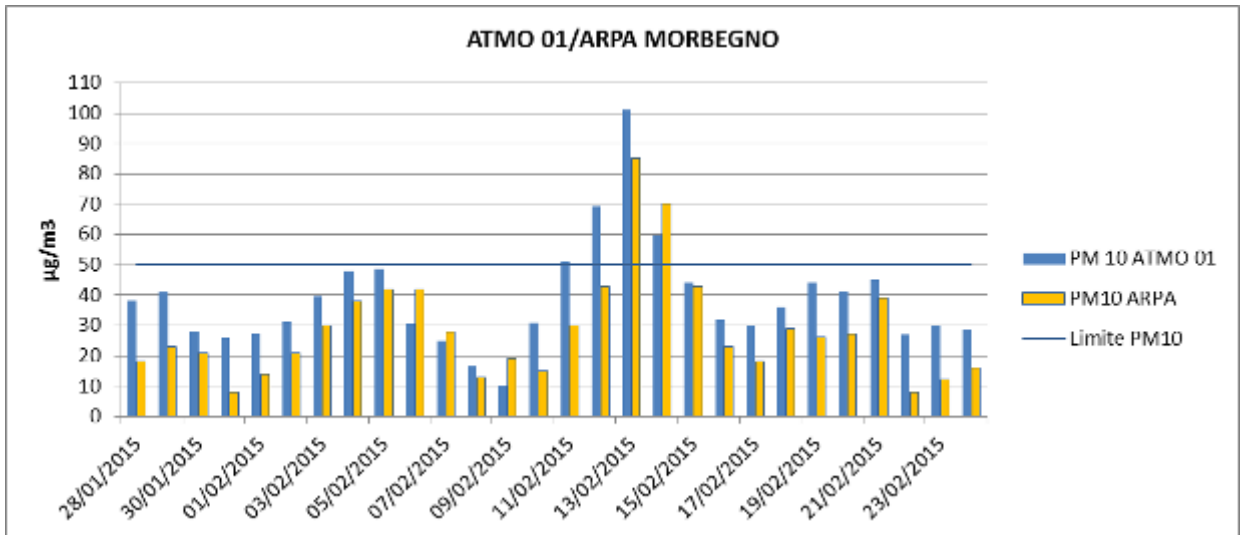


Fig 5.23 ATMO01 Confronto dati con centralina ARPA

Si evince che l'andamento delle polveri è simile ad ampio raggio dal punto di misura. Di seguito un grafico che sovrappone gli andamenti di PM10 con le piogge.

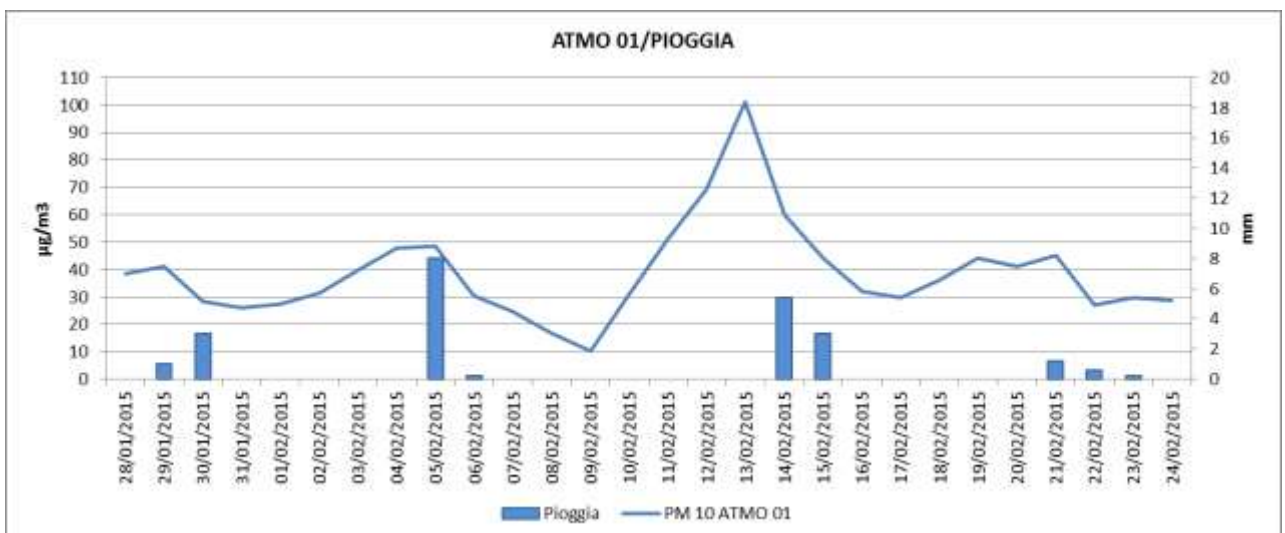


Fig 5.24 ATMO01 Andamento polveri e precipitazioni

L'analisi degli idrocarburi policiclici aromatici eseguita sulle membrane campionate ha restituito il seguente risultato

**Tabella 5.17 ATMO01 Risultati analisi IPA**

PARAMETRO	ATMO 01
(Acenaftene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 0,0001
(Acenaftilene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0001
(Antracene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0001
(Benz[a]antracene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0019
(Benzo[a]pirene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0012
(Benzo[b]fluorantene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0016
(Benzo[g,h,i]perilene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0018
(Benz[k]fluorantene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0008
(Crisene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0034
(Dibenzo[a,h]antracene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0002
(Fenantrene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0002
(Fluorantene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0011
(Fluorene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 0,0001
(Indeno[1,2,3-cd]pirene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0013
(Naftalene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 0,0001
(Pirene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0017
(Idrocarburi Policiclici Aromatici Totali) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0154

Il B(a)P medio misurato è di 1,2 ng/mc da raffrontare, come indicazione, al limite annuale di 1,0 ng/mc.

In ultimo la concentrazione di levoglucosano media della postazione è pari a 0,23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  costituente lo 0,6 % del PM10 (media invernale prov Sondrio 2005 circa 0.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - 5,5 % del PM10).

### 5.5.1.2 Ossidi d'azoto

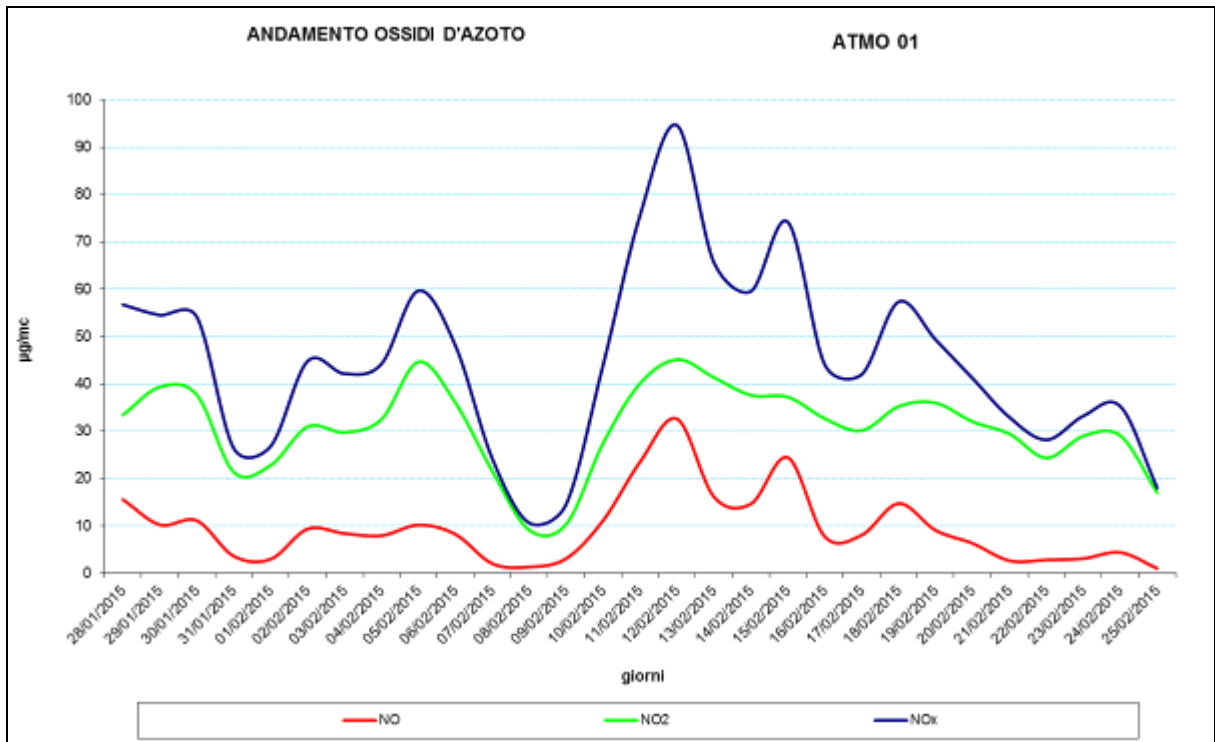
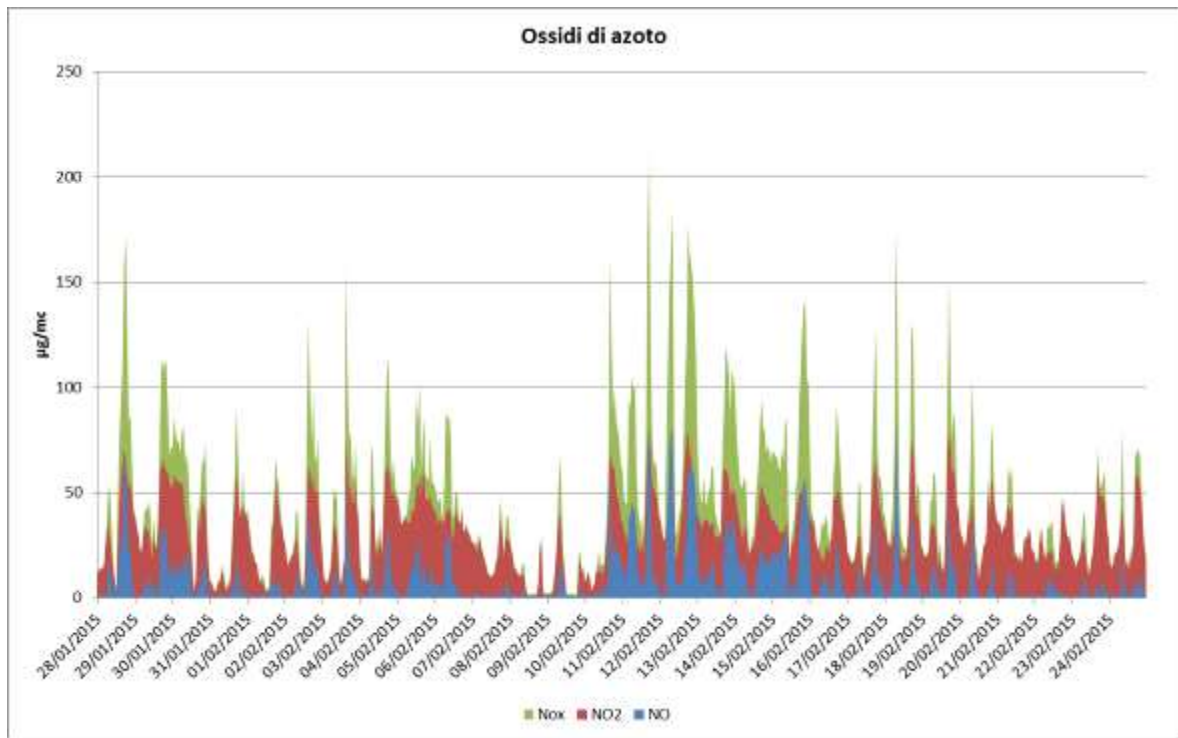
I valori riscontrati per gli ossidi d'azoto in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sono i seguenti:

**Tabella 5.19 ATMO01 Valori riscontrati di ossidi d'azoto**

Tipo di limite	Statistica	ATMO 01	Valore limite
Valore limite di orario per la protezione della salute umana	Media oraria NO <sub>2</sub> (n di superamenti)	Nessuno	200
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indicativo)	31	40
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Media annuale NO <sub>x</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indicativo)	46	30
Soglia di allarme per il biossido d'azoto	Media oraria (n di superamenti)	Nessuno	400
Dati generali NO	Media oraria	10	
	Massimo	85	
	Minimo	1 (DL strumentale)	
Dati generali NO <sub>2</sub>	Media oraria	31	
	Massimo	81	
	Minimo	1 (DL strumentale)	
Dati Generali NO <sub>x</sub>	Media oraria	46	
	Massimo	209	
	Minimo	2 (DL strumentale)	

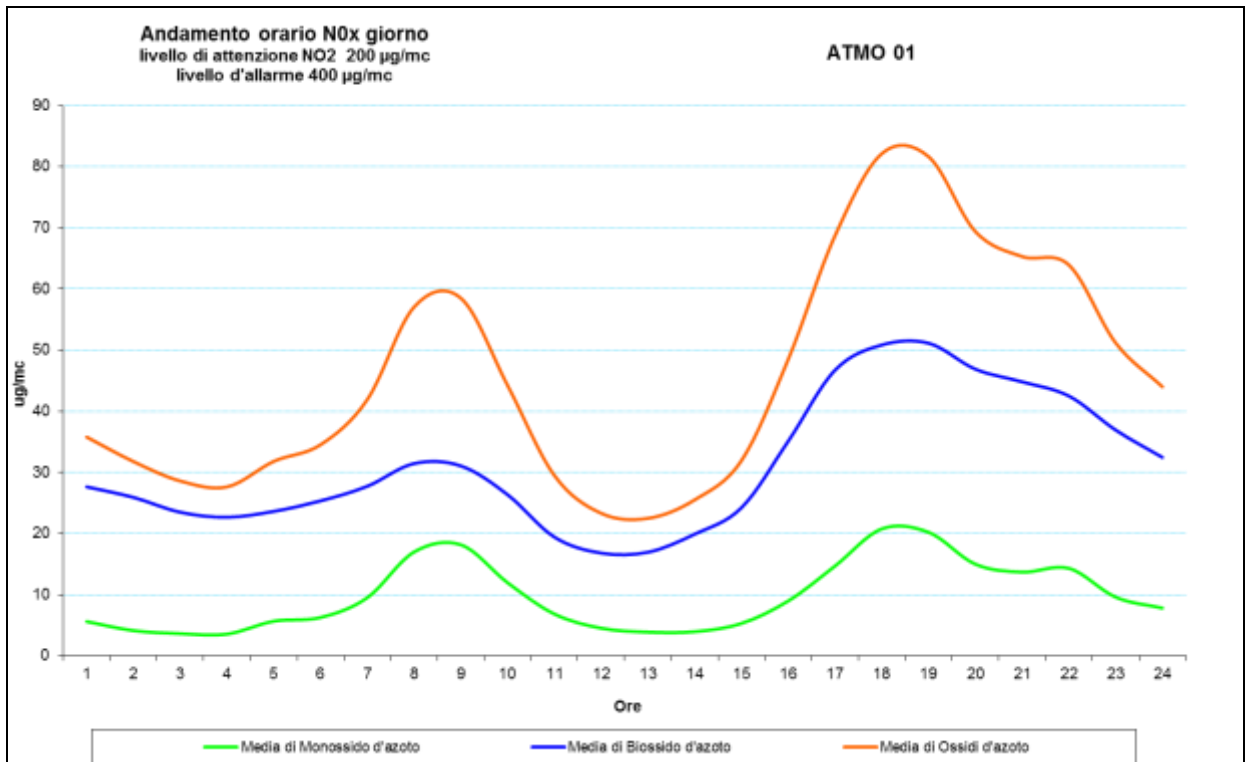
Non è stato riscontrato alcun superamento dei limiti riguardanti il biossido d'azoto, si segnala il solo superamento del periodo per gli NO<sub>x</sub> raffrontato col limite annuale per la protezione della vegetazione.

Di seguito le medie orarie, l'andamento medio giornaliero e il giorno tipo.



**Fig 5.25 ATMO01 Andamento orario e medie giornaliere NOx**

Il grafico evidenzia il picco massimo degli ossidi di azoto giovedì 12 febbraio mentre si evince una certa periodicità di valori minimi in corrispondenza dei fine settimana. Le concentrazioni medie giornaliere di NO<sub>2</sub> risultano sempre superiori a quelle del NO.



**Fig 5.26 ATMO01 Andamento concentrazioni ossidi d'azoto giorno tipo**

Dal grafico si evince una notevole variazione giornaliera degli NO<sub>x</sub>, i valori maggiori si registrano nell'intorno delle 8.30 e delle 18.

La media NO<sub>x</sub> registrata dalla centralina ARPA installata a Morbegno via Cortivacci è 38 µg/m<sup>3</sup>, valore simile a quanto misurato nella postazione ATMO 01.

## 5.5.2 Postazione ATMO 02

### 5.5.2.1 Polveri (PM10 e PM2.5)

Il Dlgs.155/2010 e smi detta i seguenti limiti per il PM10

**Tabella 5.20 ATMO02 Risultati PM10**

	Media	Max	Minima
PM10 (µg/m3)	34,6	70,7	9,5

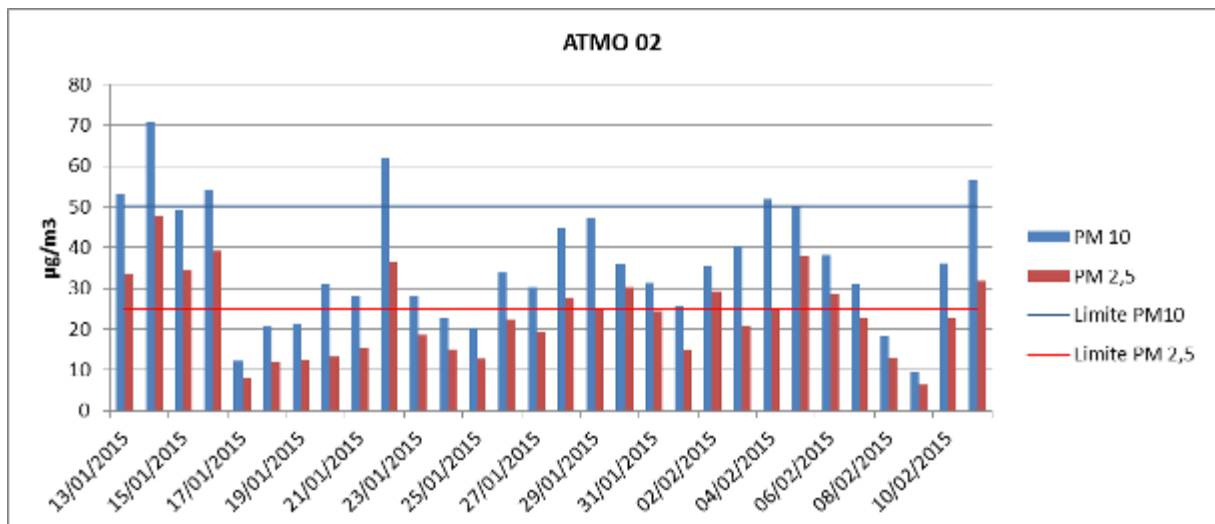
Sono stati registrati 7 superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m3 .

La media di tutto il monitoraggio pari a 34,6 µg/m3 è inferiore al limite annuale definito dalla normativa.

**Tabella 5.21 ATMO02 Risultati PM2.5**

	Media	Max	Minima
PM 2,5 (µg/m3)	23,4	47,8	6,4

Il valore limite annuale da prendere come riferimento non viene superato dai 28 giorni di monitoraggio. Le misure effettuate indicano che quest'ultima frazione costituisce il 64% del PM10.



**Fig 5.27 ATMO02 andamento delle polveri**

La media del PM10 misurato dalla centralina ARPA Morbegno è pari a 26 µg/m3, gli andamenti sono sovrapponibili.



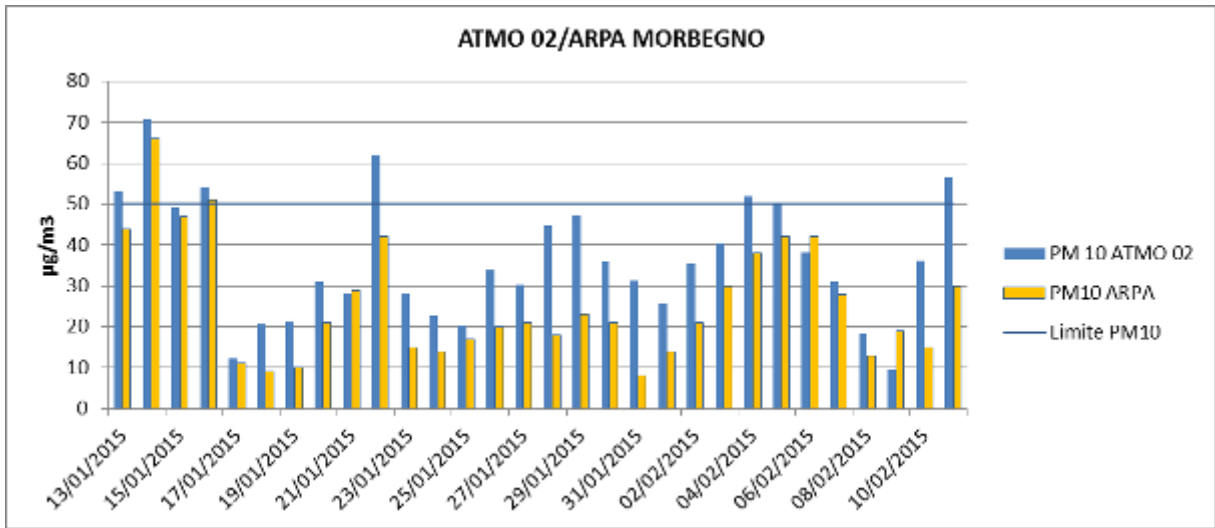


Fig 5.28 ATMO02 polveri: confronto con centralina Arpa Morbegno

Si evince che l'andamento delle polveri è simile ad ampio raggio dal punto di misura. Si propone di seguito grafico che sovrappone gli andamenti di PM 10 con le piogge.

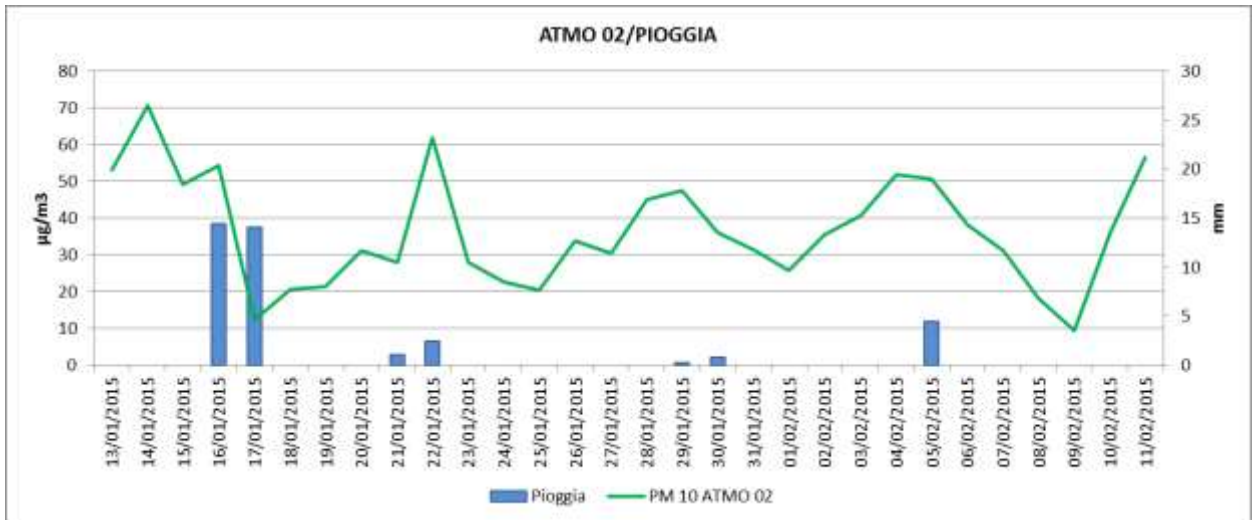


Fig 5.29 ATMO02 andamento polveri e precipitazioni

L'analisi degli idrocarburi policiclici aromatici eseguita sulle membrane campionate ha restituito il seguente risultato

Tabella 5.22 ATMO02 Risultati analisi IPA

PARAMETRO	ATMO 02
(Acenaftene) µg/m <sup>3</sup>	< 0,0001
(Acenaftilene) µg/m <sup>3</sup>	0,0001
(Antracene) µg/m <sup>3</sup>	0,0001
(Benz[a]antracene) µg/m <sup>3</sup>	0,0014
<b>(Benzo[a]pirene) µg/m<sup>3</sup></b>	<b>0,0009</b>
(Benzo[b]fluorantene) µg/m <sup>3</sup>	0,0012
(Benzo[g,h,i]perilene) µg/m <sup>3</sup>	0,0013
(Benz[k]fluorantene) µg/m <sup>3</sup>	0,0006
(Crisene) µg/m <sup>3</sup>	0,0024
(Dibenzo[a,h]antracene) µg/m <sup>3</sup>	0,0002
(Fenantrene) µg/m <sup>3</sup>	0,0001
(Fluorantene) µg/m <sup>3</sup>	0,0006
(Fluorene) µg/m <sup>3</sup>	< 0,0001
(Indeno[1,2,3-cd]pirene) µg/m <sup>3</sup>	0,001
(Naftalene) µg/m <sup>3</sup>	< 0,0001
(Pirene) µg/m <sup>3</sup>	0,001
(Idrocarburi Policiclici Aromatici Totali) µg/m <sup>3</sup>	0,0109

Il B(a)P medio misurato è di 0,9 ng/mc inferiore (anche se di poco) al limite annuale di riferimento di 1,0 ng/mc.

In ultimo la concentrazione di levoglucosano media della postazione è pari a 0,13 µg/m<sup>3</sup> costituente lo 0,37% del PM10 (media invernale prov Sondrio anno 2005 circa 0.7 µg/m<sup>3</sup> - 5,5% del PM10).

### 5.5.2.2 Ossidi d'azoto

I valori limite per gli NOx sono i seguenti:

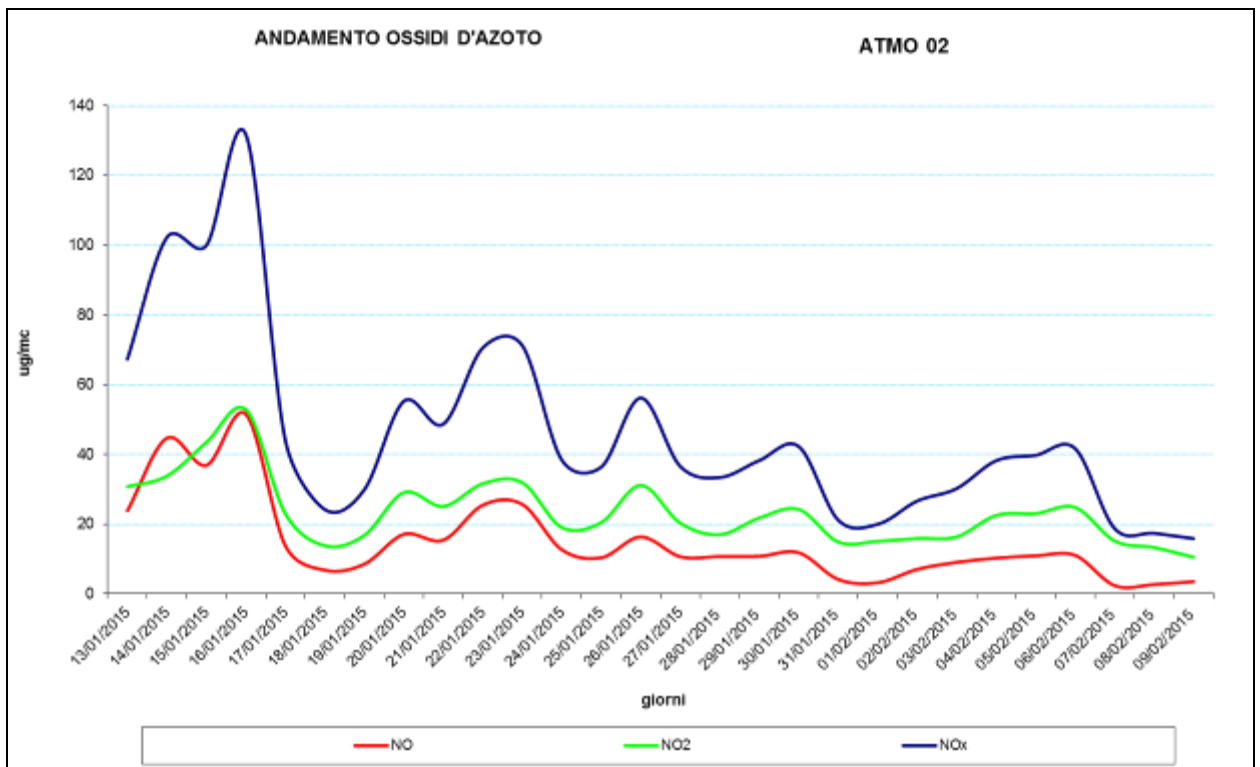
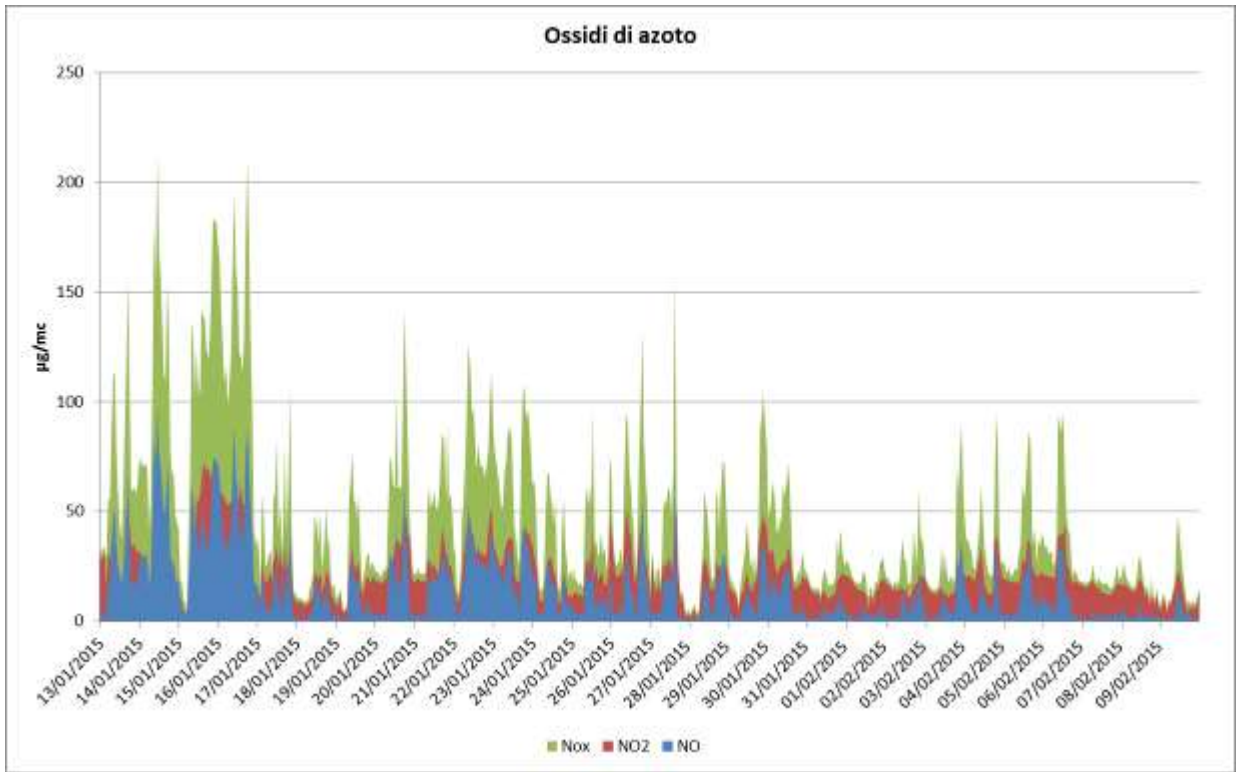
I valori riscontrati per gli ossidi d'azoto in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sono i seguenti:

**Tabella 5.23 ATMO02 Valori riscontrati di ossidi d'azoto**

Tipo di limite	Statistica	ATMO 02	Valore limite
Valore limite di orario per la protezione della salute umana	Media oraria NO <sub>2</sub> (n di superamenti)	Nessuno	200
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indicativo)	23	40
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Media annuale NOx $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indicativo)	46	30
soglia di allarme per il biossido d'azoto	Media oraria (n di superamenti)	Nessuno	400
Dati generali NO	Media oraria	15	
	Massimo	99	
	Minimo	1 (DL strumentale)	
Dati generali NO <sub>2</sub>	Media oraria	23	
	Massimo	77	
	Minimo	1 (DL strumentale)	
Dati Generali NOx	Media oraria	46	
	Massimo	213	
	Minimo	2 (DL strumentale)	

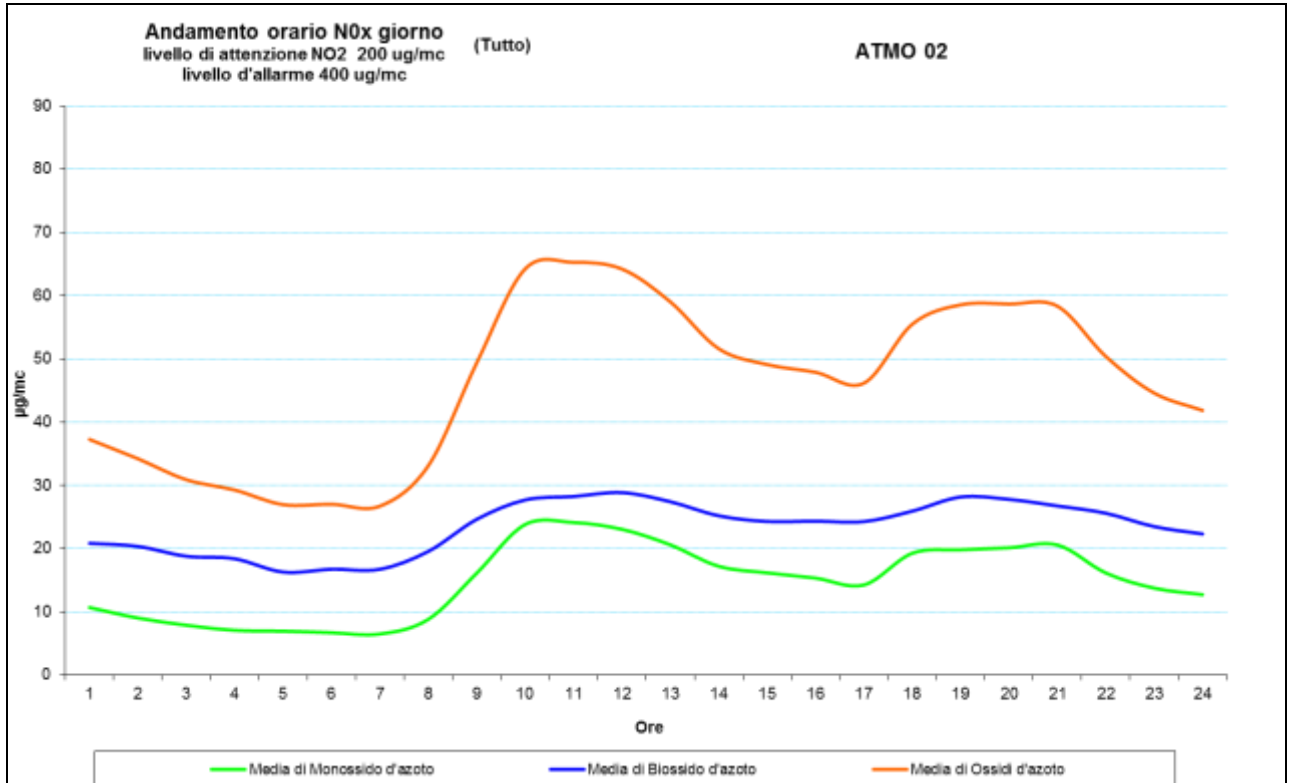
Non è stato riscontrato alcun superamento del limite orario per biossido d'azoto. Anche il confronto con i limiti annuali non evidenziano medie superiori alla soglia per il biossido di azoto. Si segnala solo superiore il confronto con la soglia annuale degli NOx per la protezione della vegetazione.

Di seguito le medie orarie, gli andamenti delle medie giornaliere e del giorno tipo:



**Fig 5.30 ATMO02 Andamento orario e medie giornaliera NOx**

A parte la media del 14/1 le restanti giornate indicano concentrazioni di biossido d'azoto superiori al monossido. Il valore giornaliero maggiore di NOx si registra venerdì 16 gennaio mentre anche in questa postazione si evidenzia un trend di minimi nel fine settimana.



**Fig 5.31 ATMO02 Andamento concentrazioni ossidi d'azoto giorno tipo**

Dal grafico si evidenzia che i valori maggiori si registrano nell'intorno delle 10 e delle 19.

Il dato medio dichiarato da ARPA Lombardia centralina di Morbegno per gli NOx è di 44 µg/m<sup>3</sup>, si evince una presenza di questo inquinante omogenea nell'area.

## 5.5.3 Postazione ATMO 03

### 5.5.3.1 Polveri (PM10 e PM2.5)

In sintesi le statistiche riguardanti il PM10.

Tabella 5.24 ATMO03 Risultati PM10

	Media	Max	Minima
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	37,4	71,8	11,8

Sono stati registrati 5 superamenti del valore limite giornaliero di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentrazione media misurata risulta inferiore al limite medio annuale.

Per quanto riguarda il PM2,5

Tabella 5.25 ATMO03 Risultati PM2.5

	Media	Max	Minima
PM2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	25,2	56,1	7,1

Il valore limite annuale di riferimento viene superato dai 28 giorni di monitoraggio anche se di soli  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Le misure effettuate indicano che quest'ultima frazione costituisce il 67% del PM10.

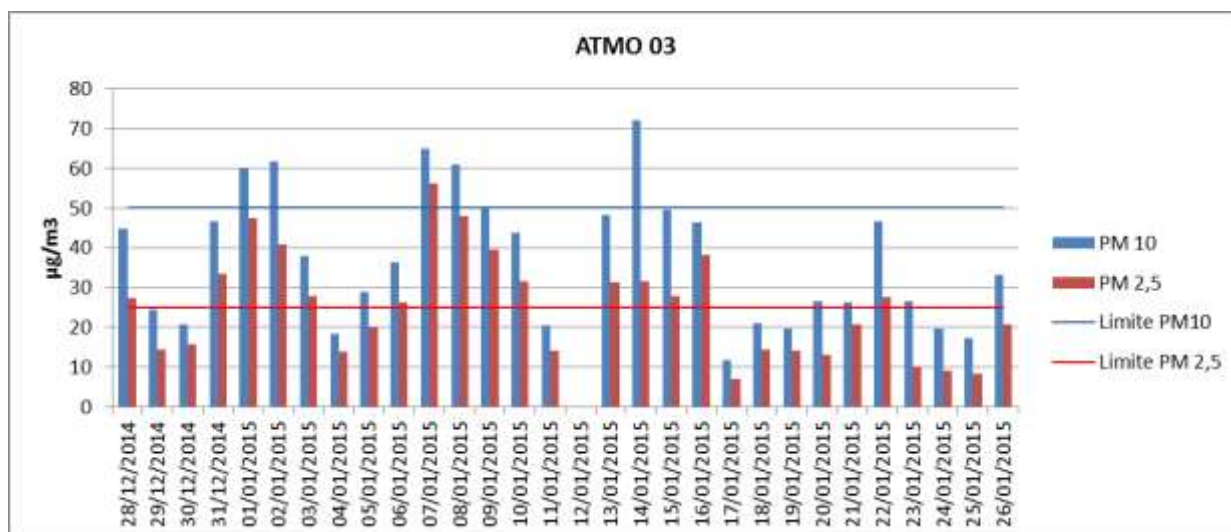


Fig 5.32 ATMO03 Andamento delle polveri



I dati di PM10 e PM 2,5 del 12/01 non sono disponibili a causa di un momentaneo problema elettrico che ha invalidato la misura. Sono stati monitorati comunque 30 giorni completi di polveri.

Anche in questo caso il confronto con quanto misurato dalla centralina PM10 ARPA di Morbegno evidenzia un andamento simile e lo stesso numero di superamenti del limite giornaliero del periodo di misura.

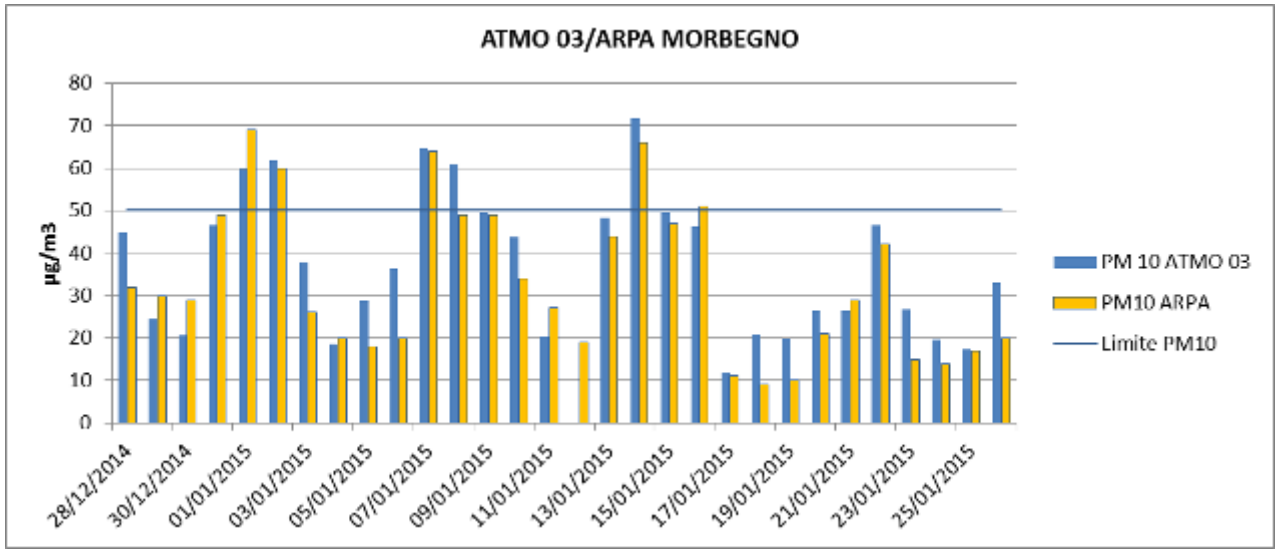


Fig 5.33 ATMO03 polveri confronto con centralina Arpa Morbegno

Si conferma che anche per questa area l'andamento delle polveri è simile ad ampio raggio dal punto di misura.

Si propone di seguito un grafico che sovrappone gli andamenti di PM 10 con le piogge.

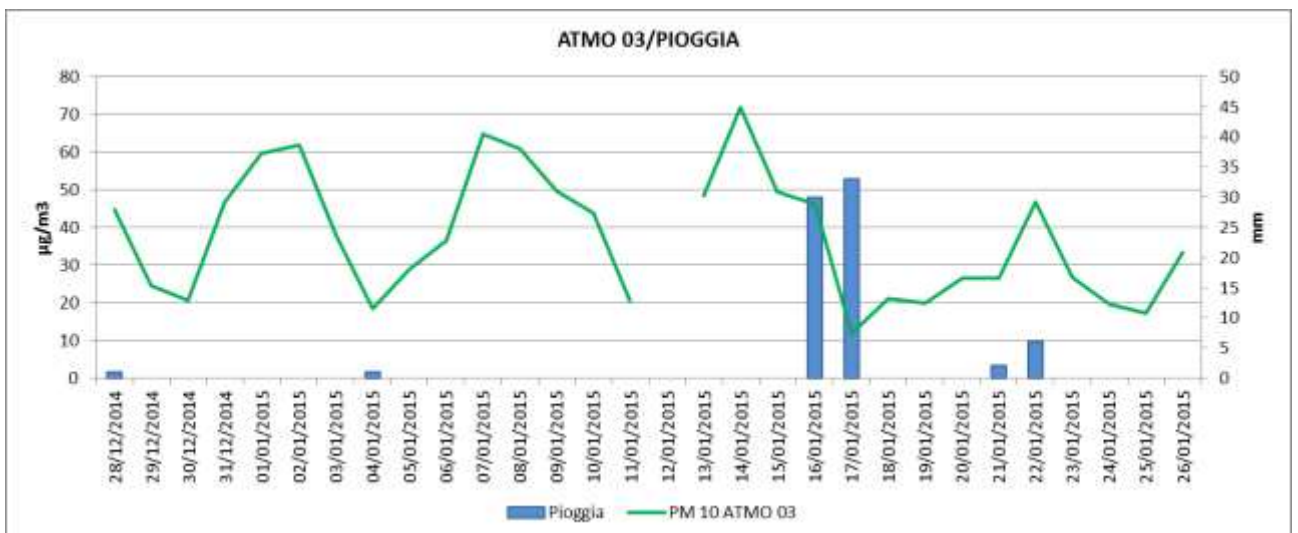


Fig 5.34 ATMO03 andamento polveri e precipitazioni

L'analisi degli idrocarburi policiclici aromatici eseguita sulle membrane campionate ha restituito il seguente risultato

**Tabella 5.26 ATMO03 Risultati analisi IPA**

PARAMETRO	ATMO 03
(Acenaftene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 0,0001
(Acenaftilene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0001
(Antracene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0001
(Benz[a]antracene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0026
(Benzo[a]pirene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0015
(Benzo[b]fluorantene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0021
(Benzo[g,h,i]perilene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0019
(Benz[k]fluorantene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0011
(Crisene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0001
(Dibenzo[a,h]antracene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0004
(Fenantrene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0002
(Fluorantene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0014
(Fluorene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 0,0001
(Indeno[1,2,3-cd]pirene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0015
(Naftalene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 0,0001
(Pirene) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0021
(Idrocarburi Policiclici Aromatici Totali) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0151

Il B(a)P medio è di 1,5 ng/mc, superiore quindi al limite indicativo perché annuale di 1,0 ng/mc.

In ultimo la concentrazione media di levoglucosano della postazione è pari a 0,14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  costituente lo 0,36% del PM10 (media invernale prov Sondrio anno 2005 circa 0.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - 5,5% del PM10).

### 5.5.3.2 Ossidi d'azoto

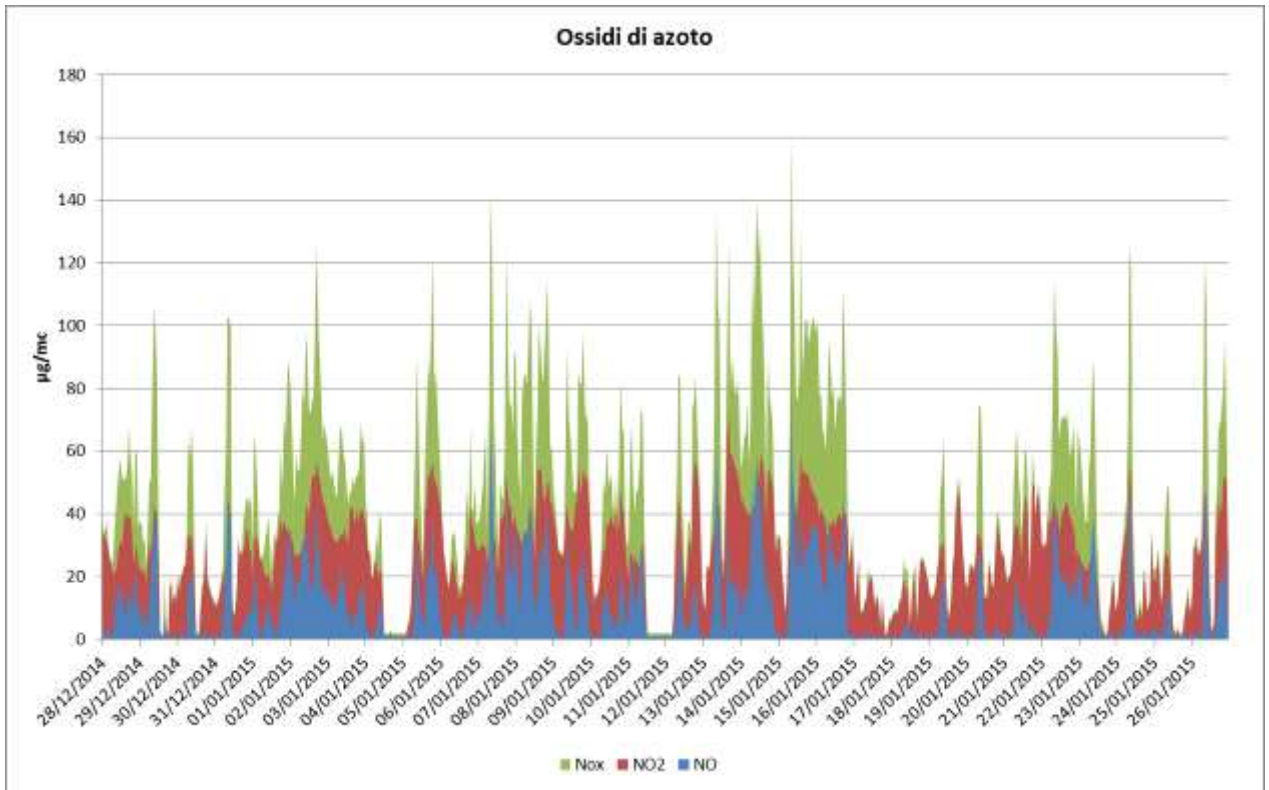
I valori riscontrati per gli ossidi d'azoto in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sono i seguenti:

**Tabella 5.27 ATMO03 Valori riscontrati di ossidi d'azoto**

Tipo di limite	Statistica	ATMO 03	Valore limite
Valore limite di orario per la protezione della salute umana	Media oraria NO <sub>2</sub> (n di superamenti)	Nessuno	200
Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indicativo)	28	40
Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	Media annuale NO <sub>x</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (indicativo)	45	30
soglia di allarme per il biossido d'azoto	Media oraria (n di superamenti)	Nessuno	400
Dati generali NO	Media oraria	11	
	Massimo	78	
	Minimo	1 (DL strumentale)	
Dati generali NO <sub>2</sub>	Media oraria	28	
	Massimo	72	
	Minimo	1 (DL strumentale)	
Dati Generali NO <sub>x</sub>	Media oraria	45	
	Massimo	160	
	Minimo	2 (DL strumentale)	

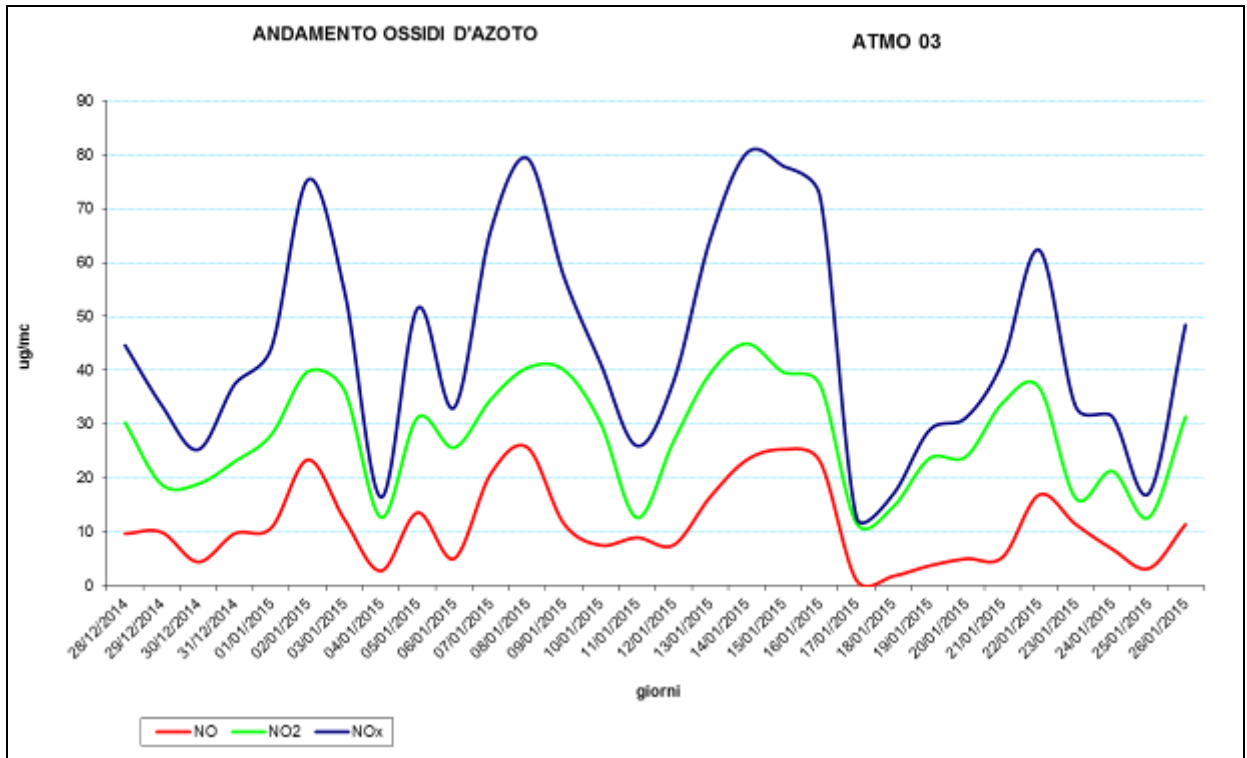
Non è stato riscontrato alcun superamento del limite orario per biossido d'azoto. Si evidenzia anche in questa postazione un solo superamento "relativo" del limite annuale per la protezione della vegetazione per gli NO<sub>x</sub>.

Di seguito gli andamenti orari, i giornalieri e il giorno tipo.



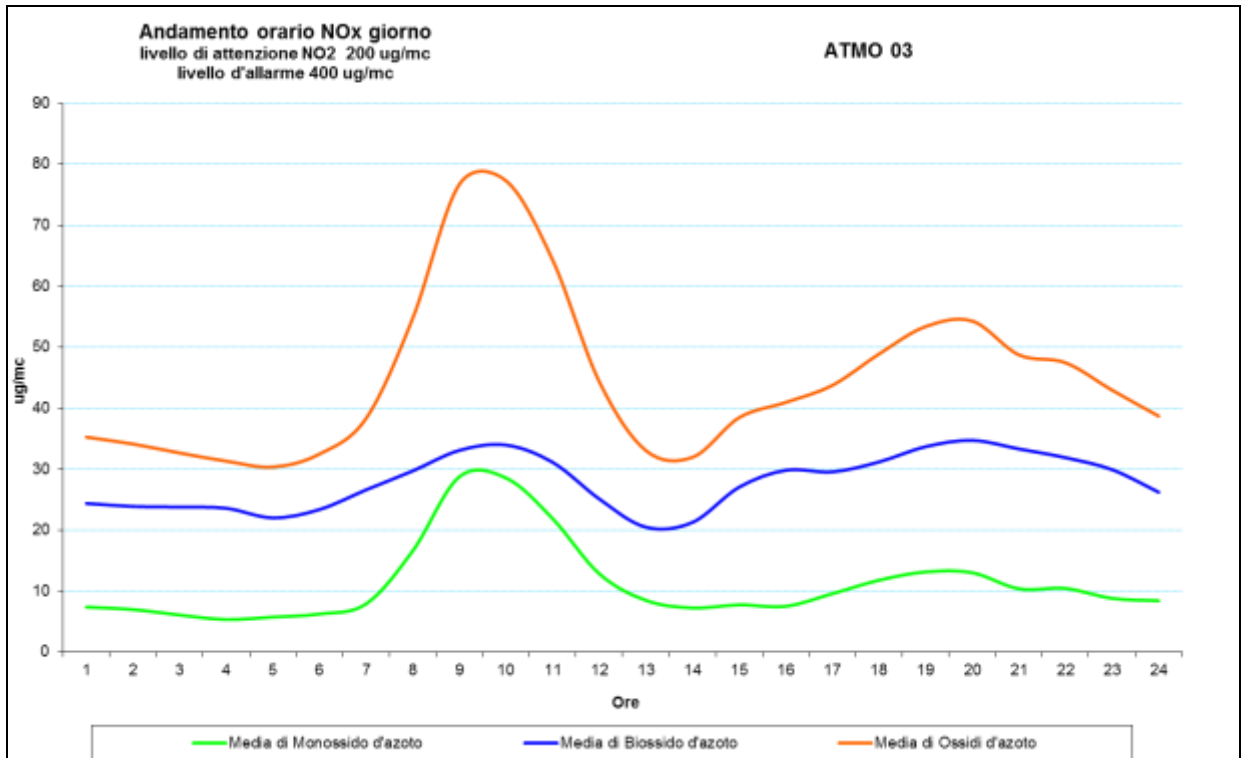
**Fig 5.35 ATMO03 Andamento orario e medie giornaliere NOx**

Le concentrazioni di NO<sub>2</sub> risultano sempre superiori agli NO.



**Fig 5.36 ATMO03 Andamento concentrazioni ossidi d'azoto giorno tipo**

I giorni con i valori più alti sono il 2, 8 e tra il 14 e il 16 gennaio con concentrazioni tra i 70 e gli 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di NOx. Anche in questa postazione si evidenziano dei flessi in corrispondenza dei fine settimana.



**Fig 5.37 ATMO03 Andamento concentrazioni CO,CO2 e NOx giorno tipo**

Dal grafico del giorno tipo si evince una significativa variabilità del parametro. I valori maggiori sono prossimi alle 9.30 del mattino e, anche se con picco minore, all'intorno delle 19.

La media NOx centralina ARPA di Morbegno è di 52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , media che non si discosta in modo sostanziale con quanto misurato nella postazione ATMO 03, viste anche le incertezza di misura dei parametri in aria ambiente.

## 5.6 Conclusioni

Le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria ATMO 01, ATMO 02 e ATMO 03 sono state eseguite tra il 28 dicembre 2014 e il 25 febbraio 2015.

Sono state caratterizzate da condizioni atmosferiche nella sostanza consone alla stagione invernale della Valtellina degli ultimi anni. Il regime dei venti risulta simile nelle postazioni di Cosio Valtellino con prevalenza da est/sud-est mentre discordante a queste è la rosa dei venti a Campovico. Quest'ultima postazione (ATMO 03) a causa dell'orografia dell'intorno del punto di misura è condizionata fortemente dai venti provenienti da ovest/nord-ovest. In ogni punto di monitoraggio si sono verificati 6-9 giorni con eventi piovosi.

Gli andamenti dei parametri chimici sono risultati simili per le tre postazioni e in generale con quanto registrato dalla centralina ARPA di Morbegno.

Si segnalano tra i 4 e i 7 superamenti di medie giornaliere di PM10 mentre le medie delle singole postazioni risultano < al limite annuale. Il PM10 è composto da circa il 64-71% da PM 2,5 il quale è mediamente superiore alla soglia annua nelle postazioni ATMO 01 e 03.

L'analisi degli IPA sulle polveri evidenziano valori di benzo(a)pirene superiori al limite annuale per le postazioni 01 e 03.

Per quanto riguarda gli ossidi di azoto non si segnalano valori particolarmente elevati, dal confronto con le soglie della normativa si evince il superamento della sola soglia annuale NOx per la protezione della vegetazione in tutte le postazioni.

Le concentrazioni ritrovate delineano una qualità dell'aria omogenea in tutta l'area monitorata senza evidenziare criticità sito-specifiche o sorgenti particolari di inquinamento. Questa considerazione si riporta anche in virtù del confronto con le misure di ARPA Lombardia.

## 6. Rumore

Il monitoraggio della componente ha lo scopo di esaminare eventuali variazioni sul clima acustico introdotte dalla costruzione dell'opera e valutare se tali variazioni siano imputabili alla costruzione o esercizio della stessa, al fine di individuare azioni correttive atte a ricondurre gli effetti rilevati a dimensioni accettabili.

In particolare il monitoraggio della fase ante-operam è finalizzato a definire e quantificare il clima acustico dei luoghi esistente precedentemente all'apertura dei cantieri e all'esercizio dell'infrastruttura stradale di progetto. Il clima acustico rilevato costituirà lo "stato di fatto" a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione ed esercizio dell'opera.

### 6.1 Ubicazione punti di campionamento

L'ubicazione esecutiva dei punti di monitoraggio è sintetizzata nella tabella seguente. Tutti i punti sono coincidenti con le posizioni individuate dal PMA.

Tabella 6.1 - ubicazione effettiva punti di monitoraggio RUMO

ID PUN-TO	Comune	Posizione da PMA	Coordinate Geografiche	Variazioni rispetto a PMA
RUMO 01	Cosio Valtellino	10+045	46° 8'14.99"N; 9°31'42.10" E	Coincidente
RUMO 02	Cosio Valtellino	11+645	46° 8'24.35"N ; 9°32'56.22"E	Coincidente
RUMO 03	Cosio Valtellino	12+015	46° 8'29.41"N ; 9°33'10.73"E	Coincidente
RUMO 04	Cosio Valtellino	Cantiere112+250	46° 8'35.77" N ; 9°33'14.65" E	Coincidente
RUMO 05	Morbegno	15+464	46° 8'52.28"N ; 9°35'36.59"E	Coincidente
RUMO 06	Morbegno	15+764	46° 8'50.28"N ; 9°35'50.17"E	Coincidente



## 6.2 Limiti normativi di riferimento

### 6.2.1 Classificazione acustica del territorio

Entrambi i comuni interessati dal monitoraggio sono dotati di Piano di zonizzazione acustica. Di seguito i riferimenti delle delibere di approvazione:

- Cosio Valtellino: Delibera del Consiglio Comunale nr. 49 del 31/10/2006
- Morbegno: Delibera del Consiglio Comunale nr. 32 del 08/05/2009

Si riportano di seguito gli estratti dei Piani di zonizzazione acustica, per ciascuna posizione di misura e i limiti di riferimento.



Fig. 6.1 Legenda PdZ Cosio Valtellino

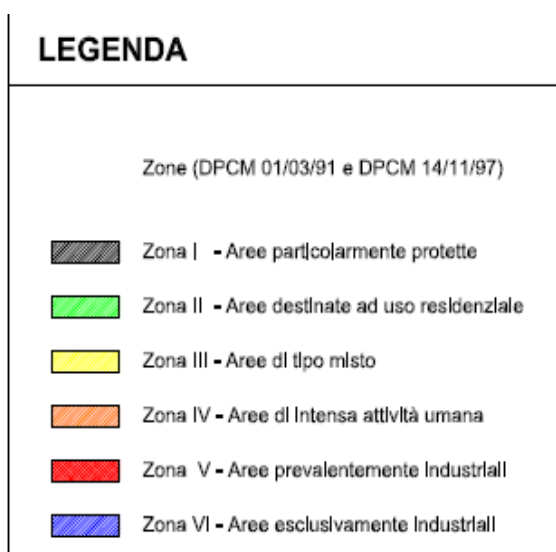


Fig. 6.2 Legenda PdZ Morbegno

Tabella 6.2 Limiti di piano (art.2 e 3 DPCM 14/11/1997)

Zonizzazione	Immissione		Emissione	
	Lim. diurno dB(A)	Lim. notturno dB(A)	Lim. diurno dB(A)	Lim. notturno dB(A)
Classe I	50	40	45	35
Classe II	55	45	50	40
Classe III	60	50	55	45
Classe IV	65	55	60	50
Classe V	70	60	65	55
Classe VI	70	70	65	65

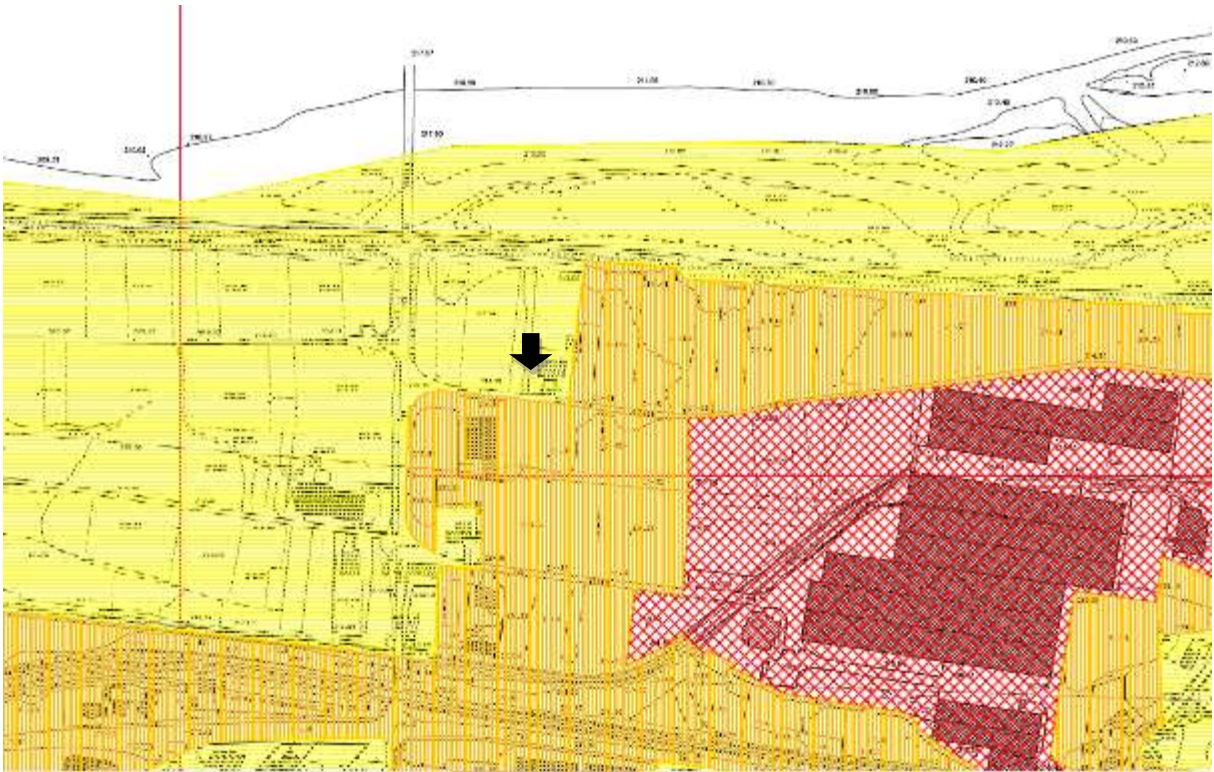


Fig. 6.3 - Estratto PDZ RUMO\_01 - Cosio Valtellino



Fig. 6.4 - Estratto PDZ RUMO\_02 - Cosio Valtellino



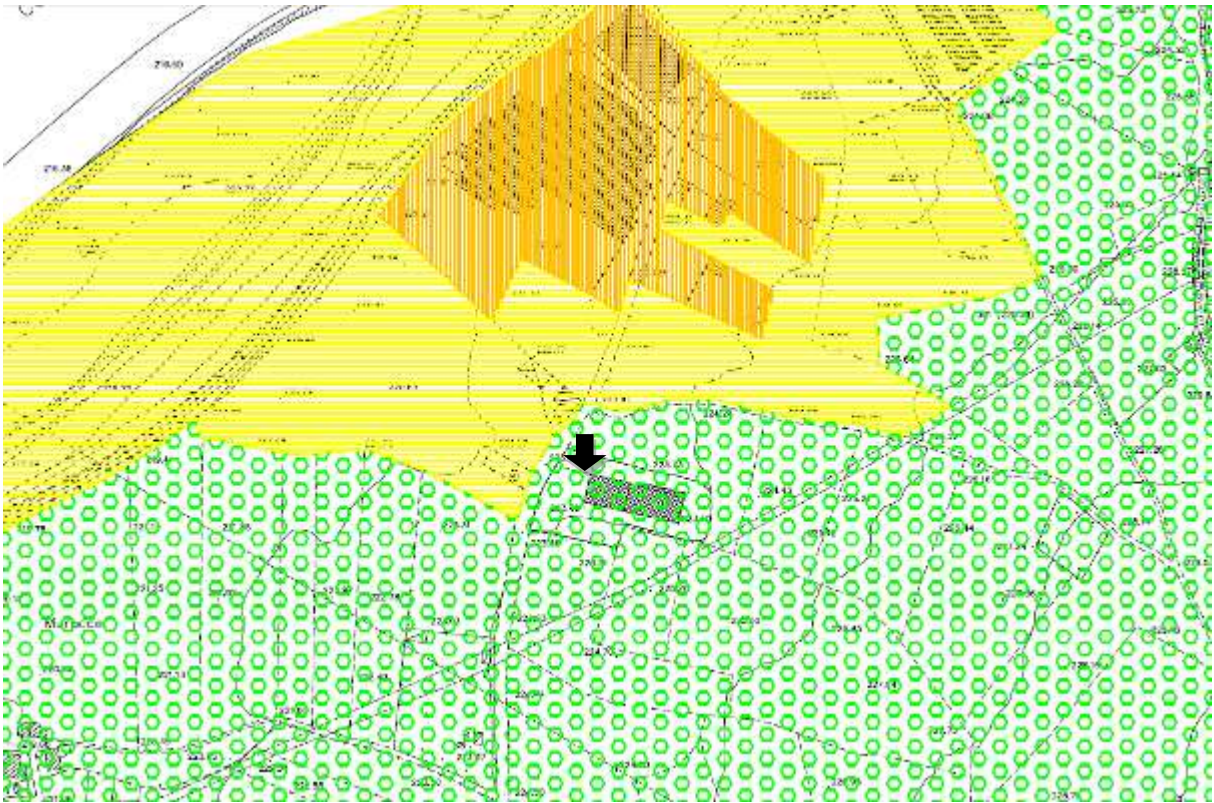


Fig. 6.5 - Estratto PDZ RUMO\_03 - Cosio Valtellino



Fig. 6.6 - Estratto PDZ RUMO\_04 - Cosio Valtellino



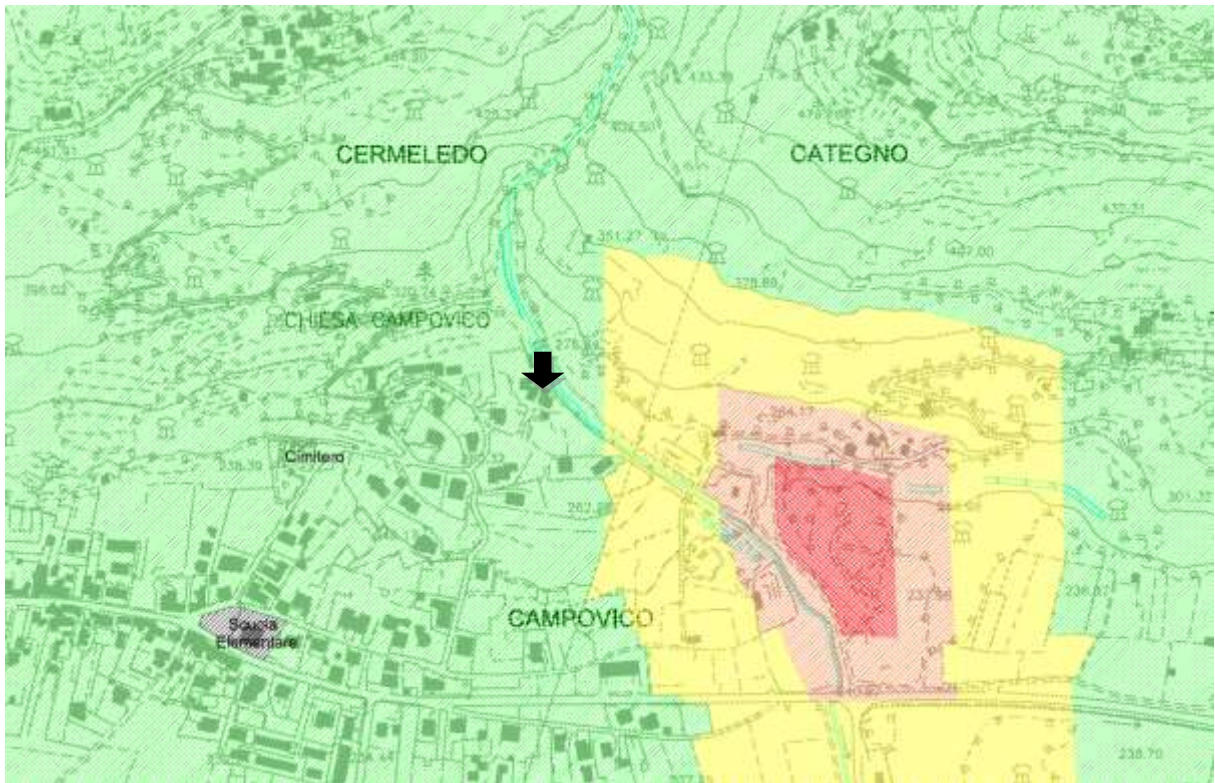


Fig. 6.7 - Estratto PDZ RUMO\_05 - Morbegno

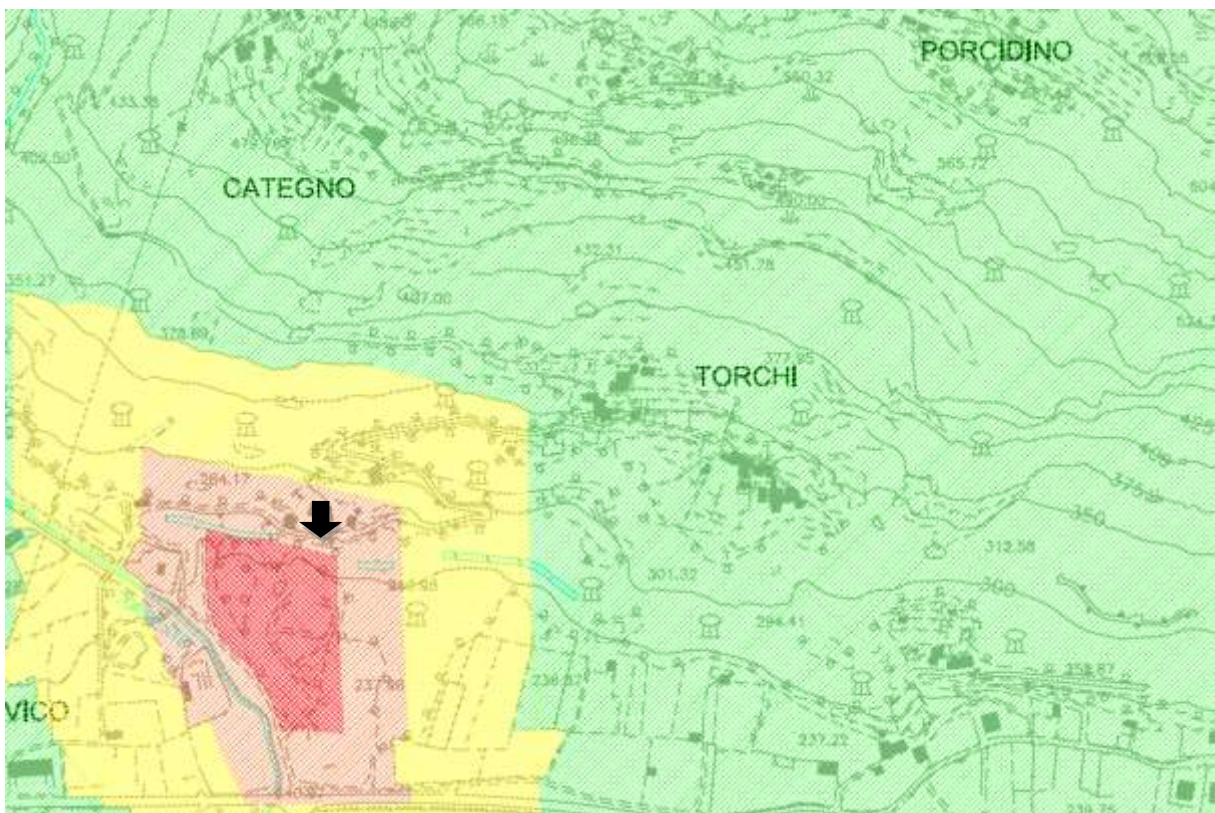


Fig. 6.7 - Estratto PDZ RUMO\_06 - Morbegno

## 6.2.2 Limiti specifici per rumore da traffico stradale

In presenza di arterie stradali risulta applicabile il DPR 30 marzo 2004, n. 142, dal titolo "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare", nel quale, in attuazione dell'articolo 11 della legge 447/1995, sono definiti specifici limiti di immissione di rumore derivante da traffico veicolare.

Il DPR in oggetto disciplina il rumore proveniente da autostrade, strade extraurbane principali, strade extraurbane secondarie, strade urbane di scorrimento, strade urbane di quartiere e strade locali, come definite dall'articolo 2 del decreto legislativo n. 285 del 1992.

I limiti di immissione previsti dal DPR, sono riportati nelle seguenti tabelle.

**Tabella 6.3 – Limiti di immissione in presenza di traffico veicolare**

LIMITI DI IMMISSIONE PER STRADE ESISTENTI E ASSIMILABILI (DPR 30 MARZO 2004, N. 142)*						
Tipo di strada	Sottotipi a fini acustici (secondo Norme CNR '80 e direttive PUT)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
		(m)				
A – autostrada		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
B – extraurbana principale		100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
C – extraurbana secondaria	Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 80)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		150 (fascia B)			65	55
	Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie)	100 (fascia A)	50	40	70	60
		50 (fascia B)			65	55
D – urbana di scorrimento	Da (strade a carreggiate separate e interquartiere)	100	50	40	70	60
	Db (tutte le altre strade urbane di scorrimento)	100	50	40	65	55
E – urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al Dpcm in data 14/11/97 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art 6, comma 1, lettera a) della legge n. 447 del 1995			
F – locale		30				

Per le scuole vale il solo limite diurno

LIMITI DI IMMISSIONE PER STRADE DI NUOVA REALIZZAZIONE (DPR 30 MARZO 2004, N. 142)*						
Tipo di strada	Sottotipi a fini acustici (secondo DM 5.11.01)	Ampiezza fascia di pertinenza acustica	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo		Altri Ricettori	
			Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)	Diurno dB(A)	Notturmo dB(A)
		(m)				
A - autostrada		250	50	40	65	55
B - extraurbana principale		250	50	40	65	55
C - extraurbana secondaria	C1	250	50	40	65	55
	C2	150	50	40	65	55
D - urbana di scorrimento		100	50	40	65	55
E - urbana di quartiere		30	Definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al Dpcm in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'articolo 6, comma 1, lettera a) della legge n. 447 del 1995			
F - locale		30				

Per le scuole vale il solo limite diurno

Le fasce di pertinenza stradali di cui alle tabelle precedenti sono pertanto caratterizzate da un regime di limiti che distingue il traffico stradale dalle restanti sorgenti che insistono sul territorio. Infatti l'art. 3 co.2 del D.P.C.M. 14/11/97 prevede che per le infrastrutture stradali i limiti assoluti di immissione non siano applicabili all'interno di tali fasce. All'esterno delle stesse le infrastrutture stradali concorrono al raggiungimento dei suddetti limiti. Al traffico stradale si applicano invece i limiti di cui alle tabelle precedenti.

Per quanto concerne lo stato attuale nessuno dei punti di misura ricade all'interno delle fasce stradali suddette. Rimangono pertanto validi i limiti definiti dai piani di zonizzazione acustica comunale come da tabella seguente.

In sintesi:

**Tabella 6.4 Limiti di riferimento per ciascun punto**

ID PUNTO	Comune	Classe acustica	Limite immissione diurno dBA	Limite immissione notturno dBA
RUMO 01	Cosio Valtellino	III	60	50
RUMO 02	Cosio Valtellino	II	55	45
RUMO 03	Cosio Valtellino	II	55	45
RUMO 04	Cosio Valtellino	III	60	50
RUMO 05	Cosio Valtellino	II	55	45
RUMO 06	Cosio Valtellino	IV	65	55

## 6.3 Modalità di misura

Tutte le campagne di misura sono state effettuate in accordo con i criteri stabiliti dal DM 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico" e condotte da Tecnico Competente in Acustica riconosciuto dalla Regione Lombardia ai sensi dell'art.2, commi 6 e 7 della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

### 6.3.1 Strumentazione di misura

I rilievi di rumore sono stati eseguiti tramite un mezzo mobile predisposto con asta elevabile fino a 4 m.

#### Catena strumentale:

Fonometro integratore Larson Davis modello 824 n° serie 1319

Microfono Larson Davis modello 2541 n° serie 8728

Preamplificatore Larson Davis modello PRM902 n° serie 481

Calibratore LDCAL200 n° serie 854

La strumentazione impiegata e il relativo grado di precisione sono conformi alle specifiche di cui alla Classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994, come richiesto dal Decreto Ministeriale del 16/03/1998, sulla base delle cui prescrizioni sono state condotte le misurazioni.

Prima e dopo la serie di misure, lo strumento è stato verificato e calibrato con apposito pistonofono. Il fonometro è sottoposto a taratura presso un laboratorio accreditato Accredia. I certificati di taratura relativi al calibratore e alla catena di taratura fonometro - preamplificatore - microfono sono allegati alla presente relazione.



### 6.3.1 Tipologia di misura

In ogni punto è stato effettuato un rilievo di durata pari ad almeno 7 gg:

**Tabella 6.5 Tempi campagne di monitoraggio**

ID PUNTO	Comune	Date campagna misura
RUMO 01	Cosio Valtellino	05/02 -11/02
RUMO 02	Cosio Valtellino	28/01 - 03/02
RUMO 03	Cosio Valtellino	13/01 - 19/01
RUMO 04	Cosio Valtellino	20/01 - 27/01
RUMO 05	Morbegno	13/02 - 20/02
RUMO 06	Morbegno	26/02 -04/03

In ogni campagna sono stati rilevati i seguenti parametri:

- Leq su base oraria
- Time History
- Parametri statistici su base oraria (L1, L10, L50, L90, L99)

Ad ogni campagna sono associati i dati meteo rilevati nelle campagne di misura della componente atmosfera (si veda capitolo 5) eventualmente integrati dai dati rilevati dalla centralina Arpa di Morbegno.

## 6.4 Validazione dei dati

I dati di ciascuna campagna di misura sono stati sottoposti a validazione sulla base dei dati meteo rilevati.

1. Analisi per ogni ora del periodo di misura dei valori rilevati da centralina meteo: individuazione delle ore in cui Velocità Vento > 5 m/s e Precipitazioni > 0.2 mm pioggia
2. Definizione della percentuale di dati orari affetti da incertezza in quanto ricadenti nelle condizioni suddette
3. Se la percentuale è inferiore al 15% il set dati risulta valido
4. Se la percentuale è superiore si procede alla verifica dei grafici di misura finalizzata a individuare se presenti effettivi innalzamenti del Leq imputabili alle condizioni meteo. In tal caso i dati viziati sono eliminati dal set tramite mascheratura. In caso di set di dati affetti da errore superiore al 40% il rilievo viene ripetuto.

Nella tabella seguente i risultati della validazione.

**Tabella 6.6 Validazione dati**

ID PUNTO	Percentuale valori con VV>5m/sec	Percentuale valori con p>0.1mm	Validazione
RUMO 01	0 %	6,5 %	OK
RUMO 02	2,6%	1,6%	OK
RUMO 03	1,2%	20,3%	Mascherati dati dal 16/01 h.5 al 17/01 h 22 per presenza di pioggia
RUMO 04	9,5%	4,8%	OK
RUMO 05	0 %	14,8%	OK
RUMO 06	0%	1,8%	OK

## 6.5 Risultati di misura

In allegato sono riportate le schede di restituzione di ciascun punto di misura contenenti:

- Inquadramento generale (ID PUNTO, coordinate, comune)
- Progressiva inizio/fine tratta stradale
- Lato infrastruttura con recettori
- Date campagna di misura
- Caratteristiche del sito
- Limiti di riferimento
- Valori rilevati: Leq orari, Leq diurni e notturni giornalieri, Leq giornalieri 24h, Valori statistici orari (L1,L10,L50,L90,L99)
- Time History

Di seguito si riportano i valori giornalieri e settimanali relativi a periodo di riferimento diurno e notturno in ciascun punto, confrontati con i limiti di legge. Tutti i valori sono arrotondati a 0.5 dB ai sensi del DM 16/03/1998.

### 6.5.1 RUMO\_01

Tabella 6.7 - RUMO\_01 Leq giornalieri

DATA -INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO(dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
04/02/2015 23:58	-	45,4	-	50
05/02/2015 06:00	54,5	-	60	-
05/02/2015 22:00	-	47,0	-	50
06/02/2015 06:00	55,5	-	60	-
06/02/2015 22:00	-	48,0	-	50
07/02/2015 06:00	54,0	-	60	-
07/02/2015 22:00	-	49,5	-	50
08/02/2015 06:00	52,0	-	60	-
08/02/2015 22:00	-	50,5	-	50
09/02/2015 06:00	55,0	-	60	-

DATA -INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO(dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
09/02/2015 22:00	-	46,5	-	50
10/02/2015 06:00	56,0	-	60	-
10/02/2015 22:00	-	48,0	-	50
11/02/2015 06:00	54,5	-	60	-
11/02/2015 22:00	-	48,5	-	50

**Tabella 6.8 - RUMO\_01 Leq settimanali**

LEQ SETTIMANALE	VALORE MISURATO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE (dBA)
DIURNO	54,5	60
NOTTURNO	48,0	50

Nel periodo di misura si identificano due eventi sonori di durata significativa (08/02 12.00-17.30 ; 09/02 12.00-20.45) che innalzano di 10/12 dB il livello sonoro, presumibilmente attribuibili ad attività all'interno delle aree residenziali limitrofe. Data la natura non ricorrente sono stati mascherati.

I livelli equivalenti misurati risultano sempre rispettosi dei limiti di legge.

## 6.5.2 RUMO\_02

Tabella 6.9 - RUMO\_02 Leq giornalieri

DATA -INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO(dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
27/01/2015 23:58	-	42,3	-	45
28/01/2015 06:00	53,1	-	55	-
28/01/2015 22:00	-	41,3	-	45
29/01/2015 06:00	52,3	-	55	-
29/01/2015 22:00	-	42,2	-	45
30/01/2015 06:00	58,3	-	55	-
30/01/2015 22:00	-	40,5	-	45
31/01/2015 06:00	54,1	-	55	-
31/01/2015 22:00	-	43,3	-	45
01/02/2015 06:00	48,1	-	55	-
01/02/2015 22:00	-	41,6	-	45
02/02/2015 06:00	50,7	-	55	-
02/02/2015 22:00	-	42,3	-	45
03/02/2015 06:00	47,2	-	55	-
03/02/2015 22:00	-	44,2	-	45

Tabella 6.10 - RUMO\_02 Leq settimanali

LEQ SETTIMANALE	VALORE MISURATO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE (dBA)
DIURNO	54,5	55
NOTTURNO	48,0	45

Si registra un unico superamento dei limiti in periodo diurno in data 30/01, attribuibile presumibilmente all'utilizzo di macchine/macchinari agricoli.

### 6.5.3 RUMO\_03

Tabella 6.11 – RUMO\_03 Leq giornalieri

DATA -INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO(dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
12/01/2015 23:58	-	42,5	-	45
13/01/2015 06:00	52,0	-	55	-
13/01/2015 22:00	-	41,5	-	45
14/01/2015 06:00	55,0	-	55	-
14/01/2015 22:00	-	42,5	-	45
15/01/2015 06:00	53,5	-	55	-
15/01/2015 22:00	-	43,0	-	45
17/01/2015 22:00	-	43,5	-	45
18/01/2015 06:00	52,6	-	55	-
18/01/2015 22:00	-	43,5	-	45
19/01/2015 06:00	53,5	-	55	-
19/01/2015 22:00	-	42,0	-	45
12/01/2015 23:58	42,5	-	55	-
13/01/2015 06:00	-	52,0	-	45

Tabella 6.12 – RUMO\_03 Leq settimanali

LEQ SETTIMANALE	VALORE MISURATO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE (dBA)
DIURNO	52,5	55
NOTTURNO	42,5	45



A seguito della procedura di validazione dati meteo è stato mascherato il periodo compreso tra il 16/01 h.5 e il 17/01 h 22 per presenza di pioggia.

Tutti i valori rispettano i limiti di classe.

#### 6.5.4 RUMO\_04

Tabella 6.13 – RUMO\_04 Leq giornalieri

DATA -INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO(dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
20/01/2015 11:59	53,0	-	60	-
20/01/2015 22:00	-	44,5	-	50
21/01/2015 06:00	53,6	-	60	-
21/01/2015 22:00	-	41,0	-	50
22/01/2015 06:00	54,1	-	60	-
22/01/2015 22:00	-	46,0	-	50
23/01/2015 06:00	55,0	-	60	-
23/01/2015 22:00	-	46,5	-	50
24/01/2015 06:00	52,0	-	60	-
24/01/2015 22:00	-	46,0	-	50
25/01/2015 06:00	49,5	-	60	-
25/01/2015 22:00	-	44,5	-	50
26/01/2015 06:00	53,5	-	60	-
26/01/2015 22:00	-	43,5	-	50

Tabella 6.14 – RUMO\_04 Leq settimanali

LEQ SETTIMANALE	VALORE MISURATO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE (dBA)
DIURNO	54,0	60
NOTTURNO	45,0	50

Tutti i valori rispettano i limiti di classe.

## 6.5.5 RUMO\_05

Tabella 6.15 - RUMO\_05 Leq giornalieri

DATA -INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO(dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
12/02/2015 23:58	-	49,5	-	45
13/02/2015 06:00	51,5	-	55	-
13/02/2015 22:00	-	49,5	-	45
14/02/2015 06:00	50,5	-	55	-
14/02/2015 22:00	-	50,5	-	45
15/02/2015 06:00	53,5	-	55	-
15/02/2015 22:00	-	52,5	-	45
16/02/2015 06:00	54,0	-	55	-
16/02/2015 22:00	-	52,0	-	45
17/02/2015 06:00	53,5	-	55	-
17/02/2015 22:00	-	51,0	-	45
18/02/2015 06:00	53,0	-	55	-
18/02/2015 22:00	-	51,0	-	45
19/02/2015 06:00	51,5	-	55	-
19/02/2015 22:00	-	50,5	-	45

Tabella 6.16 - RUMO\_05 Leq settimanali

LEQ SETTIMANALE	VALORE MISURATO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE (dBA)
DIURNO	52,5	55
NOTTURNO	51,0	45

I valori diurni rispettano il limite di classe. Il superamento del limite in periodo notturno è da imputare alla presenza di cascatella sul Torrente Tovate.

## 6.5.6 RUMO\_06

Tabella 6.17 – RUMO\_06 Leq giornalieri

DATA -INIZIO MISURA	Leq DIURNO (dBA)	Leq NOTTURNO(dBA)	LIMITE IMMISSIONE DIURNO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE NOTTURNO (dBA)
25/02/2015 23:59	-	49,0	-	55
26/02/2015 06:00	57,0	-	65	-
26/02/2015 22:00	-	49,0	-	55
27/02/2015 06:00	58,0	-	65	-
27/02/2015 22:00	-	49,0	-	55
28/02/2015 06:00	53,0	-	65	-
28/02/2015 22:00	-	49,0	-	55
01/03/2015 06:00	51,5	-	65	-
01/03/2015 22:00	-	49,0	-	55
02/03/2015 06:00	56,5	-	65	-
02/03/2015 22:00	-	49,0	-	55
03/03/2015 06:00	54,0	-	65	-
03/03/2015 22:00	-	49,0	-	55
04/03/2015 06:00	55,0	-	65	-
04/03/2015 22:00	-	47,5	-	55

Tabella 6.18 – RUMO\_06 Leq settimanali

LEQ SETTIMANALE	VALORE MISURATO (dBA)	LIMITE IMMISSIONE (dBA)
DIURNO	55,5	65
NOTTURNO	49,0	55

Tutti i valori rispettano i limiti di classe. In periodo diurno il clima acustico è influenzato da attività di cantiere in zona limitrofa.

## 7. Suolo

Il monitoraggio della componente ha l'obiettivo di verificare la possibilità di interferenza dell'opera infrastrutturale sulle caratteristiche pedologiche e geomorfologiche dei terreni, con particolare attenzione a quelli derivati dalle attività di cantiere.

La fase ante-operam è finalizzata alla definizione delle caratteristiche fisico-chimiche iniziali dei suoli interessati.

### 7.1 Ubicazione punti di campionamento

L'ubicazione esecutiva dei punti di monitoraggio è sintetizzata nella tabella seguente.

**Tabella 7.1 - ubicazione effettiva punti di monitoraggio PEDO**

ID PUNTO	Posizione da PMA	Coordinate geografiche	Quota mslm	Variazioni dall'ubicazione PMA
PEDO 01	Km 9 +795	46° 8'15.96"N, 9°31'33.48"E	215.2	Coincidente
PEDO 02	Km 10+295	46° 8'15.21"N, 9°31'55.91"E	215.4	Spostato di 35 m in direzione N-E
PEDO 03	Cantiere 1	46° 8'32.35"N, 9°33'4.87"E	220.3	Spostato di 80 m in direzione sud ovest
PEDO 04	Cantiere 2	46° 8'44.61"N, 9°35'54.91"E	240.2	Coincidente
PEDO 05	Cantiere 3 - 4	46°09'06.40" N, 9°38'00.44" E	263.04	Spostato 75 m in direzione nord est
PEDO 06	Cantiere 5	46° 8'58.19"N, 9°37'50.15"E	262.3	Spostato 35 m a sud

Per i punti PEDO 1 e 4 è stata mantenuta l'esatta ubicazione prevista dal piano mentre piccoli spostamenti sono stati eseguiti per i punti PEDO 02, 03, 05 e 06. Tali variazioni, peraltro modeste, si sono rese necessarie per problematiche di accesso e/o di operatività.

La stazione PEDO 05 è stata eseguita contestualmente alla realizzazione dell'AIST 03 nel giugno 2015 in ragione delle problematiche descritte al paragrafo 4.1: a causa dell'impossibilità di accesso all'area è stata inizialmente eseguita una verifica del suolo nell'area di pertinenza dell'eliporto (punto denominato PEDO 05\_ELIPORTO) e successivamente realizzato l'effettivo PEDO 05 su richiesta di Arpa, ad area di cantiere accessibile.

## 7.2 PEDO\_01

L'area risulta pianeggiante adibita a verde prativo stabile ed è posta vicino all'argine sud del Fiume Adda. La stessa non risulta interessata da coltivazioni.



Fig. 7.2 Ubicazione PEDO 01

In corrispondenza della stazione PEDO 1 è stato eseguito uno scavo, spinto fino alla profondità di 1.5 m dal p.c..



Fig. 7.3 Pedo 01



Dallo scavo effettuato si rileva la presenza di due orizzonti: il primo, superficiale di coltivo, avente spessore di 40 cm sovrastante un livello sabbioso limoso privo di materia organica senza elementi indicativi di pedogenizzazione. Lo scavo conferma la presenza di suoli poco evoluti.

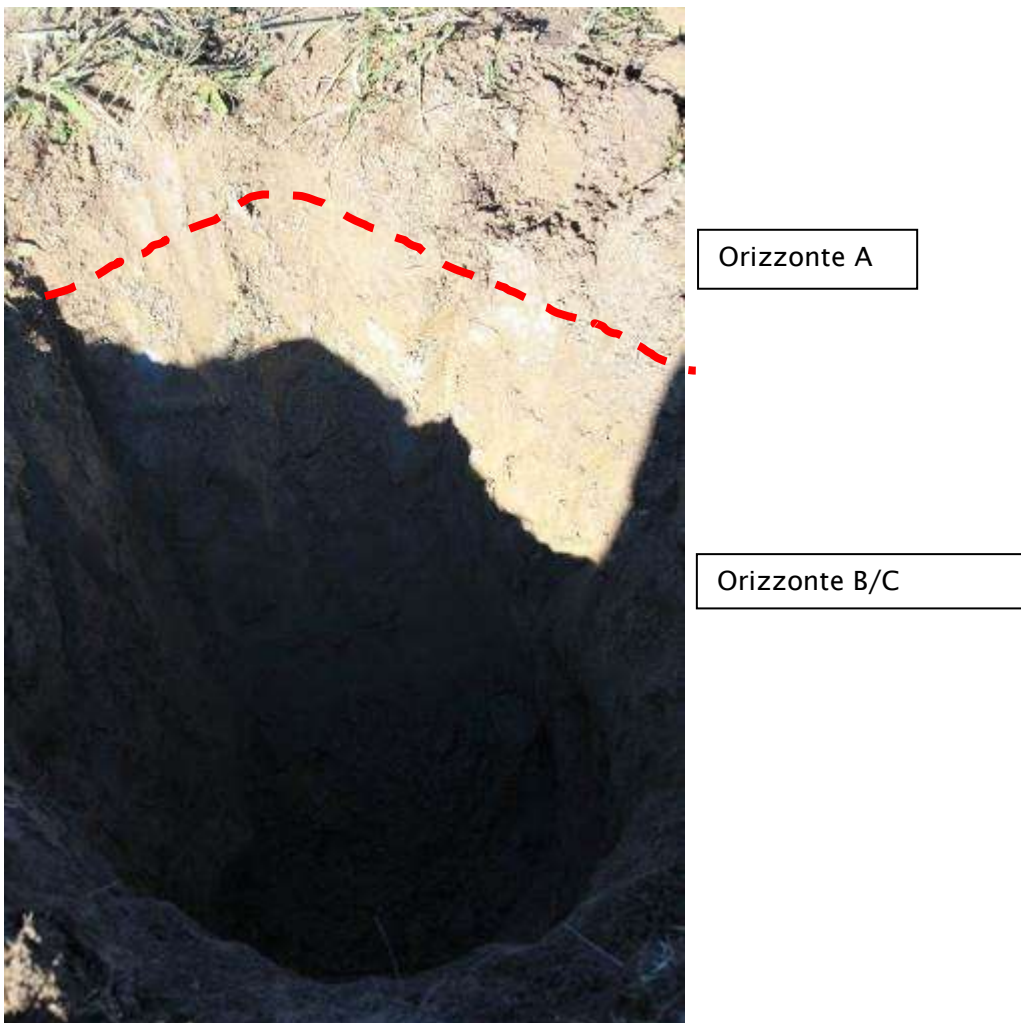


Fig. 7.4 Trincea PEDO 01

Di seguito si riporta la scheda di rilievo.

Tabella 7.2 – scheda rilievo PEDO 01

Parametro	Descrizione
profondità, spessore;	orizzonte A: terreno di coltivo con spessore di 0.3 m; orizzonte B/C: sabbia fine limosa marrone chiaro (soffice)
condizioni di umidità;	3 (umido)
colore	orizzonte A: marrone 2.5YR 3/2 orizzonte B/C: marrone chiaro 7.5YR 4/6
presenza di figure redoximorfiche e litocromie;	Non rilevati
tessitura;	orizzonte A: Limo sabbioso orizzonte B/C: sabbia fine limosa
frammenti grossolani;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
consistenza;	orizzonte A: mediamente plastico, assenza di cementazione mediamente coesivo; orizzonte B/C: debolmente plastico, assenza di cementazione debolmente coesivo
struttura;	orizzonte A: modesta struttura orizzonte B/C: scarsa
conducibilità idraulica (qualitativo);	orizzonte A: bassa orizzonte B/C: medio bassa
vuoti;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
presenza di pellicole;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
facce di pressione e scorrimento	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
radici (loro diffusione nei diversi orizzonti);	Apparato radicale che si limita all'orizzonte A con elementi aventi dimensione da 1 a 3 mm e densità di 100/1dm <sup>3</sup>
attività biologica;	Modesta attività biologica nell'orizzonte A
effervescenza all'HCl;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
Classificazione del suolo	Entisols Aquic Udifluents

## 7.3 PEDO 02

L'area risulta pianeggiante adibita a verde prativo vicina all'argine sud del Fiume Adda.



Fig. 7.5 Ubicazione PEDO 02

In corrispondenza della stazione PEDO 2 è stato eseguito uno scavo, spinto fino alla profondità di 1.5 m dal p.c..



**Fig. 7.6 PEDO 02**

Dallo scavo effettuato si rileva la presenza di tre orizzonti: il primo, superficiale di coltivo, avente spessore di 20 cm sovrastante un livello sabbioso limoso esteso fino alla profondità di 90 cm e un livello di sabbia fine al di sotto.



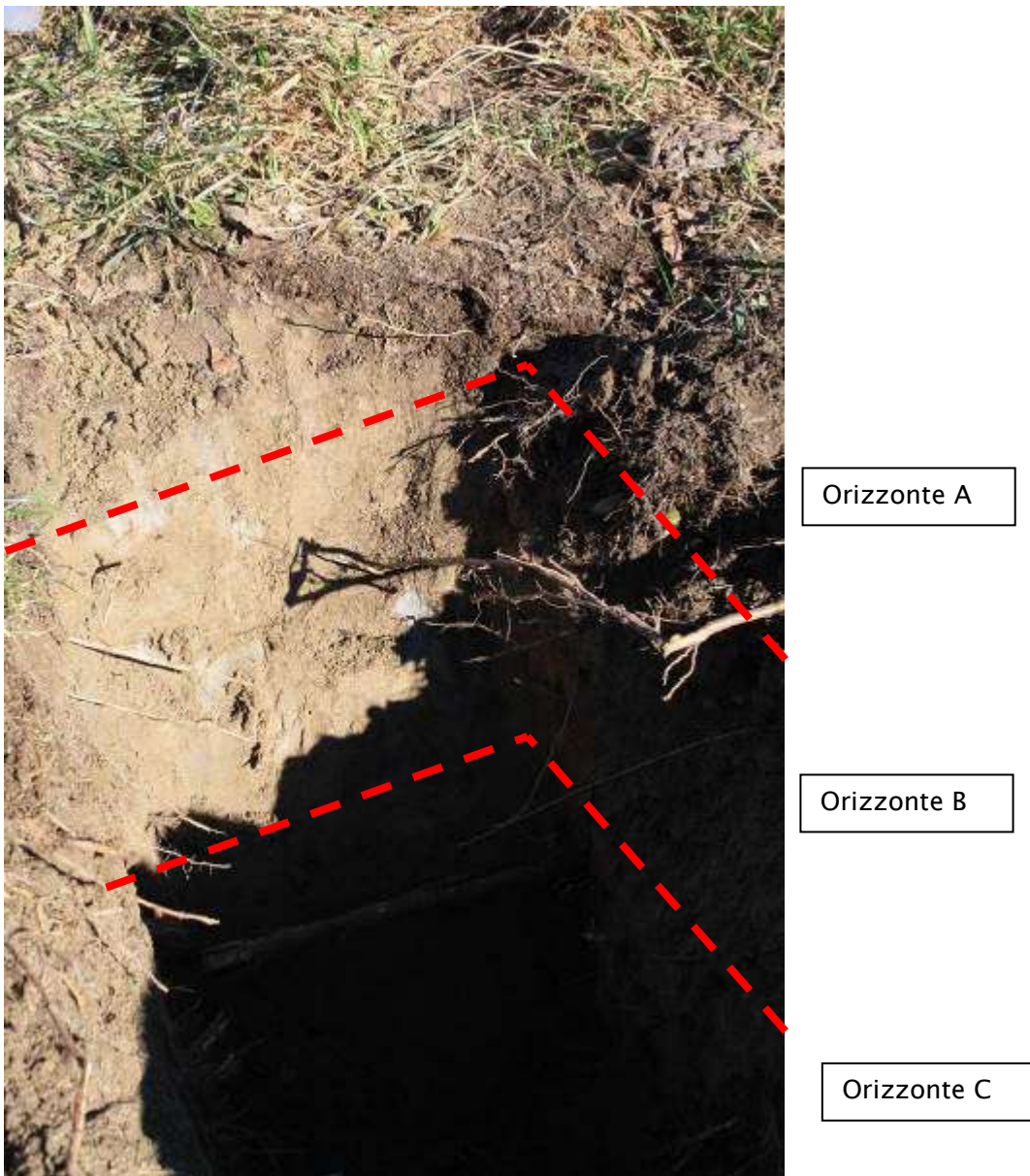


Fig. 7.7 Trincea PEDO 02

Di seguito si riporta la scheda di rilievo.

**Tabella 7.3 – scheda rilievo PEDO 02**

Parametro	Descrizione
profondità, spessore;	orizzonte A: terreno di coltivo con spessore di 0.3 m; orizzonte B: sabbia fine limosa marrone chiaro (soffice) orizzonte C: sabbia fine (soffice)
condizioni di umidità;	3 (umido)
colore	orizzonte A: marrone 2.5YR 3/2 orizzonte B: marrone chiaro 7.5YR 4/6 orizzonte C: marrone chiaro 10YR4/6
presenza di figure redoximorfiche e litocromie;	Non rilevati
tessitura;	orizzonte A: Limo sabbioso orizzonte B: sabbia fine limosa orizzonte C: sabbia fine
frammenti grossolani;	orizzonte A: assenti orizzonte B: assenti orizzonte C: assenti
consistenza;	orizzonte A: mediamente plastico, assenza di cementazione mediamente coesivo; orizzonte B: debolmente plastico, assenza di cementazione debolmente coesivo orizzonte C: non plastico, assenza di cementazione, non coesivo
struttura;	orizzonte A: modesta struttura orizzonte B: scarsa orizzonte C: assente
conducibilità idraulica (qualitativo);	orizzonte A: bassa orizzonte B: medio bassa orizzonte C: media
vuoti;	orizzonte A: assenti orizzonte B: assenti orizzonte C: assenti
presenza di pellicole;	orizzonte A: assenti orizzonte B: assenti orizzonte C: assenti
facce di pressione e scorrimento	orizzonte A: assenti orizzonte B: assenti orizzonte C: assenti

Parametro	Descrizione
radici (loro diffusione nei diversi orizzonti);	Apparato radicale indice della pregressa presenza di arbusti, elementi aventi dimensione da 5 a 15 mm e densità di 10/1dm <sup>3</sup>
attività biologica;	Presente attività biologica nell'orizzonte A
effervescenza all'HCl;	orizzonte A: assenti orizzonte B: assenti orizzonte C: assenti
Classificazione del suolo	Entisols Aquic Udifluvents

## 7.4 PEDO 03

L'area risulta pianeggiante adibita a verde prativo ed è posta vicino all'argine sud del Fiume Adda. La stessa è interessata da colture.



Fig. 7.8 Ubicazione PEDO 03

In corrispondenza della stazione PEDO 03 è stata eseguita la perforazione del piezometro AIST 01.

Di seguito si riportano i dati desumibili dalla perforazione eseguita.





Fig. 7.9 AIST 01

La stratigrafia superficiale evidenzia la presenza di due orizzonti pedologici il primo, superficiale di coltivo, avente spessore di 30 cm sovrastante un livello sabbioso limoso con ciottoli privo di materia organica.



Fig. 7.10 AIST 01

Di seguito si riporta la scheda di rilievo.

**Tabella 7.4- scheda rilievo PEDO 03**

Parametro	Descrizione
profondità, spessore;	orizzonte 1: terreno di coltivo con spessore di 0.3 m; orizzonte 2: sabbia limosa con ciottoli (duro)
condizioni di umidità;	3 (umido)
colore	orizzonte 1: marrone 2.5YR 3/2 orizzonte 2: marrone chiaro 5YR 4/4
presenza di figure redoximorfiche e litocromie;	Non rilevati
tessitura;	orizzonte 1: Limo sabbioso orizzonte 2: sabbia limosa con ciottoli
frammenti grossolani;	orizzonte 1: assenti orizzonte 2: presenti $\phi$ max= 3 cm
consistenza;	orizzonte 1: mediamente plastico, assenza di cementazione mediamente coesivo; orizzonte 2: incoerente non plastico non cementato
struttura;	orizzonte 1: modesta struttura orizzonte 2: assente
conducibilità idraulica (qualitativo);	orizzonte 1: bassa orizzonte 2: medio alta
vuoti;	orizzonte 1: assenti orizzonte 2: assenti
presenza di pellicole;	orizzonte 1: assenti orizzonte 2: assenti
facce di pressione e scorrimento	orizzonte 1: assenti orizzonte 2: assenti
radici (loro diffusione nei diversi orizzonti);	Apparato radicale che si limita all'orizzonte 1 con elementi aventi dimensione da 1 a 3 mm e densità di 100/1dm <sup>3</sup>

Parametro	Descrizione
attività biologica;	Modesta attività biologica nell'orizzonte 1
effervescenza all'HCl;	orizzonte 1: assente orizzonte 2: assente
Classificazione del suolo	Entisols Aquic Udifluvents

## 7.5 PEDO 04

L'area risulta pianeggiante adibita a verde prativo, ubicata in sponda destra del fiume Adda. La zona non risulta interessata da colture ma da prato stabile. Superficialmente si rinviene, in prossimità del lato strada la presenza soprasuolo di residui di costruzione.



Fig. 7.11 Ubicazione PEDO 04

In corrispondenza della stazione PEDO 4 è stato eseguito uno scavo, spinto fino alla profondità di 1.8 m dal p.c..

L'area è stata recentemente oggetto di rimozione della vegetazione.





Fig. 7.12 Pedo 04

Dallo scavo effettuato si rileva la presenza di due orizzonti: il primo, superficiale di coltivo, avente spessore di 40 cm sovrastante un livello sabbioso limoso privo di materia organica.

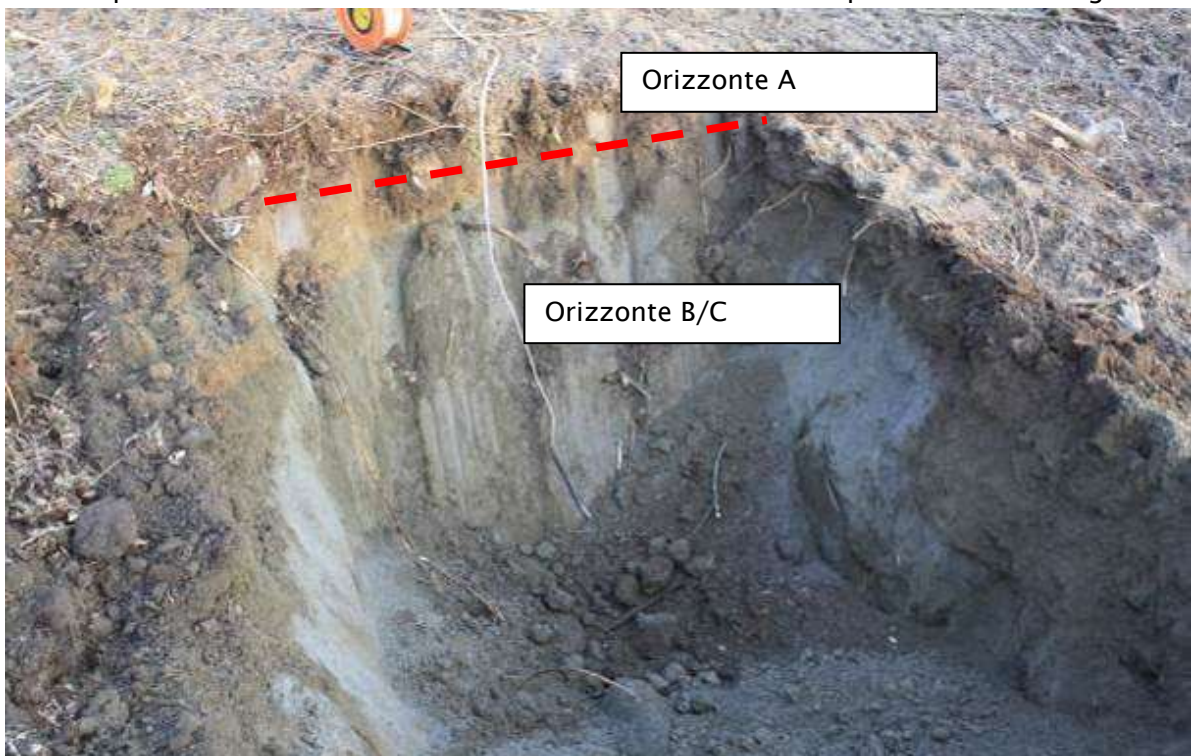


Fig. 7.13 Trincea PEDO 04

Tabella 7.5- scheda rilievo PEDO 04

Parametro	Descrizione
profondità, spessore;	orizzonte A: terreno di coltivo con spessore di 0.3 m; orizzonte B/C: sabbia fine limosa marrone chiaro (soffice)
condizioni di umidità;	3 (umido)
colore	orizzonte A: marrone 5YR 5/6 orizzonte B/C: marrone grigio 10YR 6/2
presenza di figure redoximorfiche e litocromie;	Non rilevati
tessitura;	orizzonte A: Limo sabbioso orizzonte B/C: sabbia fine limosa
frammenti grossolani;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
consistenza;	orizzonte A: mediamente plastico, assenza di cementazione mediamente coesivo; orizzonte B/C: debolmente plastico, assenza di cementazione debolmente coesivo
struttura;	orizzonte A: modesta struttura orizzonte B/C: scarsa
conducibilità idraulica (qualitativo);	orizzonte A: bassa orizzonte B/C: media
vuoti;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
presenza di pellicole;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
facce di pressione e scorrimento	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
radici (loro diffusione nei diversi orizzonti);	Apparato radicale che si limita all'orizzonte A con elementi aventi dimensione da 1 a 10 mm e densità di 100/1dm <sup>3</sup>
attività biologica;	Modesta attività biologica nell'orizzonte A

Parametro	Descrizione
effervescenza all'HCl;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
Classificazione del suolo	Entisols Aquic Udifluvents

## 7.6 PEDO 05

Il PEDO 05 è stato realizzato in corrispondenza di una zona interessata da verde boschivo (principalmente Robinie). Nelle zone limitrofe si osserva la presenza di riporti contenenti anche frazioni antropiche.



Fig. 7.14 Ubicazione PEDO 05





**Fig. 7.15 Pedo 05**

Localmente si rinviene la presenza di un orizzonte superficiale A, con elevato contenuto organico vegetativo, dello spessore di 10 cm sovrastante terreno inerte sostanzialmente privo di attività organica.



**Fig. 7.16 Trincea Pedo 05**

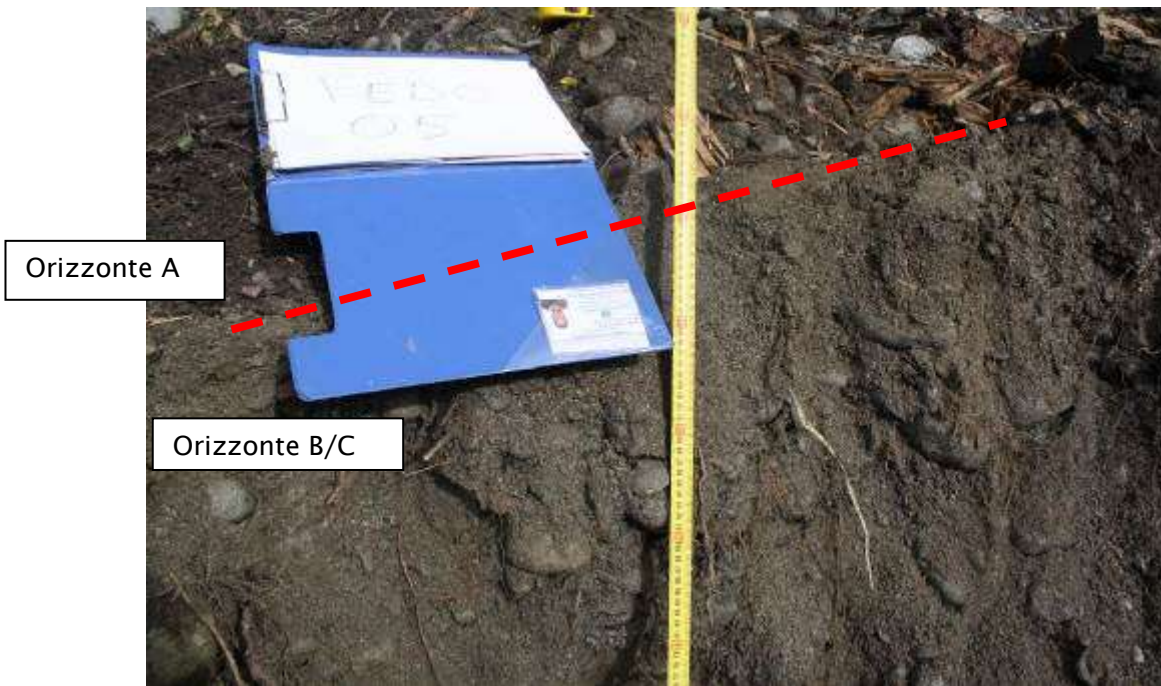


Fig. 7.17 Orizzonti PEDO 05

Tabella 7.6- scheda rilievo PEDO 05

Parametro	Descrizione
profondità, spessore;	orizzonte A: terreno con elevato contenuto vegetativo di 0.1 m; orizzonte B/C: sabbia grossolana con ciottoli
condizioni di umidità;	3 (umido)
colore	orizzonte A: marrone 5YR 5/6 orizzonte B/C: marrone chiaro 5YR 4/4
presenza di figure redoximorfiche e litocromie;	Non rilevati
tessitura;	orizzonte A: Limo sabbioso orizzonte B/C: sabbia grossolana con ciottoli
frammenti grossolani;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: presenti $\phi$ max= 5 cm
consistenza;	orizzonte A: mediamente plastico, assenza di cementazione debolmente coesivo; orizzonte B/C: incoerente non plastico non cementato
struttura;	orizzonte A: modesta struttura orizzonte B/C: assente
conducibilità idraulica (qualitativo);	orizzonte A: bassa orizzonte B/C: alta
vuoti;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
presenza di pellicole;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
facce di pressione e scorrimento	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
radici (loro diffusione nei diversi orizzonti);	Apparato radicale che si limita all'orizzonte A con elementi aventi dimensione da 1 a 3 mm e densità di 100/1dm <sup>3</sup>
attività biologica;	Modesta attività biologica nell'orizzonte A



Parametro	Descrizione
effervescenza all'HCl;	orizzonte A: assenti orizzonte B/C: assenti
Classificazione del suolo	Regosol

L'area in cui è posizionato il PEDO\_05 risultava in fase iniziale di impossibile accesso, in quanto area completamente boscata priva di vie d'ingresso. Poiché la realizzazione di trincea PEDO\_05 è stata possibile solo nel giugno 2015, a lavori di disboscamento e accesso dell'area ultimati, in fase iniziale è stato monitorato il suolo corrispondente all'eliporto, ove presente il pozzo AIST\_03 ELIPORTO.

Tale punto è stato denominato PEDO 05\_ELIPORTO.

In corrispondenza della stazione PEDO 05\_ELIPORTO è stata eseguita una trivellazione meno invasiva della trincea, in quanto trattasi di area privata.



**Fig. 7.18** Pedo 05\_Eliporto

La stratigrafia superficiale evidenzia la presenza di due orizzonti pedologici: il primo, superficiale di coltivo, avente spessore di 20 cm sovrastante un livello sabbioso limoso con ciottoli privo di materia organica.



Fig. 7.19 Orizzonti PEDO 05\_Eliporto

Tabella 7.7- scheda rilievo PEDO 05\_ELIPORTO

Parametro	Descrizione
profondità, spessore;	orizzonte A: terreno di coltivo con spessore di 0.3 m; orizzonte BC: sabbia limosa con ciottoli (duro)
condizioni di umidità;	3 (umido)
colore	orizzonte A: marrone 5YR 5/6 orizzonte BC: marrone chiaro 5YR 4/4
presenza di figure redoximorfiche e litocromie;	Non rilevati
tessitura;	orizzonte A: Limo sabbioso orizzonte BC: sabbia limosa con ciottoli
frammenti grossolani;	orizzonte A: assenti orizzonte BC: presenti $\phi$ max= 5 cm
consistenza;	orizzonte A: mediamente plastico, assenza di cementazione debolmente coesivo; orizzonte BC: incoerente non plastico non cementato
struttura;	orizzonte A: modesta struttura orizzonte BC: assente
conducibilità idraulica (qualitativo);	orizzonte A: bassa orizzonte BC: medio alta
vuoti;	orizzonte A: assenti orizzonte BC: assenti
presenza di pellicole;	orizzonte A: assenti orizzonte BC: assenti
facce di pressione e scorrimento	orizzonte A: assenti orizzonte BC: assenti
radici (loro diffusione nei diversi orizzonti);	Apparato radicale che si limita all'orizzonte 1 con elementi aventi dimensione da 1 a 4 mm e densità di 100/1dm <sup>3</sup>
attività biologica;	Modesta attività biologica nell'orizzonte 1



Parametro	Descrizione
effervescenza all'HCl;	orizzonte A: assente orizzonte BC: assente
Classificazione del suolo	Entisols Aquic Udifluents

## 7.7 PEDO 06

Ubicata nel piazzale dell'area industriale dismessa prospiciente il Fiume Adda.



**Fig. 7.20 Ubicazione PEDO 06**

In corrispondenza della stazione PEDO 06 si è fatto riferimento alla perforazione eseguita per la realizzazione del piezometro AIST04.

Si sottolinea tuttavia che tutta l'area del piazzale aziendale, che sarà interessata dall'installazione dell'area di cantiere n.5 è stata oggetto di riporto di materiale di scavo contenente in parte demolizioni, per uno spessore complessivo di 5 m.

L'area non è pertanto interessata dalla presenza di suolo pedologico.

Si è comunque provveduto all'esecuzione di un campione di terreno per l'accertamento analitico, funzionale alla successiva verifica di possibili impatti dell'attività di cantiere ma, per quanto sopra indicato, non è stata compilata la scheda di rilievo.



Fig. 7.21 Pedo 06

Materiale riportato costituito da  
residui di demolizioni

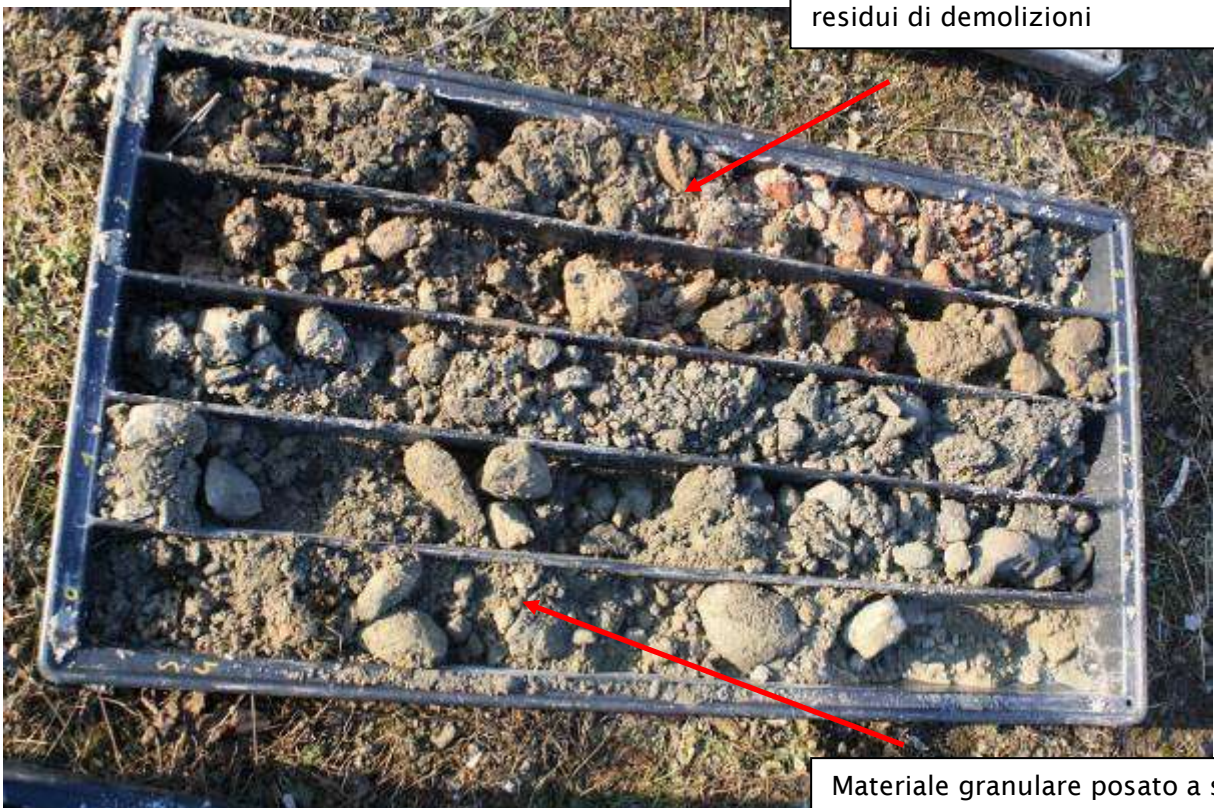


Fig. 7.22 Pedo 06

Materiale granulare posato a sot-  
tofondo del piazzale



## 7.8 Parametri chimici determinati in laboratorio

La tabella seguente sintetizza i parametri definiti da PMA e le metodiche utilizzate nell'analisi.

**Tabella 7.8 – Parametri chimici e metodica corrispondente**

PARAMETRO	U.M.	METODICA
Arsenico	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Azoto totale	% m/m s.s.	CA PO 8 44 2013 Rev. 1 (analisi elementare)
Benzene	mg/kg s.s.	ISO 22155:2011
Cadmio	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Cromo	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Etilbenzene	mg/kg s.s.	ISO 22155:2011
Frazione inferiore a 2 mm	% m/m	CA PO 8 23 2011 Rev. 1 (passaggio su setaccio)
Idrocarburi con C>12	mg/kg s.s.	UNI EN 14039:2005
Mercurio	mg/kg s.s.	EPA 7473 2007
Nichel	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Piombo	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Rame	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Residuo secco a 105°C	% m/m	CNR IRSA 2 Q64 Vol 2 1984
Toluene.	mg/kg s.s.	ISO 22155:2011
Xilene (o+m+p)	mg/kg s.s.	ISO 22155:2011
Zinco	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003

**Tabella 7.8 – Parametri agronomici e metodica corrispondente**

PARAMETRO	U.M.	METODICA
Azoto totale	% m/m s.s.	CA PO 8 44 2013 Rev. 1 (analisi elementare)
Calcare attivo	mg/kg s.s.	Metodo SISS – Sez. 3.3
Calcio	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Capacità di Scambio Cationico	meq/100 g	DM 13/09/1999 SO n°185 GU 248 21/10/1999
Carbonati (come CO <sub>3</sub> )	mg/kg s.s.	CA PO 8 20 2007 Rev. 0 (titolazione)
Carbonio organico	% m/m s.s.	CA PO 8 44 2013 Rev. 1 (analisi elementare)
Conducibilità dell'estratto acquoso	µS/cm	DM 13/09/1999 SO n°185 GU 248 21/10/1999
Fosforo assimilabile	mg/kg s.s.	DM 13/09/1999 SO n°185 GU 248 21/10/1999
pH in acqua	Unità pH	DM 13/09/1999 SO n°185 GU 248 21/10/1999
pH in KCl. 1M	-	DM 11/05/1992 GU SO n° 121 25/05/1992 Met. 7
Magnesio	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Potassio	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
Sodio	mg/kg s.s.	UNI EN 13657:2004 + APAT CNR IRSA 3020 Man 29 2003
TBS (Tasso di saturazione in basi)	-	Metodi di Analisi chimica del suolo ed. 2010

## 7.9 Risultati analisi di laboratorio

Di seguito le tabelle indicanti i risultati delle analisi per ogni orizzonte pedologico.

**Tabella 7.9 - Analisi chimiche PEDO 01**

Parametro	U.M.	PEDO 1 0 - 0,2 m -	PEDO 1 0,2 - 1,0 m -	Tab. 1/a All. 5 P IV D.LGS 152/06	Tab 1/b All. 5 P IV D.LGS 152/06
Arsenico	mg/kg s.s.	15	17	20	50
Benzene	mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0,1	2
Cadmio	mg/kg s.s.	< 0,4	< 0,4	2	15
Cromo	mg/kg s.s.	35	38	150	800
Etilbenzene	mg/kg s.s.	< 0,05	< 0,05	0.5	50
Frazione inferiore a 2 mm	% m/m	76,2	87,1		
Idrocarburi con C>12	mg/kg s.s.	< 25	< 25	50	750
Mercurio	mg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	1	5
Nichel	mg/kg s.s.	44	50	120	500
Piombo	mg/kg s.s.	16	12	100	1000
Rame	mg/kg s.s.	31	20	120	600
Residuo secco a 105°C	% m/m	78,2	82,4		
Toluene	mg/kg s.s.	< 0,05	< 0,05	0,5	50
Xilene (o+m+p)	mg/kg s.s.	< 0,10	< 0,10	0,5	50
Zinco	mg/kg s.s.	59	55	150	1500

**Tabella 7.10 - Analisi agronomiche PEDO 01**

Parametro	U.M.	PEDO 1 0 - 0,2 m -	PEDO 1 0,2 - 1,0 m -
Azoto totale	% m/m s.s.	0,21	0,089
Calcare attivo	mg/kg s.s.	10900	17000
Calcio	mg/kg s.s.	3810	10190
Capacità di Scambio Cationico	meq/100 g	5,4	3,3
Carbonati (come CO <sub>3</sub> )	mg/kg s.s.	< 100	180
Carbonio organico	% m/m s.s.	2	1,1
Conducibilità dell'e-stratto acquoso	µS/cm	22	22
Fosforo assimilabile	mg/kg s.s.	42	54
Magnesio	mg/kg s.s.	9525	17420
pH in acqua	Unità pH	7,97	8,06
pH in KCl 1M	-	6,6	6,66
Potassio	mg/kg s.s.	1958	2255
Sodio	mg/kg s.s.	142	195
TBS (Tasso di saturazione in basi)	-	19	61



Tabella 7.11 - Analisi chimiche PEDO 02

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 2 0 - 0,2 m -	PEDO 2 0,2 - 0,7 m	PEDO 2 0,7 - 1,2 m	Tab. 1/a All. 5 P IV D.LGS 152/06	Tab 1/b All. 5 P IV D.LGS 152/06
Arsenico mg/kg s.s.	13	17	19	20	50
Benzene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	2
Cadmio mg/kg s.s.	< 0,4	< 0,4	< 0,4	2	15
Cromo mg/kg s.s.	37	37	35	150	800
Etilbenzene mg/kg s.s.	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,5	50
Frazione inferiore a 2 mm % m/m	86,3	87,9	98,5		
Idrocarburi con C>12 mg/kg s.s.	< 25	< 25	< 25	50	750
Magnesio mg/kg s.s.	14670	18850	17770		
Mercurio mg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1	5
Nichel mg/kg s.s.	49	47	43	120	500
Piombo mg/kg s.s.	15	12	9	100	1000
Rame mg/kg s.s.	29	30	23	120	600
Residuo secco a 105°C % m/m	80,9	83,2	84,2		
Toluene mg/kg s.s.	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,5	50
Xilene (o+m+p) mg/kg s.s.	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,5	50
Zinco mg/kg s.s.	79	64	53	150	1500

**Tabella 7.12 - Analisi Agronomiche PEDO 02**

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 2 0 - 0,2 m -	PEDO 2 0,2 - 0,7 m	PEDO 2 0,7 - 1,2 m
Azoto totale % m/m s.s.	0,21	0,081	< 0,05
Calcare attivo mg/kg s.s.	6300	8500	15500
Calcio mg/kg s.s.	6040	11900	13500
Capacità di Scambio Cationico meq/100 g	3,9	4,8	3,8
Carbonati (come CO <sub>3</sub> ) mg/kg s.s.	100	< 100	< 100
Carbonio organico % m/m s.s.	2,1	1,1	0,84
Conducibilità dell'estratto acquoso µS/cm	22	21	23
Fosforo assimilabile mg/kg s.s.	96	107	90
pH in acqua Unità pH	7,81	7,83	7,97
pH in KCl 1M adimens.	6,61	6,6	6,5
Potassio mg/kg s.s.	3970	3380	3480
Sodio mg/kg s.s.	164	180	180
TBS (Tasso di saturazione in basi) NESSUNA	42	47	59

Tabella 7.13 - Analisi chimiche PEDO 03

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 3 0 - 0,3 m	PEDO 3 0,3 - 1,0 m	Tab. 1/a All. 5 P IV D.LGS 152/06	Tab 1/b All. 5 P IV D.LGS 152/06
Arsenico mg/kg s.s.	14	12	20	50
Benzene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0,1	2
Cadmio mg/kg s.s.	< 0,4	< 0,4	2	15
Cromo mg/kg s.s.	31	28	150	800
Etilbenzene mg/kg s.s.	< 0,05	< 0,05	0,5	50
Frazione inferiore a 2 mm % m/m	66	67,7		
Idrocarburi con C>12 mg/kg s.s.	< 25	< 25	50	750
Mercurio mg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	1	5
Nichel mg/kg s.s.	30	26	120	500
Piombo mg/kg s.s.	13	11	100	1000
Rame mg/kg s.s.	39	35	120	600
Residuo secco a 105°C % m/m	82,1	87,4		
Toluene mg/kg s.s.	< 0,05	< 0,05	0.5	50
Xilene (o+m+p) mg/kg s.s.	< 0,10	< 0,10	0.5	50
Zinco mg/kg s.s.	65	58	150	1500

**Tabella 7.14 - Analisi agronomiche PEDO 03**

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 3 0 - 0,3 m	PEDO 3 0,3 - 1,0 m
Azoto totale % m/m s.s.	0,12	0,13
Calcare attivo mg/kg s.s.	13200	13400
Calcio mg/kg s.s.	5810	4015
Capacità di Scambio Cationico meq/100 g	2,6	3,4
Carbonati (come CO <sub>3</sub> ) mg/kg s.s.	< 100	< 100
Carbonio organico % m/m s.s.	1,4	1,3
Conducibilità dell'estratto acquoso µS/cm	180	156
Fosforo assimilabile mg/kg s.s.	115	133
pH in acqua Unità pH	8,48	8,57
pH in KCl 1M adimens.	7,3	7,25
Magnesio mg/kg s.s.	11880	9750
Potassio mg/kg s.s.	6825	5250
Residuo secco a 105°C % m/m	82,1	87,4
Toluene mg/kg s.s.	< 0,05	< 0,05
Xilene (o+m+p) mg/kg s.s.	< 0,10	< 0,10
Zinco mg/kg s.s.	65	58

Tabella 7.15 - analisi chimiche PEDO 04

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 4 0 - 0,3 m	PEDO 4 0,3 - 1,0 m	Tab. 1/a All. 5 P IV D.LGS 152/06	Tab 1/b All. 5 P IV D.LGS 152/06
Arsenico mg/kg s.s.	< 5	< 5	20	50
Benzene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0,1	2
Cadmio mg/kg s.s.	< 0,4	< 0,4	2	15
Cromo mg/kg s.s.	13	11	150	800
Etilbenzene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0,5	50
Frazione inferiore a 2 mm % m/m	77,1	84,5		
Idrocarburi con C>12 mg/kg s.s.	< 25	< 25	50	750
Mercurio mg/kg s.s.	< 0,1	< 0,1	1	5
Nichel mg/kg s.s.	9	8	120	500
Piombo mg/kg s.s.	3	2	100	1000
Rame mg/kg s.s.	13	11	120	600
Residuo secco a 105°C % m/m	90	96,7		
Toluene mg/kg s.s.	< 0,05	< 0,05	0.5	50
Xilene (o+m+p) mg/kg s.s.	< 0,10	< 0,10	0.5	50
Zinco mg/kg s.s.	34	30	150	1500

Tabella 7.16 - analisi agronomiche PEDO 04

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 4 0 - 0,3 m	PEDO 4 0,3 - 1,0 m
Azoto totale % m/m s.s.	0,11	< 0,05
Calcare attivo mg/kg s.s.	8200	12500
Calcio mg/kg s.s.	3700	3845
Capacità di Scambio Cationico meq/100 g	3,2	1,6
Carbonati (come CO <sub>3</sub> ) mg/kg s.s.	< 100	< 100
Carbonio organico % m/m s.s.	1,2	0,52
Conducibilità dell'estratto acquoso µS/cm	13	6
Fosforo assimilabile mg/kg s.s.	54	75
pH in acqua Unità pH	8,83	8,11
pH in KCl 1M adimens.	6,21	5,82
Magnesio mg/kg s.s.	8743	7774
Potassio mg/kg s.s.	4470	4394
Sodio mg/kg s.s.	324	296
TBS (Tasso di saturazione in basi) NESSUNA	32	60



Tabella 7.17 - Analisi chimiche PEDO 05

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 5 0 - 0,1 m	PEDO 5 0,1 - 0,3 m	Tab. 1/a All. 5 P IV D.LGS 152/06	Tab 1/b All. 5 P IV D.LGS 152/06
Arsenico mg/kg s.s.	8	<5	20	50
Benzene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0,1	2
Cadmio mg/kg s.s.	0,4	<0,4	2	15
Cromo mg/kg s.s.	40	22	150	800
Etilbenzene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0.5	50
Frazione inferiore a 2 mm % m/m	78,8	65,9		
Idrocarburi con C>12 mg/kg s.s.	<25	<25	50	750
Mercurio mg/kg s.s.	<0,1	<0,1	1	5
Nichel mg/kg s.s.	43	22	120	500
Piombo mg/kg s.s.	22	5	100	1000
Rame mg/kg s.s.	25	16	120	600
Residuo secco a 105°C % m/m	78,9	88,6		
Toluene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0.5	50
Xilene (o+m+p) mg/kg s.s.	<0,10	<0,10	0.5	50
Zinco mg/kg s.s.	82	46	150	1500

**Tabella 7.18 - Analisi agronomiche PEDO 05**

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 5 0 - 0,1 m	PEDO 5 0,1 - 0.3 m
Azoto totale % m/m s.s.	0,26	<0,01
Calcare attivo mg/kg s.s.	1900	790
Calcio mg/kg s.s.	4340	1904
Capacità di Scambio Cationico meq/100 g	8,8	3,1
Carbonati (come CO <sub>3</sub> ) mg/kg s.s.	3200	920
Carbonio organico % m/m s.s.	4,4	0,41
Conducibilità dell'estratto acquoso µS/cm	45	17
Fosforo assimilabile mg/kg s.s.	187	<40
pH in acqua Unità pH	7,36	7,56
pH in KCl 1M adimens.	5,86	6,75
Magnesio mg/kg s.s.	11470	8844
Potassio mg/kg s.s.	4770	5114
Sodio mg/kg s.s.	150	115
TBS (Tasso di saturazione in basi) NESSUNA	12	28

**Tabella 7.19 - Analisi chimiche PEDO 05\_ELIPORTO**

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 5 ELI- PORTO 0 - 0,1 m	PEDO 5 ELI- PORTO 0,1 - 0.3 m	Tab. 1/a All. 5 P IV D.LGS 152/06	Tab 1/b All. 5 P IV D.LGS 152/06
Arsenico mg/kg s.s.	10	5	20	50
Benzene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0,1	2
Cadmio mg/kg s.s.	<0,4	<0,4	2	15
Cromo mg/kg s.s.	31	28	150	800
Etilbenzene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0.5	50
Frazione inferiore a 2 mm % m/m	74,2	64,4		
Idrocarburi con C>12 mg/kg s.s.	<25	<25	50	750
Mercurio mg/kg s.s.	<0,1	<0,1	1	5

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 5 ELI- PORTO 0 - 0,1 m	PEDO 5 ELI- PORTO 0,1 - 0.3 m	Tab. 1/a All. 5 P IV D.LGS 152/06	Tab 1/b All. 5 P IV D.LGS 152/06
Nichel mg/kg s.s.	30	23	120	500
Piombo mg/kg s.s.	13	7	100	1000
Rame mg/kg s.s.	32	23	120	600
Residuo secco a 105°C % m/m	84,3	89,7		
Toluene mg/kg s.s.	<0,05	<0,05	0.5	50
Xilene (o+m+p) mg/kg s.s.	<0,10	<0,10	0.5	50
Zinco mg/kg s.s.	68	60	150	1500

**Tabella 7.20 - Analisi agronomiche PEDO 05\_ELIPORTO**

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 5 ELIPORTO 0 - 0,1 m	PEDO 5 ELIPORTO 0,1 - 1 m
Azoto totale % m/m s.s.	0,11	0,071
Calcare attivo mg/kg s.s.	12500	5300
Calcio mg/kg s.s.	2880	2363
Capacità di Scambio Cationico meq/100 g	2,7	2,9
Carbonati (come CO <sub>3</sub> ) mg/kg s.s.	<100	<100
Carbonio organico % m/m s.s.	1,1	0,73
Conducibilità dell'estratto acquoso µS/cm	28	22
Fosforo assimilabile mg/kg s.s.	56	54
pH in acqua Unità pH	8,04	8,07
pH in KCl 1M adimens.	6,05	6,16
Magnesio mg/kg s.s.	13133	11140
Potassio mg/kg s.s.	5340	6570
Sodio mg/kg s.s.	111	142
TBS (Tasso di saturazione in basi) NESSUNA	45	42

Tabella 7.21 - analisi chimiche PEDO 06

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 6 0 - 0,5 m	Tab. 1/a All. 5 P IV D.LGS 152/06	Tab 1/b All. 5 P IV D.LGS 152/06
Arsenico mg/kg s.s.	< 5	20	50
Benzene mg/kg s.s.	<0,05	0,1	2
Cadmio mg/kg s.s.	< 0,4	2	15
Cromo mg/kg s.s.	16	150	800
Etilbenzene mg/kg s.s.	<0,05	0,5	50
Frazione inferiore a 2 mm % m/m	56,3		
Idrocarburi con C>12 mg/kg s.s.	370	50	750
Magnesio mg/kg s.s.	6640		
Mercurio mg/kg s.s.	< 0,1	1	5
Nichel mg/kg s.s.	11	120	500
Piombo mg/kg s.s.	5	100	1000
Rame mg/kg s.s.	11	120	600
Residuo secco a 105°C % m/m	90,4		
Toluene mg/kg s.s.	< 0,05	0.5	50
Xilene (o+m+p) mg/kg s.s.	< 0,10	0.5	50
Zinco mg/kg s.s.	29	150	1500

**Tabella 7.22 - analisi agronomiche PEDO 06**

DESCRIZIONE CAMPIONE	PEDO 6 0 - 0,5 m
Azoto totale % m/m s.s.	< 0,05
Calcare attivo mg/kg s.s.	6200
Calcio mg/kg s.s.	20550
Capacità di Scambio Cationico meq/100 g	2,2
Carbonati (come CO <sub>3</sub> ) mg/kg s.s.	< 100
Carbonio organico % m/m s.s.	0,71
Conducibilità dell'estratto acquoso µS/cm	94
Fosforo assimilabile mg/kg s.s.	38
pH in acqua Unità pH	9,03
pH in KCl 1M adimens.	6,89
Potassio mg/kg s.s.	3660
Sodio mg/kg s.s.	490
TBS (Tasso di saturazione in basi) NESSUNA	54

Gli esiti analitici evidenziano quanto segue:

- Metalli pesanti: in tutte le analisi eseguite non è stata rilevata la presenza di metalli pesanti (Arsenico, Cadmio Cromo, Nichel, Rame, Piombo, Zinco e Mercurio) in concentrazioni superiori ai limiti di riferimento (CSC tab. 1/a all.5 parte IV D. Lgs. 152/06). Gli andamenti risultano sovrapponibili tra le varie stazioni di rilievo con l'eccezione del PEDO 04, ubicato in sponda destra dell'Adda e del PEDO 06 caratterizzato da materiali di riporto. Per ciò che attiene a quest'ultimo, trattandosi di materiale alloctono, è evidente che non è possibile alcuna correlazione/confronto con le altre stazioni. Le differenze riscontrate sul PEDO 04 si ritiene siano da ricondurre alle differenti caratteristiche del substrato originario probabilmente influenzato dagli apporti del vicino Torrente Tovate.
- Solventi aromatici ed Idrocarburi C>12: i solventi aromatici sono risultati, per tutti i campioni analizzati, inferiori alla rilevabilità strumentale. Uguale esito anche per gli Idrocarburi C>12 con la sola eccezione del PEDO 06 in corrispondenza del quale è stata rilevata una concentrazione di 370 mg/kg. Come indicato il PEDO 06 corrisponde ad un piazzale industriale ed è caratterizzato dalla presenza di materiale di riporto pertanto, anche se non atteso, è un dato che non sorprende. In ogni caso la concentrazione è inferiore ai limiti per la destinazione d'uso (CSC tab. 1/B - relativa alle aree industriali - all. 5 parte IV D. Lgs. 152/06).
- Calcio: si rinvergono dati piuttosto dispersi con un massimo per il PEDO 06 (2 %). Le concentrazioni presenti sono comunque basse, compatibili con la tipologia di substrato presente in zona.
- Calcare attivo: si rinvergono dati leggermente meno dispersi rispetto al Calcio con un minimo per il PEDO 05 (790 mg/kg) ed un massimo per il PEDO 01 (17.000 mg/kg).
- Carbonati: inferiori alla rilevabilità strumentale tranne per il PEDO 01 ed il PEDO 02, le concentrazioni sono comunque basse;
- Magnesio: concentrazioni simili al Calcio ma non direttamente sovrapponibili. Il massimo si registra per il PEDO 02 (18.850 mg/kg) il minimo per il PEDO 06 (6640 mg/kg);
- Fosforo assimilabile: le concentrazioni risultano mediamente disperse con il minimo per il PEDO 06 (38 mg/kg) e il massimo per il PEDO 03 (133 mg/kg). Le concentrazioni riscontrate risultano in linea con gli usi delle aree di appartenenza.
- Capacità di scambio cationico: i valori di CSC sono tendenzialmente bassi in tutti i campioni analizzati. Tali valori sono compatibili con lo scarso contenuto di sostanza organica.
- Conducibilità elettrica: i valori di conducibilità elettrica sono tendenzialmente bassi, si segnala per il solo PEDO 03, la presenza di valori aventi un ordine di grandezza superiore. Tali concentrazioni potrebbero essere riconducibili alle pratiche colturali che hanno insistito sul sito.



- Sodio – Potassio: le concentrazioni riscontrate risultano piuttosto costanti con valori compresi tra 111 e 490 mg/kg per il Sodio e 1958 e 9825 mg/kg per il Potassio. I valori rilevati risultano elevati in linea con le caratteristiche della roccia madre.
- Tasso di saturazione in basi: i valori riscontrati variano da bassi a molto bassi con un minimo di 19 ad un massimo di 61. Tali esiti sono compatibili con terreni tendenzialmente alcalini.

## 8. Vibrazioni

Il monitoraggio della componente ha lo scopo di verificare che i ricettori interessati dalla realizzazione dell'infrastruttura siano soggetti ad un impatto vibratorio in linea con gli standard di riferimento. Le attività di monitoraggio permetteranno di rilevare e segnalare eventuali criticità in modo da poter intervenire in maniera idonea al fine di ridurre l'impatto sui ricettori interessati.

In particolare il monitoraggio della fase ante-operam è finalizzato a definire e quantificare eventuali moti vibratorii esistenti precedentemente all'apertura dei cantieri e all'esercizio dell'infrastruttura stradale di progetto. I valori rilevati costituiranno lo "stato di fatto" a cui riferire l'esito dei successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione ed esercizio dell'opera.

### 8.1 Ubicazione punti di campionamento

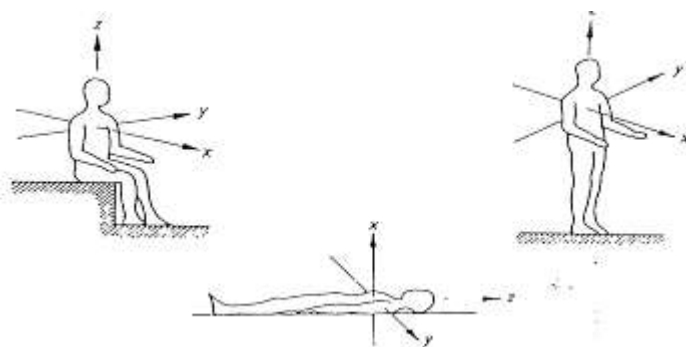
L'ubicazione esecutiva dei punti di monitoraggio è sintetizzata nella tabella seguente. Non è stato possibile eseguire le misure in corrispondenza della posizione VIBRO\_02 in quanto non è stato ottenuto il permesso di accesso da parte dei residenti negli edifici corrispondenti alla stessa.

Tabella 8.1 - ubicazione effettiva punti di monitoraggio RUMO

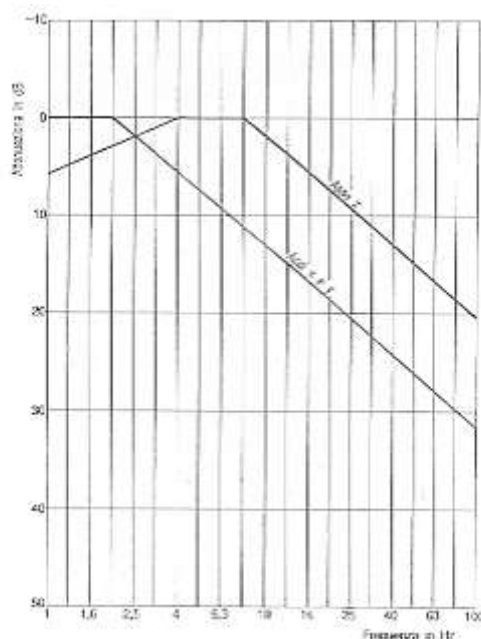
ID PUNTO	Comune	Posizione da PMA	Coordinate Geografiche	Variazioni rispetto a PMA
VIBR 01	Morbegno	15+464	46° 8'52.10"N; 9°35'36.58"E	Coincidente

### 8.2 Limiti normativi di riferimento – Norma UNI 9614:1990

La norma prescrive la valutazione delle accelerazioni (valore efficace espresso in dB), rispetto ad un'accelerazione di riferimento di  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>, secondo i tre assi di propagazione, ponderate in frequenza secondo le curve riportate di seguito.



**Fig 8.1 - Direzione delle vibrazioni**



**Fig. 8.2 - Curve di ponderazione**

I valori ponderati di accelerazione espressi in dB o  $m/s^2$  devono essere inferiori a quelli indicati di seguito (Appendice A1 della norma, prospetti II e III)

**Tabella 8.2 - Livelli soglia di disturbo UNI9614:1990**

Destinazione d'uso	Asse z		Asse x e y	
	a $m/s^2$	dB	a $m/s^2$	dB
Aree critiche	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74	$3,6 \cdot 10^{-3}$	71
Abitazioni (notte)	$7,0 \cdot 10^{-3}$	77	$5,0 \cdot 10^{-3}$	74
Abitazioni (giorno)	$10,0 \cdot 10^{-3}$	80	$7,2 \cdot 10^{-3}$	77
Uffici	$20,0 \cdot 10^{-3}$	86	$14,4 \cdot 10^{-3}$	83
Fabbriche	$40,0 \cdot 10^{-3}$	92	$28,8 \cdot 10^{-3}$	89

## 8.3 Strumentazione di misura

### Catena strumentale:

Fonometro integratore e analizzatore real time a 8 canali SINUS GmbH SoundbookTM n°serie 6432 Ch1,2,3,4,5,6

2 accelerometri triassiali PCB 1000/GM, con sensibilità di 1V/g, range di frequenza da 0.3 a 15000 Hz linearità +/- 1% e sensibilità trasversale < 5%.

Collegamenti tramite cavi triassiali 4-pin/bnc.

La strumentazione utilizzata risponde alle norme IEC 184, IEC 222 e IEC 225.

La catena di misura è stata sottoposta a taratura presso un centro appartenente al SIT (Servizio di Taratura in Italia). I certificati di taratura sono allegati alla presente relazione.

## 8.4 Modalità di misura

La misura eseguita è di tipo VIA (livelli vibratori attuali): rilievo della durata di due ore eseguito in periodo di riferimento diurno (07:00 - 22:00).

I due accelerometri sono stati posizionati in corrispondenza del piano terra (prima soletta abitata) e della camera sovrastante al primo piano (ultima soletta abitata), in posizione centrale al locale. I trasduttori sono resi solidali mediante attacco magnetico ad un massetto d'acciaio appoggiato al suolo in maniera stabile.

Il rilievo è stato eseguito in contemporanea nelle due posizioni.

Le caratteristiche dell'edificio e del punto di misura sono riportate nella scheda di restituzione in allegato.

Di seguito i risultati espressi in forma di accelerazioni complessive ponderate in frequenza nei tre assi.

**Tabella 8.3 - Livelli rilevati**

Posizione	ASSE X -dB-	ASSE Y -dB-	ASSE Z -dB-
PIANO TERRA	44,5	43,5	46,0
PRIMO PIANO	45,5	44,5	47,5
LIMITE UNI 9614	77	77	80

Tutti i valori sono ampiamente al di sotto delle soglie di disturbo definite dalla UNI 9614.

## 9. Vegetazione, flora e fauna

Il presente elaborato costituisce la relazione finale relativa alla fase ante-operam di monitoraggio ambientale della componente Vegetazione, Flora e Fauna. Le operazioni di monitoraggio sono state realizzate in base al piano operativo riportato nel progetto esecutivo.

Il fine della fase di monitoraggio ante-operam è quello di ottenere informazioni quali-quantitative che poi andranno confrontate con quelle delle fasi successive al fine di individuare eventuali modificazioni delle componenti ambientali intervenute a seguito della realizzazione dell'opera oggetto di studio.

Per quanto riguarda fauna, flora ed ecosistemi, nel progetto esecutivo sono state individuate 7 aree campione nelle quali sono stati previsti i seguenti 7 tipi di indagine:

- Mosaici di fitocenosi direttamente consumati dalle attività di cantiere
- Monitoraggio dello stato fitosanitario di singoli individui vegetali di pregio
- Analisi floristica per fasce campione
- Analisi delle comunità vegetali
- Analisi della fauna mobile terrestre
- Analisi quali-quantitativa delle comunità ornitiche
- Analisi dei popolamenti ittici

Il quadro riassuntivo del piano di monitoraggio è riportato in Tabella 9.1

**Tabella 9.1 Piano di monitoraggio relativo alla componente Vegetazione, Flora e Fauna.**

VEGETAZIONE										
VEGE 01	Km 12+645	Indagini A, B,C, D	1 Volta	1	Indagini A, B,C, D	2 volte anno	6	Indagini A, B,C, D	2 volte/anno	2
VEGE 02	Km 15+414	Indagini A, B,C, D	1 Volta	1	Indagini A, B,C, D	2 volte anno	6	Indagini A, B,C, D	2 volte/anno	2
VEGE 03	Km 15+964	Indagini A, B,C, D	1 Volta	1	Indagini A, B,C, D	2 volte anno	6	Indagini A, B,C, D	2 volte/anno	2
VEGE 04	Km 18+304	Indagini A, B,C, D	1 Volta	1	Indagini A, B,C, D	2 volte anno	6	Indagini A, B,C, D	2 volte/anno	2
VEGE 05	Parco della Bosca	Indagini B, D	1 Volta	1	Indagini A, B,C, D	2 volte anno	6	Indagini A, B,C, D	2 volte/anno	2
FAUNA										
FAUN 01_1	Km 12+595	Indagine G	1 Volta	1	Indagine G	2 volte anno	6	Indagine G	2 volte/anno	2
FAUN 01_2	Km 12+595	Indagine G	1 Volta	1	Indagine G	2 volte anno	6	Indagine G	2 volte/anno	2
FAUN 02	Km 12+645	Indagine E, F	1 Volta	1	Indagine E, F	2 volte anno	6	Indagine E, F	2 volte/anno	2
FAUN 03	Km 15+364	Indagine E, F	1 Volta	1	Indagine E, F	2 volte anno	6	Indagine E, F	2 volte/anno	2
FAUN 04	Parco della Bosca	Indagine -F	1 Volta	1	Indagine F	2 volte anno	6	Indagine F	2 volte/anno	2
FAUN 05	Km 16+064	Indagine E, F	1 Volta	1	Indagine E, F	2 volte anno	6	Indagine E, F	2 volte/anno	2
FAUN 06	Km 18+300	Indagine E, F	1 Volta	1	Indagine E, F	2 volte anno	6	Indagine E, F	2 volte/anno	2
FAUN 07_1	Km 18+364	Indagine G	1 Volta	1	Indagine G	2 volte anno	6	Indagine G	2 volte/anno	2
FAUN 07_2	Km 18+364	Indagine G	1 Volta	1	Indagine G	2 volte anno	6	Indagine G	2 volte/anno	2

I metodi e i risultati di ognuna delle indagini effettuate verranno riportati all'interno dei relativi paragrafi.

## 9.1 Descrizione generale dell'ambito territoriale di riferimento

L'area prevista di intervento – costruzione della variante alla S.S. 38 – ricade in Valtellina, nel territorio delle Province di Como, Lecco e Sondrio e attraversa numerosi Comuni (Figura 9.1). Si fornisce di seguito un quadro descrittivo generale dell'uso del territorio considerato e delle componenti vegetazionali e faunistiche che risultano presenti, sulla base delle informazioni disponibili in letteratura e di quelle desunte dagli studi *ad hoc* finora effettuati sull'area.

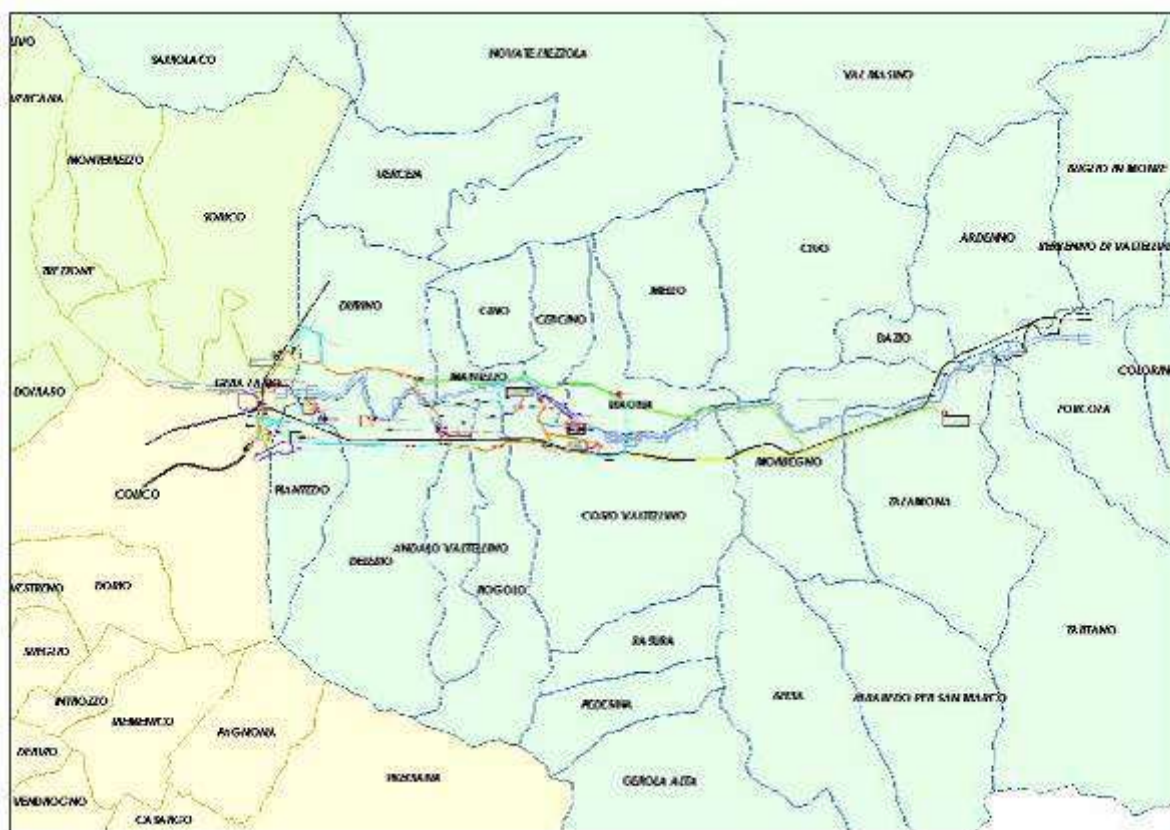


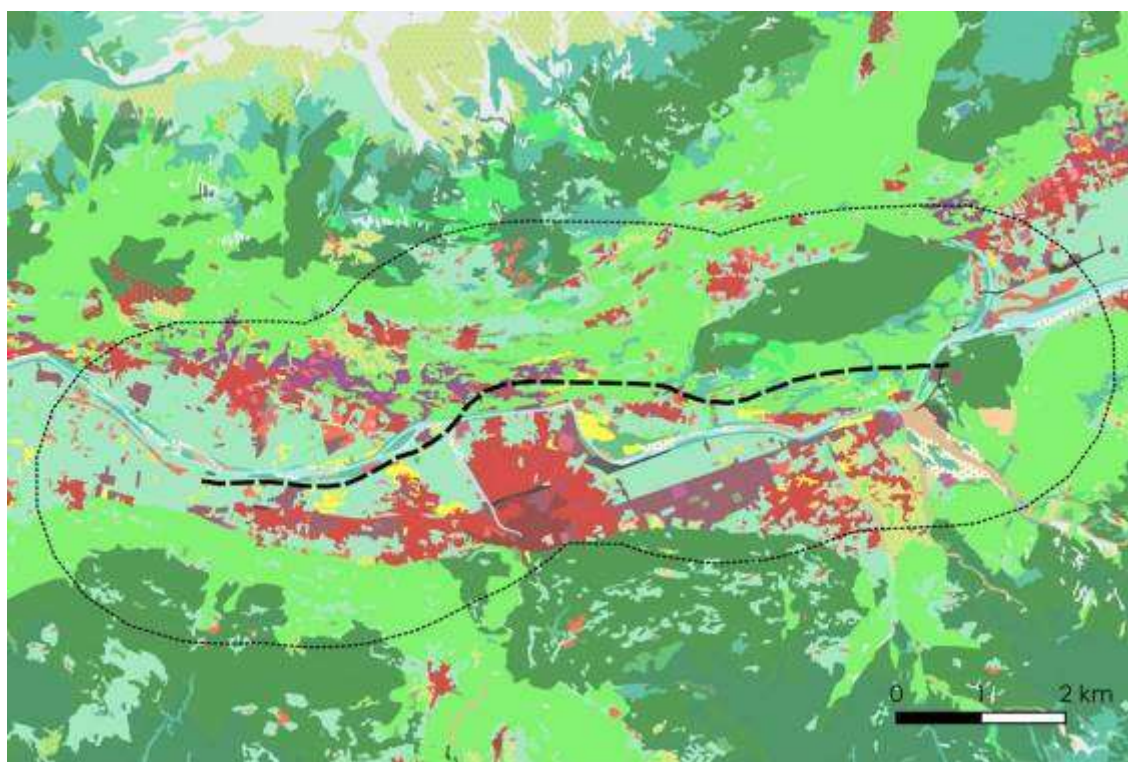
Figura 9.1 Localizzazione dell'area prevista di intervento rispetto ai limiti amministrativi comunali e provinciali. In azzurro i Comuni della Provincia di Sondrio, in giallo della Provincia di Lecco, in verde quelli della Provincia di Como.

### 9.1.1 Uso del suolo

Utilizzando quale strato cartografico informativo le categorie di uso del suolo della Regione Lombardia (banca dati Destinazione di Uso del Suolo Agricolo e Forestale – DUSAF 3.0, aggiornamento 2009), è stato costruito un *buffer* di 2 km nell'intorno del percorso dell'infrastruttura, previsto alla data di redazione della presente relazione (Figura 9.2).

In Figura 9.3 è riportata la composizione percentuale del territorio ripartita tra le variabili ambientali proposte dal DUSAF. Per aumentare la leggibilità del grafico, tutte le variabili che occupano una superficie inferiore all'1,0% del territorio considerato sono state accorpate nella categoria "Altro".



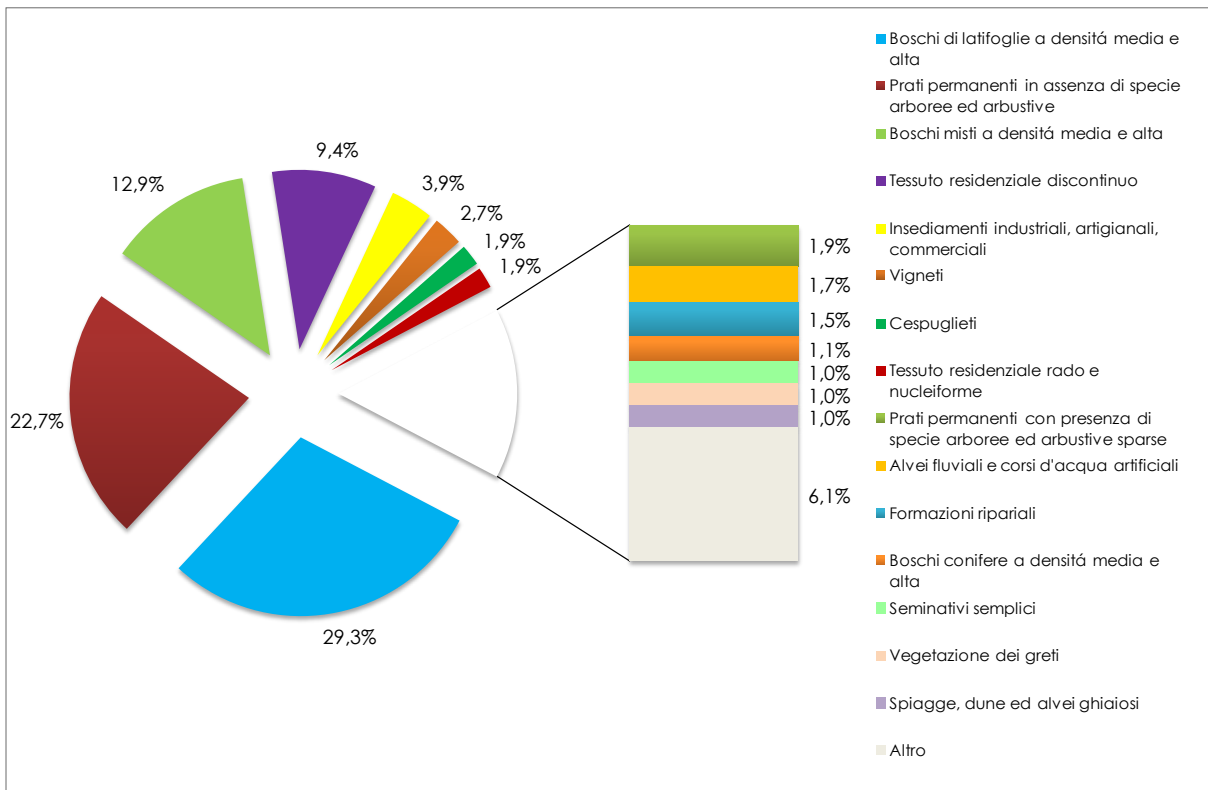


**Uso del suolo (DUSAF)**

- Accumuli detritici e affioramenti litici privi di vegetazione
- Aerporti ed eliporti
- Altre legnose agricole
- Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali
- Aree archeologiche
- Aree degradate non utilizzate e non vegetate
- Aree militari abilitate
- Aree portuali
- Aree verdi incolte
- Bacini idrici artificiali
- Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda
- Bacini idrici naturali
- Boschi conifera a densità media e alta
- Boschi di conifera a densità bassa
- Boschi di latifoglie a densità bassa
- Boschi di latifoglie a densità media e alta
- Boschi misti a densità bassa
- Boschi misti a densità media e alta
- Campeggi e strutture turistiche e ricettive
- Cantieri
- Caschie
- Castagne da frutto
- Cave
- Cespuglieti
- Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree
- Cespuglieti in aree di agricole abbandonate
- Cimiteri
- Colture fitto-vivaioliche a pieno campo
- Colture fitto-vivaioliche protette
- Colture orticole a pieno campo
- Colture orticole protette
- Discariche
- Formazioni ripariali

- Frutti e frutti minori
- Impianti di servizi pubblici e privati
- Impianti sportivi
- Impianti tecnologici
- Inseadimenti industriali, artigianali, commerciali
- Inseadimenti ospedalieri
- Inseadimenti produttivi agricoli
- Marcite
- Oliveti
- Orti familiari
- Parchi divertimento
- Parchi e giardini
- Pioppeti
- Praterie naturali d'alta quota assenza di specie arboree ed arbustive
- Praterie naturali d'alta quota con presenza di specie arboree ed arbustive sparse
- Prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive sparse
- Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
- Reti ferroviarie e spazi accessori
- Reti stradali e spazi accessori
- Rimboschimenti recenti
- Risale
- Seminativi arborati
- Seminativi semplici
- Spagge, dune ed altri ghiaiosi
- Tessuto residenziale continuo mediamente denso
- Tessuto residenziale denso
- Tessuto residenziale discontinuo
- Tessuto residenziale rado e nucleiforme
- Tessuto residenziale sparso
- Vegetazione degli argini soprastivali
- Vegetazione dei grevi
- Vegetazione delle aree umide interne e delle torbierie
- Vegetazione rada
- Vigneti

**Figura 9.2** Uso del suolo nell'intorno dell'area prevista di intervento (fonte: DUSAF, Regione Lombardia). La linea tratteggiata indica il tracciato del secondo stralcio, quella continua il buffer di 2 km considerato nell'analisi del territorio.



**Figura 9.3** Categorie di uso del suolo all'interno del buffer di 2km nell'intorno dell'area prevista di intervento (fonte: DUSAF, Regione Lombardia). Tutte le variabili ambientali presenti con una percentuale inferiore all'1,0% della porzione di territorio considerata ricadono nella categoria "Altro".

La maggior parte del territorio considerato – circa il 65% – è occupato da elementi di origine naturale, ed in particolare i boschi a densità media e alta, che coprono circa il 42% (suddividendosi tra una prevalenza di latifoglie e una componente minore di boschi misti). Rimane anche una presenza non trascurabile di aree aperte, nella fattispecie prati permanenti (circa il 23%). Le altre variabili che presentano una copertura non trascurabile comprendono le zone edificate (tessuto residenziale discontinuo e rado e insediamenti industriali, circa 15%) e le aree agricole (seminativi semplici e vigneti, circa 4%).

Le aree naturali appaiono peraltro piuttosto frammentate e localizzate sui versanti o lungo il greto del fiume, mentre le componenti antropiche risultano ovviamente concentrate nell'area di fondovalle, dove sarà localizzato l'intervento.

## 9.1.2 Vegetazione

Come anticipato dal precedente paragrafo, il territorio valtellinese mostra quale carattere predominante la presenza di boschi che, seppure non nell'area di fondovalle interessata dal tracciato, ricoprono di per sé particolare interesse come habitat per la fauna.

Sulla base di precedenti studi effettuati sull'area di intervento, vi risultano presenti le seguenti categorie vegetazionali:

- a. Boschi di conifere
- b. Boschi di latifoglie
- c. Boschi misti

Nell'area in esame sono riscontrabili due diverse tipologie (cfr. Progetto esecutivo):

### 1. *Boschi misti di latifoglie della fascia montana*

Tutto il versante retico della valle dell'Adda, esposto a meridione, originariamente doveva essere occupato, nella sua parte inferiore, da fitti boschi di Querce (*Quercus pubescens*, *Quercus petraea*), Carpino nero (*Ostrya carpinifolia*) e di Orniello (*Fraxinus ornus*) appartenenti principalmente all'ordine dei *Quercetalia robori-petraeae*. Attualmente, a causa della buona esposizione del versante, che ne ha determinato uno sfruttamento storico, la maggior parte del suolo è occupata da castagneti e vigneti.

### 2. *Boschi misti a querce, tigli e aceri*

L'Acero-frassineto è un'associazione montana tipica di suoli condizionati da discreti apporti d'acqua convogliata per effetto della morfologia dei versanti. Questa associazione si rinviene infatti frequentemente in prossimità delle linee di impluvio che solcano i versanti delle montagne, oppure su ammassi detritici permeati da falde acquifere, posti alla base di pareti o lungo i fianchi delle valli. Gli Acero-frassineti presentano quindi una distribuzione discontinua e spesso sono intercalati a cedui di nocciolo o castagno e a piccoli tratti residui di querceti a *Quercus petraea*. La composizione floristica dell'Acero-Frassineto denota una stretta parentela con la faggeta (appartengono prevalentemente all'ordine dei *Fagetalia silvaticae*), ma lo strato arboreo differisce per la mancanza del faggio, sfavorito dalle condizioni pedologiche. Gli strati arboreo ed arbustivo sono dominati attualmente da Castagno (*Castanea sativa*), Frassino (*Fraxinus excelsior*), Tiglio (*Tilia cordata*) e Acero montano (*Acer pseudoplatanus*).

In aspetti degradati si riscontrano frequentemente anche la Betulla (*Betula pendula*) ed il Pioppo tremulo (*Populus tremula*), sporadicamente accompagnati dalla Robinia (*Robinia pseudoacacia*), più frequente a quote minori. Tra le specie arbustive la più frequente è il Nocciolo (*Corylus avellana*), accompagnato dal Maggiociondolo alpino (*Laburnum alpinum*) e dall'Acero campestre (*Acer campestre*). Nello strato erbaceo vivono specie mesofile e igrofile indicatrici delle condizioni ambientali fresche proprie di questi boschi come *Aegopodium podagraria*, *Impatiens nolitangere* e *Geranium robertianum*.

- Arbusteti (vegetazione arbustiva ed occasionalmente arborea, non derivata dall'abbandono di superfici agricole utilizzabili; comprende anche associazioni a diversa composizione floristica dominate da specie legnose a struttura prevalentemente arbustiva in evoluzione dinamica verso forme forestali);
- Praterie discontinue, a tratti anche pascolate, poste al di sopra del limite superiore della vegetazione arbustiva e arborea;
- Vegetazione igrofila di ambiente palustre e dei greti fluviali;
- Vegetazione detritica: vegetazione erbacea delle pietraie attive, discontinua e rada (morene – detriti di falda);
- Affioramenti litoidi (rocce affioranti, ambiti di frana, macereti e detriti in cui non si riscontra la presenza di vegetazione pioniera e licheni).

Per quanto riguarda i nuclei boschivi, l'emergenza principale che li caratterizza nell'area considerata è certamente la frammentazione. Infatti, come si desume dallo Studio di Impatto Ambientale relativo, *“l'isolamento delle comunità presenti e in particolar modo di quelle caratterizzate da un certo valore naturalistico, costituisce una vera e propria barriera alla diffusione di genomi e specie. Se questo costituisce un problema per le specie vegetali ad impollinazione anemofila ed entomofila, lo è in misura maggiore per le querce e le altre specie a seme pesante, che una volta estromesse da un determinato ambiente difficilmente sono in grado di ricolonizzarlo”*.

### 9.1.3 Fauna

Nel complesso, la fauna presente nell'area di pianificazione (il segmento di fondovalle compreso tra Colico e il ponte di Ganda presso Morbegno) è nella maggior parte associata alle principali unità ambientali a carattere naturale (legate alle quote crescenti), ampiamente descritte nei paragrafi precedenti. Minore importanza è assunta dalle specie che transitano nel fondovalle e che provengono dalla fascia pedemontana del versante retico ed orobico.

Le specie con le esigenze ecologiche più ristrette si riscontrano nei boschi planiziali/ripariali residui e sui rilievi collinari dei Montecchi presso Colico, mentre la campagna e le zone antropizzate sono più tipicamente frequentate dalla specie generaliste. Il quadro distributivo risente dell'intensa modificazione antropica del fondovalle, anche se il numero di specie ancora presenti è comunque considerevole, sia dal punto di vista quantitativo che qualitativo.

Le naturali dinamiche di popolazione stanno portando a nuove colonizzazioni nell'area e nei territori limitrofi o ad incrementi numerici di specie già presenti ma a basse densità o localmente estinte. Si citano, a tal proposito, Uccelli quali il Cormorano (*Phalacrocorax carbo*) e l'Airone cenerino (*Ardea cinerea*), o per quanto riguarda i Mammiferi, l'espansione del Cinghiale (*Sus scrofa*) sulle Lepontine meridionali o l'arrivo del Lupo (*Canis lupus*) in Valchiavenna e Val Bregaglia.

L'asse fluviale dell'Adda, compresi i canali, l'area golenale e la fascia ripariale, costituisce il principale elemento di ricchezza faunistica del fondovalle e, dunque, dell'area di pianificazione, in quanto vi si concentrano gran parte dei taxa animali, dai Pesci ai Cerambicidi forestali. In questo tratto il fiume si presenta in parte con percorso canalizzato e rettificato, nei pressi del suo sbocco nel Lario, in parte con andamento ad anse con presenza di ghiaietti e di alcuni isolotti boscati. Sulle isole, in alcuni segmenti delle rive e lungo i canali sono presenti residui di bosco o boscaglia ripariale.

Nell'Adda vivono la Trota fario<sup>1</sup> (*Salmo trutta* var. *fario*), la Trota lacustre (*Salmo trutta* var. *lacustris*), piuttosto rara a causa delle difficoltà riproduttive determinate dagli sbarramenti artificiali che rendono impossibile risalire il fiume, la Trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*), estremamente rara, il Temolo (*Thymallus thymallus*), specie particolarmente esigente in fatto di qualità ambientale, il Vairone (*Leuciscus souffia muticellus*), il Cavedano (*Leuciscus cephalus cabeda*), specie presenti anche nei canali. I canali sono anche utili per la conservazione e la presenza di numerose specie di Anfibi (Rospo comune *Bufo bufo*, Rana temporaria *Rana temporaria*, Rana verde *Rana synklepton esculenta*) e dei loro predatori, tra cui la Natrice dal collare (*Natrix natrix*) e - presenza non accertata in tempi recenti - la Puzzola (*Mustela putorius*). Risultano presenti anche specie alloctone immesse a scopi alieutici, come la Trota iridea (*Salmo gairdneri*).

Gli uccelli acquatici maggiormente osservabili lungo il fiume in periodo riproduttivo sono specie comuni, quali i già citati Cormorano e Airone cenerino, nonché il Germano reale (*Anas platyrhynchos*), lo Svasso maggiore (*Podiceps cristatus*) e il Tuffetto (*Podiceps ruficollis*), mentre nei canali si può osservare la Gallinella d'acqua (*Gallinula chloropus*); è stata osservata anche la Nitticora (*Nycticorax nycticorax*), Ardeide coloniale di interesse per la conservazione. I gretti sono frequentati anche da limicoli come il Corriere piccolo (*Charadrius dubius*) e la pettegola (*Tringa totanus*), oltre che dal Merlo acquaiolo (*Cinclus cinclus*), dal Martin pescatore (*Alcedo atthis*) e dalle ballerine (Cutrettola *Motacilla flava*, Ballerina gialla *Motacilla cinerea*, Ballerina bianca *Motacilla alba*). Nelle pareti terrose delle rive fanno il nido i topini (*Riparia riparia*) e il Toporagno acquaiolo (*Neomys fodiens*). Vi si possono incontrare, inoltre, numerose specie di Coleotteri Isteridi, rinvenibili sotto pesci morti ed altre sostanze in decomposizione.

Le boscaglie ed i lembi di bosco ripariale a ontano e salice ospitano numerosi Passeriformi ed alcuni Mammiferi, tra cui Chiroterri di interesse per la conservazione, specializzati nella caccia agli Insetti che volano a pelo d'acqua (Vespertilio di Daubenton *Myotis daubentonii* e Vespertilio di Capaccini *Myotis capaccinii*) o l'Arvicola terrestre (*Arvicola terrestris*). Tra gli Invertebrati è segnalata la presenza di Curculionidi, come *Tropideres albirostris* e *Platyrhinus resinosus*, di farfalle diurne della famiglia Satyridae legate ad ambienti mesofili, come *Ma-*

---

<sup>1</sup> La specie è molto utilizzata nelle immissioni a scopo alieutico ma presenta una gestione complessa, in quanto tende ad ibridarsi con la Trota marmorata, provocando inquinamento genetico delle popolazioni già a rischio di quest'ultima.

*niola jurtina*, *Pyronia tithomus*, *Pararge aegeria*. Per quanto riguarda i Cerambicidi legati alle specie arboree maggiormente diffuse risultano presenti *Aegosoma scabricorne*, *Grammoptera ruficornis*, *Corymbia fulva*, *Cerambyx scopolii*, *Purpuricenus kaehleri*, *Aromia moschata* ssp. *moschata*. I boschi ripariali e planiziali locali svolgono la funzione di rifugio e sito di alimentazione in inverno per gli Ungulati, in particolare – sebbene si parli di piccoli contingenti – per il Cervo (*Cervus elaphus*), che tende a spostarsi dai versanti montani ad ombrio.

I residui di foresta termofila collinare, sebbene ormai isolati tra il corso del fiume e le zone fortemente antropizzate, conservano una certa importanza faunistica, poiché introducono un elemento di diversità ambientale. Tipici di questi ambienti sono i Rettili quali il Biacco (*Coluber viridiflavus*), la Lucertola muraiola (*Podarcis muralis*) e il Ramarro (*Lacerta viridis*), mentre sono assenti per via della eccessiva frammentazione i Mammiferi di grandi dimensioni. Sono però segnalate nell'area numerose specie di micromammiferi: Tasso (*Meles meles*), Volpe (*Vulpes vulpes*), Donnola (*Mustela nivalis*), Riccio (*Erinaceus europaeus*), Crocidura ventre bianco (*Crocidura leucodon*), Lepre comune (*Lepus europaeus*), Ghiro (*Myoxus glis*), Moscardino (*Muscardinus avellanarius*) e numerose altre specie. Tra i Chiroteri si segnala la presenza di specie forestali come il Rinolofo maggiore (*Rhinolophus ferrumequinum*), la Nottola (*Nyctalus noctula*) e gli orecchioni (*Plecotus* spp.). Gli Uccelli sono per la maggior parte ricompresi tra i piccoli Passeriformi di foresta, sebbene non manchino specie di maggiori dimensioni quali Colombaccio (*Columba palumbus*) e lo Sparviero (*Accipiter nisus*). Le specie di maggiore importanza dal punto di vista della conservazione sono probabilmente la Civetta (*Athene noctua*) e il Succiacapre (*Caprimulgus europaeus*). Tra gli Invertebrati spicca una discreta presenza di Cerambicidi, il cui più tipico rappresentante è *Cerambyx cerdo* (specie in Allegato II alla Direttiva europea 92/43/CE), e di farfalle legate ad ambienti forestali e serici tra cui *Thymelicus flavus*, *Pieris manniti*, *Pieris napi*.

I nuclei residuali di foresta planiziale, che costituiscono importanti frammenti dell'ecomosaico (siepi, filari arborati, incolti), sono attualmente estremamente ridotti spazialmente e hanno quindi perso le caratteristiche ecologiche che li rendevano idonei per una ricca zoocenosi; ciononostante, essi mantengono una loro importanza in combinazione con gli altri elementi della matrice, interrompendo l'uniformità del paesaggio agricolo.

Al loro interno si rileva la presenza di specie associate alle cenosi forestali o agli arbusti delle siepi, nonché specie che vi trovano rifugio durante le lavorazioni agricole. Potenziali frequentatori di questi ambienti sono il Capriolo (*Capreolus capreolus*), i già citati tasso, volpe, faina, riccio, crocidura minore, lepre e moscardino, nonché l'Arvicola rossastra (*Clethrionomys glareolus*), l'Arvicola di Fatio (*Microtus multiplex*) e il Topo selvatico collo giallo (*Apodemus flavicollis*). I Chiroteri sono rappresentati dalle specie forestali già citate con l'aggiunta di Vespertilio mustacchio (*Myotis mystacinus*) e del comune Pipistrello nano (*Pipistrellus pipistrellus*). Tra gli Uccelli frequentatori di questi habitat troviamo la civetta, l'Allocco (*Strix aluco*), la poiana (*Buteo buteo*), l'Upupa (*Upupa epops*), il Fagiano (*Phasianus colchicus*), il Picchio verde (*Picus viridis*) ed il rosso maggiore (*Picoides major*), la Passera scopaiola (*Prunella modularis*), l'Usignolo (*Luscinia megarhynchos*), il Picchio muratore (*Sitta europea*), l'Averla piccola (*Lanius collurio*) e molti altri Passeriformi di piccole dimensioni. Per quanto riguarda i Rettili si può citare la presenza del Saettone (*Elaphe longissima*).



Tra le Sono presenti alcune specie mesofite di farfalle, quale *Anthocharis cardamines* o *Lepidea sinapis*, Da citare in particolare, il Podalirio (*Iphiclides podalirius*) ed il Macaone (*Papilio machaon*), ottimi indicatori ecologici della presenza di siepi ancora strutturate.

Infine, di notevole interesse dal punto di vista faunistico sono le praterie che possono variare dalla condizione di prati pingui, umidi o asciutti-pietrosi, secondo stazione. Tali habitat infatti possono ospitare specie di ambiente aperto, sia stanziali sia migratrici, che risultano attualmente in regresso a livello europeo, come la Quaglia (*Coturnix coturnix*) e l'Allodola (*Alauda arvensis*). Presente spesso in caccia anche un rapace diurno tra i più comuni, il Gheppio (*Falco tinnunculus*). Degno di nota il passo regolare di alcune cicogne bianche (*Ciconia ciconia*) e dell'Albanella minore (*Circus pygargus*). Tra i rapaci notturni, spicca la presenza del Gufo reale (*Bubo bubo*), che utilizza il territorio per cacciare, proveniente dai siti di nidificazione situati all'imbocco delle vallate circostanti. Nelle ore notturne la campagna è frequentata dai cervi che scendono dalle pendici, dalle lepri e da numerose specie di Roditori in alimentazione. I Chiroterteri che si alimentano in queste aree sono rappresentati principalmente da *Myotis mystacinus* e di *Pipistrellus pipistrellus*. Anche in questo caso I Lepidotteri sono numerosi, rappresentati dal macaone e da molte altre specie (ad es. *Aporia crataegi*, *Glaucopsyche alexis*, *Coenonympha pamphilus*).

La fauna invece che frequenta, generalmente di notte la zona di fondovalle, per motivi trofici o in spostamento, è solo parzialmente connessa con la fascia pedemontana. Si tratta di specie piuttosto comuni, come Capriolo, Lepre, Tasso e Volpe. Altre specie sono invece dotate di elevata capacità di movimento durante il giorno tra siti di rifugio e siti di alimentazione, come il Cervo e il Cinghiale (potenzialmente presente), spostandosi dal piano montano al fondovalle. Si possono inoltre verificare casi di specie in transito tra Alpi Retiche ed Orobie, attraverso corridoi residui, formati dalla combinazione di lembi di bosco con settori ancora non troppo antropizzati; potrebbe essere il caso di specie anche di notevole interesse, come in futuro potrebbe accadere al Lupo.

## 9.2 Indagine tipo “A” - Mosaici di fitocenosi direttamente consumati dalle attività di cantiere

Questa indagine prevede l'identificazione attraverso la fotointerpretazione e sopralluoghi delle fitocenosi presenti. L'indagine è stata svolta nei siti Vege\_01, Vege\_02, Vege\_03, Vege\_04.

Il sito Vege\_01 è situato su un basso versante appena al di sopra del fondovalle dell'Adda, da cui è separato da una strada. L'uso del suolo secondo il DUSAF (Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli E Forestali), è dato da boschi di latifoglie e vigneti. Dai sopralluoghi effettuati si è verificata la presenza di piante di castagno in stato di abbandono colturale che formavano lembi di castagneti da frutto. Insieme a questa essenza è presente la robinia, specie esotica invasiva. Il consumo di suolo dovrebbe interessare dei boschi cedui di latifoglie misti, posti su di un versante piuttosto acclive, nella parte bassa dell'area campione.

Nel sito Vege\_02 si osserva una situazione di bosco misto con radure e limitati affioramenti rocciosi posti subito a monte del conoide occupato dalla frazione di Campovico. L'uso del suolo secondo il DUSAF è dato da boschi di latifoglie, arbusteti e vigneti, con una limitata presenza di prati falciati a ridosso dell'abitato nella parte bassa dell'area campione. Dai sopralluoghi effettuati si è verificata la presenza di piante di castagno che formano lembi di castagneti da frutto. Nelle parti più acclivi sono presenti boschi misti in cui la rovere tende ad essere l'essenza prevalente, insieme al bagolaro. Insieme a queste essenze è presente la robinia. Il consumo di suolo dovrebbe interessare dei boschi cedui di latifoglie misti, posti su di un versante nella parte bassa dell'area campione.

Nel sito Vege\_03 si osserva una situazione di bosco misto con radure e limitati affioramenti rocciosi posti alla base del versante montuoso che si eleva dal fondovalle valtellinese. L'uso del suolo secondo il DUSAF , è dato da boschi di latifoglie e prati permanenti, limitrofi a superfici coltivate a vigneto. Nelle parti più acclivi sono presenti boschi misti in cui il bagolaro tende ad essere l'essenza prevalente, insieme ad orniello e carpino nero. Insieme a queste essenze è presente la robinia, a tratti abbondante. Il consumo di suolo dovrebbe interessare dei boschi cedui di latifoglie misti, posti su di un versante nella parte bassa dell'area campione. Il sito Vege\_04 è situato su un basso versante appena al di sopra del fondovalle dell'Adda, l'area campione è attraversata da una strada sterrata. L'uso del suolo secondo il DUSAF , è dato da boschi di latifoglie. Dai sopralluoghi effettuati si è verificata la presenza di boschi con presenza di bagolaro, orniello e robinia, alternati a superfici con substrato affiorante caratterizzate dalla presenza di specie arbustive, tra le quali si segnala *Erica arborea*, mentre lungo l'asta dell'Adda sono presenti boschi igrofili a salice e pioppo, che potenzialmente rappresentano habitat di interesse comunitario ai sensi della direttiva habitat.

Il consumo di suolo dovrebbe interessare dei boschi cedui di latifoglie misti, posti su di un versante nella parte bassa dell'area campione e lungo le rive dell'Adda.

Per i dettagli dei risultati dell'indagine si faccia riferimento alle schede in allegato alla presente relazione.

### 9.3 Indagine tipo “B” – Monitoraggio dello stato fitosanitario di singoli individui vegetali di pregio

Questa indagine prevede il rilevamento delle caratteristiche necessarie per stabilire lo stato fitosanitario degli individui arborei presenti. Le proprietà rilevate riguardano principalmente dimensioni della pianta (diametro tronco, profondità chioma, proiezione a terra della chioma), presenza, intensità e tipo degli eventuali disturbi presenti, nonché parametri fitosanitari, quali la presenza di patogeni, rami secchi o epicormici. Infine vi è una valutazione dettagliata delle condizioni fitosanitarie a livello fogliare.

L'indagine è stata svolta nei siti Vege\_01, Vege\_02, Vege\_03, Vege\_04 e Vege\_05.

Nel sito Vege\_01 gli individui arborei sono costituiti da esemplari di castagno, robinia, ciliegio e olmo. Nel complesso si tratta di esemplari in buono stato fitosanitario, evidenziato anche dalla crescita annuale regolare. Solo nel caso di un'esemplare di castagno si è osservato una elevata presenza di galle sui rami dell'anno. Altri caratteri, quali foglie danneggiate da eventi meteorici o da necrosi, si osservano con incidenza molto bassa su tutti gli esemplari monitorati.

Nel sito Vege\_02 gli individui arborei sono costituiti da esemplari di rovere, frassino, ontano nero e ciliegio. Nel complesso si tratta di esemplari in buono stato fitosanitario, evidenziato anche dalla crescita annuale regolare. In alcuni casi sono osservabili i caratteristici segni di piante sottoposte a trattamento a ceduo, con più tronchi che si formano da una ceppaia. In questi casi le misure di riferimento sono relative al tronco di maggiori dimensioni.

Nel sito Vege\_03 gli individui arborei sono costituiti da esemplari di bagolaro e robinia. Nel complesso si tratta di esemplari in buono stato fitosanitario, evidenziato anche dalla crescita annuale regolare. In alcuni casi sono osservabili danni al tronco derivanti da caduta di pietre provenienti dagli affioramenti rocciosi soprastanti l'area.

Nel sito Vege\_04 gli individui arborei sono costituiti da esemplari di bagolaro, ciliegio, castagno, robinia e orniello. Il castagno analizzato è un individuo maturo con molti ricacci alla base del fusto principale. Anche in questo caso sono evidenti le galle sui rami dell'anno. Nel complesso si tratta di esemplari in buono stato fitosanitario, evidenziato anche dalla crescita annuale regolare.

Nel sito Vege\_05 gli individui arborei sono costituiti da esemplari di pioppo, tiglio e salice bianco. Nel complesso si tratta di esemplari in buono stato fitosanitario, evidenziato anche dalla crescita annuale regolare.

Per i dettagli dei risultati dell'indagine si faccia riferimento alle schede in allegato alla presente relazione.

## 9.4 Indagine tipo “C” – Analisi floristica per fasce campione

Per questa analisi si sono effettuati dei percorsi lineari lungo i quali sono state rilevate le specie vegetali presenti. L'indagine è stata svolta nei siti Vege\_01, Vege\_02, Vege\_03, Vege\_04.

Nel sito Vege\_01 il transetto è stato collocato in un'area occupata da un bosco misto di latifoglie con strato arbustivo ed erbaceo ben sviluppati. La flora rilevata vede la presenza di elementi nemorali del sottobosco che evidenziano uno stato di buona conservazione floristica del sito, sottolineata anche da una buona biodiversità. Sono presenti elementi esotici quali la robinia, oltre ad alcuni elementi di tipo ruderale appartenenti alla flora spontanea.

Per il sito Vege\_02 il transetto è stato collocato lungo la strada che risale il versante. Nel complesso si osserva un buon numero di specie (51 specie rilevate) con la presenza di elementi esotici quali *Robinia pseudoacacia* e *Duchesnea indica*. La flora rilevata corrisponde in prevalenza ad elementi meso-xerofili, che rappresentano sia ambienti di arbusteto ecotonale che ambienti di bosco rado.

Nel sito Vege\_03 si è scelto la parte centrale dell'area campione, corrispondente ad una vegetazione di tipo legnoso prevalente, con sottobosco rado ma ben sviluppato. La flora rilevata corrisponde in prevalenza ad elementi mesofili, con una ricchezza floristica leggermente inferiore rispetto al sito precedente. Maggiore riscontro ha la presenza di elementi esotici, in particolare *Robinia pseudoacacia* tra le specie legno ed *Phytolacca americana*, *Erigeron annuus* per quelle erbacee.

In corrispondenza del sito Vege\_04 il transetto è stato svolto lungo la strada sterrata che percorre la parte bassa del versante. Non è stata evidenziata una particolare ricchezza floristica, con 36 specie rilevate. Elevata la presenza di elementi esotici e ruderali, in particolare si segnalano *Robinia pseudoacacia* ed *Ailanthus altissima*. Ben rappresentati gli elementi meso-xerofili quali *Geranium sanguineum*, *Erica arborea*, *Amelanchier ovalis* e *Filipendula ulmaria*. Interessante la presenza di *Saxifraga cotyledon* lungo le fessure delle rocce sopra la strada.

Per i dettagli dei risultati dell'indagine si faccia riferimento alle schede in allegato alla presente relazione.

## 9.5 Indagine tipo “D” – Analisi delle comunità vegetali

Per questo tipo di analisi si è utilizzato il rilievo fitosociologico secondo il metodo di Braun-Blanquet. Questo metodo prevede l'identificazione di aree campione, all'interno delle quali è effettuato un censimento floristico completo, dove ad ogni specie viene indicato il valore di copertura, ovvero della superficie di suolo occupata, secondo una scala semi-quantitativa predefinita. L'indagine è stata svolta nei siti Vege\_01, Vege\_02, Vege\_03, Vege\_04 e Vege\_05.

Nel sito Vege\_01 la vegetazione rilevata è quella di un bosco ceduo invecchiato. Lo strato arboreo e arbustivo vede la presenza di numerose essenze legnose quali *Prunus avium*, *Ulmus minor*, *Celtis australis*, *Sambucus nigra*, *Rubus caesius*, *Clematis vitalba*, *Hedera helix*, *Corylus avellana*, *Quercus petraea*, *Lonicera xylosteum*, *Rubus gr. ulmifolius*. Lo strato erbaceo al momento del rilievo vedeva una appariscente fioritura di *Leopoldia comosa* e *Duchesnea indica*, molto comuni nell'area. Le altre specie erbacee presenti sono date da *Festuca heterophylla*, *Tamus communis*, *Allium sp.*, *Phyteuma betonicifolium*, *Ranunculus bulbosus*, *Stachys alopecuros*, *Oxalis fontana*, *Asplenium adiantum-nigrum*, *Bromus sterilis*, *Agropyron caninum*, *Viola canina*, *Campanula rapunculus*, *Fragaria vesca*, *Galium aparine*.

Nel sito Vege\_02 la vegetazione è stata rilevata in un lembo di castagneto da frutto in fase di abbandono. Lo strato arboreo e arbustivo vede la presenza di numerose essenze legnose quali *Erica arborea*, *Quercus petraea*, *Prunus avium*, *Robinia pseudoacacia*, *Fagus sylvatica*, *Rubus sp.*, *Fraxinus excelsior*, *Celtis australis* e *Ligustrum vulgare*, che testimoniano la mancata manutenzione della selva castanile. Lo strato erbaceo è rado e caratterizzato da specie acidofile tra le quali prevale *Festuca heterophylla*. Altre specie significative sono date da *Agropyron caninum* e *Teucrium scorodonia*. Di significato minore, spesso provenienti dai coltivi circostanti sono *Arrhenatherum elatius* e *Dactylis glomerata*.

Nel sito Vege\_03 la vegetazione rilevata è quella di un bosco ceduo con specie arboree date da *Robinia pseudoacacia*, *Celtis australis* e *Fraxinus ornus*. Lo strato erbaceo è piuttosto rado ma rappresentato da numerose specie *Bromus sterilis*, *Geranium molle*, *Tamus communis*, *Viola canina*, *Erigeron annuus*, *Festuca heterophylla*, *Oplismenus undulatifolius*, *Stellaria media*, *Poa annua*, *Vicia sp.*, *Geum rivale*, *Cardamine pratensis*, *Leopoldia comosa*, *Ranunculus bulbosus*, *Oxalis fontana*, *Euphorbia cyparissias* e *Colchicum autumnale*.

Nel sito Vege\_04 la vegetazione rilevata è quella di un bosco rado a bagolaro ed orniello, sviluppato su un versante roccioso con suolo scarso, che limita lo sviluppo delle specie legnose. Lo strato arbustivo è rado e con poche specie, con la presenza significativa di esemplari giovanili di ailanto, una specie esotica invasiva. Lo strato erbaceo è rado ma vede la presenza di numerose specie: *Carex humilis*, *Leopoldia comosa*, *Galium verum*, *Asplenium adiantum-nigrum*, *Asplenium trichomanes*, *Vincetoxicum hirundinaria*, *Arabis turrata*, *Sedum maximum*, *Erysimum sp.*, *Tamus communis*, *Artemisia campestris*, *Phyteuma scheuchzeri*, *Polygonatum officinale*, *Sempervivum tectorum*, *Teucrium chamaedrys*, *Bromus erectus*.

Nel sito Vege\_05 la vegetazione rilevata è quella di un bosco sviluppato sul fondovalle alluvionale del fiume Adda, con suolo poco sviluppato sul substrato sabbioso alluvionale. Lo strato arboreo è formato da esemplari maturi di pioppo nero ed esemplari giovani di tiglio, spesso policormici. Lo strato arbustivo è diversificato con la presenza di *Corylus avellana*, *Viburnum opulus*, *Clematis vitalba*, *Robinia pseudoacacia*, *Cornus sanguinea*, *Ligustrum vulgare*, *Euonymus europaeus*, *Rubus caesius*, *Fraxinus excelsior*, *Prunus avium*, *Acer campestre*. Lo strato erbaceo è piuttosto sviluppato, con la presenza di due specie dominanti, l'esotica *Solidago gigantea* e la graminacea *Agropyron repens*. Le altre specie erbacee rilevate sono *Humulus lupulus*, *Euphorbia cyparissias*, *Galium verum*, *Vicia sp.*, *Viola hirta*, *Dactylis glomerata*, *Carex sp.*, *Ranunculus ficaria*.

Per i dettagli dei risultati dell'indagine si faccia riferimento alle schede in allegato alla presente relazione.



## 9.6 Indagine tipo “E” – Analisi della fauna mobile terrestre

Il censimento della fauna mobile terrestre (Anfibi, Rettili, Mammiferi) è stato effettuato nelle aree Faun02, Faun03, Faun05, Faun06. Per ognuna delle aree sono stati individuati transetti (Figura 9.) che sono stati percorsi nel corso di due uscite effettuate in data 21 aprile e 5 maggio 2015. Nel corso delle uscite è stata registrata ogni osservazione diretta o indiretta indicante la presenza di individui appartenenti ai *taxa* della fauna mobile terrestre. Complessivamente sono stati rilevate tracce di sette *taxa* (1 Anfibio, 2 Rettili, 4 Mammiferi, Tabella 9.).





**Figura 9.4** Localizzazione delle aree (in verde) e dei transetti di rilevamento (in viola) effettuati per la fauna mobile terrestre (sfondi Google Earth e Open Sreet Map).

I transetti effettuati nelle quattro aree hanno lunghezze rispettivamente di 370, 430, 290 e 530 m. I risultati per area sono riassunti in Tabella 9..

**Tabella 9.2** Risultati del censimento della fauna mobile terrestre nella fase ante-operam.

Classe	Ordine	Specie	Faun02	Faun03	Faun05	Faun06
Anfibi	Urodeli	Salamandra pezzata		X		
Rettili	Sauridi	Lucertola muraiola	X	X	X	X
		Ramarro	X		X	X
Mammiferi	Roditori	<i>Apodemus</i> spp.			X	
	Carnivori	Mustelide ind.			X	
		Volpe		X		
	Artiodattili	Capriolo	X	X	X	

Nel corso delle indagini effettuate in questa fase *ante-operam* è stata rinvenuta la presenza di larve di una specie di Anfibio, la Salamandra pezzata *Salamandra salamandra* (Figura 9.), che è considerata specie prioritaria per la conservazione a scala regionale<sup>2</sup>, seppure con il punteggio minimo (8).

<sup>2</sup> D.G.R. 7/4345 del 20 aprile 2001 "Approvazione del Programma Regionale per gli Interventi di Conservazione e Gestione della Fauna Selvatica nelle Aree Protette e del Protocollo di Attività per gli Interventi di Reintroduzione di Specie Faunistiche nelle Aree Protette della Regione Lombardia". In questo atto è stata assegnata alle specie nidificanti in Regione Lombardia una categoria di priorità dalla 1 alla 14; sono considerate come prioritarie per la conservazione a scala regionale le specie con un punteggio pari o superiore ad 8.



Figura 9.5 Larve di Salamandra pezzata rinvenute nell'area Faun03 nel corso dei rilevamenti della fauna mobile terrestre.

Le indagini sulla fauna mobile terrestre hanno permesso di rilevare la presenza di due specie di Rettili, con numerose osservazioni: Lucertola muraiola è stata osservata in tutte le aree (complessivamente 37 individui), mentre un individuo di Ramarro è stato osservato nelle aree Faun02 e Faun05. Tra i Rettili non sono state rinvenute tracce di presenza di specie di interesse per la conservazione.

Per quanto riguarda i Mammiferi sono state rilevate tracce di presenza relativamente a quattro *taxa* appartenenti a tre ordini. Per quanto riguarda i Mustelidi, sono state rinvenute diverse fatte all'interno dell'area Faun05, che ne accertano la presenza ma non consentono un'identificazione fino al livello di specie tra Faina e Martora.

Tracce di Capriolo (impronte e fatte) sono state rinvenute in tutte le aree ad eccezione della Faun06, mentre tracce di una specie del genere *Apodemus* (resti alimentari) e Volpe (fatte) sono stati trovati solo in una sola area ciascuno, rispettivamente nella Faun05 e nella Faun03. Per quanto riguarda l'individuo di *Apodemus spp.* i soli resti alimentari (Figura 9.) non consentono un'identificazione fino al livello di specie.





**Figura 9.6** Resti alimentari di *Apodemus* spp.

Nessuna specie di Mammiferi tra quelle rilevate riveste un interesse conservazionistico.

## 9.7 Indagine tipo “F” – Analisi quali-quantitativa delle comunità ornitiche

L’ornitofauna (o avifauna) costituisce un ottimo indicatore biologico ed è tra quelli maggiormente utilizzati negli studi faunistici grazie ad alcune sue caratteristiche peculiari:

- Facilità di rilievo, riconoscimento e determinazione
- Inquadramento tassonomico chiaro e stabile nel tempo
- Ecologia e biologia del *taxon* sostenute da una ricca letteratura di base
- Distribuzione in tutti gli ambienti terrestri
- Capacità di registrare con rapidità le variazioni dell’ecosistema, rispondendo prontamente con l’abbandono o la colonizzazione di un’area
- Ampia distribuzione geografica
- Presenza nel gruppo di specie con nicchia ristretta e specializzata
- Presenza nel gruppo di popolazioni stabili prive di fluttuazioni casuali
- Presenza nel gruppo di specie protette
- Rilevanza economica
- Sensibilità al gruppo da parte dell’opinione pubblica

Nel corso del presente studio l’ornitofauna nidificante è stata censita in base al protocollo indicato nel progetto esecutivo, che prevedeva campionamenti in cinque aree campione: Faun02, Faun03, Faun04, Faun05, Faun06.

Il metodo utilizzato è quello del transetto lineare (Jarvinen & Vaisanen, 1976), che consiste nel percorrere ad andatura costante un itinerario con andamento il più rettilineo possibile (compatibilmente con le caratteristiche dell’area di studio) e nell’annotare tutti gli individui delle diverse specie osservate o udite.

I sentieri sono stati individuati preliminarmente nel corso di un sopralluogo delle aree campione. Durante i rilievi tali sentieri sono stati percorsi lentamente nelle prime ore del mattino fermandosi quando necessario per ascoltare le vocalizzazioni e per annotare le osservazioni. Gli osservatori hanno registrato tutti gli individui osservati o uditi entro una fascia (*buffer*) di 100 metri di ampiezza ai due lati dell’itinerario.

I censimenti sono stati effettuati a partire dalle prime ore del mattino in data 5 maggio.

I dati raccolti sono stati utilizzati per elaborare alcuni indici e parametri indicativi della ricchezza e della diversità specifica, quindi rappresentativi della qualità delle aree e degli habitat in essa rappresentati.

I parametri calcolati sono stati nell’ordine:

- S = Ricchezza di specie: numero di specie presenti nel biotopo
- H = Indice di diversità (Shannon & Wiener, 1963) calcolato come  $H = - \sum p_i \cdot \ln p_i$
- dove  $p_i$  è la frequenza dell’i-esima specie
- J = Indice di equiripartizione (Lloyd e Ghelardi, 1964) calcolato come  $J = H / H_{max}$ ,

- dove  $H_{max} = \ln S$
- % non-Pass = percentuale delle specie non appartenenti all'ordine dei Passeriformi (Ferry & Frochot, 1970)
- D = dominanza (Turcek, 1956; Oelke, 1980), ovvero numero di specie con frequenza relativa maggiore o uguale a 0,05

Abbondanza, ovvero numero di individui osservati in 15 minuti o in 1000 metri di transetto  
Per ognuna delle aree di indagine verranno inoltre effettuate alcune considerazioni sulle priorità di conservazione riscontrate tra le specie rilevate, a livello regionale, nazionale e continentale.

Per quanto riguarda le priorità di conservazione a livello regionale si fa riferimento alla D.G.R. 7/4345 del 20 aprile 2001 "Approvazione del Programma Regionale per gli Interventi di Conservazione e Gestione della Fauna Selvatica nelle Aree Protette e del Protocollo di Attività per gli Interventi di Reintroduzione di Specie Faunistiche nelle Aree Protette della Regione Lombardia". In questo atto è stata assegnata alle specie nidificanti in Regione Lombardia una categoria di priorità dalla 1 alla 14; sono considerate come prioritarie per la conservazione a scala regionale le specie con un punteggio pari o superiore ad 8.

A livello nazionale le categorie di minaccia sono tratte dalla Lista Rossa degli Uccelli nidificanti in Italia (Peronace et al., 2011). La lista costituisce la più recente valutazione complessiva dello stato di conservazione dell'avifauna a livello nazionale. Essa è stata realizzata mutuando le categorie di minaccia messe a punto a livello globale dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (EX = estinta in natura; CR = in pericolo in modo critico, EN = in pericolo, VU = vulnerabili, LR = a più basso rischio, NE = non valutata).

A livello continentale infine si fa riferimento alle specie europee di interesse per la conservazione (SPEC) individuate da BirdLife (BirdLife International, 2004). La recente pubblicazione "Birds in Europe: Population Estimates, Trends and Conservation Status" ha fornito, per ognuna delle 526 specie europee, mappe di distribuzione nonché dati su consistenze di popolazione, tendenze demografiche rilevate nel periodo 1991-2000 e status di conservazione. Le categorie SPEC sono inoltre state modificate con l'eliminazione della categoria SPEC 4. Sono quindi oggi definite tre categorie: SPEC 1 - specie di interesse per la conservazione a livello globale; SPEC 2 - specie concentrata in Europa e con uno stato di conservazione sfavorevole; SPEC 3 - specie non concentrata in Europa ma con uno stato di conservazione sfavorevole in Europa; non SPEC.

È segnalata inoltre l'inclusione delle specie rilevate tra quelle elencate nell'Allegato I alla Direttiva 79/409/CEE (Direttiva Uccelli).

Di seguito si presenta una descrizione delle comunità di ciascuna area di rilevamento.

### 9.7.1 Area Faun02

L'area campione "Faun02" è stata censita in data 5 maggio 2015. Il transetto individuato all'interno dell'area, con una lunghezza pari a circa 430 metri (Figura 9.), è stato percorso nei due sensi in 1 ora e 15 minuti.

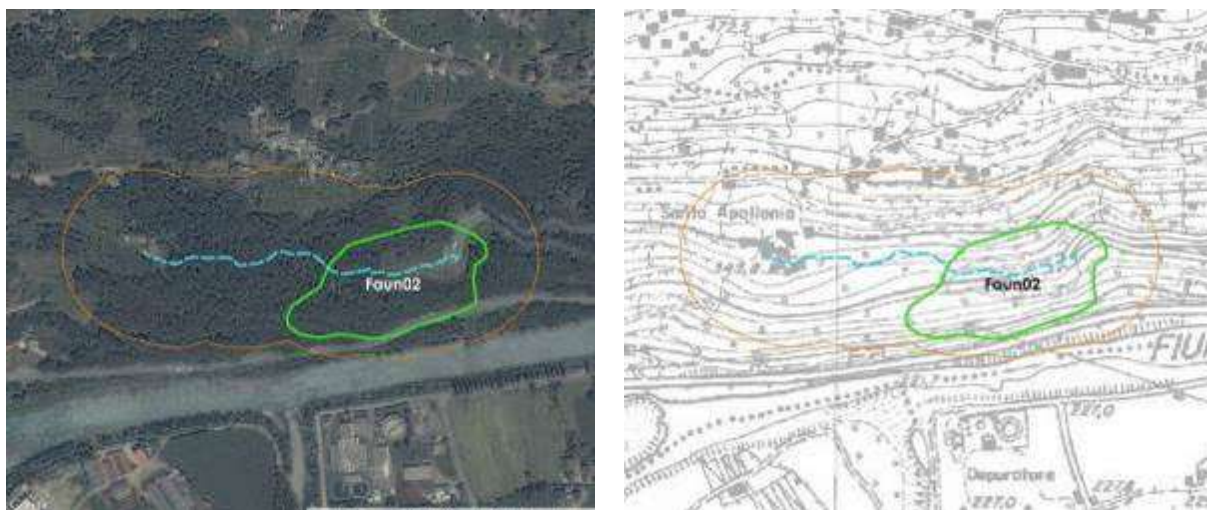


Figura 9.7 Transetto effettuato nell'area Faun02. In verde i confini dell'area, in azzurro il tracciato del transetto e in arancione i confini del buffer di 100 m costruito intorno al transetto (sfondi Google Satellite e CTR Regione Lombardia).

Nel complesso sono stati rilevati 34 individui appartenenti a 12 specie (Tabella 9.).

Tabella 9.3 Risultati del censimento dell'ornitofauna nidificante nell'area di indagine denominata "Faun02".

SPECIE	N. individui
Sparviere	1
Rondone comune	1
Picchio verde	1
Usignolo	2
Merlo	7
Capinera	6
Lui piccolo	1
Cinciallegra	6



SPECIE	N. individui
Codibugnolo	5
Ghiandaia	1
Corvo imperiale	2
Fringuello	1
Totale	34

L'insieme delle osservazioni è stato piuttosto ridotto sia per quel che riguarda il numero di individui che per quel che riguarda il numero di specie rilevate.

L'ornitofauna rilevata in questa area è quella tipica dell'ambiente boschivo, con elementi spiccatamente forestali (Sparviere, Luì piccolo, Codibugnolo, Ghiandaia), specie ecotonali (Picchio verde, Usignolo, Capinera) e generaliste (Fringuello, Cinciallegra, Merlo). Rondone comune e Corvo imperiale, specie che non frequentano abitualmente l'ambiente di bosco, sono stati rilevati rispettivamente in volo altro sopra all'area e nei pressi del nucleo abitato al limite occidentale del transetto di rilevamento. Gli unici non Passeriformi rilevati sono Sparviere, Rondone comune e Picchio verde.

Le specie rilevate sono tutte relativamente comuni. Per quanto riguarda il valore conservazionistico delle specie rilevate, vanno segnalate due specie prioritarie a livello regionale: si tratta di Sparviere (punteggio 9) e Picchio verde (9).

Le specie rilevate non sono elencate nella Lista Rossa degli Uccelli nidificanti in Italia tra quelle che presentano le condizioni per essere classificate in una delle categorie di minaccia. Per quanto riguarda infine le specie di interesse per la conservazione a livello europeo si segnala solo il Picchio verde (SPEC 2).

Nessuna delle specie rilevate in quest'area è elencata nell'Allegato I alla Direttiva Uccelli.

Il primo parametro calcolato per quest'area, successivamente al numero di specie, è l'indice di diversità. Esso è pari a 2,175 (Tabella 9.). L'indice di equiripartizione è invece uguale a 0,875.

Le specie non appartenenti all'ordine dei Passeriformi costituiscono il 25% del numero di specie totali.

Sono 6 le specie dominanti, ovvero con frequenza relativa uguale o superiore a 0,05: Usignolo, Merlo, Capinera, Cinciallegra, Codibugnolo e Corvo imperiale.

L'abbondanza complessiva intesa come numero di individui rilevato in 1000 m di transetto è pari per quest'area a 79,81, con un valore massimo specifico di 16,43 per il Merlo. L'abbondanza espressa invece come numero di individui rilevato in 15 minuti di transetto è pari a 6,80 con valore massimo di 1,40, sempre riferito al Merlo.

**Tabella 9.4 Valori di frequenza relativa e abbondanza per le specie nidificanti e valore dei parametri indicativi della ricchezza biologica nell'area campione "Fauna02".**

Specie	Frequenza relativa	N. individui / 1000 m	N. individui / 15 minuti
Sparviere	0,029	2,35	0,20
Rondone comune	0,029	2,35	0,20
Picchio verde	0,029	2,35	0,20
Usignolo	0,059	4,69	0,40
Merlo	0,206	16,43	1,40
Capinera	0,176	14,08	1,20
Lui piccolo	0,029	2,35	0,20
Cinciallegra	0,176	14,08	1,20
Codibugnolo	0,147	11,74	1,00
Ghiandaia	0,029	2,35	0,20
Corvo imperiale	0,059	4,69	0,40
Fringuello	0,029	2,35	0,20
Diversità (H)	2,175		
Equiripartizione (J)	0,875		
% non Passeriformi	25,00		
N. specie dominanti (d)	6		
N. individui / 1000 m	79,81		
N. individui / 15 minuti	6,80		

## 9.7.2 Area Faun03

L'area campione "Faun03" è stata censita in data 5 maggio 2015. Il transetto individuato all'interno dell'area, con una lunghezza pari a circa 770 metri (Figura 9.), è stato percorso in un'ora e un quarto. Nel complesso sono stati rilevati 46 individui appartenenti a 17 specie (Tabella 9.).

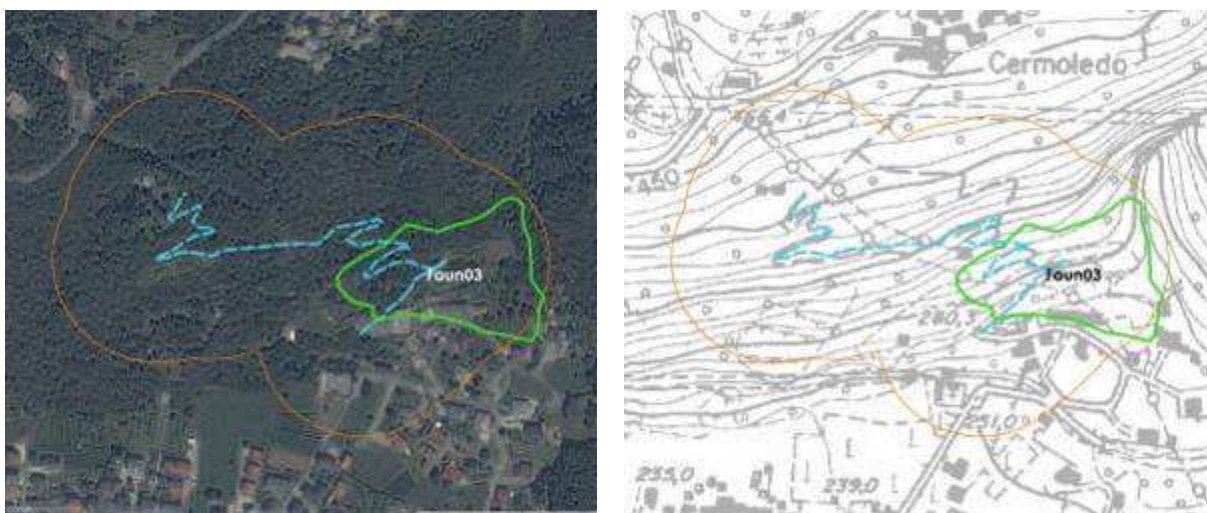


Figura 9.8 Transetto effettuato nell'area Faun03. In verde i confini dell'area, in azzurro il tracciato del transetto e in arancione i confini del buffer di 100 m costruito intorno al transetto (sfondi Google Satellite e CTR Regione Lombardia).

Tabella 9.5 Risultati del censimento dell'ornitofauna nidificante nell'area di indagine denominata "Faun03".

Specie	N. individui
Cuculo	1
Rondone comune	3
Rondine montana	1
Balestruccio	1
Ballerina bianca	1
Codiroso comune	1
Merlo	5
Capinera	6

Specie	N. individui
Lui piccolo	1
Cincia bigia	2
Cinciarella	1
Cinciallegra	2
Codibugnolo	5
Cornacchia grigia	1
Passera d'Italia	7
Fringuello	6
Verzellino	2
Totale	46

L'insieme delle osservazioni è stato piuttosto ridotto per quel che riguarda il numero di individui, seppur appartenenti a un numero di specie non particolarmente contenuto data l'estensione dell'area di rilevamento. La composizione della comunità ornitica rilevata è suddivisa prevalentemente tra specie forestali (Cuculo, Lui piccolo, Cincia bigia, Codibugnolo) e specie legate a ambienti agricoli e urbani discontinui (Rondone comune, Rondine montana, Balestruccio, Ballerina bianca, Cornacchia grigia, Passera d'Italia, Verzellino), cosa che rispecchia la distribuzione delle tipologie ambientali presenti nell'area.

Le specie sono tutte piuttosto comuni. Gli unici elementi di un certo valore ecologico sono rappresentati dalla Cincia bigia (priorità regionale 8 e SPEC3) e dalla Rondine montana (priorità regionale 9). La sola specie presente nella lista rossa degli Uccelli nidificanti in Italia è la Passera d'Italia, considerata "vulnerabile". Nessuna delle specie rilevate in quest'area è elencata invece nell'Allegato I alla Direttiva Uccelli.

L'indice di diversità per quest'area è pari a 2,553 (Tabella 9.). L'indice di equiripartizione è invece uguale a 0,901. Le specie non appartenenti all'ordine dei passeriformi costituiscono l'11,76% del numero di specie totali.

Sono 6 le specie dominanti, ovvero con frequenza relativa uguale o superiore a 0,05: Rondone comune, Merlo, Capinera, Codibugnolo, Passera d'Italia e Fringuello.

L'abbondanza complessiva intesa come numero di individui rilevato in 1000 m di transetto è pari per quest'area a 59,97, con un valore massimo specifico di 9,13 per la Passera d'Italia. L'abbondanza espressa invece come numero di individui rilevato in 15 minuti di transetto è pari a 9,20, con valore massimo di 1,40, ovviamente sempre per la Passera d'Italia.

**Tabella 9.6 Valori di frequenza relativa per le specie nidificanti e valore degli indici di diversità ed equiripartizione nell'area denominata "Faun03".**

Specie	Frequenza relativa	N. individui / 1000 m	N. individui / 15 minuti
Cuculo	0,022	1,30	0,20
Rondone comune	0,065	3,91	0,60
Rondine montana	0,022	1,30	0,20
Balestruccio	0,022	1,30	0,20
Ballerina bianca	0,022	1,30	0,20
Codiroso comune	0,022	1,30	0,20
Merlo	0,109	6,52	1,00
Capinera	0,130	7,82	1,20
Lui piccolo	0,022	1,30	0,20
Cincia bigia	0,043	2,61	0,40
Cinciarella	0,022	1,30	0,20
Cinciallegra	0,043	2,61	0,40
Codibugnolo	0,109	6,52	1,00
Cornacchia grigia	0,022	1,30	0,20
Passera d'Italia	0,152	9,13	1,40
Fringuello	0,130	7,82	1,20
Verzellino	0,043	2,61	0,40
Diversità (H)	2,553		
Equiripartizione (J)	0,901		
% non Passeriformi	11,76		
N. specie dominanti (d)	6		
N. individui / 1000 m	59,97		
N. individui / 15 minuti	9,20		

### 9.7.3 Area Faun04

L'area campione "Faun04" è stata censita in data 5 maggio 2015. Il transetto individuato all'interno dell'area (Figura 9.), con una lunghezza pari a circa 2480 metri, è stato percorso in 90 minuti. L'area - non delimitata in sede di Piano di Monitoraggio - era identificata interamente con il Parco della Bosca, con un'estensione pari a circa 82 ettari, troppo vasta per il monitoraggio. E' stata dunque scelta la porzione tra il tracciato previsto dell'intervento e il fiume Adda, che fosse contraddistinta da una buona eterogeneità ambientale. Nel complesso sono stati rilevati 96 individui appartenenti a 26 specie (Tabella 9.).

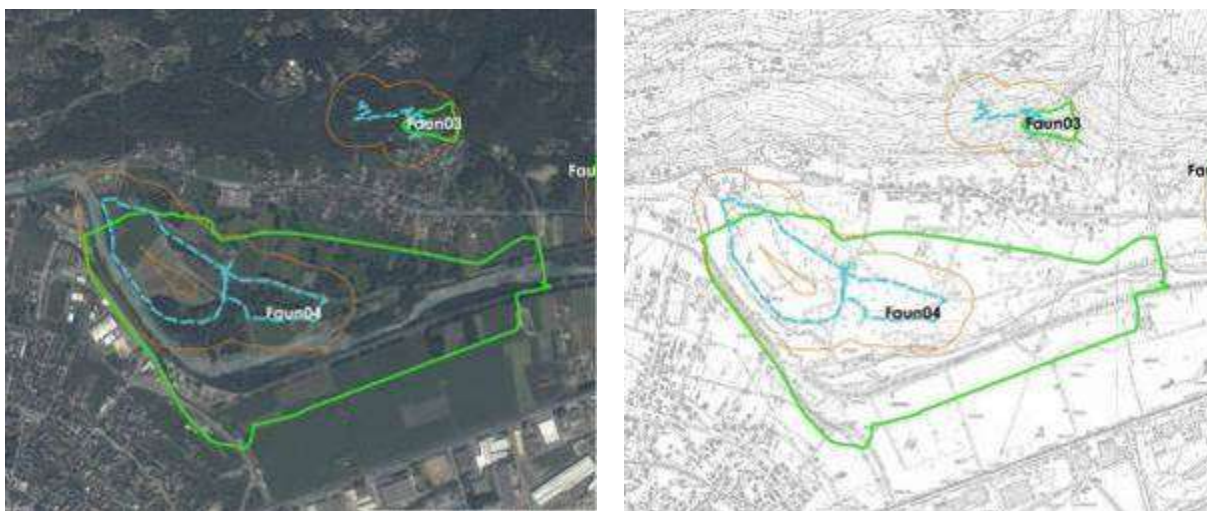


Figura 9.9 Transetto effettuato nell'area Faun04. In verde i confini dell'area, in azzurro il tracciato del transetto e in arancione i confini del buffer di 100 m costruito intorno al transetto (sfondi Google Satellite e CTR Regione Lombardia).

Tabella 9.7 Risultati del censimento dell'ornitofauna nidificante nell'area di indagine denominata "Faun04".

Specie	N. individui
Airone cenerino	2
Germano reale	7
Cuculo	2
Martin pescatore	1
Torcicollo	1
Picchio verde	1
Picchio rosso maggiore	1



Specie	N. individui
Rondine	1
Ballerina bianca	6
Usignolo	10
Codirosso comune	1
Merlo	11
Usignolo di fiume	3
Sterpazzola	1
Capinera	16
Lui piccolo	2
Cinciallegra	4
Codibugnolo	1
Ghiandaia	2
Cornacchia grigia	4
Storno	2
Passera d'Italia	6
Fringuello	6
Verzellino	2
Verdone	2
Cardellino	1
Totale	96

Il numero di specie rilevate è il più alto riscontrato nelle tre aree campione visitate, data anche la maggiore lunghezza del tracciato e la maggiore eterogeneità degli ambienti attraversati.

La presenza del fiume e del suo alveo all'interno dell'area indagata è evidente dalla compar-  
sa tra le specie rilevate di *taxa* legati agli ambienti umidi, quali ad esempio Airone cenerino,  
Germano reale, Martin pescatore, Ballerina bianca ed Usignolo di Fiume. Tra le specie più  
prettamente boschive si segnalano Picchio rosso maggiore, Cuculo, Codibugnolo e Ghian-  
daia. Numerose sono anche le specie tipiche degli ambienti ecotonali, come Picchio verde,  
Torcicollo, Usignolo, sterpazzola e Capinera. Sono presenti anche diverse specie gregarie  
antropofile (Cornacchia, Storno e Passera d'Italia) o legate agli ambienti agricoli e urbani di-  
scontinui (Rondine, Ballerina bianca, Codirosso comune, Verzellino, Verdone e Cardellino).

Per quanto riguarda il valore conservazionistico delle specie rilevate, come già sottolineato,  
quest'area raggiunge i valori più elevati tra le cinque indagate.

È stata rilevata la presenza di quattro specie prioritarie a livello regionale: Airone cenerino  
(10), Martin pescatore (9), Picchio verde (9), Picchio rosso maggiore (8).

Sono quattro le specie elencate nella Lista rossa degli uccelli nidificanti in Italia: si tratta di  
Torcicollo ("in pericolo"), Verdone e Rondine ("in procinto di essere minacciate") e Passera  
d'Italia ("vulnerabile").

Per quanto riguarda infine le specie di interesse per la conservazione a livello europeo si se-  
gnalano ancora una SPEC 2 (Picchio verde) e quattro SPEC 3 (Martin pescatore, Torcicollo,  
Rondine e Storno).

In quest'area è infine presente una specie elencata nell'Allegato I alla Direttiva Uccelli, il  
Martin pescatore.

L'indice di diversità per quest'area è pari a 2,859, ovvero il valore più alto rilevato nelle cin-  
que aree campione (Tabella 9.). L'indice di equiripartizione è stato calcolato in 0,877. La  
percentuale di non Passeriformi si attesta invece su 26.92%. Le specie dominanti, ovvero con  
frequenza relativa uguale o superiore a 0,05, sono 7: Germano reale, Ballerina bianca, Usi-  
gnolo, Merlo, Capinera, Passera d'Italia e Fringuello.

L'abbondanza complessiva intesa come numero di individui rilevato in 1000 m di transetto è  
pari per quest'area a 38,76 (in questo caso però non si tratta del valore maggiore tra le aree  
considerate), con un valore massimo specifico di 6,46 per la Capinera. L'abbondanza  
espressa invece come numero di individui rilevato in 15 minuti di transetto è pari a 16,00,  
con valore massimo di 2,67, ovviamente riferito alla Capinera.

**Tabella 9.8 Valori di frequenza relativa per le specie nidificanti e valore degli indici di diversità ed equiripartizione nell'area denominata "Faun04".**

<b>Specie</b>	<b>Frequenza relativa</b>	<b>N. individui / 1000 m</b>	<b>N. individui / 15 minuti</b>
Airone cenerino	0,021	0,81	0,33
Germano reale	0,073	2,83	1,17
Cuculo	0,021	0,81	0,33
Martin pescatore	0,010	0,40	0,17
Torcicollo	0,010	0,40	0,17
Picchio verde	0,010	0,40	0,17
Picchio rosso maggiore	0,010	0,40	0,17
Rondine	0,010	0,40	0,17
Ballerina bianca	0,063	2,42	1,00
Usignolo	0,104	4,04	1,67
Codiroso comune	0,010	0,40	0,17
Merlo	0,115	4,44	1,83
Usignolo di fiume	0,031	1,21	0,50
Sterpazzola	0,010	0,40	0,17
Capinera	0,167	6,46	2,67
Lui piccolo	0,021	0,81	0,33
Cinciallegra	0,042	1,61	0,67
Codibugnolo	0,010	0,40	0,17
Ghiandaia	0,021	0,81	0,33
Cornacchia grigia	0,042	1,61	0,67
Storno	0,021	0,81	0,33
Passera d'Italia	0,063	2,42	1,00
Fringuello	0,063	2,42	1,00
Verdone	0,021	0,81	0,33

Specie	Frequenza relativa	N. individui / 1000 m	N. individui / 15 minuti
Cardellino	0,010	0,40	0,17
Verzellino	0,021	0,81	0,33
Diversità (H)	2,859		
Equipartizione (J)	0,877		
% non Passeriformi	26,92		
N. specie dominanti (d)	7		
N. individui / 1000 m	38,76		
N. individui / 15 minuti	16,00		

### 9.7.4 Area Faun05

L'area campione "Faun05" è stata censita in data 5 maggio 2015. Il transetto individuato all'interno dell'area, con una lunghezza pari a circa 480 metri (Figura 9.), è stato percorso in 1 ora e 15 minuti. Nel complesso sono stati rilevati 27 individui appartenenti a 13 specie (Tabella 9.).

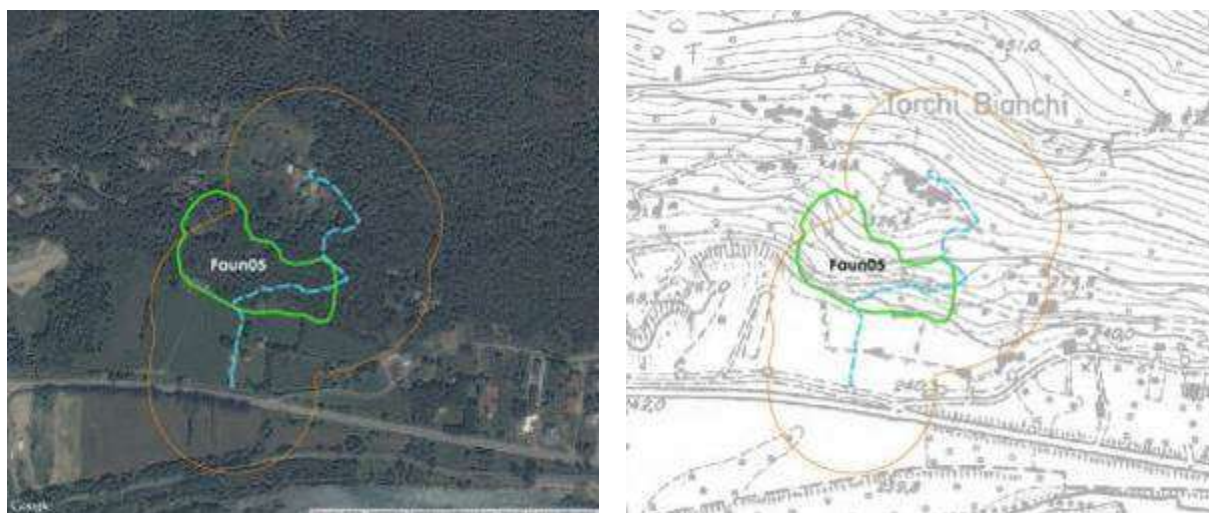


Figura 9.10 Transetto effettuato nell'area Faun05. In verde i confini dell'area, in azzurro il tracciato del transetto e in arancione i confini del buffer di 100 m costruito intorno al transetto (sfondi Google Satellite e CTR Regione Lombardia).

Tabella 9.9 Risultati del censimento dell'ornitofauna nidificante nell'area di indagine denominata "Faun02".

SPECIE	N. individui
Cuculo	1
Picchio rosso maggiore	1
Scricciolo	1
Usignolo	1
Merlo	3
Capinera	5
Lui piccolo	1
Cincia bigia	1
Cinciallegra	5

SPECIE	N. individui
Passera d'Italia	2
Fringuello	4
Verdone	1
Cardellino	1
Totale	27

L'insieme delle osservazioni è stato ridotto sia per quel che riguarda il numero di specie che, soprattutto, il numero di individui rilevati.

L'ornitofauna rilevata in questa area è quella tipica dell'ambiente boschivo, con elementi spiccatamente forestali (Cuculo, Picchio rosso maggiore, Scricciolo, Luì piccolo, Cincia bigia), specie ecotonali (Usignolo, Capinera) e generaliste (Fringuello, Cinciallegra, Merlo). A ciò si aggiungono alcune specie tipiche degli ambienti agricoli o urbani discontinui, rilevati nella parte meridionale dell'area, come Passera d'Italia, Verdone e Cardellino.

Per quanto riguarda il valore conservazionistico delle specie rilevate, vanno segnalate due specie prioritarie a livello regionale: si tratta di Picchio rosso maggiore (8) e Cincia bigia (8).

Nella Lista Rossa degli Uccelli nidificanti in Italia sono elencati il Verdone ("quasi minacciato") e la Passera d'Italia ("vulnerabile").

Per quanto riguarda infine le specie di interesse per la conservazione a livello europeo si segnala solo la Cincia bigia (SPEC 3).

Nessuna delle specie rilevate in quest'area è elencata nell'Allegato I alla Direttiva Uccelli.

Il primo parametro calcolato per quest'area, successivamente al numero di specie, è l'indice di diversità. Esso è pari a 2,321 (Tabella 9.). L'indice di equiripartizione è invece uguale a 0,905.

Le specie non appartenenti all'ordine dei Passeriformi costituiscono il 15,38% del numero di specie totali.

Sono cinque le specie dominanti, ovvero con frequenza relativa uguale o superiore a 0,05: Merlo, Capinera, Cinciallegra, Passera d'Italia e Fringuello.

L'abbondanza complessiva intesa come numero di individui rilevato in 1000 m di transetto è pari per quest'area a 56,60, con un valore massimo specifico di 10,48 per Capinera e Cinciallegra. L'abbondanza espressa invece come numero di individui rilevato in 15 minuti di transetto è pari a 5,40 con valore massimo di 1,00, sempre riferito a Capinera e Cinciallegra.

**Tabella 9.10 Valori di frequenza relativa e abbondanza per le specie nidificanti e valore dei parametri indicativi della ricchezza biologica nell'area campione "Fauna02".**

Specie	Frequenza relativa	N. individui / 1000 m	N. individui / 15 minuti
Cuculo	0,037	2,10	0,20
Picchio rosso maggiore	0,037	2,10	0,20
Scricciolo	0,037	2,10	0,20
Usignolo	0,037	2,10	0,20
Merlo	0,111	6,29	0,60
Capinera	0,185	10,48	1,00
Lui piccolo	0,037	2,10	0,20
Cincia bigia	0,037	2,10	0,20
Cinciallegra	0,185	10,48	1,00
Passera d'Italia	0,074	4,19	0,40
Fringuello	0,148	8,39	0,80
Verdone	0,037	2,10	0,20
Cardellino	0,037	2,10	0,20
Diversità (H)	2,321		
Equiripartizione (J)	0,905		
% non Passeriformi	15,38		
N. specie dominanti (d)	5		
N. individui / 1000 m	56,60		
N. individui / 15 minuti	5,40		



### 9.7.5 Area Faun06

L'area campione "Faun06" è stata censita in data 5 maggio 2015. Il transetto individuato all'interno dell'area (Figura 9.), con una lunghezza pari a circa 600 metri, è stato percorso in 1 ora. Nel complesso sono stati rilevati 42 individui appartenenti a 15 specie (Tabella 9.).



Figura 9.11 Transetto effettuato nell'area Faun06. In verde i confini dell'area, in azzurro il tracciato del transetto e in arancione i confini del buffer di 100 m costruito intorno al transetto (sfondi Google Satellite e CTR Regione Lombardia).

Tabella 9.11 Risultati del censimento dell'ornitofauna nidificante nell'area di indagine denominata "Faun06".

SPECIE	N. individui
Cigno reale	1
Sparviere	1
Picchio verde	1
Rondine montana	6
Balestruccio	2
Ballerina bianca	1
Scricciolo	1
Usignolo	4
Codiroso comune	1

SPECIE	N. individui
Merlo	4
Capinera	6
Lui piccolo	2
Cinciarella	1
Cinciallegra	7
Fringuello	4
Totale	42

L'insieme delle osservazioni è stato piuttosto ridotto sia per quel che riguarda il numero di specie che, il numero di individui rilevati.

L'ornitofauna rilevata in è comprende alcune specie tipicamente forestali (Sparviere, Scricciolo, Lui piccolo, Cinciarella), specie ecotonali (Picchio verde, Usignolo, Capinera) e generaliste (Fringuello, Cinciallegra, Merlo). A ciò si aggiungono alcune specie legate agli ambienti acquatici (Cigno reale, Ballerina bianca) o che si sono adattate e nidificare sugli edifici (Rondine montana, Balestruccio, Codiroso comune).

Per quanto riguarda il valore conservazionistico delle specie rilevate, si segnalano quattro specie prioritarie a livello regionale: si tratta di Cigno reale (10), Sparviere (9), Picchio verde (9), Rondine montana (9).

In quest'area non sono state rilevate specie elencate in Lista Rossa degli Uccelli nidificanti in Italia nelle categorie di pericolo.

Per quanto riguarda infine le specie di interesse per la conservazione a livello europeo si segnala solo il Picchio verde (SPEC 2).

Nessuna delle specie rilevate in quest'area è elencata nell'Allegato I alla Direttiva Uccelli.

Il primo parametro calcolato per quest'area, successivamente al numero di specie, è l'indice di diversità. Esso è pari a 2,439 (Tabella 9.). L'indice di equiripartizione è invece uguale a 0,901.

Le specie non appartenenti all'ordine dei Passeriformi costituiscono il 20% del numero di specie totali.

Sono sei le specie dominanti, ovvero con frequenza relativa uguale o superiore a 0,05: Rondine montana, Usignolo, Merlo, Capinera, Cinciallegra e Fringuello.

L'abbondanza complessiva intesa come numero di individui rilevato in 1000 m di transetto è pari per quest'area a 70,47, con un valore massimo specifico di 11,74 per la Cinciallegra. L'abbondanza espressa invece come numero di individui rilevato in 15 minuti di transetto è pari a 10,50 con valore massimo di 1,75, sempre riferito alla Cinciallegra.

Tabella 9.12 Valori di frequenza relativa e abbondanza per le specie nidificanti e valore dei parametri indicativi della ricchezza biologica nell'area campione "Fauna02".

Specie	Frequenza relativa	N. individui / 1000 m	N. individui / 15 minuti
Cigno reale	0,024	1,68	0,25
Sparviere	0,024	1,68	0,25
Picchio verde	0,024	1,68	0,25
Rondine montana	0,143	10,07	1,50
Balestruccio	0,048	3,36	0,50
Ballerina bianca	0,024	1,68	0,25
Scricciolo	0,024	1,68	0,25
Usignolo	0,095	6,71	1,00
Codirosso comune	0,024	1,68	0,25
Merlo	0,095	6,71	1,00
Capinera	0,143	10,07	1,50
Lui piccolo	0,048	3,36	0,50
Cinciarella	0,024	1,68	0,25
Cinciallegra	0,167	11,74	1,75
Fringuello	0,095	6,71	1,00
Diversità (H)	2,439		
Equiripartizione (J)	0,901		
% non Passeriformi	20,00		
N. specie dominanti (d)	6		
N. individui / 1000 m	70,47		
N. individui / 15 minuti	10,50		

## 9.8 Indagine tipo “G” – Analisi dei popolamenti ittici

### 9.8.1 Metodi

Il campionamento dell'ittiofauna è stato eseguito nelle date 26 e 27 marzo 2015 mediante elettrostorditore ELT60 II (GI) con utilizzo di corrente pulsata, secondo modalità quantitative. Le fasi di campo sono state condotte in sezioni dell'asta principale dell'Adda parzialmente guadabili. Il numero di passaggi effettuati è pari a due. Il numero di individui complessivamente presenti nel tratto oggetto di indagine è stimabile secondo la formula:

$$C12/(C1-C2)$$

con:

C1 = numero di individui catturati al primo passaggio

C2 = numero di individui catturati al secondo passaggio

Le attività di campo hanno consentito di raccogliere informazioni circa la composizione in specie, la densità e la biomassa delle popolazioni.

### 9.8.2 Descrizione dei siti di indagine

Il monitoraggio è stato effettuato in quattro siti di campionamento, di seguito descritti.

#### **Faun01\_1**

In questo sito è stato indagato un tratto lungo complessivamente 195 metri, per una superficie di censimento pari a 4.290 m<sup>2</sup> (Figura 9.2). La larghezza complessiva dell'alveo bagnato del fiume Adda è attorno a 45 m, mentre quello di piena è stimabile in 50 metri. Le porzioni indagate hanno profondità media dell'acqua attorno a 100 cm, mentre la massima è circa 200 cm. La velocità di corrente è media, il flusso delle acque moderatamente turbolento. La configurazione morfologica è a riffle/pool con prevalenza del mesohabitat di run; a seguito dello sfruttamento idroelettrico si assiste giornalmente a sensibili fluttuazioni delle portate in alveo. Il substrato è prevalentemente ciottoloso, con presenza anche di massi, ghiaia e sabbia; si rileva una parziale occlusione degli interstizi (clogging). I rifugi per la fauna ittica, costituiti da sottosponda, pozze, massi sono discreti. La trasparenza delle acque è bassa; l'ombreggiatura è scarsa. Il regime termico è relativamente fresco: la temperatura alla data di rilievo (26 marzo 2015) è risultata pari a 8,2 °C. Il fiume è delimitato da infrastrutture viarie su entrambi i lati. Le fasce di vegetazione perifluviale risultano di conseguenza strette ed interrotte. Nel territorio adiacente il fiume prevalgono a sinistra aree urbanizzate mentre a destra è presente un versante montuoso.

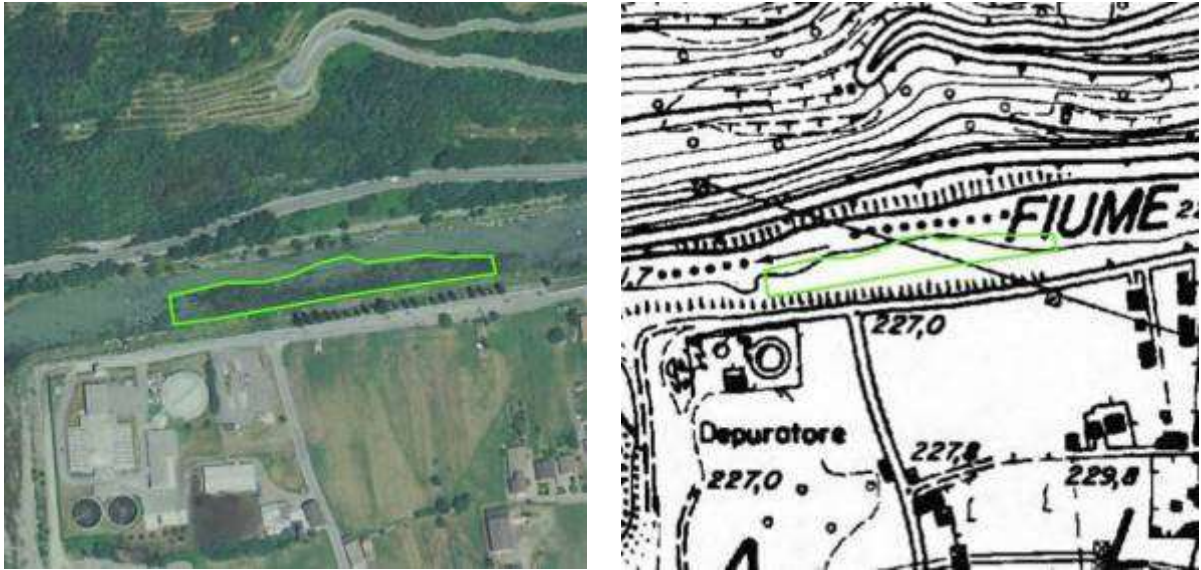


Figura 9.12 Area di indagine Faun01\_1.



Figura 9.13 Adda a monte del depuratore di Morbegno.



### Faun01\_2

In questo sito è stato indagato un tratto lungo complessivamente 240 metri, per una superficie di censimento pari a 1.680 m<sup>2</sup> (Figura ). La larghezza complessiva dell'alveo bagnato del fiume Adda è attorno a 40 m, mentre quello di piena è stimabile in 60 metri. Le porzioni indagate hanno profondità media dell'acqua attorno a 100 cm, mentre la massima è superiore a 200 cm. La velocità di corrente è media, il flusso delle acque turbolento; a seguito dello sfruttamento idroelettrico si assiste giornalmente a sensibili fluttuazioni delle portate in alveo. Il substrato è costituito da una predominanza di massi cui si associano porzioni ciottolose, ghiaia e sabbia; si rileva una parziale occlusione degli interstizi (clogging). Nelle aree marginali è osservabile un ingente deposito di sedimento fine. I rifugi per la fauna ittica, costituiti da sottosponda, pozze, massi sono discreti. La trasparenza delle acque è medio-bassa; l'ombreggiatura è scarsa. Il regime termico è relativamente fresco: la temperatura alla data di rilievo (26 marzo 2015) è risultata pari a 7,8 °C. Il fiume scorre entro argini in rilevato in sinistra orografica mentre a destra è delimitato dalla presenza della SS 402, cui si sovrappongono verso l'alveo il cantiere e le difese spondali in calcestruzzo funzionali alla realizzazione di una pista ciclabile. Le fasce di vegetazione perifluviale risultano completamente alterate a destra, mentre a sinistra sono strette e con interruzioni. Nel territorio adiacente il fiume prevalgono a sinistra urbanizzato rado e coltivazioni intensive di varia tipologia mentre a destra è presente un versante montuoso.

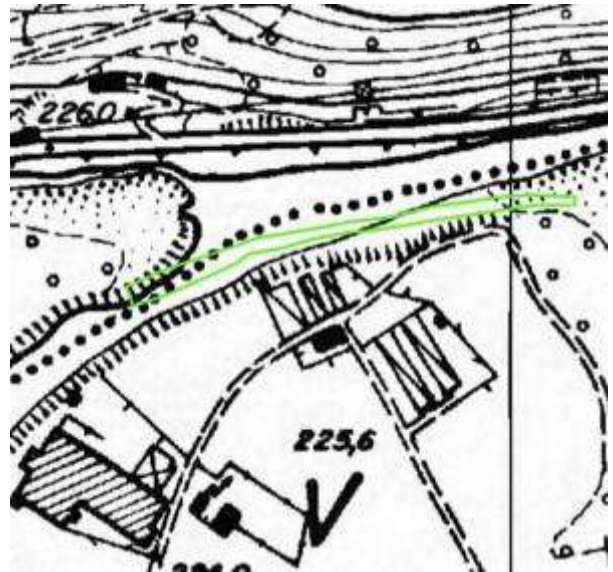


Figura 9.14 Area di indagine Faun01\_2.



Figura 9.15 Adda a valle dell'immissione del Bitto.

### **Faun07\_1**

In questo sito è stato indagato un tratto lungo complessivamente 185 metri, per una superficie di censimento pari a 1.778 m<sup>2</sup> (Figura 9.16). La larghezza complessiva dell'alveo bagnato del fiume Adda è attorno a 37 m, mentre quello di piena è stimabile in 65 metri. Le porzioni indagate hanno profondità media dell'acqua attorno a 100 cm, mentre la massima è circa 200 cm. La velocità di corrente è media, il flusso delle acque turbolento; a seguito dello sfruttamento idroelettrico si assiste giornalmente a sensibili fluttuazioni delle portate in alveo. Il substrato è costituito da una predominanza di ciottoli cui si associano porzioni di massi, ghiaia e sabbia; si rileva una parziale occlusione degli interstizi (clogging) e il deposito, nei punti più profondi, di sedimento fine periodicamente fluitato dall'invaso di Ardenno. I rifugi per la fauna ittica, costituiti da sottosponda, pozze, massi e rami in acqua sono discreti. La trasparenza delle acque è bassa; l'ombreggiatura è scarsa. Il regime termico è relativamente fresco: la temperatura alla data di rilievo (27 marzo 2015) è risultata 7,8 °C. Il fiume scorre nei pressi di un versante montuoso a destra, mentre a sinistra è influenzato dalla presenza della SS38. Le fasce di vegetazione perifluviale sono presenti su entrambe le sponde ed hanno ampiezza intermedia. Nel territorio adiacente il fiume prevalgono a sinistra boschi e urbanizzato rado mentre a destra è presente un versante montuoso.





Figura 9.16 Area di indagine Faun07\_1.



Figura 9.17 Adda a valle del ponte SS38.

### Faun07\_2

Il campionamento è stato tecnicamente eseguibile risalendo fino a monte del Tartano, dopodiché il rapido approfondimento e la tipologia di sedimento esclusivamente sabbiosa non hanno reso idonee le ulteriori porzioni fluviali al rilievo mediante elettropesca. È stato dunque indagato un tratto lungo complessivamente 230 metri, per una superficie di censimento pari a 1.056 m<sup>2</sup> (). La larghezza complessiva dell'alveo bagnato del fiume Adda è attorno a 25 m, mentre quello di piena è stimabile in 40 metri. Le porzioni indagate hanno profondità media dell'acqua attorno a 150 cm, mentre la massima è circa 300 cm. La velocità di corrente è media, il flusso delle acque turbolento; a seguito dello sfruttamento idroelettrico si assiste giornalmente a sensibili fluttuazioni delle portate in alveo. Il substrato è costituito da una predominanza di ciottoli e massi cui si associano sabbia e limo; si rileva una parziale occlusione degli interstizi (clogging) e il significativo deposito, nei punti più profondi, del sedimento fine periodicamente fluitato dall'invaso di Ardenno. I rifugi per la fauna ittica, costituiti da sottosponda, pozze, massi sono discreti. La trasparenza delle acque è molto bassa; l'ombreggiatura è scarsa. Il regime termico è relativamente fresco: la temperatura alla data di rilievo (27 marzo 2015) è risultata 9,1 °C. Il fiume scorre nei pressi di un versante montuoso a destra, mentre a sinistra è influenzato dalla conoide del Tartano e dal relativo sito di estrazione di materiale inerte. Le fasce di vegetazione perifluviale sono pressoché assenti a sinistra per la presenza della citata conoide mentre a destra si sviluppano sopra una porzione rocciosa.



Figura 9.18 Area di indagine Faun07\_2.





**Figura 9.19** Adda nei pressi dell'immissione del Tartano.



**Figura 9.20** Porzione a monte del Tartano, non campionabile.

### 9.8.3 Risultati dei campionamenti

Complessivamente sono stati censiti 385 individui appartenenti a sette specie, delle quali due (vairone e scazzone) sono di interesse per la conservazione a scala europea (Allegato II alla Direttiva Habitat).

Nel sito di indagine Faun01\_1 la comunità ittica (Tabella 9.13) è costituita in prevalenza da soggetti di trota fario, sia di ceppo atlantico (forma prevalente) che appenninico; entrambi i ceppi, presumibilmente non originari dell'arco alpino padano, sono oggetto di semina a scopo alieutico. Risultano inoltre presenti lo scazzone, il temolo, la trota iridea e il vairone. *Cottus gobio* e *Thymallus thymallus* alla data di rilievo risultano in periodo riproduttivo (già avviato per scazzone, imminente per temolo).

Tabella 9.13 Dati quantitativi sintetici relativi al sito Faun01\_1.

Specie	Individui (n.)	Peso totale (g)	Densità catturata (n./m <sup>2</sup> )	Biomassa catturata (g/m <sup>2</sup> )
Trota fario (Salmo trutta)	44	4752,0	0,0103	1,11
Scazzone (Cottus gobio)	10	149,0	0,0023	0,03
Trota fario appenninica (Salmo ghigii)	8	670,4	0,0019	0,16
Temolo (Thymallus thymallus)	5	1055,0	0,0012	0,25
Trota iridea (Oncorhynchus mykiss)	3	798,0	0,0007	0,19
Vairone (Leuciscus souffia muticellus)	1	2,0	0,0002	0,00
Totale	71	7426,4	0,0166	1,73

Nel sito di indagine Faun01\_2 la comunità ittica (Tabella 9.14) è costituita in prevalenza da soggetti di trota fario, sia di ceppo atlantico (forma prevalente) che appenninico; entrambi i ceppi, presumibilmente non originari dell'arco alpino padano, sono oggetto di semina a scopo alieutico. Risultano inoltre presenti due specie di interesse conservazionistico, entrambe inserite in Allegato II della direttiva Habitat, il vairone e lo scazzone. *Cottus gobio* alla data di rilievo è in periodo riproduttivo e numerose sono le femmine prossime a deporre.

Tabella 9.14 Dati quantitativi sintetici relativi al sito Faun01\_2.

Specie	Individui (n.)	Peso totale (g)	Densità catturata (n./m <sup>2</sup> )	Biomassa catturata (g/m <sup>2</sup> )
Trota fario ( <i>Salmo trutta</i> )	109	2.408,9	0,0649	1,43
Trota fario appenninica ( <i>Salmo ghigii</i> )	20	350,0	0,0119	0,21
Vairone ( <i>Leuciscus souffia muticellus</i> )	15	45,0	0,0089	0,03
Scazzone ( <i>Cottus gobio</i> )	12	230,4	0,0071	0,14
Totale	156	3.034,3	0,0929	1,81

Nel sito di indagine Faun07\_1 la comunità ittica (Tabella 9.15) è costituita in prevalenza da soggetti di trota fario, sia di ceppo atlantico (forma prevalente) che appenninico; entrambi i ceppi, presumibilmente non originari dell'arco alpino padano, sono oggetto di semina a scopo alieutico. Si rileva inoltre, per *Salmo trutta*, la presenza di individui 0+. Si segnala la presenza di una discreta popolazione di scazzone, di alcuni individui 1+ di temolo e di un soggetto ibrido di trota marmorata. *Cottus gobio* alla data di rilievo è in periodo riproduttivo.

Nel sito di indagine Faun07\_2 la comunità ittica (Tabella ) è costituita in prevalenza da soggetti di trota fario, sia di ceppo atlantico (forma prevalente) che appenninico; entrambi i ceppi, presumibilmente non originari dell'arco alpino padano, sono oggetto di semina a scopo alieutico. Si segnala inoltre la presenza di scazzone e di soggetti ibridi di trota marmorata.

Tabella 9.15 Dati quantitativi sintetici relativi al sito Faun07\_1.

Specie	Individui (n.)	Peso totale (g)	Densità catturata (n./m <sup>2</sup> )	Biomassa catturata (g/m <sup>2</sup> )
Trota fario ( <i>Salmo trutta</i> )	55	2123,0	0,0309	1,19
Scazzone ( <i>Cottus gobio</i> )	17	396,1	0,0096	0,22
Temolo ( <i>Thymallus thymallus</i> )	9	207,0	0,0051	0,12
Trota fario appenninica ( <i>Salmo ghigii</i> )	6	447,0	0,0034	0,25
Trota marmorata ibrido ( <i>S. marmoratus x S. trutta</i> )	1	81,6	0,0006	0,05
Totale	88	3254,7	0,0495	1,83

Tabella 9.16 Dati quantitativi sintetici relativi al sito Faun07\_2.

Specie	Individui (n.)	Peso totale (g)	Densità catturata (n./m <sup>2</sup> )	Biomassa catturata (g/m <sup>2</sup> )
Trota fario ( <i>Salmo trutta</i> )	54	2608,2	0,0511	2,47
Trota fario appenninica ( <i>Salmo ghigii</i> )	7	524,3	0,0066	0,50
Scazzone ( <i>Cottus gobio</i> )	6	40,2	0,0057	0,04
Trota marmorata ibrido ( <i>S. marmoratus x S. trutta</i> )	3	108,0	0,0028	0,10
Totale	70	3280,7	0,0663	3,11

## 9.9 Bibliografia

FERRY J. e FROCHOT B. 1970. L'avifaune nidificatrice d'une foret de chenes pédonculés en Bourgogne: étude de deux successions ecologiques. La Terre et la Vie, 153-250.

JÄRVINEN O. e R.A. VÄISÄNEN 1976. Finnish line transect census. Ornis Fennica, 53:115-118.

LLOYD M. e GHELARDI R.J., 1964. A table for calculating the "equitability" component of species diversity. J. Anim. Ecol. 33:217-225.

OELKE H. 1980. The bird structure of the central european spruce forest biome - as regarded for breeding bird censuses. Proc. VI Int. Conf. Bird Census Work Gottingen: 201-209.

PERONACE V., CECERE J.G., GUSTIN M. e RONDININI C., 2011. Nuova Lista Rossa 2011 degli Uccelli nidificanti in Italia. Avocetta, 36: 11-58.

SHANNON, C.E. e WIEVER, W., 1963. The mathematical theory of communication. Urbana University Press, Urbana, Illinois .

TURCEK F.J., 1956 - Zur Frage der Domina

## 10. Sistema informativo territoriale

Le attività di monitoraggio ambientale previste saranno volte a garantire che la costruzione dell'opera si realizzi secondo il criterio della minimizzazione dell'impatto ambientale e il rispetto degli equilibri paesaggistici e delle comunità locali. Il Web Tool a supporto del monitoraggio si pone l'obiettivo di rendere facilmente consultabili le informazioni raccolte nel corso dello stesso, anche ad un pubblico non esperto delle tematiche.

Il Sistema Informativo consente infatti la gestione delle informazioni e la condivisione delle stesse sia con gli enti di controllo che con gli stakeholder e il pubblico.

Di seguito sono indicate le caratteristiche essenziali del sistema:

- Accesso previa registrazione sulla base della tipologia di utente (Proprietà, Enti, Pubblico)
- Visualizzazione differenziata sulla base della tipologia di utente
- Accesso alle informazioni disponibili mediante un semplice web-browser (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Google Chrome)
- Visualizzazione dei prodotti del monitoraggio ambientale nelle varie fasi su base cartografica georeferenziata.

Il sistema prevede le seguenti funzionalità:

1. Modulo di autenticazione (user-id, password)
2. Visualizzazione su web-gis di un pallino/segnalibro con l'indicazione del punto di monitoraggio e della componente ambientale corrispondente. Possibilità di selezionare lo scenario di interesse: ante-operam, corso d'opera e post-operam.
3. Modulo di consultazione e download della scheda-dati di interesse (formato pdf o editabile a seconda della tipologia di utente connesso).