



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

SISTEMA TANGENZIALE DI LUCCA

Viabilità Est di Lucca comprendente i collegamenti tra Ponte a Moriano ed i caselli dell'autostrada A11 del Frizzone e di Lucca Est

PROGETTO PRELIMINARE

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Antonio VALENTE Ordine Ing. di Roma n. 20739		GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS Ing. Giuseppe Danilo MALGERI - Responsabile di Progetto Ing. Francesco BEZZI - Impianti Ing. Pier Giorgio D'ARMINI - Traffico e Benefici/Costi Ing. Gianfranco FUSANI - Strade Ing. Gabriele GIOVANNINI - Cartografia Ing. Alessandro MITA - Idraulica Ing. Enrico MITTIGA - Geotecnica Arch. Gianluca BONOLI - Strutture Arch. Roberto ROGGI - Sicurezza Geol. Stefano SERANGELI - Geologia Geom. Emiliano PAIELLA - Computi e Capitolati Geom. Carmelo ZEMA - Espropri ed Interferenze
IL GEOLOGO Dott. Geol. Francesca SCIUBBA Ordine Geol. del Lazio n. 1371		
I RESPONSABILI DEL S.I.A. Dott. Ing. Ginevra BERETTA Dott. Arch. Francesca Romana LETTO Ordine Ing. di Roma n. 20458 Ordine Arch. di Roma n. 15857		
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE Geom. Fabio QUONDAM		
VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Ing. Nicola DINNELLA		RESPONSABILI DI UNITA' INGEGNERIA: Ing. Fulvio Maria SOCCODATO - Ingegneria Territorio Ing. Alessandro MICHELI - Ingegneria Geotecnica e Impianti Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI - Ingegneria Opere Civili Geom. Fabio QUONDAM - Ingegneria Computi, Stime e Capitolati
PROTOCOLLO	DATA	

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

RELAZIONE

CODICE PROGETTO PROGETTO LIV. PROG. N. PROG. L0601A P 1201		NOME FILE T00_IA30_AMB_RE01_A.DWG		REVISIONE A	SCALA: R
CODICE ELAB.		T00IA30AMBRE01			
C					
B					
A	EMISSIONE	29/11/2012	Arch. F.R. letto	Ing. G. Beretta	Ing. F.M. Soccodato
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

STRUTTURA DELLO STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO

1. PREMESSA
2. PROTOCOLLO D'INTESA
3. DOCUMENTO PRELIMINARE ALL'AVVIO ALLA PROGETTAZIONE
4. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO NEL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO
5. INQUADRAMENTO D'AREA VASTA
6. OBIETTIVI E MOTIVAZIONE DELL'INTERVENTO
7. TEMPI DI ATTUAZIONE
8. STRUMENTI DI PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE
9. COERENZA DEL PROGETTO CON GLI OBIETTIVI DEI PIANI
10. ANALISI DEL SISTEMA VINCOLISTICO
11. BIBLIOGRAFIA E FONTI CONSULTATE

QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

1. OBIETTIVI E MOTIVAZIONE DELL'INTERVENTO
2. EVOLUZIONE DELLE PROPOSTE PROGETTUALI SUCCEDETESI NEL CORSO DEGLI ANNI
3. CRITICITA' E CONDIZIONAMENTI PER LA SCELTA DEI TRACCIATI DI PROGETTO
4. TRACCIATO PRESCELTO PER IL SISTEMA TANGENZIALE
5. LO STUDIO DEL TRAFFICO
7. ANALISI COSTI-BENEFICI
8. CANTIERIZZAZIONE

9. INTERVENTI DI MITIGAZIONE

10. AZIENDE A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE

11. BIBLIOGRAFIA E FONTI CONSULTATE

QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

1. COMPONENTE ATMOSFERA

2. COMPONENTE AMBIENTE IDRICO

3. COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO

4. COMPONENTE VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA

5. COMPONENTE ECOSISTEMI

6. COMPONENTI RUMORE E VIBRAZIONI

7. COMPONENTI VIBRAZIONI

8. COMPONENTE PAESAGGIO

9. COMPONENTE SALUTE PUBBLICA

10. INDICAZIONI PRELIMINARI PER IL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

11. BIBLIOGRAFIA E FONTI CONSULTATE

SINTESI NON TECNICA

INDICE

1	COMPONENTE ATMOSFERA.....	6	2.6.1	INTERFERENZA CON CORSI D'ACQUA.....	60
1.1	DESCRIZIONE DELLE SOSTANZE INQUINANTI.....	6	2.6.2	RISCHIO DI INQUINAMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI PER ACQUE DI PRIMA PIOGGIA E/O PER SVERSAMENTI ACCIDENTALI.....	60
1.1.1	MONOSSIDO DI CARBONIO	6	2.7	EFFETTI PREVISTI ED INDICAZIONI DI MITIGAZIONE	60
1.1.2	I COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (VOC)	7	3	COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO.....	63
1.1.3	OSSIDI DI AZOTO	8	3.1	INQUADRAMENTO GENERALE	63
1.1.4	OZONO.....	8	3.2	GEOMORFOLOGIA	63
1.1.5	BIOSSIDI DI ZOLFO.....	9	3.3	GEOLOGIA	64
1.1.6	COMPOSTI DEL PIOMBO.....	10	3.4	ESAME GEOLITOLOGICO DEL TRACCIATO	65
1.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	10	3.5	IDROGEOLOGIA	68
1.2.1	LE DIRETTIVE EUROPEE DI SETTORE.....	10	3.5.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	68
1.2.2	RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI.....	11	3.5.2	PERMEABILITÀ E VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	68
1.3	CARATTERISTICHE FISICHE DEI BASSI STRATI DELL'ATMOSFERA NELL'AREA DEL COMUNE DI LUCCA.....	13	3.5.3	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE LOCALI	69
1.3.1	CARATTERISTICHE A SCALA SINOTTICA E A MESOSCALA: LORO INTERAZIONE CON LA SCALA LOCALE	13	3.5.4	SOGGIACENZA DELLA FALDA.....	69
1.3.2	ANALISI DELLE CARATTERISTICHE DIFFUSIVE DEL BOUNDARY LAYER.....	15	3.6	CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE DEI TERRENI	69
1.3.3	CONCLUSIONI.....	24	3.7	CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE DEI SUOLI	71
1.4	SORGENTI EMISSIVE NELL'AREA LUCCHESE.....	25	3.8	ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE	73
1.4.1	EMISSIONI IN PROVINCIA DI LUCCA.....	25	3.9	TIPOLOGIE DI IMPATTO	74
1.4.2	EMISSIONI NEL COMUNE DI ALTOPASCIO.....	26	3.9.1	TRATTI ALL'APERTO	75
1.4.3	EMISSIONI NEL COMUNE DI CAPANNORI	28	3.9.2	TRATTI IN SOTTERRANEO	76
1.4.4	EMISSIONI NEL COMUNE DI LUCCA	29	3.10	EFFETTI PREVISTI ED INDICAZIONI DI MITIGAZIONE	76
1.4.5	EMISSIONI NEL COMUNE DI PORCARI	31	3.10.1	TRATTI ALL'APERTO	76
1.5	LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PIANA LUCCHESE.....	33	3.10.2	TRATTI IN SOTTERRANEO	77
1.6	I PAC (PIANO DI AZIONE COMUNALE) PRE IL RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	38	4	COMPONENTE VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA	78
2	COMPONENTE AMBIENTE IDRICO	53	4.1	METODOLOGIA DI ANALISI.....	78
2.1	INQUADRAMENTO GENERALE.....	53	4.2	VEGETAZIONE E FLORA	78
2.1.1	AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO	53	4.2.1	FITOClima E VEGETAZIONE POTENZIALI	78
2.2	IDROGRAFIA SUPERFICIALE	53	4.2.2	VEGETAZIONE ATTUALE.....	78
2.3	ANALISI METEO-CLIMATICA	55	4.2.3	LINEAMENTI DELLA FISIONOMIA DELLA VEGETAZIONE	80
2.4	QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI.....	56	4.3	FAUNA	80
2.5	ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE.....	58	4.3.1	COMPOSIZIONE DEI POPOLAMENTI FAUNISTICI.....	80
2.6	TIPOLOGIE DI IMPATTO.....	60	4.3.2	LA DISTRIBUZIONE DELLA FAUNA	82
				La Carta della Fauna	82
				Istituti del Piano Faunistico Venatorio.....	83
				Presenza di specie di particolare significato gestionale.....	85

4.4	ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE.....	87	7.1	PREMESSA	125
4.5.1	VEGETAZIONE E FLORA.....	93	7.2	QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO	125
4.5.2	FAUNA.....	93	8	COMPONENTE PAESAGGIO	127
5	COMPONENTE ECOSISTEMI.....	95	8.1	METODOLOGIA DI LAVORO	127
5.1	METODOLOGIA DI ANALISI	95	8.2	LETTURA DEL CONTESTO TERRITORIALE DI AREA VASTA	128
5.2	AREA DI STUDIO E STATO ATTUALE.....	95	8.3	IL CONTESTO PAESAGGISTICO DELL'AREA DI INTERVENTO.....	130
5.2.1	CORINE LAND COVER.....	96	8.3.1	PRINCIPALI CARATTERI ED ELEMENTI DEL PAESAGGIO	134
5.2.2	LE AREE NATURALI PROTETTE E NATURA 2000.....	97	8.4	VINCOLI PAESAGGISTICI	137
5.2.3	CARTA DEGLI ECOSISTEMI E DELLE AREE DI INTERESSE NATURALISTICO.....	102	8.5	CARATTERIZZAZIONE PERCETTIVA: STRUTTURE VISIVE ED AMBITI PERCETTIVI DEL PAESAGGIO.....	138
5.2.4	BIODIVERSITÀ.....	103	8.6	RAPPORTO OPERA – COMPONENTE PAESAGGIO.....	140
5.2.5	AREE SENSIBILI	104	9	COMPONENTE SALUTE PUBBLICA	141
5.2.6	LA SALVAGUARDIA DEGLI ECOSISTEMI.....	105	10	INDICAZIONI PRELIMINARI PER IL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE.....	143
5.2.7	CORRIDOI ECOLOGICI.....	105	10.1	COMPONENTE ATMOSFERA.....	143
5.3	IMPATTI POTENZIALI.....	106	10.2	COMPONENTE AMBIENTE IDRICO	145
5.4	TIPOLOGIE DI IMPATTO.....	109	10.2.1	IDRICO SUPERFICIALE.....	145
5.5	EFFETTI PREVISTI ED INDICAZIONI DI MITIGAZIONE.....	110	10.2.2	IDRICO SOTTERRANEO.....	147
6	COMPONENTE RUMORE	111	10.3	COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO.....	147
6.1	PREMESSA.....	111	10.3.1	SUOLO	148
6.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	112	10.3.2	SOTTOSUOLO.....	148
6.4	ANALISI LIMITI DI LEGGE	115	10.4	COMPONENTE VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA.....	149
6.5	DESCRIZIONE MODELLO SIMULAZIONE	117	10.5	COMPONENTE ECOSISTEMI	149
6.5.1	RUMORE STRADALE	117	10.6	COMPONENTE RUMORE.....	149
6.5.2	RUMORE FERROVIARIO	118	10.7	COMPONENTE VIBRAZIONI.....	150
6.5.3	ALTRE SORGENTI.....	119	10.8	PAESAGGIO.....	151
6.5.4	OROGRAFIA.....	119	10.9	MODALITA' DI GESTIONE DEI DATI DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE	152
6.6	VERIFICA DEL MODELLO DELLA STATO DI FATTO.....	119	11	BIBLIOGRAFIA	153
6.7	IMPATTO ACUSTICO NELLO STATO DI PROGETTO	120			
6.8	DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE.....	121			
6.8.1	ASFALTO BASSO EMISSIVO	121			
6.8.2	BARRIERE ACUSTICHE.....	121			
6.8.3	INTERVENTI SULLA SEZIONE STRADALE DEL CAVALCAFERROVIA LU-FI	121			
6.8.4	INTERVENTI DIRETTI SUI RICETTORI.....	121			
6.9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	124			
7	COMPONENTE VIBRAZIONI	125			

Allegato 1 – Componente Rumore: tabelle di output del modello di simulazione.

ALLEGATI GRAFICI	
TITOLO	SCALA
Atmosfera: concentrazioni NOx - stato attuale tav.1/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni NOx - stato attuale tav.2/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni PM10 - stato attuale tav.1/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni PM10 - stato attuale tav.2/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni C6H6 - stato attuale tav.1/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni C6H6 - stato attuale tav.2/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni NOx - opzione zero tav.1/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni NOx - opzione zero tav.2/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni PM10 - opzione zero tav.1/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni PM10 - opzione zero tav.2/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni C6H6 - opzione zero tav.1/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni C6H6 - opzione zero tav.2/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni NOx - post operam tav.1/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni NOx - post operam tav.2/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni PM10 - post operam tav.1/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni PM10 - post operam tav.2/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni C6H6 - post operam tav.1/2	1:10.000
Atmosfera: concentrazioni C6H6 - post operam tav.2/2	1:10.000
Atmosfera: Concentrazioni NO ₂ – Dettagli del confronto tra scenari tav. 1/1	1:5000
Atmosfera: Concentrazioni PM ₁₀ – Dettagli del confronto tra scenari tav. 1/1	1:5000
Atmosfera: Concentrazioni C ₆ H ₆ – Dettagli del confronto tra scenari tav. 1/1	1:5000
Carta del reticolo idrografico e dei ricettori delle acque di piattaforma tav.1/2	1:10.000
Carta del reticolo idrografico e dei ricettori delle acque di piattaforma tav.2/2	1:10.000
Carta geologico-geomorfologica	1:25.000
Carta idrogeologica	1:25.000
Carta della vulnerabilità degli acquiferi	1:25.000
Uso del Suolo tav.1/2	1:10.000
Uso del Suolo tav.2/2	1:10.000
Carta della vegetazione tav.1/2	1:10.000
Carta della vegetazione tav.2/2	1:10.000
Carta degli ecosistemi e delle aree di interesse naturalistico tav.1/2	1:10.000
Carta degli ecosistemi e delle aree di interesse naturalistico tav.2/2	1:10.000
Carta della fauna tav.1/2	1:10.000
Carta della fauna tav.2/2	1:10.000
Rapporto di misura dei rilievi acustici	VARIE
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.1/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.2/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.3/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.4/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.5/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.6/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.7/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.8/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.9/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.10/11	1:5.000
Rumore: Carta dei ricettori e delle postazioni di misura tav.11/11	1:5.000
Zonizzazione acustica tav.1/2	1:10.000
Zonizzazione acustica tav.2/2	1:10.000

Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.1/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.2/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.3/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.4/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.5/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.6/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.7/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.8/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.9/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.10/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - stato attuale tav.11/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.1/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.2/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.3/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.4/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.5/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.6/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.7/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.8/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.9/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.10/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - stato attuale tav.11/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.1/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.2/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.3/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.4/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.5/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.6/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.7/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.8/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.9/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.10/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - stato di progetto tav.11/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.1/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.2/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.3/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.4/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.5/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.6/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.7/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.8/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.9/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.10/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - stato di progetto tav.11/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.1/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.2/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.3/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.4/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.5/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.6/11	1:5.000

Rumore: Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.7/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.8/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.9/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.10/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico diurno - post mitigazione tav.11/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.1/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.2/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.3/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.4/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.5/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.6/11	1:5.000
Rumore: Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.7/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.8/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.9/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.10/11	1:5.000
Rumore - Carta del clima acustico notturno - post mitigazione tav.11/11	1:5.000
Rumore - Sezioni tipo	varie
Carta dell'assetto del paesaggio tav.1/2	1:10.000
Carta dell'assetto del paesaggio tav.2/2	1:10.000
Morfologia del paesaggio e percezione visiva	1:20.000
Fotosimulazioni – 1. Asse Nord-Sud: Area laghetti dei Lammari 2. Asse Nord-Sud: Cavalcaferrovia Lucca-Aulla	-
Fotosimulazioni – 1. Asse Ovest-Est: Acquedotto Nottolini 2. Asse Ovest-Est: Cavalcaferrovia Lucca-Firenze	-

1 COMPONENTE ATMOSFERA

1.1 DESCRIZIONE DELLE SOSTANZE INQUINANTI

Le condizioni che determinano l'inquinamento atmosferico variano, sia in funzione della qualità e della intensità delle sorgenti emmissive, sia per le diverse condizioni geografiche e meteorologiche che influenzano la dispersione degli inquinanti. La situazione meteorologica è determinante per l'accumulo o la dispersione. Infatti, le situazioni più critiche si determinano quando l'altezza dello strato di inversione termica (la temperatura decresce con l'altitudine fino ad un punto, detto punto di inversione, quindi cresce nuovamente) diminuisce e si ha calma di vento. In queste condizioni le dispersioni verticale e orizzontale sono entrambe minime e gli inquinanti possono raggiungere e superare le concentrazioni di soglia. Fattori geografici, quali ad esempio la presenza di monti intorno alla città, possono influire anch'essi sulla dispersione degli inquinanti. Fenomeni di abbassamento dello strato di inversione sono frequenti in ogni stagione ed una variazione di altezza si verifica anche con ritmo circadiano (abbassamento serale). Nel presente paragrafo sono illustrate le caratteristiche delle principali sostanze inquinanti.

1.1.1 MONOSSIDO DI CARBONIO

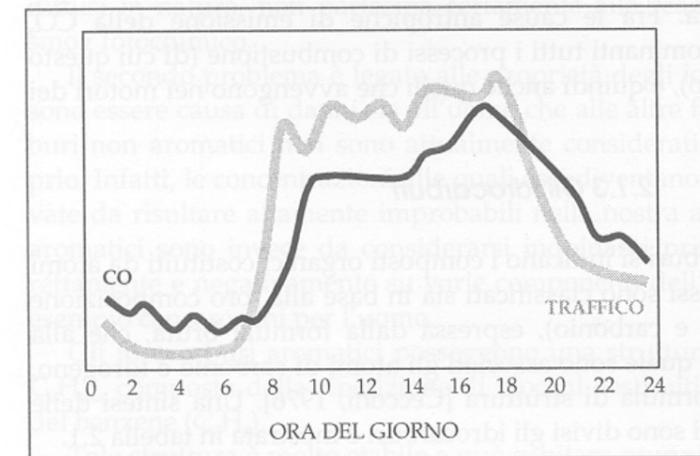
Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. Il CO è l'inquinante gassoso più abbondante in atmosfera, l'unico per il quale l'unità di misura con la quale si esprimono le concentrazioni è il milligrammo al metro cubo (mg/m^3). Si forma durante la combustione delle sostanze organiche, quando questa è incompleta per difetto di ossigeno. La quantità maggiore di questa specie è prodotta dagli autoveicoli e dall'industria (impianti siderurgici e raffinerie di petrolio). I motori Diesel, funzionando con maggiori quantità di aria, garantiscono una combustione più completa ed emettono minori quantità di CO rispetto ai motori a benzina (in compenso emettono più materiale particellare). Negli ultimi anni la quantità di CO emessa dagli scarichi degli autoveicoli è diminuita per il miglioramento dell'efficienza dei motori, per il controllo obbligatorio delle emissioni e per il crescente utilizzo delle marmitte catalitiche. Le emissioni naturali del monossido di carbonio comprendono l'ossidazione del metano e degli altri idrocarburi naturalmente emessi nell'atmosfera, l'emissione diretta dalle piante e l'attività microbica degli oceani. Le emissioni naturali e quelle antropiche di questa specie sono globalmente dello stesso ordine di grandezza.

Il ruolo del monossido di carbonio nella chimica troposferica delle aree industrializzate è di trascurabile importanza, data la scarsa reattività di questa molecola. Il tempo medio di residenza del CO in atmosfera

è di circa quattro mesi, e, quindi, questa specie può essere utilizzata come tracciante dell'andamento temporale degli inquinanti primari al livello del suolo.

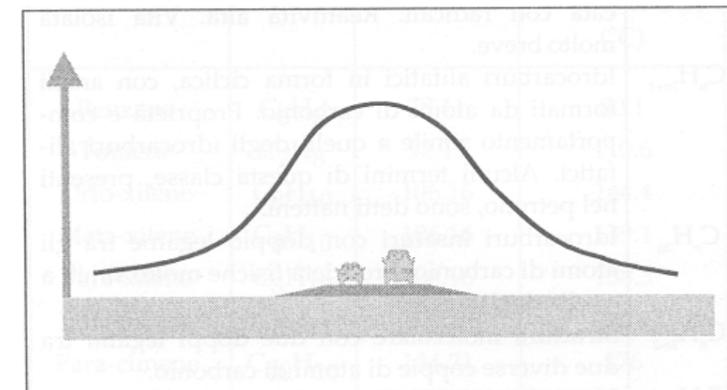
La presenza di monossido di carbonio nell'aria in corrispondenza di una strada è infatti notevolmente correlata al flusso di traffico relativo. Nella figura seguente si evidenzia come l'andamento delle concentrazioni di CO misurato nei pressi della sezione di una strada durante l'arco giornaliero è generalmente molto simile a quello dei flussi veicolari che la percorrono.

Fig. 1.1 – Concentrazione di CO in funzione del traffico.



Oltre a questo, il CO presenta una forte variabilità spaziale: in una strada isolata la sua concentrazione mostra di solito valori massimi nell'intorno dell'asse stradale e decresce molto rapidamente allontanandosi da esso, fino a diventare trascurabile a una distanza di alcune decine di metri, come illustrato nella figura seguente.

Fig. 1.2 – Variabilità spaziale di CO.



La presenza di monossido di carbonio nelle aree inquinate mostra anche una pronunciata variabilità in funzione delle condizioni atmosferiche ed è in particolare notevolmente influenzata dalla presenza del vento che tende a ridurne l'entità. A ragioni meteorologiche è riconducibile la variabilità stagionale del CO, caratterizzato da massimi nei periodi invernali e minimi nei periodi estivi.

Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili, mentre gli effetti sull'uomo sono particolarmente pericolosi. La sua pericolosità è dovuta alla formazione con l'emoglobina del sangue di un composto fisiologicamente inattivo, la carbossiemoglobina, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti: i primi sintomi dell'avvelenamento sono cefalea e vertigine. La morte sopravviene pertanto per asfissia. L'affinità del CO per l'emoglobina è di circa oltre 200 volte superiore a quella dell'ossigeno. A basse concentrazioni provoca emicranie, debolezza diffusa, giramenti di testa; a concentrazioni maggiori può provocare esiti letali. L'effetto del CO risulta maggiore in altitudine, per la ridotta percentuale di ossigeno nell'aria. In presenza di 1000 ppm si sopravvive circa 90 minuti. A causa del traffico automobilistico la popolazione urbana è spesso soggetta a lunghe esposizioni a basse concentrazioni. Quando nell'aria la concentrazione di CO è di 12-31 ppm si arriva al 2-5% di carbossiemoglobina e si manifestano i primi segni con aumento delle pulsazioni cardiache, aumento della frequenza respiratoria e disturbi psicomotori (nei guidatori di auto si allungano in modo pericoloso i tempi di reazione). A 100 ppm di esposizione per diverse ore (come nel caso di lunghe soste in gallerie stradali) compaiono vertigini, cefalea e senso generale di spossatezza, che possono essere seguiti da collasso. L'esposizione a monossido di carbonio comporta inoltre l'aggravamento delle malattie cardiovascolari, un peggioramento dello stato di salute nelle persone sane ed un aggravamento delle condizioni circolatorie in generale.

1.1.2 I COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (VOC)

Con il termine polveri atmosferiche, o materiale particolato, si intende l'insieme eterogeneo di particelle solide e liquide che, a causa delle ridotte dimensioni, tendono a rimanere sospese in aria per tempi più o meno lunghi. Le caratteristiche dimensionali, morfologiche e chimiche delle particelle possono variare anche sensibilmente in funzione delle sorgenti e dei fenomeni di trasporto e trasformazione. Hanno dimensioni comprese tra 0,005µm e 50-150µm ed una composizione costituita da una miscela di elementi quali: carbonio (organico ed elementare), fibre tessili naturali ed artificiali, silice, metalli (ferro, rame, piombo, nichel, cadmio), nitrati, solfati, composti organici (idrocarburi, acidi organici, I.P.A.), materiale inerte (frammenti di suolo, spore, pollini), ecc.

L'insieme delle particelle sospese in atmosfera sono definite con vari termini, tra i quali i più usati sono: PTS (Polveri Totali Sospese) o TSP (Total Suspended Particles) o PM (Particulate Matter).

Il particolato atmosferico è un inquinante che ha origine sia per emissione diretta (particelle primarie) che per reazioni chimico-fisiche in atmosfera da precursori gassosi, quali ossidi di azoto e di zolfo, ammoniaca, composti organici (particelle secondarie). Alcune particelle sono di dimensioni tali da essere visibili, come la fuliggine o il fumo, altre possono essere viste solo al microscopio ottico o elettronico. Le sorgenti del particolato atmosferico possono essere antropiche e naturali. Le più importanti fonti antropiche sono: traffico veicolare (processi di combustione di benzina e gasolio, degrado pneumatici e marmitte, abrasione dell'asfalto, logorio freni, movimentazione del materiale depositato al suolo), combustione di combustibili fossili (centrali termoelettriche, riscaldamento civile), legno, rifiuti, processi industriali (cementifici, fonderie, miniere), combustione di residui agricoli, cave e miniere a cielo aperto. Le fonti naturali, invece, sono sostanzialmente: aerosol marino, erosione del suolo e delle rocce ed in generale materiale inorganico prodotto da agenti naturali (vento e pioggia), aerosol biogenico (spore, polline e frammenti vegetali), virus, batteri, incendi boschivi, emissioni vulcaniche.

Esistono differenti metodi di classificazione del particolato atmosferico. Quello più usato prevede la suddivisione delle polveri in "classi" in funzione della dimensione delle particelle (misurata in micrometri, µm) e la quantificazione della loro presenza in aria in termini di concentrazione (espressa in µg/m³). Sulla base delle dimensioni, si possono distinguere le seguenti categorie: il particolato grossolano con diametro superiore a 10µm; il particolato fine con diametro inferiore a 10µm (PM₁₀); il particolato finissimo con diametro inferiore a 2.5µm (PM_{2,5}), che costituisce circa il 60% del PM₁₀; ed il particolato ultrafine con diametro inferiore ad 1µm (PM₁).

Scendendo ancora di diametro, all'interno del particolato ultrafine ricadono le cosiddette nanopolveri, che sono polveri con un diametro compreso fra 2 e 100nm.

Il rischio sanitario legato alle sostanze presenti in forma di particelle sospese nell'aria dipende, oltre che dalla loro concentrazione, anche dalla dimensione delle particelle stesse. Le particelle con diametro superiore ai 10µm si fermano nelle prime vie respiratorie (cavità nasali, faringe e laringe) generando vari effetti irritativi come l'infiammazione e la secchezza del naso e della gola, mentre le particelle con diametro inferiore a 10µm penetrano nel sistema respiratorio a varie profondità fino a raggiungere gli alveoli polmonari e possono trascorrere lunghi periodi di tempo prima che vengano rimosse, per questo sono le più pericolose. Queste polveri aggravano le malattie respiratorie croniche come l'asma, la bronchite e l'enfisema, ma anche le malattie cardio-circolatorie. Le persone più vulnerabili sono gli anziani, gli asmatici, i bambini e chi svolge un'intensa attività fisica all'aperto, sia di tipo lavorativo che sportivo.

1.1.3 OSSIDI DI AZOTO

Con la terminologia "ossidi di azoto", dal punto di vista chimico, si intende la serie di composti binari fra azoto e ossigeno nei vari stati di ossidazione. Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di ossidi di azoto, per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria, si fa quasi esclusivamente riferimento al termine generico NO_x che identifica la somma delle due specie chimiche monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO_2). Questi due ossidi sono raggruppati insieme poiché la maggior parte del biossido presente in atmosfera proviene dalla rapida conversione del monossido e, per tale motivo, tutte le emissioni di NO_x vengono espresse e convertite in equivalenti di biossido di azoto.

Le più grandi quantità di ossidi di azoto vengono emesse da sorgenti antropiche come il traffico veicolare, le fonti energetiche, le fonti industriali, commerciali e residenziali che comunque si basano su processi di combustione. Gli ossidi di azoto possono anche essere emessi da processi naturali come fulmini, incendi, emissioni vulcaniche, attività batteriche del suolo, l'irradiazione solare diurna e l'iniezione verticale dalla stratosfera.

Il monossido di azoto è un gas incolore ed inodore che si forma in tutti i processi di combustione che avvengono in aria e ad elevata temperatura (> 1210 °C) per reazione diretta tra azoto (N_2) e ossigeno (O_2). La tossicità del monossido di azoto è limitata e per tale motivo le norme vigenti non pongono per esso limiti di concentrazione nell'aria.

Nei processi di combustione si forma anche una piccola parte di biossido di azoto (circa il 5%). Il biossido di azoto è un gas tossico di colore rosso-bruno, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Questo ultimo è considerato un inquinante secondario perché deriva principalmente dall'ossidazione in atmosfera del monossido di azoto da parte di ossidanti quali ozono (O_3) e perossiradicali (HO_2 e RO_2). Il ben noto colore rosso-marrone delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto per l'appunto al biossido di azoto per la sua capacità di assorbire la luce visibile a lunghezze d'onda minori di 430 nm.

Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e sono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche.

I maggiori fenomeni di inquinamento da ossidi di azoto si verificano d'inverno, in coincidenza con giornate fredde e stabilità atmosferica che favoriscono l'accumulo di questi inquinanti ed in particolare nelle ore in cui il traffico raggiunge i massimi livelli.

Per ciò che concerne gli effetti sulla salute, il biossido d'azoto è circa quattro volte più tossico del monossido d'azoto. L' NO_2 è un gas irritante per gli occhi e per le mucose nasali e può contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni polmonari, bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare. Come il monossido di carbonio (CO) anche l' NO_2 , introdotto nell'organismo attraverso il

processo respiratorio alveolare, si combina con l'emoglobina, modificandone le proprietà chimiche e fisiologiche dando luogo a formazione di metaemoglobina. Questa ultima molecola non è più in grado di trasportare l'ossigeno (ruolo che è proprio dell'emoglobina).

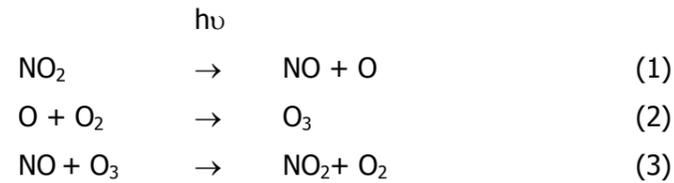
1.1.4 OZONO

L'ozono è un gas altamente reattivo, di odore pungente e di colore blu, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno; queste molecole si scindono facilmente liberando ossigeno molecolare ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo. Per queste sue caratteristiche l'ozono è quindi un energico ossidante in grado di demolire sia materiali organici che inorganici.

L'ozono è presente per più del 90% nella stratosfera (la fascia dell'atmosfera che va dai 10 ai 50 km di altezza) dove viene prodotto dall'ossigeno molecolare per azione dei raggi ultravioletti solari. La quantità di ozono presente nella stratosfera viene mantenuta costante, se non intervengono altri fattori, mediante un equilibrio dinamico tra la reazione di formazione e quella di fotolisi. La formazione predomina ad un'altitudine superiore ai 30 km, dove la radiazione UV avente lunghezza d'onda inferiore ai 242 nm dissocia l'ossigeno molecolare, largamente presente, in ossigeno atomico; questo si combina rapidamente con un'altra molecola di ossigeno a formare la molecola triatomica dell'ozono. L'effetto netto della reazione è la conversione di tre molecole di ossigeno in due molecole di ozono. L'ozono così formato assorbe a sua volta la radiazione solare di lunghezza d'onda compresa tra i 240 e 320 nm, subendo fotolisi e dando luogo ad una molecola ed un atomo di ossigeno. Questo assorbimento della radiazione solare nella stratosfera costituisce l'importante effetto di schermare la terra da più del 90% delle radiazioni UV dannose per la vita sul nostro pianeta.

L'ozono troposferico è presente esclusivamente per il ridotto scambio atmosferico fra troposfera e stratosfera e per la formazione di ozono a partire da inquinanti atmosferici primari. Infatti, per effetto della circolazione atmosferica, l'ozono viene in piccola parte trasportato anche negli strati più bassi dell'atmosfera (troposfera che va dai 0 a 10 km di altezza), nei quali si forma anche per effetto di scariche elettriche durante i temporali.

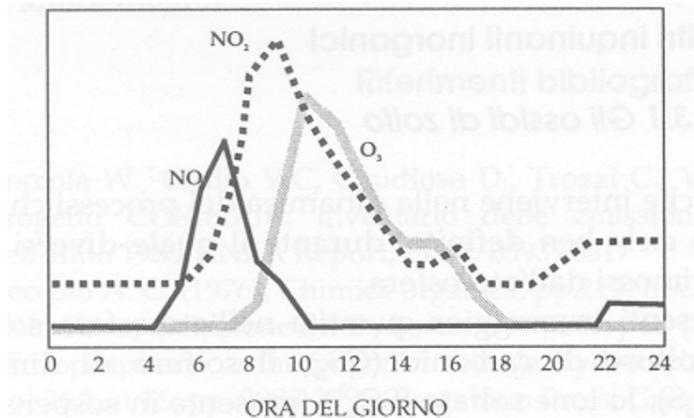
Nella troposfera in genere l'ozono è presente a basse concentrazioni e rappresenta un inquinante secondario ed è, in particolare nelle immediate vicinanze della superficie terrestre, un componente dello "smog fotochimico" che si origina soprattutto nei mesi estivi in concomitanza di un intenso irraggiamento solare e di un'elevata temperatura. Infatti, l'ozono non ha sorgenti dirette, ma si forma all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche che coinvolgono in particolare gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili. Infatti, nella troposfera la sorgente principale di ozono è rappresentata dall'ossigeno atomico proveniente dalla fotolisi del biossido di azoto.



La produzione di ozono da parte dell'uomo è, quindi, indiretta dato che questo gas si origina a partire da molti inquinanti primari. Per estensione si può, quindi, affermare che le principali sorgenti antropiche risultano essere quelle che liberano gli inquinanti precursori e cioè il traffico veicolare, i processi di combustione, l'evaporazione dei carburanti, i solventi. Di conseguenza, è da sottolineare che la concentrazione dell'ozono troposferico varia a seconda della zona geografica considerata, dell'ora, del periodo dell'anno, delle condizioni climatiche, della direzione e velocità del vento, del grado di inquinamento primario.

L'evoluzione giornaliera in aree ad elevato traffico stradale delle concentrazioni di ozono e delle specie chimiche coinvolte nella sua formazione è mostrata nella figura sottostante.

Fig. 1.3 – Evoluzione giornaliera delle concentrazioni di O₃.

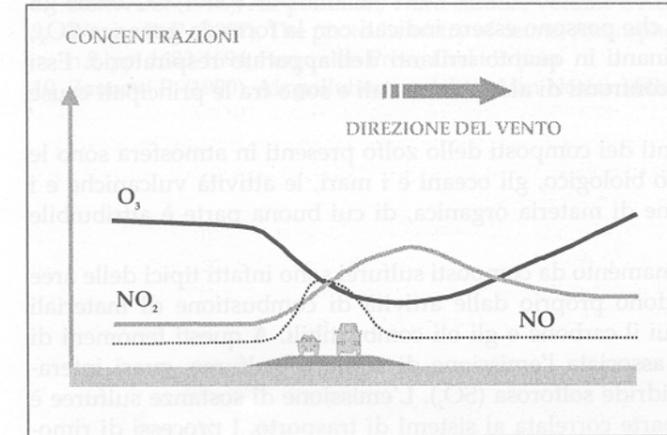


Nelle prime ore della giornata si ha il massimo di concentrazione di NO prodotto dalla punta mattutina di traffico. NO viene convertito in NO₂ in un periodo di qualche ora; mentre la formazione di O₃ inizia soltanto quando il processo di formazione di NO₂ si avvicina a completamento. A questo punto la concentrazione di ozono cresce molto rapidamente nel tempo raggiungendo il suo massimo in tarda mattinata o nel primo pomeriggio e cominciando poi a diminuire.

A causa del fatto che la reazione (3) ostacola la coesistenza di grandi concentrazioni di NO e O₃, le concentrazioni di ozono tendono ad essere basse in presenza di sorgenti di emissione di monossido di

azoto. Questa è la ragione per cui l'entità di ozono è solitamente bassa nei pressi di forti flussi di traffico anche se può essere notevole nelle immediate vicinanze.

Fig. 1.4– Andamento qualitativo delle concentrazioni di NO, NO₂ e O₃ in una sezione stradale.



La molecola dell'ozono è estremamente reattiva, in grado di ossidare numerosi componenti cellulari, fra i quali amminoacidi, proteine e lipidi. A concentrazioni di ozono pari a 0.1 ppm si manifestano effetti di irritazione agli occhi ed alla gola per la sua azione nei confronti delle mucose. Concentrazioni più elevate causano irritazioni all'apparato respiratorio, tosse ed un senso di oppressione al torace che rende difficoltosa la respirazione. I soggetti più sensibili, come gli asmatici e gli anziani possono essere soggetti ad attacchi di asma anche a basse concentrazioni. Alla concentrazione di 1 ppm provoca mal di testa e a 1.7 ppm può produrre edema polmonare.

1.1.5 BIOSSIDI DI ZOLFO

L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse. Rappresenta l'inquinante atmosferico per eccellenza essendo il più diffuso, uno dei più aggressivi e pericolosi e di gran lunga quello più studiato ed emesso in maggior quantità dalle sorgenti antropiche.

Il biossido di zolfo si forma per reazione tra lo zolfo contenuto in alcuni combustibili fossili e l'ossigeno atmosferico. L'emissione del biossido di zolfo deriva dal riscaldamento domestico, dai motori alimentati a gasolio o diesel, dagli impianti per la produzione di energia, ed in generale dai processi di combustione che utilizzano combustibili di tipo fossile (carbone, gasolio, olio combustibile) contenenti piccole percentuali di zolfo. Rilevanti sono anche le emissioni nei processi di produzione dell'acido solforico, nella lavorazione di molte materie plastiche, nella desolforazione dei gas naturali, nell'arrostimento delle piriti,

nell'incenerimento dei rifiuti; l'apporto inquinante dato dalle emissioni dei mezzi di trasporto appare invece trascurabile. Infatti, le emissioni di biossido di zolfo sono sensibilmente diminuite fin dagli anni '80, grazie alla legislazione che impone sempre più bassi tenori di zolfo nei combustibili e alla penetrazione del gas naturale, che di zolfo è praticamente privo. Ciò ha ridotto sensibilmente le emissioni di SO₂ dalle piccole e medie fonti di emissione (inclusi i trasporti), per cui la principale fonte di emissione sono attualmente i grandi impianti di combustione (centrali termoelettriche non alimentate con metano e altri impianti). Le emissioni naturali di biossido di zolfo sono principalmente dovute alle attività vulcaniche.

Una volta emesso in atmosfera, l'SO₂ si ossida ad acido solforico e solfati, formando un aerosol spesso associato con altri inquinanti in particelle solide o liquide, ed è all'origine del fenomeno di inquinamento transfrontaliero noto con il nome di precipitazioni acide. Infatti, il biossido di zolfo permane in atmosfera per 1-4 giorni.

Per l'elevata solubilità in acqua il biossido di zolfo viene facilmente assorbito dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio. L'alta reattività lo rende un composto estremamente irritante. E' stato comunque notato un effetto irritante sinergico con le polveri sospese per la capacità che queste hanno di veicolare gli inquinanti nelle zone più profonde dell'apparato respiratorio. A basse concentrazioni gli effetti del biossido di zolfo sono principalmente legati a patologie dell'apparato respiratorio come bronchiti, asma e tracheiti e ad irritazioni della pelle, degli occhi e delle mucose.

1.1.6 COMPOSTI DEL PIOMBO

Il piombo è un metallo pesante dagli effetti tossici per l'uomo. La principale causa della presenza di composti del piombo nell'atmosfera è di tipo antropico e deriva dalla combustione, nei mezzi di trasporto, di benzine contenenti alcuni composti del piombo con funzioni antidetonanti.

1.2 **QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO**

1.2.1 LE DIRETTIVE EUROPEE DI SETTORE

Fino all'11.06.2010, il principale riferimento europeo in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente è stato costituito dalla Direttiva europea 96/62/CE ovvero Direttiva Quadro sulla qualità dell'aria ambiente. Essa fissava i principi generali, ripresi a livello nazionale dal D. Lgs n. 351 del 4 Agosto 1999, relativi ai seguenti adempimenti:

- la valutazione della qualità dell'aria ambiente e la zonizzazione del territorio degli Stati membri;

- l'adozione delle misure da adottare in relazione ai regimi di concentrazione valutati sull'intero territorio di ogni Stato membro;
- l'informazione da fornire al pubblico;

La Direttiva Quadro demandava a Direttive successive, le cosiddette Direttive "figlie", la definizione di valori limite, valori bersaglio e obiettivi a lungo termine della qualità dell'aria, nonché di standard specifici per la protezione della vegetazione, per i seguenti inquinanti atmosferici: biossido di zolfo, biossido e ossidi di azoto, PM₁₀, piombo, ozono, benzene, monossido di carbonio, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), cadmio, arsenico, nichel e mercurio.

Di seguito si riporta l'elenco delle Direttive figlie derivate:

- I:99/30/CE SO₂ NO_x PM₁₀ Pb
- II: 2000/69/CE Benzene, CO
- III: 2002/3/CE O₃
- IV: 2004/107/CE: IPA, cadmio; arsenico; nichel; mercurio

Il 21 maggio 2008 è stata emanata la Direttiva 2008/50/CE secondo la quale, ai fini della tutela della salute umana e dell'ambiente nel suo complesso, è particolarmente importante combattere alla fonte l'emissione di inquinanti, nonché individuare e attuare le più efficaci misure di riduzione delle emissioni a livello locale, nazionale e comunitario. È opportuno pertanto evitare, prevenire o ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici nocivi e definire adeguati obiettivi per la qualità dell'aria ambiente che tengano conto delle pertinenti norme, orientamenti e programmi dell'Organizzazione mondiale della sanità. Secondo tale Direttiva: la direttiva 96/62/CE del Consiglio del 27 settembre 1996 in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente e le direttive da essa derivate; la direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo; la direttiva 2000/69/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 novembre 2000 concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente, la direttiva 2002/3/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2002 relativa all'ozono nell'aria e la decisione 97/101/CE del Consiglio del 27 gennaio 1997 che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri devono essere modificate sostanzialmente per incorporarvi gli ultimi sviluppi in campo scientifico e sanitario e le esperienze più recenti degli Stati membri. A decorrere dall'11 giugno 2010, secondo quanto riportato all'articolo 31 della Direttiva 2008/50/CE, le Direttive 96/62/CE, 1999/30/CE, 2000/69/CE e 2002/3/CE sono state abrogate, "fatti salvi gli obblighi degli Stati membri riguardanti i termini per il recepimento o dall'applicazione delle suddette direttive". Riguardo alla Decisione 97/101/CE, invece, la direttiva si

esprime nei seguenti termini: "la decisione 97/101/Ce è abrogata con effetto dalla fine del secondo anno civile successivo all'entrata in vigore delle disposizioni di attuazione di cui all'articolo 28, paragrafo 2 della presente direttiva". Pertanto, attualmente la decisione 97/101/CE risulta abrogata. La direttiva 2004/107/CE, invece, è stata modificata dal Regolamento n. 219/2009 del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 marzo 2009.

1.2.2 RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI

La normativa italiana in materia di qualità dell'aria si è basata fino al 30 settembre 2010, data di pubblicazione del Decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, attuativo della Direttiva 2008/50/CE, sui seguenti riferimenti legislativi:

- DPCM n. 30 del 28.3.1983: "Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativa agli inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno".
- DPR n. 203 del 24.5.1988: "Attuazione delle Direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360, e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotti dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della L. 183 del 16.4.1987.
- DM Ambiente 6.05.1992: "Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio".
- D.M.A. 12.11.1992: "Criteri generali per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico nelle grandi zone urbane e disposizioni per il miglioramento della qualità dell'aria".
- DM 15.04.1994: "Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane, ai sensi degli articoli 3 e 4 del DPR 24 maggio 1988, n. 203, e dell'art. 9 del DM. 20 maggio 1991".
- D.M.A. 25.11.1994: " Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di attenzione e di allarme per gli inquinamenti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti di cui al decreto ministeriale 15 aprile 1994.
- D.M. 21.04.1999, n.163: "Regolamento recante norme per l'individuazione dei criteri ambientali e sanitari in base ai quali i sindaci adottano le misure di limitazione della circolazione".
- D.L. 4.08.1999, n.351: "Attuazione della direttiva CEE in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente".
- D.M. 2 aprile 2002, n.60: "Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio".

- D.M. 1 ottobre 2002, n.261: "Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351".

Il D.Lgs 13 agosto 2010, n. 155, recependo la Direttiva 2008/50/CE, riordina completamente la normativa in materia di gestione e tutela della qualità dell'aria abrogando i riferimenti legislativi precedentemente elencati.

Nella tab.1.1 seguente sono riportati per ogni inquinante i valori normati.

Tab.1.1 - Valori di concentrazione stabiliti dal D.Lgs.13 agosto 2010 n. 155.

	S ₀		P ₀		PM ₁₀	PM _{2.5}	PM ₁₀	PM ₁₀	PM ₁₀	As	Od	PM ₁₀	PM ₁₀
	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione
aerodiffusibili	1 ora	1 giorno	1 ora	anno civile		anno civile	anno civile	media massima giornaliera calcolata su 8 h	1 giorno	anno civile	anno civile		
	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno	40 µg/m ³		5 µg/m ³	0.5 µg/m ³	10 mg/m ³	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile	40 µg/m ³	25 µg/m ³		
particolato primario prodotto dalla combustione	anno civile	invernale (1° ottobre-21 marzo)		anno civile									
	20 µg/m ³	20 µg/m ³		30 µg/m ³									
sostanze da tarare	3 ore consecutive		3 ore consecutive								1 ora		
	500 µg/m ³		400 µg/m ³								240 µg/m ³		
sostanze da inerare											1 ora		
											180 µg/m ³		
aerodiffusibili										anno civile	1 ora	anno civile	anno civile
										25 µg/m ³	120 µg/m ³	6 ng/m ^{3*}	5 ng/m ^{3*}
											20 ng/m ^{3*}	1 ng/m ^{3*}	

* Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su anno civile.

1.3 CARATTERISTICHE FISICHE DEI BASSI STRATI DELL'ATMOSFERA NELL'AREA DEL COMUNE DI LUCCA

Dopo aver delineato brevemente la climatologia dell'area toscana in relazione ai problemi di inquinamento atmosferico, in questo studio si analizzano le caratteristiche diffusive del boundary layer sulla zona di Lucca così come si evincono da statistiche derivanti da misure e osservazioni al suolo nella vicina stazione di Pisa nel periodo dal 1951 al 1991. Dallo studio, in cui si riportano anche i dati climatici diffusivi che consentono di effettuare simulazioni con modelli di dispersione, si traggono conclusioni rilevanti per la caratterizzazione dei bassi strati dell'atmosfera sul tratto di interesse e per le conseguenze relative ai fenomeni di dispersione o accumulo di inquinanti.

Come noto, la conoscenza dettagliata delle caratteristiche fisiche dei bassi strati dell'atmosfera, unita ad informazioni sulle emissioni e sulle reazioni chimiche intercorrenti tra i vari inquinanti, è un elemento basilare per comprendere e prevedere fenomeni di inquinamento atmosferico. In questo senso, l'analisi statistica di dati meteorologici relativi al boundary layer consente proprio di cogliere le caratteristiche diffusive medie dell'atmosfera su una porzione di territorio di interesse, permettendo di inferire la propensione o meno all'accumulo di inquinanti in determinate situazioni ricorrenti sulla zona stessa.

Nello studio qui proposto, questa analisi statistica viene effettuata dapprima considerando brevemente le caratteristiche dei moti atmosferici a varie scale nell'area toscana, in particolare sul tratto collinare appenninico situato a poche decine di Km dal litorale, poi analizzando con più dettaglio dati statistici relativi a 41 anni di misure e osservazioni al suolo nella stazione meteorologica del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica di Pisa, con particolare riferimento a direzione/velocità del vento e classi di stabilità.

Tutto ciò consente di trarre conclusioni sulle caratteristiche fisico-meteorologiche medie diurne e notturne in tutte le stagioni e, come conseguenza, sulla propensione o meno ad episodi di inquinamento atmosferico primario o secondario sul versante tirrenico toscano e più specificatamente sulla zona di interesse.

1.3.1 CARATTERISTICHE A SCALA SINOTTICA E A MESOSCALA: LORO INTERAZIONE CON LA SCALA LOCALE

A nostra conoscenza, le caratteristiche meteo-climatiche del versante tirrenico toscano non sono state specificatamente analizzate in lavori scientifici. In alcuni articoli, tuttavia, si è posta l'attenzione sui cambiamenti climatici degli ultimi decenni anche relativamente al settore centro-settentrionale del versante occidentale della penisola italiana, di cui la regione Toscana fa parte, con particolare riferimento

ai trend climatici di temperatura e precipitazione¹. In questo contesto, si inquadrerà il clima del litorale toscano e delle zone collinari ad esso immediatamente adiacenti all'interno della circolazione mediterranea e dei fenomeni ad essa correlati, come si evincono da analisi a più grande scala² e da considerazioni di climatologia a mesoscala e a carattere locale.

Come noto, i moti a grande scala, che coinvolgono spostamenti di masse d'aria di caratteristiche termodinamiche diverse su distanze di migliaia di Km, sono i responsabili del ricambio completo di aria su vaste zone. La loro azione viene ovviamente influenzata dalla struttura del territorio a mesoscala (poche centinaia di Km). I moti e i processi a queste scale spaziali rappresentano il termine forzante per i cambiamenti dell'aria su un determinato sito sulla scala temporale di alcuni giorni. Essi tuttavia interagiscono fortemente con altri moti e processi a scala locale (decine di Km). Al limite, nel caso di condizioni pressoché stazionarie a grande scala, i moti e i processi a scala locale diventano dominanti per stabilire le caratteristiche fisiche dei bassi strati dell'atmosfera sul sito di interesse.

Ebbene, il versante tirrenico dell'Italia centrale e la Toscana in particolare sono dominati dalla circolazione a grande scala nel bacino del Mediterraneo. Questi moti a scala sinottica sono guidati dal posizionamento di centri di azione a carattere globale come l'anticiclone dinamico delle Azzorre, quello termico siberiano, la depressione di Islanda e infine quella sahariana, la cui influenza pure si risente in alcuni casi alle latitudini di interesse. Nel periodo che va dall'autunno alla primavera, il posizionamento di questi centri di azione permette l'ingresso sull'area di interesse di depressioni, di volta in volta con un tragitto differente, il che regola la presenza di precipitazioni e la rotazione dei venti in loco. Nel restante periodo dell'anno, quando mediamente sono più frequenti i casi di presenza di un campo di pressioni alte e livellate sulla Toscana con precipitazioni più scarse, diventano più importanti gli effetti dovuti alla scala locale, dove il mare rappresenta ovviamente l'elemento forzante.

Tra i venti originati sulla Toscana da configurazioni bariche a scala sinottica e a mesoscala, particolarmente tipico di questa regione è il Libeccio, vento proveniente da sud-ovest associato a mareggiate lungo il litorale tirrenico e portatore di nuvolosità e precipitazioni che, a causa dell'ascesa forzata di aria sui rilievi dell'Appennino toscano, possono assumere anche carattere di forte intensità, con sviluppo frequente di nuvolosità e precipitazioni convettive. Tale vento, essendo tipico del bordo sud-

¹ Si vedano, ad esempio: E. Piervitali, M. Colacino e M. Conte (2001), Signals of Climatic Change in the Central-Western Mediterranean Basin, *Theor. Appl. Clim.* 58, 211-219; M. Brunetti, M. Colacino, M. Maugeri e T. Nanni (2001), Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996, *Int. J. Clim.* 21, 299-316

² Si vedano: Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, *Atlante climatico d'Italia* (in stampa); M. Giuliacci, S. Abelli e G. Dipierro (2001), *Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio*, Alpha Test edizioni.

orientale di una depressione, si origina ogni qual volta un minimo barico si sviluppa e si muove nel Mediterraneo da ovest ad est. Sulla Toscana (e sul levante ligure), tuttavia, il Libeccio è più frequente che su altre zone della penisola a causa del fenomeno della cosiddetta "ciclogenesi sul Golfo ligure", la creazione di un minimo barico sul Mar Ligure dovuto essenzialmente all'influsso della particolare configurazione orografica dell'arco alpino occidentale sui movimenti del fluido atmosferico.

Le situazioni di transito di minimi barici o di ciclogenesi sul Golfo ligure sono ovviamente meno frequenti in estate rispetto alle altre stagioni dell'anno. A differenza di altri venti che, come vedremo, interessano solo le zone costiere della Toscana, il Libeccio investe anche tutto il crinale tirrenico dell'Appennino toscano-emiliano, apportando notevole turbolenza meccanica (con venti solitamente superiori agli 8 nodi) ed un ricambio completo di aria, anche con frequenti precipitazioni. Ovviamente, tutte queste caratteristiche consentono di considerare il Libeccio come un vento benefico dal punto di vista ambientale e della dispersione degli inquinanti.

La particolare configurazione orografica degli Appennini fa sì che altri venti, come lo Scirocco, che pure investono talvolta il litorale toscano, raggiungano raramente le zone più interne, come quella di interesse. Il Maestrone, poi, a causa della già citata configurazione orografica delle Alpi occidentali insieme al fenomeno della ciclogenesi sul Golfo ligure, raramente interessa le zone interne della Toscana. Infine, il fatto che l'area di interesse della Piana Lucchese si trovi sul versante tirrenico della penisola, la preserva dall'essere colpita da forti venti da est o nord-est. Tuttavia, un'analisi sinottica delle carte di pressione al suolo mediate sugli ultimi 20 anni³ riportate nelle fig.1.5-1.6, mostrano come in autunno e in inverno la configurazione barica media favorisca il provenire dei venti da est sulla zona di interesse⁴. In generale, comunque, ci si aspetta che tali venti siano mediamente più deboli dei casi di Libeccio discussi più sopra. Nelle altre stagioni le mappe analoghe (non riportate) mostrano un gradiente medio di pressione più lasco che non permette di individuare una direzione prevalente di origine sinottica.

Fig.1.5 – Medie delle pressioni atmosferiche s.l.m. mediate sugli ultimi 20 anni (autunno).

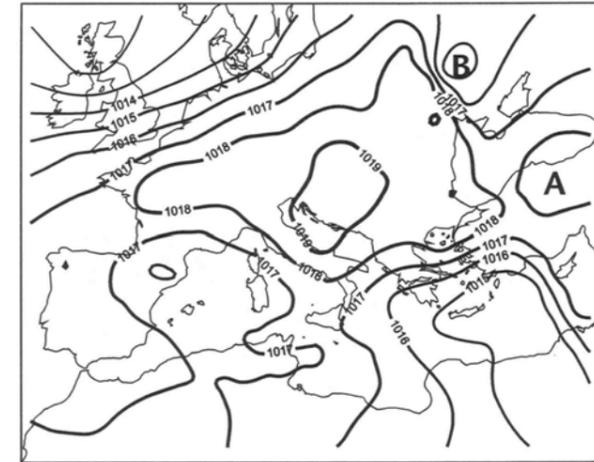
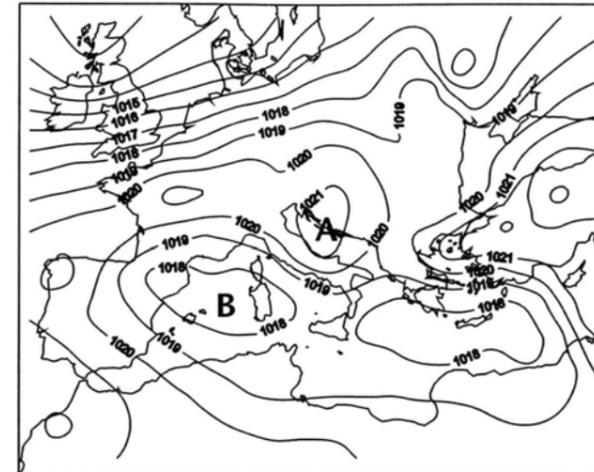


Fig.1.6 – Medie delle pressioni atmosferiche s.l.m. mediate sugli ultimi 20 anni (inverno).



In primavera inoltrata e in estate, quando la circolazione a grande scala è mediamente debole, il fenomeno più significativo è ovviamente quello delle brezze dovute al riscaldamento differenziale di mare e superficie terrestre. Tali brezze si estrinsecano in venti mediamente da W-SW che di giorno si spingono per alcune decine di Km all'interno, dunque anche a Lucca. Ovviamente, di notte la direzione di provenienza si inverte.

³ M. Giuliacci, S. Abelli e G. Dipierro (2001), Il clima dell'Italia nell'ultimo ventennio, Alpha Test edizioni

⁴ Si ricordi che il vento al suolo segue le isobare tagliandole con un angolo variabile (in media di circa 30° su superficie costituita da terra solida) andando dalle aree di alta a quelle di bassa pressione.

1.3.2 ANALISI DELLE CARATTERISTICHE DIFFUSIVE DEL BOUNDARY LAYER

Dopo la breve disamina condotta nella sezione precedente e relativa alle caratteristiche medie dei moti orizzontali, siano esse dovute a moti a scala globale, a mesoscala o a scala locale, conviene approfondire l'analisi considerando serie di dati meteorologici che consentano di specificare meglio le caratteristiche diffusive del *boundary layer*, sia relativamente alla turbolenza di origine meccanica che a quella di origine termica (fondamentale nei casi di stabilità correlata ai fenomeni più acuti di inquinamento primario). A tal fine si farà riferimento alla base dati e alle elaborazioni statistiche dell'ENEL, relative al lavoro svolto in collaborazione con il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica sulle caratteristiche diffusive dell'atmosfera⁵, che si riferisce ad osservazioni più che quarantennali nell'area di interesse.

Sulla zona delle colline toscane in cui Lucca è incastonata e che è di interesse per l'attuale indagine è ubicata la stazione del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica A.M. 158 - PISA S. GIUSTO, ove si svolge l'attività di misura e osservazione sin dal gennaio 1951. La Stazione è ubicata a Pisa, presso l'aeroporto, a circa 25 Km da Lucca (Lat. 43°40', Long. 10°3', Alt. 1 m), vedi fig.1.7.

Fig.1.7 – Ubicazione della Stazione del servizio Meteorologico dell'Aeronautica A.M.158-Pisa S.Giusto.



Utilizzando i dati diffusivi di Pisa (disponibili dal 1951 al 1991), una prima elaborazione utile al fine di comprendere le caratteristiche diffusive medie del boundary layer sulla zona di interesse è quella relativa alle distribuzioni stagionali delle velocità del vento e delle frequenze per la sua direzione di provenienza. Nelle fig.1.8÷1.11 si riportano rappresentazioni grafiche di questi dati.

⁵ ENEL e Servizio Meteorologico dell'Aeronautica (1992), Caratteristiche diffusive dell'atmosfera, ENEL Direzione Relazioni Pubbliche e Comunicazione, Roma.

Fig.1.8 - Primavera

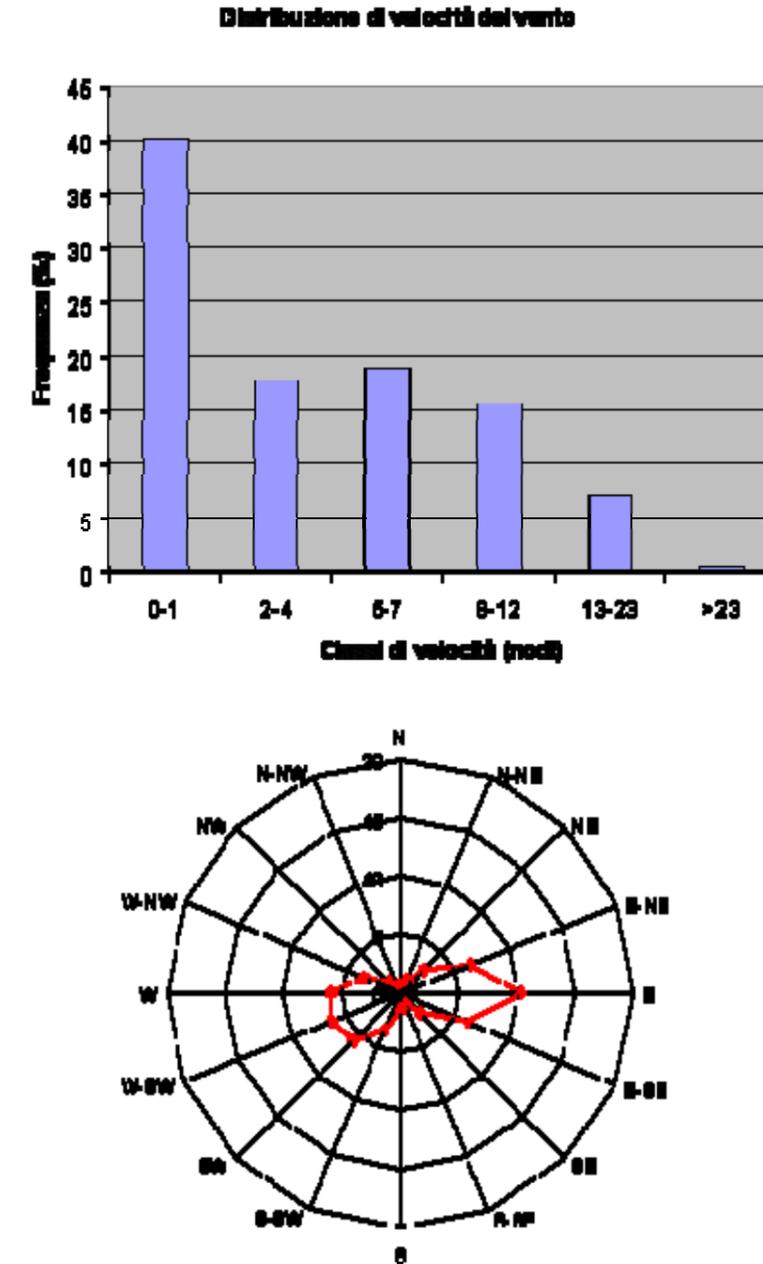
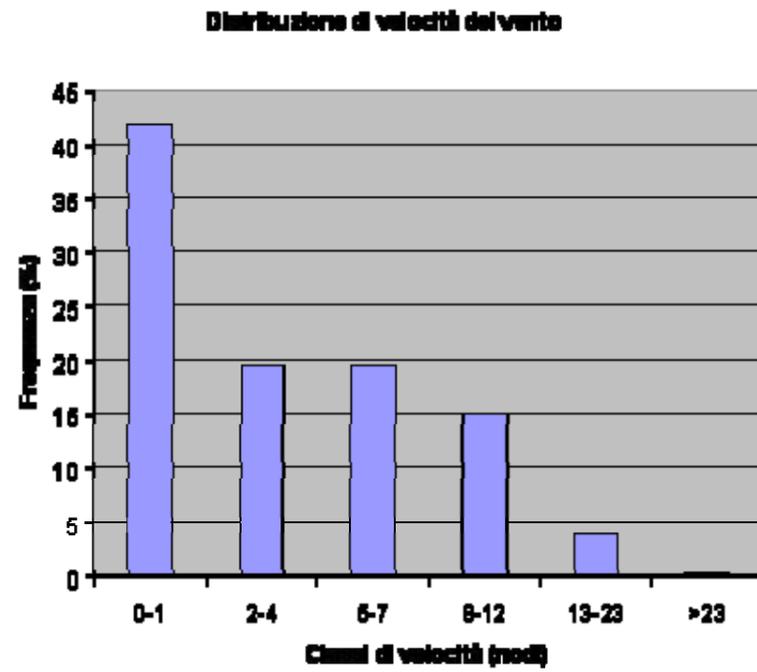


Fig.1.9 - Estate



Rosa - estate

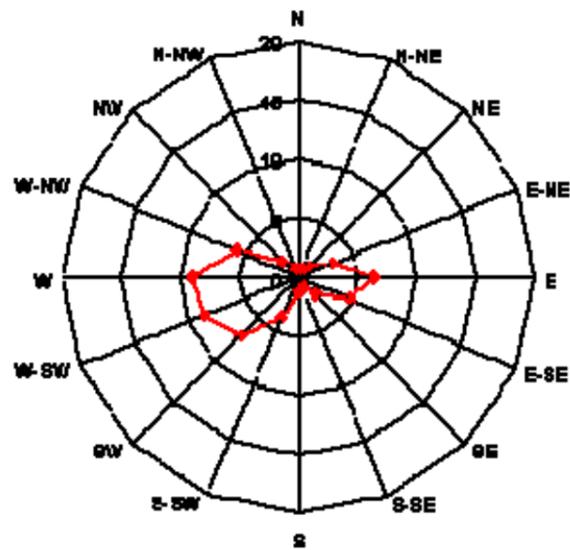
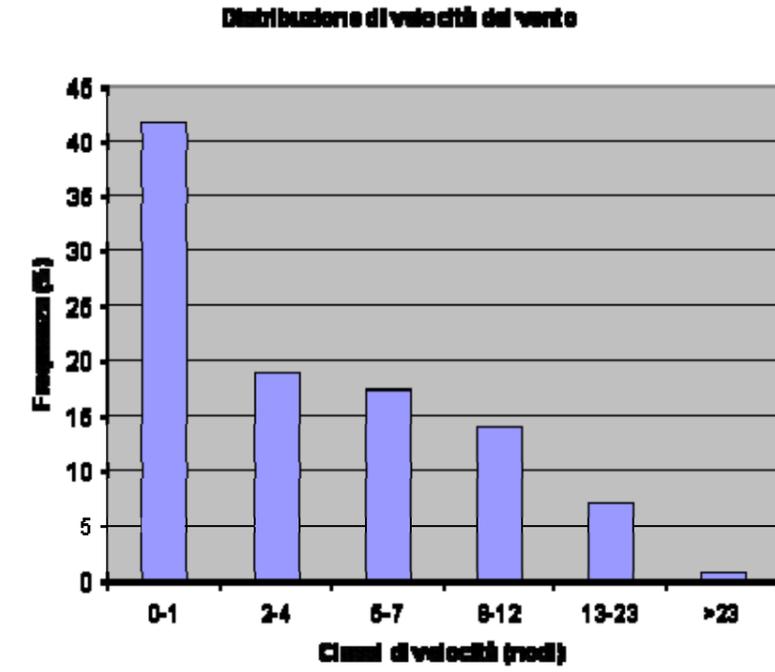


Fig.1.10 - Autunno



Rosa - autunno

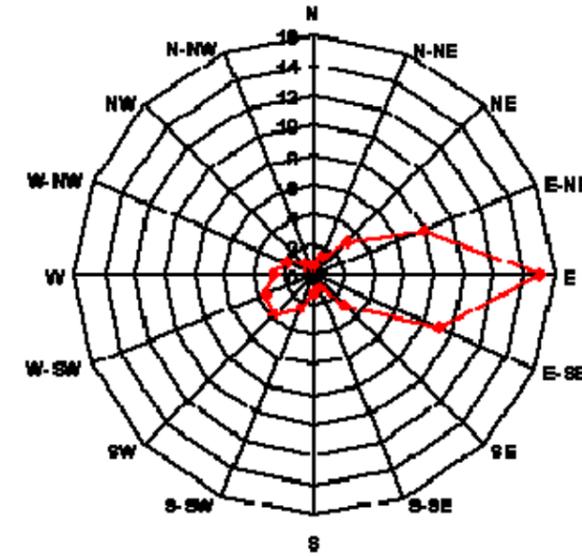
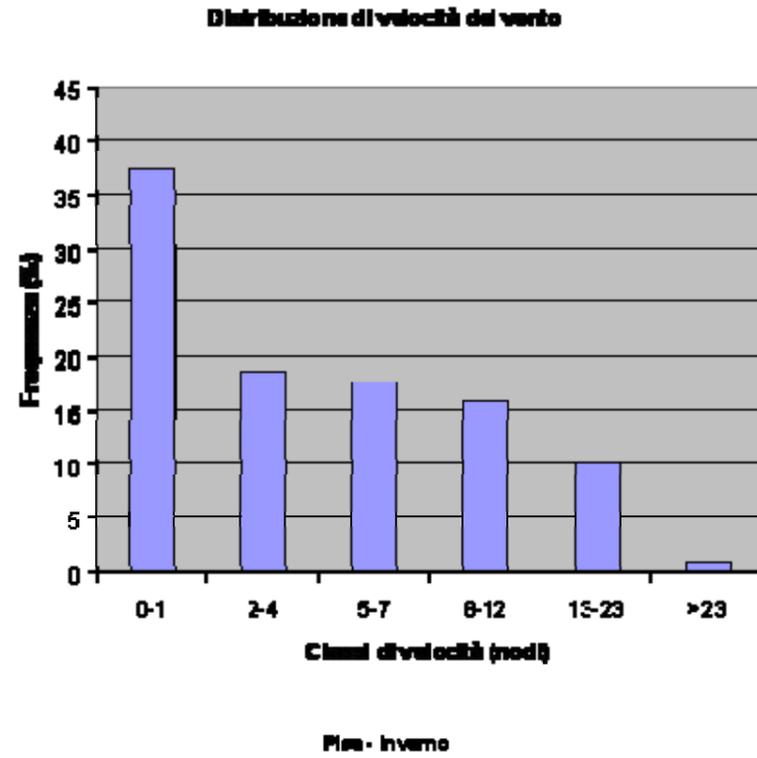


Fig.1.11 - Inverno



Ulteriori dettagli si possono trovare nelle elaborazioni di seguito riportate, dove vengono specificate le classi di velocità del vento per ogni direzione di provenienza.

Tab.1.2 - Velocità del vento per ogni direzione – distribuzione delle frequenze annuali.

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 116310

DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE ANNUALI ('/..)

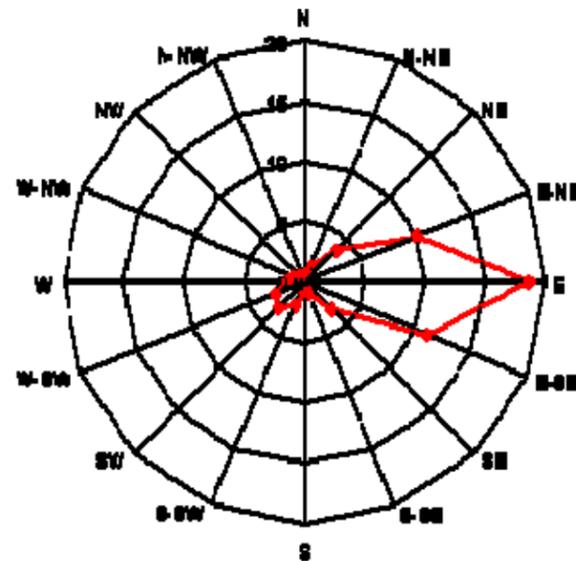
SETTORI	CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						TOTALE
N. GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	24	
1 0.0 - 22.5	2.39	1.66	1.08	0.67	0.05	5.85	
2 22.5 - 45.0	3.86	3.06	2.49	2.09	0.23	11.73	
3 45.0 - 67.5	7.10	5.70	6.89	7.30	0.41	27.40	
4 67.5 - 90.0	19.60	17.26	19.73	12.09	0.22	68.91	
5 90.0 - 112.5	45.24	39.94	31.10	9.38	0.14	125.80	
6 112.5 - 135.0	31.60	26.64	16.17	3.28	0.14	77.83	
7 135.0 - 157.5	11.93	9.23	4.08	0.91	0.09	26.24	
8 157.5 - 180.0	4.06	2.43	1.47	1.17	0.17	9.30	
9 180.0 - 202.5	3.50	2.39	2.91	2.82	0.61	12.23	
10 202.5 - 225.0	5.20	6.36	9.23	7.63	0.86	29.28	
11 225.0 - 247.5	8.02	11.66	15.81	12.07	1.11	48.68	
12 247.5 - 270.0	10.90	16.14	16.57	8.50	0.65	52.76	
13 270.0 - 292.5	12.55	19.97	13.15	2.39	0.08	48.13	
14 292.5 - 315.0	10.32	12.84	6.73	0.71	0.06	30.65	
15 315.0 - 337.5	5.01	4.68	2.20	0.30	0.03	12.22	
16 337.5 - 360.0	2.55	2.23	1.20	0.18	0.01	6.17	
DIREZIONE VARIABILE	2.67	0.72	0.21	0.02	0.01	3.63	
CALME (1/4 NODO)	403.18					403.18	
TOTALE	403.18	186.51	182.92	151.02	71.51	4.87	1000.00

Tab.1.3 - Velocità del vento per ogni direzione – distribuzione delle frequenze stagionali (MAR-APR-MAG).

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 29198

DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE STAGIONALI ('/..) MAR-APR-MAG

SETTORI	CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						TOTALE
N. GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	24	
1 0.0 - 22.5	2.35	1.72	1.24	0.93	0.11	6.36	
2 22.5 - 45.0	4.03	3.21	2.59	2.27	0.20	12.30	
3 45.0 - 67.5	6.50	5.97	7.35	8.13	0.38	28.32	
4 67.5 - 90.0	16.28	16.57	19.47	12.12	0.26	64.69	
5 90.0 - 112.5	35.38	33.15	26.92	8.15	0.10	103.71	
6 112.5 - 135.0	25.65	21.75	13.19	2.26	0.02	62.86	
7 135.0 - 157.5	10.72	8.60	3.55	0.93	0.08	23.88	
8 157.5 - 180.0	4.44	2.76	1.86	1.05	0.18	10.28	
9 180.0 - 202.5	3.72	3.31	3.42	3.00	0.49	13.94	
10 202.5 - 225.0	6.64	8.31	11.30	7.11	0.69	34.06	
11 225.0 - 247.5	9.55	15.07	18.77	12.68	0.97	57.03	
12 247.5 - 270.0	12.73	19.21	20.10	10.44	0.63	63.11	
13 270.0 - 292.5	15.93	25.25	15.09	2.81	0.04	59.12	
14 292.5 - 315.0	11.96	14.96	6.63	0.72	0.08	34.34	
15 315.0 - 337.5	6.07	4.97	2.65	0.43	0.03	14.15	
16 337.5 - 360.0	2.58	2.19	1.49	0.21	0.03	6.50	
DIREZIONE VARIABILE	3.49	0.79	0.24	0.03	0.00	4.56	
CALME (1/4 NODO)	400.78					400.78	
TOTALE	400.78	178.03	187.79	155.87	73.26	4.28	1000.00



Tab.1.4 - Velocità del vento per ogni direzione – distribuzione delle frequenze stagionali (GIU-LUG-AGO).

Table with columns: NUMERO DELLE OSSERVAZIONI (29272), DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE STAGIONALI ('/..), GIU-LUG-AGO. Rows include sectors, velocity classes (NODI), and frequency distribution (GRADI) for various wind directions.

Tab.1.6 - Velocità del vento per ogni direzione – distribuzione delle frequenze stagionali (DIC-GEN-FEB).

Table with columns: NUMERO DELLE OSSERVAZIONI (28728), DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE STAGIONALI ('/..), DIC-GEN-FEB. Rows include sectors, velocity classes (NODI), and frequency distribution (GRADI) for various wind directions.

Tab.1.5 - Velocità del vento per ogni direzione – distribuzione delle frequenze stagionali (SET-OTT-NOV).

Table with columns: NUMERO DELLE OSSERVAZIONI (29112), DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE STAGIONALI ('/..), SET-OTT-NOV. Rows include sectors, velocity classes (NODI), and frequency distribution (GRADI) for various wind directions.

Una volta constatato che le calme di vento si riscontrano in circa il 40% delle osservazioni, con una modesta variazione stagionale e con un minimo che si attesta intorno al 37% in inverno, dai dati riportati si ritrova la predominanza di venti da est durante il periodo dell'autunno-inverno, che nella sezione precedente si era imputata alla configurazione isobarica media di queste stagioni. Nello stesso semestre è anche evidente un picco dovuto ad eventi di Libeccio, sia pure con una frequenza minore. A questo proposito un'attenta analisi delle tabelle riportate in Appendice 1 consente di appurare, in particolare, come i venti da Libeccio siano generalmente di più forte intensità di quelli provenienti da est, con un'intensità più frequente nelle classi 8-12 e 13-23 nodi per il Libeccio e velocità generalmente minori di 8 o 12 nodi per il vento proveniente da est. Questo fatto, unito alla constatazione che sulla zona di interesse i venti da SW creano anche ascesa forzata sulle pendici degli Appennini, mentre quelli da E discendono generalmente dalle vette più alte della stessa catena montuosa, consente di affermare che il Libeccio risulta benefico per la qualità dell'aria sulla zona di Lucca, mentre il vento da est favorisce condizioni di relativa stabilità e parziale ristagno degli inquinanti.

La situazione estiva risulta chiaramente influenzata dal fenomeno delle brezze, che, a causa della direzione della linea di costa, permane comunque lungo la direttrice W-E o WSW-ENE. La situazione primaverile, poi, appare intermedia tra quella invernale e quella estiva.

Infine, come risultava peraltro anche dall'analisi sinottica della sezione precedente, la zona di interesse appare piuttosto protetta dagli eventi di Maestrale e di Scirocco.

Un altro metodo interessante per ottenere informazioni sulle caratteristiche diffusive su un sito di interesse è il calcolo delle classi di stabilità di Pasquill⁶, che, per i dati di una stazione al suolo non dotata di strumentazione atta a rilevare direttamente la radiazione, si può effettuare tenendo conto Infine, come risultava peraltro anche dall'analisi sinottica della sezione precedente, la zona di interesse appare piuttosto protetta dagli eventi di Maestrale e di Scirocco.

Un altro metodo interessante per ottenere informazioni sulle caratteristiche diffusive su un sito di interesse è il calcolo delle classi di stabilità di Pasquill⁷, che, per i dati di una stazione al suolo non dotata di strumentazione atta a rilevare direttamente la radiazione, si può effettuare tenendo conto del bilancio radioattivo in superficie tramite le osservazioni di nuvolosità e il calcolo dell'altezza del Sole sull'orizzonte⁸.

Tab.1.7 - Grado di stabilità e categorie di Pasquill.

Grado di stabilità	Categorie di Pasquill	Gradiente termico verticale (°C/100m)
Instabilità forte	A	< -1.9
Instabilità moderata	B	da -1.9 a -1.7
Instabilità debole	C	da -1.7 a -1.5
Neutralità o adiabaticità	D	da -1.5 a -0.5
Stabilità debole	E	da -0.5 a +1.5
Stabilità moderata	F	da +1.5 a +4.0
Stabilità forte	G	> +4.0

Tab.1.8 - Classi di stabilità in funzione del vento e del gradiente termico.

Velocità del vento U (m/s)	$\Delta t/\Delta z = -1.5$	$-1.4 < \Delta t/\Delta z < -1.2$	$-1.1 < \Delta t/\Delta z < -0.9$	$-0.8 < \Delta t/\Delta z < -0.7$	$-0.6 < \Delta t/\Delta z < 0.0$	$+0.1 < \Delta t/\Delta z < +2.0$	$\Delta t/\Delta z ? + 2.0$
U < 1	A	A	B	C	D	F	F
1 = U < 2	A	B	B	C	D	F	F
2 = U < 3	A	B	C	D	D	E	F
3 = U < 5	B	B	C	D	D	D	E
5 = U < 7	C	C	D	D	D	D	E
U = 7	D	D	D	D	D	D	D

Determinazione delle classi di stabilità in funzione del gradiente termico e della velocità del vento
Classe di stabilità con $\Delta t/\Delta z$ (°K/100m) misurato tra 20 e 120 metri di quota

Questi schemi di classificazione permettono una prima sommaria distinzione tra situazioni stabili (cioè critiche per i fenomeni di inquinamento) ed instabili (cioè più favorevoli alla dispersione), con una

⁶ F. Pasquill (1962), Atmospheric Diffusion, Van Nostrand, Londra.
⁷ F. Pasquill (1962), Atmospheric Diffusion, Van Nostrand, Londra.

discriminazione tra le classi che risulta più affidabile nel range delle classi stabili (E, F, G) piuttosto che in quello delle classi instabili (A, B, C).

Nelle tabelle seguenti sono riportate le classi di stabilità relative alla Stazione Meteorologica A.M. 158 - PISA S.GIUSTO (periodo di Osservazione dal 1/1951 al 12/1991).

Tab.1.9 - Classi di stabilità - Distribuzione delle frequenze mensili e annuali.

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 83245

DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE MENSILI E ANNUALI ('/..)

CLASSI	MESE												INTERO
STABIL.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	PERIODO
A	0.00	5.26	20.42	32.60	46.36	49.67	69.02	60.76	34.89	17.35	0.00	0.00	28.25
B	27.60	41.47	46.47	60.72	124.13	182.96	206.79	100.64	82.41	59.82	35.82	22.90	83.07
C	25.20	29.40	52.81	67.96	83.22	106.48	101.56	90.34	76.53	43.45	29.17	25.91	61.25
D	526.75	548.28	477.82	502.68	373.78	261.18	175.24	308.44	316.44	387.56	503.70	513.67	406.75
E	88.14	71.80	64.64	50.43	64.93	74.73	74.80	64.97	57.29	71.81	84.03	94.46	71.81
F + G	315.83	288.30	318.97	275.32	296.15	315.08	364.70	370.79	422.97	404.77	331.57	318.16	335.55
NEBBIA	16.47	15.48	18.87	10.29	11.45	9.91	7.89	4.06	9.48	15.24	15.72	24.90	13.31
TOTALE	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
N. OSS.	7102	6462	7101	6901	7162	6865	7099	6896	6965	7088	6617	6987	83245

Tab.1.10 - Classi di stabilità. Distribuzione delle frequenze stagionali e annuali.

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 83245

DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE STAGIONALI E ANNUALI ('/..)

STAGIONI	CLASSI DI STABILITA`							TOTALE
	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	
DIC-GEN-FEB	0.41	7.50	6.61	130.61	21.02	76.03	4.70	246.87
MAR-APR-MAG	8.43	19.68	17.30	114.59	15.28	75.51	3.45	254.24
GIU-LUG-AGO	15.02	41.06	24.93	62.03	17.92	87.80	1.83	250.59
SET-OTT-NOV	4.40	14.84	12.42	99.51	17.59	96.21	3.34	248.30
TOTALE	28.25	83.07	61.25	406.75	71.81	335.55	13.31	1000.00

⁸ Per tale metodica si rimanda al riferimento: ENEL e Servizio Meteorologico dell'Aeronautica (1992), Caratteristiche diffusive dell'atmosfera, ENEL Direzione Relazioni Pubbliche e Comunicazione, Roma.

Tab.1.11 - Classi di stabilità. Distribuzione delle frequenze annuali per ore sinottiche.

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 83245

DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE ANNUALI ('/..)

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA`							NEBBIA	TOTALE
	A	B	C	D	E	F + G			
0	0.00	0.00	0.00	44.05	11.92	87.46	2.91	146.34	
3	0.00	0.00	0.00	24.79	8.96	60.44	3.29	97.48	
6	0.00	15.21	3.16	95.01	11.40	42.42	3.54	170.74	
9	10.66	17.41	9.17	47.23	0.00	0.00	1.11	85.57	
12	17.48	42.97	30.28	79.70	0.00	0.00	0.12	170.56	
15	0.12	7.48	18.64	45.48	2.73	6.79	0.16	81.40	
18	0.00	0.00	0.00	52.71	30.28	85.55	0.40	168.95	
21	0.00	0.00	0.00	17.77	6.52	52.89	1.79	78.97	
TOTALE	28.25	83.07	61.25	406.75	71.81	335.55	13.31	1000.00	

Tab.1.13 - Classi di stabilità. Distribuzione delle frequenze stagionali per ore sinottiche (GIU-LUG-AGO).

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 20860

DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE STAGIONALI ('/..) GIU-LUG-AGO

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA`							NEBBIA	TOTALE
	A	B	C	D	E	F + G			
0	0.00	0.00	0.00	17.11	7.48	116.73	1.82	143.14	
3	0.00	0.00	0.00	10.55	6.42	79.39	3.02	99.38	
6	0.00	50.29	10.12	108.39	0.00	0.00	2.44	171.24	
9	25.31	27.18	8.63	25.02	0.00	0.00	0.00	86.15	
12	34.23	65.29	43.34	28.28	0.00	0.00	0.00	171.14	
15	0.38	21.09	37.39	22.77	0.00	0.00	0.00	81.64	
18	0.00	0.00	0.00	29.34	54.07	84.04	0.00	167.45	
21	0.00	0.00	0.00	6.09	3.55	70.23	0.00	79.87	
TOTALE	59.92	163.85	99.47	247.56	71.52	350.38	7.29	1000.00	

Tab.1.12 - Classi di stabilità. Distribuzione delle frequenze stagionali per ore sinottiche (MAR-APR-MAG).

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 21164

DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE STAGIONALI ('/..) MAR-APR-MAG

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA`							NEBBIA	TOTALE
	A	B	C	D	E	F + G			
0	0.00	0.00	0.00	48.24	10.77	82.69	3.59	145.29	
3	0.00	0.00	0.00	29.58	7.56	57.65	3.92	98.71	
6	0.00	10.25	2.46	123.84	6.43	24.24	4.44	171.66	
9	12.33	18.05	11.01	44.56	0.00	0.00	0.80	86.75	
12	20.74	41.91	31.61	75.51	0.00	0.00	0.00	169.77	
15	0.09	7.18	22.96	52.59	0.00	0.00	0.00	82.83	
18	0.00	0.00	0.00	55.38	30.19	83.40	0.05	169.01	
21	0.00	0.00	0.00	21.03	5.15	49.05	0.76	75.98	
TOTALE	33.17	77.40	68.04	450.72	60.10	297.01	13.56	1000.00	

Tab.1.14 - Classi di stabilità. Distribuzione delle frequenze stagionali per ore sinottiche (SET-OTT-NOV).

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 20670

DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE STAGIONALI ('/..) SET-OTT-NOV

ORE SINOTTICHE (UTC)	CLASSI DI STABILITA`							NEBBIA	TOTALE
	A	B	C	D	E	F + G			
0	0.00	0.00	0.00	45.72	13.84	87.52	3.10	150.17	
3	0.00	0.00	0.00	23.17	10.21	59.22	2.95	95.55	
6	0.00	0.00	0.00	69.33	18.63	80.16	3.77	171.89	
9	4.74	18.14	13.06	45.96	0.00	0.00	1.11	83.02	
12	12.97	40.11	23.13	94.68	0.00	0.00	0.05	170.92	
15	0.00	1.50	13.84	53.60	2.32	6.24	0.15	77.65	
18	0.00	0.00	0.00	49.98	18.48	101.69	0.10	170.25	
21	0.00	0.00	0.00	18.34	7.35	52.64	2.23	80.55	
TOTALE	17.71	59.75	50.02	400.77	70.83	387.47	13.45	1000.00	

Tab.1.15 - Classi di stabilità. Distribuzione delle frequenze stagionali per ore sinottiche (DIC-GEN-FEB).

NUMERO DELLE OSSERVAZIONI		DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE STAGIONALI ('/. .) DIC-GEN-FEB									
20551											
ORE SINOTTICHE (UTC)	?	A	B	C	D	E	F + G	NEBBIA	TOTALE		
0	?	0.00	0.00	0.00	65.40	15.67	62.62	3.11	146.81		
3	?	0.00	0.00	0.00	35.96	11.73	45.30	3.26	96.25		
6	?	0.00	0.00	0.00	77.56	20.83	66.23	3.50	168.12		
9	?	0.00	6.08	3.89	73.82	0.00	0.00	2.53	86.32		
12	?	1.65	24.28	22.87	121.16	0.00	0.00	0.44	170.41		
15	?	0.00	0.00	0.00	53.04	8.71	21.22	0.49	83.45		
18	?	0.00	0.00	0.00	76.44	18.10	73.09	1.46	169.09		
21	?	0.00	0.00	0.00	25.69	10.12	39.51	4.23	79.56		
TOTALE	?	1.65	30.36	26.76	529.07	85.15	307.97	19.03	1000.00		

grande stabilità. Va dato, tuttavia, il giusto risalto agli episodi di classe F+G e al fatto che questi siano percentualmente particolarmente rilevanti in estate e in autunno. Ciò attesta che le situazioni stabili, ovviamente presenti in inverno, hanno la loro importanza (dalla sera al primo mattino) anche in stagioni più calde. Inoltre, gli elevati valori di calma di vento e il fatto che il vento prevalente dall'autunno alla primavera provenga da est fa considerare queste situazioni come di relativa stabilità. In ogni caso, a volte la regione di interesse è caratterizzata da un livello di turbolenza meccanica elevato, dovuto agli episodi di Libeccio cui si è accennato più sopra. Infine, la direzione prevalente dei venti nei mesi estivi fa capire che in questa stagione una discreta ventilazione viene ottenuta sfruttando il meccanismo della brezza.

Come nota, va detto che le stime di stabilità ottenute dai dati al suolo possono essere affette da incertezze maggiori di quelle che risalgono all'analisi anche di dati a quote immediatamente superiori, come quelli che si possono desumere dai radiosondaggi. Purtroppo, però, non si hanno a disposizione radiosondaggi nella zona di interesse. In ogni caso, la climatologia diffusiva qui discussa ci dà la possibilità di trarre conclusioni per la propensione o meno al ristagno di inquinanti sulla zona di interesse, cosa che si farà nella prossima sezione.

Oltre ai dati statistici tratti dalla pubblicazione ENEL – Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare "Caratteristiche diffusive dei bassi strati dell'atmosfera", si riportano i dati relativi alla medesima stazione meteorologica tratti dall'Atlante Climatico, elaborato dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare. A differenza dell'opera "Caratteristiche diffusive dei bassi strati dell'atmosfera" che fornisce, in formato tabulare, elaborazioni sulla base dei dati meteorologici osservati presso la stazione di Pisa San Giusto nel periodo 1/1951 – 12/1991, l'Atlante Climatico, riporta i dati osservati nel trentennio che va dall'anno 1971 al 2000, un trentennio, dunque più vicino al presente anche se sovrapposto al precedente per due terzi e quindi non confrontabile pienamente con il precedente.

Analizzando i dati statistici riportati negli elaborati suddetti, non si sono osservate variazioni significative nei 2 successivi archi temporali. Di seguito si riportano tabelle e grafici relativi ai dati meteorologici di temperatura, precipitazioni e umidità dell'aria tratti dall'Atlante Climatico.

Dall'analisi delle statistiche riportate nelle tabelle precedenti emerge una prevalenza generalizzata della classe D (neutralità) e una notevole frequenza della classe F+G (forte stabilità), con ovvie oscillazioni giorno-notte e a carattere stagionale. Così che, ad esempio, la frequenza della classe F+G viene ad essere paragonabile a quella della classe D nel periodo autunnale e supera addirittura il valore di questa classe in estate. Inoltre, la classe F+G diviene più frequente della classe D e delle altre classi nelle ore notturne. Allo stesso tempo, nelle ore diurne e in tutto il periodo estivo aumenta la frequenza delle classi instabili. Le tabelle che si riportano di seguito permettono una più accurata disamina delle situazioni critiche per l'inquinamento, consentendo anche di utilizzare questi dati come ingresso al modello di dispersione in vari casi esemplificativi. Queste tabelle sono particolarmente significative in quanto la stazione di Pisa, contrariamente ad altre ubicate sul territorio italiano, ha svolto osservazioni sia di giorno che di notte, su tutte le 24 ore. Per una corretta lettura delle tabelle stesse, tuttavia, va notato come i rilevamenti più frequenti siano stati effettuati alle ore sinottiche principali (00, 06, 12 e 18 UTC), mentre i rilevamenti alle ore sinottiche secondarie (03, 09, 15 e 21) nel periodo considerato sono in numero inferiore (circa la metà).

Da questa analisi di dati al suolo risulta evidente come la climatologia diffusiva della regione di interesse sia caratterizzata da aspetti intermedi tra quelli riscontrabili in zone ad alta stabilità dei bassi strati come la Pianura Padana e quelli di regioni dal carattere più tipicamente mediterraneo, in cui la fisica dei bassi strati dell'atmosfera non è particolarmente favorevole a fenomeni di inquinamento primario dovuti a

Tab.1.16 – Temperatura.

PISA/S.GIUSTO 7 m. s.l.m. (a.s.l.)											
TEMPERATURE											
MM	Tm	Tx 1d	Tx 2d	Tx 3d	Txm	Tn 1d	Tn 2d	Tn 3d	Tnm	Tx P85-15	Tn P85-15
Gen(Jan)	6.8	10.9	11.3	11.9	11.4	2.0	2.1	2.5	2.2	6.2	9.2
Feb(Feb)	7.6	12.7	12.1	13.2	12.6	2.7	2.4	2.5	2.5	6.2	8.8
Mar(Mar)	9.8	14.0	15.6	16.1	15.2	3.5	4.3	5.4	4.4	5.9	8.0
Apr(Apr)	12.5	17.1	17.4	18.8	17.8	6.9	6.5	8.0	7.2	5.6	6.7
Mag(May)	16.4	20.6	22.3	23.4	22.2	9.5	10.9	11.5	10.7	7.2	5.4
Giu(Jun)	20.0	25.3	25.7	27.0	26.0	13.3	14.0	14.9	14.1	6.8	5.0
Lug(Jul)	23.1	28.8	29.2	30.0	29.4	16.0	16.8	17.2	16.7	5.4	4.9
Ago(Aug)	23.4	30.5	30.0	28.2	29.5	17.7	17.5	16.6	17.2	6.4	5.0
Set(Sep)	20.0	26.9	25.8	24.5	25.7	15.0	14.2	13.8	14.3	5.9	6.0
Ott(Oct)	15.8	22.6	21.3	19.0	20.9	12.2	11.1	8.9	10.7	6.8	8.2
Nov(Nov)	10.7	17.2	15.5	13.1	15.3	7.9	6.1	4.2	6.1	6.8	9.7
Dic(Dec)	7.6	12.2	11.9	11.3	11.8	3.6	3.4	3.1	3.4	6.1	9.2
MM	NgTn ≤ 0	NgTn ≤ -5	NgTx ≥ 25	NgTx ≥ 30	GrGi > 0	GrGi > 5	GrGi _18	Txx	An Tx	Tnn	An Tn
Gen(Jan)	9.7	1.1	0.0	0.0	214	61	349	17.6	1992	-13.8	1985
Feb(Feb)	8.3	0.7	0.0	0.0	215	74	295	21.0	1990	-8.4	1993
Mar(Mar)	4.0	0.3	0.0	0.0	305	151	253	24.0	1989	-8.2	1985
Apr(Apr)	0.6	0.0	0.2	0.0	376	225	167	27.9	1975	-3.2	1973
Mag(May)	0.0	0.0	6.6	0.0	512	356	62	30.9	1975	2.8	1976
Giu(Jun)	0.0	0.0	18.7	3.4	593	445	8	35.0	1990	5.8	1975
Lug(Jul)	0.0	0.0	29.2	13.5	714	559	0	37.8	1983	8.8	1975
Ago(Aug)	0.0	0.0	29.3	14.9	728	572	0	38.8	1984	8.2	1972
Set(Sep)	0.0	0.0	18.3	2.5	581	436	9	36.2	1975	3.8	1972
Ott(Oct)	0.0	0.0	3.5	0.0	492	336	81	30.2	1990	0.3	1971
Nov(Nov)	2.9	0.2	0.0	0.0	322	171	221	24.0	1985	-7.2	1973
Dic(Dec)	7.6	0.6	0.0	0.0	236	82	325	20.4	1989	-7.2	1988

I valori in Tabella rappresentano:

Tm Temperatura media °C ((max + min)/2)

Tx 1d Temperatura massima °C, media della 1^ decade

Tx 2d Temperatura massima °C, media della 2^ decade

Tx 3d Temperatura massima °C, media della 3^ decade

Txm Temperatura massima °C, media mensile

Tn 1d Temperatura minima °C, media della 1^ decade

Tn 2d Temperatura minima °C, media della 2^ decade

Tn 3d Temperatura minima °C, media della 3^ decade

Tnm Temperatura minima °C, media mensile

TxP85-15 Differenza fra 85° e 15° percentile della distribuzione delle Temperature massime

TnP85-15 Differenza fra 85° e 15° percentile della distribuzione delle Temperature minime

P99x (P99n) 99° percentile della distribuzione delle Temperature massime (minime)

P85x (P85n) 85° percentile della distribuzione delle Temperature massime (minime)

P15x (P15n) 15° percentile della distribuzione delle Temperature massime (minime)

P1x (P1n) 1° percentile della distribuzione delle Temperature massime (minime)

NgTn<=0 N° giorni con Tn (temperatura minima) <= 0 °C

NgTn<=-5 N° giorni con Tn (temperatura minima) <= -5 °C

NgTx>=25 N° giorni con Tx (temperatura massima) >= 25 °C

NgTx>=30 N° giorni con Tx (temperatura massima) >= 30 °C

GrGi>0 Gradi/giorno (Somme (Tm-S)) (solo se (Tm-S)> 0°), dove S = 0°C

GrGi>5 Gradi/giorno (Somme (Tm-S)) (solo se (Tm-S)> 0°), dove S = 5°C

GrGi_18 Gradi/giorno (Somme (S-Tm)) (solo se (S-Tm)> 0°), dove S = 18°C

Txx Temperatura massima assoluta °C

An Tx Anno in cui si è verificata Txx

Tnn Temperatura minima assoluta °C

An Tn Anno in cui si è verificata Tnn

Fig.1.12 - Temperatura media, massima e minima.

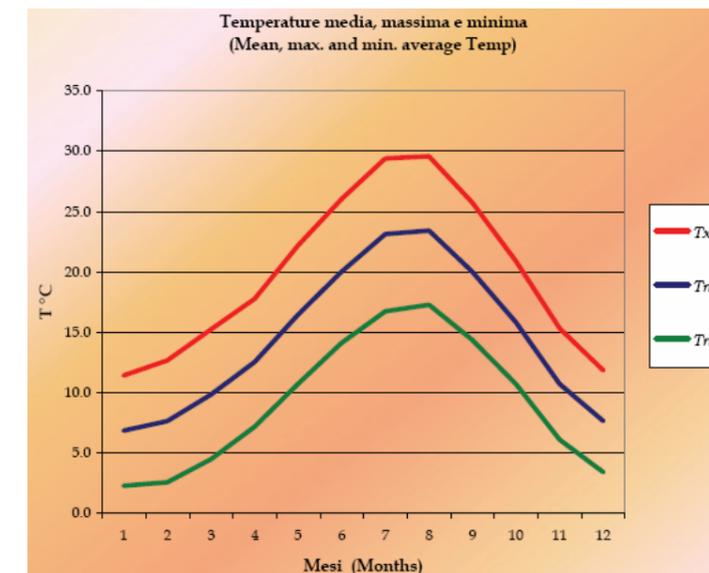
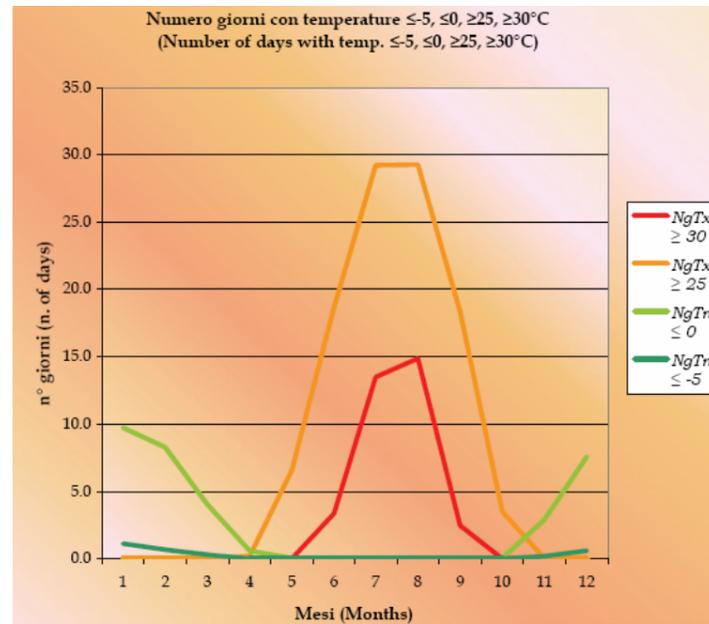


Fig.1.13 - Numero giorni con $T \leq -5, \leq 0, \geq 25; \geq 30$.



Tab.1.17 - Precipitazioni.

MM	RTot	RQ0	RQ1	RQ2	RQ3	RQ4	RQ5	Rx12a	Rx12b	Rx24	An Rx24
Gen(Jan)	63.4	3.3	22.9	46.3	64.7	102.4	153.6	49.0	43.8	76.0	1987
Feb(Feb)	57.5	1.5	17.3	41.0	72.4	93.7	121.9	47.6	41.6	47.6	1976
Mar(Mar)	59.8	0.4	20.0	43.9	60.6	94.8	153.7	36.2	34.4	43.6	1977
Apr(Apr)	89.1	9.2	48.2	64.9	87.0	113.8	251.1	44.0	28.0	50.8	1990
Mag(May)	61.5	0.4	21.6	29.2	45.9	114.5	173.8	129.4	66.6	129.6	1992
Giu(Jun)	47.8	5.0	20.6	36.6	49.8	70.8	116.6	31.2	29.8	45.2	1971
Lug(Jul)	25.4	0.0	3.1	9.1	17.0	45.6	160.5	56.8	157.2	165.8	1991
Ago(Aug)	49.4	0.0	7.6	29.6	50.9	85.4	133.4	71.4	45.4	71.4	1985
Set(Sep)	101.5	1.6	38.8	76.6	98.3	148.5	414.9	91.2	167.2	223.6	1991
Ott(Oct)	140.3	8.5	60.5	106.1	134.7	231.1	351.6	115.2	92.6	131.0	1987
Nov(Nov)	123.5	0.5	59.8	77.3	117.0	193.4	362.4	50.8	122.0	134.6	1990
Dic(Dec)	74.4	12.4	39.7	52.0	73.4	111.5	193.2	59.2	32.0	62.8	1990

I valori in Tabella rappresentano:

RTot Precipitazione totale media mensile in millimetri.

RQ0 Minimo della distribuzione in quintili delle precipitazioni

RQ1 Primo quintile della distribuzione delle precipitazioni

RQ2 Secondo quintile della distribuzione delle precipitazioni

RQ3 Terzo quintile della distribuzione delle precipitazioni

RQ4 Quarto quintile della distribuzione delle precipitazioni

RQ5 Massimo della distribuzione in quintili delle precipitazioni

Rx12a Precipitazione massima (mm) fra le ore 00 e le 12 (ora UTC)

Rx12b Precipitazione massima (mm) fra le ore 12 e le 24 (ora UTC)

Rx24 Precipitazione massima (mm) in 24 ore

An Rx24 Anno in cui si è verificata Rx24

Tab.1.18 - Umidità.

MM	NgR >1	NgR >5	NgR >10	NgR >50	Ng Fog	Ux%	Un%
Gen(Jan)	8.1	4.0	2.3	0.1	7.1	93	57
Feb(Feb)	7.2	3.6	1.7	0.0	5.8	92	50
Mar(Mar)	7.6	3.9	2.1	0.0	6.4	93	47
Apr(Apr)	9.7	5.4	3.3	0.0	5.4	94	52
Mag(May)	7.3	3.8	2.0	0.1	5.3	95	51
Giu(Jun)	5.2	2.8	1.5	0.0	3.7	94	47
Lug(Jul)	2.5	1.1	0.6	0.1	2.4	94	42
Ago(Aug)	3.6	2.6	1.7	0.1	2.3	94	44
Set(Sep)	6.3	3.9	3.0	0.4	2.9	94	49
Ott(Oct)	8.8	5.9	4.2	0.5	4.7	94	55
Nov(Nov)	9.4	5.8	3.8	0.2	4.1	94	59
Dic(Dec)	8.5	4.6	2.6	0.0	6.0	93	60

I valori in Tabella rappresentano:

Ng R>1 Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 1 mm

Ng R>5 Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 5 mm

Ng R>10 Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 10 mm

Ng R>50 Numero medio di giorni al mese con precipitazioni > 50 mm

Ng Fog Numero medio di giorni al mese con nebbia

Ux% Media mensile dell'Umidità percentuale massima

Un% Media mensile dell'Umidità percentuale minima

Fig.1.14 - Precipitazioni medie e massime.

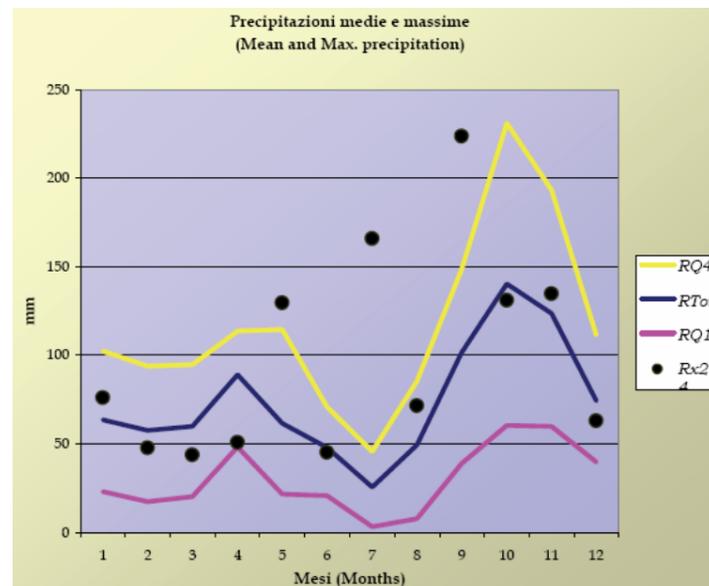


Fig.1.16 - Umidità relativa massima e minima.

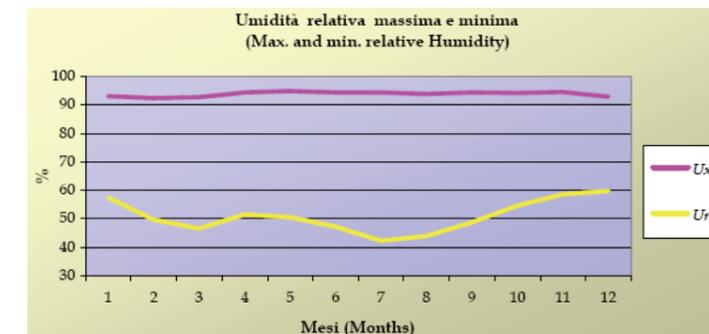
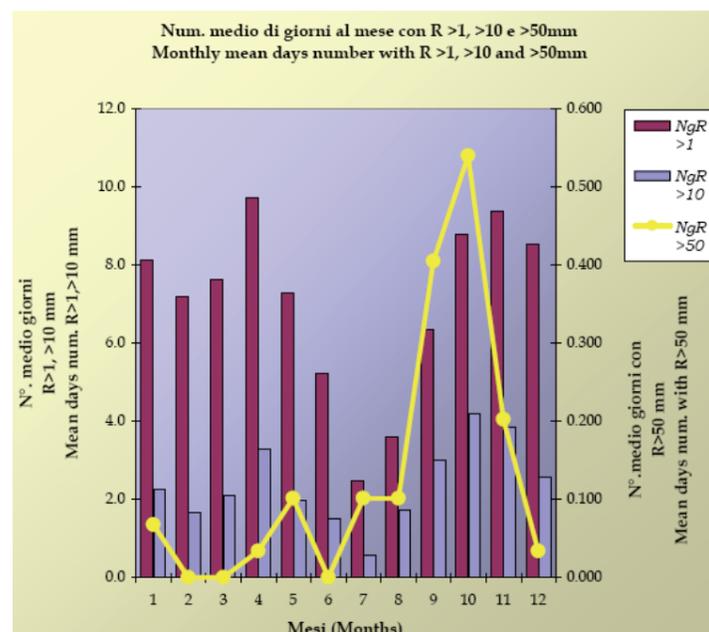


Fig.1.15 - Numero giorni con R ≥1; ≥10 e ≥50



1.3.3 CONCLUSIONI

Sfruttando l'analisi della circolazione e quella dello stato dei bassi strati riportate nei paragrafi precedenti, si presentano di seguito alcune considerazioni conclusive relative alla rilevanza delle caratteristiche fisiche evidenziate in questo studio per la propensione (dal punto di vista statistico) ad eventi di inquinamento atmosferico sulla zona di Lucca.

Tenendo conto della localizzazione della zona di interesse nei pressi del litorale tirrenico, si può senz'altro affermare che nel complesso la circolazione orizzontale invernale appare meno statica rispetto, ad esempio, a quella della Pianura Padana, che, a causa della protezione della catena alpina, risente di fenomeni molto frequenti di calma di vento e subsidenza. Rifacendosi poi a ricerche relative ad un'altra area del Paese molto studiata dal punto di vista della qualità dell'aria, l'area romana⁹, la situazione climatologica del sito di interesse appare più assimilabile alla climatologia del litorale laziale, pur con le dovute distinzioni. Lì, infatti, a causa della più bassa latitudine e al conseguente più forte soleggiamento, si determina un clima più propriamente mediterraneo, con problemi di inquinamento che interessano anche e soprattutto gli inquinanti fotochimici prodotti nella stagione estiva.

In realtà la situazione appare intermedia tra quelle appena discusse. La stabilità invernale, se pure inferiore a quella della Pianura Padana, rimane comunque rilevante: ricordiamo l'elevata presenza di calme di vento e l'azione non molto benefica del debole vento prevalente da est. Il fatto, poi, che in estate e autunno la classe F+G aumenti considerevolmente di importanza attesta il fatto che in questi casi, se di giorno, a causa del fenomeno della brezza o per un'avvezione calda, si formano inversioni in quota, queste sono critiche per l'instaurarsi di episodi di smog fotochimico. Anche se non abbiamo dati climatici da radiosondaggi, possiamo comunque ipotizzare un meccanismo di questo tipo, che si è già riscontrato per l'area romana.

Tutto questo fa capire che gli episodi acuti di inquinamento primario siano statisticamente meno gravi e frequenti sul tratto di interesse rispetto all'area milanese, molto studiata dal punto di vista di questo fenomeno. Allo stesso tempo, si può supporre che gli episodi di inquinamento secondario di origine fotochimica possano essere paragonabili a quelli che si riscontrano nell'area romana, pur se statisticamente di minore intensità a causa della maggiore latitudine della zona di interesse rispetto alla città di Roma.

Queste considerazioni generali tengono ovviamente conto dell'analisi statistica presentata nella terza sezione di questa relazione relativamente alla frequenza delle classi di Pasquill. Le conclusioni più importanti che si devono trarre da questa analisi per la qualità dell'aria sulla zona di interesse sono le seguenti:

- o statisticamente e da un punto di vista fisico-meteorologico, vi è una propensione medio-alta verso fenomeni di inquinamento primario, in generale di moderata intensità, che possono però raggiungere livelli elevati in casi di situazioni meteorologiche di grande stabilità a scala globale.
- o I valori piuttosto alti di soleggiamento e intensità di radiazione globale estivi, ma non così elevati come quelli di zone con clima più mediterraneo come il litorale laziale e le regioni meridionali italiane, consentono di dedurre che, statisticamente, lo stato fisico della bassa atmosfera sul tratto adiacente al litorale toscano favorisce anche fenomeni di inquinamento secondario di origine fotochimica di media intensità nel semestre caldo, i cui inquinanti, in casi di situazioni meteorologiche particolarmente avverse a questo fenomeno, possono raggiungere valori elevati.

1.4 SORGENTI EMISSIVE NELL'AREA LUCCHESE

Si riportano, di seguito, le informazioni relative alle fonti emissive ricavate dall'Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissioni in atmosfera (IRSE) del 2007, il più recente.

Dapprima sono forniti i dati di emissione dei parametri C₆H₆, CO, COV, NO_x, PM₁₀, PM_{2,5} e SO_x relativi alla provincia di Lucca e poi i dati di emissione relativi ai singoli Comuni interessati dall'opera (Altopascio, Capannori, Lucca, Porcari). Tutti i dati, forniti da ARPAT dietro apposita richiesta, sono disaggregati per macrosettore e sono relativi agli anni 1995, 2000, 2003, 2005 e 2007.

⁹ Si veda ad esempio il riferimento: M. Baldi, M. Colacino e G.A. Dalu (1993), Isola di calore e brezza di mare in area urbana: il caso dell'area romana, in Atti del 1° Simposio Nazionale sulle strategie e tecniche di monitoraggio dell'atmosfera, Roma, 20-22 settembre 1993 (P. Ciccioli ed.), Società Chimica Italiana, pp. 268-278 e i riferimenti ivi citati.

1.4.1 EMISSIONI IN PROVINCIA DI LUCCA

Nella tab.1.19÷1.23 seguenti sono riportati i dati di emissione della provincia di Lucca relativi, nell'ordine, agli anni 1995, 2000, 2003, 2005 e 2007.

Tab.1.19 - Emissioni della provincia di Lucca anno 1995 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	16.47	4,346.27	900.30	662.67	638.65	622.13	268.51
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	23.82	2,615.41	64.38	2,157.75	130.79	103.93	1,500.37
04 Processi produttivi	211.13	0.23	446.06	17.74	291.15	104.66	34.70
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	239.68	0.00	229.82	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	4.02	0.00	7,436.16	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	360,928.73	43,958.13	9,467.47	6,592.06	413.12	374.42	461.48
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	312.08	114.64	451.72	18.00	17.96	44.02
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.30	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.22	24.75	228.78	1.00	58.80	11.19	0.15
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	317.28	1,192.22	0.15	18.75	16.87	0.00
Totale	361,424.37	51,574.15	20,079.97	9,883.09	1,569.26	1,251.16	2,309.24

Tab.1.20 - Emissioni della provincia di Lucca anno 2000 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	137.91	5.33	496.49	4.80	4.80	1.60
02 Impianti di combustione non industriali	13.84	4,688.88	970.53	722.38	686.57	669.36	289.95
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	22.74	1,829.33	66.62	1,714.25	92.65	77.28	478.36
04 Processi produttivi	66.53	0.20	325.40	20.83	244.09	37.28	5.98
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	21.58	0.00	226.10	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	2.75	0.00	7,374.43	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	225,372.31	30,768.03	7,571.07	5,599.11	407.94	366.00	120.36
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	149.02	52.25	397.17	14.41	14.38	8.25
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.26	10.56	0.33	27.61	1.50	1.01	21.45
10 Agricoltura	0.22	24.35	127.37	0.98	51.97	8.56	0.15
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	1,511.14	1,303.07	0.71	89.30	80.37	0.00
Totale	225,500.23	39,119.42	18,022.50	8,979.54	1,593.22	1,259.04	926.11

Tab.1.21 - Emissioni della provincia di Lucca anno 2003 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	58.30	5.79	154.60	5.21	5.21	1.74
02 Impianti di combustione non industriali	8.04	5,329.09	1,101.50	710.03	762.93	749.20	191.15
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	22.56	1,365.27	77.84	1,871.92	73.59	63.77	300.95
04 Processi produttivi	245.35	0.18	354.57	18.90	729.46	82.28	5.70
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	18.86	0.00	216.94	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	2.55	0.00	7,689.70	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	242,004.07	24,608.30	7,804.20	5,079.03	434.20	392.22	128.67
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	158.11	54.40	429.80	17.25	17.21	7.32
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.20	10.79	0.31	28.20	1.54	1.03	21.91
10 Agricoltura	0.22	24.19	109.42	0.98	38.39	7.50	0.15
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	5,858.74	1,551.79	2.76	346.22	311.60	0.00
Totale	242,301.83	37,412.95	18,966.46	8,296.21	2,408.79	1,630.02	657.58

In generale, nel Comune di Altopascio si osserva un decremento delle emissioni di anno in anno. Nel 2007, le emissioni risultano ridotte rispetto alle emissioni del 1995 del 94% per il benzene, dell'89% per il CO, dell'89% per i COV, del 79% per i NO_x, del 51% per il PM₁₀, del 60% per il PM_{2.5} e del 98% per i SO_x. Nella tabella seguente, si riporta in dettaglio l'andamento delle emissioni negli anni.

Tab.1.29 - Confronto emissioni del comune di Altopascio negli anni (IRSE 2007) (%).

	C ₆ H ₆	CO	COV	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO _x
2000 vs 1995	-91.0%	-84.1%	-87.6%	-72.4%	-54.2%	-61.2%	-95.5%
2003 vs 2000	7.0%	-9.2%	5.4%	4.9%	12.7%	8.8%	-47.1%
2005 vs 2003	-11.7%	-9.0%	-0.3%	-14.7%	9.1%	-0.9%	54.6%
2007 vs 2005	-29.9%	-12.9%	-17.0%	-15.4%	-13.5%	-4.5%	-49.2%
2007 vs 1995	-94.1%	-88.5%	-89.2%	-79.1%	-51.3%	-60.0%	-98.1%

Nei grafici seguenti (fig.1.17÷1.19) si riporta per il comune di Altopascio l'andamento negli anni delle emissioni totali e delle emissioni relative al solo macrosettore "Trasporti stradali" per gli inquinanti oggetto del modello di dispersione (C₆H₆, NO_x e PM₁₀).

Fig.1.17 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di benzene nel comune di Altopascio (IRSE 2007).

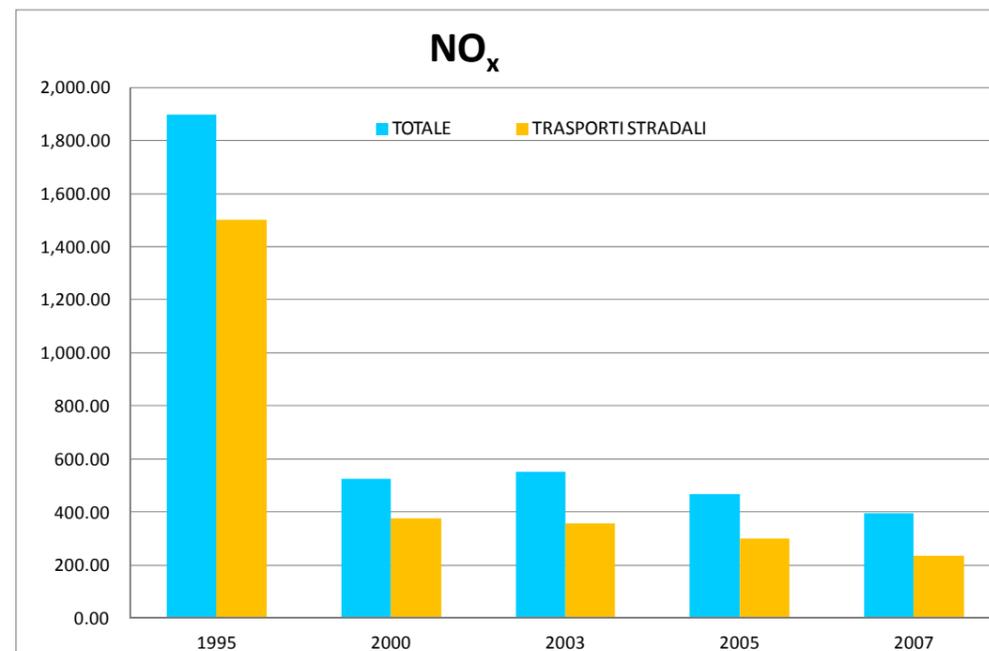


Fig.1.18 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di NO_x nel comune di Altopascio (IRSE 2007).

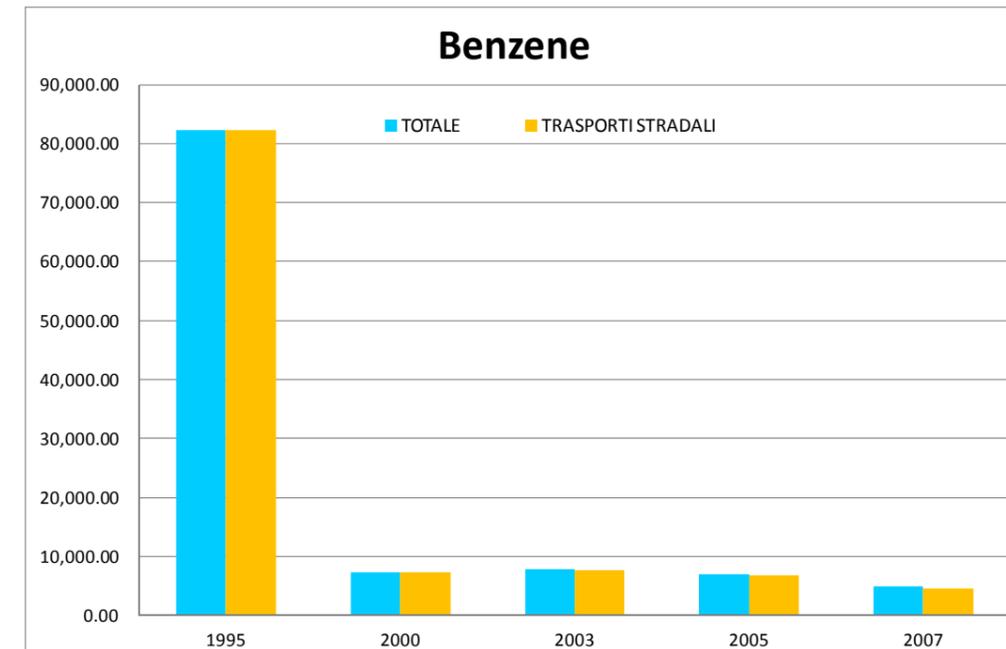
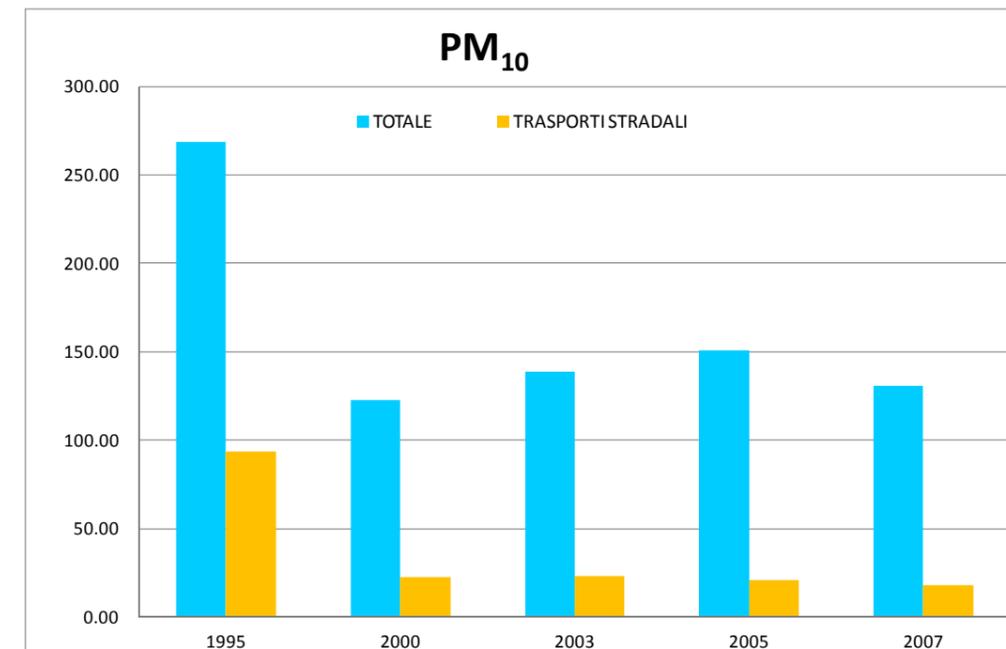


Fig.1.19 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di PM₁₀ nel comune di Altopascio (IRSE 2007).



1.4.3 EMISSIONI NEL COMUNE DI CAPANNORI

Nella tab.1.30÷1.35 seguenti sono riportati i dati di emissione del comune di Capannori relativi, nell'ordine, agli anni 1995, 2000, 2003, 2005 e 2007.

Tab.1.30 - Emissioni del comune di Capannori anno 1995 (IRSE 2007).

Macrosettorre	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	3.29	487.73	98.79	173.74	72.03	69.18	52.99
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.71	68.05	19.19	164.13	21.58	15.90	784.15
04 Processi produttivi	28.68	0.00	24.29	0.00	68.79	17.14	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	63.67	0.00	59.02	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	1.88	0.00	1,681.20	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	82,233.69	9,995.91	2,154.86	1,501.68	93.74	84.98	104.82
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	24.15	8.40	59.06	2.80	2.78	6.30
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	3.61	30.11	0.15	8.80	1.55	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	10.77	146.00	0.01	0.64	0.57	0.00
Totale	82,331.95	10,590.22	4,221.86	1,898.76	268.37	192.09	948.28

Tab.1.31 - Emissioni del comune di Capannori anno 2000 (IRSE 2007).

Macrosettorre	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1.99	608.59	123.93	161.51	87.28	84.95	41.53
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	62.17	13.33	177.75	1.08	1.08	15.20
04 Processi produttivi	18.48	0.00	27.90	0.00	57.13	10.72	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	5.73	0.00	50.99	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	1.12	0.00	1,172.54	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	49,436.34	6,745.37	1,660.67	1,218.36	88.93	79.83	26.20
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	15.68	5.22	45.75	2.24	2.23	0.88
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	3.55	23.14	0.14	8.34	1.29	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	51.68	161.17	0.02	3.05	2.75	0.00
Totale	49,463.69	7,487.04	3,238.91	1,603.53	248.05	182.85	83.83

Tab.1.32 - Emissioni del comune di Capannori anno 2003 (IRSE 2007).

Macrosettorre	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1.05	687.49	140.07	156.24	96.31	94.55	25.74
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	59.27	13.50	186.26	1.22	1.22	11.93
04 Processi produttivi	18.00	0.00	28.48	0.00	29.96	4.93	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	5.08	0.00	45.06	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	1.04	0.00	1,249.26	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	53,259.88	5,434.95	1,717.58	1,128.94	95.92	86.67	28.61
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	18.90	6.25	57.16	2.83	2.82	1.10
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	3.53	16.71	0.14	5.87	1.05	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	200.35	184.18	0.09	11.84	10.66	0.00
Totale	53,285.09	6,404.50	3,401.08	1,528.84	243.95	201.89	67.41

Tab.1.33 - Emissioni del comune di Capannori anno 2005 (IRSE 2007).

Macrosettorre	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1.01	762.45	154.98	181.34	106.11	104.28	25.96
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	56.90	13.60	180.95	1.61	1.61	10.17
04 Processi produttivi	15.30	0.00	29.64	0.00	30.86	4.77	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	4.91	0.00	45.50	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.97	0.00	1,277.36	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	43,140.67	3,911.94	1,420.40	1,147.50	95.54	85.85	6.14
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	24.10	7.89	74.26	3.67	3.66	0.21
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	3.05	16.67	0.12	35.13	2.99	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	23.62	166.40	0.01	1.40	1.26	0.00
Totale	43,162.88	4,782.04	3,132.45	1,584.19	274.32	204.41	42.50

Tab.1.34 - Emissioni del comune di Capannori anno 2007 (IRSE 2007).

Macrosettorre	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	0.73	539.20	107.25	208.49	73.01	71.56	23.24
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	85.69	15.31	200.25	1.11	1.11	1.07
04 Processi produttivi	1.04	0.00	28.26	0.00	32.59	3.35	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	4.00	0.00	38.24	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.86	0.00	1,321.69	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	30,157.07	3,053.76	972.14	896.52	77.76	68.59	5.47
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	20.70	6.73	61.91	3.15	3.14	0.17
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	2.88	14.75	0.12	5.70	0.95	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	44.35	146.28	0.02	2.62	2.36	0.00
Totale	30,163.73	3,746.57	2,650.66	1,367.30	195.94	151.05	29.97

In generale, nel Comune di Capannori si osserva un decremento delle emissioni di anno in anno. Nel 2007, le emissioni risultano ridotte rispetto alle emissioni del 1995 del 62% per il benzene e per il CO, del 17% per i COV, del 36% per i NO_x, del 12% per il PM₁₀, del 18% per il PM_{2,5} e del 67% per i SO_x. Nella tabella seguente, si riporta in dettaglio l'andamento delle emissioni negli anni.

Tab.1.35 - Confronto emissioni del comune di Capannori negli anni (IRSE 2007) (%).

	C ₆ H ₆	CO	COV	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO _x
2000 vs 1995	-39.0%	-18.8%	2.8%	-21.3%	13.6%	17.0%	-40.1%
2003 vs 2000	8.2%	24.2%	4.2%	-1.5%	45.1%	60.8%	-17.1%
2005 vs 2003	-19.2%	-51.7%	-7.2%	-8.8%	-21.5%	-39.8%	-23.2%
2007 vs 2005	-29.5%	-22.9%	-16.3%	-8.9%	-32.2%	-27.5%	-13.2%
2007 vs 1995	-62.4%	-62.4%	-16.9%	-35.6%	-12.3%	-17.9%	-66.9%

Nei grafici seguenti (fig.1.20÷1.22) si riporta per il comune di Capannori l'andamento negli anni delle emissioni totali e delle emissioni relative al solo macrosettorre "Trasporti stradali" per gli inquinanti oggetto del modello di dispersione (C₆H₆, NO_x e PM₁₀).

Fig.1.20 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di benzene nel comune di Capannori (IRSE 2007).

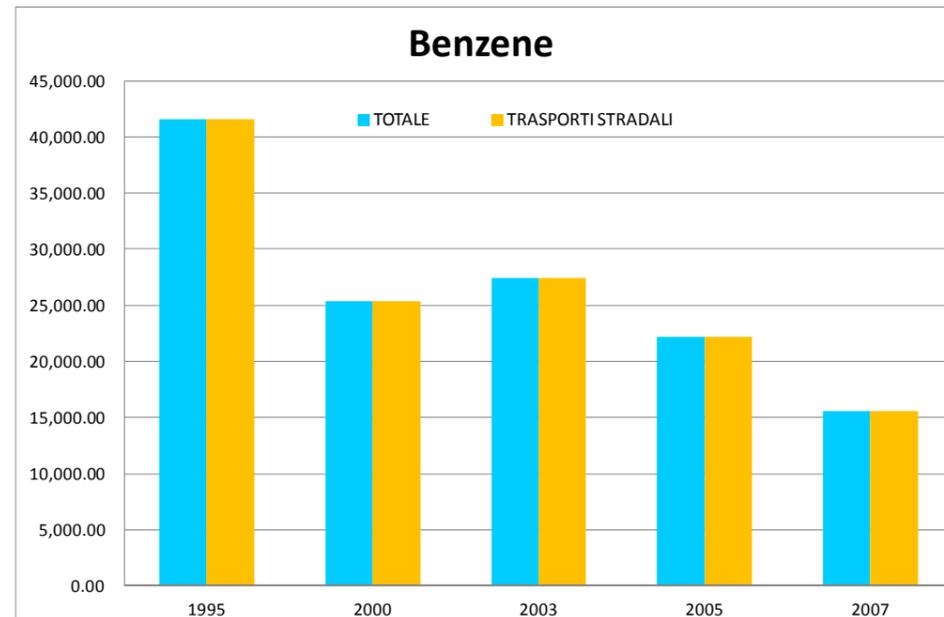


Fig.1.22 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di PM10 nel comune di Capannori (IRSE 2007).

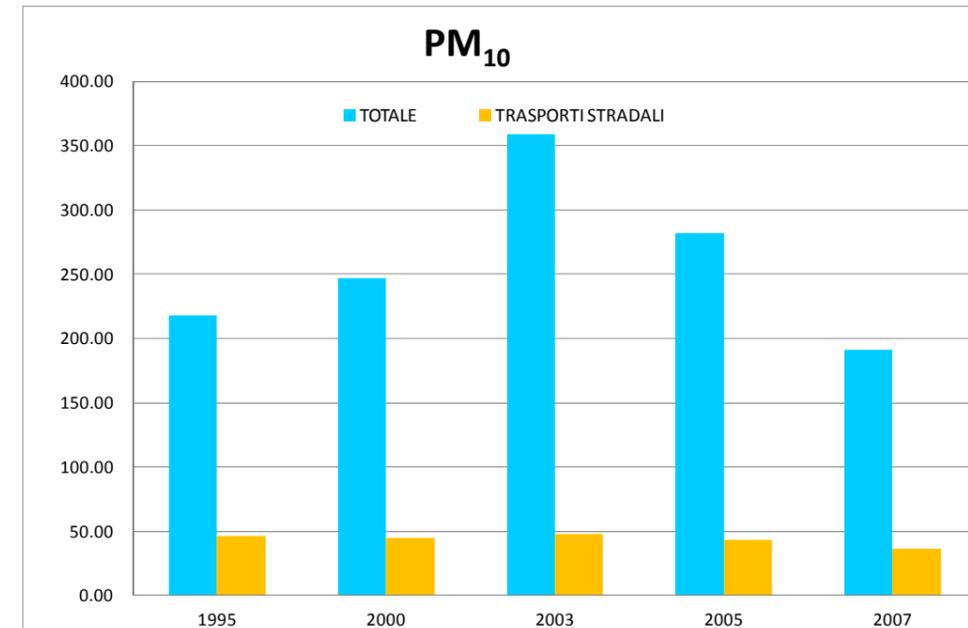
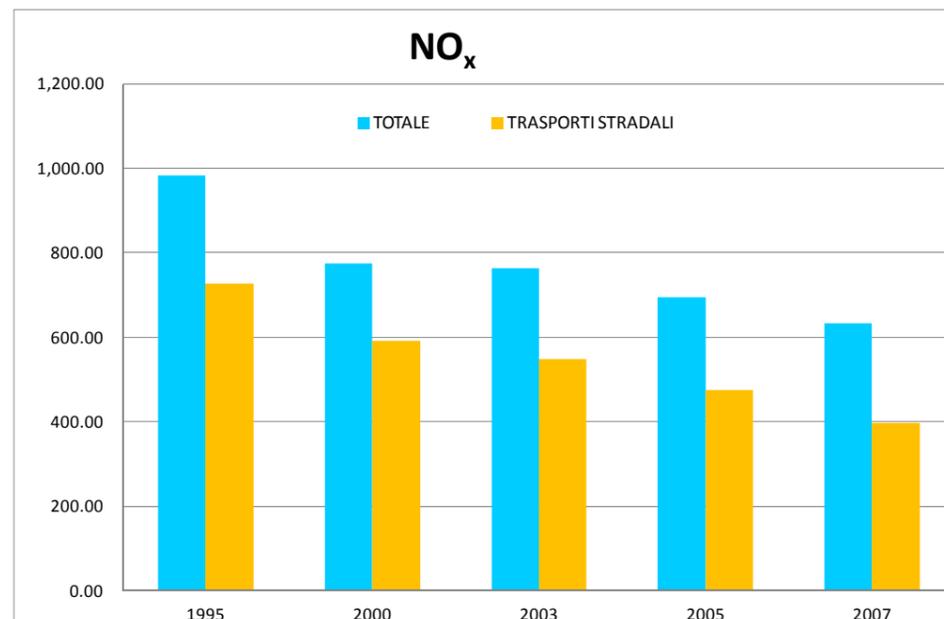


Fig.1.21 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di NOx nel comune di Capannori (IRSE 2007).



1.4.4 EMISSIONI NEL COMUNE DI LUCCA

Nella tab.1.36÷1.40 seguenti sono riportati i dati di emissione del comune di Lucca relativi, nell'ordine, agli anni 1995, 2000, 2003, 2005 e 2007.

Tab.1.36 - Emissioni del comune di Lucca anno 1995 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	3.29	487.73	98.79	173.74	72.03	69.18	52.99
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.71	68.05	19.19	164.13	21.58	15.90	784.15
04 Processi produttivi	28.68	0.00	24.29	0.00	68.79	17.14	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	63.67	0.00	59.02	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	1.88	0.00	1,681.20	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	82,233.69	9,995.91	2,154.86	1,501.68	93.74	84.98	104.82
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	24.15	8.40	59.06	2.80	2.78	6.30
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	3.61	30.11	0.15	8.80	1.55	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	10.77	146.00	0.01	0.64	0.57	0.00
Totale	82,331.95	10,590.22	4,221.86	1,898.76	268.37	192.09	948.28

Tab.1.37 - Emissioni del comune di Lucca anno 2000 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1.99	608.59	123.93	161.51	87.28	84.95	41.53
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	62.17	13.33	177.75	1.08	1.08	15.20
04 Processi produttivi	18.48	0.00	27.90	0.00	57.13	10.72	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	5.73	0.00	50.99	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	1.12	0.00	1,172.54	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	49,436.34	6,745.37	1,660.67	1,218.36	88.93	79.83	26.20
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	15.68	5.22	45.75	2.24	2.23	0.88
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	3.55	23.14	0.14	8.34	1.29	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	51.68	161.17	0.02	3.05	2.75	0.00
Totale	49,463.69	7,487.04	3,238.91	1,603.53	248.05	182.85	83.83

Tab.1.38 - Emissioni del comune di Lucca anno 2003 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1.05	687.49	140.07	156.24	96.31	94.55	25.74
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	59.27	13.50	186.26	1.22	1.22	11.93
04 Processi produttivi	18.00	0.00	28.48	0.00	29.96	4.93	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	5.08	0.00	45.06	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	1.04	0.00	1,249.26	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	53,259.88	5,434.95	1,717.58	1,128.94	95.92	86.67	28.61
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	18.90	6.25	57.16	2.83	2.82	1.10
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	3.53	16.71	0.14	5.87	1.05	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	200.35	184.18	0.09	11.84	10.66	0.00
Totale	53,285.09	6,404.50	3,401.08	1,528.84	243.95	201.89	67.41

Tab.1.39 - Emissioni del comune di Lucca anno 2005 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	1.01	762.45	154.98	181.34	106.11	104.28	25.96
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	56.90	13.60	180.95	1.61	1.61	10.17
04 Processi produttivi	15.30	0.00	29.64	0.00	30.86	4.77	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	4.91	0.00	45.50	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.97	0.00	1,277.36	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	43,140.67	3,911.94	1,420.40	1,147.50	95.54	85.85	6.14
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	24.10	7.89	74.26	3.67	3.66	0.21
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	3.05	16.67	0.12	35.13	2.99	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	23.62	166.40	0.01	1.40	1.26	0.00
Totale	43,162.88	4,782.04	3,132.45	1,584.19	274.32	204.41	42.50

Tab.1.40 - Emissioni del comune di Lucca anno 2007 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	0.73	539.20	107.25	208.49	73.01	71.56	23.24
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	85.69	15.31	200.25	1.11	1.11	1.07
04 Processi produttivi	1.04	0.00	28.26	0.00	32.59	3.35	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	4.00	0.00	38.24	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.86	0.00	1,321.69	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	30,157.07	3,053.76	972.14	896.52	77.76	68.59	5.47
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	20.70	6.73	61.91	3.15	3.14	0.17
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.03	2.88	14.75	0.12	5.70	0.95	0.02
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	44.35	146.28	0.02	2.62	2.36	0.00
Totale	30,163.73	3,746.57	2,650.66	1,367.30	195.94	151.05	29.97

In generale, nel Comune di Lucca si osserva un decremento delle emissioni di anno in anno. Nel 2007, le emissioni risultano ridotte rispetto alle emissioni del 1995 del 63% per il benzene, del 65% per il CO, del

37% per i COV, del 28% per i NO_x, del 27% per il PM₁₀, del 21% per il PM_{2,5} e del 97% per i SO_x. Nella tab.1.41 seguente, si riporta in dettaglio l'andamento delle emissioni negli anni.

Tab.1.41 - Confronto emissioni del comune di Lucca negli anni (IRSE 2007) (%).

	C ₆ H ₆	CO	COV	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO _x
2000 vs 1995	-39.9%	-29.3%	-23.3%	-15.5%	-7.6%	-4.8%	-91.2%
2003 vs 2000	7.7%	-14.5%	5.0%	-4.7%	-1.7%	10.4%	-19.6%
2005 vs 2003	-19.0%	-25.3%	-7.9%	3.6%	12.4%	1.2%	-37.0%
2007 vs 2005	-30.1%	-21.7%	-15.4%	-13.7%	-28.6%	-26.1%	-29.5%
2007 vs 1995	-63.4%	-64.6%	-37.2%	-28.0%	-27.0%	-21.4%	-96.8%

Nei grafici seguenti (fig.1.23÷1.25) si riporta per il comune di Lucca l'andamento negli anni delle emissioni totali e delle emissioni relative al solo macrosettore "Trasporti stradali" per gli inquinanti oggetto del modello di dispersione (C₆H₆, NO_x e PM₁₀).

Fig.1.23 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di benzene nel comune di Lucca (IRSE 2007).

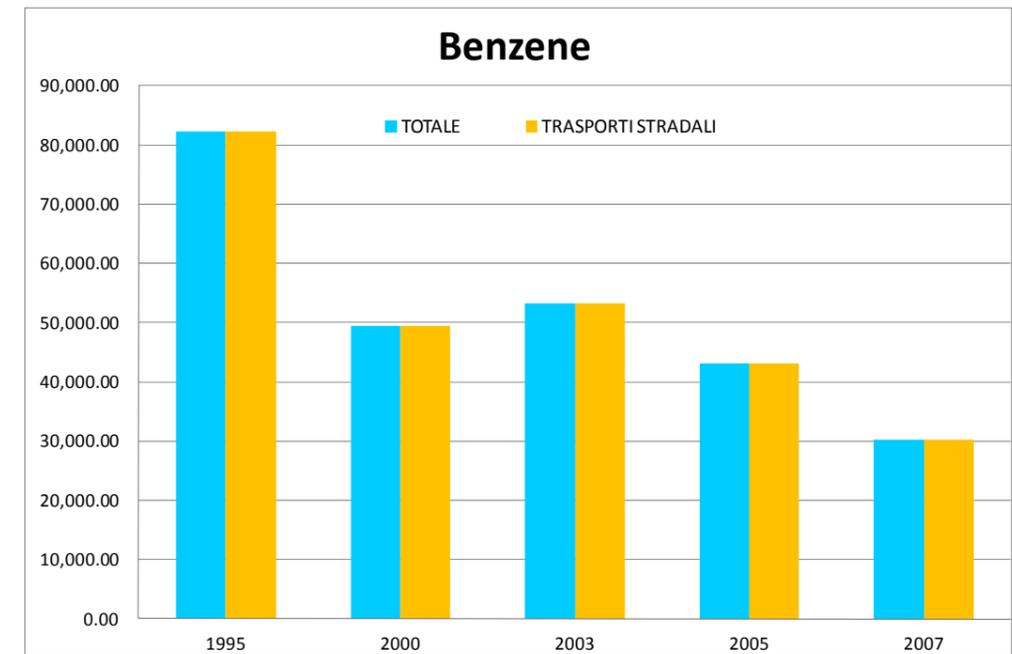


Fig.1.24 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di NOx nel comune di Lucca (IRSE 2007).

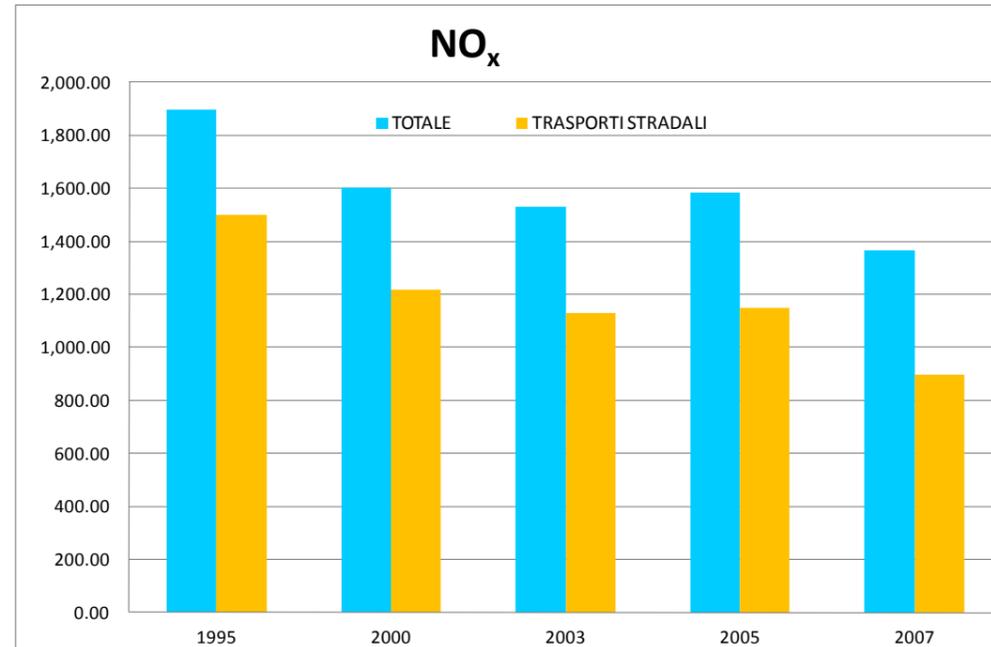
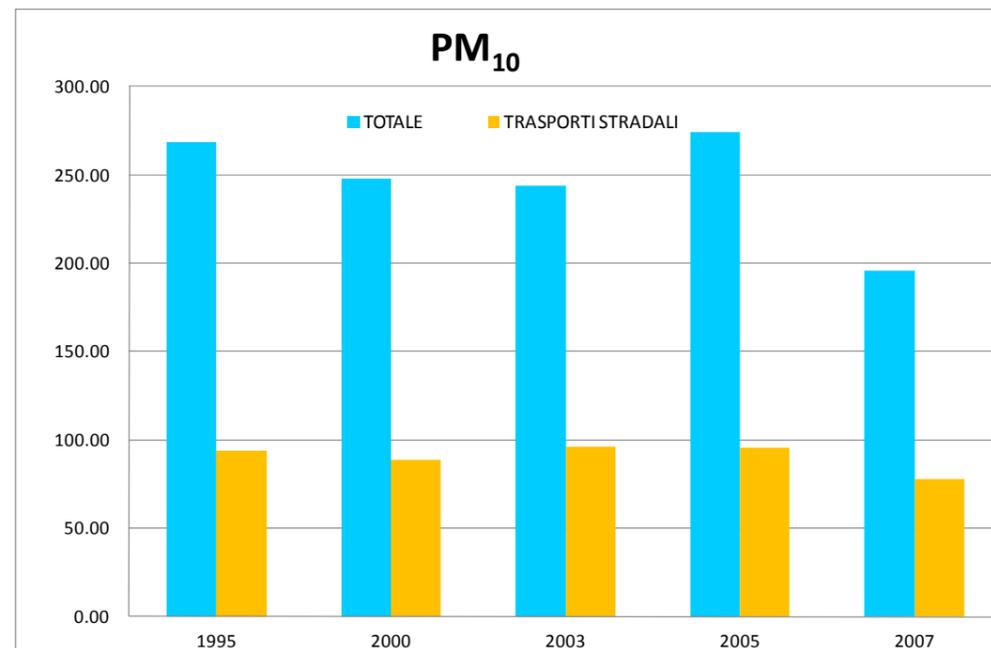


Fig.1.25 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di PM10 nel comune di Lucca (IRSE 2007).



1.4.5 EMISSIONI NEL COMUNE DI PORCARI

Nelle tab.1.42÷1.46 seguenti sono riportati i dati di emissione del comune di Porcari relativi, nell'ordine, agli anni 1995, 2000, 2003, 2005 e 2007.

Tab.1.42 - Emissioni del comune di Porcari anno 1995 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 Impianti di combustione non industriali	0.34	65.09	13.48	11.81	9.74	9.43	5.40
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	97.89	11.44	313.44	3.96	3.96	16.93
04 Processi produttivi	25.36	0.00	9.07	0.00	3.80	3.17	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	4.52	0.00	4.58	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.46	0.00	1,762.91	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	6,955.71	870.09	184.97	180.94	10.45	9.57	13.09
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	2.74	0.85	8.59	0.48	0.48	1.01
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.02	2.37	7.33	0.10	2.78	0.57	0.01
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	6,986.40	1,038.19	1,994.63	514.87	31.22	27.18	36.44

Tab.1.43 - Emissioni del comune di Porcari anno 2000 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	137.91	5.33	496.49	4.80	4.80	1.60
02 Impianti di combustione non industriali	0.24	69.17	14.27	12.53	10.11	9.84	4.28
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	139.12	12.45	616.06	4.10	4.10	16.48
04 Processi produttivi	25.36	0.00	9.80	0.00	3.80	3.17	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.41	0.00	6.83	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.57	0.00	1,819.15	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	4,439.65	633.27	151.75	159.21	10.43	9.46	3.25
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	2.57	0.80	8.05	0.46	0.46	0.17
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.02	2.33	4.13	0.09	2.78	0.50	0.01
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	4,466.26	984.38	2,024.51	1,292.44	36.49	32.34	25.79

Tab.1.44 - Emissioni del comune di Porcari anno 2003 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	58.30	5.79	154.60	5.21	5.21	1.74
02 Impianti di combustione non industriali	0.17	79.20	16.26	14.65	11.27	11.04	3.05
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	179.96	19.67	645.71	6.70	6.70	13.65
04 Processi produttivi	19.09	0.00	6.13	0.00	2.86	2.39	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.31	0.00	6.12	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.53	0.00	1,823.40	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	4,729.68	513.03	155.21	150.08	10.94	9.95	3.60
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	3.62	1.13	11.31	0.65	0.65	0.23
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.02	2.32	4.66	0.09	2.29	0.48	0.01
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	4,749.80	836.43	2,038.37	976.44	39.92	36.42	22.29

Tab.1.45 - Emissioni del comune di Porcari anno 2005 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	52.75	5.41	195.68	4.87	4.87	1.62
02 Impianti di combustione non industriali	0.16	87.94	18.00	17.57	12.41	12.18	3.09
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	344.77	23.31	760.59	7.59	7.59	14.94
04 Processi produttivi	19.09	0.00	6.38	0.00	2.86	2.39	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.30	0.00	80.54	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.49	0.00	1,828.03	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	4,006.64	380.15	133.06	128.06	10.02	9.01	0.67
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	3.78	1.18	11.78	0.69	0.69	0.04
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.02	2.00	4.60	0.08	17.09	1.46	0.01
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	4,026.70	871.39	2,100.50	1,113.76	55.53	38.18	20.37

Tab.1.46 - Emissioni del comune di Porcari anno 2007 (IRSE 2007).

Macrosettore	C ₆ H ₆ (kg/anno)	CO (ton/anno)	COV (ton/anno)	NO _x (ton/anno)	PM ₁₀ (ton/anno)	PM _{2,5} (ton/anno)	SO _x (ton/anno)
01 Combustione industria dell'energia e trasformaz. fonti energetiche	0.00	79.05	5.62	200.84	5.05	5.05	1.68
02 Impianti di combustione non industriali	0.12	60.71	12.30	16.60	8.50	8.32	2.65
03 Impianti di combustione industriale e processi con combustione	0.00	192.28	19.12	691.46	7.08	7.08	9.22
04 Processi produttivi	11.56	0.00	5.56	0.00	1.73	1.44	0.00
05 Estrazione e distribuz. combustibili fossili ed energia geotermica	0.27	0.00	5.36	0.00	0.00	0.00	0.00
06 Uso di solventi	0.44	0.00	1,827.60	0.00	0.00	0.00	0.00
07 Trasporti stradali	2,792.57	303.70	91.07	103.27	8.55	7.54	0.64
08 Altre sorgenti mobili e macchine	0.00	3.60	1.13	11.20	0.66	0.66	0.03
09 Trattamento e smaltimento rifiuti	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10 Agricoltura	0.02	1.89	4.64	0.08	2.18	0.42	0.01
11 Altre sorgenti/Natura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Totale	2,804.98	641.23	1,972.39	1,023.45	33.75	30.51	14.24

In generale, nel Comune di Porcari si osserva un decremento delle emissioni di anno in anno. Nel 2007, le emissioni risultano ridotte rispetto alle emissioni del 1995 del 60% per il benzene, del 38% per il CO, dell'1% per i COV e del 61% per i SO_x. Si registra, invece, un incremento delle polveri PM₁₀ dell'8%, un incremento delle emissioni di PM_{2,5} del 12% e un incremento del 99% di NO_x. Le emissioni di questi ultimi 3 parametri sono comunque in decremento rispetto al 2005.

Nella tab.1.47 seguente, si riporta in dettaglio l'andamento delle emissioni negli anni.

Tab.1.47 - Confronto emissioni del comune di Porcari negli anni (IRSE 2007) (%).

	C ₆ H ₆	CO	COV	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO _x
2000 vs 1995	-36.1%	-5.2%	1.5%	151.0%	16.9%	19.0%	-29.2%
2003 vs 2000	6.3%	-15.0%	0.7%	-24.4%	9.4%	12.6%	-13.6%
2005 vs 2003	-15.2%	4.2%	3.0%	14.1%	39.1%	4.8%	-8.6%
2007 vs 2005	-30.3%	-26.4%	-6.1%	-8.1%	-39.2%	-20.1%	-30.1%
2007 vs 1995	-59.9%	-38.2%	-1.1%	98.8%	8.1%	12.3%	-60.9%

Nei grafici seguenti (fig.1.26÷1.28) si riporta per il comune di Porcari l'andamento negli anni delle emissioni totali e delle emissioni relative al solo macrosettore "Trasporti stradali" per gli inquinanti oggetto del modello di dispersione (C₆H₆, NO_x e PM₁₀).

Fig.1.26 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di benzene nel comune di Porcari (IRSE 2007).

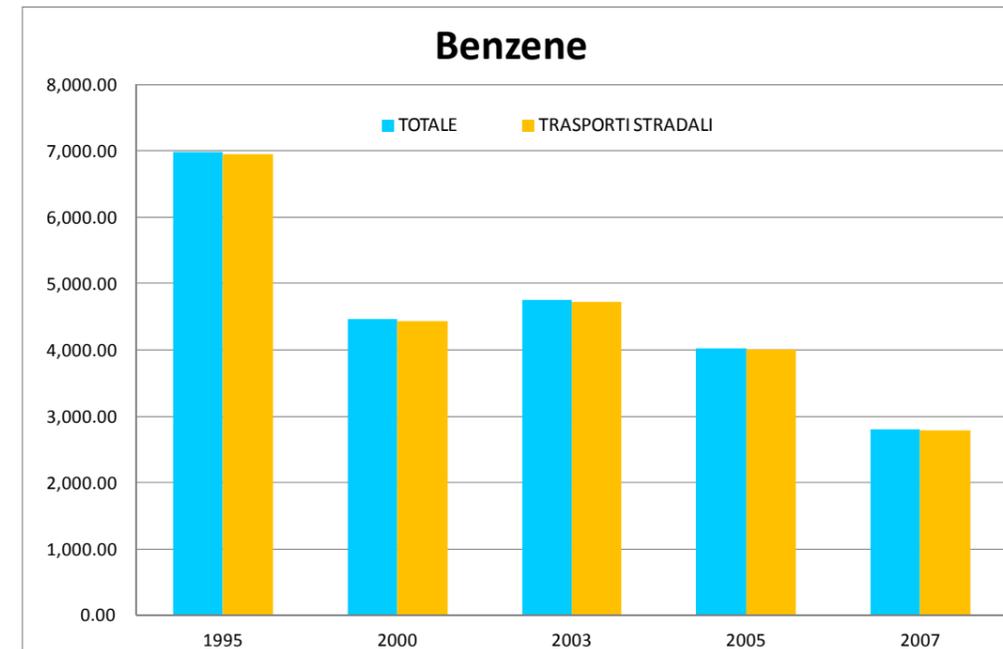
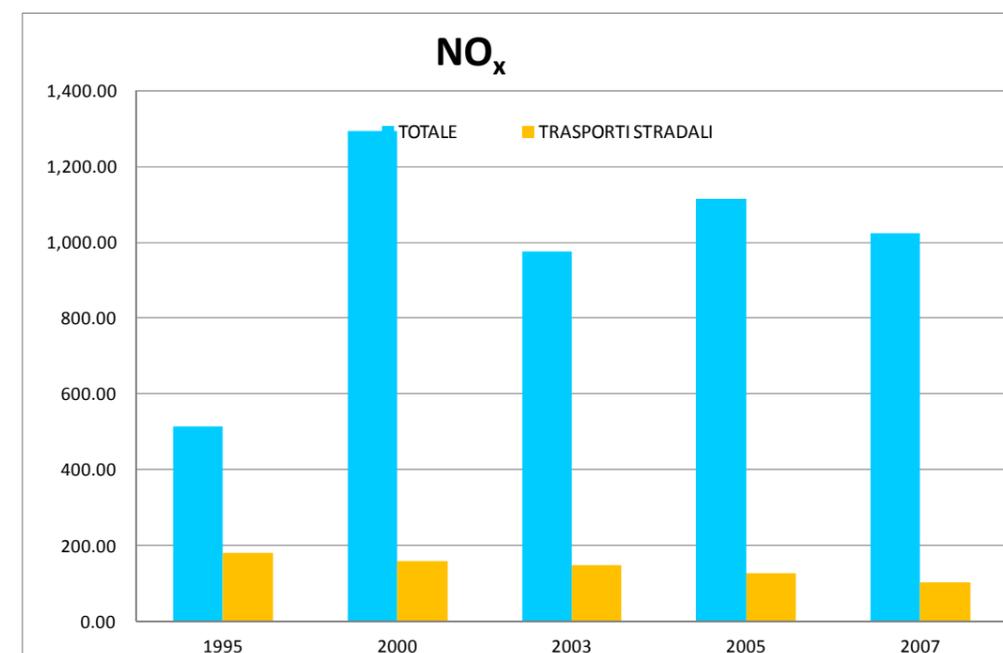
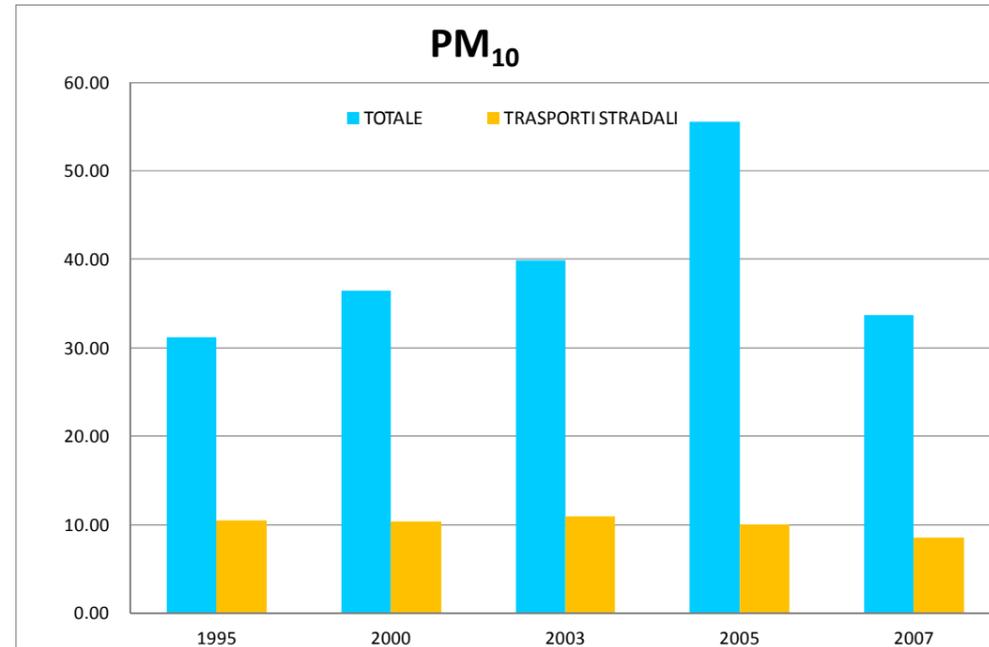
Fig.1.27 - Andamento negli anni delle emissioni missioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di NO_x nel comune di Porcari (IRSE 2007).

Fig.1.28 - Andamento negli anni delle emissioni totali e del solo macrosettore "Trasporti stradali" di PM10 nel comune di Porcari (IRSE 2007).



Nella tab.1.48 seguente è riassunto il contributo percentuale di ogni comune alle emissioni complessive dei principali tre inquinanti, oggetto del modello di dispersione, relative al solo macrosettore "Trasporti stradali".

Tab.1.48 - Contributo percentuale di ogni comune alle emissioni complessive dei principali tre inquinanti relative al solo macrosettore "Trasporti stradali" (IRSE 2007).

	C ₆ H ₆	NO _x	PM ₁₀
Lucca	56.6%	54.8%	55.0%
Capannori	29.4%	24.4%	26.0%
Altopascio	8.7%	14.5%	12.9%
Porcari	5.2%	6.3%	6.0%
TOTALE	100.0%	100.0%	100.0%

1.5 LO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA NELLA PIANA LUCCHESE

Per la valutazione della qualità dell'aria dell'area di interesse sono stati analizzati i dati riportati nella "Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana, Anno 2011" redatta da ARPAT- Area Vasta Costa e nel rapporto "Qualità dell'aria della Provincia di Lucca, Stazioni locali

aggiuntive alla rete regionale, Anno 2011" redatto dal Dipartimento ARPAT di Lucca. Tali edizioni, pubblicate nel 2012 e riguardanti i dati monitorati nel 2011, risultano essere le più recenti disponibili. Sono stati, altresì, analizzati i dati riportati nel PAC del Comune di Lucca "Azioni per il risanamento della qualità dell'aria ambiente nelle aree urbane (ai sensi della Legge Regionale n. 9/2010, Delibere G.R. n. 1025/2010, 22/2011 e 959/2011)" per il periodo 2012-2013.

La rete regionale di monitoraggio della regione Toscana a partire dal 1 gennaio 2011 è costituita da 32 postazioni di misura. Tale rete di monitoraggio, adottata con delibera DGRT 1025/2010, sostituisce le reti regionali precedentemente esistenti di PM₁₀ (DGRT 377/06), PM_{2,5} (DGRT 21/2008) e O₃ (DGRT 27/2006), rispondendo ai requisiti stabiliti dal D.Lgs. 155/2010, decreto che stabilisce le modalità attraverso le quali effettuare il rilevamento e la successiva valutazione della qualità dell'aria, attività che devono essere gestite non più su base provinciale, come accadeva in passato, ma su scala regionale, nell'ambito di zone omogenee dal punto di vista delle fonti di inquinamento e della loro influenza sul territorio. L'identificazione delle stazioni è stata effettuata mediante l'applicazione dei criteri previsti dall'allegato V del D.Lgs. 155/2010, riconducibile sostanzialmente alla popolazione residente nella zona ed ai valori misurati in relazione ai livelli di valutazione inferiore e superiore. Questa operazione, ha comportato una significativa riduzione delle stazioni per la rete regionale rispetto al numero complessivo delle stazioni provinciali in esercizio nel territorio della regione Toscana prima dell'entrata in vigore del D.Lgs. 155/2010. Le postazioni previste tengono conto del numero minimo previsto dalla normativa e della necessità di rappresentare tutte le criticità presenti in ciascuna zona.

Le 2 mappe (fig.1.29÷1.30) seguenti illustrano: la prima, la zonizzazione del territorio per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010 (biossido di zolfo, biossido di azoto, particolato PM₁₀ e PM_{2,5}, piombo, benzene, monossido di carbonio, arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene), la seconda, la zonizzazione per l'ozono di cui all'allegato IX del D.Lgs. 155/2010.

Per il rilevamento e la valutazione dei livelli di PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂, SO₂, CO, Benzene, IPA e metalli sono state individuate 5 zone ed un agglomerato, distinte in base alle caratteristiche morfologiche, climatiche e di pressioni esercitate sul territorio: zona costiera; zona Valdarno pisano e piana lucchese; zona Prato Pistoia; zona Valdarno aretino e Valdichiana; zona collinare e montana; agglomerato di Firenze (comprende Firenze e i Comuni dell'area omogenea).

Per l'ozono, che richiede una zonizzazione specifica per via della sua natura secondaria da cui deriva una distribuzione più omogenea su larga scala, sono state individuate 3 zone distinte in base ai fattori che maggiormente incidono sulla distribuzione di questo inquinante, quali altitudine e distanza dalla costa: zona delle pianure costiere, zona delle pianure interne e zona collinare e montana.

Fig.1.29 - Zonizzazione del territorio per gli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010 (biossido di zolfo, biossido di azoto, particolato PM₁₀ e PM_{2,5}, piombo, benzene, monossido di carbonio, arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene).

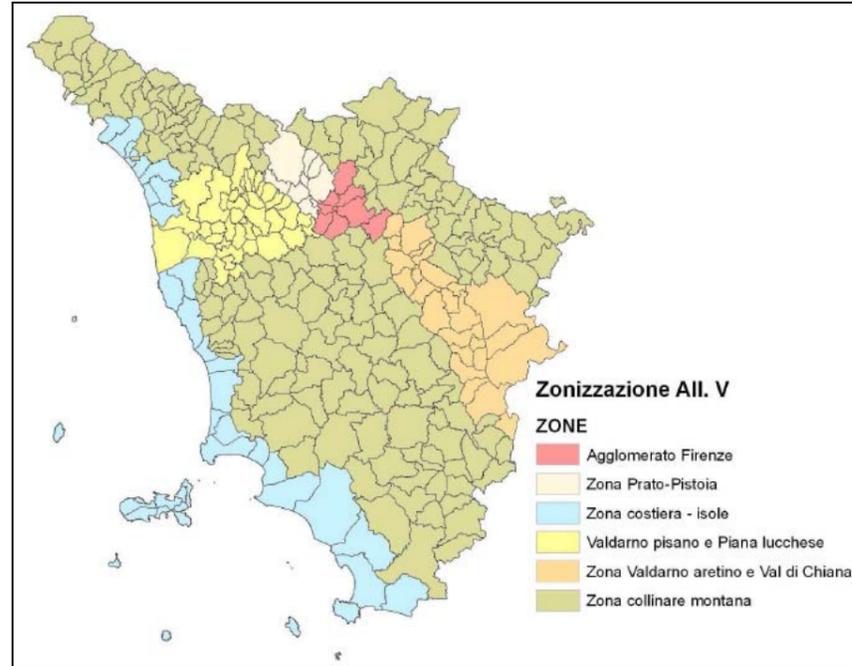
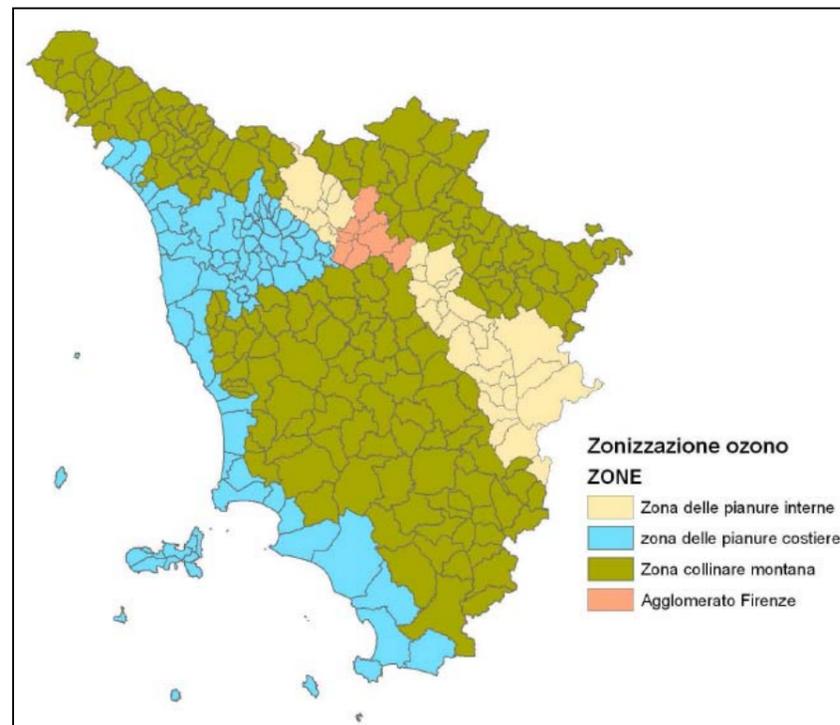


Fig.1.30 - Zonizzazione del territorio per l'ozono di cui all'allegato IX del D.Lgs. 155/2010.



La città di Lucca ricade nella zona "Valdarno Pisano e Piana Lucchese" per quanto riguarda la zonizzazione degli inquinanti di cui all'allegato V del D.Lgs. 155/2010 e nella zona delle pianure costiere per quanto riguarda la zonizzazione dell'Ozono.

La suddetta zonizzazione comporta la revoca della precedente DGR 1325/03 con cui la Regione Toscana, precedentemente all'entrata in vigore del dlgs 155/2010, aveva effettuato la zonizzazione e la classificazione del territorio regionale.

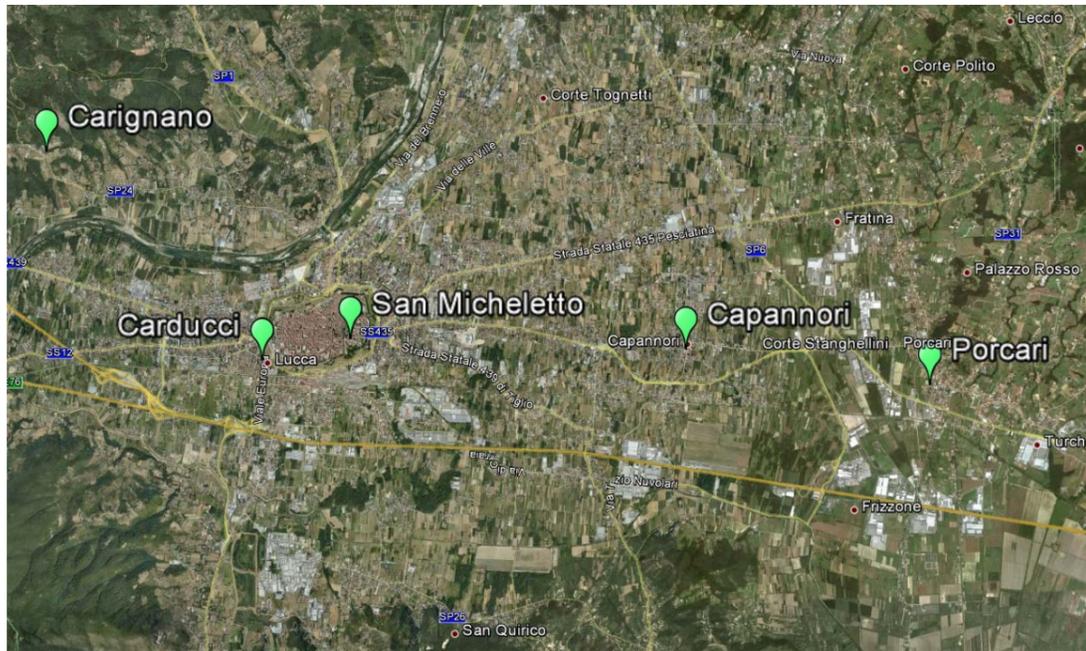
Attualmente, la rete regionale prevede nella Piana Lucchese:

- o una stazione di fondo rurale situata presso Carignano, adibita al rilevamento dell'ozono (facente parte della rete regionale) e dell'NO₂ (a partire dal mese di agosto 2011, motivo per cui i dati di NO₂ rilevati nel 2011 non possono ritenersi rappresentativi);
- o una stazione di fondo urbano all'interno del Comune di Lucca, non ancora attiva, per il rilevamento di NO₂, PM₁₀ e benzene;
- o una postazione di fondo urbano situata nel comune di Capannori, dedicata al monitoraggio dei parametri PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ ed SO₂. Nel 2011 risulta ancora priva degli analizzatori per il monitoraggio di PM_{2,5} ed SO₂, strumentazione prevista dalla DGRT 1025/2010 ma non ancora acquisita e installata.

Oltre alle stazioni facenti parte della rete regionale, nella Piana Lucchese sono presenti ulteriori due centraline: una stazioni di traffico urbano nella città di Lucca, situata presso via S. Michele (dedicata al monitoraggio di NO_x e PM₁₀, attualmente in attesa di essere ricollocata come previsto dagli All. 3 e 6 del DGRT 1025/2010), e una postazione periferica di fondo situata nel comune di Porcari (appartenente alla ex rete provinciale ma mantenuta attiva nell'arco del 2011 in virtù di accordi tra Enti locali ed ARPAT, dedicata al monitoraggio di NO_x, O₃ e PM₁₀). Fino al 04/05/2011, inoltre, era presente nel Comune di Lucca una stazione di traffico urbano su viale Carducci dedicata al monitoraggio di PM₁₀ e CO. La rappresentatività della centralina di viale Carducci è limitata rispetto all'insieme delle aree residenziali, essendo collocata in zona immediatamente adiacente a viabilità ad elevato volume di traffico e quindi rappresentando una situazione di esposizione certamente più elevata della media cittadina. Benché considerate entrambe come stazioni "urbana-traffico", le centraline di viale Carducci e San Michele differiscono per la loro posizione: la stazione di viale Carducci è situata al centro di una rotonda, mentre quella di San Michele è già all'interno delle mura della città e quindi comunque in una zona di apparente minore traffico.

Nella immagine seguente (fig.1.31), sono riportate le centraline di monitoraggio presenti nella piana Lucchese in modo da poter valutare la loro localizzazione rispetto all'area di interesse.

Fig.1.31 - Localizzazione delle centraline di monitoraggio.



Nel corso degli anni, i parametri monitorati nelle diverse centraline non sono rimasti costanti. Il CO e l'SO₂, ad esempio, sono stati monitorati fino al 2010 poiché le concentrazioni rivelate risultavano da anni molto inferiori ai limiti di legge. Nella tab.1.49 seguente si riportano i parametri monitorati negli anni presso le diverse centraline.

Tab.1.49 - Parametri monitorati nelle centraline della Piana Lucchese.

		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
San Michele	PM ₁₀	x	x	x	x	x	x	x	x
	NO ₂	x	x	x	x	x	x	x	x
	SO ₂	x	x	x	x	x	x	x	
Carducci	PM ₁₀			x	x	x	x	x	x
	CO	x	x	x	x	x	x		
	SO ₂	x	x	x	x	x	x		
Carignano	O ₃				x	x	x	x	x
	SO ₂	x	x	x					
Capannori	PM ₁₀				x	x	x	x	x
	NO ₂				x	x	x	x	x
	CO	x	x	x	x	x	x	x	
Porcari	PM ₁₀		x	x	x	x	x	x	x
	NO ₂				x	x	x	x	x
	O ₃	x	x	x	x	x	x	x	x
	CO	x	x	x	x				
	SO ₂	x	x	x	x	x	x	x	

Di seguito sono analizzati dapprima i dati di monitoraggio delle PM₁₀ sulla base di quanto riportato nel PAC di Lucca, integrando gli stessi dati con quelli monitorati nell'anno 2011 (in quanto il PAC di Lucca riporta i dati e la relativa analisi fino al 2010), tratti dagli elaborati "Relazione annuale sullo stato della qualità dell'aria nella regione Toscana, Anno 2011" redatto da ARPAT- Area Vasta Costa, "Qualità dell'aria della Provincia di Lucca, Stazioni locali aggiuntive alla rete regionale, Anno 2011" e dal rapporto "Rete di rilevamento della qualità dell'aria della provincia di Lucca - anno 2010" entrambi redatti dal Dipartimento ARPAT di Lucca. Successivamente sono analizzati i dati di monitoraggio degli altri parametri, analizzando i dati riportati nei suddetti elaborati. Per quanto riguarda gli inquinanti Benzene e PM_{2.5} non è stato possibile effettuare una valutazione della qualità dell'aria da dati storici poiché la rete di monitoraggio della provincia di Lucca fino al 2011 non prevedeva il monitoraggio di questi inquinanti.

Il PAC di Lucca concentra le analisi sul solo PM₁₀ relativamente al periodo intercorrente tra il 2004 e il 2010.

Relativamente al PM₁₀, nelle fig.1.32÷1.34 seguenti è riportato il confronto tra la stazione traffico di viale Carducci e quella di fondo urbano di Capannori, il confronto tra la stazione di San Michele e quella di Capannori e il confronto tra le due stazioni di Lucca. Nelle figure sono mostrati i valori limite giornalieri (50 µg/m³) e medio annuale (40 µg/m³).

Fig.1.32 - Andamento nel tempo delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di viale Carducci e di Capannori (linea blu: valore limite giornaliero di 50µg/m3 - linea rossa:valore limite medio annuale di 40µg/m3).

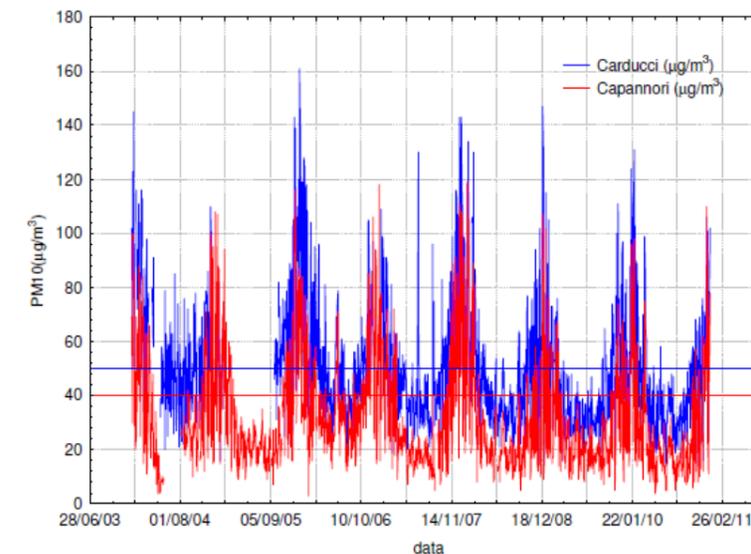


Fig.1.33 - Andamento nel tempo delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di San Michele e di Capannori (linea blu: valore limite giornaliero di 50µg/m³ - linea rossa:valore limite medio annuale di 40µg/m³).

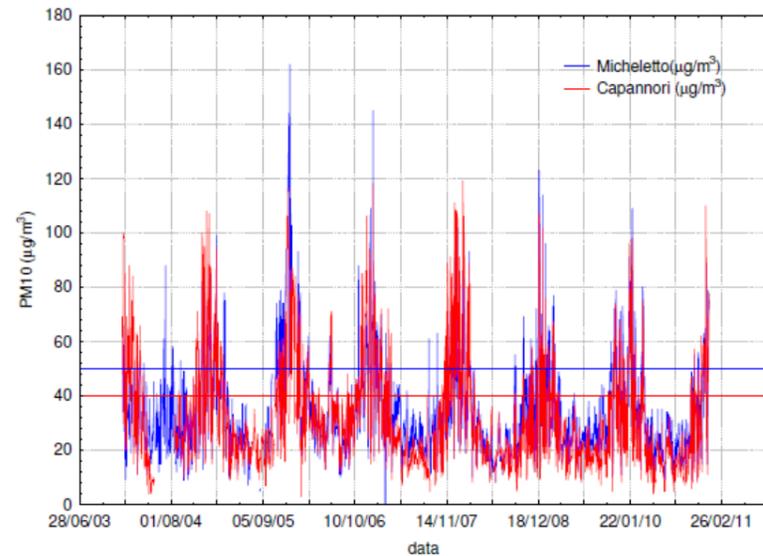
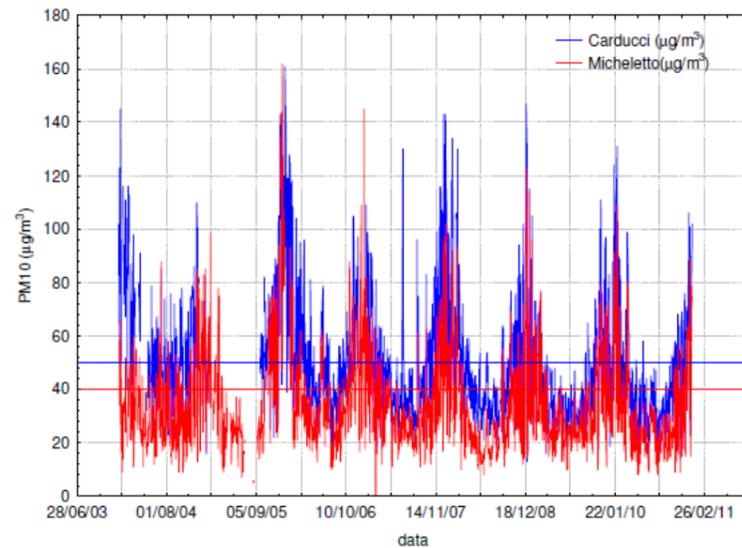


Fig.1.34 - Andamento nel tempo delle concentrazioni di PM10 nelle stazioni di viale Carducci e di San Michele (linea blu: valore limite giornaliero di 50µg/m³ - linea rossa:valore limite medio annuale di 40µg/m³).



Gli andamenti delle concentrazioni delle PM₁₀ sono abbastanza concordi nel tempo. I valori misurati in viale Carducci sono più elevati di quelli di san Michele e di Capannori. Inoltre, il superamento del valore di 50 µg/m³ è avvenuto numerose volte in tutte le stazioni. L'intervallo di concentrazione delle

PM₁₀ inferiori od uguali a 50 µg/m³ è maggiormente popolato nelle stazioni di San Michele, Capannori e Porcari (85%, 84% ed 82% rispettivamente) rispetto alle stazioni di viale Carducci (67%).

Nella seguente tab.1.50 sono riassunti i superamenti rispetto al valore limite giornaliero di 50 µg/m³ registrati tra il 2006 e il 2011 nelle quattro stazioni considerate.

Tab.1.50 - Superamenti del valore limite giornaliero di 50 µg/m³ tra il 2004 e il 2011.

Anno	Carducci	S. Michele	Capannori	Porcari
2004	-	19	-	-
2005	-	n.d. ^b	-	32 ^c
2006	170	52	-	73
2007	131	50	61	63
2008	121	41	40	42
2009	92	50	35	41
2010	98	48	38	41
2011	54 ^a	65	57	54

^a periodo 01/01/2011 – 04/05/2011; ^b efficienza dell'analizzatore inferiore al 90%; ^c installato il 13/02/2005

Nel 2010, in viale Carducci i superamenti sono stati 98 mentre nel 2011 i dati sono limitati al mese di maggio, in San Michele sono stati 48 nel 2010 e 65 nel 2011, a Capannori sono stati 38 nel 2010 e 57 nel 2011 e a Porcari sono stati 41 nel 2010 e 54 nel 2011.

I dati indicano che per le stazioni di viale Carducci, Capannori e Porcari si è avuta una riduzione generalizzata dei superamenti passando dall'anno 2006 all'anno 2010. Particolarmente evidente è la diminuzione tra il 2006 ed il 2007 ed il 2007 ed il 2008. Nel caso di viale Carducci la diminuzione prosegue fino al 2009. Il numero di superamenti di San Michele non ha subito variazioni di rilievo nel periodo considerato. Nel 2011 si registra, invece, un'inversione di tendenza con un aumento generalizzato dei superamenti in tutte le centraline.

Le analisi del PAC di Lucca dimostrano anche che: il numero di superamenti è minore, quasi nullo, nei mesi estivi e di tarda primavera e che la stazione di viale Carducci ha percentuali decisamente superiori di superamenti anche nei mesi estivi; per quanto concerne l'andamento del numero di superamenti in funzione dei giorni della settimana nelle stazioni di Capannori e San Michele, il numero di superamenti domenicali risulta talvolta superiore a quelli registrati negli altri giorni settimanali (questo fa sì che non si possa rigettare l'ipotesi che non vi sia differenza tra il comportamento domenicale e quello degli altri giorni), mentre nella stazione di Porcari e di viale Carducci il numero di superamenti domenicali è sempre inferiore a quello degli altri giorni settimanali (questo fa sì che si possa rigettare l'ipotesi che non vi sia differenza tra il comportamento domenicale e quello degli altri giorni della settimana).

Ad integrazione del PAC si riportano di seguito i trend delle medie annuali.

Tab.1.51 - Concentrazioni medie annuali PM10 tra il 2004 e il 2011 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Anno	Carducci	S. Michele	Capannori	Porcari
2004	-	32.4	-	-
2005	-	n.d. ^b	-	31.1 ^c
2006	56.9	36.8	-	37.1
2007	50.7	33.9	31	34.1
2008	48	31	29	30
2009	44	33	27	29
2010	44	31	27	28
2011	56.9 ^a	33	31	31

^a periodo 01/01/2011 – 04/05/2011; ^b efficienza dell'analizzatore inferiore al 90%; ^c installato il 13/02/2005

Ad eccezione della centralina di Viale Carducci, le concentrazioni medie annuali di PM₁₀ registrate sono inferiori al valore limite annuale in tutte le postazioni e in tutti gli anni.

Nella tab.1.52 seguente si riportano le concentrazioni medie annuali del parametro NO₂ rilevate negli anni 2004 – 2011 presso le diverse centraline.

Tab.1.52 - Concentrazioni medie annuali NO₂ tra il 2004 e il 2011 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Anno	S. Michele	Capannori	Porcari
2004	26	-	-
2005	28	-	-
2006	28	-	-
2007	n.d. ^a	47	42
2008	n.d. ^a	41	44
2009	n.d. ^a	43	43
2010	35	24	34
2011	35	35	33

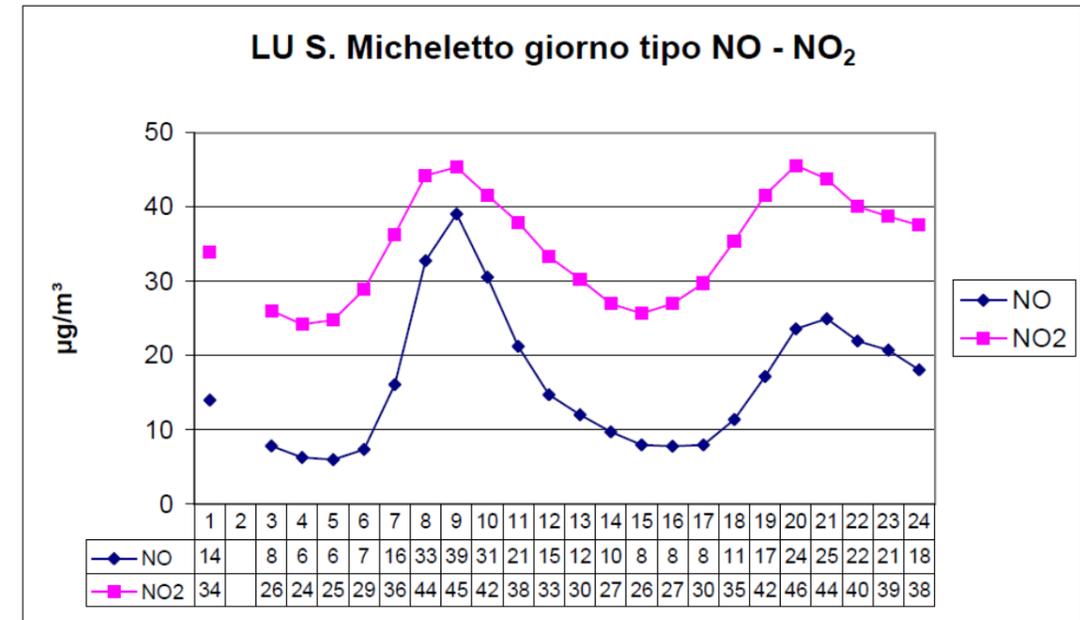
^a efficienza dell'analizzatore inferiore al 90%

Il parametro NO₂ non ha mai presentato particolari criticità presso la centralina di via San Michele. Il massimo valore orario riscontrato nel corso del 2011 è stato pari a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (22/12/11 ore 21).

Presso le centraline di Porcari e Capannori, invece, negli anni 2007, 2008 e 2009 è stato superato il valore limite annuale di 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nel grafico seguente (fig.1.35) tratto dal rapporto "Qualità dell'aria della Provincia di Lucca. Stazioni locali aggiuntive alla rete regionale. Anno 2011" è rappresentato l'andamento giornaliero NO – NO₂ del giorno tipo presso la centralina di S. Michele. La media annuale di NO_x registrata è pari a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Fig.1.35 - Andamento giornaliero NO – NO₂ del giorno tipo Lu- S. Michele.



Nella tab.1.53 seguente si riportano le concentrazioni medie annuali del parametro O₃ rilevate negli anni 2004 – 2011 presso le diverse centraline.

Tab.1.53 - Concentrazioni medie annuali O₃ tra il 2004 e il 2011 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Anno	Carignano	Porcari
2004	-	38
2005	-	40
2006	-	48
2007	64	45
2008	58	38
2009	60	44
2010	60	41
2011	65	42

L'ozono non evidenzia particolari criticità: non sono stati registrati superamenti delle soglie di allarme e di informazione, ad eccezione di un unico superamento della soglia di informazione nel 2011 presso la sola postazione di Carignano. Gli andamenti delle medie annuali di ozono presentano valori medi abbastanza stabili negli anni.

Nella tab.1.54 seguente si riportano le concentrazioni medie annuali del parametro CO rilevate negli anni 2004 – 2010 presso le diverse centraline.

Tab.1.54 - Concentrazioni medie annuali CO tra il 2004 e il 2010 (mg/m³).

Anno	Carducci	Capannori	Porcari
2004	1.5	0.8	0.6
2005	1.4	0.6	0.6
2006	1.3	0.6	0.6
2007	1	0.6	0.5
2008	0.9	0.7	-
2009	0.9	0.6	-
2010	0.9	0.5	-

Gli andamenti della concentrazione negli anni di CO presso le diverse postazioni dimostrano come i valori siano talmente bassi da non renderne più necessario il monitoraggio (interrotto nel 2011).

Nella tab.1.55 seguente si riportano le concentrazioni medie annuali del parametro SO₂ rilevate negli anni 2004 – 2010 presso le diverse centraline.

Anno	S. Michele	Carducci	Carignano	Porcari
2004	1	1	0	1
2005	1	1	0	0
2006	0	1	0	1
2007	0	1	-	1
2008	1	1	-	1
2009	2	1	-	2
2010	2	1	-	1

Tab.1.55 - Concentrazioni medie annuali SO₂ tra il 2004 e il 2010 (µg/m³).

Analogamente al CO, gli andamenti della concentrazione negli anni di SO₂ presso le diverse postazioni dimostrano come i valori siano talmente bassi da non renderne più necessario il monitoraggio (interrotto nel 2011).

1.6 I PAC (PIANO DI AZIONE COMUNALE) PRE IL RISANAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Sulla base della valutazione della qualità dell'aria ambiente e della classificazione delle zone e agglomerati, la Giunta Regionale Toscana ha individuato, ai sensi della L.R. 9/2010 e della delibera 1025/2010, i comuni tenuti all'elaborazione ed approvazione del Piano di Azione Comunale (PAC). Per

l'elenco completo dei comuni si veda l'Allegato 4 della delibera 1025/2010. Dei quattro Comuni interessati dall'intervento solo tre, Lucca, Capannori e Porcari, sono tenuti all'elaborazione ed all'adozione del PAC.

Il PAC è un atto di programmazione dell'amministrazione in materia di tutela ambientale con particolare riguardo alle azioni volte al miglioramento della qualità dell'aria ed è caratterizzato dalla necessità di ridurre al di sotto dei valori limite vigenti le concentrazioni degli inquinanti atmosferici eccedenti tali limiti e dall'opportunità di definire un progressivo percorso di complessivo miglioramento della qualità dell'aria urbana che consenta di conseguire il rispetto dei valori limite ai sensi della direttiva europea 2008/50/CE sulla qualità dell'aria ambiente, recepita con il D.Lgs. 155/2010. Il PAC, quale strumento di pianificazione ambientale, rappresenta un momento di verifica degli interventi proposti e realizzati dall'Amministrazione Comunale allo scopo di mitigare l'impatto delle emissioni inquinanti alla luce delle sinergie create tra Regione Toscana ed enti locali che si sono concretizzate in accordi di programma finalizzati al miglioramento della qualità dell'aria ambiente, all'interno dei quali sono stati stabiliti precisi obiettivi temporali, ruoli istituzionali e certezza di risorse finanziarie per poterli attuare.

1.6.1 IL PAC DEL COMUNE DI LUCCA

La Giunta Comunale di Lucca ha approvato il "Piano di azione comunale PAC Comune di Lucca, Azioni per il risanamento della qualità dell'aria ambiente nelle aree urbane - Periodo 2012-2013" (PAC) con deliberazione n. 146 del 01/08/2012.

Il PAC di Lucca (approvato ai sensi della Legge Regionale n. 9/2010 e delle delibere G.R. n. 1025/2010, n. 22/2011 e n. 959/2011) definisce i nuovi provvedimenti da attuare per contenere le emissioni che maggiormente incidono sulla qualità dell'aria di Lucca e perseguire l'obiettivo del raggiungimento dei limiti alle scadenze previste.

La tabella 6.4 di pagina 51 del PAC elenca i provvedimenti, meglio dettagliati nelle relative schede per le quali si rimanda al documento PAC integrale, così classificati dallo stesso PAC:

1. Misure relative alla mobilità urbana privata e pubblica
2. Provvedimenti che mirano a riorganizzare servizi pubblici per ridurre il traffico veicolare
3. Provvedimenti per la riduzione delle emissioni diverse da quelle dovute al traffico veicolare
4. Provvedimenti per il rinnovo del parco veicolare e per la riduzione delle emissioni di polveri da veicoli a motore
5. Interventi di comunicazione, informazione e sensibilizzazione

Più specificatamente, per il settore della mobilità sono indicati interventi infrastrutturali, quali:

- Costruzione di parcheggi scambiatori lontani dal centro
- Completamento e riqualificazione della via Sarzanese nel tratto compreso tra via Nerici e via Einaudi mediante restrizione della carreggiata stradale per fare spazio ad una nuova pista ciclabile lungo il lato nord della strada
- Realizzazione rotatoria stradale in S. Michele in Esceto
- Realizzazione rotatoria stradale all'intersezione di via di Tiglio e via di Piaggia
- Realizzazione rotatoria stradale all'intersezione tra viale Europa e via Teresa Bandettini
- Realizzazione rotatoria stradale tra via Consani, via Squagli e via Nottolini
- Realizzazione rotatoria stradale tra le vie di Salicchi, Galileo Galilei, di Camaiore e Borgo Giannotti
- Realizzazione intersezione a rotatoria e sottopasso pedonale a Porta S. Anna
- Riconversione della linea ferroviaria Pisa-Lucca-Firenze in metropolitana di superficie
- Allestimento punti di ricarica per veicoli elettrici nei comuni di Lucca, Capannori e Porcari.

progetti e servizi di mobilità sostenibile, quali:

- Progetto bike sharing
- Progetto Ancitel auto in comune per lo sviluppo e la promozione del carpooling
- Progetto Car Sharing elettrico
- Servizio Pedibus
- Utilizzo di biciclette derivanti dalla depositaria comunale
- Piano di rinnovo del Parco Veicoli Comunali

interventi di regolamentazione e gestionali, quali:

- Riduzione del numero di parcheggi per non residenti all'interno della cerchia di mura
- Riduzione dei limiti di velocità in aree residenziali
- Estensione ai quartieri della prima periferia di un sistema di parcheggi riservati ai residenti e a pagamento per i non residenti
- Aumento della la tariffa oraria dei parcheggi a pagamento
- Rimodulazione ed incremento del servizio pubblico di trasporto urbano
- Estensione del servizio scuolabus
- Desincronizzazione degli orari scolastici e rivisitazione degli orari del TPL collegato
- Estensione di aree ZTL
- Riduzione del passaggio di autobus e mezzi pesanti nelle aree limitrofe alla ZTL e più in generale alle mura della città (ex circonvallazione)
- Bagnatura strade.

I seguenti interventi sono relativi, invece, ad altri settori:

- Provvedimenti di limitazione della combustione di legna o residui vegetali all'aperto
- Provvedimenti di limitazione sull'utilizzo di camini, stufe e caldaie a basso rendimento alimentati a biomasse legnose
- Provvedimenti per la sostituzione di caminetti aperti con termocamini chiusi
- Monitoraggio strumentale della qualità dell'aria con speciazione del particolato capace di consentire il riconoscimento delle cause per la valutazione delle misure adottate
- Disciplina dell'uso del riscaldamento negli edifici comunali
- Iniziative per la razionalizzazione dei consumi energetici in edifici comunali
- Regolamentazione degli interventi energetici obbligatori sugli edifici di nuova edificazione e ristrutturazione.
- Promozione del solare termico
- Suggestire, all'interno del progetto di "informazione e sensibilizzazione", interventi che consentano risparmi energetici sugli edifici "Draught stripping" ovvero isolamento infissi, informazioni per realizzare.
- Interventi per un corretto utilizzo delle biomasse
- Norme per limitare le emissioni di polveri dai cantieri cittadini
- Riduzione del particolato emesso dagli impianti di trattamento di inerti e simili
- Educazione ambientale
- Progetto servizi/procedimenti on line
- Intensificazione del patrimonio arboreo urbano
- Rimodulazione delle tariffe GESAM

1.6.2 IL PAC DEL COMUNE DI PORCARI

La Giunta Comunale di Porcari ha approvato il "Piano di azione comunale del Comune di Porcari, Azioni/misure per il risanamento della qualità dell'aria ambiente nelle aree urbane per il periodo 2012-2013 di cui alla L.R. 9/2010, D.G.R.T. 22/2011 e D.G.R.T. 959/2011" (PAC) con deliberazione n. 113 del 25.07.2012.

Gli interventi indicati nel PAC di Porcari, di diretta competenza dell'Amministrazione Comunale, sono suddivisi in interventi strutturali (di natura permanente, finalizzati al miglioramento nonché al mantenimento della qualità dell'aria ambiente attraverso la riduzione delle emissioni antropiche in atmosfera) e interventi contingibili (di natura transitoria, che producono effetti nel breve termine

finalizzati a limitare il rischio di superamenti dei valori limite e delle soglie di allarme stabilite dalla normativa nazionale, attraverso la riduzione delle emissioni antropiche in atmosfera) in funzione della loro modalità di applicazione e della durata ed efficacia degli interventi.

Gli interventi proposti interessano, ai sensi della D.G.R.T. n. 959/2011 i seguenti settori principali:

- Mobilità;
- Educazione ambientale e miglioramento dell'informazione al pubblico.

Per il settore della mobilità sono indicati i seguenti interventi:

- Limitazione alla circolazione dei veicoli maggiormente inquinanti
- Realizzazione punti di ricarica per biciclette e scooter elettrici
- acquisto veicoli elettrici da utilizzare in forma di car sharing e realizzazione di un punto di ricarica.

1.6.3 IL PAC DEL COMUNE DI CAPANNORI

La Giunta Comunale di Capannori ha approvato il "Piano di azione comunale PAC del Comune di Capannori, Azioni/misure per il risanamento della qualità dell'aria ambiente nelle aree urbane per il periodo 2012-2013 di cui alla L.R. 9/2010, D.G.R.T. 22/2011 e D.G.R.T. 959/2011" (PAC) con deliberazione n. 46 del 09.03.2012.

Come per il comune di Porcari, anche gli interventi indicati nel PAC di Capannori sono suddivisi in interventi strutturali e interventi contingibili.

Gli interventi proposti interessano, ai sensi della D.G.R.T. n. 959/2011 i seguenti settori principali:

- Mobilità;
- Condizionamento degli edifici e del risparmio energetico;
- Educazione ambientale e miglioramento dell'informazione al pubblico.

Per il settore della mobilità sono indicati i seguenti interventi:

- Limitazione alla circolazione dei veicoli maggiormente inquinanti
- Realizzazione di nuovi impianti fotovoltaici su proprietà comunali con annessa presa di ricarica per veicoli elettrici
- Realizzazione di nuovi tratti di pista ciclabile
- Realizzazione di punti di ricarica per biciclette elettriche a pedalata assistita e per scooter elettrici
- Acquisto di veicoli elettrici da utilizzare in forma di car-sharing.

Per il settore "Condizionamento degli edifici e del risparmio energetico" sono indicati i seguenti interventi:

- Verifica e controllo dei rendimenti di combustione e efficienza impianti termici

- Catasto e controllo degli attestati di certificazione energetica
- Patto dei Sindaci – Piano di Azione per l'energia sostenibile (P.A.E.S.)
- Interventi finalizzati all'utilizzo di fonti rinnovabili senza emissioni in atmosfera nel condizionamento degli edifici
- Interventi di realizzazione e manutenzione straordinaria di impianti comunali.

1.7 **RELAZIONE SULL'IMPATTO AMBIENTALE IN FASE DI ESERCIZIO**

Il primo passo è stato la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria a partire dai risultati emersi dallo studio di traffico (v. elab. T00SG00AMBRE01A allegato al Progetto Preliminare).

La metodologia seguita nella valutazione ha previsto l'applicazione di opportuni modelli, di cui più avanti se ne descrivono le specifiche, focalizzando l'attenzione sul processo emissivo e diffusivo della fonte stradale, relativamente ai seguenti scenari: Stato attuale 2012; Opzione zero 2018; Opzione zero 2028; Post operam 2018; Post operam 2028.

Si specifica che lo scenario Opzione zero corrisponde allo scenario definito di Riferimento nello studio trasportistico e lo scenario Post operam corrisponde allo scenario di Progetto.

Si specifica che le simulazioni sono state condotte sulla rete oggetto dello studio trasportistico, relativamente ai seguenti composti: NO_x, Benzene e PM₁₀.

Lo studio assume particolare valenza se si considera il livello di dettaglio con il quale è descritta la fonte emissiva, soprattutto in riferimento alle ipotesi sul parco veicolare, la principale variabile sulla quale è possibile intervenire attraverso, ad esempio, interventi di carattere fiscale/finanziario (incentivi all'acquisto di veicoli nuovi o alla conversione di veicoli circolanti, esenzione o riduzione delle accise, esenzione o riduzione della tassa di circolazione e/o di road-use per veicoli a più basso impatto), o attraverso misure di tipo regolamentare (ad esempio, acquisti obbligatori di veicoli a più basso impatto per flotte pubbliche e private, esenzioni da restrizioni al traffico per veicoli a più basso impatto).

I principali risultati sono forniti in tabelle o su tavole che riportano una sintesi dei risultati dei modelli di emissione e dispersione e le concentrazioni attese negli scenari futuri per i principali inquinanti.

1.7.1 IL MODELLO DI EMISSIONE

Le simulazioni del processo emissivo sono state eseguite considerando specifiche ipotesi sulle velocità di marcia e sui cicli di guida, sul parco veicolare transitante e sui fattori di emissione per i differenti inquinanti e per le singole classi veicolari del parco. Le emissioni sono state calcolate separatamente per le autovetture, i veicoli commerciali leggeri e i veicoli pesanti.

Le simulazioni relative ai 5 scenari seguenti:

- Stato attuale 2012
- Opzione zero 2018
- Opzione zero 2028
- Post operam 2018
- Post operam 2028

Il calcolo della percentuale di variazione dei carichi emissivi associati ai 5 scenari è stato effettuato a partire dai risultati del modello di traffico relativamente all'ora di punta.

1.7.1.1 Le reti simulate

I dati di traffico, desunti dai risultati dello studio trasportistico, sono riassunti di seguito (tab.1.56) per ognuno dei 5 scenari simulati, in quanto utili per la successiva corretta valutazione dei bilanci emissivi:

Tab.1.56 - Percorrenze e velocità medie pesate.

	Percorrenze annuali (km)	
	Leggeri	pesanti
Stato attuale 2012	1.777.726	109.806
Opzione zero 2018	1.882.511	117.405
Opzione zero 2028	2.316.277	152.552
Post operam 2018	1.974.552	118.658
Post operam 2028	2.429.537	154.213

Sia per i veicoli leggeri sia per i veicoli pesanti, gli scenari al 2018 e gli scenari al 2028 evidenziano un incremento delle percorrenze rispetto allo scenario Opzione zero al 2012. I maggiori incrementi sono relativi allo scenario Post operam al 2028, con un incremento, rispetto allo scenario Opzione zero al 2012, del 36,7% per i veicoli leggeri e un incremento del 40,4% per i veicoli pesanti. Di maggiore interesse risultano, però, i confronti tra i 2 scenari al medesimo intervallo temporale e cioè tra lo scenario Opzione zero e quello Post operam, sia al 2018 sia al 2028: in entrambi i casi per i veicoli leggeri si stima un incremento del 4,9%, mentre per i mezzi pesanti si stima un incremento dell'1,1%.

1.7.1.2 Le ipotesi sul parco veicolare

Per il parco veicolare è stata utilizzata la composizione del parco circolante sulla base dei dati ACI 2010 (i più aggiornati), per lo scenario attuale. Le percentuali di presenza nel parco delle differenti classi veicolari sono state quindi corrette secondo la metodologia ISPRA, pesando la numerosità di ogni classe di veicoli sulla base delle rispettive percorrenze effettive in ambito urbano, così come desunte dalla stessa banca dati ISPRA. Il rinnovo per standard emissivo, invece, è stato effettuato mantenendo costante negli anni

l'anzianità del parco, facendo in modo, cioè, che al 2018 e al 2028 la percentuale di presenza nel parco dei veicoli per anzianità rimanga pressoché costante e sia pari a quella del 2010. Il rinnovo è stato effettuato sulla base dell'evoluzione delle normative sulle immatricolazioni, limitando il rinnovo allo standard Euro VI (ipotesi conservativa); per le alimentazioni e le cilindrato sono state mantenute costanti nel tempo le percentuali di ripartizione dell'anno 2010. Il rinnovo è stato effettuato separatamente per le autovetture, i veicoli commerciali leggeri e i veicoli pesanti.

Come parco ACI al 2010 (alla base di tutte le proiezioni) si è fatto riferimento al parco circolante della provincia di Lucca. Le differenti distribuzioni di classi veicolari sono riportate nelle seguenti tab.1.57÷1.59.

Tab.1.57 - Distribuzione delle classi veicolari autoveicoli.

classe veicolare		2012	2018	2028
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l Euro 0	3.33	0.80	0.00
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l PC Euro 1 - 91/441/EEC	1.81	0.44	0.00
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l PC Euro 2 - 94/12/EEC	8.27	1.99	0.00
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	11.55	4.10	0.99
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	23.71	5.52	1.33
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l PC Euro 5 - EC 715/2007	1.52	9.16	3.25
Passenger Cars	Gasoline <1,4 l PC Euro 6 - EC 715/2008	0.00	26.61	43.86
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 Euro 0	0.67	0.16	0.00
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 PC Euro 1 - 91/441/EEC	0.65	0.16	0.00
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 PC Euro 2 - 94/12/EEC	2.15	0.52	0.00
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	1.62	0.57	0.14
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	2.99	0.69	0.17
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 PC Euro 5 - EC 715/2007	0.21	1.27	0.45
Passenger Cars	Gasoline 1,4 - 2,0 PC Euro 6 - EC 715/2008	0.00	4.39	7.23
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l Euro 0	0.08	0.02	0.00
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l PC Euro 1 - 91/441/EEC	0.05	0.01	0.00
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l PC Euro 2 - 94/12/EEC	0.09	0.02	0.00
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0.12	0.04	0.01
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	0.36	0.08	0.02
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l PC Euro 5 - EC 715/2007	0.03	0.19	0.07
Passenger Cars	Gasoline >2,0 l PC Euro 6 - EC 715/2008	0.00	0.39	0.64
Passenger Cars	Diesel <2,0 l Conventional	0.24	0.06	0.00
Passenger Cars	Diesel <2,0 l PC Euro 1 - 91/441/EEC	0.07	0.02	0.00
Passenger Cars	Diesel <2,0 l PC Euro 2 - 94/12/EEC	0.88	0.21	0.00
Passenger Cars	Diesel <2,0 l PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	6.57	2.33	0.56
Passenger Cars	Diesel <2,0 l PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	20.05	4.66	1.12
Passenger Cars	Diesel <2,0 l PC Euro 5 - EC 715/2007	1.57	9.44	3.35
Passenger Cars	Diesel <2,0 l PC Euro 6 - EC 715/2008	0.00	15.57	25.66
Passenger Cars	Diesel >2,0 l Conventional	0.14	0.03	0.00
Passenger Cars	Diesel >2,0 l PC Euro 1 - 91/441/EEC	0.06	0.02	0.00
Passenger Cars	Diesel >2,0 l PC Euro 2 - 94/12/EEC	0.44	0.11	0.00
Passenger Cars	Diesel >2,0 l PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	1.37	0.48	0.12
Passenger Cars	Diesel >2,0 l PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	1.92	0.45	0.11
Passenger Cars	Diesel >2,0 l PC Euro 5 - EC 715/2007	0.21	1.27	0.45
Passenger Cars	Diesel >2,0 l PC Euro 6 - EC 715/2008	0.00	2.19	3.62
Passenger Cars	LPG Conventional	0.45	0.11	0.00
Passenger Cars	LPG PC Euro 1 - 91/441/EEC	0.18	0.04	0.00
Passenger Cars	LPG PC Euro 2 - 94/12/EEC	0.81	0.20	0.00
Passenger Cars	LPG PC Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	0.52	0.18	0.04
Passenger Cars	LPG PC Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	5.26	1.22	0.30
Passenger Cars	LPG PC Euro 5 - EC 715/2007	0.07	0.43	0.15
Passenger Cars	LPG PC Euro 6 - EC 715/2008	0.00	3.86	6.37

Tab.1.58 - Distribuzione delle classi veicolari LDV.

classe veicolare	2012	2018	2028
Light Duty Vehicles Gasoline <3,5t Conventional	0.89	0.18	0.00
Light Duty Vehicles Gasoline <3,5t LD Euro 1 - 93/59/EEC	0.54	0.11	0.00
Light Duty Vehicles Gasoline <3,5t LD Euro 2 - 96/69/EEC	1.65	0.33	0.00
Light Duty Vehicles Gasoline <3,5t LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	1.63	0.65	0.12
Light Duty Vehicles Gasoline <3,5t LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	1.75	1.34	0.27
Light Duty Vehicles Gasoline <3,5t LD Euro 5 - 2008 Standards	0.01	0.32	0.13
Light Duty Vehicles Gasoline <3,5t LD Euro 6 - 2008 Standards	0.00	1.40	5.10
Light Duty Vehicles Diesel <3,5 t Conventional	6.14	1.23	0.00
Light Duty Vehicles Diesel <3,5 t LD Euro 1 - 93/59/EEC	5.40	1.08	0.00
Light Duty Vehicles Diesel <3,5 t LD Euro 2 - 96/69/EEC	20.51	4.10	0.00
Light Duty Vehicles Diesel <3,5 t LD Euro 3 - 98/69/EC Stage2000	33.50	13.40	2.47
Light Duty Vehicles Diesel <3,5 t LD Euro 4 - 98/69/EC Stage2005	27.19	20.82	4.17
Light Duty Vehicles Diesel <3,5 t LD Euro 5 - 2008 Standards	0.80	34.81	13.92
Light Duty Vehicles Diesel <3,5 t LD Euro 6 - 2008 Standards	0.00	20.24	73.82

Tab.1.59 - Distribuzione delle classi veicolari HDV.

classe veicolare	2012	2018	2028
Heavy Duty Trucks Gasoline >3,5 t Conventional	0.14	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid <=7,5 t Conventional	6.83	2.60	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid <=7,5 t HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1.90	0.71	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid <=7,5 t HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	5.86	2.19	0.70
Heavy Duty Trucks Rigid <=7,5 t HD Euro III - 2000 Standards	11.12	4.15	2.16
Heavy Duty Trucks Rigid <=7,5 t HD Euro IV - 2005 Standards	5.06	2.60	1.35
Heavy Duty Trucks Rigid <=7,5 t HD Euro V - 2008 Standards	2.52	14.59	5.45
Heavy Duty Trucks Rigid <=7,5 t HD Euro VI - 2008 Standards	0.00	9.67	24.71
Heavy Duty Trucks Rigid 7,5 - 12 t Conventional	5.06	1.89	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 7,5 - 12 t HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	1.46	0.54	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 7,5 - 12 t HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	4.09	1.53	0.49
Heavy Duty Trucks Rigid 7,5 - 12 t HD Euro III - 2000 Standards	6.37	2.38	1.23
Heavy Duty Trucks Rigid 7,5 - 12 t HD Euro IV - 2005 Standards	2.93	1.50	0.78
Heavy Duty Trucks Rigid 7,5 - 12 t HD Euro V - 2008 Standards	1.13	6.54	2.44
Heavy Duty Trucks Rigid 7,5 - 12 t HD Euro VI - 2008 Standards	0.00	6.09	15.54
Heavy Duty Trucks Rigid 12 - 14 t Conventional	0.69	0.26	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 12 - 14 t HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0.11	0.04	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 12 - 14 t HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0.23	0.09	0.03
Heavy Duty Trucks Rigid 12 - 14 t HD Euro III - 2000 Standards	0.49	0.18	0.10
Heavy Duty Trucks Rigid 12 - 14 t HD Euro IV - 2005 Standards	0.77	0.39	0.20
Heavy Duty Trucks Rigid 12 - 14 t HD Euro V - 2008 Standards	0.04	0.21	0.08
Heavy Duty Trucks Rigid 12 - 14 t HD Euro VI - 2008 Standards	0.00	0.67	1.72
Heavy Duty Trucks Rigid 14 - 20 t Conventional	1.78	0.67	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 14 - 20 t HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0.71	0.26	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 14 - 20 t HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	3.42	1.28	0.41
Heavy Duty Trucks Rigid 14 - 20 t HD Euro III - 2000 Standards	4.14	1.55	0.80
Heavy Duty Trucks Rigid 14 - 20 t HD Euro IV - 2005 Standards	1.86	0.95	0.50
Heavy Duty Trucks Rigid 14 - 20 t HD Euro V - 2008 Standards	0.82	4.75	1.77
Heavy Duty Trucks Rigid 14 - 20 t HD Euro VI - 2008 Standards	0.00	3.68	9.41
Heavy Duty Trucks Rigid 20 - 26 t Conventional	2.72	1.01	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 20 - 26 t HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0.81	0.30	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 20 - 26 t HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	5.08	1.90	0.61
Heavy Duty Trucks Rigid 20 - 26 t HD Euro III - 2000 Standards	6.94	2.59	1.34
Heavy Duty Trucks Rigid 20 - 26 t HD Euro IV - 2005 Standards	3.68	1.89	0.98
Heavy Duty Trucks Rigid 20 - 26 t HD Euro V - 2008 Standards	0.71	4.12	1.54
Heavy Duty Trucks Rigid 20 - 26 t HD Euro VI - 2008 Standards	0.00	5.77	14.73
Heavy Duty Trucks Rigid 26 - 28 t Conventional	0.04	0.01	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 26 - 28 t HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 26 - 28 t HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 26 - 28 t HD Euro III - 2000 Standards	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 26 - 28 t HD Euro IV - 2005 Standards	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 26 - 28 t HD Euro V - 2008 Standards	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 26 - 28 t HD Euro VI - 2008 Standards	0.00	0.01	0.03
Heavy Duty Trucks Rigid 28 - 32 t Conventional	0.05	0.02	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 28 - 32 t HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0.07	0.03	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid 28 - 32 t HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	2.01	0.75	0.24
Heavy Duty Trucks Rigid 28 - 32 t HD Euro III - 2000 Standards	4.20	1.57	0.81
Heavy Duty Trucks Rigid 28 - 32 t HD Euro IV - 2005 Standards	2.62	1.34	0.70
Heavy Duty Trucks Rigid 28 - 32 t HD Euro V - 2008 Standards	0.57	3.30	1.23
Heavy Duty Trucks Rigid 28 - 32 t HD Euro VI - 2008 Standards	0.00	2.75	7.03
Heavy Duty Trucks Rigid >32 t Conventional	0.09	0.03	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid >32 t HD Euro I - 91/542/EEC Stage I	0.03	0.01	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid >32 t HD Euro II - 91/542/EEC Stage II	0.45	0.17	0.05
Heavy Duty Trucks Rigid >32 t HD Euro III - 2000 Standards	0.25	0.09	0.05
Heavy Duty Trucks Rigid >32 t HD Euro IV - 2005 Standards	0.19	0.10	0.05
Heavy Duty Trucks Rigid >32 t HD Euro V - 2008 Standards	0.00	0.00	0.00
Heavy Duty Trucks Rigid >32 t HD Euro VI - 2008 Standards	0.00	0.29	0.74

1.7.1.3 Le ipotesi sui Fattori di emissione

Sono stati utilizzati per le simulazioni i fattori di emissione presenti nel software COPERT IV versione 9.1. Ai fini della stima delle emissioni mediante l'uso della metodologia COPERT IV sono state definite le specifiche dei combustibili, mediante opportuna modifica dei valori di "default". A tale scopo è stata effettuata un'indagine documentale finalizzata a valutare sia le quote mercato dei carburanti (TOTAL, Eni, Esso, Erg, Q8, Tamoil, ...) sia le diverse tipologie di combustibili vendute. Dall'indagine condotta è emerso che non vi sono sostanziali differenze tra le caratteristiche tecniche dichiarate per i carburanti in commercio.

Nelle tab.1.60÷1.61 seguenti si riportano i valori di default COPERT IV, i valori stabiliti dalla direttiva europea in vigore riguardante le specifiche dei carburanti gasolio e benzina, i valori dichiarati nelle schede tecniche dei prodotti venduti e, infine, i valori utilizzati per le simulazioni:

Tab.1.60 - Caratteristiche gasolio¹⁰.

	Density (kg/m ³)	PCA (%v/v)	CN	T95 (°C)	Sulfur (mg/kg)
COPERT default	835	5	53	320	0
Limite normativa	Max 845	Max 11	Min 51	Max 360	Max 10
Caratteristiche gasolio in commercio	820 – 845	8	51	360	10
Valori utilizzati	845	8	51	360	10

Tab.1.61 - Caratteristiche benzina¹¹.

	E 100 (%v/v)	E 150 (%v/v)	Aromatics (%v/v)	Olefins (%v/v)	Benzene (%v/v)	Sulfur (mg/kg)
COPERT default	52	86	33	10	0.8	0
Limite normativa	min 46	min 75	max 35	max 18	max 1	max 10
Caratteristiche benzina in commercio	46 - 71	75	35	18	1	10
Valori utilizzati	46	75	35	18	1.0	10

Per i valori dei rapporti H:C e C:O, infine sono stati adottati i seguenti valori rappresentativi del mercato Italiano: 1,86 per H:C e 0,005 per C:O. Il contenuto dei metalli pesanti, non essendo questi oggetto di calcolo ai fini del presente studio, non sono stati modificati.

¹⁰ In tabella sono riportati: la densità del gasolio (Density, espressa in kg/m³), il contenuto di Idrocarburi Policiclici Aromatici sul volume (PCA), il numero di cetano (CN), temperatura di distillazione in °C del 95% del volume (T95) e il contenuto di zolfo in peso (Sulfur).

¹¹ In tabella sono riportati: la densità del gasolio (Density, espressa in kg/m³), il contenuto di Idrocarburi Policiclici Aromatici sul volume (PCA), il numero di cetano (CN), temperatura di distillazione in °C del 95% del volume (T95) e il contenuto di zolfo in peso (Sulfur).

1.7.1.4 I risultati del bilancio emissivo

I risultati delle stime sono riassunti nelle tab.1.62÷1.64 seguenti, che riporta le emissioni complessive stimate per l'ora di punta invernale per tutti e 5 gli scenari.

Tab.1.62 - Emissioni complessive (kg/h).

Inquinanti	NO _x	C ₆ H ₆	PM ₁₀
Stato attuale 2012	86.459	537	5.683
Opzione zero 2018	49.378	201	4.018
Opzione zero 2028	29.984	106	3.996
Post operam 2018	50.221	208	4.136
Post operam 2028	30.451	111	4.122

Tab.1.63 - Confronto con lo scenario Opzione zero 2012 (%).

Inquinanti	NO _x	C ₆ H ₆	PM ₁₀
Opzione zero 2018	-42,89%	-62,51%	-29,30%
Opzione zero 2028	-65,32%	-80,24%	-29,69%
Post operam 2018	-41,91%	-61,35%	-27,23%
Post operam 2028	-64,78%	-79,34%	-27,47%

Tab.1.64 - Confronto tra scenario Opzione zero e scenario Post operam (%).

Inquinanti	NO _x	C ₆ H ₆	PM ₁₀
2018	1,71%	3,07%	2,93%
2028	1,56%	4,53%	3,16%

Gli scenari al 2018 e gli scenari al 2028 evidenziano una forte riduzione delle emissioni rispetto allo scenario Opzione zero al 2012, attribuibile al rinnovo del parco circolante. Le maggiori riduzioni sono relative allo scenario Post operam al 2028, con una riduzione massima rispetto allo scenario Opzione zero al 2012 del 65,32% per il parametro NO_x, del 80,24% per il parametro Benzene e del 29,69% per il parametro PM₁₀. Di maggiore interesse risultano, però, i confronti tra i 2 scenari al medesimo intervallo temporale e cioè tra lo scenario Opzione zero e quello Post operam, sia al 2018 sia al 2028: in entrambi i casi si stima un leggero incremento delle emissioni per tutti gli inquinanti attribuibile all'incremento delle percorrenze complessive, compreso tra 1,56% per il parametro NO_x al 2028 e il 4,53% per il parametro benzene al 2028.

1.7.2 IL MODELLO DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI

Sono state condotte simulazioni di dispersione in atmosfera, relativamente al caso rappresentativo della situazione di maggior impatto, cioè all'ora di punta.

Per la simulazione dei processi di dispersione è stato utilizzato il modello ADMS Roads[®] - Modello di diffusione gaussiana multisorgente in versione per Windows[®], realizzato dal CERC (Cambridge Environmental Research Consultant Ltd.), in quanto ritenuto corrispondente ai requisiti qualitativi per la valutazione delle dispersioni di inquinanti in atmosfera in regioni limitate (caratterizzate da scale spaziali dell'ordine di alcune decine di chilometri) e in condizioni atmosferiche sufficientemente omogenee e stazionarie.

Quale modello gaussiano multisorgente, ADMS Roads[®] consente di effettuare simulazioni in versione "short-term" e in versione "long-term".

Per ADMS Roads[®] la struttura dello strato rimescolato è definito mediante parametri fisici misurabili che permettono una più realistica rappresentazione delle caratteristiche che influiscono sulla dispersione degli inquinanti e sulla concentrazione al suolo. Il 'boundary layer', secondo tale approccio, è caratterizzato dall'altezza h e dalla lunghezza di Monin-Obukhov L_{MO} e non unicamente mediante le classe di instabilità di Pasquill-Gifford. La lunghezza di Monin-Obukhov è definita dalla seguente espressione:

$$L_{MO} = \frac{-u_o^3}{kgF_\phi / (\rho c_p T_0)}$$

dove

u_o = la velocità di frizione,

k = la costante di Von Barman, uguale a 0,4,

F_ϕ = il flusso di calore in superficie,

ρ = la densità dell'aria,

c_p = calore specifico dell'aria,

T_0 = temperatura della superficie.

1.7.2.1 Specifiche del modello di dispersione

Per tutti gli archi della rete simulata dallo studio trasportistico e dal successivo modello di emissione, è stata effettuata la stima delle ricadute al suolo e la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni relativamente all'ora di punta per i seguenti inquinanti:

- NO₂
- Benzene

- PM₁₀.

Per i parametri CO ed SO₂ non sono state effettuate stime poiché i valori di concentrazione di questi inquinanti legati al traffico veicolare sono trascurabili. Entrambi gli inquinanti, infatti, non sono neanche più oggetto di monitoraggio in Toscana, non rappresentando un problema per la qualità dell'aria in Toscana. I due parametri sono monitorati cautelativamente solo in alcuni siti di traffico, dove le concentrazioni rilevate risultano comunque ampiamente al di sotto dei valori limite normati.

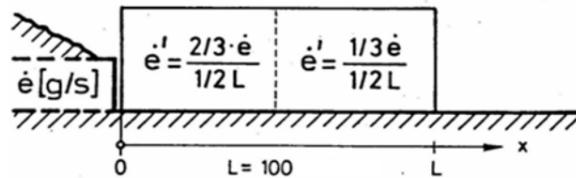
Si ricorda che le emissioni di CO ed SO₂ legate al traffico veicolare sono sensibilmente diminuite negli anni: le prime per via dell'utilizzo delle marmitte catalitiche e le seconde per via della riduzione del tenore di zolfo nei combustibili, sempre più basso a partire dagli anni '80, fino ad essere i combustibili attualmente praticamente privi di zolfo, con percentuali in peso non superiori in Italia a 0,001%. Per tale ragione i due parametri non sono stati oggetto di simulazione e non è stato calcolato neppure il contributo emissivo.

Particolare attenzione è stata posta per la simulazione delle emissioni degli inquinanti agli imbocchi dell'unico sottopasso previsto (Acquedotto Nottolini).

Gli inquinanti emessi dal traffico veicolare all'interno della galleria, dopo una rapida miscelazione, sono convogliati verso gli imbocchi dai quali sono espulsi e diffusi nei bassi strati dell'atmosfera. La galleria, quale sorgente volumetrica di emissione, agisce come un camino orizzontale o a pendenza contenuta all'interno del quale gli inquinanti vengono spinti verso l'uscita in direzione concorde alla direzione di percorrenza del flusso veicolare. La differenza di temperatura tra la temperatura ambientale all'imbocco della galleria e la temperatura dei fumi determina una spinta ascensionale dei fumi scarsamente rilevante nei fenomeni di dispersione.

Il passaggio dei veicoli all'interno della galleria causa una turbolenza all'interno del getto d'aria che fuoriesce dagli imbocchi. La spinta ascensionale del getto d'aria in uscita solleva gli inquinanti a quote superiori rispetto al piano stradale ma per via dei fenomeni di turbolenza, nella risalita, la concentrazione degli inquinanti viene ridotta con una diluizione del 5-10%. All'altezza finale di risollevarimento del pennacchio, gli inquinanti vengono diluiti e trasportati dal vento e dai fenomeni di turbolenza di origine termica. Altra azione svolta dal traffico è quella di mescolare e trasportare l'aria inquinata in uscita dal tunnel per 100-250 m dalla sezione di imbocco. Fattori critici risultano la direzione e la velocità del vento, che possono contrastare o favorire l'azione di diluizione degli inquinanti concentrati in prossimità dell'imbocco. La fig.1.36 schematizza in forma grafica le modalità di simulazione delle emissioni agli imbocchi delle gallerie.

Fig.1.36 - Modalità di simulazione delle emissioni di inquinanti agli imbocchi delle gallerie.



Le simulazioni sono state eseguite nelle 2 seguenti condizioni, scelte come tipiche condizioni critiche che si verificano in estate ed in inverno in coincidenza dell'ora di punta del traffico (7.00-8.00):

Condizione 1: invernale critica

- Classe di stabilità: F + G
- Temperatura dell'aria: 5 °C
- Altezza dello strato rimescolato: 60 metri.
- Direzione del vento: 90°, la più frequente secondo l'analisi meteorologica condotta
- Velocità del vento: 0.8 m/s (calma di vento). Questa scelta è derivata dall'ipotesi di valutare la situazione più restrittiva nel range di applicazione del modello gaussiano, in maniera tale da avere un risultato conservativo;

Condizione 2: estiva critica

- Classe di stabilità: F+G
- Temperatura dell'aria: 18 °C
- Altezza dello strato rimescolato: 150 metri.
- Direzione del vento: 270°, la più frequente secondo l'analisi meteorologica condotta
- Velocità del vento: 0.8 m/s. Questa scelta è derivata dall'ipotesi di valutare la situazione più restrittiva nel range di applicazione del modello gaussiano, in maniera tale da avere un risultato conservativo;

La scelta dei valori di direzione del vento è stata effettuata sulla base di quanto emerso dall'analisi meteorologica, secondo la quale in inverno i venti prevalenti hanno provenienza da Est (90°) e nella stagione estiva hanno provenienza da Ovest (270°).

Poiché i flussi veicolari del periodo estivo sono più contenuti rispetto al periodo invernale e non essendo disponibile una simulazione di traffico relativamente al caso estivo, la simulazione è stata effettuata secondo l'ipotesi conservativa che i volumi di traffico siano ridotti del 15.47% rispetto alla stagione invernale, in accordo con lo Studio di Traffico secondo il quale il peso del TGM della Giornata Festiva sul

TGM della Giornata Feriale è pari all'84.53%. Si è in tal modo fatta l'ipotesi che il flusso orario della giornata estiva sia ridotto, rispetto al flusso orario della giornata invernale, della percentuale di riduzione calcolata per il TGM festivo rispetto a quello feriale.

1.7.2.2 I risultati del modello di dispersione

I risultati delle elaborazioni sono forniti nelle seguenti tavole allegate:

- Concentrazioni NO₂ – Stato attuale (T00IA31AMBCT01-02A),
- Concentrazioni PM₁₀ – Stato attuale (T00IA31AMBCT03-04A),
- Concentrazioni C₆H₆ – Stato attuale (T00IA31AMBCT05-06A),
- Concentrazioni NO₂ – Opzione zero (T00IA32AMBCT01-02A),
- Concentrazioni PM₁₀ – Opzione zero (T00IA32AMBCT03-04A),
- Concentrazioni C₆H₆ – Opzione zero (T00IA32AMBCT05-06A),
- Concentrazioni NO₂ – Post operam (T00IA33AMBCT01-02A),
- Concentrazioni PM₁₀ – Post operam (T00IA33AMBCT03-04A),
- Concentrazioni C₆H₆ – Post operam (T00IA33AMBCT05-06A),
- Concentrazioni NO₂ – Dettagli del confronto tra scenari (T00IA33AMBCT07A),
- Concentrazioni PM₁₀ – Dettagli del confronto tra scenari (T00IA33AMBCT08A),
- Concentrazioni C₆H₆ – Dettagli del confronto tra scenari (T00IA33AMBCT09A),

Si specifica che le tavole relative allo scenario Opzione zero e allo scenario Post operam sono relative all'anno 2018.

Le suddette tavole rappresentano le ricadute al suolo degli inquinanti emessi dalla fonte stradale dispersa, espresse come µg/m³, relativamente all'ora di punta nel periodo invernale. Dalle mappe emerge chiaramente la struttura del gradiente spaziale reso evidente dalle curve di isoconcentrazione.

Si segnala che il modello di dispersione ADMS Roads[®] stima i valori di concentrazione sui singoli punti ricettori definiti sulla base della risoluzione spaziale di una griglia ed è in grado di migliorare le prestazioni nell'intorno dei singoli assi viari mediante la definizione di ulteriori punti ricettori. Al modello è quindi associato un applicativo grafico che consente il tracciamento delle curve di isoconcentrazione mediante l'uso delle classiche tecniche di interpolazione. Quando l'area da simulare è molto ampia e la numerosità degli assi stradali elevata (come nel caso in esame), il modello matematico e l'applicativo grafico possono generare distorsioni nella rappresentazione grafica, amplificate quando si impone la scelta degli intervalli di rappresentazione, scelta che deve essere unica se si vuole agevolare il confronto tra gli scenari simulati.

Per tale ragione, oltre alle mappe di insieme che presentano per quanto detto alcuni elementi di distorsione, sono state effettuate simulazioni su porzioni di territorio più limitate al fine di ottenere una migliore rappresentazione grafica. I valori di concentrazione sui singoli punti ricettori per entrambe le elaborazioni modellistiche sono i medesimi, mentre l'elaborazione delle curve di isoconcentrazione sulle porzioni di territorio limitate risulta essere più accurata.

Per quanto concerne l'NO₂ si specifica che è stato disperso l'intero contributo dei NO_x emessi dalla fonte stradale. E' questo un approccio conservativo; infatti, i valori di NO₂ saranno ovviamente minori, essendo questo ultimo solo una aliquota degli NO_x totali emessi. Come noto, l'NO₂ aumenta all'aumentare della distanza dalla carreggiata.

I risultati forniti sono relativi al solo contributo della fonte stradale al netto del valore di fondo poiché, come ampiamente illustrato nel capitolo dedicato alla qualità dell'aria, nell'area di interesse non sono presenti centraline rappresentative del fondo di NO₂ per l'area di interesse stessa. Infatti, nel 2011 il valore medio annuale registrato nella stazione di Capannori è pari a 35 µg/m³, così come nella stazione di traffico urbano di via Micheletto. Come noto, le postazioni di traffico urbano registrano valori più elevati di quelli che si registrano nelle stazioni di fondo urbano, in quanto le stazioni di traffico sono ubicate in posizione tale che i valori registrati di concentrazioni degli inquinanti sono influenzati prevalentemente da emissioni da traffico. Le stazioni di fondo, invece, sono stazioni ubicate in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato direttamente da emissioni di specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.). Per tali circostanze il valore di NO₂ della stazione di Capannori non può essere assunto come valore di fondo.

Anche per il parametro PM₁₀ i risultati forniti sono relativi al solo contributo della fonte stradale al netto del valore di fondo (per gli stessi motivi indicati per il parametro NO₂): come si vedrà nelle tabelle seguenti il valore massimo orario stimato nello scenario Opzione zero al 2012 è pari ad appena 4.78 µg/m³ nella stagione invernale (per tutti gli altri scenari è ancora più contenuto) e ci si attende un valore medio sulle 24 ore ben lontano dal valore limite della media giornaliera (dell'ordine del 5%).

Così come per i parametri NO₂ e PM₁₀, anche per il benzene le curve di isoconcentrazione rappresentano il solo contributo della fonte stradale dispersa: non sarebbe stato possibile sommare al contributo della fonte stradale il valore di fondo, non essendo questo parametro monitorato e comunque il valore massimo orario stimato (pari a 0.47 µg/m³ nello scenario Opzione zero al 2012 nella stagione invernale) è inferiore al 10% del valore limite della media annuale.

Nelle tab.1.65÷1.73 seguenti si riportano i valori di concentrazione stimati per 12 ricettori scelti quali "punti di verifica" per ognuno dei 3 inquinanti simulati e per ognuno dei 5 scenari.

I dodici ricettori sono stati scelti in modo tale da coprire tutti e 4 i Comuni (Lucca, Capannori, Porcari e Altopascio) interessati dalle opere di progetto: per ogni asse delle opere di progetto sono stati scelti dei ricettori nelle vicinanze dell'asse stesso e dei ricettori distanti da esso, al fine di poter valutare l'impatto sia nelle vicinanze delle opere di progetto sia lontano da esse.

Nel comune di Altopascio si è scelto un solo ricettore (numero 1) lontano da una delle opere di progetto (Circonvallazione di Altopascio).

Il ricettore 2 è situato nel comune di Porcari distante da una delle opere di progetto (Circonvallazione di Altopascio), scelto per valutare i benefici sulla qualità dell'aria.

Il ricettore 3 è situato al confine tra il Comune di Capannori e il Comune di Porcari, all'intersezione tra l'Asse Complanare di Altopascio, l'Asse Est-Ovest e l'Opera Connessa.

I ricettori 4, 5, 7 e 8 sono stati scelti nel comune di Capannori, mentre il ricettore 6 è al confine tra il Comune di Capannori e il Comune di Lucca, adiacente quest'ultimo ad una delle opere di progetto (asse Nord-Sud). Il ricettore 8 è adiacente all'Adeguamento SS12 e il 4 all'asse Est-Ovest, mentre i ricettori 5 e 7 sono distanti dalle opere di progetto (utili per valutare i benefici).

Infine, quattro ricettori sono stati individuati nel Comune di Lucca: due ricettori (11 e 12), uno all'ingresso e uno all'uscita del "sottopasso Acquedotto Nottolini" sull'asse Ovest-Est, e due ricettori (9 ed il 10) all'interno della città. Questi ultimi non sono interessati direttamente dalle opere di progetto, ma sono stati individuati per valutare i benefici delle opere di progetto sul traffico locale e quindi sulla qualità dell'aria in determinate zone della città di Lucca.

Come era da attendersi per tutti gli scenari i valori di concentrazione sono decisamente più elevati nel caso invernale rispetto al caso estivo.

Tab.1.65 - Valori orari (µg/m³) – Scenario Opzione zero 2012.

Punto verifica	NO ₂		PM ₁₀		C ₆ H ₆	
	inverno	estate	inverno	estate	inverno	estate
1	37.35	20.98	2.34	1.33	0.202	0.112
2	49.61	35.60	3.06	2.21	0.257	0.189
3	81.50	45.12	4.23	2.27	0.308	0.169
4	18.66	9.34	1.15	0.65	0.104	0.069
5	31.84	28.68	2.23	2.06	0.215	0.204
6	14.10	9.23	1.13	0.72	0.128	0.078
7	28.34	28.92	1.81	1.83	0.155	0.157
8	63.73	8.03	4.00	0.48	0.345	0.041
9	60.82	47.05	4.54	3.63	0.470	0.368
10	69.60	49.09	4.78	3.15	0.452	0.290
11	39.71	16.43	2.28	0.88	0.204	0.073
12	51.59	26.23	2.78	1.35	0.223	0.105

Nello scenario Opzione zero al 2012 si stima che: per il parametro NO₂, in inverno la concentrazione massima (pari a 81.50 µg/m³) si registra nel ricettore 3 e la concentrazione minima (pari a 14.10 µg/m³) nel ricettore 6, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 49.09 µg/m³) si registra nel ricettore 10 e la concentrazione minima (pari a 8.03 µg/m³) nel ricettore 8; per il parametro PM₁₀, in inverno la concentrazione massima (pari a 4.78 µg/m³) si registra nel ricettore 10 e la concentrazione minima (pari a 1.13 µg/m³) nel ricettore 6, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 3.63 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.48 µg/m³) nel ricettore 8; per il parametro C₆H₆, in inverno la concentrazione massima (pari a 0.470 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.104 µg/m³) nel ricettore 4, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 0.368 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.041 µg/m³) nel ricettore 8.

Tab.1.66 - Valori orari (µg/m³) – Scenario Opzione zero 2018.

Punto verifica	NO ₂		PM ₁₀		C ₆ H ₆	
	inverno	estate	inverno	estate	inverno	estate
1	20.87	11.34	1.66	0.89	0.084	0.045
2	28.25	21.06	2.21	1.65	0.109	0.082
3	47.48	25.98	2.86	1.49	0.137	0.080
4	10.84	5.86	0.80	0.48	0.038	0.024
5	18.37	16.98	1.63	1.56	0.081	0.076
6	8.71	5.63	0.87	0.55	0.046	0.028
7	16.75	16.83	1.36	1.35	0.059	0.057
8	37.89	4.54	2.99	0.35	0.130	0.015
9	35.06	28.41	3.35	2.80	0.176	0.145
10	35.86	20.86	3.09	1.92	0.148	0.089
11	21.31	8.56	1.44	0.54	0.081	0.029
12	27.70	13.82	1.75	0.82	0.095	0.045

Nello scenario Opzione zero al 2018 si stima che: per il parametro NO₂, in inverno la concentrazione massima (pari a 47.48 µg/m³) si registra nel ricettore 3 e la concentrazione minima (pari a 8.71 µg/m³) nel ricettore 6, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 28.41 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 4.54 µg/m³) nel ricettore 8; per il parametro PM₁₀, in inverno la concentrazione massima (pari a 3.35 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.80 µg/m³) nel ricettore 4, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 2.80 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.35 µg/m³) nel ricettore 8; per il parametro C₆H₆, in inverno la concentrazione massima (pari a 0.176 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.038 µg/m³) nel ricettore 4, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 0.145 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.015 µg/m³) nel ricettore 8.

Tab.1.67 - Valori orari (µg/m³) – Scenario Opzione zero 2028.

Punto verifica	NO ₂		PM ₁₀		C ₆ H ₆	
	inverno	estate	inverno	estate	inverno	estate
1	12.28	7.68	1.63	1.00	0.051	0.032
2	17.04	15.01	2.24	1.98	0.069	0.061
3	27.80	17.85	2.63	1.53	0.092	0.067
4	6.60	4.51	0.78	0.58	0.020	0.013
5	11.26	12.54	1.68	1.92	0.042	0.046
6	5.74	4.34	0.93	0.67	0.021	0.015
7	10.10	11.58	1.41	1.61	0.031	0.034
8	22.80	3.23	3.07	0.42	0.066	0.009
9	21.99	21.83	3.46	3.53	0.090	0.090
10	21.76	14.91	3.15	2.19	0.074	0.052
11	12.30	5.68	1.34	0.55	0.048	0.022
12	15.72	8.67	1.55	0.88	0.060	0.033

Nello scenario Opzione zero al 2028 si stima che: per il parametro NO₂, in inverno la concentrazione massima (pari a 27.80 µg/m³) si registra nel ricettore 3 e la concentrazione minima (pari a 5.74 µg/m³) nel ricettore 6, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 21.83 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 3.23 µg/m³) nel ricettore 8; per il parametro PM₁₀, in inverno la concentrazione massima (pari a 3.46 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.78 µg/m³) nel ricettore 4, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 3.53 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.42 µg/m³) nel ricettore 8; per il parametro C₆H₆, in inverno la concentrazione massima (pari a 0.092 µg/m³) si registra nel ricettore 3 e la concentrazione minima (pari a 0.020 µg/m³) nel ricettore 4, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 0.090 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.009 µg/m³) nel ricettore 8.

Tab.1.68 - Valori orari (µg/m³) – Scenario Post operam 2018.

Punto verifica	NO ₂		PM ₁₀		C ₆ H ₆	
	inverno	estate	inverno	estate	inverno	estate
1	20.02	11.31	1.60	0.89	0.081	0.045
2	27.50	21.12	2.17	1.68	0.108	0.084
3	52.24	22.43	3.65	1.40	0.183	0.076
4	21.66	18.95	1.56	1.46	0.069	0.065
5	15.54	14.71	1.41	1.37	0.070	0.069
6	10.08	11.06	0.95	0.94	0.048	0.043
7	14.56	15.28	1.15	1.18	0.048	0.050
8	61.00	8.72	4.76	0.66	0.201	0.028
9	31.91	25.11	3.12	2.55	0.167	0.133
10	34.98	20.35	3.06	1.76	0.147	0.082
11	27.56	10.46	2.11	0.76	0.110	0.040
12	29.65	15.28	2.08	1.05	0.109	0.055

Nello scenario Post operam al 2018 si stima che: per il parametro NO₂, in inverno la concentrazione massima (pari a 61.00 µg/m³) si registra nel ricettore 8 e la concentrazione minima (pari a 10.08 µg/m³) nel ricettore 6, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 25.11 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 8.72 µg/m³) nel ricettore 8; per il parametro PM₁₀, in inverno la concentrazione massima (pari a 4.76 µg/m³) si registra nel ricettore 8 e la concentrazione minima (pari a 0.95 µg/m³) nel ricettore 6, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 2.55 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.76 µg/m³) nel ricettore 11; per il parametro C₆H₆, in inverno la concentrazione massima (pari a 0.201 µg/m³) si registra nel ricettore 8 e la concentrazione minima (pari a 0.048 µg/m³) nei ricettori 6 e 7, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 0.133 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.028 µg/m³) nel ricettore 8.

Tab.1.69 - Valori orari (µg/m³) – Scenario Post operam 2028.

Punto verifica	NO ₂		PM ₁₀		C ₆ H ₆	
	inverno	estate	inverno	estate	inverno	estate
1	11.78	6.50	1.57	0.85	0.050	0.027
2	16.64	13.00	2.20	1.73	0.069	0.053
3	31.16	13.18	3.47	1.28	0.114	0.051
4	12.95	11.66	1.45	1.48	0.034	0.033
5	9.56	9.21	1.44	1.43	0.037	0.035
6	6.43	6.66	0.99	0.95	0.023	0.022
7	8.67	8.87	1.18	1.18	0.025	0.025
8	36.33	5.21	4.86	0.65	0.103	0.014
9	19.87	16.37	3.20	2.64	0.086	0.071
10	21.35	12.89	3.11	1.79	0.075	0.044
11	16.03	5.81	1.96	0.67	0.062	0.023
12	16.94	8.92	1.89	0.96	0.066	0.034

Nello scenario Post operam al 2028 si stima che: per il parametro NO₂, in inverno la concentrazione massima (pari a 36.33 µg/m³) si registra nel ricettore 8 e la concentrazione minima (pari a 6.43 µg/m³) nel ricettore 6, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 16.37 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 5.21 µg/m³) nel ricettore 8; per il parametro PM₁₀, in inverno la concentrazione massima (pari a 4.86 µg/m³) si registra nel ricettore 8 e la concentrazione minima (pari a 0.99 µg/m³) nel ricettore 6, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 2.64 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.65 µg/m³) nel ricettore 8; per il parametro C₆H₆, in inverno la concentrazione massima (pari a 0.114 µg/m³) si registra nel ricettore 3 e la concentrazione minima (pari a 0.023 µg/m³) nel ricettore 6, mentre in estate la concentrazione massima (pari a 0.071 µg/m³) si registra nel ricettore 9 e la concentrazione minima (pari a 0.014 µg/m³) nel ricettore 8.

Tab.1.70 - Confronto Opzione zero 2018 / Opzione zero 2012 - Valori in %.

Punto verifica	NO ₂		PM ₁₀		C ₆ H ₆	
	inverno	estate	inverno	estate	inverno	estate
1	-44.1%	-45.9%	-29.1%	-33.5%	-58.4%	-59.8%
2	-43.1%	-40.8%	-27.8%	-25.6%	-57.6%	-56.6%
3	-41.7%	-42.4%	-32.4%	-34.4%	-55.5%	-52.7%
4	-41.9%	-37.3%	-30.4%	-26.2%	-63.5%	-65.2%
5	-42.3%	-40.8%	-26.9%	-24.3%	-62.2%	-62.7%
6	-38.2%	-39.0%	-23.0%	-23.6%	-64.1%	-64.1%
7	-40.9%	-41.8%	-24.9%	-26.2%	-61.9%	-63.7%
8	-40.5%	-43.5%	-25.3%	-27.1%	-62.3%	-63.4%
9	-42.4%	-39.6%	-26.2%	-22.9%	-62.6%	-60.6%
10	-48.5%	-57.5%	-35.4%	-39.0%	-67.3%	-69.3%
11	-46.3%	-47.9%	-36.8%	-38.6%	-60.3%	-60.3%
12	-46.3%	-47.3%	-37.1%	-39.3%	-57.4%	-57.1%

Tra lo scenario Opzione zero al 2018 e lo scenario Opzione zero al 2012 si stima che: per il parametro NO₂, in inverno la riduzione percentuale massima (pari a 48.5) si registra nel ricettore 10 e la riduzione percentuale minima (pari a 38.2) nel ricettore 6, mentre in estate la riduzione percentuale massima (pari a 57.5) si registra nel ricettore 10 e la riduzione percentuale minima (pari a 37.3) nel ricettore 4; per il parametro PM₁₀, in inverno la riduzione percentuale massima (pari a 37.1) si registra nel ricettore 12 e la riduzione percentuale minima (pari a 23.0) nel ricettore 6, mentre in estate la riduzione percentuale massima (pari a 39.3) si registra nel ricettore 12 e la riduzione percentuale minima (pari a 22.9) nel ricettore 9; per il parametro C₆H₆, in inverno la riduzione percentuale massima (pari a 67.3) si registra nel ricettore 10 e la riduzione percentuale minima (pari a 55.5) nel ricettore 3, mentre in estate la riduzione percentuale massima (pari a 69.3) si registra nel ricettore 10 e la riduzione percentuale minima (pari a 52.7) nel ricettore 3.

Tab.1.71 - Confronto Opzione zero 2028 / Opzione zero 2012 - Valori in %.

Punto verifica	NO ₂		PM ₁₀		C ₆ H ₆	
	inverno	estate	inverno	estate	inverno	estate
1	-67.1%	-63.4%	-30.3%	-24.8%	-74.8%	-71.4%
2	-65.7%	-57.8%	-26.8%	-10.4%	-73.2%	-67.7%
3	-65.9%	-60.4%	-37.8%	-32.6%	-70.1%	-60.4%
4	-64.6%	-51.7%	-32.2%	-10.8%	-80.8%	-81.2%
5	-64.6%	-56.3%	-24.7%	-6.8%	-80.5%	-77.5%
6	-59.3%	-53.0%	-17.7%	-6.9%	-83.6%	-80.8%
7	-64.4%	-60.0%	-22.1%	-12.0%	-80.0%	-78.3%
8	-64.2%	-59.8%	-23.3%	-12.5%	-80.9%	-78.0%
9	-63.8%	-53.6%	-23.8%	-2.8%	-80.9%	-75.5%
10	-68.7%	-69.6%	-34.1%	-30.5%	-83.6%	-82.1%
11	-69.0%	-65.4%	-41.2%	-37.5%	-76.5%	-69.9%
12	-69.5%	-65.3%	-44.2%	-39.3%	-73.1%	-66.7%

Tra lo scenario Opzione zero al 2028 e lo scenario Opzione zero al 2012 si stima che: per il parametro NO₂, in inverno la riduzione percentuale massima (pari a 69.5) si registra nel ricettore 12 e la riduzione percentuale minima (pari a 59.3) nel ricettore 6, mentre in estate la riduzione percentuale massima (pari a 69.6) si registra nel ricettore 10 e la riduzione percentuale minima (pari a 51.7) nel ricettore 4; per il parametro PM₁₀, in inverno la riduzione percentuale massima (pari a 44.2) si registra nel ricettore 12 e la riduzione percentuale minima (pari a 17.7) nel ricettore 6, mentre in estate la riduzione percentuale massima (pari a 39.3) si registra nel ricettore 12 e la riduzione percentuale minima (pari a 2.8) nel ricettore 9; per il parametro C₆H₆, in inverno la riduzione percentuale massima (pari a 83.6) si registra nel ricettore 10 e la riduzione percentuale minima (pari a 70.1) nel ricettore 3, mentre in estate la riduzione percentuale massima (pari a 82.1) si registra nel ricettore 10 e la riduzione percentuale minima (pari a 60.4) nel ricettore 3.

I confronti più significativi sono ovviamente quelli tra i due scenari riferiti allo stesso orizzonte temporale, sia perché rappresentano una comparazione tra lo scenario Opzione zero e lo scenario Post operam, sia perché in tal modo si confrontano scenari caratterizzati dallo stesso parco veicolare.

Tab.1.72 - Confronto Post operam 2018 / Opzione zero 2018 - Valori in %.

Punto verifica	NO ₂		PM ₁₀		C ₆ H ₆	
	inverno	estate	inverno	estate	inverno	estate
1	-4.1%	-0.3%	-3.6%	0.6%	-3.6%	0.0%
2	-2.7%	0.3%	-1.8%	2.1%	-0.9%	2.4%
3	10.0%	-13.7%	27.6%	-6.0%	33.6%	-5.0%
4	99.8%	223.4%	95.0%	204.2%	81.6%	170.8%
5	-15.4%	-13.4%	-13.5%	-12.2%	-13.9%	-9.2%
6	15.7%	96.4%	9.2%	70.9%	4.3%	53.6%
7	-13.1%	-9.2%	-15.4%	-12.6%	-18.6%	-12.3%
8	61.0%	92.1%	59.2%	88.6%	54.6%	86.7%
9	-9.0%	-11.6%	-6.9%	-8.9%	-5.1%	-8.3%
10	-2.5%	-2.4%	-1.0%	-8.3%	-0.7%	-7.9%
11	29.3%	22.2%	46.5%	40.7%	35.8%	37.9%
12	7.0%	10.6%	18.9%	28.0%	14.7%	22.2%

Tra lo scenario Post operam e lo scenario Opzione zero al 2018 si stima che in 6 ricettori (3, 4, 6, 8, 11, 12) le emissioni aumentano per ogni inquinante sia in inverno sia in estate (fa eccezione il ricettore 3 per il quale si stima invece una riduzione in estate) e nei rimanenti 6 (1, 2, 5, 7, 9, 10) si riducono: per il parametro NO₂, in inverno l'aumento percentuale massimo (pari a 99.8%) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 15.4) nel ricettore 5, mentre in estate l'aumento percentuale massimo (pari a 223.4) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 13.7) nel ricettore 3; per il parametro PM₁₀, in inverno l'aumento percentuale massimo (pari a 95.0%) si registra

nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 15.4) nel ricettore 7, mentre in estate l'aumento percentuale massimo (pari a 204.2) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 12.6) nel ricettore 7; per il parametro C₆H₆, in inverno l'aumento percentuale massimo (pari a 81.6%) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 18.6) nel ricettore 7, mentre in estate l'aumento percentuale massimo (pari a 170.8) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 12.3) nel ricettore 7.

Tab.1.73 - Confronto Post operam 2028 / Opzione zero 2028 - Valori in %.

Punto verifica	NO ₂		PM ₁₀		C ₆ H ₆	
	inverno	estate	inverno	estate	inverno	estate
1	-4.1%	-15.4%	-3.7%	-15.0%	-2.0%	-15.6%
2	-2.3%	-13.4%	-1.8%	-12.6%	0.0%	-13.1%
3	12.1%	-26.2%	31.9%	-16.3%	23.9%	-23.9%
4	96.2%	158.5%	85.9%	155.2%	70.0%	153.8%
5	-15.1%	-26.6%	-14.3%	-25.5%	-11.9%	-23.9%
6	12.0%	53.5%	6.5%	41.8%	9.5%	46.7%
7	-14.2%	-23.4%	-16.3%	-26.7%	-19.4%	-26.5%
8	59.3%	61.3%	58.3%	54.8%	56.1%	55.6%
9	-9.6%	-25.0%	-7.5%	-25.2%	-4.4%	-21.1%
10	-1.9%	-13.5%	-1.3%	-18.3%	1.4%	-15.4%
11	30.3%	2.3%	46.3%	21.8%	29.2%	4.5%
12	7.8%	2.9%	21.9%	9.1%	10.0%	3.0%

Come per il 2018, anche nel 2028 tra lo scenario Post operam e lo scenario Opzione zero si stima che in 6 ricettori (3, 4, 6, 8, 11, 12) le emissioni aumentano per ogni inquinante sia in inverno sia in estate (fa eccezione il ricettore 3 per il quale si stima invece una riduzione in estate) e nei rimanenti 6 (1, 2, 5, 7, 9, 10) si riducono: per il parametro NO₂, in inverno l'aumento percentuale massimo (pari a 96.2%) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 15.1) nel ricettore 5, mentre in estate l'aumento percentuale massimo (pari a 158.5) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 26.6) nel ricettore 5; per il parametro PM₁₀, in inverno l'aumento percentuale massimo (pari a 85.9%) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 16.3) nel ricettore 7, mentre in estate l'aumento percentuale massimo (pari a 155.2) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 26.7) nel ricettore 7; per il parametro C₆H₆, in inverno l'aumento percentuale massimo (pari a 70.0%) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 19.4) nel ricettore 7, mentre in estate l'aumento percentuale massimo (pari a 153.8) si registra nel ricettore 4 e la riduzione percentuale massima (pari a 26.5) nel ricettore 7.

1.7.2.3 Approfondimento con la normativa

Si premette che per il D.Lgs. 155/2010 il rispetto dei limiti normativi per gli inquinanti deve essere verificato solo relativamente alle centraline facenti parte della rete ufficiale di rilevamento e che lo stesso decreto non fornisce alcun obbligo o indicazione sull'uso dei modelli di simulazione per le valutazioni di impatto ambientale.

L'uso dei modelli di simulazione per le valutazioni di impatto ambientale è pertanto utile alla descrizione della variabilità spaziale delle concentrazioni e al confronto tra scenari e non è da intendersi quale strumento di verifica del rispetto dei valori normativi in ogni punto dell'area oggetto di studio.

Tuttavia, si riportano alcune riflessioni (con riferimento al punto ricettore più critico) in merito al confronto con la normativa, che non può comunque essere immediato in quanto i valori di concentrazione elaborati dal modello di dispersione rappresentano i valori massimi orari stimati nelle condizioni più critiche, sia dal punto di vista emissivo sia dal punto di vista delle condizioni meteorologiche. I valori stimati, infatti, rappresentano le concentrazioni stimate nell'ora di punta, cioè quando si verifica il massimo contributo emissivo della fonte stradale, e in condizioni meteorologiche molto critiche per quanto riguarda la dispersione degli inquinanti in atmosfera. Poiché queste condizioni non si verificano per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno, sia la media giornaliera sia la media annuale saranno decisamente inferiori alla concentrazione massima oraria stimata dal modello.

Inoltre, per stimare le concentrazioni da confrontare con i limiti normativi risulta fondamentale conoscere i valori di fondo della zona di interesse, valori che invece non sono disponibili per la zona oggetto di studio: i valori misurati dalla centralina di Capannori, infatti, presentano valori analoghi a quelli registrati presso la stazione di traffico di San Michele (addirittura il valore massimo orario per il parametro NO₂ alle ore 8.00 è superiore nella centralina di Capannori rispetto alla centralina di San Michele); tale circostanza porta a concludere che la postazione di Capannori non può essere considerata centralina idonea alla misurazione del fondo urbano.

Tuttavia, consci della scarsa rappresentatività del fondo urbano da parte della centralina di Capannori e fatte salve le premesse di cui sopra, ai fini della valutazione dell'impatto delle opere oggetto di studio sulla componente atmosfera, si riportano nel seguito alcune riflessioni, la prima delle quali ai fini della stima di quanto il contributo delle opere oggetto di studio possa comportare superamenti ulteriori rispetto a quelli che già si registrano del limite giornaliero del parametro PM₁₀.

Anche ipotizzando che le condizioni meteorologiche più critiche si mantengano costanti sulle 24 ore, sulla base dell'andamento tipico del traffico sulle 24 ore in area urbana, ad un valore massimo orario di 4,9

µg/m³ corrisponde una media giornaliera del contributo della fonte stradale non superiore a 3 µg/m³. Nel 2011 presso la postazione di Capannori si sono registrati 57 superamenti (con valori di concentrazione compresi tra 117 e 51 µg/m³). Il numero di superamenti aggiuntivi massimo è, in prima istanza, calcolabile considerando il numero di giorni in cui la concentrazione media giornaliera è superiore a 48 µg/m³: l'analisi dei dati monitorati presso la postazione di Capannori porta a concludere che si possono stimare non oltre 9 superamenti aggiuntivi (nel solo punto ricettore con concentrazione massima). Dal calcolo precedente, da considerarsi comunque come effettuato in condizioni decisamente conservative, il contributo delle opere sul punto ricettore più critico è compreso tra il 5,7 e il 5,9%, decisamente basso. A conferma di ciò, vi sono i risultati del progetto regionale PATOS¹² (Particolato Atmosferico in Toscana), che ha evidenziato come, nel caso della stazione di Capannori, una elevata frazione del particolato raccolto viene originata dalla combustione di biomasse: *"Considerate le caratteristiche della Piana Lucchese si deve ritenere che tale frazione del PM10 sia dovuta essenzialmente ad un significativo uso di legna in stufe e caminetti tradizionali, a bassa efficienza energetica, che non garantiscono una completa combustione e sono quindi rilevanti sorgenti emmissive di varie tipologie di inquinanti, fra cui il PM₁₀. Un altro possibile contributo di cui è difficile stimare la rilevanza è costituito dalla diffusa abitudine a bruciare nei campi e nei giardini gli scarti vegetali"*.

Premesso che nel 2011, così come nei precedenti anni, non si sono verificati superamenti del limite orario del parametro NO₂, la seconda riflessione è relativa alla stima di quanto il contributo delle opere oggetto di studio possa comportare superamenti del limite orario di tale parametro: come indicato precedentemente, la concentrazione massima oraria di NO₂ stimata per il ricettore più critico è pari a 61 µg/m³, mentre il valore massimo registrato presso la centralina di Capannori alla medesima ora in cui è stata effettuata la simulazione è pari a 110 µg/m³ per un valore totale inferiore al limite normativo di 200 µg/m³. A titolo puramente informativo, si segnala che la concentrazione massima registrata presso la postazione di Capannori nel 2011 è stata pari a 129 µg/m³ (valore che sommato al valore massimo orario stimato dal modello non comporterebbe ugualmente superamenti del limite orario).

Relativamente alla stima di quanto il contributo delle opere oggetto di studio possa essere tale da far superare i valori limiti annuali, non possono valere le medesime riflessioni sia per il parametro PM₁₀ sia per il parametro NO₂ (limiti attualmente non superati per nessuno dei due parametri). Per quanto concerne il PM₁₀, pur ipotizzando che le condizioni meteorologiche più critiche persistano per un intero

¹² Il Progetto Regionale Patos (Particolato Atmosferico in Toscana) è stato promosso dalla Regione Toscana in collaborazione con ARPAT, Università di Firenze, Università di Pisa, LaMMA, Techne Consulting ed Istituto Superiore di Sanità per fornire elementi conoscitivi affidabili e scientificamente rigorosi sia sulla distribuzione e la concentrazione del PM₁₀, sia sulla composizione e l'origine del particolato.

anno solare, la concentrazione media annuale totale (calcolata come somma della concentrazione di 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e del fondo misurato presso la centralina di Capannori pari a 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) è decisamente inferiore al valore limite annuale previsto dal dlgs 155/2010 pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le riflessioni appena fatte per il PM_{10} non sono valide anche per il parametro NO_2 in ragione della natura secondaria di tale inquinante caratterizzato da una estrema variabilità nel tempo (basti considerare che il limite orario stabilito dalla normativa è pari a 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre il limite annuale è pari a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

L'ultima riflessione è relativa alla stima di quanto il contributo delle opere oggetto di studio possa essere tale da far superare il valore limite annuale del parametro C_6H_6 , attualmente non monitorato dalla rete di monitoraggio. Non essendo disponibili per il parametro C_6H_6 dati di monitoraggio che coprano un intero anno di rilevazione, è soltanto possibile confrontare il valore di concentrazione stimato con il valore limite annuale al netto del fondo. Anche in questo caso si tratta di una stima più che conservativa in quanto si sta ipotizzando che il massimo valore di concentrazione stimato sia costante per tutto l'anno. Tale valore, tuttavia, è talmente basso da non destare alcuna preoccupazione essendo all'incirca 25 volte inferiore al valore limite annuale.

Le conclusioni a cui si giunge dunque è che le opere oggetto di studio:

- non comportano superamenti del limite orario di NO_2 ;
- non comportano superamenti del limite annuale di PM_{10} ;
- non modificano sostanzialmente il numero di superamenti di PM_{10} giornalieri;
- non comportano superamenti del limite annuale di C_6H_6 .

Per quanto riguarda il confronto con il valore limite annuale di NO_2 , non è possibile effettuare stime.

Si ricorda, infine, che le conclusioni a cui si è giunti sono il risultato di sovrastime elevate delle concentrazioni attese in quanto si considerano persistenti per tutto l'anno le condizioni meteorologiche più critiche. Inoltre, per gli scenari al 2018 e al 2028, è stato utilizzato come fondo il valore di fondo degli inquinanti allo scenario attuale. Anche questa è un'ipotesi più che conservativa in quanto si mantiene costante un valore di fondo che è invece destinato a diminuire negli anni, come dimostrano sia i trend di concentrazione registrati dalle centraline di monitoraggio, in continua diminuzione negli anni, sia le stime effettuate per gli scenari futuri che dimostrano come in futuro i valori di concentrazione saranno molto inferiori rispetto allo stato attuale anche solo per via del rinnovo del parco veicolare.

1.7.3 INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE

L'impatto più significativo esercitato in fase di esercizio sulla componente atmosfera è generato dall'emissione di inquinati gassosi (NO_2 e C_6H_6) e di polveri sottili (PM_{10}) legate direttamente al traffico veicolare. Le emissioni possono diminuire in alcuni archi stradali e aumentare in altre, e di conseguenza le concentrazioni potranno aumentare o diminuire.

1.7.3.1 Tipologie di Impatto

Gli impatti che possono generarsi per via dell'interazione opera-ambiente possono essere classificati in:

- diretti, ossia direttamente correlati all'opera, ovvero direttamente riconducibili ad una determinata sorgente di impatto;
- indiretti, ossia non dovuti all'opera.

In fase di esercizio per la componente atmosfera, l'unico impatto che può determinarsi è di tipo diretto ed è legato al traffico veicolare.

La tab.1.74 seguente riporta una stima della tipologia di impatti potenziali, ipotizzabili in via preliminare, in relazione ad una prima analisi sugli effetti dell'esercizio delle opere di progetto.

Tab.1.74 – Tipologia di impatti potenziali.

Impatto	Componente	Azione di impatto	Impatto potenziale				
			A	M	B	O	P
Diretto	Atmosfera	Traffico veicolare					

Legenda - A: alto; M: medio; B: basso; O: nullo; P: positivo.

1.7.3.2 Effetti previsti ed indicazioni di mitigazione

Considerati i livelli di qualità dell'aria ante operam, l'entità dell'impatto potenziale, ipotizzabile in fase preliminare, si può considerare basso. Dal confronto del bilancio tra lo scenario Opzione zero e quello Post operam, sia al 2018 sia al 2028, si stima un leggero incremento delle emissioni per tutti gli inquinanti attribuibile all'incremento delle percorrenze complessive, compreso tra 1,56% per il parametro NO_x al 2028 e il 4,53% per il parametro benzene al 2028. Relativamente alle concentrazioni attese al suolo, sia al 2018 sia al 2028, tra lo scenario Post operam e lo scenario Opzione zero si stima che in 6 dei ricettori scelti quali "punti di verifica" (3, 4, 6, 8, 11, 12) le emissioni aumentano per ogni inquinante sia

in inverno sia in estate (fa eccezione il recettore 3 per il quale si stima invece una riduzione in estate) e nei rimanenti 6 ricettori scelti quali "punti di verifica" (1, 2, 5, 7, 9, 10) si riducono.

L'aumento si registra di fatto, come è ovvio, nell'intorno delle opere di progetto, ma non è tale da destare alcuna preoccupazione per la qualità dell'aria essendo le concentrazioni massime orarie stimate decisamente contenute. I valori di concentrazioni attesi non rendono necessari interventi di mitigazione.

1.7.4 CONCLUSIONI

I risultati ottenuti dal modello di dispersione dimostrano che, come per le emissioni, gli scenari Opzione zero al 2018 e al 2028 sono caratterizzati da un riduzione delle concentrazioni al suolo rispetto all scenario Attuale, vista la riduzione generalizzata del carico emissivo. Ciò è da attribuire al rinnovo del parco veicolare.

Sia al 2018 sia al 2028, tra lo scenario Post operam e lo scenario Opzione zero si stima che in 6 dei ricettori scelti quali "punti di verifica" (3, 4, 6, 8, 11, 12) le emissioni aumentano per ogni inquinante sia in inverno sia in estate (fa eccezione il recettore 3 per il quale si stima invece una riduzione in estate) e nei rimanenti 6 ricettori scelti quali "punti di verifica" (1, 2, 5, 7, 9, 10) si riducono.

L'aumento si registra di fatto, come è ovvio, nell'intorno degli assi di progetto, ma non è tale da destare alcuna preoccupazione per la qualità dell'aria essendo le concentrazioni massime orarie stimate decisamente contenute: per il parametro NO₂ pari a 61.0 µg/m³ nello scenario Post operam al 2018 (ancor più contenuto e pari a 36.3 µg/m³ nello scenario Post operam al 2028), per le PM₁₀ pari a 4.9 µg/m³ nello scenario Post operam al 2028 (4.8 µg/m³ nello scenario Post operam al 2018) e per il Benzene pari a 0.201 µg/m³ nello scenario Post operam al 2018 (ancor più contenuto e pari a 0.114 µg/m³ nello scenario Post operam al 2028).

I valori di concentrazione stimati, sebbene non siano direttamente confrontabili con i limiti di legge, sono tali da poter assumere che le opere oggetto di studio

- non comportano superamenti del limite orario di NO₂;
- non comportano superamenti del limite annuale di PM₁₀;
- non modificano sostanzialmente il numero di superamenti di PM₁₀ giornalieri;
- non comportano superamenti del limite annuale di C₆H₆.

Si ricorda, infine, che le suddette conclusioni sono il risultato di sovrastime elevate delle concentrazioni attese in quanto si considerano persistenti per tutto l'anno le condizioni meteorologiche più critiche.

Inoltre, per gli scenari al 2018 e al 2028, è stato utilizzato come fondo il valore di fondo degli inquinanti allo scenario attuale. Anche questa è un'ipotesi più che conservativa in quanto si mantiene costante un

valore di fondo che è invece destinato a diminuire negli anni, come dimostrano sia i trend di concentrazione registrati dalle centraline di monitoraggio, in continua diminuzione negli anni, sia le stime effettuate per gli scenari futuri che dimostrano come in futuro i valori di concentrazione saranno molto inferiori rispetto allo stato attuale anche solo per via del rinnovo del parco veicolare.

2 COMPONENTE AMBIENTE IDRICO

2.1 INQUADRAMENTO GENERALE

La Piana di Lucca, prolungamento della valle del Serchio in direzione sud-est, è caratterizzata da depositi di ambiente salmastro nella zona sud-est, dove si trovano le Cerbaie, mentre la parte settentrionale presenta sedimenti di ambiente lacustre.

Circa 5 o 6 milioni di anni fa, tra la fine del Pliocene e l'inizio del Pleistocene Inferiore, la piana sembra accogliesse un bacino lacustre con confini definiti ad ovest e sud-ovest dal Monte Pisano, a nord dall'area pedemontana dell'Appennino, ad est dal Monte Albano e infine a sud-est dalle colline che da Vinci arrivano fino a Calcinaia.

L'idrografia della Piana di Lucca è stata condizionata dai mutamenti geologici intervenuti nel tempo, infatti il Fiume Serchio, nel periodo compreso tra le due glaciazioni würmiane, percorreva la Piana di Lucca in direzione circa nord - sud e continuava il suo percorso fino ad immettersi nell'Arno più o meno tra Vicopisano e Calcinaia.

A causa dell'innalzamento del letto dell'Arno, il Serchio si ritirò progressivamente lasciando, nell'area dove prima scorreva, ristagni e impaludamenti. Le acque del Serchio trovarono due vie per raggiungere il mare, una in direzione sud-ovest, che corrisponde circa all'attuale, ottenuta superando gli ostacoli naturali tra Ripafratta e i Monti D'Oltre Serchio e creando un nuovo percorso fluviale per poi sfociare nei pressi di Migliarino; l'altra corrispondeva con l'antico percorso del Serchio, ovvero quello che si immetteva nel fiume Arno.

Per razionalizzare l'utilizzo della Piana nel periodo dal VII al XVI secolo, si provvide all'arginatura ed alla regimazione dei vari rami del Serchio, fino ad ottenere l'aspetto attuale per il fiume e la pianura circostante. Le aree più soggette ad impaludarsi, in particolare quelle intorno a Bientina, furono oggetto di successivi ripetuti interventi di bonifica ottenuti con il drenaggio a mezzo di canali realizzati massimamente lungo gli alvei abbandonati del Serchio.

Da quanto esposto si deduce che l'idrografia della Piana è sì legata alla morfologia, al regime delle precipitazioni ed alla natura litologica dei terreni affioranti ma anche agli interventi di regimazione antropici. Attualmente la presenza del solco del Serchio e delle strette vallate percorse dai suoi affluenti che solcano, quelli di sinistra i versanti appenninici e quelli di destra i versanti apuani, definiscono e caratterizzano la morfologia dell'area.

2.1.1 AREA INTERESSATA DALL'INTERVENTO

L'area in esame è compresa nella piana di Lucca e ricade nei confini amministrativi dei Comuni di Lucca,

Capannori, Porcari e Altopascio. Tale area è delimitata ad ovest dal corso del Fiume Serchio e dall'abitato della città di Lucca, a nord-ovest dalle Colline Pizzorne, a nord-est dall'abitato di Capannori, a est dall'abitato di Altopascio ed a sud dai rilievi collinari che bordano il Monte Pisano.

Il territorio è pianeggiante ed ha un reticolo idrografico avente un andamento nord-sud costituito in massima parte da una fitta rete di canali che drena le acque superficiali verso due recettori: il Canale Ozzoretto che attraversa l'area da sud-ovest verso nord e il Canale Rogio che scorre nella parte meridionale del territorio, prevalentemente in direzione ovest-est, con il suo affluente di destra Canale Frizzone che ha andamento prevalentemente nord-sud e raccoglie le acque della parte orientale dell'area in esame.

Essendo i canali sopra menzionati artificiali, hanno sezione abbastanza regolare, a forma di trapezio con sponde in terra sulle quali è presente un manto erboso ed una scarsa vegetazione arbustiva.

Altro corso d'acqua da segnalare è il Torrente Fraga, affluente di sinistra del Serchio alimentato dalle acque che si raccolgono sui versanti delle colline circostanti, con il quale interferisce l'estremo segmento nord della SS 12 in un tratto in cui scorre in un alveo pensile che presenta una incisione per le portate di magra ed una ridotta fascia golenale per ricevere le portate di piena; i versanti di quest'ultima sono rivestiti di erba ed accolgono anche degli arbusti.

Al centro dell'area scorre, invece, in direzione nord-sud, il Condotto Pubblico che è il maggior canale per irrigazione della zona. Esso ha origine dallo scarico della centrale idroelettrica posta in località Ponte di Moriano e presenta, lungo corso, numerose diramazioni e piccole opere di presa.

2.2 IDROGRAFIA SUPERFICIALE

L'idrografia superficiale è stata condizionata nel tempo da vari fattori tra i quali il verificarsi di fenomeni endogeni, la litologia, l'assetto strutturale, che possano innescare frane o determinare bruschi cambiamenti della rete idrografica e del clima; non secondaria è l'azione dell'uomo che con gli interventi di regimazione e di bonifica può indurre modifiche sostanziali.

Nel complesso la rete di canali e corsi d'acqua oggetto del presente studio si presenta in buone condizioni di manutenzione, con sezioni abbastanza regolari e pulite. Non si sono riscontrate nel corso dei diversi sopralluoghi effettuati sezioni o situazioni di abbandono della rete idrografica.

Adeguamento SS12

Si tratta di un adeguamento della viabilità esistente, l'asse viario si trova sulla sommità dell'argine sinistro del fiume Serchio, l'adeguamento non dovrà pertanto prevedere avanzamenti verso il corso d'acqua o indebolimenti del rilevato arginale. Nella parte più a Nord si ha l'attraversamento del torrente Fraga corso

d'acqua che in quel tratto scorre in alveo pensile con sezione a doppio trapezio.

Asse Nord – Sud

Il bacino del torrente Fraga si colloca a nord-est di Lucca e interessa nella parte più a monte il comune di Capannori, nella parte mediana riguarda il territorio del comune di Lucca e nell'ultimo tratto, sopra l'abitato della frazione di Ciciana, rientra nel territorio del comune di Capannori.

Il corso del torrente segue questo itinerario: nasce a Colle del Mandriane, in questo primo tratto scorre in direzione nord-ovest, per poi ripiegare dopo appena 400 m nella sua definitiva direzione sud-ovest fino a sfociare nel fiume Serchio.

Nell'estremo tratto meridionale dell'asse viaria è presente il primo segmento del Canale Ozzoretto che viene incrociato in corrispondenza della rotatoria nei pressi di Tassignano.

Intersezione di Lucca Est

Nell'area interessata dall'opera in progetto non si rileva la presenza di corpi idrici significativi.

Asse Ovest – Est

Nella zona su cui si sviluppa il tracciato di progetto, non sono presenti corpi idrici rilevanti, eccetto il Canale Ozzoretto. Il territorio in esame, completamente pianeggiante, vede un fitto reticolo di piccoli canali di scolo e di drenaggio delle acque a servizio delle attività agricole presenti nell'area.

Il Canale Ozzoretto si estende per una lunghezza complessiva di circa 6 km e presenta una sezione molto modesta nella parte a nord dello svincolo di progetto in località Antraccoli (intersezione dei tre assi Nord - Sud, Ovest -Est e Est - Ovest), che in alcuni tratti è rivestita in pietra.

Successivamente procedendo verso sud la sezione si allarga in modo significativo, rimanendo priva di arginature e con le sponde in terra rivestita da un manto erboso e scarsa vegetazione.

Dai sopralluoghi effettuati, lo stato di manutenzione sia delle sponde che del fondo del canale risulta soddisfacente, non si notano infatti in nessun punto situazioni di abbandono o di incuria.

Asse Est – Ovest

Nell'area interessata dall'opera in progetto si rileva la presenza di due corpi idrici: il Fosso Arpino ed il Rio Frizzone. Il Fosso Arpino si estende per una lunghezza complessiva di circa 4,9 km, presenta una sezione trasversale piuttosto modesta ed ha una superficie del bacino tributario di 4,93 km².

Dai sopralluoghi effettuati lo stato di manutenzione sia delle sponde che del fondo del canale non risulta molto soddisfacente, data la presenza di vegetazione che potrebbe recare ostacolo al libero deflusso delle acque.

Il Rio Frizzone ha una lunghezza dell'asta più modesta, circa 2,7 km ed un'area del bacino afferente, considerato chiuso in prossimità del rilevato ferroviario, di circa 2,09 km².

Lo stato di manutenzione riscontrato nel corso dei sopralluoghi risulta, per questo corso d'acqua, decisamente migliore del precedente. Infatti il tratto esaminato presenta la sezione libera da ostacoli e l'assenza di situazioni di abbandono o di incuria.

Cavalcaferrovia Lucca – Firenze

Il cavalcavia ferroviario non interferisce con corpi idrici importanti appartenenti al reticolo superficiale, vi sono alcune interferenze che verranno considerate in fase di progetto con il reticolo minore.

Intersezione di Antraccoli

Lo svincolo in località Antraccoli collega i tre assi Ovest-Est, Nord-Sud ed Est-Ovest della viabilità in progetto. Dal punto di vista dell'idrografia di superficie si ha nell'area la presenza della parte iniziale del canale Ozzoretto che viene attraversato in due diversi punti, la sezione trasversale del canale in questo tratto si presenta piuttosto modesta e per alcune parti rivestita in pietra.

Opera Connessa

In quest'area non sono presenti corpi idrici naturali di grande importanza. Si segnala la presenza del Canale Rogio che attraversa questo tratto di piana in direzione ovest - est. Lungo circa 15 km proviene dal territorio a sud dell'abitato di Lucca, dove raccoglie le acque dei campi veicolate dalle gore e dai fossi. Verso ovest è in collegamento con il Canale Ozzoretto mentre nel suo percorso verso est riceve le acque dei fossi del Padule di Massa Macinaia, poi dei canali provenienti dalla piana a sud di Capannori ed infine dei canali che drenano l'area settentrionale della bonifica di Bientina e le scarica nel Canale d'Altopascio.

Circonvallazione di Altopascio

Questo tratto dell'infrastruttura viaria, che per un lungo tratto affianca l'autostrada A11, attraversa un'area dove sono presenti una serie di piccoli corsi d'acqua tra cui il Rio Tàzzera, il Rio Leccio, il Rio Fossa Nuova e il Rio Fossa Bianca, oltre ai canali artificiali.

Tutti questi corpi idrici drenano le acque verso il Canale d'Altopascio o direttamente o attraverso il Canale Rogio.

2.3 ANALISI METEO-CLIMATICA

Il clima della Piana di Lucca è caldo e afoso d'estate mentre è freddo e rigido durante l'inverno; esso presenta caratteristiche temperate sub mediterranee, ma naturalmente la varietà dei territori della provincia, dalla citata pianura alla costa viareggina, determina alcune variazioni locali.

La rete di monitoraggio di Lucca è dotata di una stazione meteorologica, situata nella postazione delle Mura, nella quale sono rilevati i seguenti parametri:

- **Direzione prevalente del vento e distribuzione delle classi di velocità**

L'andamento dei valori medi mensili della velocità del vento indica una condizione dominante di calma, mentre le punte massime non vanno mai oltre i valori di 20 m/s. Le velocità più elevate sono associate a venti provenienti dal quadrante occidentale con la componente WSW in particolare.

La distribuzione percentuale media delle direzioni prevalenti presenta 2 picchi con valori al di sotto del 10% per i quadranti E e W ed un massimo che raggiunge il 40% per la calma di vento a conferma di quanto detto sopra.

- **Temperature**

Per il territorio di Lucca si nota che le estati, con temperature che vanno dai +23°C ai +26°C, sono tipicamente calde ed umide in quanto non possono usufruire delle correnti d'aria provenienti dal mare che hanno, per i territori della costa, un effetto mitigatore. I mesi invernali invece sono di solito caratterizzati da piogge e da rare nevicate e hanno temperature che variano dai +4°C ai +7°C.

Dall'esame dei dati di temperatura minima e massima mensile registrate nel corso del trentennio 1961-1990 riportati nella tab.2.1, si rileva che l'escursione termica giornaliera tra temperatura minima e massima è compresa tra i 6,4°C e i 12°C.

Se si prendono in considerazione i valori rilevati si trova che il mese più caldo è luglio con una temperatura di +23,8°C mentre il mese più freddo è gennaio con una temperatura di +6,5°C. Nelle tab.2.2÷2.4 che seguono sono riportati i valori medi mensili, stagionali ed annui delle temperature.

Tab.2.1 - Media delle temperature mensili minime e massime rilevate a Lucca nel periodo 1961-1990.

Lucca (1961-1990)	Mesi											
	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
T max media (°C)	9,8	11,6	14,2	18,1	22,8	26,4	29,6	28,8	25,1	19,8	14,3	10,1
T min media (°C)	3,1	4,1	5,6	8,6	12,2	15,6	18,0	17,8	15,0	10,6	7,6	3,7
Escursione	6,7	7,5	8,6	9,5	10,6	10,8	12,0	11,0	10,1	9,2	6,7	6,4

Tab.2.2 - Media delle temperature stagionali ed annuali minime e massime (Lucca 1961-1990)

Lucca (1961-1990)	Stagioni				Anno
	Inv.	Pri.	Est.	Aut.	
T max media (°C)	10,5	18,4	28,3	19,7	19,2
T min media (°C)	3,6	8,8	17,1	11,1	10,2

Per il periodo 1934-2008 sono altresì disponibili i valori estremi mensili delle temperature massime e minime che si riportano nelle tabelle che seguono.

Tab.2.3 - Temperature assolute mensili minime e massime rilevate a Lucca nel periodo 1934-2008. Anche per questi valori sono disponibili le medie riferite alle stagioni ed all'anno che confermano quanto ci si poteva attendere e cioè che il valore assoluto più alto si registra in estate ed il più basso in inverno.

Lucca (1934-2008)	Mesi											
	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
T max assoluta (°C)	19,0 (1988)	20,0 (1943)	24,5 (2004)	28,5 (2005)	34,4 (2003)	38,2 (2002)	39,5 (1983)	40,2 (2003)	35,0 (1944)	29,9 (1985)	24,0 (2004)	19,1 (2003)
T min assoluta (°C)	-13,4 (1985)	-8,8 (1956)	-7,4 (2005)	-2,8 (2003)	2,5 (1957)	7,0 (1989)	9,1 (1980)	7,5 (1989)	6,0 (1944)	-0,9 (1941)	-3,0 (1955)	-7,5 (1989)

Tab.2.4 - Media delle temperature stagionali ed annuali minime e massime (Lucca 1961-1990).

Lucca (1961-1990)	Stagioni				Anno
	Inv.	Pri.	Est.	Aut.	
T max assoluta (°C)	20	34,4	40,2	35	40,2
T min assoluta (°C)	-13,4	-7,4	7	-3	-13,4

Dal confronto con le rilevazioni effettuate nel tempo disponibili si evince che la temperatura massima assoluta è stata registrata il 6 agosto 2003 con +40,2 °C, mentre la minima assoluta di -13,4 °C è risale al gennaio 1985.

- **Precipitazioni**

I dati relativi all'andamento medio mensile delle precipitazioni nel trentennio 1961-1990, come si vede nelle tab.2.5÷2.6 consentono di osservare che in pratica non si registrano mesi senza precipitazioni e quindi le piogge si distribuiscono in tutto l'arco dell'anno, anche se con

apprezzabili variazioni. La media annua delle precipitazioni è di 1.195 mm e le precipitazioni sono distribuite mediamente in 100 giorni; il minimo relativo si riscontra in estate, nel mese di luglio, mentre si ha un picco in autunno, nel mese di novembre, e massimi secondari in inverno e primavera.

Per quanto riguarda le precipitazioni massime giornaliere sono stati misurati 174,5 mm nel novembre del 2000.

In particolare i minimi si riscontrano nel mese di luglio seguito da giugno, mentre i valori più alti si ritrovano nei mesi di novembre e ottobre; nei restanti mesi primaverili ed autunnali il valore delle precipitazioni si attesta tra i 70 e gli 80 mm.

Tab.2.5 - Media delle precipitazioni mensili minime e massime rilevate a Lucca nel periodo 1961-1990.

Lucca (1961-1990)	Mesi											
	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
Precipitazioni (mm)	131	106	107	95	81	54	27	56	108	129	163	138
Giorni di pioggia (mm)	11	9	10	9	8	7	4	5	7	8	12	10

Tab.2.6 - Media delle precipitazioni stagionali ed annuali minime e massime (Lucca 1961-1990).

Lucca (1961-1990)	Stagioni				Anno
	Inv.	Pri.	Est.	Aut.	
Precipitazioni (mm)	375	283	137	400	1 195
Giorni di pioggia (mm)	30	27	16	27	100

2.4 QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Per molto tempo la politica di gestione delle acque dolci è stata orientata a preservare quei livelli minimi di qualità dell'acqua in grado di garantire, a secondo dei casi, l'uso per l'irrigazione, le varie attività industriali, le attività ricreative, o semplicemente il drenaggio dei residui delle attività umane. Ciò ha garantito solo il mantenimento di una risorsa strettamente finalizzata alle esigenze umane, spesso circoscritte ad un determinato luogo e momento. Per una valutazione oggettiva delle qualità delle acque superficiali si fa riferimento alla metodologia di classificazione prevista dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. in particolare al D.M.260/2010 "Criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali"; inoltre la Regione Toscana ha approvato il DGRT 100/2010 nel quale è contenuta la nuova rete di monitoraggio dei corpi idrici della regione ai sensi della Direttiva Europea 2000/60/CE.

Ai sensi della DGRT 100 /2010, nel 2011 sono stati campionati da ARPAT tutti i corpi idrici ritenuti a Rischio (monitoraggio operativo) e una quota, circa il 50%, dei corpi idrici ritenuti non a rischio (monitoraggio di sorveglianza).

Nel corso di questa campagna di monitoraggio i corpi idrici monitorati nel 2010 (probabilmente a rischio) non sono stati campionati nel 2011, in quanto in via di ridefinizione lo stato del rischio degli stessi, derivanti dalle analisi effettuate dall'Agenzia e dalla revisione delle aree omogenee che permettano un migliore e più razionale accorpamento dei corpi idrici, soprattutto quelli effimeri e intermittenti.

Nel 2011 sono stati oggetto di monitoraggio 30 punti in monitoraggio di sorveglianza e 94 in monitoraggio operativo. I criteri utilizzati da ARPAT per la classificazione si rifanno al già citato DM 260/2010, in particolare per ogni bacino idrologico analizzato sono riportati gli indici di qualità biologica per ogni punto analizzato:

Stato ecologico

deriva dal valore peggiore tra gli elementi biologici e LimEco; a tale risultato si abbina il risultato ricavato dalla media delle sostanze di tab1B (D.M.260/2010, All1).

Le medie annue di tab1B sono state interpretate nel seguente modo:

- stato elevato se tutte le determinazioni risultano <LR (limite di rilevabilità del metodo analitico);
- stato buono se la media delle determinazioni è < SQA (Standard Qualità Ambientale);
- stato sufficiente quando la media di una sostanza risulta > SQA.

Stato Chimico

si calcola sulla base dei risultati delle analisi delle sostanze prioritarie di cui alla Tab. 1 A. Secondo accordi con la Regione Toscana il numero dei campionamenti previsto è stato pari ad almeno 6. E' stata effettuata la media anche in presenza di un solo valore numerico.

Di seguito si riportano i principali risultati della campagna di monitoraggio svolta nell'anno 2011 da ARPAT per i corsi d'acqua più prossimi all'infrastruttura di progetto.

STATO ECOLOGICO - Bacino del Serchio

Bacino	Corso Nome	PR	Rischio	Non rischio	Cod	Diatomee	Macro invertebrati	LIMeco	Sostanze di Tab 1B	Stato ECOLOGICO	Note
Serchio	Canale Burlamacca	LU	x		MAS-014			Cattivo	Buono	Classificazione parziale	varie determinazioni tra cui arsenico, cromo totale e Iprodione con medie < SQA
Serchio	Torrente Pizzorna	LU	x		MAS-540	Buono	Scarso (*)	Elevato	Buono	Scarso	terbutilazina, ma media < SQA
Serchio	Torrente Turrite di Gallicano	LU	x		MAS-557	Buono	Moderato	Elevato	Buono	Sufficiente	terbutilazina, ma media < SQA
Serchio	Torrente Sestaione	PT		x	MAS-984	Elevato	Buono	Elevato	Elevato	Buono	metalli pesanti ricercati con risultati <LQ

(*) La media deriva da singoli campioni che differiscono fra loro più di una classe.

STATO ECOLOGICO - Bacino dell'Arno

Fiume	Torrente	MAS	PR	2012	2012	Stato	Stato	Classificazione	Note
Fiume Greve	Torrente Grassina	MAS-506	FI	2012	2012	Scarso	Elevato	Classificazione parziale	
Fiume Serezza Nuova	Canale detto Rogio	MAS-146	LU	2012	2012	Cattivo	Sufficiente	Classificazione parziale	arsenico, cromo, cloro fenolo, tricolorfenolo, tebuconazolo, metalaxil, metolactor, pirimetanil con medie < SQA. Terbutilazina media > SQA
Fiume Serezza Nuova	Canale Emissario di Bientina (Fiume Serezza Nuova)	MAS-148	PI	Scarso	Cattivo*	Cattivo	Buono	Cattivo	tricolorfenolo, arsenico cromo, cloroformio, terbutilazina, etofumesate, metolactor, tebuconazolo con media < SQA

STATO CHIMICO – Bacino del Serchio

Serchio	Canale Burlamacca	LU	MAS-014	Non buono
Serchio	Torrente Pizzorna	LU	MAS-540	Buono
Serchio	Torrente Turrite di Gallicano	LU	MAS-557	Buono
Serchio	Torrente Corfino	LU	MAS-969	Non buono (2010)
Serchio	Torrente Sestaione	PT	MAS-984	Buono

STATO CHIMICO – Bacino dell'Arno

Arno	Fiume Greve	Fiume Greve Monte	FI	MAS-536	Buono
Arno	Fiume Serezza Nuova	Canale detto Rogio	LU	MAS-146	Non buono
Arno	Fiume Serezza Nuova	Canale Emissario di Bientina (Fiume Serezza Nuova)	PI	MAS-148	Non buono

Si riporta nella fig.2.1 inoltre per il Canale detto Rogio la scheda di dettaglio relativa alla stazione di misura con indicato il parametro di tab. 1/A DM 260/2010 che determina lo stato chimico non buono.

Fig.2.1 – Scheda della Stazione di misura sul Canale detto Rogio.

Canale Rogio	MAS-146 Canale Rogio – Baracca Di Nanni	Parametro	Media	Conteggio analisi	SQA	Note
		1,2,3-triclorobenzene - µg/L	<LR	6	0,4	Stato CHIMICO non Buono
		1,2,4-triclorobenzene - µg/L	<LR	6	0,4	
		1,2-DICLOROETANO - µg/L	<LR	6	10	
		1,3,5-triclorobenzene - µg/L	<LR	6	0,4	
		ALACLOR - µg/L	<LR	6	0,3	
		ANTRACENE - µg/L	0,009	5	0,1	
		ATRAZINA - µg/L	<LR	6	0,6	
		BENZENE - µg/L	<LR	6	10	
		BENZO[A]PIRENE - µg/L	<LR(*)	5	0,05	
		BENZO[B]FLUORANTENE - µg/L	<LR(*)	5	0,03Σ	
		BENZO[GHI]PERILENE - µg/L	<LR(*)	5	0,002Σ	
		BENZO[K]FLUORANTENE - µg/L	<LR(*)	5	0,03Σ	
		BIS (2-ETILEL) FTALATO - µg/L	0,367	6	1,3	
		CADMIO - µg/L	<LR	13	0,15-classe IV	
		CLOROFORMIO - µg/L	1,76	6	2,5	
		CLORPIRIFOS - µg/L	<LR	6	0,03	
		DICLOROMETANO - µg/L	<LR	6	20	
		ENDOSULFAN - µg/L	<LR	6	0,005	
		ESACLOROBUTADIENE - µg/L	<LR	6	0,05	
		FLUORANTENE - µg/L	0,01	5	0,1	
		INDENO[1,2,3-CD]PIRENE - µg/L	<LR(*)	5	0,002Σ	
		IPA – TOTALI - µg/L	0,01	5		

Bacino dell'Arno	Etichetta	Parametro Nome	Media	Conteggio analisi	SQA	Note
		MERCURIO - µg/L	0,02	10	0,03	
		NAFTALENE - µg/L	0,02	5	2,4	
		NICHEL - µg/L	3,42	13	20	
		NONILFENOLO (MISCELA ISOMERI) - µg/L	0,08	6	0,3	
		PARA-TERZ-OTTILFENOLO - µg/L	<LR	6	0,1	
		PENTABROMODIFENILETERE - ng/L	5,26	6	0,5	
		PENTACLOROFENOLO - µg/L	0,04	5	0,4	
		PIOMBO - µg/L	1,43	13	7,2	
		SIMAZINA - µg/L	<LR	6	1	
		TETRACLOROETILENE - µg/L	0,03	6	10	
		TRIBUTILSTAGNO - µg/L	<LR	2	0,0002	
		TRICLOROETILENE - µg/L	0,03	6	10	
		TRIFLURALIN - µg/L	<LR	6	0,03	

I corsi d'acqua della provincia di Lucca sono stati oggetto, in particolare negli ultimi anni, di numerose indagini sullo stato di qualità sia biologica che chimica, che consentono di tracciare un quadro abbastanza preciso della situazione attuale. Serie storiche significative sono tuttavia disponibili esclusivamente per quanto riguarda il corso del fiume Serchio.

Per il bacino del Serchio, sono state condotte da ARPAT lungo il corso del fiume e del suo principale affluente, il torrente Lima, campagne di monitoraggio che hanno evidenziato un progressivo peggioramento da monte a valle, dovuto all'aumento delle aree urbanizzate e industrializzate e dei relativi scarichi, a fronte di una diminuzione delle portate, anche nel periodo invernale, a causa dell'intensificarsi di derivazioni per uso diverso sul territorio del bacino. La condizione complessiva degli affluenti risulta in ogni caso decisamente migliore.

Per quanto riguarda il canale Ozzeri si rileva, invece, il superamento dei valori di concentrazione di azoto ammoniacale e di quello nitroso ad indicare un inquinamento di natura organica testimoniato dai più alti

valori della ossidabilità ed anche dal basso tenore di ossigeno disciolto per il consumo derivante da processi biologici di degradazione aerobica.

Anche i principali canali della Piana, ricadenti nel bacino dello Scolmatore, evidenziano una situazione critica, in particolare il Canale Rogio, con uno stato ecologico "scadente".

2.5 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE

La valutazione dei siti di interferenza idraulica è stata condotta mediante l'analisi di due differenti aspetti:

- sovrapposizione del tracciato plano-altimetrico con aree che il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Serchio e quello redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno, classificano come aventi un indice di pericolosità idraulica o siano classificate come aree di pertinenza fluviale o golenali;
- la presenza di attraversamenti di corsi d'acqua principali, fiumi o torrenti anche in assenza di una classificazione PAI.

Per le interferenze del primo tipo verranno previste misure per la messa in sicurezza dell'opera da eventi con tempi di ritorno duecentennali e saranno suggerite misure di mitigazione al fine di non aggravare il rischio idraulico dell'area in esame. Per le interferenze del secondo tipo verranno effettuate verifiche idrauliche nell'ipotesi di moto permanente, negli scenari attuale e di progetto e verranno definite le caratteristiche geometriche delle opere d'arte che costituiscono l'attraversamento in modo da non interferire con la corrente.

Adeguamento della SS 12

L'adeguamento previsto per la SS12 inizia in località Corte Pasquinelli fino a ponte a Moriano in prossimità del ponte sul Serchio.

Il Piano di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Serchio prevede nel tratto in esame Bassa Probabilità di inondazione, le principali interferenze idrauliche riscontrate sono pertanto di carattere puntuale, procedendo da Nord verso Sud:

Nel tratto più a nord si ha l'attraversamento del torrente Fraga della SS12 che per la restante parte di tracciato non presenta particolari interferenze ricalcando il percorso della viabilità attuale che costituisce praticamente l'argine del fiume Serchio; saranno pertanto da evitare gli adeguamenti che occupano lo spazio attualmente destinato ad area golenale e che il PAI classifica come P1 aree golenali.

Asse Nord-Sud

Tale asse ha un andamento planimetrico prevalentemente nord-sud, dalla rotatoria con cui incrocia la SS12 dell'Abetone e del Brennero a nord di Lucca, fino allo svincolo in località Antraccoli dove si ricongiunge ad altri assi del progetto. Il Piano di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Serchio, prevede nel tratto in esame una zona a bassa probabilità di inondazione.

Le principali interferenze idrauliche riscontrate da nord verso sud sono pertanto di carattere puntuale:

- attraversamento del canale detto Condotta Pubblico: ha un uso prevalentemente irriguo; riceve le acque dallo scarico della centrale ENEL posta poco più a monte e da un'opera di derivazione sul Fiume Serchio. Il superamento di tale canale sarà realizzato con un cavalcavia le cui dimensioni, in altezza e in larghezza, sono tali da non restringere la sezione attuale e da assicurare un sufficiente franco idraulico;
- attraversamento di fossi e piccoli canali: verranno valutati i valori minimi delle dimensioni dei tombini in modo da non interferire con il libero deflusso delle acque.

Intersezione a raso di Lucca Est

L'intersezione autostradale di Lucca Est interferisce con aree classificate come "AP" - Aree allagate e/o ad alta probabilità di inondazione e "P2" - Aree a moderata probabilità di inondazione e aree di pertinenza fluviale. Non sono presenti interferenze dovute all'attraversamento del reticolo idrografico superficiale.

Asse Ovest - Est

L'asse Ovest-Est interferisce maggiormente con le aree ad alta probabilità di inondazione (AP, classificate come "Area allagata o ad alta probabilità di inondazione", definita dall'art. 22 delle Norme di Piano) e aree a media probabilità di inondazione (MP, "Area a moderata probabilità di inondazione per sormonto arginale", definita dall'art. 25 delle Norme di Piano) nella parte di tracciato che si sviluppa parallelamente all'autostrada A11.

I siti interferiti sono:

- in località San Concordio all'inizio della nuova viabilità esiste un tratto ricadente in zone classificate AP ed MP. Questa classificazione è dovuta alla presenza di acque di ristagno cioè ad un insufficiente drenaggio superficiale;

- in località Mugnano si ha l'attraversamento del Canale Ozzoretto e la sovrapposizione con un'area classificata PU ("Aree morfologicamente depresse o aree umide", definita dall'art. 24 delle Norme di Piano) sempre in fregio al Canale Ozzoretto;
- in località Immaginone, in prossimità della linea ferroviaria Lucca-Pistoia-Firenze, si ha un altro attraversamento del Canale Ozzoretto con una piccola sovrapposizione con area PU;
- in località Corte degli Ulivi si ha un ulteriore attraversamento del Canale Ozzoretto e la sovrapposizione con area AP e PU.

Si può affermare che in questa fase le interferenze esposte sono di modesta entità e non comportano un aumento significativo del rischio idraulico.

Verrà inoltre assicurata la continuità del reticolo superficiale minore con la disposizione di tombini, opportunamente dimensionati ogni qualvolta il corpo stradale interferisse con elementi di reticolo.

Per tutti i siti sopraelencati in cui l'interferenza sia dovuta all'attraversamento di un corso d'acqua, verranno valutati i valori minimi delle quote degli impalcati stradali in modo da non interferire con il libero deflusso delle acque.

Cavalcaferrovia Lucca – Firenze

Il cavalcavia ferroviario non interferisce con aree classificate a pericolosità idraulica e non interferisce con corsi d'acqua di una certa importanza.

Intersezione a raso di Antraccoli

L'opera in progetto ricade completamente all'interno di un'area classificata come a bassa probabilità di inondazione "BP" secondo il Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Serchio. Presenta altresì interferenze idrauliche del secondo tipo, attraversamento puntuale del canale Ozzoretto; gli attraversamenti saranno opportunamente verificati nella loro officiosità idraulica.

Asse Est – Ovest

Pur trattandosi di un tratto di viabilità esistente che non subisce sostanziali modifiche, sono state analizzate in questa fase del progetto le sovrapposizioni del tracciato con la cartografia prodotta dall'Autorità di Bacino del Fiume Arno. Il tracciato non presenta sovrapposizioni con aree ad alta pericolosità di inondazione se non per un breve tratto nella parte terminale. Inoltre tutta la parte orientale della viabilità si sovrappone con una zona allagabile con battenti duecentennali compresi tra zero e venti centimetri.

Lo studio riguarderà inoltre la verifica degli attraversamenti sui principali corsi d'acqua di seguito riportati:

- procedendo dallo svincolo di Antraccoli in direzione di via del Frizzone, si ha l'attraversamento in rilevato (h = 6 m) sul Canale Ozzoretto in un punto piuttosto a monte del corso del canale e quindi interessato da portate modeste. Si prevede di difendere il rilevato in prossimità dell'attraversamento con misure che evitino un'azione erosiva della corrente nel caso di una eventuale esondazione, peraltro non riscontrata nelle verifiche idrauliche;
- successivamente sono presenti due attraversamenti, uno sul Rio Arpino ed uno sul Rio Frizzone.

L'attraversamento esistente sull'Arpino non risulta verificato nella configurazione attuale, si prevede di risagomare le sezioni a monte ed immediatamente a valle, con la realizzazione di piccoli rilevati arginali e di aumentare la larghezza libera della sezione in corrispondenza dell'opera d'arte. Per quanto riguarda l'attraversamento del Rio Frizzone, questo corso d'acqua risulta verificato per le portate di progetto utilizzate e non necessita di misure di mitigazione.

Verrà assicurata la continuità del reticolo superficiale minore con la disposizione di tombini opportunamente dimensionati ogni qualvolta il corpo stradale interferisse con elementi di reticolo.

Opera Connessa

La parte iniziale dell'asse viario non interessa aree a pericolosità elevata, eccetto che per un piccolo tratto prima dell'attraversamento del Rogetto, che avviene su viabilità esistente. Successivamente attraversa aree che non presentano alta pericolosità idraulica fino al tratto terminale di via del rogio.

Varie sono le aree che presentano rischio di inondazione minore con battenti che sono al massimo di 20 cm dal piano campagna; per questi tratti verranno previste protezioni del rilevato stradale in materassi in rete d'acciaio riempiti con materiale lapideo.

Nel realizzare le opere di nuova costruzione e di adeguamento, verrà assicurata la continuità del reticolo superficiale minore qui particolarmente esteso e ogni qualvolta il corpo stradale interferisse con i corpi idrici si calcoleranno e opportunamente dimensioneranno le opere di attraversamento in modo da garantire il libero deflusso delle acque.

Circonvallazione di Altopascio

Questo asse di nuova viabilità è previsto in affiancamento all'Autostrada A11 e nel tratto che si sviluppa nel Comune di Porcari attraversa la Fossa Bianca e il Fosso Trazzera, oltre ad altri fossi minori. Nel realizzare le opere di attraversamento, verrà assicurata la continuità di questi fossi e del reticolo superficiale minore con opere che garantiranno il libero deflusso delle acque.

Il tracciato prosegue nel territorio del Comune di Altopascio dove interseca due aree a pericolosità idraulica molto elevata ed il Fosso Rapecchio; per le due aree localizzate subito prima e un po' dopo del

fosso, è segnalata la possibilità di allagamenti. Il tracciato piega poi verso sud e costeggiando un'area a pericolosità idraulica elevata arriva fino al Canale di Altopascio noto anche come Canale della Navareccia, che viene attraversato per arrivare all'incrocio con rotatoria sulla SP n° 3 Bientina - Altopascio. In queste aree si hanno previsioni di allagamenti duecentennali con battenti molto variabili, dai 20 cm dei tratti iniziali fino ai 2 m della parte conclusiva del tracciato.

Verrà anche per questo tratto assicurata la continuità del reticolo superficiale minore con la disposizione di tombini, opportunamente dimensionati ogni qualvolta il corpo stradale interferisse con elementi di reticolo. Inoltre per proteggere l'infrastruttura verranno valutati i battenti previsti in modo da assicurare un franco di sicrezza adeguato; per i rilevati verranno adottate misure di protezione consistenti nella protezione con materassi tipo reno.

2.6 TIPOLOGIE DI IMPATTO

2.6.1 INTERFERENZA CON CORSI D'ACQUA

Le problematiche relative alle acque superficiali sono legate ad interferenze quantitative idrologico - idrauliche, in riferimento alla possibile alterazione dei deflussi dei corsi d'acqua e dei deflussi delle acque di ruscellamento con conseguente alterazione dell'equilibrio idrologico dell'area interessata.

Le interferenze quantitative che la realizzazione di una strada può produrre sulle acque superficiali sono:

- modifica delle condizioni di deflusso dei corsi d'acqua a causa della realizzazione di viadotti ed opere in alveo;
- riduzione della portata dei corsi d'acqua derivata dall'approvvigionamento di acqua per le attività industriali nelle aree di cantiere;
- incremento della portata dei corsi d'acqua a causa dello smaltimento delle acque industriali e/o nere depurate e dall'immissione delle acque meteoriche raccolte nelle aree di cantiere e sulla piattaforma stradale.

2.6.2 RISCHIO DI INQUINAMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI PER ACQUE DI PRIMA PIOGGIA E/O PER SVERSAMENTI ACCIDENTALI

Nell'attraversamento dei corsi d'acqua si possono presentare problematiche legate ad interferenze qualitative idrologico - idrauliche, in riferimento alla possibile alterazione delle qualità fisico - chimiche - batteriologiche delle acque. L'alterazione di tali caratteristiche nelle acque superficiali può derivare:

- dalla non corretta raccolta e smaltimento delle acque utilizzate nei cantieri;

- dallo sversamento nei corpi idrici di sostanze inquinanti, quali solidi sospesi, oli, idrocarburi, cemento e derivati, metalli pesanti, liquami fognari, pesticidi, erbicidi ed altre sostanze pericolose.

Tali sostanze possono determinare l'inquinamento delle acque a seguito del contatto diretto, per percolazione di fluidi inquinanti oppure per dilavamento del manto stradale ad opera delle acque di prima pioggia.

2.7 EFFETTI PREVISTI ED INDICAZIONI DI MITIGAZIONE

Gli effetti prevedibili per questa componente si possono dividere in due gruppi. Essi sono:

- interferenza con sorgenti e/o pozzi;
- interferenza con i corsi d'acqua;
- rischio di inquinamento delle acque superficiali.

Di seguito si individuano gli impatti relativi alle varie opere da realizzare.

Lavori all'aperto

Dal confronto con gli elaborati della pianificazione comunale l'interferenza con sorgenti e pozzi ad uso civile non sembra verificarsi, allo stato attuale delle conoscenze.

Per gli altri impatti che possono derivare dalla realizzazione dei lavori previsti nelle tratte all'aperto si possono fare le seguenti considerazioni:

- *interferenza con i corsi d'acqua:* per mitigare gli effetti degli attraversamenti, sia in rilevato che con ponti, si dovranno utilizzare le opportune tecniche per consentire il regolare scorrimento delle acque tenendo conto anche delle possibili condizioni di piena. L'interferenza può verificarsi anche tra il rilevato ed i fossi e la realizzazione di opportuni "varchi" consentirà di non interrompere il flusso delle acque verso valle; sempre per limitare la possibilità di contaminazione tra le acque meteoriche e il reticolo idrografico naturale, si prevede la realizzazione dei fossi di guardia e degli attraversamenti idraulici prima delle opere stradali, evitando tra l'altro la costruzione di piste di cantiere all'interno delle vie d'acqua minori. Tale piano delle fasi di lavoro favorisce inoltre una rapida ricucitura della rete dei corpi idrici superficiali con vantaggi per l'assetto idrogeologico dell'area ed offre inoltre maggiori garanzie nel caso di eventi piovosi intensi che possono verificarsi durante le fasi di lavoro. Particolare attenzione sarà prestata alle lavorazioni riguardanti la realizzazione di opere fondazionali quali la realizzazione delle pile dei viadotti o i getti del sottopasso Nottolini. Tali lavorazioni prevedono infatti il getto di calcestruzzo, proprio in questa fase onde evitare che la fuoriuscita di acqua mista a cemento possa interessare ed inquinare le acque superficiali in considerazione

dell'elevato grado di vulnerabilità dei suoli. E' prevista pertanto la realizzazione, attorno alle opere di fondazione e di elevazione, di specifiche fosse impermeabilizzate, ottenute mediante la stesa di un telo in polietilene di adeguato spessore, da cui si possa prelevare, con l'uso di appropriate pompe, l'acqua di lavorazione per convogliarla successivamente ad attigue fosse di decantazione, anch'esse opportunamente dimensionate ed impermeabilizzate. Tali fosse garantiranno la sedimentazione dei materiali trasportati e sospesi e restituiranno successivamente acqua pulita, al reticolo irriguo presente in prossimità delle zone operative. Le fosse di decantazione, in relazione alle loro dimensioni, potranno essere realizzate di tipo fisso, direttamente scavate nel terreno e perimetrare da adeguate arginature provvisorie, prefabbricate in c.a., oppure del tipo mobile, ovvero installate sul cassone di apposito autocarro adibito al trasporto delle sostanze sedimentate.

- *rischio di inquinamento delle acque:* è possibile soprattutto in corrispondenza della sede stradale a raso e in rilevato ma anche nelle trincee e nel sottopasso Nottolini, sia per l'immissione delle acque meteoriche di prima pioggia che si raccolgono sulla sede stradale e sui piazzali impermeabilizzati sia per sversamenti accidentali. Il progetto dovrà prevedere per tutte le aree a rischio degli opportuni sistemi di raccolta, convogliamento, decantazione e depurazione delle acque prima che siano immesse nei corpi idrici naturali. In particolare per quanto riguarda il sottopasso detto "Nottolini" si prevede di predisporre un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche che andranno ad insistere sulla piattaforma di tipo chiuso. Si prevede infatti la realizzazione di tubazioni opportunamente dimensionate che convolgano le acque meteoriche verso il minimo geometrico del sottopasso dove verrà installato un impianto di sollevamento delle acque opportunamente dimensionato. Tale impianto provvederà a convogliare le acque reflue dalla quota minima del sottopasso fino alla quota di smaltimento, posta circa a piano campagna. A valle dell'impianto di sollevamento, costituito da una batteria di pompe sommerse, si ha la vasca di trattamento per le acque di prima pioggia dove far decantare le acque prima dell'immissione nel corpo recettore finale.

S tutta la viabilità di progetto sono state disposte diverse vasche di trattamento delle acque di prima pioggia, i criteri che sono stati seguiti al fine di posizionare nel modo più efficace possibile tali vasche hanno dovuto tener conto di diversi aspetti:

1. un criterio economico che tenda a minimizzare il numero di vasche necessarie da un lato e le dimensioni della singola vasca dall'altro;
2. si è cercato di realizzare una rete di smaltimento delle acque di piattaforma che funzionasse a gravità, ovunque eccetto che nel caso del sottopasso Nottolini, in questa ottica le vasche sono state disposte nei punti di minimo altimetrico del tracciato;

3. si è cercato di collocare le vasche quanto più vicino possibile ai corpi ricettori finali delle acque stesse in modo da poter immettere le acque trattate senza l'ausilio di pompe;
4. infine tra i corpi recettori si è cercato di privilegiare quelli che garantiscono una maggior portata in modo da amplificare l'effetto di diluizione sulle acque in uscita dalle vasche.

Aree di cantiere

La realizzazione dei cantieri e della relativa viabilità di accesso, comporta la temporanea occupazione di aree per la maggior parte utilizzate per colture agricole.

in relazione alla gestione delle AMD (Acque Meteoriche di Dilavamento) in fase di cantierizzazione, l'attenzione si concentra su due tipi di accorgimenti:

- (i) modalità di realizzazione della regimazione delle acque del reticolo idrografico naturale a partire dalla realizzazione della pista di cantiere;
- (ii) raccolta e trattamento delle AMD nelle aree di cantiere (campi base e campi operativi).

In riferimento al punto (i), si illustrano le seguenti misure che insieme costituiscono una strategia organica di organizzazione e gestione della cantierizzazione volta alla tutela della risorsa idrica all'interno dell'area di intervento.

Per minimizzare il dilavamento da parte delle acque meteoriche di superfici potenzialmente inquinanti, si ritiene necessario limitare le viabilità di cantiere e che le aree di lavoro vengano raggiunte dai mezzi d'opera solo ed esclusivamente a partire da due accessi uno all'inizio ed uno alla fine di ogni tratto e che i percorsi interni fra i due accessi siano vincolati alla fascia di terreno su cui verrà realizzato il corpo stradale, allo scopo di conseguire l'obiettivo della riduzione delle aree potenzialmente contaminabili, ma risulta efficace anche per la riduzione delle interferenze fra le attività di cantiere e quelle presenti nel contesto rurale e sub-urbano interessato dall'intervento.

Sempre per limitare la possibilità di contaminazione tra le AMD e il reticolo idrografico naturale, si prevede la realizzazione dei fossi di guardia e degli attraversamenti idraulici prima delle opere stradali, evitando tra l'altro la costruzione di piste di cantiere all'interno delle vie d'acqua minori. Tale piano delle fasi di lavoro favorisce inoltre una rapida ricucitura della rete dei corpi idrici superficiali con vantaggi per l'assetto idrogeologico dell'area ed offre inoltre maggiori garanzie nel caso di eventi piovosi intensi che possono verificarsi durante le fasi di lavoro

Si prevede inoltre che le AMD, contenenti idrocarburi, ma in fase di cantiere, soprattutto sedimenti, raccolte dai fossi di guardia vengano intercettate da pozzettoni in c.a. con un setto intermedio di separazione, prima di essere scaricate nelle naturali depressioni del terreno a monte e a valle dei tombini idraulici. Questa tecnica presenta una duplice valenza:

- consente il deposito della maggior parte dei sedimenti prodotti dalle attività di lavoro durante la fase di cantierizzazione;
- garantisce un trattamento di sedimentazione primaria durante le fasi di esercizio dell'infrastruttura per tutta la vita utile.

In riferimento al punto (ii) si prevede la predisposizione di opportuni dispositivi di raccolta e di trattamento delle AMD a servizio delle aree occupate da apprestamenti di cantiere durante l'intero periodo dei lavori (Campi Base e Campi Operativi).

Innanzitutto si prevede l'impermeabilizzazione delle suddette aree, mediante la realizzazione di un pacchetto di pavimentazione con finitura in conglomerato bituminoso, volta alla minimizzazione dell'impatto con la falda sotterranea e con i corpi idrici superficiali, soprattutto in relazione ad eventuali sversamenti accidentali. Le terre provenienti dallo scotico dei piazzali saranno disposte perimetralmente, disponendole in dune di terra con funzione oltreché di deposito, anche di schermatura visiva.

Le acque meteoriche provenienti dai versanti ("acque pulite") e che non interferiscono con l'area di cantiere, verranno raccolte lungo i limiti del cantiere mediante fossi di guardia così come le acque piovute all'interno del cantiere ma successive alla prima pioggia (primi 5 mm) e le acque di drenaggio dei campi base ("percorsi puliti"), le quali saranno collettate mediante una adeguata rete di fognatura. Tutte e tre le acque sopracitate verranno convogliate direttamente al recapito idrico finale.

La separazione fra prima e seconda pioggia verrà compiuta mediante vasca di accumulo delle acque meteoriche dilavanti con pozzetto by-pass disposta a monte dell'impianto.

Per la raccolta e il trattamento delle acque reflue prodotte all'interno del cantiere sono state previste due reti distinte di tubazioni in Pead con due impianti di depurazione: una per le acque reflue meteoriche successive alla prima pioggia e le acque di lavaggio ruote, l'altra per le acque reflue di origine civile.

Si prevede per le prime, l'impiego di un impianto di trattamento compatto per acque meteoriche ed industriali, costituito da vasca di chiari-flocculazione, decantatore statico, disoleatore e dispositivo di correzione del ph. I fanghi che si depositano nel cono di fondo del decantatore, verranno estratti per gravità in modo discontinuo ed inviati ad una piccola filtropressa integrata.

Verranno predisposti tutti i rami di tubazione necessari per il riuso delle acque in uscita dall'impianto di trattamento (come raccomandato dall' art.38 e dall'art.40 del DPGR 46/R DEL 8/9/2008) ; in particolare tali acque verranno inviate in parte ai serbatoi di stoccaggio e successivamente riutilizzate per le lavorazioni, per il lavaggio piazzali e in parte all'impianto di lavaggio ruote.

Relativamente a quest'ultimo, si prescrive che i mezzi che lasciano ogni area di cantiere dovranno pulire i pneumatici passando attraverso un apposito impianto di lavaggio ruote munito di ugelli per il lavaggio

delle superfici esterne ed interne delle ruote singole o gemellate. L'acqua di lavaggio sarà convogliata in una vasca di decantazione acque reflue e di seguito inviata all'impianto di trattamento per essere nuovamente riutilizzata. Tali accorgimenti limitano di molto la necessità di approvvigionamento da fonti esterne (rete acquedottistica, autocisterne).

L'impianto per il trattamento delle acque reflue civili è costituito da una vasca circolare prefabbricata monoblocco in calcestruzzo armato interrata. La vasca è divisa tramite un setto interno in un comparto per fossa Imhoff e uno per bacino di ossidazione biologica e sedimentazione secondaria. Sono stati previsti in sede di offerta a servizio dei due campi base.

Sul collettore in uscita di ogni impianto di depurazione, a monte dello scarico nel reticolo superficiale, è stato previsto un pozzetto per prelievo campioni.

Gli impianti di depurazione insieme alle opere di regimazione delle acque (reti di raccolta e convogliamento delle acque meteoriche e reflue e le reti di adduzione, riciclo e di scarico delle acque) dovranno essere realizzati prima delle altre attività lavorative previste presso il cantiere.

3 COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO

3.1 INQUADRAMENTO GENERALE

La pianura di Lucca è costituita da una superficie pianeggiante, che occupa un'ampia depressione strutturale vasta circa 160 km² risalente al Miocene superiore-Pliocene.

La depressione, interessata inizialmente da subsidenza tettonica, è stata colmata da sedimenti lacustri prevalentemente argillosi e, successivamente, in tempi più recenti, è stata alluvionata dalla presenza del Fiume Serchio.

Il progressivo innalzamento del letto dell'Arno ha portato al colmamento alluvionale della pianura lucchese. In tempi storici tutto il sistema idraulico è stato regimato fino a giungere alla situazione attuale, con il Serchio che scorre in un alveo arginato e pensile sulla pianura, da Ponte a Moriano fino alla foce.

Le alluvioni recenti del Serchio, nella porzione sabbioso-ghiaiosa, costituiscono un acquifero che con continuità areale si estende con spessori variabili sotto tutta la pianura. Per questo motivo la Piana di Lucca risulta caratterizzata dalla presenza di una falda sotterranea consistente e pregiata, in stretta correlazione con le acque del fiume, che ha consentito in passato e consente tutt'oggi lo sviluppo socioeconomico della zona. L'acquifero che ospita la falda è caratterizzato da un'alta vulnerabilità, sia in funzione dello spessore che della natura della copertura presente a tetto dell'orizzonte acquifero, sia per la distanza della falda dal piano di campagna.

Dal punto di vista stratigrafico, la porzione di pianura è rappresentata in superficie sia da ghiaie e/o ghiaie con sabbia, sia da sedimenti più fini, prevalentemente limoso-sabbiosi.

Le dorsali collinari, che limitano la pianura, sono costituiti da rocce appartenenti sia alle Successioni Toscane metamorfica e non metamorfica, che a formazioni alloctone del complesso delle "Liguridi s.l.".

Nelle fasce di raccordo pianura-rilievi, sono presenti, oltre ai depositi lacustri, anche depositi di conoide ed alluvioni antiche disposte in vari ordini di terrazzi.

3.2 GEOMORFOLOGIA

La situazione geomorfologica dell'area di studio è molto varia, sia dal punto di vista altimetrico che geoambientale.

L'infrastruttura di progetto si sviluppa nella pianura di Lucca, tra le quota minima di circa 9,0 m slm in loc. Frizzone e la quota massima di 38,6 m slm in corrispondenza del Ponte della Chiesa (Ponte a Moriano). La pianura presenta una pendenza media pari al 0,24 % lungo la direttrice NW-SE, passando da valori massimi di circa lo 0,4% nelle porzioni più a nord a valori inferiori allo 0,15% nelle zone più meridionali.

La pianura di Lucca fa parte di uno dei bacini intermontani corrispondenti ad ampie depressioni tettoniche che cominciarono a delinearsi nell'Appennino settentrionale a partire dal Miocene superiore; tale depressione si trova nel prolungamento verso SE della struttura della vallata del Serchio ("Graben del Serchio"), e sembra continuare, nella stessa direzione, con quella della Val d'Elsa. Essa comprende oggi due aree distinte, la piana di Lucca e la piana del sistema. Pescia-Nievole, separate dalle colline di Montecarlo-Altopascio-Le Cerbaie, costituite da depositi di cicli lacustri e fluvio-deltizi di età pleistocenica. I rilievi che bordano la pianura sugli altri lati sono costituiti, a sud-ovest, da rocce appartenenti alle Successioni Toscane metamorfica e non metamorfica; a nord-ovest compaiono litotipi riconducibili sia alla successione Toscana non metamorfica, sia a formazioni alloctone del complesso delle "Liguridi s.l.".

Nelle aree di raccordo pianura-rilievi, sono presenti depositi di conoide e alluvioni antiche terrazzate.

Nel sottosuolo della pianura di Lucca si registra la sovrapposizione dei depositi alluvionali del Pleistocene Sup.-Olocene sulle argille lacustri villafranchiane, affioranti alla base delle colline di Montecarlo. Un altro dato importante è rappresentato dalla continuità areale dell'orizzonte sabbioso - ghiaioso acquifero che si estende sotto tutta la pianura, anche se con spessori variabili.

Il progressivo aumento dello spessore delle ghiaie, fino a valori massimi di oltre 40 metri, lungo la direttrice Saltocchio-Lammari-Tassignano conferma che tale direttrice corrisponde a quella lungo la quale il Serchio ha esercitato per più lungo tempo la sua azione erosiva.

In superficie, i depositi della pianura risultano costituiti da sedimenti prevalentemente limoso - sabbiosi nella porzione centrale, mentre si osservano depositi più fini, talora torbosi, nella porzione sud orientale.

L'attuale corso del Serchio è in gran parte arginato e pensile sulla pianura alluvionale, per cui mentre è in grado di ricevere tutti gli affluenti posti in riva destra, lungo l'orlo dei rilievi nord-occidentali, non altrettanto si verifica per gran parte delle acque superficiali in riva sinistra; su questa sponda il Serchio, dopo aver ricevuto immediatamente a valle di Ponte a Moriano il contributo del Torrente Fraga, che scende dal settore ovest delle Pizzorne, non riceve più alcun affluente fino alla località di Rigoli, 4 km a valle di Filettole, dove si ha la confluenza nel fiume del Canale Ozzeri.

Quest'ultimo costituisce in pratica il collettore di tutte le acque superficiali del settore ovest della pianura di Lucca e dei corsi d'acqua che scendono dal corrispondente settore dei Monti Pisani (i più importanti sono il Rio di Vorno ed il Torrente Guappero). Il settore est della pianura, ad oriente della congiungente le frazioni di S. Pietro a Vico, Picciorana, Antraccoli, Mugnano e Pontetetto che costituisce una linea spartiacque artificiale in prossimità della quale corre il tracciato del canale Ozzoretto, tributario del citato Ozzeri, porta le sue acque verso il bacino di bonifica dell'ex Lago di Bientina. Ciò avviene sia mediante un altro canale collettore, il Rogio, sia con altri canali che raccolgono le acque dei corsi d'acqua provenienti dai rilievi di nordest e di est (Pizzorne, colline di Montecarlo - Altopascio).

Se consideriamo il bacino imbrifero della pianura lucchese in sinistra del Serchio e del T. Fraga, ultimo suo affluente orientale, il 35% appartiene al sottobacino del collettore occidentale (Canale Ozzeri) ed il 65% ai collettori orientali (Canale Rogio-Fossa Nuova-Fossa Navareccia). Su tale situazione idraulica si viene poi a sovrapporre la rete dei canali irrigui, che complessivamente supera una lunghezza di 400 km, i quali derivano acqua dal Condotto Pubblico e che a sua volta è alimentato dal Serchio con un'apposita derivazione nella zona di Ponte a Moriano.

3.3 GEOLOGIA

Dal punto di vista stratigrafico la pianura di Lucca è rappresentata in superficie da sedimenti di natura alluvionale costituiti sia da ghiaie e/o ghiaie con sabbia, talvolta grossolane, permeabili, affioranti in una porzione centro-settentrionale della piana, sia da sedimenti più fini, prevalentemente limoso-sabbiosi di media permeabilità, nella porzione centrale. Nel settore sud-orientale sono inoltre presenti depositi limoso-argillosi e torbosi di bassa permeabilità.

Nel sottosuolo si registra la sovrapposizione fra tali depositi alluvionali del Pleistocene Superiore - Olocene ed i sottostanti depositi lacustri di natura prevalentemente argillosa di età Villafranchiana, presenti in affioramento su gran parte dei rilievi collinari che bordano il margine settentrionale e orientale della piana di Lucca.

Le alluvioni recenti del Serchio, nella porzione sabbioso-ghiaiosa, costituiscono un acquifero che con continuità areale si estende con spessore variabile sotto tutta la pianura. Per questo motivo la Piana di Lucca, vasta circa 160 km², risulta caratterizzata dalla presenza di una falda sotterranea consistente e pregiata, in stretta correlazione con le acque del fiume, che ha consentito in passato e consente tutt'oggi lo sviluppo socio-economico della zona.

Le dorsali collinari che limitano la pianura sono costituite a sud da rocce che possono essere ricondotte a litotipi appartenenti alle Successioni Toscane metamorfica e non metamorfica, mentre a nord, ad est e ad ovest compaiono litologie riconducibili sia alla successione Toscana non metamorfica, sia a formazioni alloctone del complesso delle "Liguridi s.l.".

In particolare nella zona più settentrionale del tracciato, i depositi fluviolacustri poggiano su un substrato litoide rappresentato sia dall'arenaria Macigno, sia dal Flysch ad Elmintoidi, presenti in affioramento anche sui rilievi collinari di Ponte a Moriano.

Nelle fasce di raccordo pianura-rilievi sono presenti, oltre ai depositi lacustri, anche depositi di conoide ed alluvioni antiche disposte in vari ordini di terrazzi.

I depositi alluvionali del F. Serchio che costituiscono la piana di Lucca sono caratterizzati da una certa eterogeneità di facies verticale, diretta conseguenza della progressiva dissipazione dell'energia di trasporto e procedendo da nord verso sud, possono essere distinti nei seguenti litotipi, dal basso verso l'alto:

- **Depositi ghiaiosi e ciottolosi di alta permeabilità** affioranti o molto vicini alla superficie presso le località S. Pietro a Vico-S. Quirico di Moriano (Pleistocene sup.-Olocene): sono in affioramento nella parte apicale della antica "conoide alluvionale" creata dal Serchio al suo sbocco nella pianura nella zona di Saltocchio-S. Pietro a Vico. Il loro spessore è compreso di regola tra 10 e 15 m in tale area e tende ad aumentare in direzione sud - sud est, fino a superare i 40 m. Questi depositi tendono inoltre ad immergersi al di sotto di livelli più recenti, a granulometria più fine, man mano che ci si sposta verso valle. L'affioramento interessa parte dell'asse Nord-Sud, tra i laghi di Lammari e la loc. Spadoni.
- **Depositi recenti prevalentemente limoso - sabbiosi e/o sabbioso - limosi, di media permeabilità ("Bellettone") e locali limi argillosi.** Costituiscono il sedimento alluvionale che in affioramento risulta il più esteso; infatti esso ricopre gran parte della pianura e dei fondo valle in essa confluenti. Il suo spessore tende ad aumentare da nord verso sud fino ad un massimo di una decina di metri nelle zone di Pontetetto-Vicopelago, a SW di Lucca. Interessa in affioramento tutto l'asse Ovest-Est, la porzione di asse Nord-Sud dalla rotonda di Antraccoli fino ai laghi di Lammari e la porzione di tratta Est-Ovest dalla rotonda di Antraccoli fino all'abitato di Tassignano.
- **Depositi prevalentemente limoso-argillosi di bassa permeabilità:** occupano la porzione sud-orientale della Piana di Lucca morfologicamente più piatta e rappresentano i depositi di zone con acque ristagnanti. Gli spessori, che tendono ad aumentare da nord verso sud, raggiungono il valore di circa 12-13 m nella zona a sud di Porcari. L'affioramento interessa l'asse Est-Ovest da Tassignano fino all'insediamento industriale Italcarta. Al di sotto di questi sono presenti infine i **depositi fluviolacustri** che in letteratura sono attribuiti al ciclo lacustre di Montecarlo del Pleistocene inferiore (Villafranchiano superiore) costituiti prevalentemente da argille, argille sabbiose con lignite e da livelli di conglomerati, ciottoli arrossati, argille e al ciclo fluvio-lacustre di Ponte a Moriano-S. Macario (Pleistocene medio?) rappresentati da argille e sedimenti ciottolosi a matrice sabbioso-argillosa.

3.4 ESAME GEOLITOLOGICO DEL TRACCIATO

Adeguamento della SS12

Il progetto prevede l'adeguamento, per km 3+872 circa dell'esistente Strada statale nel tratto da Ponte a Moriano, km 30+300 circa dell'esistente SS n° 12, fino alla località Corte Pasquinelli dove si attesta nella rotatoria da dove partirà il collegamento con il previsto ponte sul Fiume Serchio.

Si prevede la realizzazione di un tracciato in rilevato con riqualificazione della sezione stradale; non sono previste opere particolarmente importanti su questo tratto di strada; alla progressiva 1+127 km l'opera di adeguamento della SS12 si collega all'Asse Nord-Sud mediante una rotatoria di progetto.

Asse Nord - Sud

Il nuovo tratto viario è compreso tra il km 2+217 del tratto di Adeguamento SS n° 12 (corrispondente al km 29+000 dell'attuale SS n° 12) a partire dalla rotatoria da realizzare in località Tacchini, e l'intersezione di Antraccoli a sud, con uno sviluppo di km 5+140 circa. In questo settore il progetto prevede la realizzazione di un tracciato sostanzialmente a raso, risolvendo gli incroci a mezzo di cavalcavia e sottopassi.

Tra le progressive 0+098 e 0+308, l'intersezione con la linea ferroviaria Lucca-Aulla e la Via Lungo la Ferrovia Prima, è risolta con un cavalcavia di 210 m di lunghezza; a seguire il Condotto pubblico, la Via per Marlia e la Via dell'Acqua calda, sono superate con un cavalcavia di 245 m posto tra le progressive 0+824 e 1+069 e infine un sovrappasso risolve l'interferenza con Via Tognetti alla progressiva 1+543.

Per quanto riguarda gli aspetti geologici e geotecnici, lo scavo intercetterà prevalentemente i terreni di copertura limoso-sabbioso-ghiaiosi del paleoalveo del Serchio ed in parte i sottostanti livelli ghiaioso-sabbiosi. Negli scavi dovranno essere previste, anche a breve termine, opere di sostegno che contrastino la spinta dei terreni a tergo. La falda, in condizioni di media ricarica, presenta una soggiacenza di 6 m e non interferisce con lo scavo, mentre l'interferenza è presente in condizioni di massima ricarica (novembre 2000), in cui la soggiacenza ha raggiunto i 4 m dal p.c.

Alla progressiva 1+950 la strada di progetto interseca Via delle Ville, tale interferenza è risolta mantenendo il tracciato a raso e realizzando una rotatoria. In questa zona i dati geognostici mettono in luce, al di sotto del terreno agrario limoso-argilloso, con spessore al massimo di un metro, un livello sabbioso-limoso di media consistenza passante a breve profondità (1,5-2 m) all'orizzonte ghiaioso-sabbioso grossolano.

Alla progressiva 3+144 un sottopasso risolve l'intersezione con la nuova strada di collegamento tra Via per Corti Guidi e Via dei Coselli. In questa zona lo spessore della copertura limoso-sabbiosa si riduce.

Alla progressiva 3+800 circa la strada di progetto inizia a scendere rispetto al piano di campagna. Dal punto di vista geologico e geotecnico lo scavo intercetterà terreni granulari, già a partire dal piano campagna, per i quali anche a breve termine non sono prevedibili condizioni di stabilità. Per tale intervento dovranno pertanto essere previste le opere di sostegno provvisorie dimensionate sulla base dei parametri geotecnici desunti dalle indagini geognostiche e considerando la presenza di una falda pressoché coincidente con il piano di campagna.

Alla progressiva 4+090 circa l'attraversamento della Via Pesciatina è realizzato mediante una rotatoria. Anche in questo tratto i terreni presentano stratigrafia e parametri meccanici simili a quelli descritti sopra. Alla progressiva 5+750 circa la strada di progetto piega leggermente per inserirsi nell'esistente svincolo di Antraccoli. Considerando i dati stratigrafici e geotecnici, il terreno resistente in quest'area si colloca a partire da 3 - 3,5 m dal p.c. ed il suo spessore varia tra 18 e 25 m.

Intersezione di Lucca Est

L'opera ha lo scopo di allacciare l'esistente svincolo autostradale con il nuovo Asse Ovest-Est.

I terreni dell'area di realizzazione, per una profondità che si aggira intorno ai 7,50 m dal p.c., sono prevalentemente limosi e limoso-argillosi, con plasticità e compressibilità media. La falda freatica ha una soggiacenza media intorno a 0,50 m dal p.c. In queste condizioni è opportuna l'adozione di opportuni provvedimenti per evitare cedimenti e sottospinte idrauliche.

Asse Ovest-Est

Questo asse della nuova strada di progetto prevede una soluzione complanare all'Autostrada A11, da realizzarsi prevalentemente in rilevato. In questa fase di studio è stata eseguita la verifica dei cedimenti dei terreni di sottofondo mediante apposito software, tenendo conto delle caratteristiche geometriche del rilevato e delle proprietà dei terreni di appoggio.

Tra le progressive 0+188 e 0+233 la strada di progetto interseca Viale San Concordio e tale interferenza è risolta salendo con la livelletta del tracciato fino alla quota dell'Autostrada A11 esistente e portandosi parallela a questa in modo da realizzare un ponte in continuità con quello esistente. Fino a circa m 7,50 dal p.c. è presente un pacco di terreni prevalentemente limosi e limoso-argillosi di media plasticità e compressibilità.

Alla progressiva 0+900 la strada di progetto supera con un sottopasso il cavalcavia autostradale esistente su Via del Sorbano del Giudice. Il passaggio implicherà lo scavo in terreni limoso-argillosi di media plasticità con falda prossima al p.c.; tali condizioni comporteranno l'adozione di opere provvisorie di sostegno degli scavi e la bonifica del sottofondo.

Relativamente all'interferenza con la falda, i dati piezometrici disponibili indicano anche in condizioni di media ricarica la possibilità di intercettare il livello idrico sotterraneo. Pertanto dovranno essere previsti gli accorgimenti tecnici necessari all'abbattimento di tale falda in corso d'opera ed un corretto dimensionamento della soletta di fondazione per contrastare eventuali sottospinte idrostatiche.

Tra le progressive 1+243 e 1+593 la strada di progetto incrocia l'acquedotto Nottolini (1823 - 1832) e per evitare ogni interferenza con le sue arcate, sarà sottopassato con una galleria artificiale che prevede due tratti in trincea per gli imbocchi quindi in totale l'opera si sviluppa dalla progressiva 0+803 alla progressiva 2+108 circa. In questa zona la stratigrafia ha evidenziato la presenza di una copertura limoso-sabbioso-argillosa (Bellettone) fino alla profondità di 7,5 m dal p.c., seguita da uno spessore di circa 5 m di sabbie e ghiaie resistenti. In relazione al locale assetto geologico-tecnico, le opere strutturali che dovranno essere realizzate in corrispondenza della struttura acquedottistica, dovranno pertanto essere ancorate in corrispondenza dell'orizzonte sabbioso-ghiaioso compreso tra 7,5 m e 12,7 m.

Alla progressiva 1+750 circa la strada di progetto interferisce con la spalla esistente del cavalcavia autostradale di Via delle Cave che viene superato con un sottopasso. In tale località è stato realizzato il sondaggio S4, che evidenzia 6,90 m di copertura limoso-argillosa, con intercalazioni sabbiose, con un valore di coesione non drenata di 31,8 Kpa nel campione prelevato tra 5 e 5,60 m. La stessa tecnica è prevista per superare il cavalcavia autostradale di Via del Sorbano del Vescovo alla progressiva 2+075.

Alla progressiva 2+157 una rotatoria risolve l'incrocio con una strada esistente. Tra le progressive 2+910 e 2+940, un ponte di luce 30,00 m sulla strada di progetto risolve l'intersezione con il canale Ozzoretto; la struttura del ponte sarà simile a quella di Via di San Concordio. I pali di fondazione dovranno essere spinti a non meno di 16-18 m di profondità.

Dalla progressiva 3+716 alla progressiva 4+241 un viadotto sulla strada di progetto di lunghezza complessiva di circa 525 m, risolve l'intersezione con la ferrovia Lucca-Pistoia-Firenze; a seguire un altro viadotto tra le progressive 4+160 e 4+350 circa, la strada di progetto supera il canale Ozzoretto e la S.S. 439 Sarzanese Caldera. È presente in superficie una coltre di terreni di copertura con spessore di circa 2,0-2,5 m di natura limoso-argillosa compatta, caratterizzata da una coesione non drenata.

Alla progressiva 4+560 l'incrocio con la viabilità locale è risolto con una rotatoria. Alla progressiva 5+668, praticamente al termine dell'asse, uno scatolare di 10 m sulla strada di progetto risolve una seconda intersezione con il canale Ozzoretto. Nell'esecuzione dell'opera si dovrà tenere conto del ridotto spessore della copertura limosa (2-3 m) e del fatto che il pacco alluvionale ghiaioso-sabbioso supera i 20 m di spessore.

Dalla progressiva 6+050 circa alla progressiva 6+100 circa una rotatoria consente l'incrocio con la Strada Provinciale della Madonna un tratto della quale, adeguato, consente l'allacciamento con l'intersezione a raso di Antraccoli.

Cavalcaferrovia Lucca - Firenze

L'opera, posta nell'area "ex scalo merci" di Lucca, lunga in totale 0,600 km circa, avrà lo scopo di collegare con un viadotto lungo circa 200 m il centro della città, da Via per Corte Pulia fino alla Strada Comunale Mugnano, che porta nella zona di espansione a sud, superando la linea ferroviaria Lucca - Firenze e consentendo al traffico di evitare il passaggio a livello posto al termine di Via Mario Inghillini.

Intersezione di Antraccoli

L'intersezione rappresenta il punto di confluenza dei nuovi assi stradali Nord-Sud, Ovest-Est ed Est-Ovest. È posizionata in una zona della Piana di Lucca caratterizzata dalla presenza di un ridotto spessore della copertura limosa, che si aggira sui 2÷3 m, e dalla presenza di un terreno più resistente con spessori compresi tra i 18 ed i 25 m, a partire dai 3,5 m. Il primo strato, costituito da terreni limoso-sabbiosi, ha parametri geotecnici mediamente scadenti, mentre ne ha decisamente migliori lo strato sottostante, costituito da alluvioni ghiaioso-sabbiose, che nell'area ha spessori mediamente superiori ai 20 m.

Asse Est-Ovest

L'asse inizia in corrispondenza dell'intersezione di Antraccoli, dove, fino alla progressiva 0+900 il terreno più resistente si colloca a partire da 3 - 3,5 m dal p.c. ed il suo spessore varia tra 18 e 25 m, mentre l'orizzonte superficiale limoso-sabbioso con parametri più scadenti presenta uno spessore di soli 2-3 m.

Questo asse si sviluppa, fino alla progressiva 3+100, come ampliamento e adeguamento dell'attuale viabilità, in prevalenza costituita dalla Strada Provinciale detta "Via Romana"; queste operazioni non comportano l'esecuzione di opere d'arte particolarmente significative.

A partire dalla progressiva 0+900 l'asse interessa, dal punto di vista geologico, sui terreni limoso - sabbiosi, con componente argillosa, del "Bellettone" che inizialmente presentano uno spessore di 4-5 m.

Con l'avvicinamento al territorio di Capannori, lo spessore dei sedimenti ghiaioso - sabbiosi si riduce progressivamente fino a 22 - 25 m mentre rimane più o meno costante (4 - 5 m) l'altezza dei depositi limoso - sabbiosi superficiali, che non presentano apprezzabili cambiamenti neppure nei loro parametri caratteristici.

Successivamente alla base del livello limoso tende ad essere presente un orizzonte più marcatamente sabbioso, con limo e con ghiaia. Al di sotto di questi terreni è presente un pacco di ghiaie anche

grossolane e sabbia media, il cui spessore supera i 45 m nella zona di Paganico. In questa zona il massimo spessore delle alluvioni più grossolane corrisponde alla massima incisione nel substrato fluviolacustre ed alla successiva sedimentazione operata dal paleo Serchio nel suo antico percorso da Ponte a Moriano verso Bientina, ove confluiva nell'Arno.

Su questo tracciato è prevista un'unica opera importante, il cavalcaferrovia lungo 280 m che consente il superamento della ferrovia Lucca - Firenze tra le progressive 3+825 e 4+105; è prevista inoltre la realizzazione di una rotatoria al km 1+010.

Dalla progressiva 3+100 la nuova strada, piegando verso sud, prevede l'adeguamento di un tratto della Strada Comunale del Frizzone fino alla progressiva 5+600 dove si aggancia con una rotatoria allo svincolo dallo stesso nome in prossimità del nuovo casello di Capannori, di prossima realizzazione sull'A11. Le condizioni stratigrafiche restano quelle sopra descritte per i depositi limoso - sabbiosi superficiali.

Il progetto prevede la risoluzione delle intersezioni con la viabilità interferente con la razionalizzazione degli accessi lungo la tratta con strade di servizio che permettono di concentrarli in pochi punti ed a distanze compatibili con quanto previsto dalla vigente normativa.

Opera Connessa

Questo asse della nuova viabilità, lungo km 5+900 circa, inizia in Località Massa Macinaia, in corrispondenza della rotatoria che risolve l'incrocio tra Via dello Spada e Via di Sottomonte, in cui si innesta. Il tracciato parte da una nuova rotatoria e segue il tracciato della Via Sottomonte fino al km 0+700 dove con una seconda rotatoria è risolto l'incrocio con la viabilità locale.

Prosegue quindi affiancandosi al Canale Rogio, sull'orizzonte superficiale limoso-sabbioso con alla base i sedimenti ghiaioso-sabbiosi più resistenti. Tra le progressive 1+950 e 2+200, in località Ponte Maggiore, in corrispondenza dell'attraversamento del Fosso Rogetto e del Canale Rogio, la strada è già adeguata alle caratteristiche di progetto. L'adeguamento di Via di Tiglio riprende appena passato il Canale Rogio e prosegue fino alla progressiva 2+650 in corrispondenza dell'esistente rotatoria che risolve l'incrocio con Via Tazio Nuvolari.

Dalla rotatoria il progetto si sviluppa quasi a raso rispetto alla quota del terreno e prevede la realizzazione di un'altra rotatoria al km 3+720, in corrispondenza dell'interferenza con la SP del Casalino.

Da qui il progetto prevede l'adeguamento della strada comunale che costeggia il Canale Rogio e che quindi non prevede la realizzazione di opere d'arte di dimensioni significative. Il substrato geologico è costituito dai depositi limoso-sabbiosi con spessori non importanti di circa 5 m sotto cui sono presenti i sedimenti ghiaioso-sabbiosi con spessori anche superiori ai 20 m.

Alla progressiva 3+150 la tratta orientata ovest-est termina in una rotatoria su cui si innesta anche il breve tratto che con andamento nord-sud raggiunge lo svincolo in località Frizzone dove alla progressiva 3+500, questo asse della viabilità in progetto finisce con una nuova rotatoria a 4 bracci che permette la connessione con l'attuale ponte sulla A11, con la circonvallazione di Altopascio e con la viabilità di collegamento (progetto della Provincia di Lucca) dell'area industriale sottostante alla A11.

Circonvallazione di Altopascio

Questo asse prevede la realizzazione di 5+786 km di nuova viabilità. Inizia dalla rotatoria dello svincolo Frizzone e va subito in affiancamento dell'Autostrada A11 che segue fino alla progressiva 1+350 dove con una rotatoria si risolve l'incrocio con via di S. Lucia in località Corte Fagotto. Per superare il canale Fossa Nuova il tracciato sale in quanto è prevista, al km 1+450, la realizzazione di uno scatolare, tornato a raso sottopassa un cavalcavia autostradale al km 1+530 e prosegue fino alla rotatoria in località Quartaroli, al km 1+950, che consente il collegamento con Via Leccio e con le vicine aree industriali. Sempre in affiancamento l'asse prosegue fino alla progressiva 3+800 da cui la strada piega verso sud-est. L'asse stradale, ancora in affiancamento all'autostrada, torna a salire leggermente per superare con uno scatolare il Rio Leccio al km 2+140 e torna poi a raso per superare con un sottopasso il cavalcavia autostradale esistente al km 2+200. La nuova viabilità prosegue fino al km 3+700 circa dove con una curva verso destra si allontana dall'autostrada.

Per questo tratto i terreni attraversati hanno le stesse caratteristiche viste per la tratta precedente e cioè sono presenti anche qui depositi limoso-sabbiosi con spessori di circa 5 m che poggiano sopra i sedimenti ghiaioso-sabbiosi con spessori anche superiori ai 20 m. Va però segnalato che dalla progressiva 2+700 fino alla progressiva 3+300 circa i terreni superficiali sono rappresentati da uno strato di depositi torbosi e palustri.

Dopo la curva la nuova strada corre in rilevato attraversando un'area agricola mantenendo la destra idrografica del Fosso Nero, con un andamento quasi parallelo a quest'ultimo fino al km 4+800 circa. Nel tratto finale la strada piega a sinistra e avvicinandosi al Fosso Nero, arriva sulla S.P. n° 3 Bientina Altopascio, alla periferia di Altopascio dove sarà realizzata una rotatoria.

3.5 IDROGEOLOGIA

3.5.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

La vulnerabilità di un acquifero, intesa come la facilità di penetrazione e di diffusione di un inquinante nelle acque sotterranee, dipende dalle caratteristiche dei terreni e dalle condizioni idrogeologiche del sottosuolo.

La valutazione del grado di naturale esposizione dell'acquifero all'inquinamento è quindi legata essenzialmente alle condizioni ambientali esistenti, è indipendente dal tipo di inquinante, ed è funzione della tipologia litologica del suolo e della permeabilità che caratterizza ciascuna formazione geologica.

I pozzi censiti nella pianura sono adibiti a vari usi, per una parte si tratta di pozzi "romani", scavati a mano, con rivestimento in muratura o ad anelli, che raggiungono profondità comprese tra 5 e 15 m.

Tali pozzi sono oggi poco utilizzati, salvo qualche uso agricolo locale. Altri pozzi molto diffusi sono quelli di tipo infisso, di piccolo diametro, che servono ampie aree non ancora servite dai pubblici acquedotti.

Solo una piccola parte dei pozzi è del tipo trivellato, con profondità di solito superiori ai 20 m, ad uso potabile, industriale o irriguo.

I pozzi superficiali, del tipo "romano" o infisso, in genere non attraversano completamente l'acquifero; i pozzi trivellati invece sfruttano l'orizzonte sabbioso-ghiaioso nella sua interezza e, quando compaiono intercalazioni impermeabili, in ogni suo livello. I pozzi sono stati quotati in genere dalle carte aerofotogrammetriche in scala 1:2.000 dei Comuni della piana di Lucca; in alcuni casi le quote sono state ottenute anche per livellazione topografica, in occasione di studi di dettaglio.

Il livello ghiaioso interposto tra il substrato "di base" prevalentemente argilloso (depositi fluviolacustri), e la copertura superficiale, limoso-sabbiosa e/o limoso-argillosa, è sede di una falda acquifera molto importante che, trae alimentazione principalmente dal F. Serchio.

A tale falda attingono, oltre a pozzi privati e industriali, molti impianti acquedottistici pubblici non solo per il rifornimento locale, ma anche per l'approvvigionamento di altre province. Tale falda è per tale motivo oggetto di studi e di controlli che hanno permesso una buona e dettagliata conoscenza delle oscillazioni stagionali del livello idrico.

La falda sotterranea con direzione di flusso da nord a sud con gradiente idraulico medio di circa il 3 per mille, assume carattere tipicamente freatico nella porzione settentrionale, dove affiorano i depositi permeabili sabbioso-ghiaiosi e sabbioso-limosi, mentre diviene semi-confinata procedendo verso sud, a mano a mano che i sedimenti più permeabili risultano limitati verso l'alto dai depositi più fini a medio-bassa permeabilità.

La ricarica avviene in massima parte dal subalveo del F. Serchio ed in subordine dall'infiltrazione diretta, in particolare nella zona posta a nord di Lucca, dove sono presenti in affioramento i depositi sabbioso ghiaiosi acquiferi.

3.5.2 PERMEABILITÀ E VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

La Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi redatta (per l'Amministrazione Provinciale di Lucca, con il metodo SINTACS (Civita, 1990) e rielaborata (Elab.T00IA35AMBCT01A), mediante un sistema a punteggi e pesi il cui acronimo deriva dalle iniziali dei fattori principali che vengono considerati per la valutazione della vulnerabilità e che sono:

- soggiacenza
- infiltrazione
- effetto di autodepurazione del Non saturo
- tipologia della copertura
- caratteristiche idrogeologiche dell'Acquifero
- conducibilità idraulica dell'acquifero
- acclività della Superficie topografica.

Nel caso specifico della Piana di Lucca la determinazione della vulnerabilità è stata ottenuta attraverso la tecnica della sovrapposizione multipla di 7 cartografie mono parametriche, zonizzate per aree omogenee, quali:

- carta della soggiacenza
- carta della piovosità medio annua
- carta della litologia di superficie
- carta della litologia del non saturo
- carta degli spessori del non saturo
- carta della litologia dell'acquifero
- carta degli spessori dell'acquifero
- carta della conducibilità idraulica dell'acquifero.

Dall'analisi della carta, si evidenzia che il tracciato in progetto interseca 4 classi di vulnerabilità: MEDIA, ALTA, ELEVATA ED ELEVATISSIMA.

In dettaglio, la zona di pianura compresa tra gli abitati di Antraccoli, S. Filippo, Toringo e della Pieve S. Paolo, intersecata dall'ultima porzione dell'Asse Ovest-Est presenta un grado di vulnerabilità

ELEVATISSIMO connesso alla concomitanza di molti fattori, quali una soggiacenza con valori bassi (e quindi la presenza di acqua molto prossima al p.c.), un'infiltrazione efficace di valore intermedio (considerato in SINTACS come il più pericoloso per la sua scarsa autodepurazione e per la persistenza di eventuali agenti inquinanti) e un consistente spessore dell'acquifero. Un altro punto dove la vulnerabilità è risultata elevatissima è quello dei laghetti di Lammari (ex cave di prestito nelle ghiaie) in cui il livello di falda viene a giorno.

Il passaggio alla classe di vulnerabilità ELEVATA, che interessa una ampia fascia di percorso viario tra Mugnano e S. Pietro a Vico, è imputato a variazioni nei valori della soggiacenza, dell'infiltrazione efficace e dello spessore della copertura, che complessivamente o singolarmente forniscono contributi migliorativi ai fini della valutazione di vulnerabilità redatta col metodo SINTACS.

La rimanente parte del tracciato, ad eccezione di un piccolo tratto in loc. S. Concordio a cui è attribuita una vulnerabilità MEDIA, presenta una vulnerabilità ALTA. In genere la riduzione del grado di vulnerabilità in queste zone rispetto alle due classi precedenti è da collegare ad ispessimento della copertura e/o a riduzione della trasmissività dell'acquifero, oltre che a variazioni dell'infiltrazione efficace.

3.5.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE LOCALI

Dal punto di vista della pericolosità idraulica il tracciato in esame interessa le seguenti aree:

- **pericolosità idraulica bassa:** lungo tutto il tracciato;
- **pericolosità idraulica media:** in loc. S. Concordio, compresa tra V.le Europa e l'acquedotto monumentale del Nottolini;
- **pericolosità idraulica elevata:** l'area in sinistra della SS n° 12 in adeguamento; da prima a dopo il viadotto che supera la ferrovia Lucca-Pistoia-Firenze, il canale Ozzoretto e la Via del Marginone; nel tratto dalla SP Romana fino allo svincolo del Frizzone; l'area a nord del canale Rogio; in loc. C. del Lupo-Corte Biagi e C. Quartaroli; la piana in destra del Fosso Nero.

3.5.4 SOGGIACENZA DELLA FALDA

Dall'analisi della Carta Idrogeologica (Elab.T00IA35AMBCI01A), che descrive la profondità della tavola d'acqua dal piano campagna relativamente al periodo novembre-dicembre 2000 (periodo di massima ricarica storica), si osserva che i livelli di falda, nell'ambito del tracciato in progetto si attestano, in corrispondenza dei vari tratti, alle seguenti profondità:

adeguamento SS n° 12	circa 4 m
intersezione a raso di Lucca Est	1,0÷2,0 m

asse Ovest - Est	circa 0,5 - 1,0 m
cavalcaferrovia FS Lucca - Firenze	circa 1,0 m
asse Nord - Sud	1,0 - 4,0 m
asse Est - Ovest	circa 0,5 - 1,0 m
intersezione a raso di Antraccoli	circa 0,5 m
opera connessa	0,5 - 2,5 m
circonvallazione di Altopascio	circa 2,5 - 6,0 m

Per quanto concerne la fragilità degli acquiferi, la falda sotterranea presente nel sottosuolo dell'intera pianura di Lucca, da cui attingono numerosi pozzi anche ad uso idropotabile, si presenta a carattere prevalentemente freatico, nella porzione nord del tracciato, e semi-confinato nella zona sud.

Essa, secondo la classificazione SINTACS, presenta caratteri di vulnerabilità intrinseca compresa tra alta ed elevata, con una area molto limitata che ricade nella classe elevatissima, classificazione che dipende soprattutto dallo spessore e dalla natura della copertura presente a tetto dell'orizzonte acquifero e della distanza della falda dal piano di campagna.

In relazione a tale aspetto, dovranno pertanto essere valutate le possibili interferenze tra la viabilità e la qualità della falda idrica sotterranea ed essere definiti gli interventi utili alla salvaguardia di tale risorsa.

Relativamente alla fragilità dell'acquifero presente, esso è caratterizzato in genere da un'alta vulnerabilità, sia in funzione dello spessore e della natura della copertura presente a tetto dell'orizzonte acquifero sia per la distanza della falda dal piano di campagna.

3.6 CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE DEI TERRENI

La campagna geognostica attuale, realizzata specificatamente per il presente progetto, è stata così articolata:

- n. 7 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, per uno sviluppo complessivo di 141,5 m.
- n. 16 penetrometrie statiche CPT, con sviluppo complessivo di 59 m.
- n. 1 stesa sismica a rifrazione.

Dall'analisi dell'insieme dei dati stratigrafici e geotecnici disponibili, lungo lo sviluppo viario di progetto, sono stati individuati 4 settori all'interno dei quali è stato possibile definire una successione media dei terreni.

In particolare mentre l'asse Ovest -Est è stato suddiviso in due zone omogenee (settore 1 e settore 2) l'asse Nord Sud corrisponde al settore 3, quello Est - Ovest al settore 4, il tratto dell'Opera Connessa al settore 5 ed il tratto Circonvallazione di Altopascio al settore 6:

SETTORE N. 1: da S. Concordio (svincolo autostrada - sez. 1) fino a Mugnano (sez. 70), corrisponde alla porzione occidentale dell'asse Ovest-Est. È la zona contraddistinta da depositi prevalentemente limoso-argillosi (Bellettone) di maggior spessore (da 2-3 a 9 m), caratterizzati da parametri talora scadenti e potenzialmente soggetta a fenomeni di subsidenza.

I dati ottenuti dalle penetrometrie e sondaggi della campagna 2004, indicano la presenza della seguente successione di terreni dall'alto verso il basso:

- depositi limoso argillosi da molli a mediamente consistenti, con spessore variabile tra un massimo di 9,0 m ed un minimo di 2,0 m; dal punto di vista geotecnico tali terreni sono contraddistinti da un comportamento prevalentemente coesivo ad elevata compressibilità;
- depositi sabbioso ghiaiosi resistenti in cui si manifesta in genere il rifiuto dello strumento penetrometrico. Lo spessore di tale orizzonte varia tra circa 20,0 m e 12,0 m. Talora, e in maniera discontinua, il passaggio tra i depositi limosi e quelli ghiaiosi è marcato da un livello di sabbie e sabbie limose, mediamente addensate. All'interno dei depositi sabbioso-ghiaiosi alluvionali è stato inoltre individuato, nella zona ad est di Sorbano del Vescovo, una intercalazione lenticolare di materiale prevalentemente argilloso;
- depositi fluviolacustri, presenti a profondità variabili tra circa 20,0 e 25,0 m dal p.c., individuati solo dai punti indagine più profondi. Tali depositi, sovraconsolidati, presentano in genere elevati parametri di resistenza meccanica e compressibilità molto bassa.

SETTORE N. 2: da Mugnano fino a Antraccoli/Madonnina, rappresenta la rimanente porzione dell'asse Ovest-Est. È contraddistinto da spessori della copertura minori (da 1 a 3 m) e da parametri geotecnici che tendono a migliorare, procedendo verso nord.

I dati ottenuti dalle penetrometrie e sondaggi della campagna 2004, indicano la presenza della seguente successione di terreni dall'alto verso il basso:

- depositi limoso argillosi da mediamente compatti a compatti e limi sabbioso-argillosi, con spessore variabile tra un massimo di 3,0 m ed un minimo di 1,0 m;
- depositi sabbioso ghiaiosi resistenti con spessore variabile tra circa 23,0 m e 20,0 m. Anche in questo settore, in maniera discontinua, il passaggio tra i depositi limosi e quelli ghiaiosi può essere

caratterizzato dalla presenza un livello di sabbie e sabbie limose, da mediamente addensate ad addensate che talora possono trovarsi anche in affioramento.

A profondità di circa 25,0 m dal p.c., sono presenti infine i depositi *fluviolacustri sovraconsolidati*.

SETTORE N. 3: da Antraccoli fino a Marlia. Corrisponde all'asse Nord - Sud ed è contraddistinto da bassi spessori della copertura fino ad avere, nella zona di Lammari, il diretto affioramento dei depositi sabbioso-ghiaiosi resistenti.

I dati ottenuti dalle penetrometrie e sondaggi della campagna 2004, indicano la presenza della seguente successione di terreni dall'alto verso il basso:

- Nel tratto compreso tra la rotonda di Antraccoli e la zona di Lammari: *depositi limoso argillosi compatti e limi sabbioso-argillosi* del Bellettone, con spessore variabile tra un massimo di 2.5 m e minimo di 1.0 m.
- Più a nord, sempre in superficie, tra Lammari e Marlia i *limi sabbiosi e le sabbie limose* corrispondenti alla porzione più fine dei *depositi sabbioso ghiaiosi* resistenti, presenti anche al di sotto del Bellettone.
- *depositi sabbioso-ghiaiosi* varia tra un massimo di 31.0 m nella zona sud e 7.0 m nella zona nord. Anche in questo settore, in maniera discontinua e sporadica, il passaggio tra i depositi limosi superficiali e quelli ghiaiosi può essere caratterizzato dalla presenza un livello di sabbie e sabbie limose.
- *depositi fluvio-lacustri* si presentano a profondità massime di circa 32 m nella zona sud del tracciato e di circa 8-9 m nella zona nord, dove peraltro tali sedimenti si sovrappongono (zona di Marlia - T. Fraga) al substrato litoide riconosciuto in alcuni sondaggi pregressi e riferibile alla formazione del Flysch ad Elmintoidi.

SETTORE N. 4: corrisponde all'asse Est - Ovest che da Antraccoli arriva fino a Frizzone.

Si sviluppa in prevalenza sui depositi limoso-argillosi affioranti nel settore centro orientale della piana di Lucca, attraversando sia aree di paleoalvei che di interfluvio.

Le indagini disponibili indicano la presenza in superficie, nel tratto compreso tra la rotonda di Antraccoli e la zona di Tassignano, di *depositi di limi sabbioso-argillosi* del Bellettone, con spessore variabile tra un massimo di 6.0 m e minimo di 3.5 m, mentre più ad est, tra Tassignano e Frizzone si ritrovano in affioramento depositi prevalentemente limoso-argillosi con intercalazioni limoso-sabbiose, con spessore variabile tra i 4.0 m ed i 6.0 m.

Al di sotto sono presenti i *depositi sabbioso ghiaiosi* resistenti, il cui spessore varia tra circa 25.0 m e 45.0 m.

SETTORE N. 5: corrisponde al tratto Opera Connessa che dallo svincolo del Frizzone arriva fino a Massa Macinaia.

Nel tratto dallo svincolo del Frizzone fino all'attraversamento del Canale Rogio, si hanno in affioramento *depositi prevalentemente limoso-argillosi* con intercalazioni *limoso-sabbiose*, con spessore che si ipotizzano, per similitudine con aree dalle caratteristiche comparabili, tra i 4,0 m ed i 6,0 m.

Nella seconda parte dell'asse sono presenti *depositi di limi sabbioso-argillosi* del Bellettone, il cui spessore si stima essere tra i 3,5 m ed i 6,0 m.

Al di sotto si ipotizza la presenza di *depositi sabbioso ghiaiosi* resistenti, di spessore variabile intorno ai 25÷30 m.

SETTORE N. 6: corrisponde alla Circonvallazione di Altopascio che dal casello dell'A11 in località Frizzone arriva fino alla S.P. n° 3 Bientina Altopascio.

La nuova viabilità si sviluppa tutta sui *depositi prevalentemente limoso-argillosi* con intercalazioni *limoso-sabbiose*, tranne un breve tratto che poggia sui terreni *palustri torbosi dell'antica palude*, gli spessori dei *limi-argillosi*, anche in questo caso, si ipotizza siano comparabili a quelli delle aree già illustrate ed abbiano quindi valori compresi tra i 4,0 m ed i 6,0 m.

Anche per il substrato si ritiene debbano essere presenti i *depositi sabbioso ghiaiosi* resistenti, di spessore variabile intorno ai 25÷30 m.

3.7 CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE DEI SUOLI

Il progetto in esame interessa per la quasi totalità della sua estensione i suoli che caratterizzano la pianura di Lucca. Le indagini e gli studi fatti eseguire dalla Regione Toscana (Direzione Generale Sviluppo Economico. Settore Foreste e Patrimonio Agro-Forestale *Progetto Carta dei Suoli della Toscana*; Consorzio Lamma, CGT Centro di GeoTecnologie dell'Università degli Studi di Siena, Soildata S.r.l., CNR Istituto di Geoscienze e Georisorse, *Realizzazione delle Unità di paesaggio, delle tipologie pedologiche e unità cartografiche del Bacino idrografico del Fiume Arno*, Firenze 2010), hanno portato alla pubblicazione di una serie di dati con la descrizione e la classificazione dei suoli e di una carta con la perimetrazione delle principali Unità Cartografiche.

La cartografia dei suoli in scala 1:250.000 della Toscana è stata suddivisa per una sua più facile consultazione in contenitori pedo-paesaggistici, dal livello delle SOIL REGION definite in ambito europeo, al livello dei SISTEMI, realizzati in questo Progetto, fino al livello dei SOTTOSISTEMI che costituiscono le UNITA' CARTOGRAFICHE della carta dei suoli in scala 1:250.000.

L'area di interesse ricade nella *Soil region 64.4 Versilia e pianure interne della Toscana Umbria e Lazio*. Questa regione ha i seguenti caratteri.¹³

Clima da mediterraneo oceanico a mediterraneo suboceanico, parzialmente montano.

Precipitazioni da medie ad elevate in autunno, inverno e primavera, periodo secco in estate. Precipitazione media annua: 800–1000 mm; mesi piovosi: Ottobre e Novembre; mesi di siccità: Luglio e Agosto.

Temperatura media atmosferica annua: 13–15 °C; mesi con temperatura media sotto lo 0°C: nessuno.

Regime di umidità e di temperatura del suolo: xerico, termico e ustico, mesico.

Geologia e morfologia: depositi alluvionali e lacustri del Quaternario; altitudine prevalente: 0-50 m s.l.m.; pendenza prevalente: 0-2%.

Suoli principali: suoli alluvionali con falda superficiale e accumuli di sostanza organica (Gleysols, Fluvisols, Cambisols, Histosols); suoli con proprietà vertiche (Vertisols e Vertic Cambisols); suoli decarbonatati ricchi in ossidi di ferro con accumuli di argilla lungo il profilo (Luvisols, Acrisols).

Principali limitazioni: rischio di inondazione, eccesso idrico, tessitura argillosa, localmente acidità, salinità e presenza di torbe.

Tra i Sistemi che compongono la Soil region 64.4 l'area di intervento ricade nel *Sistema 64.4_C Piana di Lucca e Bientina* che ha le seguenti caratteristiche:

Morfologia: pianura di bassa quota.

Litologia: principale: depositi alluvionali recenti (72%)

secondaria: torbe e depositi palustri (19%)

Pedoclima

Regime di umidità: xerico ed ustico

Regime di temperatura: termico

Caratteri dei suoli e distribuzione delle unità cartografiche

La maggior parte dei suoli di questo sistema si sviluppa su sedimenti alluvionali recenti del fiume Serchio e raggruppa nell'unità cartografica VRC1_ANC1 (64%) pedotipi di modesta evoluzione, decarbonatati e spesso interessati da processi di gleizzazione, dovuti a ristagni temporanei d'acqua.

La palude bonificata di Bientina, costituita da sedimenti lacustri e palustri recenti, presenta suoli idromorfi per buona parte dell'anno e con processi di accumulo di sostanza organica e formazione di torbe: PUN1_TER1_GRU1 (22%).

Su sedimenti lacustri del Quaternario i suoli sono interessati da processi di brunificazione, lisciviazione e gleizzazione: GAL1_PAN1 (7%).

Partendo da questa serie di dati, desunti come detto dagli elaborati prodotti dalla Regione Toscana, è possibile descrivere le associazioni di suoli che saranno interferite dagli scavi previsti per l'esecuzione dell'infrastruttura stradale e per l'impianto dei cantieri.

Associazione di suoli VRC1_ANC1

È senza dubbio la più diffusa arealmente ed occupa la quasi totalità della Piana di Lucca (Lucca, Capannori, Porcari).

L'**Unità cartografica VRC1**, si rinviene su aree con morfologia caratterizzata da superfici pianeggianti su depositi fluvio-lacustri recenti limoso sabbiosi, occupate da appezzamenti di piccole dimensioni, orientati in senso nord-sud, coltivati per lo più a seminativo irriguo e non irriguo.

Prende il nome dalla località Verciano, frazione del Comune di Capannori; si rinviene molto frequentemente ed è rappresentata da suoli molto profondi, a profilo Ap-Bg-Cg, con scheletro assente o scarso, a tessitura franco limosa, non calcarei, a reazione da moderatamente acida a neutra, con saturazione da bassa ad alta, da moderatamente ben drenati piuttosto mal drenati.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Fluvaquentic Dystraxepts, finesilty, mixed, thermic*;
secondo WRB: *Dystric Gleyi Fluvic Cambisols*.

L'**Unità cartografica ANC1** prende il nome dalla località Anchione, frazione del Comune di Ponte Buggianese: occupa superfici pianeggianti poste a monte del padule di Fucecchio, su depositi fluvio-lacustri sabbioso limosi, caratterizzati da un mosaico estremamente fitto, dove ai seminativi si alternano numerosi vivai e serre. Zone residenziali a carattere discontinuo sono molto diffuse sul territorio.

È poco frequente ed è rappresentata da suoli profondi, a profilo Ap-Bw-C, non ghiaiosi, da franchi a franco limosi, non calcarei, con reazione da debolmente acida a neutra, ben drenati.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Fluventic Haploxerepts, coarseloamy, mixed, thermic*;
secondo WRB: *Fluvic Cambisols*.

Associazione di suoli GRT1_PEL1

È presente nell'area a sud dell'aeroporto e del Canale Rogio (Capannori).

L'**Unità cartografica GRT1** si rinviene su versanti spesso terrazzati, con pendenza da forte a scoscesa, su arenarie, a morfologia complessa, con erosione diffusa, con colture arboree spesso ad oliveto.

Prende il nome dalla località Greti in Comune di Bucine (Arezzo); si rinviene molto frequentemente ed è rappresentata da suoli moderatamente profondi, a profilo A-Bw-Cr, da scarsamente ghiaiosi, a tessitura franco sabbiosa e franca, non calcarei, da moderatamente acidi a neutri, saturazione alta e molto alta, da ben drenati a talvolta eccessivamente drenati.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Typic Haplustepts, coarse-loamy, mixed, mesic*
secondo WRB: *Eutric Cambisols*.

L'**Unità cartografica PEL1**, prende il nome dalla località Podere Elci (Sinalunga) e generalmente occupa le parti sommitali con debole pendenza, a morfologia convessa su arenarie, con erosione superficiale diffusa, coperte da vegetazione arborea talora degradata, e coltivi.

È poco frequente ed è rappresentata da suoli poco profondi, a profilo A-C-R, da scarsamente ghiaiosi a ghiaiosi e ciottolosi, a tessitura franco sabbiosa, non calcarei, da debolmente acidi a neutri, saturazione molto alta, talvolta eccessivamente drenati.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Lithic Ustorthents, coarse-loamy, mixed, nonacid, mesic*
secondo WRB: *Eutri Epileptic Regosols*.

Associazione di suoli PUN1_TER1_GRU1

È presente nell'area corrispondente alla parte terminale della circonvallazione di Altopascio.

L'**Unità cartografica PUN1**, si rinviene su superfici pianeggianti, nell'alveo dell'ex lago Bientina e del padule di Fucecchio, su depositi lacustri argillosi, utilizzate a seminativo. Presenza di falda tra 100 cm e 150 cm di profondità per gran parte dell'anno.

Prende il nome dalla frazione Puntone del Comune di Scarlino (Grosseto); si rinviene molto frequentemente ed è rappresentata da suoli moderatamente profondi, a profilo Ap-Cg, non ghiaiosi, argillosi non calcarei, a reazione da debolmente acida a moderatamente alcalina, da piuttosto mal drenati a mal drenati.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Mollic Fluvaquents, fine, mixed, nonacid, thermic*
secondo WRB: *Eutri Gleyic Fluvisols*.

L'**Unità cartografica TER1**, prende il nome dalla località Terzo (Grosseto) e occupa la fascia orientale della piana di Bientina, a contatto con le aree più depresse, su depositi lacustri argillosi, occupata prevalentemente da seminativo. Presenza di falda tra 50 cm e 100 cm di profondità per gran parte dell'anno.

La sua frequenza è occasionale ed è rappresentata da suoli moderatamente profondi, a profilo A-C-Cg, non ghiaiosi, a tessitura argillosa, non calcarei, moderatamente acidi, con saturazione in basi da bassa a moderatamente alta, mal drenati.

¹³ Estratto da Costantini E.A.C., Castelli F., Lorenzoni P., Raimondi S., 2002. Assessing soil moisture regimes with traditional and new methods.

Soil Sci. Soc. Am. J., 66, 6, 1889:1896, modificato.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Aeric Endoaquents, very-fine, mixed, nonacid, thermic*
secondo WRB: *Dystric Gleyic Fluvisols*.

L'**Unità cartografica GRU1**, prende il nome dalla località Grugno e occupa le aree depresse dell'antico lago di Bientina e del padule di Fucecchio, su depositi lacustri argillosi con rilevante componente organica nel suolo. Presenza di falda a circa 50 cm di profondità per gran parte dell'anno. Sono occupati prevalentemente da specie vegetali palustri.

La sua frequenza è occasionale ed è rappresentata da suoli moderatamente profondi, a profilo A-Oe-Cg, privi di scheletro, ricchi di sostanza organica poco mineralizzata, a tessitura argilloso limosa nella parte minerale, non calcarei, a reazione molto acida, da mal drenati a molto mal drenati.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Terric Haplosaprists, fine, euic, thermic*
secondo WRB: *Dystric Histosols*.

Associazione di suoli PAN1_GAL1

È presente nella valletta a sud dell'incrocio tra Via dello Spada e via di Sottomonte (Capannori) dove arriva la tratta della Tangenziale identificata come Opera Connessa.

L'**Unità cartografica PAN1**, si rinviene sulle superfici di versante e ripiani con pendenza da molto debole a debole, debolmente erosi, su argille e sabbie fluviolacustri, occupate per lo più da seminativi e colture agrarie legnose (vite ed olivo). Altitudine compresa tra 30 e 100 m slm.

Prende il nome dalla località Case Panattoni in Comune di Altopascio; si rinviene molto frequentemente ed è rappresentata da suoli molto profondi, a profilo A-Btg-Cg, scarsamente ghiaiosi, a tessitura da franco sabbioso argillosa a franco limoso argillosa, non calcarei, a reazione da debolmente acida a neutra, con saturazione da alta a molto alta, piuttosto mal drenati.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Aquic Haploxeralfs, fine-loamy, mixed, thermic*
secondo WRB: *Stagnic Luvisols*.

L'**Unità cartografica GAL1**, prende il nome dalla località Case Galleloro (Sinalunga) e generalmente occupa le superfici di versante a pendenza prevalentemente moderata, moderatamente erosi, su argille e sabbie fluviolacustri, occupate per lo più da seminativi e colture agrarie legnose (vite ed olivo). Altitudine compresa tra 30 e 100 m slm.(Porcari).

È poco frequente ed è rappresentata da suoli profondi, a profilo A-Bg-Cg, scarsamente ghiaiosi, a tessitura da franco argillosa ad argillosa, non calcarei, a reazione da moderatamente acida, a saturazione da alta a molto alta, piuttosto mal drenati.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Aquic Haploxerepts, fine-silty, mixed, thermic*
secondo WRB: *Eutri Stagnic Cambisols*.

Associazione di suoli VPO1_TCH1_MVA1

È presente nell'area collinare a sud della pianura di Lucca.

L'**Unità cartografica VPO1** è presente sui versanti terrazzati su scisti e anageniti, fortemente pendenti, con erosione diffusa, coltivati ad olivo.

Prende il nome dalla località Volpaio del Comune di Cinigiano (Grosseto); si rinviene molto frequentemente ed è rappresentata da suoli da moderatamente profondi a profondi, a profilo A-Bw-C-R, da ghiaiosi a molto ghiaiosi e ciottolosi, a tessitura franca e franco limosa, non calcarei, da fortemente a moderatamente acidi, a saturazione media, ben drenati.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy* è *Typic Dystrustepts, loamy-skeletal, siliceous, mesic*
secondo WRB: *Dystric Episkeletic Cambisols*.

L'**Unità cartografica TCH1**, prende il nome dalla località Tocchi (Monticiano) e occupa i versanti con vallecicole su scisti e anageniti, da fortemente pendenti a scoscesi, da moderatamente a fortemente erosi, coperti da boschi di latifoglie (castagni).

È molto frequente ed è rappresentata da suoli poco profondi, a profilo A-Bw-R, talora con l'orizzonte cambico poco espresso o assente, da ghiaiosi a molto ghiaiosi e ciottolosi, a tessitura franco sabbiosa e franca, non calcarei, da moderatamente acidi a debolmente acidi, a saturazione prevalentemente drenati.

Classificazione: secondo *Soil Taxonomy*: *Lithic Haplustepts, loamy-skeletal, siliceous, mesic*
secondo WRB: *Episkeleti Epileptic Cambisols*.

L'**Unità cartografica MVA1**, prende il nome dal Monte Vasone (Siena) e occupa i versanti scoscesi, fortemente erosi, coperti da boschi di latifoglie (leccete) talora degradati e cespuglieti.

È frequente ed è rappresentata da suoli poco profondi, a profilo A-Bw-R, talora con l'orizzonte cambico poco espresso o assente, da ghiaiosi a molto ghiaiosi e ciottolosi, a tessitura franco sabbiosa e franca, non calcarei, da moderatamente acidi a debolmente acidi, a saturazione prevalentemente alta.

Classificazione secondo *Soil Taxonomy*: *Lithic Haplustepts, loamy-skeletal, siliceous, mesic*
secondo WRB: *Episkeleti Epileptic Cambisols*.

3.8 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE

Le principali opere d'arte che caratterizzano il progetto in esame possono essere così riassunte, con le relative problematiche:

TRATTI IN RILEVATO: sono presenti diverse porzioni del tracciato in cui la viabilità si imposta in corrispondenza di rilevati. In dettaglio nella tratta Nord-Sud i rilevati di maggior altezza sono quelli previsti per la realizzazione dei due cavalcavia. Altri di altezza più contenuta sono presenti nel resto della

tratta. Per la tratta Ovest-Est si segnalano quattro porzioni in rilevato prima e dopo i cavalcavia, con altezze che possono superare, rispetto al piano campagna, gli 8 m circa. Tali porzioni saranno realizzate, a seconda della localizzazione, con scarpate a pendenza massima di circa il 66%, con spallette laterali (tipo terre armate) o, nel tratto in cui la strada affianca l'autostrada A11, con un muro di sostegno. Altri rilevati importanti si incontrano nei tratti di raccordo con il viadotto previsto in loc. Toringo. La tratta Est-Ovest non comporta interventi impegnativi, in quanto prevede solo un adeguamento della viabilità provinciale esistente; solo in corrispondenza del cavalcaferrovia sulla linea Lucca-Firenze sono previsti i rilevati per portare il tracciato in quota. Per l'Opera Connessa e per la Circonvallazione di Altopascio non sono previsti rilevati di altezze importanti ma solo tratti con altezze contenute.

Per questi settori di viabilità, le problematiche geotecniche sono connesse con la caratterizzazione dei terreni di appoggio delle opere, con particolare attenzione alla problematica dei cedimenti dei terreni di appoggio. Si precisa in particolare che la zona compresa tra S. Concordio e Sorbano, dove peraltro è previsto un tratto in rilevato, contraddistinto nel tratto iniziale da elevati spessori rispetto al piano campagna, è caratterizzata da terreni dotati di scarsa consistenza ed elevata compressibilità che gli conferiscono una potenziale propensione ai fenomeni di consolidamento.

TRATTI IN SCAVO: sono presenti diverse porzioni del tracciato in cui è stata prevista la realizzazione di scavi. In dettaglio la tratta Nord-Sud prevede un sottopasso al km 3+144 in corrispondenza di Via dei Coselli. La tratta Ovest-Est si caratterizza per la presenza della galleria artificiale, con relative trincee di imbocco, che sottopassa l'acquedotto di Nottolini, con profondità di scavo fino a 10 m dal p.c., e per alcuni tratti, con sviluppo di circa 500 m, in cui la strada si imposta a profondità rispetto al p.c. attuale comprese tra circa 0,20 m e 1,20 m. Nelle zone di maggiore scavo il raccordo con la morfologia circostante avviene attraverso la realizzazione di muri laterali di sostegno: tale soluzione di fatto consente di attraversare, senza intervenire su di essi, tre cavalcavia esistenti, due che superano il tracciato dell'A11 al km 0+900 e 1+750 e l'altro al km 2+075 che risolve l'incrocio con Via Sorbano del Vescovo. Un ultimo tratto in scavo si incontra sulla Circonvallazione di Altopascio, al km 2+200, per superare il cavalcavia autostradale.

Per queste opere devono essere distinte le problematiche che possono emergere durante le fasi di realizzazione in corso d'opera e ad opera eseguita:

in corso d'opera

- interferenza con la falda, con conseguenti problematiche connesse con gli scavi sotto falda (aggottamento del livello idrico e stabilità delle pareti di scavo);
- vulnerabilità dell'acquifero;

- interazione tra gli scavi ed i fabbricati esistenti adiacenti, soprattutto nelle zone contraddistinte da terreni con copertura superficiale scadente.

ad opera eseguita

- interazione tra gli scavi ed i fabbricati esistenti adiacenti, soprattutto nelle zone contraddistinte da terreni con copertura superficiale scadente;
- raccolta delle acque meteoriche;
- soluzioni mirate a mantenere in condizioni drenate (installazione di pompe) la viabilità, durante le fasi di ricarica della falda sotterranea ed impedire la formazione di sottospinte idrostatiche.

TRATTI IN VIADOTTO: I viadotti principali previsti sulla strada di progetto sono:

- per l'Asse Nord-Sud un viadotto di 210 m, tra il km 0+098 ed il km 0+308, per superare la linea ferroviaria Lucca-Aulla, ed un viadotto di 245 m, tra il km 0+824 ed il km 1+069, per superare il Condotto pubblico, Via per Marlia e Via dell'Acqua calda;
- un viadotto e due ponti previsti lungo l'Asse Ovest-Est, il primo ponte in loc. Toringo, di circa 45 m, tra il km 0+188 ed il km 0+233, per superare il Viale San Concordio; il secondo, un ponte di luce 35,00 m circa, dal km 2+910 al km 2+945, supera il Canale Ozzoretto; il terzo, un viadotto di lunghezza complessiva 525 m, previsto tra il km 3+716 e il km 4+241, risolve l'intersezione con la ferrovia Lucca-Pistoia-Firenze, il canale Ozzoretto e la Via del Marginone; l'appoggio di tale opera al terreno avverrà attraverso la realizzazione di pile, con plinti di fondazione poggianti su pali;
- sull'Asse Est-Ovest il viadotto di 280 m, dal km 3+830 al km 4+110, che supera la ferrovia e consente l'allacciamento allo svincolo di Antraccoli.

Per questa tipologia di interventi è stata definita, in via preliminare, la caratterizzazione geotecnica dei terreni di appoggio.

3.9 TIPOLOGIE DI IMPATTO

L'influenza che l'opera in esame ha sull'ambiente circostante è sostanzialmente diversa a seconda che il tracciato si sviluppi all'aperto o in sotterraneo.

Per quanto riguarda i tratti all'aperto, l'influenza dell'opera è estesa e complessa, andando ad interferire con il suolo (nei tratti in cui verrà sottratto e/o in cui si presenta il rischio di inquinamento) e con il sottosuolo (con terreni scadenti, permeabili e con la presenza della falda). Per quanto riguarda i tratti in sotterraneo, l'influenza è essenzialmente con i terreni di scavo e con il drenaggio delle acque della falda idrica.

3.9.1 TRATTI ALL'APERTO

Sottrazione suolo

La realizzazione della strada prevede l'occupazione di aree con conseguente perdita definitiva di suolo prevalentemente agricolo. Per la parte del tracciato che si sviluppa in sottopasso, le aree di impatto sono limitate agli imbocchi ed ai tratti all'aperto. La scala di gravità di questo impatto prevede i seguenti livelli, definibili in base alla tipologia di attraversamento:

- sottrazione di suolo per presenza di raso: il suolo effettivamente sottratto corrisponde alla superficie occupata dalla sede stradale; l'impatto è di valore basso;
- sottrazione di suolo per presenza di rilevato: il rilevato, allargandosi sul terreno, provoca una sottrazione di suolo maggiore, con un impatto di valore medio;
- sottrazione di suolo per presenza di trincea: questa tipologia provoca una sottrazione di suolo maggiore che può arrivare al doppio della superficie del tracciato con un impatto di valore medio alto.

Modifica della capacità d'uso dei suoli

Il transito di automezzi e di altri mezzi di cantiere provoca sul suolo una compattazione eccessiva che ne compromette le caratteristiche strutturali modificando in modo sostanziale la serie di complesse attività fisico - chimiche che vi si svolgono.

Questo è rilevabile in misura maggiore lungo le piste di cantiere e nelle aree di manovra e di carico/scarico dei materiali.

Rischio di innesco di cedimenti

In presenza di terreni alluvionali, specie se di origine palustre con presenza di torbe, la realizzazione dell'infrastruttura stradale può innescare delle turbative negli equilibri e modificare quindi l'assetto topografico dei terreni con risentimenti più o meno ampi anche nelle aree contermini.

Rischio di inquinamento del suolo

Durante la fase di esercizio dei cantieri, le attività lavorative potrebbero provocare impatti negativi sul suolo a causa di sversamenti di sostanze inquinanti, come ad esempio nelle aree in corrispondenza dell'impianto di betonaggio, in quelle di lavaggio betoniere e attrezzi impiegati per i getti, in quelle per la manutenzione dei macchinari, in quelle in cui devono essere stoccate sostanze pericolose.

Interferenza con la falda idrica

Criticità quantitative idrogeologiche: in riferimento alla possibile modificazione dei deflussi sotterranei con conseguente alterazione dell'equilibrio idrogeologico dell'area in esame. Nelle aree di cantiere le interferenze quantitative sono legate alla possibile alterazione del livello piezometrico che si può

manifestare a causa di approvvigionamento di acqua industriale da pozzi o per la realizzazione di scavi e fossi di drenaggio nel corso delle lavorazioni.

Le acque sotterranee, soprattutto nei casi di falde prossime al piano campagna, sono legate al reticolo idrografico superficiale ed in questo caso le possibili alterazioni delle une si ripercuotono sulle altre.

Per individuare i livelli di gravità si considerano le interferenze con le tipologie di intervento più impattanti e cioè trincea, sottopasso, rilevato e viadotto, naturalmente in presenza di falda. I tre livelli che si ottengono sono i seguenti:

Viadotto: la realizzazione di plinti e di pali di fondazione nelle aree in cui la falda freatica è superficiale può provocare cedimenti differenziali e/o variazioni scarsamente indicative del livello della piezometrica, con un impatto complessivo valutabile di bassa gravità.

Rilevato: la presenza della falda sub-affiorante può, con le sue variazioni stagionali di livello, indurre dei cedimenti differenziali, ancorché di scarsa entità; i fossi di guardia sui margini del rilevato raccolgono ed allontanano le acque meteoriche provenienti dal rilevato ed intercettano i deflussi sotterranei, benché in maniera non determinante data la scarsa profondità delle opere di drenaggio; l'impatto è valutabile di media gravità.

Trincea/sottopasso: la realizzazione di queste opere produce interferenza con il flusso idrico sotterraneo, con drenaggio delle acque lungo l'opera verso le due estremità; è possibile un'alterazione negli apporti idrici con un impatto di gravità alta.

Da quanto esposto consegue la necessità di ricorrere ad ogni intervento che sia in grado di minimizzare il drenaggio di acqua in fase di costruzione e, contemporaneamente, prevedere ogni intervento teso a restituire all'intero ecosistema anche al di là della restituzione al solo componente Uomo, l'acqua sottratta al 'masso' attraverso il drenaggio.

Dovranno quindi essere indagate in dettaglio le caratteristiche geotecniche e idrogeologiche dei terreni interessati al fine di:

- definire in dettaglio gli interventi necessari alla stabilità del nuovo corpo stradale nel caso in cui si sviluppino in rilevato od in trincea;
- evitare o comunque minimizzare i danni conseguenti alle interferenze sulla falda freatica;
- ottimizzare le opere necessarie per gli imbocchi della galleria (funzionale e di sicurezza).

Rischio di inquinamento delle falde per acque di prima pioggia e/o per sversamenti accidentali

Le criticità qualitative idrogeologiche sono prese in conto in riferimento alla possibile alterazione delle qualità fisico - chimiche - biologiche delle acque di falda, legata allo sversamento di sostanze inquinanti

(solidi sospesi, oli, idrocarburi, cemento e derivati, metalli pesanti, liquami fognari, pesticidi, erbicidi ed altre sostanze pericolose).

Tale impatto, possibile soprattutto nelle aree di cantiere ma anche nelle trincee e comunque in tutte le aree in cui lavorano, transitano o stazionano i mezzi di cantiere, risulta aggravato dalla presenza, lungo il tracciato in esame, di terreni permeabili che favoriscono la percolazione delle eventuali sostanze inquinanti.

Interferenza con pozzi e sorgenti

Se il pozzo/sorgente è investito direttamente dal tracciato, si ha un impatto di gravità molto alta; se l'impatto avviene tra opere in sotterraneo e le zone di rispetto delle captazioni la conseguente interferenza con la falda provoca alterazioni dei parametri idrodinamici e quindi dei flussi sotterranei, ma è soprattutto possibile che si verifichino delle infiltrazioni di acque meteoriche provenienti dal rilevato, con rischio di intorbidamento e/o inquinamento delle acque.

3.9.2 TRATTI IN SOTTERRANEO

Rischio di inquinamento del sottosuolo

Questo impatto può verificarsi durante lo scavo della galleria e delle trincee con le stesse modalità viste per l'inquinamento del suolo.

Interferenza con la falda idrica

Come noto, lo scavo di una galleria in presenza di falda acquifera, genera un moto di filtrazione verso il cavo determinando quindi un'alterazione del regime idraulico nell'intorno e a distanza dalla stessa galleria. Come già visto sopra l'impatto conseguente è valutato di alta gravità.

Interferenza con terreni di scavo

Lo scavo del tratto in galleria può provocare un abbassamento del livello piezometrico della falda che in terreni non consolidati può far diminuire la spinta idrostatica facendo assumere valori elevati alla subsidenza.

3.10 EFFETTI PREVISTI ED INDICAZIONI DI MITIGAZIONE

3.10.1 TRATTI ALL'APERTO

Sottrazione di suolo

L'asportazione di suoli dalle buone caratteristiche agrarie rende più povera l'unità ecosistemica della pianura e l'effetto è tanto più grave se si tratta di suoli agricoli.

È possibile recuperare, alla fine dei lavori, le superfici occupate dai cantieri rimettendo in sito il suolo ottenuto dal decorticamento e conservato in un'area al riparo dalle intemperie e dagli inquinanti. Non esiste, invece, la possibilità di minimizzare questo impatto per le superfici di suolo definitivamente occupate dalla realizzazione dei nuovi tratti stradali a raso, in rilevato ed in trincea. Si può ipotizzare, per queste aree, una compensazione programmando la conservazione del suolo ottenuto dal decorticamento della fascia destinata ad accogliere la struttura stradale e quindi riutilizzarlo per gli interventi di rinaturalizzazione previsti in progetto.

Modifica della capacità d'uso dei suoli

L'utilizzo temporaneo di aree provoca un'eccessiva compattazione a seguito del movimento di mezzi meccanici. Al momento del ripristino c'è la possibilità che venga lasciato allo scoperto il terreno inerte del substrato o di ricoprire il tutto con un suolo con caratteristiche diverse e risultare non idoneo al precedente utilizzo. È quindi opportuno ripristinare i luoghi utilizzando un suolo dalle stesse caratteristiche di quello asportato o meglio riutilizzare quello tolto all'inizio e conservato per la durata dei lavori, al riparo degli agenti atmosferici per impedirne il dilavamento.

Rischio di innesco di cedimenti

La realizzazione di rilevati, come ad esempio quello presente tra le pk 0+000 e pk 0+450 dell'Asse Ovest-Est, può innescare dei cedimenti nei terreni alluvionali che ne costituiscono il substrato. Le verifiche geotecniche e la valutazione dei cedimenti effettuate per le differenti altezze e larghezze del rilevato ha permesso il dimensionamento degli interventi atti a limitare gli stessi dove necessario. Si prevedono quindi due tipologie di intervento che consistono nella realizzazione di un certo numero di pali con la tecnica del *jet grouting* e di uno strato di terreno trattato a calce in modo da modificare attraverso reazioni chimico-fisiche le sue caratteristiche di lavorabilità e di resistenza meccanica in opera.

Rischio di inquinamento del suolo

Come visto molte delle attività previste in progetto possono contribuire al rilascio di inquinanti nel suolo. Le aree dove si svolgeranno le lavorazioni inquinanti andranno impermeabilizzate con opportune pavimentazioni che abbiano all'intorno un fosso che riceva le acque meteoriche (acque di prima pioggia) e le acque di lavaggio raccolte nei piazzali e che le recapiti in apposite vasche di decantazione da cui poi andranno al depuratore e quindi nei corpi idrici superficiali. Questo sistema di raccolta interverrà anche in caso di sversamenti accidentali di liquidi inquinanti.

Interferenza con la falda acquifera

Questo tipo di impatto può derivare dalla realizzazione dei tratti in rilevato. Le interferenze derivano dalle pressioni che la costruzione esercita sulla falda acquifera di superficie. Per questo motivo i valori stagionali della piezometrica e il verso di scorrimento vanno accuratamente studiati da un punto di vista

idraulico ed idrogeologico. Per ridurre gli effetti negativi del peso particolare attenzione va posta nella preparazione del sottofondo in modo da distribuire uniformemente i carichi e nella scelta delle modalità e dei materiali di costruzione per ridurre gli effetti negativi.

Rischio di inquinamento della falda per acque di prima pioggia e/o per sversamenti accidentali.

Tale impatto è possibile soprattutto in corrispondenza delle trincee e nel sottopasso Nottolini, sia per l'immissione delle acque meteoriche di prima pioggia che si raccolgono sulla sede stradale e sui piazzali impermeabilizzati sia per sversamenti accidentali.

Se si procederà con modalità di scavo tali da consentire la limitazione dei tempi d'avanzamento e di rivestimento, si potrà garantire un certo grado di impermeabilità sulla superficie rivestita tale da garantire che gli eventuali sversamenti accidentali di liquidi inquinanti non possano raggiungere il sottosuolo andandosi a depositare nelle cavità della roccia o peggio raggiungendo la falda acquifera sottostante.

Le acque e/o gli sversamenti raccolti saranno convogliati con un sistema di canalette di raccolta alla vasca di sgrassatura e sedimentazione prima di essere immesse nei recettori naturali.

Interferenza con pozzi e sorgenti

Non si rilevano dalle cartografie disponibili, come la *Carta QC B1.b Integrità fisica del territorio - Risorse idriche sotterranee* alla scala 1:60.000 allegata al PTCP della Provincia di Lucca del 2010, interferenze dirette con i campi pozzi che riforniscono gli acquedotti comunali e con i molteplici pozzi ad uso artigianale, idroelettrico, irriguo e potabile/domestico. In vari tratti del Sistema Tangenziale si rileva la vicinanza di tali tipologie di pozzi ma poiché si realizzeranno tipologie stradali affatto o poco invasive nei confronti degli acquiferi, per evitare le possibili interferenze sulla qualità delle acque di detti pozzi, nelle aree più a rischio saranno predisposti dei sistemi di raccolta e convogliamento verso i recettori naturali, delle acque provenienti dalle aree di intervento in modo da evitare che si disperdano nel suolo e possano raggiungere la falda.

L'interferenza con pozzi ad uso domestico e ad uso industriale, data la loro larga diffusione, come si deduce dalla cartografia citata, appare inevitabile all'intorno dell'area di realizzazione della galleria di sottopasso dell'acquedotto del Nottolini ma al momento non è misurabile l'entità dell'impatto, sia sul livello della piezometrica sia sulla qualità delle acque, che eventualmente ne potrebbe derivare né il numero dei pozzi che potrebbero essere interessati. Gli approfondimenti idrogeologici e geognostici da realizzare nel prosieguo della progettazione serviranno a definire queste quantità per poter prevedere le azioni concrete di riequilibrio delle risorse idriche sotterranee.

Nell'area direttamente interessata dalla struttura stradale non è stata osservata la presenza di sorgenti significative che possano essere potenzialmente interferite dalle opere in progetto.

3.10.2 TRATTI IN SOTTERRANEO

Rischio di inquinamento del sottosuolo

Valgono le stesse considerazioni fatte per evitare l'inquinamento delle acque sotterranee.

Interferenza con la falda acquifera

Un impatto consistente con la falda si realizzerà a seguito dello scavo delle trincee e della galleria e per contenere l'interferenza con la falda sono previste misure di parziale impermeabilizzazione consistenti nella realizzazione di paratie di pali. Le acque di falda drenate all'interno della galleria saranno incanalate e convogliate all'aperto da un sistema provvisto di pompe e di opportune canalizzazioni che le recapiteranno alle vasche di sedimentazione e sgrassatura; una volta depurate le acque saranno poi convogliate nei recettori naturali presenti nell'area, commisurando le immissioni alle portate dei recettori stessi. Per mitigare la quasi sicuramente inevitabile sottrazione di acqua che si verificherà in corso d'opera, si dovranno realizzare opere di restituzione di quella drenata all'ambiente inteso nel suo insieme, tentando cioè di ripristinare l'ecosistema originale.

Interferenza con terreni di scavo

Nell'area degli imbocchi le operazioni di scavo possono indurre variazioni nella stabilità delle scarpate con possibili crolli. La realizzazione della galleria genera al contorno una fascia plastica, funzione del carico di copertura, delle caratteristiche geotecniche dei terreni e delle modalità di scavo e di rivestimento, che può provocare problemi di tenuta di pareti e fronte di scavo e un eccessivo drenaggio delle acque. I terreni all'intorno dell'area di scavo saranno messi in sicurezza con la realizzazione di paratie in pali di c.a. e di una soletta in c.a.

4 COMPONENTE VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA

4.1 METODOLOGIA DI ANALISI

L'analisi delle emergenze naturalistiche ed ecologiche del comprensorio viene finalizzato all'individuazione degli ambiti di maggiore sensibilità-vulnerabilità verso il progetto in esame.

La definizione del valore floro-faunistico degli elementi di pregio sul territorio viene prioritariamente definito sulla base della direttive comunitarie note come direttiva "habitat" e direttiva "uccelli", nonché della normativa nazionale di recepimento ed attuazione.

- D.P.R. 08/09/1997, N. 357 e succ. modif. ed integr.: "Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche" (G.U. n.284 del 23/10/1997) così come coordinato e modificato dal D.P.R. 12/03/2003, N. 120 (G.U. N. 124 del 30/05/2003) e ulteriori modifiche ed integrazioni.
- Direttiva del Consiglio 92/43/CEE del 21/05/1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (e successive modifiche ed integrazioni). Eventualmente citata come "Direttiva Habitat".
- Direttiva del Consiglio 79/409/CEE del 02/04/1979 concernente la conservazione degli uccelli selvatici (e successive modifiche ed integrazioni). Eventualmente citata come "Direttiva Uccelli".

L'analisi territoriale viene effettuata sia a partire dalla lettura delle fotografie aeree, sulle quali viene redatta una cartografia dei soprassuoli vegetazionali e degli usi del suolo (Elab.T00IA36AMBCT01-02A). Le analisi territoriali sono completate da una cartografia finalizzata all'individuazione delle aree di criticità faunistica (Elab.T00IA36AMBCT07-08A).

Gli elementi specifici, ovvero i tipi di vegetazione e le specie, vengono trattati nei paragrafi rispettivi, finalizzati all'individuazione degli elementi più critici ed alla loro conservazione. Per gli elementi maggiormente vulnerabili si procede ad una analisi delle possibili vulnerabilità, sia verso eventuali effetti diretti, sia verso eventuali effetti di carattere indiretto.

La definizione degli impatti potenziali viene quindi finalizzata alla successiva definizione delle mitigazioni e delle opere di ripristino.

L'analisi della permeabilità dell'opera rispetto al popolamento faunistico presente, viene eseguita sulla Carta della Fauna (Elab.T00IA36AMBCT07-08A), procedendo quindi all'individuazione dei punti di potenziale interferenza con la fauna, ove con maggior efficacia possono essere progettate eventuali

opere finalizzate al miglioramento delle caratteristiche di attraversabilità dell'opera viaria, nonché eventuali interventi per ridurre il rischio di accesso di animali alla carreggiata.

La progettazione di mitigazioni e ripristini viene eseguita con l'utilizzo di materiali compatibili con il contesto territoriale, in particolare le opere a verde sono progettate con l'esclusivo impiego di materiale biologico autoctono e riferibile alle formazioni originarie dell'area e/o tipicamente coltivato negli impianti agricoli tradizionali dell'area.

4.2 VEGETAZIONE E FLORA

4.2.1 FITOCLIMA E VEGETAZIONE POTENZIALI

Applicando l'Indice di Mediterraneità, che stabilisce una correlazione tra evotraspirazione potenziale dei mesi estivi e le precipitazioni medie mensili dello stesso periodo, l'area in esame risulta interna alla Regione Mediterranea. Applicando l'Indice Ombrotermico Estivo, che definisce il macroclima mediterraneo come il tipo climatico in cui si ha per almeno due mesi consecutivi delle precipitazioni medie mensili (in mm) inferiori del doppio della temperatura media mensile (in °C), cioè $P < 2T$, l'area in esame si colloca al di fuori del Macroclima mediterraneo, il cui limite è spostato verso la costa della Versilia. Da queste osservazioni si evince che l'area in esame si pone in un ambito di confine bioclimatico, in prossimità dei limiti che definiscono le condizioni di mediterraneità.

La vegetazione potenziale è costituita sulle colline da Leccete collinari con orniello, Orno-Quercetum ilicis Horvatic (1956) 1958. Queste formazioni costituiscono generalmente il climax delle formazioni. Nelle forre abbiamo il Carpino-Coryletum Balelli et al. (1980), lungo i corsi d'acqua le formazioni azonali del Populetum Albae. Nei comprensori vallivi, ovvero nella Piana Lucchese, la formazione potenziale è il Querce-Carpinetum. Formazioni appartenenti alle successioni relative, ovvero stadi precedenti, costituiti da erbacee e/o arbustive costituiscono la vegetazione potenziale degli ambiti ove le linee successionali sono ostacolate nell'evoluzione successiva da condizioni limitanti di carattere morfologico (aree rupestri, etc.).

4.2.2 VEGETAZIONE ATTUALE

Nella Piana Lucchese gli ambiti vegetazionale di maggiore interesse sono in gran parte riferibili al sistema idrografico del Serchio. La vegetazione originaria del basso corso Serchio è ormai molto trasformata, a causa dell'arginatura e della regimazione del corso d'acqua, ma sono ancora presenti relitti di bosco igrofilo all'interno dell'alveo stesso e sugli isolotti fluviali. In questi ambienti, procedendo dall'ambiente

acquatico verso la terraferma, si rilevano il millefoglio (*Myriophyllum sp.*), il ranuncolo (*Ranunculus sp.*), i giunchi (*Juncus sp.*), la tifa (*Thypha latifolia*), la lisca (*Scirpus lacustris*), il coltellaccio (*Sparganium erectum*), l'iris giallo (*Iris pseudacorus*). Sono particolarmente abbondanti i canneti a *Arundo donax*, mentre è meno frequente la cannuccia di palude (*Phragmites communis*). Le specie arboree ed arbustive naturali o seminaturali sono rappresentate da salici (*Salix spp.*), ontano nero (*Alnus glutinosa*), olmo (*Ulmus campestris*), pioppo bianco (*Populus alba*), coltivato abbondantemente lungo tutto il corso del fiume, mentre sono meno frequenti il pioppo nero (*Populus nigra*) e il pioppo tremolo (*Populus tremula*). Sono comunque ancora presenti il frassino (*Fraxinus excelsior*), la farnia (*Quercus robur*), l'acero campestre (*Acer campestre*), il salicone (*Salix caprea*). Nelle golene si hanno cespuglieti con sambuco comune (*Sambucus nigra*), rovo (*Robus sp.*), biancospino (*Crataegus oxyacantha*), corniolo (*Cornus sp.*), ginestra (*Spartium iunceum*), rosa canina (*Rosa canina*), che costituiscono ambienti di notevole importanza per l'avifauna.

Ulteriori ambiti di vegetazione naturale e semi-naturale di interesse sono costituiti da formazioni arboree campestri, che ospitano formazioni residuali di latifoglie autoctone, non di rado con la presenza di *Quercus robur*.

I rilievi posti in destra orografica del Serchio, costituenti le estreme propaggini meridionali dei contrafforti delle Alpi Apuane, presentano intorno ai 200 m s.l.m.. Le coperture vegetali sono state in parte sostituite da colture arboree tradizionali, prevalentemente rappresentate da oliveti. Le coperture boschive sono ancora ben rappresentate e presentano ambiti di continuità relativamente estesi.

I soprassuoli sono costituiti prevalentemente da Leccete collinari con ornello, Orno-*Quercetum ilicis* Horvatic (1956) 1958. La specie dominante è il leccio (*Quercus ilex*), la struttura è generalmente caratterizzata da piante di dimensioni medie, talvolta con portamento arbustivo, con governo generalmente a ceduo. Al leccio si accompagnano l'orniello (*Ostrya carpinifolia*) e il carpino nero (*Ostrya carpinifolia*).

Nello strato arbustivo si ha la presenza di *Arbutus unedo*, *Juniperus communis*, *Rubus ulmifolius*, *Phillyrea latifolia*, *Ruscus aculeatus*, *Sarbus domestica*, *Pyracantha coccinea*, *Erica arborea*, *Crataegus monogina*, *Ligustrum vulgare* e *Viburnum tinus*.

Tra le erbacee dominano *Asplenium onopteris*, *Brachypodium sylvaticum*, *Carex glauca*, *Brachypodium rupestre*, *Viola alba*, *Carex distachya*, *Cyclamen hederifolium*, *Cyclamen repandum*. Tra i rampicanti *Rubia peregrina*, *Rosa sempervirens*, *Hedera helix*, *Clematis vitalba*, *Tamus communis*, *Asparagus acutifolius*, *Smilax aspera*.

La Banca dati del Progetto RE-NA-TO (Repertorio Naturalistico Toscano, banca dati georeferenziata delle segnalazioni di specie ed habitat d'interesse conservazionistico, realizzazione coordinata dal Museo di

Storia Naturale dell'Università di Firenze) segnala la presenza di diverse specie floristiche di interesse conservazionistico nei territori dei Comuni di Lucca e Capannori. Tra queste si segnalano:

Ballota nigra L. subsp. uncinata (Fiori & Bég.) Patzak

Carex acutiformis Ehrh.

Carex depauperata Good.

Carex gracilis Curtis

Carex rostrata Stokes

Centaurea apolepa Moretti ssp. subciliata (DC.) Arcang.

Cerastium apuanum Parl.

Ceratophyllum submersum L.

Cheilanthes tinaei Tod.

Daucus broteri Ten.

Drosera intermedia Hayne in Schrader

Drosera rotundifolia L.

Dryopteris affinis (Lowe) Fraser-Jenkins ssp. affinis var. disjuncta (Fomin) Fraser-Jenkins

Eleocharis multicaulis (Smith) Desv.

Eleocharis uniglumis (Link) Schultes

Gentiana pneumonanthe L.

Hibiscus palustris L.

Hydrocotyle ranunculoides L.

Juncus heterophyllus Dufour

Juncus littoralis C.A. Meyer

Lysimachia nemorum L.

Lythrum virgatum L.

Malva neglecta Wallr.

Menyanthes trifoliata L.

Murbeckiella zanonii (Ball.) Rothm.

Potamogeton nodosus Poir.

Potamogeton polygonifolius Pourret

Scandix australis L.

Scirpus mucronatus L.

Symphytum tanaicense Steven

Utricularia minor L.

Si tratta nella gran parte dei casi di specie legate ad ambienti naturali e seminaturali (soprattutto ambienti umidi) distribuiti su soprassuoli non disturbati da attività agricole di tipo intensivo o altre attività antropiche.

La flora del territorio interessato dal progetto in esame evidenzia l'importanza degli ambienti umidi residuali nella Piana Lucchese.

4.2.3 LINEAMENTI DELLA FISIONOMIA DELLA VEGETAZIONE

La cartografia della vegetazione viene resa nella Carta della vegetazione redatta in scala 1:10.000 (Elab.T00IA36AMBCT03-04A).

Si riportano di seguito le tipologie classificate nel territorio in esame, con un breve commento:

Vegetazione delle aree agricole

Vegetazione erbacea infestante, specie nitrofile e ruderali.

Territori boscati e ambienti seminaturali

Boschi di latifoglie e filari (presenza di *Quercus robur*, *Ulmus minor*, *Populus nigra*, *P. alba* ed *Acer campestre*)

Boschi di latifoglie e filari. Formazioni vegetali, costituite principalmente da alberi, ma anche da cespugli e arbusti, nelle quali dominano le specie forestali a latifoglie. Sono state incluse anche le formazioni lineari in pianura, che spesso sono composte da specie originarie e spontanee, quali *Quercus sp.pl.*, *Acer campestre* e *Ulmus minor*. I rimboschimenti di conifere, essendo stati inseriti in contesti dominati da latifoglie sono stati inclusi in questa categoria.

Boschi misti di latifoglie con conifere del Genere *Pinus* (*Pinus nigra*, *P. pinaster*, *P. pinea*, etc.)

Formazioni generalmente derivate da impianto, distribuite soprattutto in ambiente collinare.

Boschi igrofilo-azonali a *Salix* e *Populus*.

I boschi azonali a *Salix* e *populus*, riferibili soprattutto ad ambienti di sponda e/o igrofilo.

Aree a vegetazione boschiva e/o arbustiva in evoluzione (con presenza di *Ulmus minor* e *Robinia pseudoacacia*)

Vegetazione arbustiva o erbacea con alberi sparsi. Formazioni che possono derivare dalla degradazione della foresta o da una rinnovazione della stessa per ricolonizzazione di aree non forestali. Presenza di *Ulmus minor* e *Robinia pseudoacacia*.

Corpi idrici

Corsi d'acqua naturali, canali e vegetazione di sponda (vegetazione igrofila e/o nitrofila con presenza di *salix sp.pl.* e *Arundo donax*).

Bacini d'acqua.

Superfici naturali o artificiali coperte da acque, con vegetazione spondale.

Greti fluviali (vegetazione erbacea/arbustiva delle spiagge sassose)

Con presenza di *Chenopodium rubri p.p.* e *Bidention p.p.*)

Aree antropizzate

Aree prive di vegetazione, aree verdi artificiali da impianti riferibili ad aree sportive (e pertinenze), con presenza diffusa specie antropofile, nitrofile e ruderali.

Zone verdi artificiali non agricole

Incolti e zone verdi artificiali (riferibili a formazioni erbacee secondarie in contesti parzialmente artificializzati).

4.3 FAUNA

4.3.1 COMPOSIZIONE DEI POPOLAMENTI FAUNISTICI

La fauna nella Pianura Lucchese ha seguito le trasformazioni antropiche del territorio, dapprima trasformandosi in seguito progressiva bonifica e deforestazione del territorio, successivamente per la trasformazione sempre più profonda degli agroecosistemi che costituiscono l'ambiente dominante del comprensorio. La situazione attuale vede una fauna relativamente ridotta in numero di specie, soprattutto se confrontata con la situazione faunistica delle zone montane-collinari, nonché palustri-glaciali, ove la Provincia di Lucca mantiene livelli di biodiversità faunistica di rilievo prioritario a livello regionale e nazionale.

La fauna delle colline ad Ovest di Lucca presenta elementi di interesse dovuti alla presenza di una fauna ancora ricca di specie caratterizzate da una più elevata sensibilità ambientale, generalmente riferibile a taxa legati agli ambienti boschivi e di ecotono, nonché alle aree coltivate ad oliveto.

Insetti

La Banca dati del Progetto RE-NA-TO si rileva la presenza di diverse specie di invertebrati di interesse conservazionistico nei territori dei Comuni di Lucca e Capannori. Tra queste si segnalano:

Amorphocephala coronata (Germar)

Augyles pruinosus (Kiesenwetter)

Calosoma sycophanta L.

Carabus chlathratus antonellii Luigioni

Carabus granulatus interstitialis (Duftschmidt)

Duvalius apuanus apuanus (Dodero)
Duvalius apuanus intermedius (Rasetti & Rasetti)
Duvalius apuanus rasettii (Dodero)
Duvalius casellii briani (Mancini)
Gyrinus paykulli Ochs
Laelia coenosa (Hübner)
Lathrobium andreinii Schatz. & Koch
Lathrobium apenninum Baudi
Lycaena dispar (Haworth)
Polyphylla fullo (L.)
Zerynthia polyxena ([Denis & Schiffermüller])

Anche in questo caso gli ambienti caratterizzati dalla massima idoneità alla presenza dei taxa indicati sono costituiti da zone umide e da soprassuoli naturali e seminaturali, evidenziando un settore di presenza particolarmente ridotta nell'area centrale della Piana Lucchese.

Per il popolamento ad artropodi assumono quindi un ruolo di particolare importanza gli ambienti umidi, acquatici e/o tipicamente planiziari, laddove non disturbati o sostituiti dall'urbanizzazione o da un'agricoltura intensiva.

Ittiofauna

Secondo la zonazione di Huet (1949), come modificata da Zerunian (1982,1984) per i corsi d'acqua dell'Italia Centrale e Meridionale, il tratto di Serchio prossimo al corridoio in esame rientra nella zona a Ciprinidi inferiori o limnofili: presenta un alveo molto ampio e corrente rallentata. Le acque sono piuttosto torbide e il contenuto di sali e di materiale organico è relativamente elevato.

Il Serchio e i suoi affluenti ospita pesci di specie autoctone appartenenti al distretto tosco-laziale, più altre specie provenienti dal distretto padano-veneto, nonché specie introdotte da paesi stranieri. Questi fenomeni hanno modificato profondamente le comunità ittiche. I pesci caratteristici della zona a Ciprinidi limnofili sono la carpa, la tinca, il cavedano ; l'anguilla e il luccio. La risalita di pesci migratori anadromi che risalgono il fiume per raggiungere zone idonee alla riproduzione (barbo, cheppia, savetta, etc.) è in parte ostacolata dalla presenza di opere trasversali in alveo, talvolta prive di opportune scale di risalita per i pesci. Tali ostacoli agli spostamenti dell'ittiofauna determinano la rarefazione delle specie migratrici anadrome.

Anfibi e rettili

Tra gli Anfibi Anuri presenti negli ambienti umidi rilevabili a livello di area vasta si segnalano la raganella

(*Hyla arborea*), la rana verde (*Rana esculenta*) e la rana rossa (*Rana temporaria*). Sono presenti anche il rospo comune (*Bufo bufo*) e il rospo smeraldino (*Bufo viridis*); il tritone crestato (*Triturus cristatus*) e il tritone punteggiato (*Triturus vulgaris*). Tra i rettili sono la lucertola comune (*Podarcis sicula*), il ramarro (*Lacerta viridis*), il biacco (*Hierophis viridis*), la biscia dal collare (*Natrix natrix*) e natrice tassellata (*Natrix tassellata*).

Uccelli

La Banca dati del Progetto RE-NA-TO si rileva la presenza di diverse specie di interesse conservazionistico nei territori dei Comuni di Lucca e Capannori. Tra queste segnaliamo:

Acrocephalus melanopogon
Alcedo atthis
Anser anser
Anthus campestris
Ardea purpurea
Ardeola ralloides
Aythya nyroca
Botaurus stellaris
Calandrella brachydactyla
Caprimulgus europaeus
Circus aeruginosus
Circus cyaneus
Columba oenas
Coturnix coturnix
Emberiza hortulana
Falco tinnunculus
Himantopus himantopus
Ixobrychus minutus
Lanius collurio
Lanius minor
Lanius senator
Locustella luscinioides
Lullula arborea
Lymnocyptes minimus
Monticola saxatilis

Monticola solitarius

Numenius arquata

Otus scops

Pernis apivorus

Phoenicurus phoenicurus

Pluvialis apricaria

Podiceps nigricollis

Sylvia hortensis

Tichodroma muraria

Anche per l'avifauna le specie di interesse conservazionistico segnalate sono soprattutto legate ad ambienti umidi e a soprassuoli naturali e seminaturali non particolarmente diffusi nella Piana Lucchese. Quasi tutte le segnalazioni delle specie sono legate alla permanenza di habitat idonei, di conseguenza, nell'area si hanno significative presenze di specie avifaunistiche soprattutto lungo l'asta del Serchio.

Mammiferi

Tra i roditori più diffusi vi è senz'altro il surmolotto (*Rattus norvegicus*), ma è anche molto diffusa l'arvicola acquatica (*Arvicola terrestris*). Tra gli Insettivori sono presenti le crocidure, tra cui la più tipica è la crocidura ventre-bianco (*Crocidura leucodon*), le talpe (*Talpa europea* e *T. caeca*) e il riccio (*Erinaceus europaeus*).

Tra i Carnivori la volpe (*Vulpes vulpes*) e Mustelidi come donnola (*Mustela nivalis*), faina (*Martes foina*) e puzzola (*Mustela putorius*), la cui presenza dovrebbe essere limitata al Serchio.

Tra gli ungulati presenti in quest'area è importante la presenza di cinghiale (*Sus scrofa*).

Tra i chiroteri vengono segnalati e/o potenzialmente presenti diversi taxa, tra questi segnaliamo: *Hypsugo savii*; *Rhinolophus euryale* e *Rhinolophus ferrumequinum*.

4.3.2 LA DISTRIBUZIONE DELLA FAUNA

La Carta della Fauna

In scala 1:10.000 è stata redatta la cartografia delle aree di interesse faunistico (Elab. T00IA36AMBCT07-08A). La carta individua una scala progressiva di 5 tipologie di aree caratterizzate da una Fauna con valore complessivo differenziato:

- Fauna degli ambienti umidi e/o fluviali (valore faunistico elevatissimo);
- Fauna delle aree alberate e boschive (valore faunistico elevato);

- Fauna degli ambienti secondari con strutture in evoluzione (valore faunistico medio);
- Fauna delle aree agricole a carattere intensivo (valore faunistico medio-basso);
- Fauna delle aree urbanizzate (basso valore faunistico).

Negli habitat naturali e seminaturali si hanno i massimi livelli di diversità faunistica. Inoltre in questi habitat tendono a localizzarsi le aree di rifugio e di riproduzione di molte specie.

Le aree di medio e basso valore faunistico, più o meno intensamente disturbate, sono costituite da aree prevalentemente agricole e/o aree urbanizzate. La fauna di queste aree presenta una ricchezza più ridotta rispetto alle aree precedentemente descritte, soprattutto in termini di specie ad elevata sensibilità ecologica. Molte specie che utilizzano ambiti territoriali estesi tendono ad utilizzare le aree agricole soprattutto per l'alimentazione.

Le aree molto disturbate a basso valore faunistico, costituite dalle aree urbanizzate, che ospitano una fauna prevalentemente antropofila, ovvero costituita da specie fortemente adattabili e tolleranti verso le sorgenti di disturbo antropico.

La cartografia individua le linee di spostamento della fauna, evidenziando, già in questa fase di analisi le aree ove si potrebbero verificare interferenze più consistenti con la mobilità della fauna sul territorio. Laddove questa non sia già assicurata da tipologie costruttive in galleria o viadotto e laddove vi siano le condizioni tecniche idonee, un miglioramento delle caratteristiche di permeabilità faunistica potranno essere ottenute con la disposizione di sottopassi.

La cartografia comprende anche informazioni concernenti il Piano Faunistico Venatorio Provinciale. La scelta di cartografare le informazioni territoriali indicanti lo stato gestionale delle risorse venabili deriva dalla considerazione che la presenza di un prelievo (caccia aperta o caccia chiusa) e le sue modalità (caccia in A.T.C. o caccia riservata), influenzano innegabilmente la composizione dei popolamenti dei vertebrati appartenenti alle Classi *Aves* e *Mammalia*.

Nella cartografia sono state indicate le tipologie di istituto venatorio territoriale previste dal Piano Faunistico Venatorio.

Il territorio agro-silvo-pastorale non incluso nelle suddette tipologie di istituto venatorio rientrano negli Ambiti Territoriali di Caccia (A.T.C.) provinciali, ovvero consistono in aree ove la caccia viene praticata dagli aventi diritto (ovvero i cacciatori dell'ATC di riferimento) con modalità che la norma definisce "caccia programmata", nel rispetto del Calendario Venatorio avente ruolo di programmazione e di regolamentazione della attività venatoria di ciascuna stagione.

A parità di condizioni di habitat, il valore faunistico delle aree è con maggiore probabilità di qualità superiore nelle aree a divieto di caccia, seguite dalle aree a caccia riservata e quindi dalle aree ATC ed addestramento cani.

Istituti del Piano Faunistico Venatorio

Nel corridoio di progetto sono interessate due aree a silenzio venatorio riferibili al Piano Faunistico Venatorio 2006 – 2010 della Provincia di Lucca. Di seguito sono riportate, in corsivo, le descrizioni delle seguenti aree a silenzio venatorio interessate dal tracciato (fonte: http://www.provincia.lucca.it/attivitaiproduttive/risorsefaunistiche/downloads/relazione_tecnica_parte3_o pt.pdf):

- Rotta di migrazione lungo il Serchio (ex art. 14);
- Zona Ripopolamento e Cattura n. 3 (ZRC 3).

ROTTA DI MIGRAZIONE LUNGO IL SERCHIO

Sintesi delle principali caratteristiche dell'area La Zona di Protezione interessa l'area golenale del Fiume Serchio dall'abitato di Borgo a Mozzano fino a Lucca, al confine con la Provincia di Pisa, per una superficie totale di 2420 ha. L'area ricomprende l'alveo del fiume fino al secondo argine (dove presente) ed è caratterizzata dalla presenza, soprattutto nelle aree più prossime a Borgo a Mozzano, di ampie zone incolte, dove la vegetazione ripariale ha colonizzato le sponde spesso anche con specie vegetali alloctone quali la Robinia e l'Ailanto. Da Ponte a Moriano il fiume attraversa la zona di S. Quirico di Moriano dove gli spazi di golena risultano più puliti in quanto sono utilizzati per colture ortive e impianti a frutteto. Da Ponte S. Quirico fino a Ponte S. Pietro il primo argine del fiume costituisce un percorso pedonale e ciclabile molto frequentato e l'alveo risulta facilmente raggiungibile purtroppo anche con le auto. Gli spazi golenali sono utilizzati prevalentemente per impianti di arboricoltura da legno (pioppi) e per colture agricole. Il Fiume Serchio costituisce un corridoio ecologico funzionale fondamentale dai rilievi montani della Garfagnana alla città, fino all'estuario che si trova all'interno del Parco Regionale Migliarino S. Rossore Massaciuccoli in un'area di Riserva naturale (Riserva di Bocca di Serchio) a Marina di Vecchiano. Le acque risultano di buona qualità, in quanto non ricevono apporti inquinanti significativi e, a parte interventi idraulici prevalentemente a fini idroelettrici che ne hanno compromesso alcuni tratti, presenta ancora spiccati caratteri di naturalità. L'alveo in alcuni tratti risulta ampio e ricco in vegetazione ripariale, si rivengono, quando la portata non è troppo consistente, zone di acque lentiche e zone di acque lotiche, tutti fattori che consentono una ricchezza in biodiversità molto importante.

Indicazioni gestionali

L'asta fluviale del Serchio presenta interessanti peculiarità naturalistiche che necessitano di indagini dettagliate ed accurate al fine di elaborare check list esaustive che rendano evidente il potenziale biotico dell'area. Il fiume Serchio, habitat ideale per moltissime specie, dalle più elusive alla più domestiche e cittadine attraversa una grande varietà di ecosistemi, da quello appenninico a quello collinare a quello di

pianura fino alla zona salmastra della foce, garantendo un grande indice di biodiversità. Riveste pertanto una funzione essenziale di corridoio ecologico che collega le aree montane al mare. Gli interventi da attuarsi sono quindi volti a tutelare, mantenere e/o incrementare, ove necessario, tale ricchezza biocenotica, e potranno essere compiutamente realizzati soltanto se sarà possibile promuovere una concertazione di intenti ed esigenze tra i vari Enti gestori al fine di elaborare un progetto organico e razionale per la riqualificazione naturalistica dell'area. Sono da effettuarsi valutazioni circa le principali emergenze, le specie e gli habitat prioritari degni di particolare tutela, i fattori di impatto eventualmente presenti e le metodologie più idonee a mitigarne gli effetti ed eliminarli.

A titolo esemplificativo sono da segnalare quali elementi di prioritario interesse:

- *la garzaia di Airone cinerino (Ardea cinerea) posta nell'area di golena del fiume, lungo la sponda destra, nei pressi della confluenza del torrente Celetra, in Comune di Borgo a Mozzano*
- *le pareti di sabbia quali siti di nidificazione per le colonie di gruccione (Merops apiaster), per le colonie di topino (Riparia riparia) e per il martin pescatore (Merops apiaster)*
- *gli isolotti di ciottoli, le penisole, le sponde sabbiose con scarsa vegetazione, utili per la sosta e la nidificazione del Corriere piccolo (Charadrius dubius) e del Piro piro piccolo (Actitis hypoleucos)*
- *la vegetazione ripariale così importante per invertebrati e vertebrati: l'ontano quale fonte di semi per il lucherino, i rami di salice per la costruzione del tipico nido del pendolino, il canneto per uccelli come la cannaiola, l'usignolo di fiume, la salciaiola, il forapaglie castagnolo e lo zigolo giallo*
- *ma anche piante erbacee comuni e molto note quali il gigaro (Arum maculatum) le cui parti ipogee sono appetite dall'istrice (Hystrix cristata) o l'ortica dove la Vanessa atalanta e la vanessa dell'ortica depongono le proprie uova e passano le fasi larvali.*

Per quanto concerne la garzaia è necessario garantire una tutela dei nidi, mitigando l'eccessivo disturbo antropico recentemente incrementato dal recente ampliamento della sede stradale. Nell'ambito dei miglioramenti ambientali a fini faunistici (art. 46 L.R. 3/94) sono da prevedersi opere di sistemazione fluviale con le tipologie sotto elencate.

1) Mantenimento e/o predisposizione di spiagge, isole di ghiaia o terra.

Tali aree permettono di migliorare le condizioni di nidificazione e di sosta per diverse specie di avifauna, riducendo le possibilità di predazione da parte dei predatori terrestri e di disturbo da parte delle persone che frequentano il fiume. In particolare gli isolotti di ciottoli favoriscono la sosta e la nidificazione del Corriere piccolo (Charadrius dubius) e del Piro piro piccolo (Actitis hypoleucos), già presenti lungo il Serchio sia in periodo riproduttivo che migratorio, ma che incontrano grosse difficoltà a portare a termine il ciclo riproduttivo per la scarsità di habitat

adatto. Le situazioni migliori sono legate alla presenza di isole, penisole o spiagge poco colonizzate dalla vegetazione. Il profilo altimetrico delle aree riproduttive deve essere, se possibile, leggermente degradante.

2) Creazioni e risagomatura di pareti di sabbia prive di vegetazione.

Questo intervento consente la nidificazione di specie ornitiche fossorie, quali il Gruccione (*Merops apiaster*), Topino (*Riparia riparia*) e Martin pescatore (*Alcedo atthis*), di notevole interesse naturalistico. Bisognerà creare delle pareti verticali stabili, prive di vegetazione, in substrato consistente ma non troppo duro, nei pressi del corso d'acqua, in siti sufficientemente stabili e tranquilli. Sarà anche sufficiente rimuovere la vegetazione erbacea da pareti già esistenti per consentire la nidificazione di questi uccelli, già presenti e nidificanti, in modo abbastanza precario, lungo il Serchio. L'habitat ottimale sono le pareti esposte a meridione, in prossimità del corso d'acqua e vicino a zone coltivate, con buona disponibilità di entomofauna (Gruccione, Topino) e ittiofauna (Martin pescatore). Questi interventi potranno interessare anche piccole pareti di 15-20 metri lineari. Per il Topino sarebbe opportuno di disporre di tratti idonei più estesi (80-100 m). La creazione di scarpate idonee può essere realizzata utilizzando zone preesistenti, per esempio sfruttando i punti di erosione di alte rive fluviali, protette eventualmente al piede per evitare continue modifiche ed il progresso delle azioni erosive. Tale consolidamento potrà prevedere opportunamente l'impiego di tecniche d'ingegneria naturalistica, evitando peraltro l'eccessivo sviluppo della vegetazione.

3) Mantenimento e/o ripristino della vegetazione sommersa, natante, demersa e dei terreni circostanti l'area umida (attraverso semine, trapianti e taleaggi delle essenze più tipiche del luogo. Anche per le zone umide la vegetazione svolge un ruolo determinante come risorsa alimentare diretta, come microambiente ricco di prede, come rifugio e come sito di nidificazione per la fauna selvatica. La valorizzazione faunistica di ogni area umida prevede quindi il mantenimento e/o lo sviluppo della vegetazione presente e delle specie di maggior interesse per l'avifauna del luogo. Anche in questo caso si cercherà di favorire l'eterogeneità delle essenze vegetali presenti, cercando di evitare la prevalenza e l'eccessivo sviluppo di alcune specie rispetto ad altre. La conservazione e/o il ripristino delle boscaglie ripariali lungo i corsi d'acqua assumono un particolare significato in quanto siti di nidificazione per molte specie palustri (ad es. il Germano reale, nidificante nel sottobosco, gli Aironi, nidificanti in colonia sugli alberi, ecc.).

4) Mantenimento e/o ripristino del profilo irregolare (con insenature ed anfratti) delle rive e degli argini. Le insenature permettono un insediamento più numeroso di coppie nidificanti, probabilmente perché diminuiscono le possibilità di disturbo reciproco e la frequenza delle dispute

territoriali fra le varie coppie. In diversi studi si è rilevata un'evidente correlazione positiva fra il perimetro del corso d'acqua ed il numero di specie e coppie nidificanti. A tale riguardo può essere anche favorita la creazione di: - diramazioni parallele al corso d'acqua principale. Queste consentiranno di creare zone alternative di alimentazione per l'avifauna, di fornire luoghi di rifugio in caso di forte vento; - prati e radure umide intorno al bacino principale, al fine di aumentare le risorse alimentari e di "fissare" maggiormente gli animali all'area umida.

5) Mantenimento e/o predisposizione di zone d'acqua basse (15-25 cm) o di argini e rive di ridotta pendenza, per una fascia di 5-10 m dalla riva, ove favorire lo sviluppo della vegetazione spontanea Tali accorgimenti consentono soprattutto lo sviluppo della vegetazione di ripa, demersa e sommersa, quindi un generale miglioramento delle condizioni faunistiche dell'area ed in particolare la possibilità di uno sviluppo di diverse specie di caradriformi. Rive molto scoscese ed un livello d'acqua troppo alto non consentono lo sviluppo di una ricca vegetazione ripariale. Una sistemazione razionale delle sponde potrebbe aumentare notevolmente il valore biologico del corso d'acqua. Gli interventi atti a promuovere la conoscenza e la conservazione dell'ecosistema fluviale si inquadrano inoltre in una politica di riqualificazione della zona soprattutto nell'ambito cittadino, che ha visto sorgere progetti di ampia portata quali quello del Parco Fluviale promosso dal Comune di Lucca e opere concernenti la pesca e la tutela delle specie ittiche portate avanti dall'Amministrazione Provinciale. 9999L'area in esame risulta idonea anche per l'immissione di specie di interesse venatorio in particolare del fagiano. Gli alvei fluviali, infatti, ed in particolare le fasce di vegetazione arborea ed arbustiva di tipo idrofilo poste sia sulle rive che sulle sponde degli argini, anche se di scarsa estensione, svolgono un ruolo molto importante nell'ecologia del fagiano. Gli studi effettuati in territori di pianura hanno dimostrato che in ambienti golenali si raggiungono spesso densità e produttività naturali molto elevate, così come nella pianura a seminativi asciutti, soprattutto se si ritrova una diversità ambientale medio-alta. E' stato osservato infatti che in presenza di coltivazioni diversificate e in aree ad alto indice di ecotono si ha un aumento del numero medio di giovani per nidiata. Si ritiene quindi, ai fini di ottimizzare eventuali operazioni di ripopolamento con questa specie lungo l'asta fluviale, di intervenire recuperando la frammentazione della maglia poderale delle aree di golena attraverso il ripristino di alcuni elementi fisionomici un tempo comuni al paesaggio rurale (boschetti, siepi, filari di alberi). La creazione o il recupero di boschetti di alcuni ettari di estensione a sviluppo lineare e contornati da arbusti rappresenta una soluzione senz'altro utile al fine di incrementare il numero dei contingenti invernali di fagiani. Al fine di aumentare lo sviluppo delle fasce ecotonali risulta più produttivo

realizzare più boschetti piccoli ben distribuiti sul territorio piuttosto che aree boscate di grande estensione.

Inoltre sono da realizzare:

- Il mantenimento ed il recupero delle residue aree non coltivate.
- Il rispetto e la gestione della vegetazione ripariale che fiancheggia i corsi d'acqua.
- La conservazione in campo delle stoppie dei cereali autunno-vernini sino a tutto il mese di agosto e di quelle di granoturco possibilmente per tutta la stagione invernale (in campo rimangono le cariossidi di mais).
- La posticipazione dell'aratura
- La informazione ai contadini affinché non attuino la pratica della bruciatura delle stoppie.
- La distribuzione sul territorio di dispensatori di granaglie (se ritenuto necessario).
- La zona potrebbe risultare un ottimo sito per la nidificazione e il successivo irradimento degli animali, consentendo la produzione di esemplari certamente più adattati all'ambiente e quindi certamente più validi rispetto ai capi di allevamento normalmente acquistati ogni anno e immessi a pioggia sul territorio.
- Vanno evitate immissioni di animali quali le anatre germanate, che ormai stanno colonizzando l'asta fluviale e che rivestono un valore faunistico pressoché nullo, se non da un punto di vista meramente di prassi venatoria.

ZONA DI RIPOPOLAMENTO E CATTURA 3 - IDENTIFICATIVO DELL'AREA ZRC 3

Comuni interessati Capannoni

Frazioni - Località Carraia, Colognora, C.Lupo

Superficie totale 266.69 ha

Range altitudine 0-200 m s.l.m.

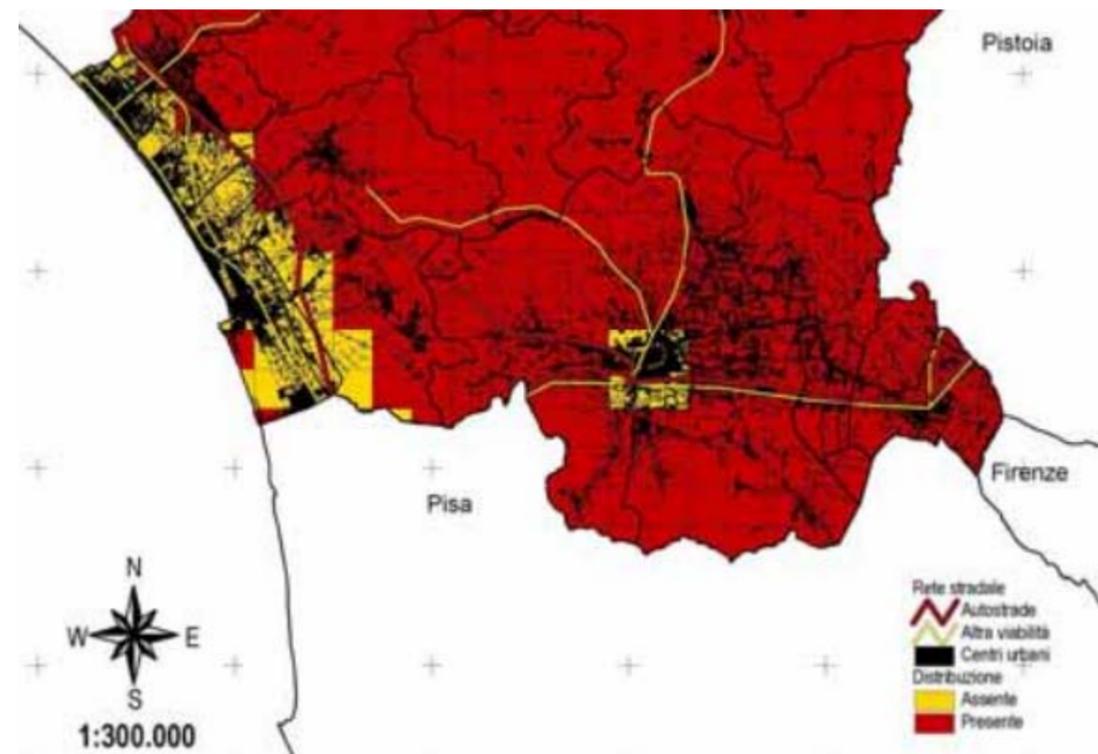
La ZRC 3 occupa una superficie di 266,69 ha e si estende a sud dell'Autostrada Firenze – Mare tra le frazioni di Carraia, Colognora e C. Lupo avendo come confine sud la Sarzanese – Valdera. L'area presenta una buona alternanza di seminativi, prati e formazioni residuali di boschi di latifoglie ed è attraversata da diversi fossi irrigui con buona presenza di associazioni riparie. Insediamenti antropici, per lo più di origine industriale, si trovano soprattutto nella parte ad ovest. La zona ricade in area con buona idoneità per la piccola selvaggina stanziale, in particolare per il fagiano e in misura minore per la starna. Non appare opportuno effettuare in questa zona ripopolamenti di lepri in quanto la presenza di numerose strade soprattutto nella parte ovest potrebbe vanificare in breve tutti gli sforzi.

Presenza di specie di particolare significato gestionale

La Provincia di Lucca segnala la presenza del cinghiale (*Sus scrofa*) nell'intera area vasta considerata, con l'eccezione dell'area centrale della Città di Lucca. La presenza della specie è soggetta a importanti variazioni stagionali ed annuali, con spostamenti locali e più lunga distanza. La possibilità di presenza della specie è da intendersi come diffusa in tutto il territorio considerato (con l'eccezione citata del Centro di Lucca), ma la maggiore probabilità si ha in corrispondenza e/o in vicinanza di zone alberate, cespugliate, con erbe alte, ma anche zone agricole (in particolare nelle ore serali).

Si riporta di seguito lo stralcio cartografico (fig.4.1) con riportate le presenze della specie (stralcio cartografico tratto da <http://www.provincia.lucca.it/attivitaproductive/risorsefaunistiche>):

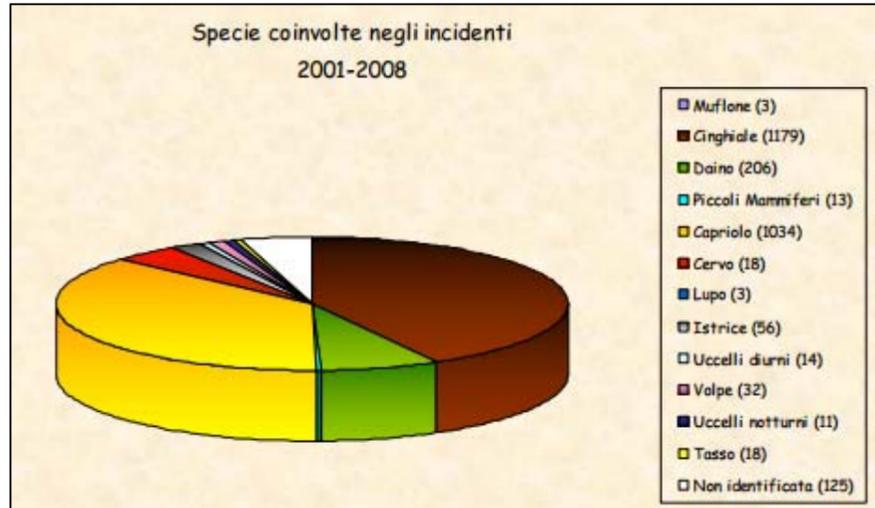
Fig.4.1 – Stralcio cartografico della presenza del cinghiale (*Sus scrofa*) nell'area vasta considerata.



Il documento "Gli incidenti stradali causati dalla fauna selvatica nella Regione Toscana Analisi del fenomeno nel periodo 2001-2008" Regione Toscana - Direzione generale Sviluppo Economico Settore Politiche Agroambientali, attività faunistica venatoria e pesca dilettantistica (Studio a cura del C.I.R.Se.M.A.F. P. Banti, S.Nuti, M. P. Ponzetta e F. Sorbetti Guerri – 2009, più avanti citato come Banti et. al., 2009) presenta un'analisi approfondita del fenomeno.

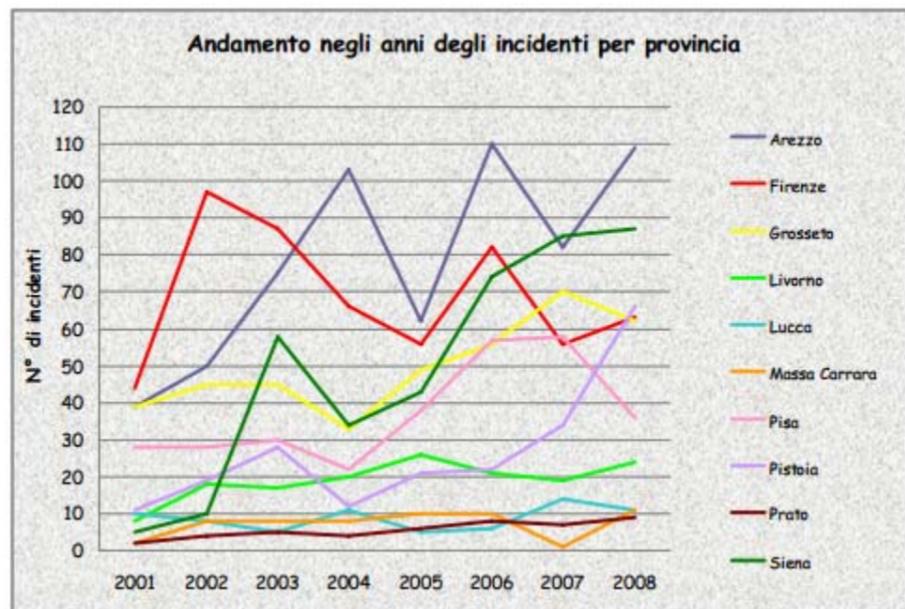
Nel paragrafo "Principali risultati", Banti et. al. 2009, riporta un grafico delle percentuali relative alle diverse categorie/specie faunistiche coinvolte negli eventi di incidentalità comprese tra 2001 ed il 2008 in Toscana. Il grafico seguente evidenzia bene il ruolo della specie cinghiale.

Fig.4.2 – Specie faunistiche coinvolte in eventi di incidentalità tra 2001÷2008 in Toscana.



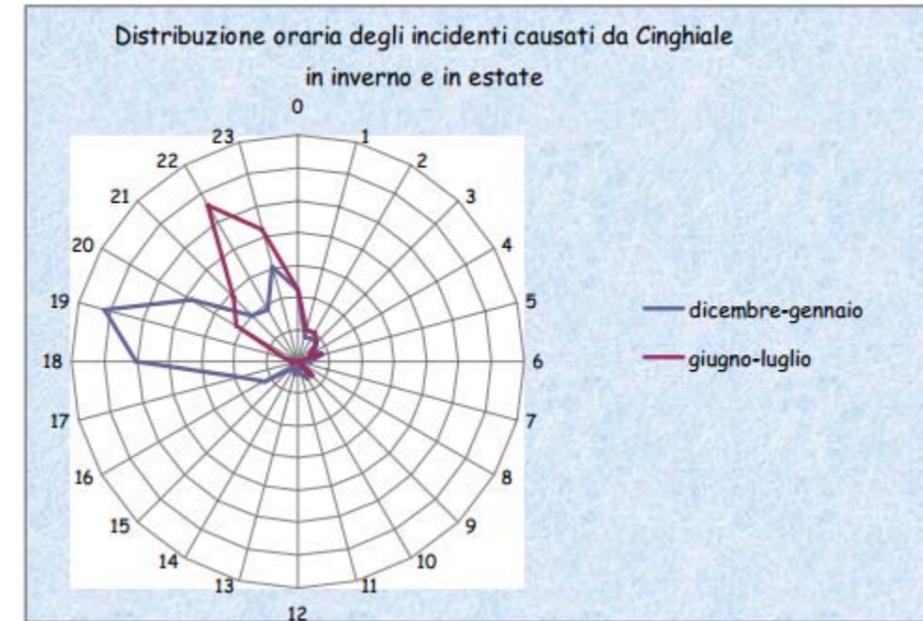
Il medesimo studio, confrontando le diverse Province toscane, descrive, per la P. di Lucca, una incidentalità relativamente più contenuta (sempre con riferimento ai dati 2001-2008).

Fig.4.3 – Andamento negli anni degli incidenti per provincia (2001÷2008).



Considerando che tra le specie ungulate, la specie più diffusa nell'area in esame è il cinghiale, si riporta il grafico relativo alla distribuzione oraria degli incidenti causati da cinghiale in estate e in inverno (fonte: Banti et. al. 2009). Da notare che il rischio maggiore è nelle ore successive al tramonto, con una conseguente variazione stagionale.

Fig.4.3 – Distribuzione oraria degli incidenti causati da cinghiale in inverno e in estate.



Nel periodo 2001-2008 nei 4 comuni lucchesi interessati dal progetto sono stati denunciati i seguenti incidenti con ungulati. Da notare che nei comuni più chiaramente di valle gli eventi sono meno frequenti.

Fig.4.1 – Incidenti con ungulati nei 4 comuni lucchesi interessati dal progetto (2001÷2008).

Comune	Collisioni cinghiale	Collisioni capriolo	Collisioni daino
Lucca	6-15	1-5	1-3
Capannori	1-5	1-5	0
Porcari	0	0	0
Altopascio	0	0	0

Si conclude pertanto evidenziando come il rischio di collisione nel comprensorio in esame, pur non assumendo caratteristiche di rischio osservabili in altre aree della Toscana, è un rischio presente. Le caratteristiche di rischio dovranno essere oggetto di monitoraggio.

4.4 ANALISI DELLE INTERAZIONI OPERA-AMBIENTE

La valutazione delle aree di interferenza con la componente vegetazione, flora e fauna, è stata condotta mediante l'analisi di due differenti aspetti della sovrapposizione del tracciato plano-altimetrico con la fisionomia della vegetazione naturale e/o spontanea presente nel territorio.

Adeguamento della SS 12

L'adeguamento della SS 12 si realizza in sede, disponendo un ampliamento di sezione prevalentemente interessante il lato interno della golena fluviale. Le interazioni sono comunque contenute nella misura in cui la vegetazione naturale della fascia fluviale del Serchio non viene interessata o avvicinata dalle azioni di progetto. Il tracciato della SS12 corre sulla sommità della struttura arginale esterna del Serchio, in un ambito interessato da soprassuoli ampiamente dominato da soprassuoli coltivati e non riferibili alla vegetazione igrofila spondale, che viene quindi a collocarsi a circa 200 m dal sedime viario della statale. L'area è comunque interessata dalla presenza di alberature diverse: in particolare si segnala la presenza di platani (*Platanus sp.*) sulla banchina stradale della parte Nord della tratta interessata (verso il Torrente Fraga). Essendo i platani posti sul lato esterno della banchina, si dovrebbe realizzare una collocazione non necessariamente interessata dagli ampliamenti, per contro la notevole prossimità degli impianti radicali rispetto al sedime, al di sotto del quale è presumibile ci siano porzioni degli apparati radicali definisce situazioni di attenzione che andranno monitorate nell'ambito del PMA.

Asse Nord-Sud

I soprassuoli vegetazionali presenti lungo la tratta dell'Asse Nord – Sud, per la gran parte da realizzarsi con nuovo tracciato, sono ampiamente dominati da colture agricole, in un contesto di elevata parcellizzazione del mosaico agricolo. Gli aspetti di maggiore interesse sono costituiti proprio dalla vegetazione agricola frammista a reliquie di vegetazione spontanea di margine campestre. La realizzazione dell'opera stradale interagirà con il paesaggio agricolo, sia in termini di sottrazione di suolo con elevata capacità d'uso, sia in termini di sottrazione di colture legnose a carattere permanente, sia in termini di sottrazione di vegetazione spontanea di margine campestre.

Un elemento caratteristico del territorio di analisi del corridoio attraversato dall'Asse Nord Sud è l'area dei Laghi Lammari, costituita dal Lago Fondo, dal Lago del Carpodromo e dal Lago del Campo Gara. Tale area è gestita dalla FIPSAS come area di pesca sportiva, di conseguenza la vegetazione spondale è molto scarsa e con una alberatura ridotta. Il patrimonio ittico dei tre laghi, di origine artificiale, è composto da alborelle, carassi, carpi, pesci gatto e trote. L'area è accessibile anche per i disabili. I Laghi Lammari non presentano interazioni dirette con l'opera in esame.

Fig.4.5 - Aspetto della campagna in ambito del corridoio di studio dell'Asse Nord Sud: elevata la diversificazione colturale e diffusa di presenza di alberature campestri ed arbusti sui margini.



Intersezione a raso Lucca Est

L'Intersezione a raso di Lucca Est presenta una vegetazione spontanea di carattere secondario, ovvero formazioni ricresciute a seguito di trasformazioni antropiche pregresse. Una gran parte dell'intersezione è governata con lo sfalcio annuale e si rileva la presenza di alcune alberature a pino domestico, mentre altre aree di margine presentano una vegetazione erbacea ed arboreo-arbustiva in rapido sviluppo con presenza via via più consistente di pioppo (*Populus sp.pl.*) e salice (*Salix alba*), talora con *Humulus lupulus*. Dal punto di vista della fauna l'area è già condizionata dal disturbo prodotto dalle infrastrutture esistenti.

Asse Ovest – Est

L'asse Ovest-Est presenta caratteristiche dei recettori di vegetazione molto diverse lungo la tratta. Procedendo da Ovest, dopo l'intersezione a raso di Lucca Est, il tracciato è in parallelo all'autostrada A11

e i soprassuoli sono in gran parte riferibili a prossimità o pertinenze di manufatti industriali e commerciali. Fa eccezione la zona intorno all'Acquedotto Nottolini ove permangono aspetti di campagna di carattere quasi originario, con presenza di alberature campestri riferibili ad aggruppamenti di *Populus sp.pl.* Per tutta la tratta in affiancamento l'interesse faunistico della fascia in immediata adiacenza al tracciato esistente A11 è ridotto dalla presenza delle emissioni prodotte dalla struttura esistente, che determinano condizioni di disturbo.

Fig.4.6 - Aspetto del corridoio di studio dell'Asse Ovest Est, nel tratto in affiancamento alla A11: edifici commerciali ed industriali sono in affiancamento dell'autostrada, il verde esistente è scarso, anche se si segnala la presenza di due pini domestici, visibili anche dal tracciato autostradale.



*Fig.4.7 - Aspetto della campagna in ambito del corridoio di studio dell'Asse Ovest Est, in prossimità dell'Acquedotto Nottolini: diffuse alberature secondarie a *Populus sp.pl.* a carattere almeno parzialmente spontaneo.*



Presso il sovrappasso dell'A11 della Strada Comunale Sorbano, è presente un'area di imboschimento spontaneo e recente, al quale hanno contribuito accrescimenti spontanei (*Populus*, *Ulmus*, etc.) e da impianto (*Juglans regia*), anche con la partecipazione di alloctone. L'area è interessata da alberature relativamente recenti ed è comunque in condizioni di semi isolamento dovuto alla presenza di aree industriali, residenziali e dell'autostrada. L'interesse faunistico è relativamente contenuto, ma è apprezzabile la varietà della fauna ornitica presente (nell'area vige il divieto di caccia per la presenza di rotta migratoria di interesse). La realizzazione dell'opera porterà ad una sottrazione parziale di questo ambito ristretto di vegetazione spontanea.

Fig. 4.8 - L'area presso il cavalcavia del strada Comunale Sorbano presenta un'area alberata a carattere di reliquia, che costituisce un ambito di interesse, anche faunistico (ornitofauna), sull'Asse Ovest Est, nonostante l'affiancamento all'autostrada.



Fig.4.9 - Canale dell'Ozzoretto all'altezza del Ponte Strada Comunale di Mugnano (verso Nord): sulle sponde vegetazione erbacea spontanea e alberature da impianto (in particolare pioppi ibridi).



Dopo il tratto in affiancamento all'A11, l'Asse Ovest – Est attraversa per due volte il Canale Ozzoretto, un ambito di campagna dominato da colture arboree da legno (in particolare varietà selezionate di *Populus* per la produzione di biomasse e/o pasta di cellulosa). L'interesse dell'area deriva dalla presenza del Canale Ozzoretto, che determina condizioni di continuità, nonché da soprassuoli coltivati a pioppeta. La vegetazione spontanea è limitata alle fasce marginali degli appressamenti, nonché alle sponde del Canale, comunque interessate da attività di pulizia periodica. Oltre ai nuclei di coltivazioni di pioppeta, è interessato un piccolo nucleo di vegetazione arboreo-arbustiva, dominato da esemplari di abete rosso evidentemente di impianto artificiale. L'interesse faunistico dell'area è apprezzabile per la componente ornitica del popolamento.

Prima dell'intersezione a raso di Antraccoli, il tracciato attraverserà ancora due volte il Canale Ozzoretto, con un interessamento di nuclei di formazioni arboree, con presenza diffusa e/o dominante di pioppo.

Cavalcaferrovia Lucca – Firenze

Il cavalcavia ferroviario non interferisce con aree a vegetazione in evoluzione con alberature miste, con pioppi e robinie e superfici a rovo. Sono tuttavia anche presenti dei sistemi orticoli altamente frammentati nel mosaico particellare.

Fig.4.10 - L'area Sud del Cavalcaferrovia non presenta un elevato valore per la componente Vegetazione, Flora e fauna, con estensioni arboree secondarie a robinia e pioppo e cespuglieti spontanei; tuttavia il sistema orticolo presente nella fascia che sarà di pertinenza della strada pone in evidenza gli attesi effetti di sottrazione di suolo ad elevata capacità d'uso.



Fig.4.11 - La sistemazione dell'Intersezione a raso di Antraccoli, pur interessando aree con vegetazione scarsa o assente, viene a determinare una sottrazione di ambiente spondale di carattere localizzato sul Canale Ozzoretto: nell'immagine un tratto interessato dalle lavorazioni, con alberature ridotte (*Populus sp.*), *Typha sp.*



Intersezione a raso Antraccoli

L'Intersezione di Antraccoli si inserisce su un'area di svincolo già esistente, nelle cui aiuole interne non si rilevano presenze di vegetazione arborea arbustiva, quanto piuttosto formazioni erbacee spontanee di carattere secondario governate con sfalcio annuale. La sistemazione dell'opera andrà ad interessare in tratto del Canale Ozzoretto.

Asse Est – Ovest

Trattandosi di un tratto di viabilità esistente che non subisce sostanziali modifiche.

Le interazioni con la vegetazione la fauna sono quindi contenute, sia per la prevalenza di aree residenziali ed agricole, ma soprattutto per il carattere di adeguamento di tracciato viario esistente. La sottrazione di nuove superfici si realizza pertanto nelle fasce immediatamente ridossate all'attuale tracciato della Strada Provinciale Romana.

Si segnala tuttavia, presso l'incrocio con Via dei Cotenni, la presenza di aree verdi su pertinenze private poste in immediata adiacenza al sedime viario attuale. Si tratta di alberature da impianto con platani (*Platanus sp.*) tigli (*Tilia sp.*), pioppi cipressini (*Platanus sp.*) ed estese formazioni a bamboo (*Poaceae sp.*), poste su entrambi lati della strada, anche a ridosso del tracciato.

Fig.4.12 - Presso l'incrocio con Via dei Cotenni, a ridosso del sedime attuale sono presenti alberature da impianto con platani (*Platanus sp.*) tigli (*Tilia sp.*), pioppi cipressini (*Platanus sp.*) ed estese formazioni a bamboo (*Poaceae sp.*).



Opera Connessa

Partendo da Ovest il tracciato dell'opera connessa interessa aree con alberature sparse, sia di origine spontanea che da impianto, portandosi fino all'attraversamento della ferrovia dismessa Lucca-Pontedera, dove si realizza un passaggio in un ambito terminale della lunga fascia alberata che occupa gran parte del tracciato del sedime ferroviario abbandonato (si tratta per lo più di formazioni di Robinia pseudoacacia diffusasi a partire dalle piantagione eseguite a suo tempo per il consolidamento delle scarpate ferroviarie).

Il passaggio del Rogio si realizza senza prevedere modifiche in quanto il tratto di strada è già stato adeguato alle dimensioni di progetto. Poco prima della congiunzione con Via Tazio Nuvolari il tracciato interessa un nucleo alberato (dominato da *Populus sp.pl.*, tra cui *P. alba*, con importante sviluppo di lianose, tra le quali *Humulus lupulus*). Questa formazione alberata definisce una continuità con la vegetazione spondale del Rogio, ove si rilevano estesi aggruppamenti ad *Arundo donax*: il tracciato tuttavia descrive una curva che consente di evitare un interessamento diretto della vegetazione si sponda del Canale.

Fig.4.13 - Presso la congiunzione con Via T. Nuvolari il tracciato interessa un nucleo alberato (si segnalano: *Populus sp.pl.*, *Humulus lupulus*): all'interno delle alberature si rileva la presenza di tre piazzali in terra battuta, privi di vegetazione.



Tra la Rotatoria n. 4 e la fine dell'Opera Connessa si osserva che l'opera in progetto ha il carattere di adeguamento di viabilità esistente. Tuttavia si segnalano ambiti di prossimità di vegetazione di interesse costituiti da un nucleo alberato che si pone sul lato Nord del Tracciato poco prima dell'ingresso del Capannone della Tubicom SpA e lungo le sponde del Canale Rogio. Per queste formazioni si osserva che relazioni saranno comunque limitate dal fatto che il sedime è già esistente.

Fig.4.14 - La vegetazione spondale del Rogio presenta caratteristiche di naturalità, apprezzabili anche per la presenza di Quercus robur, frammiste a dinamismi più recenti, come la presenza di nuclei con trend in espansione dell'invasivo ed alieno Ailanthus altissima.



Circonvallazione di Altopascio

Procedendo da Ovest, nella Circonvallazione di Altopascio, abbiamo dapprima un esteso affiancamento all'A11, ove si segnala il passaggio in nucleo di coltivazione di pioppo ibrido, con dimensioni attuali abbastanza vicine al fine del turno, quindi al taglio raso delle piante, da realizzarsi per la produzione della biomassa.

L'area di maggiore interesse per la tratta, nonché un'area di importanza principale per il progetto in esame è costituito dalle zone imperfettamente bonificate attraversate dalla parte Est della Circonvallazione di Altopascio, con presenza di un nucleo di bosco di farnia, piccolo relitto del primigenio Quercus Carpineto presente nel comprensorio, ancorché fortemente compenetrato con la Robinia pseudoacacia, con la quale tende talvolta a formare una forma consociativa.

Di notevole interesse la vegetazione dei fossi campestri e degli impluvi delle baulature campestri, dove, nonostante i trattamenti e le lavorazioni agricole, permane la presenza di specie igrofile, tra le quali Phragmites australis, Typha sp.

Fig.4.15 - Il tracciato interessa un nucleo di vegetazione a carattere residuale con presenza di Farnia (Quercus robur), già protagonista delle antiche formazioni del Quercus Capineto che anticamente costituivano parte dei boschi della piana lucchese. Ad oggi le formazioni sono trasformate dalla presenza di aliene, tra le quali molto diffusa la Robinia pseudoacacia.



4.5 TIPOLOGIE DI IMPATTO

4.5.1 VEGETAZIONE E FLORA

Vengono di seguito considerati gli impatti potenziali a carico della vegetazione spontanea:

- A) Danneggiamento e/o alterazione di vegetazione boschiva ed arborea;
- B) Danneggiamento e/o alterazione di vegetazione igrofila e dei corsi d'acqua.

A) Danneggiamento e/o alterazione di vegetazione boschiva ed arborea

L'opera determina, con particolare riferimento alle tratte di nuova realizzazione, sottrazioni di vegetazione arborea, prevalentemente riferibili a vegetazione di margine in ambito agricolo e/o da impianto.

Nel paragrafo precedente sono quindi state segnalate le localizzazioni delle principali interazioni tra opera ambiente. Tra queste, presentano rilievo particolare le sottrazioni che si realizzano con la Circonvallazione di Altopascio, che determina la sottrazione di una parte di nucleo di farnia e robinia, nonché alcune sottrazioni si alberature nell'area dell'Ozzoretto, ove però almeno parte degli effetti sono riferibili a formazioni agroforestali, ovvero coltivazioni di pioppi ibridi per la produzione di biomassa.

In linea generale l'impatto interessa formazioni arboree spontanee in misura molto limitata. Tuttavia, proprio in ragione dell'elevato livello di trasformazione degli ambienti del comprensorio rispetto alle originarie formazioni boschive che anticamente ne interessavano le superfici, le residue presenti di latifoglie spontanee, soprattutto laddove vi sia ancora la farnia, presentano un rilievo importante.

B) Danneggiamento e/o alterazione di vegetazione igrofila e dei corsi d'acqua

L'impatto a carico di queste formazioni, in corrispondenza dell'attraversamento di canali (in particolare l'Ozzoretto) o dell'affiancamento di vegetazione di sponda (in particolare il C. Rogio), determinerà sottrazioni per lo più localizzate e almeno parzialmente recuperabili in ragione dell'elevata capacità di resilienza di queste formazioni. In ogni caso si tratta di associazioni aventi una notevole capacità di recupero spontaneo.

Le interferenze riguarderanno anche il reticolo idrografico minore, con particolare riferimento alla zona attraversata dalla Circonvallazione di Altopascio (parte Est della tratta della Circonvallazione).

4.5.2 FAUNA

Vengono di seguito considerati i seguenti impatti potenziali a carico della fauna selvatica:

- C) Rischio di uccisione e/o interferenza con gli spostamenti;
- D) Danneggiamento e/o alterazione di habitat faunistici.

C) Rischio di uccisione di animali selvatici da parte del traffico indotto dal progetto

Le localizzazioni delle collisioni variano a seconda delle stagioni e delle specie. In occasione di opere viarie di nuova costruzione, poste in adiacenza di corpi d'acqua, soprattutto laddove si tagli trasversalmente la direzione di migrazione, ci si attende maggiori rischi di mortalità per Anura ed Urodela. Per quanto concerne la collisione con specie della Classe Aves, l'evento è generalmente legato a condizioni particolari: animali giovani e condizioni meteorologiche che riducono la visibilità. Per questa Classe i ponti sui fiumi spesso corrispondono ad aree di maggior rischio. Analogamente, per la Classe Mammalia, con particolare riferimento a *Erinaceus europaeus*, gli investimenti dovrebbero aumentare rispetto allo stato attuale.

La mortalità per collisione con gli autoveicoli avviene potenzialmente lungo l'intero tracciato. Ponti e viadotti presentano una minore pericolosità per i mammiferi, ma possono presentare una pericolosità relativamente maggiore per gli uccelli. Le trincee comportano rischi inferiori in quanto la carreggiata è meno raggiungibile dalle traiettorie di volo degli uccelli e relativamente. Anche in questo caso i ricettori territoriali vengono considerati allo stesso livello di sensibilità. In linea generale gli effetti di mortalità potrebbero rivelarsi maggiori nelle nuove tratte viarie, rispetto alle tratte in adeguamento di viabilità esistente.

tab.4.2 - Rischio di mortalità per collisione con autoveicoli.

Rischio di mortalità per collisione con autoveicoli		
tipologie	ricettori	effetto
rilevato, raso	tutti i ricettori	rischio esteso a quasi tutti i taxa di vertebrati
trincea, ponte, viadotto	tutti i ricettori	rischio limitato ad alcuni taxa di vertebrati

D) Danneggiamento e/o alterazione di habitat faunistici

L'ampiezza dell'area disturbata dipende principalmente dalla morfologia e dall'intensità di traffico. Si può approssimativamente stimare uno spazio "disturbato" ampio almeno il doppio della carreggiata. In questa fascia le specie più sensibili scompaiono.

La densità delle popolazioni ornitiche nidificanti in ambiente forestale è significativamente più basso vicino alla strada, piuttosto che in aree di controllo situate a distanza dalla fonte di disturbo. Studi olandesi (fonte: *Reijnen et al. 1995 - Predicting the effects of motorway traffic on breeding bird populations - Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Olanda*) hanno evidenziato che un'autostrada con 75.000 veicoli al giorno causa:

- nelle zone boschive una riduzione di densità del 34% in una fascia di 460 m su ambo i lati;
- nelle zone aperte una riduzione di densità del 39% in una fascia di 710 m su ambo i lati.

Lo stesso studio sembrerebbe evidenziare che la principale fonte di disturbo sia costituita dal rumore, piuttosto che il disturbo visivo e l'inquinamento atmosferico.

L'entità del disturbo è relativamente indifferente alla tipologia costruttiva, fermo restando che le gallerie artificiali non comportano effetti rilevabili. I ricettori con habitat completamente antropogenici, ovvero i soprassuoli spontanei ancora rilevabili presso sponde di corsi d'acqua, rappresentano gli ambiti di maggiore sensibilità. Le aree agricole ed urbanizzate consistono generalmente in ambiti maggiormente antropizzati e di minor interesse faunistico relativo. Anche in questo caso ci si attende effetti più consistenti per le nuove tratte rispetto alle tratte in adeguamento, ove le forzanti di disturbo, ancorché con intensità minori, sono già in essere.

Interferenze e danneggiamento a carico della fauna e degli habitat della fauna

Le interferenze a carico della fauna e dei suoi habitat sono realizzati sia con gli interventi di ripristino della vegetazione, sia con le misure mitigative previste per il contenimento delle emissioni nell'ambiente.

I sottopassi per il deflusso delle acque sono utilizzabili per il passaggio di fauna minore e carnivori (mustelidi e volpe), sono collocati nelle aree agricole in corrispondenza della rete ecologica residua, corrispondente al reticolo idrografico ed alle aree alberate residue. Tali sottopassi presentano comunque caratteristiche di selettività, ovvero risultano idonei al passaggio solo una parte dei taxa faunistici.

Tab.4.3 - Alterazione degli habitat faunistici indotto dal disturbo.

Alterazione degli habitat faunistici indotto dal disturbo		
tipologie	Recettori	effetto
tutte le tipologie	sponde di corsi d'acqua e aree protette	disturbo rilevabile, eventualmente osservabile a livello di comunità e di distribuzione delle popolazioni
tutte le tipologie	aree urbanizzate ed agricole	disturbo contenuto

4.5 EFFETTI PREVISTI ED INDICAZIONI DI MITIGAZIONE

Gli effetti prevedibili per questa componente sono:

- A) Danneggiamento e/o alterazione di vegetazione boschiva ed arborea;
- B) Danneggiamento e/o alterazione di vegetazione igrofila e dei corsi d'acqua;
- C) Rischio di uccisione e/o interferenza con gli spostamenti;
- D) Danneggiamento e/o alterazione di habitat faunistici.

Di seguito si individuano gli impatti relativi alle varie opere da realizzare.

Danneggiamento della vegetazione

Per la mitigazione del danneggiamento della vegetazione, con particolare riferimento alla vegetazione arborea spontanea ed alla vegetazione igrofila, si prevede di realizzare opere di ripristino delle coperture del suolo per le superfici solo temporaneamente occupate e la messa a dimora di specie erbacee, arbustive ed arboree. I taxa arbustivi ed arborei utilizzati sono riferibili a specie autoctone e/o legate alla tradizione agricola locale. Il dettaglio delle opere a verde di ripristino sono descritti nel Quadro Progettuale.

5 COMPONENTE ECOSISTEMI

5.1 METODOLOGIA DI ANALISI

L'analisi delle emergenze ecologiche del comprensorio viene finalizzato all'individuazione degli ambiti di maggiore sensibilità-vulnerabilità verso il progetto in esame.

L'analisi territoriale viene effettuata sia a partire dalla lettura delle fotografie aeree, dalla carta dell'uso del suolo (Elab.T00IA36AMBCT01-02A) e della Carta della vegetazione (Elab.T00IA36AMBCT03-04A), al fine di produrre una sintesi in scala 1:10.000 della distribuzione dei sistemi ecologici di maggior pregio ed aventi un ruolo significativo nella costituzione della rete ecologica locale (Carta degli ecosistemi e delle aree di interesse naturalistico - Elab.T00IA36AMBCT05-06A).

Il DPCM 27/12/88, nel riferirsi alla componente ecosistemi, la definisce come "complessi di componenti e fattori fisici e biologici tra loro interagenti ed interdipendenti che formano un sistema unitario identificabile (quali un lago, un bosco, un fiume, il mare) per propria struttura, funzionamento ed evoluzione temporale" (cfr. allegato 1, punto 2, lett. E).

Ciascuna unità ecosistemica è definita come una porzione di territorio caratterizzata da omogeneità strutturale e funzionale, con confini non sempre individuabili con precisione in quanto non sempre riconducibili a limiti fisici. In considerazione della dominanza degli agroecosistemi, caratterizzati da una consistente omogeneità strutturale e funzionale, le unità ecosistemiche sono state cartografate a livello di sistemi omogenei di unità ecosistemiche.

5.2 AREA DI STUDIO E STATO ATTUALE

L'area in esame è costituita dal corridoio territoriale circostante le opere in progetto. Il corridoio si inserisce in un'area più vasta, costituita dal comprensorio vallivo della Piana di Lucca. Quest'area vasta comprende i Comuni di Lucca, Capannori, Porcari, Altopascio.

Il territorio della Piana di Lucca è caratterizzato da diversi aspetti che ne definiscono la tipica connotazione ambientale: tra questi si sottolineano tre aspetti che presentano particolare interesse nelle aree del corridoio di progetto:

- La piana alluvionale di Lucca: include le superfici urbanizzate di Lucca e l'attuale corso del Fiume Serchio, con riferimento all'alveo, le golene e le fasce di pertinenza. Nella piana alluvionale di Lucca il Serchio presenta un percorso planimetrico e una sezione di sponda di tipo artificiale. L'attuale morfologia dell'alveo del Fiume è caratterizzato da argini di notevoli dimensioni, con

estesi corridoi interclusi, i corridoi verdi, con una varietà di coltivazioni, che talora è domianta da impianti di pioppo.

- L'Antico Alveo, precedente alle opere di deviazione del fiume Serchio nella tratta tra Marlia e la Bientina. L'antica presenza del Fiume, che percorreva sinuoso la Piana di Lucca passando sia a Sud della Città (il corso principale del Fiume, un tempo noto con il nome di Auser), sia a Nord della Città (con un ramo allora secondario, detto Auserculus). Oggi il tracciato dell'Auser è deviato, ma la piana a Est e Sud di Lucca continua a mantenere la memoria morfologica e vegetazionale della precedente presenza del fiume. Ancora rilevabili una importante rete di canali, zone di impaludamento e le farnie, la memoria vivente delle antiche foreste che ne ammantavano le golene.

Fig.5.1 – Area in esame.



- Le aree umide ed i paduli presenti in vaste porzioni di territorio nella parte est e sud-est della piana. La più estesa è quella connessa all'ex-lago di Bientina che si incunea tra le colline del 4 Compitese e le parti rilevate di Altopascio. Presenta il caratteristico paesaggio delle terre di bonifica ed un sistema idrografico complesso che ha nel canale Rogio l'elemento più importante, si connette con l'area palustre di sottomonte e di Massa Macinaia. Nell'Altopascese è presente la riserva naturale del lago di Sibilla, una particolare area umida che rappresenta una singolarità ambientale.

5.2.1 CORINE LAND COVER

La cartografia dell'uso del suolo (Elab. T00IA36AMBCT01-02A) viene espressa in termini di Corine Land Cover, adattando al metodologia ad una lettura in scala 1:10.000.

Si riportano di seguito le tipologie classificate nel territorio in esame:

LEGENDA

1. TERRITORI MODELLATI ARTIFICIALMENTE

1.1 Zone urbanizzate

1.1.1. Tessuto Urbano continuo

Le aree urbane compatte sono localizzate presso la città di Lucca.

1.1.2. Tessuto urbano discontinuo

Sulla restante parte del territorio in analisi è presente un'urbanizzazione diffusa e discontinua. La crescita dell'edificato discontinuo è tipicamente avvenuto a spese del suolo agricolo, che ha perso talora il carattere di tipologia di copertura prevalente.

1.2 Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione

1.2.1. Aree industriali o commerciali

In nuclei compatti, senza la dispersione che si osserva nell'edificato. In prevalenza in prossimità al sistema viario autostradale.

1.2.2. Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori

La rete stradale è relativamente fitta in termini di viabilità secondaria e locale, mentre vi è una ridotta disponibilità di tracciati passanti. La rete ferroviaria è caratterizzata dalla presenza di alcune tratte abbandonate, che sono state considerate con riferimento all'effettiva copertura del suolo odierna e non in ragione della funzione originaria e dismessa.

1.2.4. Aeroporti

L'aeroporto di Capannori presenta una funzionalità limitata ad aerei da turismo o comunque con caratteristiche tali da poter utilizzare una pista di decollo relativamente corta.

1.3 Zone estrattive, discariche e cantieri

1.3.1. Aree estrattive

1.3.3. Cantieri

Il comprensorio presenta una velocità di trasformazione relativamente contenuta, nella quale si rileva la presenza di alcune di cantiere, per lo più riferibili ad aree in edificazione.

1.4. Zone verdi artificiali non agricole

1.4.1. Aree verdi urbane

Le aree verdi urbane sono costituite per lo più da giardini pubblici e privati.

1.4.2. Aree sportive e ricreative

Le aree sportive e ricreative sono rappresentate per lo più da campi sportivi, soprattutto campi di calcio e calcetto.

2. TERRITORI AGRICOLI

2.1. Seminativi

2.1.2. Seminativi in aree irrigue

Le aree a seminativo sono avvantaggiate da un suolo particolarmente fertile ed adatto alla coltivazione del mais e foraggere. La perdita progressiva di suolo agricolo a relegato questa tipologia da un ruolo dominante ad un ruolo talvolta residuale. Il seminativo a mais domina letteralmente il paesaggio nella zona della Circonvallazione di Altopascio, dove lo *sprawl* urbano non si è diffuso.

2.4. Zone agricole eterogenee

2.4.2. Sistemi colturali e particellari complessi

In prossimità delle aree edificate si rileva un mosaico particellare più fitto, con appezzamenti più piccoli, colture miste ed eterogenee, sovente con ambiti di vegetazione spontanea di margine. Qui si rileva la presenza di piccoli appezzamenti orticoli, alberature da frutta e piccoli appezzamenti a vite.

3. TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMI-NATURALI

3.1. Zone boscate

3.1.1. Boschi di latifoglie

La vegetazione boschiva originaria, ormai eliminata dalla trasformazione antropica del territorio aveva una presenza diffusa di boschi di carattere planiziario e più o meno igrofilo. Tra questi di importanza nodale il Quercio – Carpineto ed il Popolo – Salicetum. Queste formazioni, con le specie tipiche che ne costituiscono le formazioni, vengono pertanto considerate come principale riferimento per le opere di ricostituzione dei soprassuoli vegetazionali. In particolare sono previsti interventi di ripristino di aree boscate in ambiti areali che presentano specie tipiche delle formazioni del Quercio – Carpineto e del Popolo – Salicetum.

Ad oggi le formazioni, ancorché presentino la diffusa presenza della preziosa farnia, sono da intendersi come aggruppamenti arborei largamente trasformati e talvolta alterati dalla presenza di aliene invasive, quali la robinia o l'ailanto. Frequenti anche esemplari spontanei di pioppi non originari e riconducibili alla diffusione di propaguli da impianti di pioppi ibridi da carta.

3.1.3. Boschi misti

In misura ridotta le formazioni presentano copertura miste con conifere. In particolare sulle falde del Monte Pisano.

3.2. Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea

3.2.4. Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione

Nell'area la vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione vedono la partecipazione di diverse specie di pioppo, salice bianco, olmo campestre, robinia e ailanto. La velocità di accrescimento di queste piante è notevole, anche grazie all'elevata fertilità dei suoli: di conseguenza le formazioni tendono a entrare nella categoria 3.1.1, a meno che non si rinnovino fenomeni di disturbo che azzerano la struttura verticale delle coperture arboree in crescita.

3.3.1. Spiagge, dune, sabbie (più larghe di 100 m)

Lungo l'asta fluviale si rileva la presenza di greti fluviali asciutti in regime di magra, con copertura vegetazione mantenuta allo stato di forma colonizzatrice dal continuo passaggio delle piene.

5. CORPI IDRICI

5.1. Acque continentali

5.1.1. Corsi d'acqua, canali e idrovie

Come illustrato precedentemente tutto il sistema idrico dell'area è stato trasformato dall'uomo, di conseguenza la gran parte, se non la totalità dei corsi d'acqua presentano arginature artificiali e/o una sagomatura artificiale dell'alveo. I tracciati planimetrici tendono ad essere rettilinei, ove anche i rimanenti andamenti curvilinei (ad esempio lungo l'Ozzoretto) sono in realtà il prodotto di regimazioni e normalizzazioni dei tracciati.

5.1.2. Bacini d'acqua

I bacini d'acqua del comprensorio, rappresentati dai tre laghi Lammari hanno un carattere artificiale. I Lammari sono utilizzati come bacini di pesca sportiva, con gli argini artificiali attrezzati per l'accesso facilitato degli sportivi.

5.2.2 LE AREE NATURALI PROTETTE E NATURA 2000

Il tracciato produce interferenze dirette con Aree Naturali Protette o aree tutelate come SIR, SIC o ZPS. Non si ha un interessamento diretto, che produca la sottrazione di superficie o la frammentazione del continuum ecologico di ambiti tutelati ai sensi della normativa nazionale e regionale sulle aree protette o ai sensi della normativa regionale, nazionale e comunitaria sulla Rete Natura 2000.

SIR

Il tracciato di progetto, sia di nuova realizzazione, sia in adeguamento di viabilità esistente, non produce interferenze dirette, ovvero sottrazione o frammentazioni di superfici territoriali.

I SIR posti in maggiore adiacenza rispetto al corridoio in esame sono:

- Sito di importanza regionale SIR B03 "Ex alveo del Lago di Bientina";

- Sito di importanza regionale "Monte Pisano" SIR (anche pSIC);
- Sito di di importanza regionale "Lago di Sibolla" SIR (anche pSIC).

Nella seguente fig.5.2 si riporta la distribuzione territoriale dei tre SIR citati (fonte: <http://www.provincia.lucca.it/areeprotette/sir.htm>).

Fig.5.2 – Distribuzione territoriale dei 3 SIR in adiacenza al corridoio in esame.



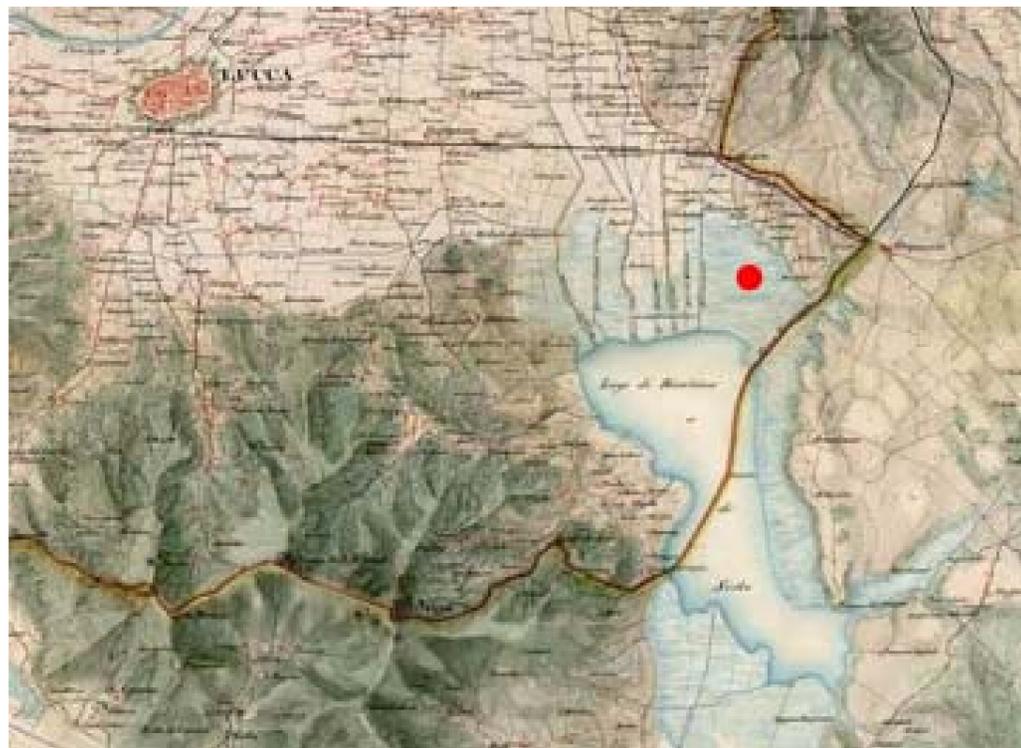
Aree Umide

In relazione al SIR B03 "Ex alveo del Lago di Bientina"; si osserva che il tracciato non produce un interessamento dell'ex alveo del Lago bonificato, ciononostante la variante posta in direzione Sud Est con denominazione "circonvallazione di Altopascio", in comune di Altopascio, interessa ambiti che sono stati a carattere semipaludoso o paludoso in epoca precedente alla bonifica del Bientina. Ancor'oggi nell'area attraversata dalla Circonvallazione di Altopascio in progetto si osservano evidenti segni di fenomeni di stagnazione idrica, che hanno permesso e favorito la salvaguardia di una "memoria ecologica" degli ecosistemi bonificati. Le alberature superstiti vedono una consistente partecipazione dell Quercus robur, che fu dominante nelle formazioni boschive originarie dell'area vasta e che oggi condividono gli spazi residuali con l'alloctona Robinia pseudoacacia ed altri taxa. Di interesse la rete dei canali di bonifica

presenti nell'area attraversata dal progetto della Circonvallazione di Altopascio, per la presenza di formazioni anche consistenti di erbacee igrofile, tra le quali spiccano fasce e nuclei di cannuccia di palude (*Phragmites australis*).

Nella fig.5.3 seguente è stato evidenziato in rosso la collocazione di massima del tracciato della Circonvallazione di Altopascio, che presenta una collocazione interna nelle ex zone paludose poste a Nord del Bientina, ove permangono residue formazioni vegetazionali erbacee ed arboree di tipo igrofilo e riconducibili alle formazioni preesistenti alle bonifiche.

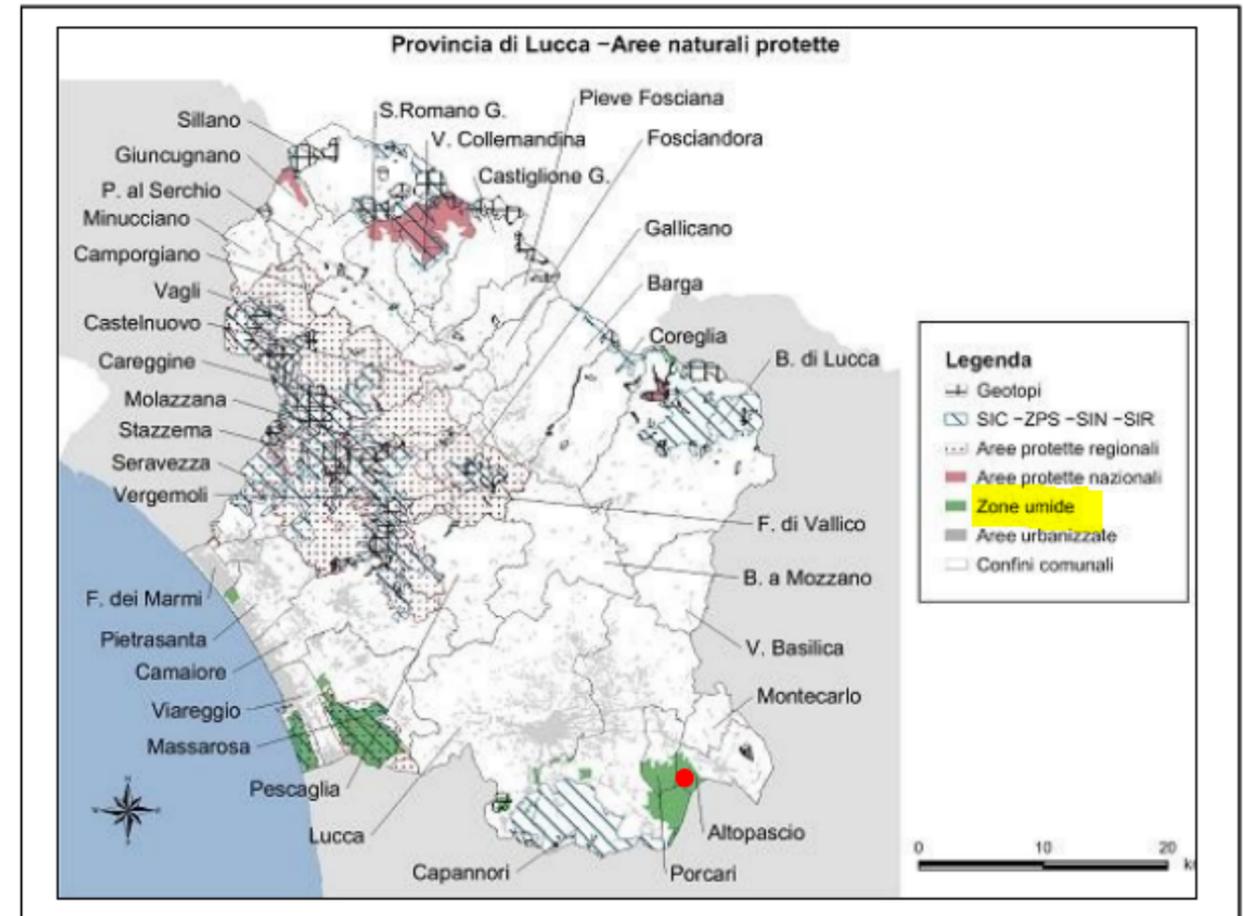
Fig.5.3 – Immagine stralciata e modificata tratta da "IL Lago e i suoi castelli, Paesaggi medievali del Lago di Sesto / Bientina" - http://www.segnidellauser.it/castellisullago/UN_VIAGGIO_IN_PAESAGGI_PERDUTI.html.



La medesima area attraversata dalla circonvallazione Altopascio, nonostante sia ad oggi un'area agricola con evidenti segni di ristagno e presenza di vegetazione igrofila, è inclusa in una campitura a "zona umida" a pag.5 del documento sugli indicatori analizzati nello Studio Stato dell'Ambiente per l'analisi del paesaggio della provincia nel documento (fonte: <http://www.provincia.lucca.it/ambiente/stato/paesaggio/indicatori.pdf>).

Di seguito è riportato lo stralcio della figura a pag. 15 del citato documento della Provincia di Lucca, che illustra come la zona considerata "area umida" sia estesa oltre il margine nord dell'antico Lago, interessando la piana bonificata attraversata dal parte Est della prevista Circonvallazione di Altopascio.

Fig.5.4 – Stralcio carta della Provincia di Lucca sulle Aree naturali protette.



Elaborazione su dati SIT, Provincia di Lucca

SIC, ZPS (IBA)

Il territorio attraversato dai corridoi di progetto, presenta una maggiore prossimità con il SIC IT5120019 ed il SIC IT5120020.

Dei due SIC si riportano lo stralcio dei dati identificativi della scheda e la cartografia (fonte: www.minambiente.it).

SIC IT5120019 – MONTE PISANO**1. SITE IDENTIFICATION**

1.1 Type B	1.2 Site code IT5120019	Back to top
----------------------	-----------------------------------	-----------------------------

1.3 Site name

Monte Pisano

1.4 First Compilation date 1995-07	1.5 Update date 2012-10
--	-----------------------------------

1.6 Respondent:

Name/Organisation: Regione Toscana Dipartimento Politiche Territoriali e Ambientali U.O.C tutela diversità ecologica
Address: Via di Novoli, 26 - 50127 Firenze
Email:

Date site proposed as SCI:	1995-06
Date site confirmed as SCI:	No data
Date site designated as SAC:	No data
National legal reference of SAC designation:	No data

Longitude 10.4067 **Latitude** 43.1525

2.2 Area [ha]: 8233.0 **2.3 Marine area [%]** 0.0

2.4 Sitelength [km]:
0.0

2.5 Administrative region code and name

NUTS level 2 code	Region Name
ITE1	Toscana

Other Site Characteristics

Complesso montuoso isolato compreso fra la piana lucchese e quella pisana. Clima fresco e umido nelle esposizioni settentrionali, con vegetazione a caducifoglie o secondaria a pino marittimo, caldo e relativamente arido nelle esposizioni meridionali con vegetazione mediterranea alle quote inferiori. E' inclusa nel sito la piccola area dei Bottacci di Massa Pisana, antiche casse di espansione situate allo sbocco della valle del T. Guappero verso la Piana lucchese."

4.2 Quality and importance

Benchè spesso degradato dal fuoco presenta estese aree boschive. Notevoli alcune stazioni relitte di ambiente umido (sfagnate, sorgenti) e una stazione, di incerta origine, di Pino laricio corsicano, oltre a lembi di boschi mesoigrofilo e planiziali. Le aree aperte e, soprattutto, i cespuglieti e le macchie ospitano alcune specie ornitiche minacciate. Nell'area è segnalata la presenza, tuttavia accertata per il solo stadio di gametofito, di *Vandenboschia speciosa* (*Trichomanes speciosum*). Di interesse conservazionistico per la Toscana (benchè non di interesse comunitario) le Garighe a *Euphorbia spinosa* su substrato serpentinoso. Qui sono inoltre segnalate le uniche stazioni italiane di *Ophioglossum azoricum*.



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

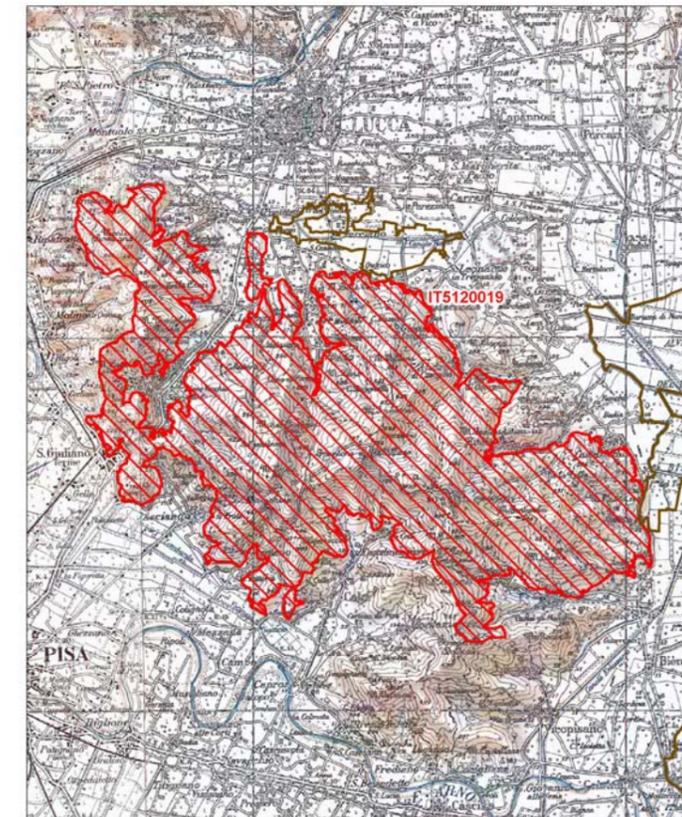
Regione: Toscana

Codice sito: IT5120019

Denominazione: Monte Pisano



Superficie (ha): 8233



Data di stampa: 07/12/2010

Scala 1:100'000

**Legenda**

sito IT5120019

altri siti

Base cartografica: IGM 1:100'000

SIC IT5120020 – PALUDE DI VERCIANO, PRATI DELLE FONTANE E PALUDE DELLE MONACHE

1.1. TIPO	1.2. CODICE SITO	1.3. DATA COMPILAZIONE	1.4. AGGIORNAMENTO
B	IT5120020	201003	201009

1.5. RAPPORTI CON ALTRI SITI NATURA 2000

1.6. RESPONSABILE(S):

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Conservazione della Natura, Via Capitan Bavastro 174, 00147 Roma

1.7. NOME SITO:

Padule di Verciano, Prati alle Fontane e Padule delle Monache

1.8. CLASSIFICAZIONE SITE E DATE DI DESIGNAZIONE / CLASSIFICAZIONE

DATA PROPOSTA SITO COME SIC:

201009

DATA CONFERMA COME SIC:

DATA CLASSIFICAZIONE SITO COM

DATA DESIGNAZIONE SITO COME ZSC:

4.2. QUALITÀ E IMPORTANZA

Area di pianura nella quale, accanto a elementi di paesaggio agricolo tradizionale caratterizzato dalla presenza di seminativi, praterie da sfalcio, filari, siepi e boschetti, sopravvivono importanti lembi di bosco igrofilo e mesoigrofilo e prati umidi. Lungo i canali si insediano comunità idrofite e frange di vegetazione elofitica. Presenza di specie vegetali rare e di interesse conservazionistico. Comunità ornitiche legate al mosaico ambientale piuttosto diversificato. Il sito si colloca inoltre in una posizione focale per quanto riguarda la connettività ecologica tra altri importanti aree della Rete Natura 2000 che occupano la pianura interna e la pianura costiera.

4.3. VULNERABILITÀ

Ecosistemi acquatici fragili per inquinamento e per interventi di calibratura sulla sezione idraulica dei canali e delle scoline minori, con conseguente scomparsa e riduzione delle popolazioni di idrofite. Gestione non conservazionistica della vegetazione sponale e forestale, con espansione di specie esotiche e sinantropico-ruderali. Presenza di specie esotiche sia ittiche che ornitiche. Abbandono delle tradizionali attività agricole (pascolo, sfalcio), con perdita di habitat seminaturali importanti per la flora e per la fauna. Espansione dell'agricoltura intensiva e della pioppicoltura. Comunità ornitiche disturbate dall'attività venatoria. Presenza di pressioni esterne dovute alle aree residenziali e produttive in espansione.



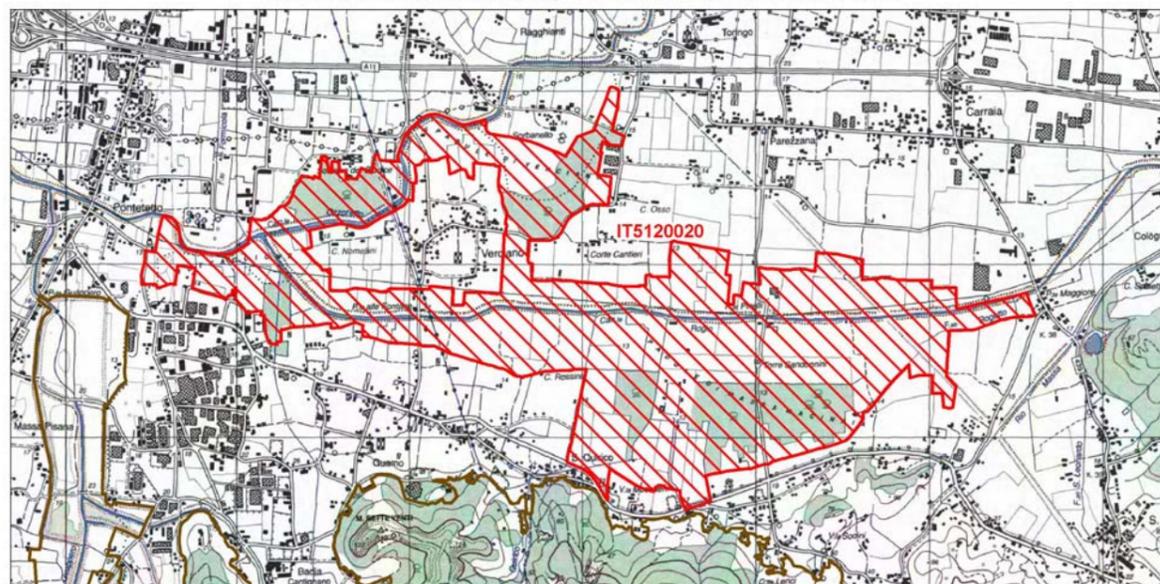
MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

Regione: Toscana

Codice sito: IT5120020

Superficie (ha): 397

Denominazione: Padule di Verciano, Prati alle Fontane, Padule delle Monache



Data di stampa: 07/12/2010

0 0.25 0.5 Km

Scala 1:25'000



Legenda

sito IT5120020

altri siti

Base cartografica: IGM 1:25'000

Il Sito SIC IT5120020, come si vedrà nel § "Interazioni Opera – Ambiente", presenta una particolare prossimità al tracciato di progetto, ancorché di tratti di sistemazione di viabilità in sede.

L'area presenta, per una copertura territoriale superiore al 30% della superficie complessiva, habitat di interesse comunitario (6 habitat segnalati, con particolare riferimento ad habitat di tipo igrofilo, sia erbacei che di tipo boschivo – con presenza di elementi di habitat a priorità di conservazione). Di interesse anche il contributo dell'area alla conservazione della biodiversità: il popolamento ornitico è particolarmente ricco, soprattutto nella componente svernante, mentre la ricchezza floristica include numerosi taxa a distribuzione localizzata o rari nella zona della Piana Lucchese.

Per quanto concerne il sistema delle ZPS non si rilevano collocazioni in vicinanza all'area di progetto.

Opera Connessa

Dal punto di vista ecologico l'Opera Connessa presenta elementi di notevole interesse. Tra questi il Canale Rogio, che presenta caratteristiche di naturalità di interesse, ancorché condizionate da diverse forzanti di tipo antropico, tra le quali una apprezzabile alterazione della qualità delle acque. Il Canale viene affiancato dal tracciato. Di rilievo anche il tracciato della Ferrovia abbandonata, che costituisce, de facto, un corridoio ecologico di interesse territoriale. Il tracciato ne interessa il tracciato della Ferrovia

abbonda nata in prossimità (150 m) dalla Via di Ponte Maggiore e a ridosso di un ambito residenziale, che già costituiscono soluzioni di continuità lungo il corridoio.

Il territorio attraversato, in prossimità nel tracciato dell'Opera Connessa, è interessato dalla presenza del SIC IT5120020 (Palude di Verciano, Prati alle Fontane e Padule delle Monache). Ad una maggiore distanza il tracciato determina un avvicinamento al SIC IT5120019 (Monte Pisano). Nei punti di massima vicinanza il tracciato è realizzato su viabilità esistente, che verrebbe adeguata ed ampliata.

Di seguito si riportano stralci (fig.5.5÷5.8) tratti dal Portale Cartografico del MATTM, che illustrano la posizione dei confini dei SIC rispetto ai tratti stradali in progetto più vicini agli stessi. Nonché stralci delle distanze misurate nei punti di massima vicinanza (le misure sono da intendere come indicative).

Da notare che il tracciato si interpone tra i due SIC, che ad oggi risultano comunque separati dalla viabilità esistente, nonché dai fasci di edificato residenziale sviluppatasi lungo la viabilità.

Fig.5.5- La collocazione del tracciato dell'Opera Connessa (in viola), rispetto al confine del SIC IT5120020 (in righettato) è esterna (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/index.php?project=natura>).



Fig.5.6- La collocazione del tracciato dell'Opera Connessa rispetto al SIC IT5120020, pur essendo esterna presenta una prossimità misurabile nell'ordine di poche decine di metri.

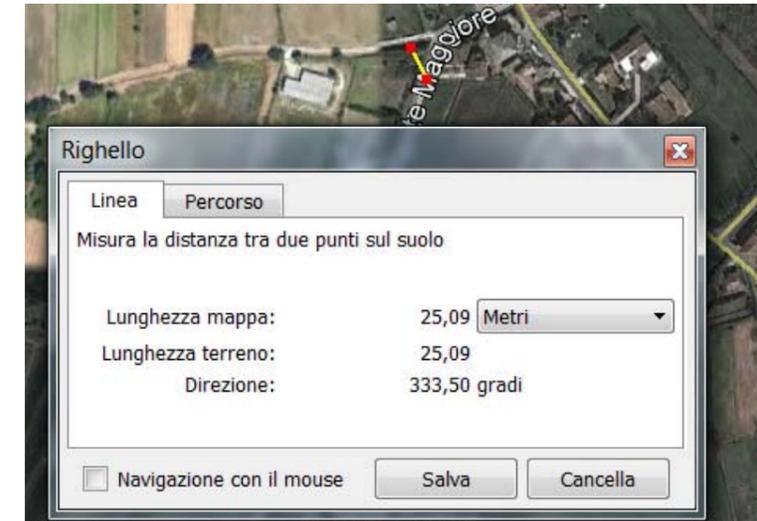
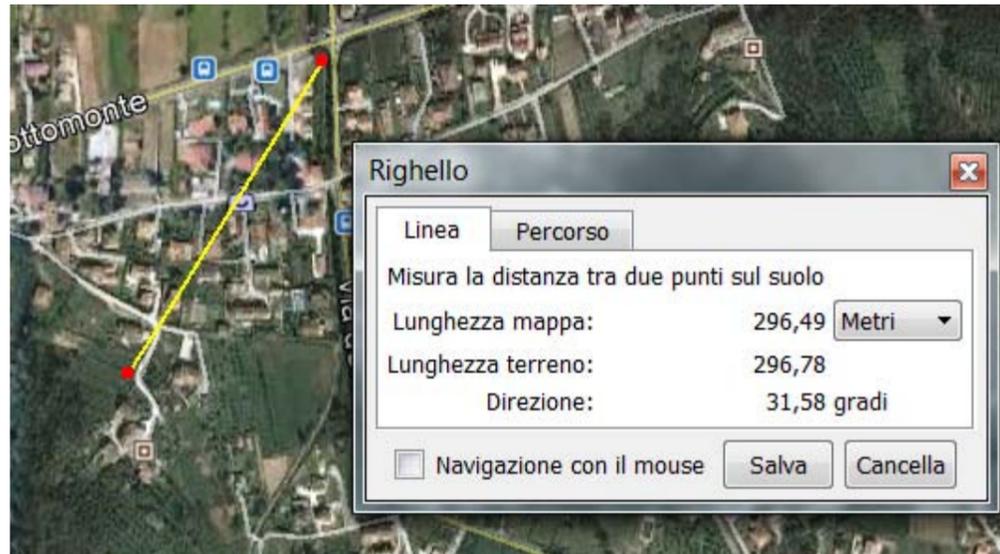


Fig.5.7 - La collocazione del tracciato dell'Opera Connessa (in viola), rispetto al confine del SIC IT5120019 (in basso nell'immagine, in righettato) è esterna. (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/index.php?project=natura>).



Fig.5.8 – La collocazione del tracciato dell’Opera Connessa rispetto al SIC IT5120019, pur essendo esterna presenta una prossimità misurabile nell’ordine di alcune centinaia di metri. La distanza tra il margine proximale del SIC e le opere di progetto sono separate dall’area edificata.



Aree Naturali Protette

L’area non è prossima alla localizzazione di Parchi Nazionali, Parchi Regionali e Riserve Statali. La Riserva Provinciale del Lago di Sibolla si colloca ad Est, in ambiti territoriali non interessati dal progetto viario in esame. Stesso dicasi per l’A.N.P.I.L. (Area Naturale Provinciale di Interesse Locale) denominata il “Bottaccio” a Sud dell’area di progetto, in ambiti non direttamente interessati. Per quanto concerne SIR, SIC, ZPS (IBA) e Aree Umide si rimanda alla lettura dei rispettivi paragrafi.

5.2.3 CARTA DEGLI ECOSISTEMI E DELLE AREE DI INTERESSE NATURALISTICO

Sulla base dell’attuale stato della vegetazione, degli usi agro-silvo-pastorali dei suoli e della valenza faunistica, è stata resa una sintesi di livello eco sistemico dei valori di naturalità/sensibilità del territorio analizzato nei corridoi di prossimità al progetto in esame. Sono state previste quattro categorie di valore decrescente: “aree ad elevata sensibilità e/o naturalità”, “aree con presenza di biocenosi secondarie spontanee in evoluzione di media naturalità”, “matrice agricola con condizioni di bassa naturalità” “aree urbanizzate e altre sorgenti di disturbo”.

Le aree ad elevata naturalità e/o sensibilità sono costituite da ecosistemi di elevato valore, sia in termini di composizione e struttura, sia in termini di integrità ecologica. Tali sistemi appartengono

prevalentemente alle aree di pertinenza di corsi d’acqua e della collina boscata e non alterata da trasformazioni antropiche. La rete delle connessioni ecologiche corrispondenti a questi ecosistemi mantiene un’omogeneità di sistema, conservando alcuni collegamenti ecologici legati sia alla rete idrografica, sia a superfici alberate/boscate di carattere residuale. La conservazione di questi sistemi costituisce una finalità primaria per la conservazione della funzionalità della rete ecologica nel comprensorio.

Viene individuata una rete di connessione ecologica secondaria, riferibile ai sistemi di vegetazione di “ritorno”, costituito da soprassuoli in evoluzione, talvolta con l’importante contributo di specie non autoctone e/o formazioni erbacee ed arbustive. Tali sistemi possono assumere un ruolo di corridoio ecologico di importanza non trascurabile, anche se si tratta di strutture ecologiche di origine inizialmente artificiale (ad esempio le massicciate ferroviarie abbandonate e ad oggi interessate da formazioni di robinia).

Le aree agricole sono intese come matrice ambientale a bassa naturalità. Va specificato che le formazioni agricole di bonifica relativamente recente e/o di riuscita non perfetta (per persistenza di fenomeni di ristagno) presentano una valenza ecologica superiore, nonostante le superfici siano effettivamente dominate e cartografate come aree agricole. Tale situazione è dovuta alla presenza di ristagni e/o soprassuoli igrofilo lungo il sistema dei canali campestri, ovvero nei fossi di scolo del sistema drenante delle baulature. Si invita pertanto a considerare che il territorio di matrice agricola del Comune di Altopascio, a Sud dell’autostrada, pur essendo classificato come matrice agricola, include un sistema locale di fossi e canalette, non cartografabile alla scala data, che presenta un valore più elevato.

Nella cartografia degli ecosistemi il valore di biodiversità la matrice agricola è definita come area con biodiversità di valore variabile da basso ad alto. I livelli massimi si hanno nella citata zona di Altopascio, a Sud dell’Autostrada e nelle aree a Sud del Canale Rogio (zona di Sottomonte).

Le aree antropizzate costituiscono di fatto aree con una funzione di connessione ecologica pressoché assente, in quanto tendono a separare definitivamente gli ecosistemi tra i quali si interpongono, generalmente senza mantenere linee di connessione ecologica di tipo residuale.

Nella cartografia della fauna sono stati individuati i punti di maggiore interferenza con la mobilità della fauna sul territorio; questi punti corrispondono di fatto anche ai punti di maggiore interferenza tra la rete ecologica del comprensorio ed il tracciato viario in esame.

5.2.4 BIODIVERSITÀ

Nell'ambito del Progetto RE-NA-TO sono stati definiti i valori di ricchezza della biodiversità nota per ciascuna Provincia e per ciascuna Classe tassonomica campionata. Si riporta di seguito la tab.5.1 riguardante il numero di elementi di attenzione segnalati (habitat e/o specie di particolare interesse conservazionistico).

Tab.5.1 - Numero di elementi segnalati in ciascuna provincia, con evidenziazione della Provincia di Lucca (tabella tratta da: Progetto RE-NA-TO, Regione Toscana).

Gruppo	N. di elementi oggetto di segnalazione	MS	LU	PT	PO	FI	AR	PI	SI	LI*	GR
flora	472	94	142	63	16	37	58	74	63	133	161
habitat	71	17	34	18	3	10	13	20	16	26	39
fitocenosi	83	7	21	8	1	3	6	5	4	9	19
molluschi	48	16	20	6	10	16	11	12	17	19	16
crostacei	3	0	3	1	2	3	2	1	3	0	2
insetti	299	30	74	57	15	103	60	49	43	71	115
pesci	15	5	8	2	5	5	5	9	9	2	12
anfibi	13	9	10	7	6	9	8	6	8	5	8
rettili	11	1	4	1	1	6	4	5	5	10	11
uccelli	80	35	54	31	28	54	42	53	51	64	70
mammiferi	40	14	16	18	5	27	24	13	18	16	28

FLORA HAB FITO	626	118	197	89	20	50	77	99	83	168	219
FAUNA	509	110	189	123	72	223	156	148	154	187	262
TOTALE	1135	228	386	212	92	273	233	247	237	355	481

Dal confronto tra le province toscane si evidenzia i valori particolarmente elevati della Provincia di Grosseto, mentre la Provincia di Lucca, nonostante le dimensioni territoriali relativamente contenute, assume il secondo posto nella graduatoria della biodiversità espressa in termini di ricchezza.

In particolare Lucca presenta un rilievo particolare per le componenti botaniche (flora, habitat e fitocenosi). Ciò grazie alla presenza nel territorio regionale di gran parte dei rilievi delle Alpi Apuane, ambito di importanza floristica riconosciuta a livello europeo, nonché il Lago di Massaciuccoli e il Lago di Sibolla, mentre ulteriori numerose segnalazioni di elementi di attenzione provengono anche da alcuni settori appenninici. La Provincia di Lucca è importante anche per i gruppi dei molluschi e degli anfibi; ed anche per questi gruppi un ruolo fondamentale viene svolto dalle zone umide presenti e dai rilievi delle Apuane.

A livello regionale le aree geografiche di maggiore importanza per la tutela della biodiversità sono concentrate soprattutto nell'Arcipelago Toscano e nelle Alpi Apuane, seguite a distanza da settori della Dorsale Appenninica, dalla Lunigiana al Pistoiese, il Parco della Maremma e il Parco di Migliarino – San Rossore – Massaciuccoli, Laguna di Orbetello e dal Monte Argentario. La maggior parte delle aree ad elevata biodiversità risultano incluse in Aree Naturali Protette e tutte all'interno di SIR.

Tornando alla Provincia di Lucca gli elevati valori di biodiversità risultano pertanto concentrati nei settori interessati da una dominanza di habitat naturali o semi-naturali, quali ambiti montani e zone umide.

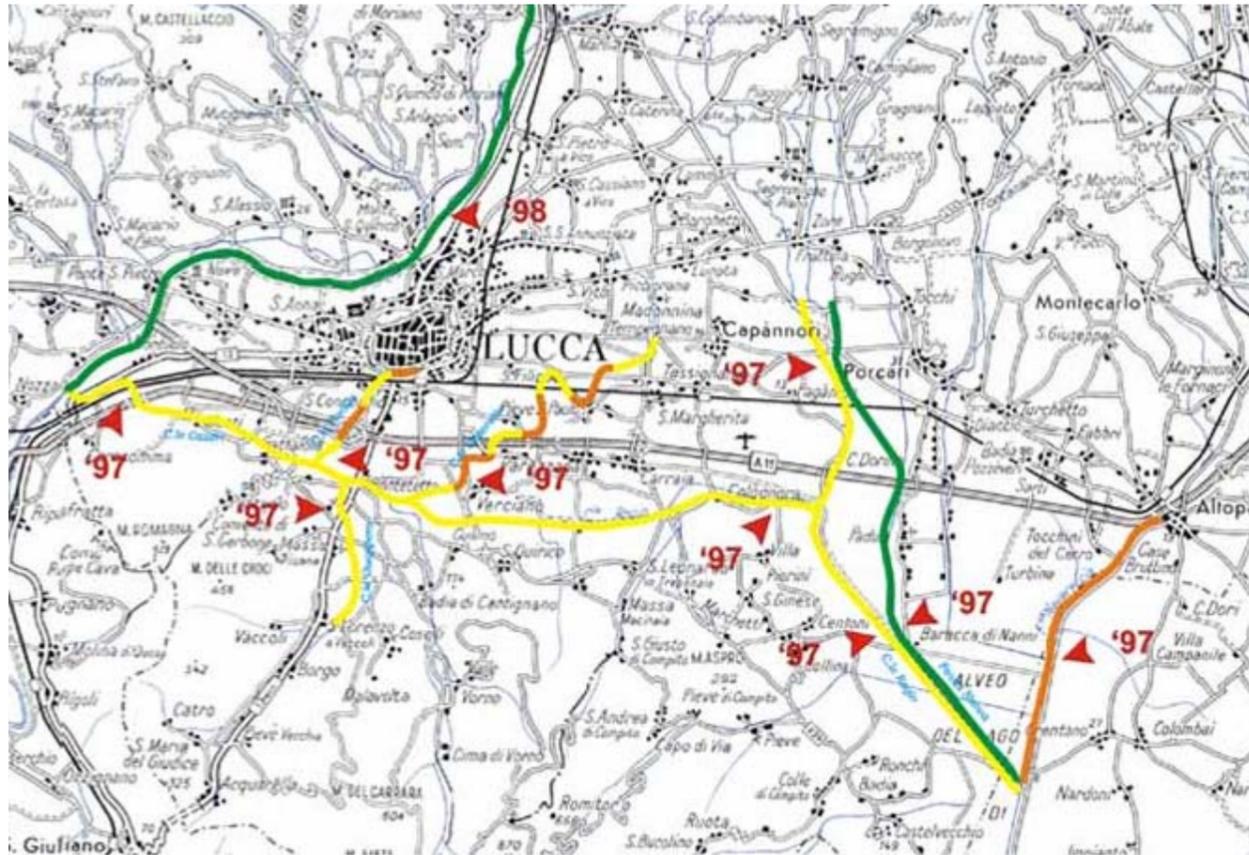
Diversamente i settori agricoli della pianura, ovvero i settori interessati dal Progetto in esame, presentano valori di biodiversità più contenuti, relativamente bassi per tutte le componenti, ma soprattutto per i mammiferi. Per quanto riguarda la Tangenziale Ovest, posta in ambito collinare-montano, si raggiungono livelli di biodiversità ben più elevati, che grazie alla collocazione in galleria naturale di gran parte del tracciato, risulteranno interferiti in misura relativamente contenuta.

Dai dati dell'ARPAT – Dip. Provinciale di Lucca U.O. Tutela Risorsa Idrica, risulta che la qualità delle acque del comprensorio ove si inseriscono i corridoi territoriali di progetto, presenta valori di inquinamento variabili tra "moderatamente inquinato" e "molto inquinato". Non sono stati descritti gli estremi della scala a cinque livelli (cioè l'assenza di inquinamento e "fortemente inquinato") i dati sono relativi a campionamenti eseguiti. Si riportano di seguito stralci (fig.5.9÷5.11) tratti dalla cartografia dell'ARPAT (anni 97-98).

Fig.5.9 - Qualità biologica delle acque superficiali. Classi di qualità definite utilizzando il metodo IBE (ARPAT) 98.

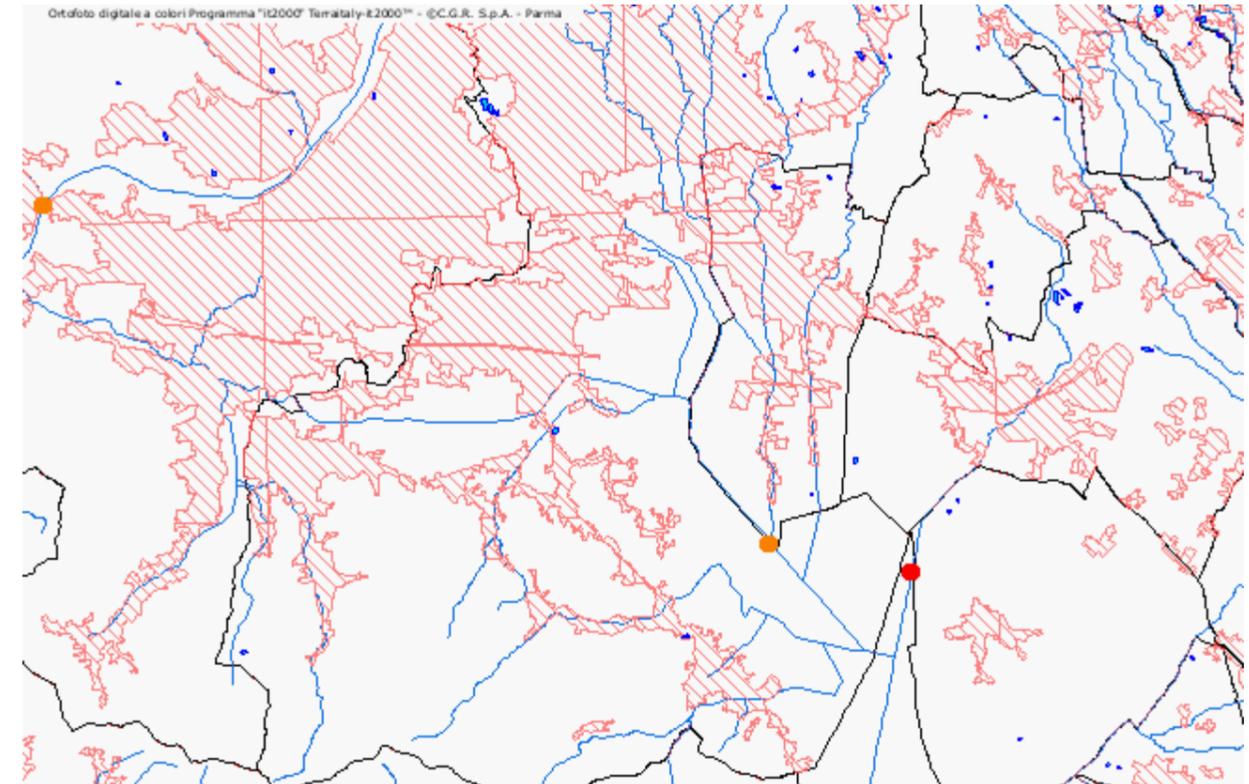


Fig.5.10 - Qualità biologica delle acque superficiali. Stralcio cartografia ARPAT campionamenti eseguiti negli anni 97-98.



Dati più recenti, tratti dal SIRA Toscana (http://sira.arp.atoscana.it/mapserver/scripts/sisterims.dll?Run?svr=INTERNET_MS&Func=open&map=%22INDICE_SECA%22&html=1349866006307) confermano uno stato ambientale inquinato anche con i rilievi eseguiti in tre stazioni di campionamento nel 2002 (le tre stazioni di rilievo sono posizionate sul Serchio (Stazione Ponte San Pietro), Il Canale Rogio (Baracca Nanni) ed il Canale di Altpascio (Ponte Gini). I livelli di inquinamento registrati si collocano a livelli superiori rispetto alla precedente cartografia redatta con i dati della fine anni '90.

Fig.5.11 - Qualità biologica delle acque superficiali. Stralcio cartografia ARPAT campionamenti eseguiti negli anni 2002.



5.2.5 AREE SENSIBILI

Sulla base delle preferenze ambientali degli elementi di attenzione censiti nell'ambito del progetto RE-NATO (Regione Toscana), è stata redatta una lista di ambienti caratterizzati da una elevata sensibilità, in quanto ospitano quote significative della biodiversità regionale (esprese in percentuale nella tabella seguente).

Tab.5.2 - Quota significativa della biodiversità regionale (%).

Ambienti	Quota di biodiversità
Ambienti di acqua dolce	23%
Ambienti forestali	17%
Agroecosistemi e altri habitat prativi	16%
Ambienti rupestri e aree carsiche	11%
Arbusteti, macchie e garighe	11%
Ambienti di acqua salmastra	7%
Coste rocciose e isolotti	5%
Praterie montane	5%
Coste sabbiose e dune	4%
Aree urbanizzate, anche di piccole dimensioni	2%

Il valore relativamente elevato degli agroecosistemi è soprattutto riferibile agli agroecosistemi tradizionali, ormai in fase di sostituzione con agroecosistemi di carattere intensivo. Gli agroecosistemi presenti nell'area in esame, si presentano particolarmente frazionati in un mosaico particellare molto complesso. Se questo è un elemento di pregio per la biodiversità, la scarsità di ecosistemi prativi di pregio e la riduzione degli ambienti di margine (siepi e boschetti), che sono comunque ancora ben rappresentati in alcuni settori dei comuni di Lucca e soprattutto di Capannori, rendono le aree agricole del comprensorio meno ricche di specie selvatiche sensibili rispetto al passato. Certamente gli ambienti di maggiore interesse per la biodiversità nell'area sono costituiti dai corsi d'acqua, con particolare riferimento al Serchio.

Il corso del Serchio costituisce senz'altro l'ambiente di maggiore rilievo per la biodiversità nel comprensorio. Con la Legge 183 è stato previsto, a livello regionale, l'individuazione di un "bacino pilota", nel quale siano sperimentati i piani e le tecniche di risanamento idrogeologico da applicare successivamente agli altri bacini. Il bacino del Serchio è stato quindi definito "bacino pilota", grazie ad una situazione di relativa omogeneità amministrativa.

L'abbondanza della risorsa acqua ha svolto un ruolo chiave nell'economia e nell'ecologia dell'area lucchese. Il Serchio è stato interessato da imponenti opere idrauliche e di arginatura. Grazie a queste opere si è sviluppata una agricoltura specializzata di grandissimo valore economico, che ancora presenta elementi di eccellenza a livello nazionale, nonché una importante attività industriale nel settore della produzione della carta. La falda acquifera della piana lucchese alimenta gli acquedotti di Lucca, Pisa, Livorno e in parte di Pistoia.

Il bacino del Serchio è solitamente suddiviso in tre zone: la Garfagnana, la Media Valle e la Piana di Lucca. Nella Piana, ancora in tempi storici (dal VII al XVI sec.) il sistema fluviale del Serchio e dei suoi rami minori non erano regimati e divagavano impaludandosi nella pianura. Successivamente il sistema venne regimato, ed attualmente il Serchio scorre in un alveo arginato e pensile sino alla foce di Migliarino.

5.2.6 LA SALVAGUARDIA DEGLI ECOSISTEMI

Nell'ambito del Progetto RE-NA-TO è stata fornita un primo elenco di misure auspicabili per favorire la conservazione degli elementi di attenzione identificati e che in gran parte sono già previste dalla Regione Toscana per SIR, con le Norme di Attuazione previste dalla LR 56/2000. Tali misure indicate dal Progetto RE-NA-TO, limitatamente a quanto potrebbe concernere il contesto pianiziaro e collinare in esame, vengono sintetizzate nell'elenco seguente:

- elaborazione e adozione di politiche agricole che favoriscano da un lato il mantenimento delle attività tradizionali e il ripristino di buoni livelli di naturalità ed eterogeneità ambientale nelle aree di pianura;
- tutela e recupero dei tratti fluviali di basso corso con alveo ampio;
- mantenimento di elevati livelli di eterogeneità ambientale anche nei complessi boschivi, tutelando cenosi forestali rare nel territorio regionale (ad es. boschi planiziaro ripariali a farnia, carpino, ontano e frassino meridionale).

Il rilievo ecologico dei recettori naturali è stato evidenziato attraverso la lettura dei vari strumenti di tutela posti in essere nel territorio. Completano la descrizione degli ecosistemi naturali aventi rilievo per la tutela e la conservazione anche le indicazioni fornite per la Componente "Vegetazione, Flora e Fauna".

Il rilievo ecologico delle superfici agricole non può evidentemente essere disgiunto dalla funzione primaria di produzione di risorse di base per l'alimentazione umana. La disponibilità di buone terre agricole per la produzione di cibo è ormai riconosciuta come una risorsa di importanza fondamentale e strategica per il territorio. Essendosi chiarita una situazione globale ormai avviata verso una progressiva riduzione del surplus agricolo disponibile, situazione che negli anni passati aveva portato ad intendere il suolo agricolo come di minor valore rispetto ai suoli altrimenti utilizzati.

Le superfici ad uso agricolo effettivo e potenziale sono de facto considerate di elevata sensibilità, laddove una loro sottrazione è considerato un impatto di carattere non reversibile.

5.2.7 CORRIDOI ECOLOGICI

Il territorio in esame ospita importanti ambiti di connessione ecologica. Il più importante di questi è senz'altro costituito dal Serchio e dagli affluenti principali, nonché dalle aree boschive, diversamente nel resto del territorio si rilevano ambiti di connessione di importanza secondaria.

Con Deliberazione di Giunta Regionale n. 1148 del 21-10-2002, concernente la L.R. 56/2000 – sono state definite le "Indicazioni tecniche per l'individuazione e la pianificazione delle aree di collegamento ecologico". La classificazione proposta al punto 3.3 "Classificazione tipologica delle aree di collegamento ecologico" prevede i seguenti tipi:

1. Corridoi naturali (natural habitat corridors): seguono, generalmente, rilievi topografici e sono il risultato di processi naturali. A es., corsi d'acqua e loro vegetazione associata. Nell'area in esame corrispondono ai corsi d'acqua presenti, primo fra tutti il Serchio, che non viene attraversato dalle opere infrastrutturali trattate nella presente analisi;

2. Corridoi «residui» (remnant habitat corridors): sono il risultato di trasformazioni antropiche avvenute nell'ambiente circostante. A es., fasce di vegetazione naturale intercluse fra aree trasformate dall'uomo. Nell'area si hanno ambiti di vegetazione semi-naturale residuali con funzioni di connessione, tra questi le formazioni alberate presso la prevista Rot. 1(Asse Ovest-Est).
3. Corridoi di ambienti naturali secondari (regenerated habitat corridors): sono il risultato della rinaturalizzazione di aree precedentemente trasformate o disturbate (es.: fasce spondali secondarie, siepi, aree degradate rinaturalizzate spontaneamente). Nell'area in esame sono localizzabili sui corsi d'acqua secondari con sponde parzialmente trasformate: Torrente Fraga, attraversato in un conesto già urbanizzato (Asse Nord-Sud) e il Canale Ozzeri (attraversato in più punti - Asse Ovest-Est).
4. Corridoi di vegetazione di origine antropica (planted habitat corridors): a es., colture agricole, filari, cinture verdi urbane. Frequentemente composte da specie non autoctone. Questi corridoi corrispondono agli ambiti con agrosistemi dominanti, ovvero le zone non urbanizzate. Si tratta di corridoi a ridotta funzione connettiva, ma che rappresentano le aree più estese.
5. Corridoi di habitat manipolati (disturbance habitat corridors): fasce lineari che differiscono dalle aree limitrofe. Hanno spesso effetti negativi sulle aree circostanti (impatti diretti, effetto margine, ecc.). Includono linee ferroviarie, strade, elettrodotti e altre infrastrutture lineari tecnologiche. Nell'area in esame la rete infrastrutturale è relativamente densa. Interessante, dal punto di vista ecologico e l'affiancamento con la viabilità autostradale per un tratto di circa 3 km (Asse Ovest-Est), andando a definire una lunga fascia interclusa tra le infrastrutture.

Le prime 3 categorie di corridoi sono stati considerati nella Carta degli Ecosistemi e delle aree di interesse naturalistico (Elab. T00IA36AMBCT05-06A) come corridoio di carattere principale. La quarta categoria è stata considerata come corridoi secondari. La quinta categoria è stata classificata nella Carta in termini di barriera ecologica, ovvero di ostacolo alla continuità della Rete ecologica territoriale.

5.3 IMPATTI POTENZIALI

La valutazione delle aree di interferenza con la componente ecosistemi, è stata condotta mediante l'analisi della sovrapposizione del tracciato plano-altimetrico con gli aspetti salienti della rete ecologica.

Adeguamento SS n° 12

L'adeguamento della SS 12 si realizza in sede, disponendo un ampliamento di sezione prevalentemente interessante il lato interno della golena fluviale. Le interazioni sono comunque contenute nella misura in

cui la vegetazione naturale della fascia fluviale del Serchio non viene interessata o avvicinata dalle azioni di progetto. Non si ha quindi in interessamento diretto degli ambienti fluviali interessati da ecosistemi a maggiore livello di naturalità (alveo di magra e sponde), quanto piuttosto ambiti di argine artificiale, ove insistono ecosistemi di carattere più antropico (aree agricole, manufatti).

Asse Nord-Sud

Lungo l'Asse Nord Sud dominano gli agroecosistemi, seguiti dalle formazioni residenziali. Gli ecosistemi naturali o seminaturali sono particolarmente ridotti, e limitati ad ambiente di margine, sottratti al regime arativo e non occupati da manufatti.

Un elemento caratteristico del territorio di analisi del corridoio attraversato è l'area dei Laghi Lammari, costituita dal Lago fondo, dal Lago del Carpodromo e dal Lago del Campo Gara. Tale area è gestita dalla FIPSAS come area di pesca sportiva, di conseguenza la vegetazione spondale è molto scarsa e con una alberatura ridotta. Il patrimonio ittico dei tre laghi, di origine artificiale, è composto da alborelle, carassi, carpi, pesci gatto e trote. L'area è accessibile anche per i disabili. La gestione dei bacini richiede l'esecuzione di ripopolamenti.

I Laghi Lammari non presentano interazioni dirette con l'opera in esame: il tracciato si mantiene a distanza senza determinare interferenze né i bacini, né con le sponde. L'importante funzionale di area sportiva e di aggregazione sociale dei tre bacini dei Lammari non viene direttamente interferita con il progetto.

Fig.5.12 - Attività alieutica nei laghi di Lammari.



Nell'immagine precedente (tratta da: <http://www.matchfishing.it/2011/12/28>) un aspetto fondamentale dei laghi Lammari che costituiscono una risorsa di importanza principale per l'attività alieutica del comprensorio e dove si realizzano gare di pesca di importanza nazionale. Si tratta tra l'altro di una struttura accessibile ai pescatori portatori di handicap e svolge un'importante funzione sociale nel territorio.

Intersezione a raso Lucca Est

Lo svincolo di Lucca Est presenta alcuni nuclei di vegetazione arbustiva e talora arborea in fase dinamica di recupero. Si tratta di formazioni secondarie sviluppatesi su suoli precedentemente rimaneggiati, sono comunque costituita da taxa spontanei prevalentemente riferibili a formazioni autoctone.

Asse Ovest – Est

Sull'asse Ovest – Est si segnala l'ecosistema del Canale Ozzoretto: si tratta di un ecosistema inizialmente originato dalle sistemazioni artificiali eseguite per la bonifica della Piana Lucchese, ospita attualmente degli ecosistemi acquatici e di sponda di interesse. Lo stato di inquinamento e compromissione del Canale Ozzoretto è stato confermato con diversi rilevamenti eseguiti negli anni. Le acque presentano uno stato di eutrofizzazione che tende ad accentuarsi nel periodo estivo.

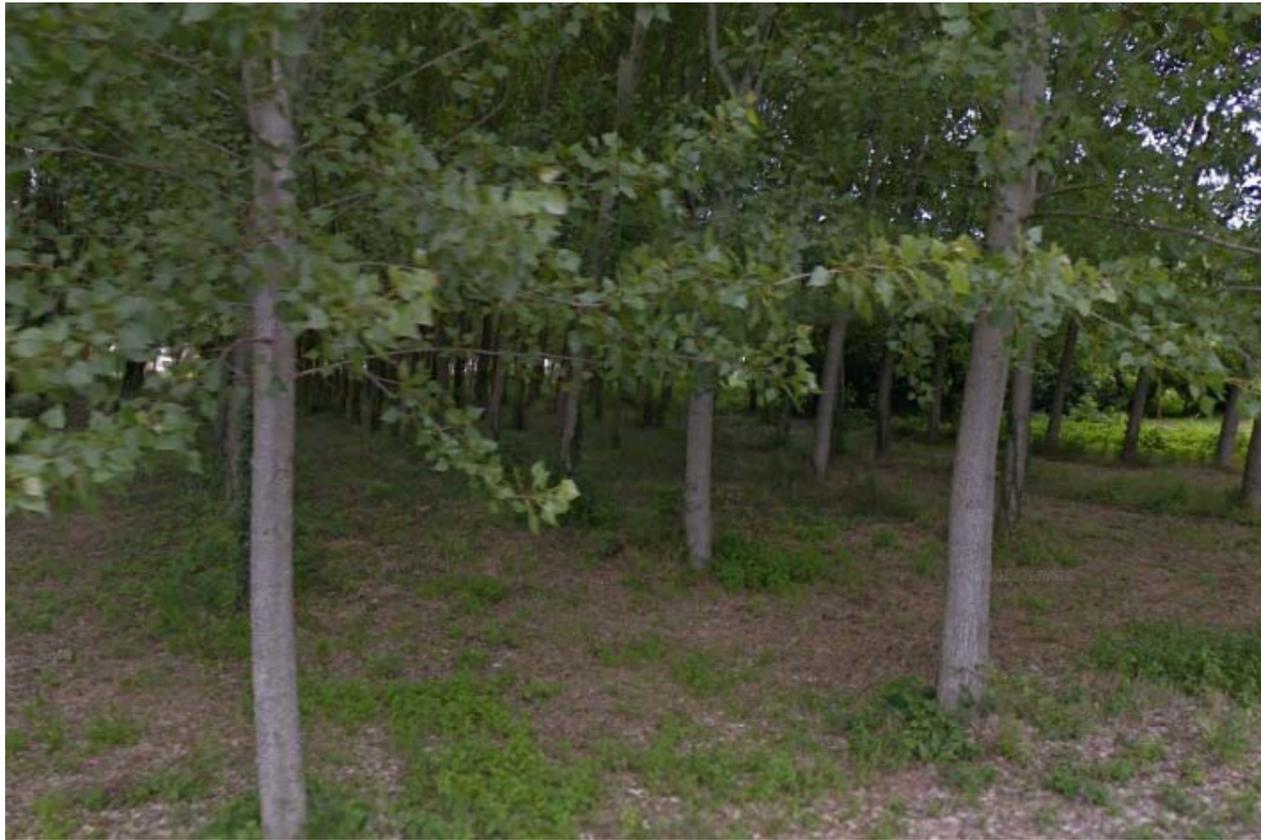
Lungo il tracciato le ricorrenti puliture spondali impediscono che la vegetazione igrofila, accelerata nella crescita dai fenomeni eutrofici, possa arrivare a coprire completamente le acque come riportato nella figura seguente.

Fig.5.13 - Canale dell'Ozzoretto all'altezza del Ponte Strada Comunale di Mugnano (verso Sud): la cannuccia di palude tende ad invadere completamente l'alveo del Canale.



Lungo la tratta si hanno formazioni arboree di tipo boschivo. Si tratta in parte di coltivazioni di pioppo (ansa dell'Ozzoretto), governate a tutti gli effetti come coltivi, ovvero lavorate, falciate e, all'occorrenza, trattate. Queste formazioni a fine turno vengono rimosse tramite il taglio a raso e le superfici vengono riportate allo stato iniziale per la realizzazione di altra coltivazione. Alcune formazioni con pioppi ibridi da carta risultano frammiste a salici, olmi ed altri taxa spontanei, testimoniando quindi una gestione non altrettanto finalizzata all'ottimizzazione degli accrescimenti ed al successivo utilizzo delle biomasse ricavate.

Fig.5.14 - Pioppete coltivate nella zona dell'ansa del Canale dell'Ozzoretto all'altezza del Ponte Strada Comunale di Via di Corte Stella: si tratta di boschi artificiali, sottoposti a forme di governo assimilabili alle pratiche agricole. A fine turno di crescita saranno abbattute per la valorizzazione delle biomasse legnose.



Cavalcaferrovia Lucca – Firenze

Dal punto di vista ecologico è da segnalarsi, in un contesto di prevalenza di vegetazione spontanea in evoluzione ed incolti, anche la presenza di importanti orti urbani, cui fanno riferimento diversi utilizzatori e che costituiscono una risorsa sia di carattere alimentare, sia di carattere sociale. La gran parte degli orti sarà interessata dall'esecuzione dell'opera.

Intersezione a raso Antraccoli

Nello Svincolo Antraccoli viene nuovamente interessato il Canale Ozzoretto. Il Canale, ancorché compromesso in termini di qualità delle acque (presenta livelli di inquinamento rilevabili), costituisce un ecosistema acquatico di interesse.

Asse Est – Ovest

Trattandosi di un tratto di viabilità esistente che non subisce sostanziali modifiche. Il territorio è prevalentemente agricolo e residenziale, con scarsa vegetazione spontanea, per lo più in ambiti residuali e/o marginali.

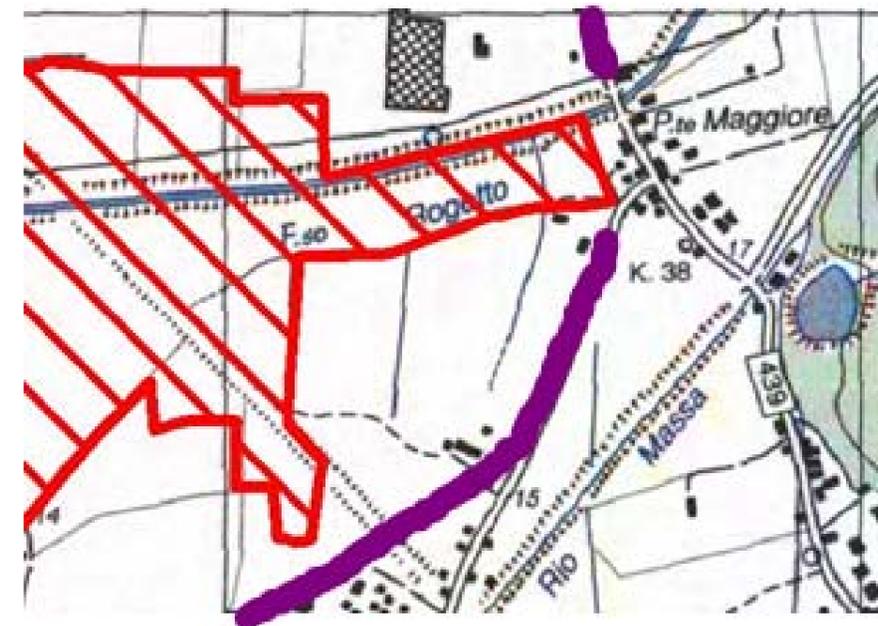
Opera Connessa

Dal punto di vista ecologico l'Opera Connessa presenta elementi di notevole interesse. Tra questi il Canale Rogio, che presenta caratteristiche di naturalità di interesse, ancorché condizionate da diverse forzanti di tipo antropico, tra le quali una apprezzabile alterazione della qualità delle acque. Il Canale viene affiancato dal tracciato.

Di rilievo anche il tracciato della Ferrovia abbandonata, che costituisce, de facto, un corridoio ecologico di interesse territoriale. Il tracciato ne interessa il tracciato della Ferrovia abbandona nata in prossimità (150 m) dalla Via di Ponte Maggiore e a ridosso di un ambito residenziale, che già costituiscono soluzioni di continuità lungo il corridoio.

Il territorio attraversato, in prossimità nel tracciato dell'Opera Connessa, è interessato dalla presenza del SIC IT5120020.

Fig.5.15 - La collocazione del tracciato dell'Opera Connessa (in viola), rispetto al confine del SIC (in rosso) è esterna.



Circonvallazione di Altopascio

La Circonvallazione di Altopascio attraversa un'area agricola imperfettamente bonificata, con evidenti segni di ristagno e presenza di vegetazione igrofila, e già inclusa in una campitura a "zona umida" a pagina 5 del documento sugli indicatori analizzati nello Studio Stato dell'Ambiente per l'analisi del paesaggio della provincia nel documento (fonte: <http://www.provincia.lucca.it/ambiente/stato/paesaggio/indicatori.pdf>).

Il tracciato determina inoltre una importante interazione di frammentazione territoriale, laddove allontanandosi dal parallelismo con l'A11 si porta verso la fine del Corridoio di Altopascio. L'effetto di frammentazione presenta anche un effetto a carico degli agroecosistemi, in quanto si determina una fascia stretta di area a seminativo, tra il tracciato stradale e il Canale.

5.4 TIPOLOGIE DI IMPATTO

Vengono di seguito considerati sia gli impatti a carico degli ecosistemi (a completamento degli effetti a carico degli ecosistemi, per gli effetti a carico della vegetazione naturale, la flora e la fauna, si rimanda alla lettura della Componente Vegetazione Flora e Fauna):

- A) Alterazione nella struttura spaziale degli ecosistemi;
- B) Creazione di nuovi ecosistemi sui margini stradali;
- C) Sottrazione di agro ecosistemi;
- D) Inquinamento luminoso.

A) Alterazione nella struttura spaziale degli ecosistemi

L'alterazione degli ecosistemi prodotta dalla costruzione dell'opera ha tipicamente un andamento a fascia.

Nelle aree agricole delle Piana ci si attende quindi l'abbandono dei piccoli appezzamenti eventualmente isolati e la diminuzione di valore economico di alcune proprietà suddivise dal tracciato. Col tempo si dovrebbe avviare un lento processo di riaccorpamento delle superfici frammentate, mentre il tracciato viario tenderà a divenire una linea di confine preferenziale per le proprietà poderali. L'impatto riguarda essenzialmente i terreni sui margini del tracciato, ma provvisoriamente potrà riguardare anche ambiti attraversati dalle piste di cantiere.

Il più importante effetto da frammentazione si rileva nella parte Est della Circonvallazione di Altopascio, con il taglio di un'estensione a seminativo attualmente esteso e pressoché privo di discontinuità.

Per le colture permanenti la frammentazione potrebbe comportare l'esigenza di cambiare la disposizione dei filari, ma l'agricoltura locale presenta una diffusione non particolarmente consistente di colture legnose con sistemi di tutoraggio complessi.

B) Creazione di nuovi ecosistemi sui margini stradali

Su questi spazi si sviluppano formazioni di vegetazione diverse da quelle preesistenti. Lungo i bordi stradali si formano dei corridoi di dispersione per specie animali e vegetali, spesso con carattere invasivo. Le opere a verde prevedranno un inerbimento esteso su tutte le superfici di pertinenza, riducendo la disponibilità di spazi liberi per la diffusione di specie vegetali non desiderate.

Questo effetto ha sia una componente negativa, sia una componente positiva, in quanto permette l'impianto di lunghe fasce di vegetazione da impianto in forma di siepe (mitigazioni con opere a verde). Queste strutture ecologiche consentono un parziale effetto schermo ed un limitato effetto di filtro ecologico verso gli inquinanti atmosferici prodotti dall'infrastruttura.

C) Sottrazione di agroecosistemi

Le tratte stradali di nuova realizzazione e l'ampliamento di quelle esistenti sottraggono prevalentemente superfici agricole. Si tratta di superfici riferibili alla prima (o eventualmente alla seconda) classe di capacità d'uso dei suoli di cui alla *Land Capability Classification* del Soil Conservation Service, (US Department of Agriculture 1961): si tratta pertanto di suoli agricoli di qualità più elevata, con poche o nessuna limitazione, elevata fertilità e notevole scelta di colture. L'impatto di sottrazione è permanente ed irreversibile. L'effetto è direttamente proporzionale all'ingombro degli espropri prodotti dall'opera.

D) Inquinamento luminoso

L'inserimento di illuminazione stradale produce alterazione degli ecosistemi per diffusione di luce in ore notturne e consumo di energia. La riduzione dell'inquinamento è prevista dall'applicazione della normativa regionale (LR 37/200 e succ. modif. e integr.), con particolare riferimento all'uso delle lampade al vapore di sodio, alla minimizzazione dell'uso di proiettori, all'applicazione dei valori minimi di illuminazione consentiti dalla norma UNI 10439 per le infrastrutture stradali. Ci attende effetti più consistenti nella parte Est della Circonvallazione Altopascio, laddove il tracciato percorre la superficie interna di aree agricole imperfettamente bonificate e già classificate come zona umida.

5.5 EFFETTI PREVISTI ED INDICAZIONI DI MITIGAZIONE

Gli effetti prevedibili per questa componente sono:

- A) Alterazione nella struttura spaziale degli ecosistemi;
- B) Creazione di nuovi ecosistemi sui margini stradali;
- C) Sottrazione di agro ecosistemi;
- D) Inquinamento luminoso.

Alterazione nella struttura spaziale degli ecosistemi

L'impatto si manifesta nelle tratte di nuova realizzazione. Dal punto di vista ecologico è particolarmente evidente l'alterazione dell'ecosistema determinata dalla Circonvallazione di Altopascio, che isola una fascia di terreno agricolo, rendendolo intercluso tra la strada locale ed il canale. L'accessibilità alla fascia sarà garantita, ma la perdita di funzionalità dell'ecosistema agricolo permarrà.

Creazione di nuovi ecosistemi sui margini stradali

Sui margini stradali si realizzeranno opere in verde (descritte nel Quadro di Riferimento Progettuale), per la sistemazione di fasce di nuovo margine. Nella restituzione del suolo fertile a copertura delle scarpate e di tutte le altre aree di pertinenza della strada si dovrà aver cura di rispettare gli standard di qualità delle coperture di suolo vegetale, allontanando le radici di infestanti aliene (Robinia, Ailanto, etc.).

Sottrazione di agroecosistemi

Le sottrazioni di ecosistemi si realizzano soprattutto a carico di agroecosistemi prevalentemente seminativi, ma anche sistemazioni agroforestali (pioppeti) e colture legnose permanenti.

Inquinamento luminoso

Impatto determinato dalle luci stradali, con localizzazione più frequente lungo l'infrastruttura di progetto nei tratti in affiancamento all'Autostrada A11. (Opera Connessa e Circonvallazione di Altopascio).

6 COMPONENTE RUMORE

6.1 PREMESSA

Il presente studio è stato redatto in conformità alla normativa vigente dal dott. Carlo Odorici, Tecnico competente in acustica ambientale (Determ. D.G.A. Reg. E.R. n°11.394 del 9/11/98) in collaborazione con l'Ing Roberto Odorici Tecnico competente in acustica ambientale (Elenco Provincia di Modena Prot. 20344/335). Scopo della presente indagine è la valutazione previsionale dell'impatto acustico che verrà a determinarsi a seguito della realizzazione del nuovo Sistema Tangenziale di Lucca. Il progetto prevede la realizzazione di una nuova rete stradale, di estensione complessiva di circa 30 km, costituita dall'adeguamento di viabilità esistenti e dalla realizzazione di nuovi tratti di strada a due corsie.

Complessivamente l'infrastruttura può essere suddivisa nei seguenti tratti:

- Asse Nord-Sud
- Asse Ovest-Est
- Asse Est-Ovest
- Adeguamento SS12
- Opera connessa
- Circonvallazione Altopascio
- Cavalcaferrovia Lucca-Firenze

Asse Nord-Sud

L'asse Nord-sud ha una lunghezza di circa 5,14 Km ed i Comuni attraversati sono quelli di Lucca e Capannori. Ha inizio in località Tacchini con una rotatoria posta al Km 29+000 della S.S.12 dell'Abetone e del Brennero e termina prima della nuova intersezione a raso di Antraccoli, punto di interconnessione con gli altri due assi. La sezione stradale di tipo C1 (di larghezza complessiva di 10,50 metri) si sviluppa in parte in rilevato ed in parte alla quota del piano campagna ad accezione di due viadotti consecutivi, uno sulla ferrovia Lucca-Aulla (calvalcaferrovia Lucca-Aulla) e l'altro su via Fanuccio (calvalcavia dell'Acqua Calda). I livelli di traffico simulati dal modello hanno messo in evidenza il fatto che una consistente parte del traffico sull'asse nord-sud hanno un carattere locale. Sono state quindi posizionate delle viabilità di rammaglio all'esistente, posizionate in modo da intercludere meno territorio, affiancandole ove consentito alla nuova strada.

Asse Ovest-Est

Tale asse ha inizio in prossimità della nuova intersezione di Lucca Est, ubicata nel territorio comunale di Lucca, l'itinerario parallelo all'Autostrada A11 si dirige in direzione est raggiungendo la S.P.23 Romana in

località Antraccoli. Lo sviluppo totale di tale asse classificata come strada di tipo C1 di larghezza complessiva di 10,50 m, è di 6,08 Km ed i Comuni attraversati sono quelli di Lucca e Capannori. L'inserimento del tracciato risente molto dalle caratteristiche di un territorio fortemente antropizzato e ricco di preesistenze (corti, ville, edifici di interesse storico/architettonico e religioso) e vincoli di rilievo (ad es. Acquedotto Nottolini). Allo scopo di risolvere l'interferenza con l'acquedotto "Nottolini", posto al Km 1+423 dell'asse, è previsto un sottopasso di lunghezza coperta complessiva di 350 m, che dal Km 1+240 al Km 1+640 permette l'attraversamento dell'acquedotto garantendo la continuità del paesaggio. Mantenendosi sempre in trincea e proseguendo in direzione Est, il tracciato di progetto interferisce con due cavalcavia autostradali esistenti, rispettivamente su Via delle Cave e su Via di Sorbano del Vescovo (al Km 1+750 e al Km 2+075). In analogia con il cavalcavia autostradale su via del Sorbano del Giudice, anche per i suddetti cavalcavia si prevede la demolizione e la nuova realizzazione dei cavalcavia stessi (rispettivamente L =105 m e L=125 m). L'intersezione con la linea ferroviaria LU-FI, la viabilità locale e il canale Ozzoretto è invece risolta realizzando un viadotto, tutto il resto del tracciato viaggia invece su modesto rilevato. Il tracciato continua il suo sviluppo sempre parallelamente all'autostrada in direzione Est, utilizzando una porzione di territorio meno antropizzato e al Km 5+668 è previsto l'inserimento di uno scatolare di 10 m (7x3m) sul Canale Ozzoretto e da questo punto in poi la nuova strada si abbassa di quota per terminare con un'intersezione a T mediante la quale si collega alla nuova intersezione di Antraccoli.

Asse Est-Ovest

L'asse Est-ovest ha uno sviluppo totale di circa 4,3 Km, l'intero tratto ricade nel territorio del comune di Capannori. Ha inizio, dopo la nuova intersezione a raso di Antraccoli, sulla esistente via Domenico Chelini, per poi svilupparsi quasi interamente sulla viabilità esistente (via Domenico Chelino e S.P.23 Romana, via del Frizzone). Si è reso necessario ridisegnare la suddetta intersezione di Antraccoli in funzione delle nuove direttrici, favorendo i collegamenti in direzione nord-sud ed il conseguente allontanamento dei traffici dalla città di Lucca. L'asse giunge Est-ovest quindi in località Frizzone dove si collegherà con la nuova stazione di pedaggio di Capannori dell'Autostrada A11. Su tale asse si prevede una riqualificazione della viabilità esistente con l'adozione di una sezione Tipo C1 per l'intero tratto, la risoluzione delle intersezioni con la viabilità interferente attraverso rotatorie a raso, la razionalizzazione degli accessi lungo la tratta con strade di servizio che permettono di concentrarli in pochi punti ed a distanze compatibili con quanto previsto dalla vigente normativa (codice della strada).

Adeguamento della SS12

L'Adeguamento della SS12, avente uno sviluppo totale di 3,72 km, ha inizio al Km 30+300 circa dell'esistente S.S.12 dell'Abetone e del Brennero in località Ponte a Moriano nel comune di Capannori

immediatamente dopo che la SS12 ha attraversato il fiume Serchio e termina prima del nuovo ponte in progetto in loc. Corte Pasquinelli nel comune di Lucca. Per tale asse si prevede una riqualificazione della sezione stradale con l'adozione di una sezione Tipo C2 (di larghezza complessiva di 9,50 metri) per l'intero tratto. La presenza di numerosi edifici prospicienti alla strada esistente, di filari di platani secolari e dell'area golenale del fiume Serchio hanno ricondotto la progettazione a prevedere, come unica soluzione possibile l'allargamento della strada esistente sul lato del fiume Serchio, prevedendo la risagomatura della sezione arginale lato fiume, intervenendo sul lato esterno in modo da non alterare la sezione idraulica complessiva.

Opera connessa

Tale tratto rappresenta la nuova viabilità di collegamento tra via di Sottomonte in località Carraia ed il casello A11 del Frizzone (adeguamento di via del Rogio). L'asse stradale ha uno sviluppo totale di 5,86 km interamente nel comune di Capannori. Ha inizio in corrispondenza dell'esistente intersezione tra via della Spada e la S.P. di Sottomonte e termina su via del Frizzone.

Per tale asse, si prevede l'adozione di una sezione di tipo C1 caratterizzata da un'unica carreggiata per una larghezza totale di 10,50 m.

Il tracciato ha inizio con una nuova rotatoria a 4 bracci di collegamento tra via della Spada e la S.P. di Sottomonte, il tracciato quindi prosegue a quota terreno. Dal Km 1+950 al Km 2+200 il tracciato ripercorre la viabilità esistente (via Ponte Maggiore e via di Tiglio). Al Km 3+720 una rotatoria a 4 bracci risolve l'interferenza con via del Casalino, dalla rotatoria il tracciato prosegue su via del Rogio, prevedendo per quest'ultima un adeguamento ad una sezione stradale di tipo C1 (di larghezza complessiva di 10,50 metri) e garantendo degli accessi diretti alle strade locali interferenti. Dal Km 5+725 l'asse di progetto si discosta dalla strada esistente, allontanandosi anche dal canale fino al Km 5+859 dove termina con una nuova rotatoria (rotatoria n.5) a 3 bracci che collega la via lungo il Rogio e via Frizzone.

I collegamenti con la viabilità locale sono garantiti mediante l'inserimento di accessi diretti lungo il tracciato.

Circonvallazione di Altopascio

Tale asse costituisce una nuova viabilità di collegamento tra il casello A11 del Frizzone e la S.P.3 Bientina Altopascio. Per l'intervento in progetto ha un'estensione di 5,79 km e si sviluppa nei territori comunali di Porcari e di Altopascio, si prevede l'adozione di una sezione stradale di Tipo C1 (di larghezza complessiva di 10,50 metri) per l'intero tratto. Il tracciato di progetto ha inizio in corrispondenza della nuova rotatoria a 4 bracci sul tratto di via Frizzone già adeguato. La nuova rotatoria risolve il collegamento con l'attuale

ponte sulla A11 ed una viabilità di collegamento dell'area industriale sottostante alla A11 (in progetto dalla Provincia di Lucca).

Dalla suddetta rotatoria il tracciato si dirige verso l'autostrada A11 mediante una curva in destra di raggio 100 metri. Al fine di mantenere la funzionalità di via di S. Lucia. Il tracciato di progetto si sviluppa in affiancamento all'autostrada, garantendo comunque i collegamenti con la viabilità locale mediante degli accessi diretti.

Quindi il tracciato, sempre in affiancamento all'autostrada, prosegue con un rettilineo di circa 1500 m fino al Km 3+700, dove curvando verso destra con un raggio di 600 m si allontana dall'autostrada.

Dal Km 3+700 in poi la strada di progetto corre in rilevato attraversando delle aree agricole, e assumendo un andamento quasi parallelo al fosso Nero in destra idrografica terminando al Km 5+786,55 sulla costruenda rotatoria sulla S.P.3 Bientina Altopascio.

Cavalcaferrovia della linea Lucca-Pistoia-Firenze

Tale intervento è posto nell'area "ex scalo merci" di Lucca, ed ha uno sviluppo di 600 metri, comprensivo anche del collegamento con la viabilità esistente. L'intervento in progetto ha inizio con un innesto a raso su via Nazario Sauro, quindi al Km 0+125 il tracciato inizia a sollevarsi per consentire l'attraversamento del fascio di binari della linea ferroviaria Lucca-Pistoia-Firenze mediante un cavalcaferrovia di lunghezza 142 m ad unica campata.

A questo punto il tracciato inizia a scendere per arrivare alla quota del terreno fino all'innesto a raso, mediante una rotatoria a 3 bracci, su via Mugnano. La progettazione prevede l'adozione di una sezione stradale di 9 metri che può essere classificata come strada extraurbana locale tipo F1.

6.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La regolamentazione sull'inquinamento acustico ha di fatto avuto inizio con il D.P.C.M. 1.3.91 "limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" In seguito alla successiva emanazione della legge quadro nel 1995 e dei successivi decreti tecnici di attuazione ha finito col perdere la propria efficacia. Ad oggi i riferimenti normativi principali ai fini della verifica delle emissioni derivanti dal traffico sono i seguenti:

Legge 26.10.1995 n. 447 sull'inquinamento acustico: costituisce il riferimento principale in quanto individua le competenze di Enti e Amministrazioni Pubbliche, indica le metodiche da adottare per il contenimento della problematica (piani e disposizioni in materia di impatto acustico); inoltre stabilisce le

sanzioni amministrative e fornisce all'art. 2 comma 1 una definizione del fenomeno, dell'ambito di applicazione della normativa e delle sorgenti. In particolare la legge quadro fa riferimento agli ambienti abitativi, definiti come: "ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al D.L. 15/08/91 n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive".

DPCM 14.11.97: Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore: contiene i limiti di accettabilità, i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori limite differenziali di immissione, i valori di attenzione ed i valori di qualità. La completa attuazione per tali valori richiede che il comune provveda alla zonizzazione acustica del proprio territorio. In mancanza di zonizzazione approvata comunale resta in vigore quanto previsto prima dal DPCM 1.3.91 così come indicato all'art.6 comma 1 del citato DPCM 1/3/91.

DM 16/3/1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico": il Decreto specifica le modalità e le tecniche da seguire per l'esecuzione delle misurazioni ed i requisiti minimi della strumentazione; modalità di presentazione dei risultati.

DPR 30/03/04, n°142"Disposizioni per il contenimento e la previsione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare": stabilisce la dimensione delle fasce di pertinenza stradale ed i limiti di immissione per il rumore dovuto al traffico, applicabili all'interno. Il Decreto specifica le modalità e le tecniche da seguire per l'esecuzione delle misurazioni ed i requisiti minimi della strumentazione; modalità di presentazione dei risultati.

Alla luce delle indicazioni contenute in questo decreto il sistema stradale in costruzione deve essere classificato come:

- Adeguamento SS12, strada extraurbana esistente tipo Cb (assimilabile C2);
- Adeguamento altri tratti stradali, strada extraurbana esistenti tipo Ca (assimilabile C1);
- *Cavalcaferrovia della linea Lucca-Pistoia-Firenze* strada di nuova realizzazione locale di tipo F (assimilabile F1);
- *Tutti gli altri assi*, strade di nuova realizzazione extraurbana secondaria tipo C1.

Il valore di immissione in corrispondenza dei ricettori all'interno della fascia di pertinenza relativo al solo rumore da traffico proveniente dall'infrastruttura in progetto è riportato di seguito in tabella.

Tab.6.1 - Valori limiti di immissione per rumore da traffico all'interno della fascia di pertinenza.

Tipo Strada	Ricettori	Fascia (m)	Tempi di riferimento	
			LeqDAY dB(A)	LeqNIGHT dB(A)
Ca	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo	250	50	40
	Per gli altri ricettori all'interno della fascia A	100	70	60
	Per gli altri ricettori all'interno della fascia B	150	65	55
Cb	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo	150	50	40
	Per gli altri ricettori all'interno della fascia A	100	70	60
	Per gli altri ricettori all'interno della fascia B	50	65	55
C1	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo	250	50	40
	Per gli altri ricettori	250	65	55
F	Tutti i ricettori	30	Conforma alla zonizzazione acustica	

L'opera in progetto attraversa il territorio dei comuni di Lucca, Capannoni, Altopascio e Porcari che dispongono della zonizzazione acustica del territorio; ciò non produce, come si vedrà in seguito, effetti significativi in funzione sia della emissione sonora prodotta sia della distanza tra nuovi assi viari e strutture particolarmente protette.

Nel caso in cui i valori limite riportati in tabella e, al di fuori delle fasce di pertinenza, i valori di cui alla tabella C del DPCM 14.11.97, non siano tecnicamente raggiungibili ovvero qualora in seguito a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, si renda necessario intervenire direttamente sui ricettori, devono essere rispettati, al centro del locale e in condizioni di finestre chiuse, i seguenti limiti:

- 45 dBA in periodo diurno per le scuole;
- 35 dBA in periodo notturno per ospedali, case di cura e di riposo;
- 40 dBA in periodo notturno per tutti gli altri ricettori.

D.P.R. 18.11.1998, n.459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995 n.447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario": stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore avente origine dall'esercizio delle infrastrutture delle ferrovie e delle linee metropolitane di superficie, con esclusione delle tramvie e delle funicolari.

L'articolo 3, comma 1, lettera a) del citato decreto individua fasce territoriali di pertinenza di larghezza pari a 250 metri per le infrastrutture esistenti e le loro varianti, per quelle di nuova realizzazione in affiancamento a quelle esistenti, e per le infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 Km/h.

Tale fascia è suddivisa in due parti: la prima, più vicina all'infrastruttura, della larghezza di 100 metri è denominata fascia A; la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di 150 metri, è denominata fascia B. Le fasce di pertinenza sono individuate a partire dalla mezzera dei binari esterni. I valori limite assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura sono i seguenti:

Tab.6.2 - Valori limiti assoluti di immissione del rumore prodotto dall'infrastruttura.

Ricettori	Fascia (m)	Tempi di riferimento	
		LeqDAY dBA (6.00-22.00)	LeqNIGHT dBA (22.00-6.00)
Scuole, ospedali, case di cura e di riposo	250	50	40
Per gli altri ricettori all'interno della fascia A	100	70	60
Per gli altri ricettori all'interno della fascia B	150	65	55

Nel caso in cui i valori limite riportati in tabella e, al di fuori delle fasce di pertinenza, i valori di cui alla tabella C del DPCM 14.11.97, non siano tecnicamente raggiungibili ovvero qualora in seguito a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale, si renda necessario intervenire direttamente sui ricettori, devono essere rispettati, al centro del locale e in condizioni di finestre chiuse, i seguenti limiti:

- 45 dBA in periodo diurno per le scuole;
- 35 dBA in periodo notturno per ospedali, case di cura e di riposo;
- 40 dBA in periodo notturno per tutti gli altri ricettori.

Per le aree non ancora edificate interessate dall'attraversamento di infrastrutture in esercizio, gli interventi per il rispetto dei limiti sono a carico del titolare della concessione edilizia rilasciata all'interno delle fasce di pertinenza.

D.M. 29 novembre 2000 "Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore": questo decreto stabilisce i termini e le modalità con le quali deve essere presentato, alla Regione ed ai comuni, il piano degli interventi di contenimento ed abbattimento del rumore prodotto dall'esercizio delle infrastrutture.

Per le infrastrutture di interesse regionale, la società o l'ente gestore individua, entro 18 mesi dall'entrata in vigore del decreto, le aree dove risulta superato o dove sia stimato il superamento dei limiti previsti ed entro i 18 mesi successivi presenta ai comuni interessati e alla regione competente il piano di adeguamento.

Gli obiettivi di risanamento devono essere conseguiti entro 15 anni dal pronunciamento della Regione, ovvero dalla data di presentazione del piano di adeguamento, qualora la regione, entro 3 anni dalla data di entrata in vigore del presente decreto, non abbia emanato provvedimenti in materia. Lo stesso decreto

stabilisce inoltre, negli allegati, le formule di calcolo per stabilire i criteri e le modalità con le quali procedere agli interventi di mitigazione.

Legge Regione Toscana 1/12/1998 n°89: "Norme in materia di inquinamento acustico": la Regione Toscana ha provveduto a regolamentare la materia in adempimento alle competenze che la legge 447/95 demandava alle regioni; in seguito modificata con legge Regionale n°67 del 29/11/04 "Modifiche alla Legge Regionale n. 89 del 1.12.98". In seguito con due differenti a natura tecnica: Delibera Consiglio Regionale n°77 del 22.2.00 "Definizione dei criteri e degli indirizzi della pianificazione degli enti locali ai sensi dell'art.2 della L.R. n°89/98 "Norme in materia di inquinamento acustico"; Delibera Giunta Regionale n°788 del 13/7/99 "Definizione dei criteri per la redazione della documentazione di impatto acustico e della relazione previsionale di clima acustico ai sensi dell'art. 12 comma 2 e 3 della L.R. n°89/98".

6.3 FINALITA' E METODOLOGIA DELLO STUDIO

Lo studio eseguito è stato finalizzato a valutare l'impatto acustico determinato dalla realizzazione del nuovo sistema tangenziale di Lucca valutando non solo l'emissione dei nuovi assi ma anche la redistribuzione del traffico sulla rete viaria esistente.

Nei casi in cui le opere in progetto avessero determinato il superamento dei limiti massimi prescritti si è provveduto al dimensionamento delle barriere acustiche necessarie al fine di garantire il rispetto del limite prescritto dal DPR 142/04 all'interno delle fasce stradali e quello prescritto dalla zonizzazione acustica all'esterno delle fasce stradali.

L'area di indagine è stata estesa ad un corridoio di 500 m centrato sulla linea centrale delle strade in progetto, su tale area si è provveduto a collocare le sorgenti sonore di seguito elencate:

- le principali strade esistenti;
- l'autostrada A11;
- le linee ferroviarie Lucca-Aulla e Lucca-Firenze;
- rumore di fondo urbano e industriale.

Nell'area individuata sono complessivamente stati individuati oltre millecinquecento ricettori che comprendono: (residenze, aree di espansione residenziale, edifici commerciali e direzionali, fabbricati produttivi ove siano presenti locali ad uso ufficio). Sono inoltre stati individuati come ricettori: gli edifici sanitari e assistenziali ed i plessi scolastici posti a distanze inferiori a 500 m dagli assi viari in progetto. In tutti questi casi si è provveduto alla determinazione dei livelli di rumore atteso in modo puntuale in

corrispondenza della facciata più esposta all'emissione del sistema di strade in progetto per tutti i piani abitabili, per quanto riguarda le aree di espansione il livello di clima acustico è stato calcolato a 5m dal confine più esposto al rumore della struttura in progetto alla quota di 4m dal p.c.

Tre sono le condizioni simulate:

- stato di fatto, al 2012, che ha permesso di valutare l'attendibilità del modello rispetto alle misure di rumore realizzate e di verificare l'effettivo impatto dell'infrastruttura in progetto rispetto allo stato attuale.
- stato di progetto, al 2028, che ha permesso di individuare i ricettori per i quali risulta necessario prevedere interventi di mitigazione al fine di garantire il rispetto dei limiti di legge.
- stato di progetto mitigato, al 2028, che ha permesso di dimensionare la tipologia di intervento di mitigazione individuata nei differenti casi.

Cavalcaferrovia della linea Lucca-Pistoia-Firenze

Il progetto è caratterizzato da un ambiente acustico sostanzialmente differente. Se infatti è possibile ipotizzare per la maggior parte dell'area di studio che il clima acustico sia sostanzialmente definito dal rumore stradale e da quello ferroviario, legato al transito dei convogli, la zona interessata dal cavalcaferrovia è caratterizzata da una varietà di sorgenti sonore ben superiore.

Fig.6.1 - Immagine satellitare dell'area interessata dal Cavalcaferrovia LU-FI.



Come evidenzia la fig.6.1 precedente, l'area di intervento si colloca all'interno della zona urbana caratterizzata sia da aree residenziali che direzionali e produttive ed in adiacenza allo scalo merci ferroviario, in prossimità della stazione di Lucca. Il clima acustico dell'area si presenta pertanto particolarmente complesso e non rappresentabile con l'ipotesi semplificativa sopra esposta.

La modellizzazione del clima acustico che prescindesse da un'approfondita campagna di misure, una più dettagliata indagine del traffico anche della viabilità secondaria dell'area e la conoscenza dei movimenti ferroviari all'interno dello scalo merci e tra scalo, stazione e deposito, sarebbe inevitabilmente caratterizzata da un livello di incertezza tale da compromettere l'affidabilità dei risultati.

D'altra parte al fine di individuare e dimensionare eventuali interventi di mitigazione rispetto all'infrastruttura in progetto la conoscenza del livello sonoro determinato dalle sorgenti esistenti non è necessario in quanto:

- all'interno della fascia di pertinenza stradale di 30m il limite stabilito dal DPR 142/04 prende in considerazione esclusivamente il rumore emesso dall'infrastruttura in progetto;
- al di fuori di questa fascia, la presenza di una densa edificazione determina un alto livello di attenuazione che permette di affermare che l'emissione dell'opera in progetto ha un impatto trascurabile rispetto il rispetto del limite di zona.

Questa affermazione, dedotta a priori dalle condizioni geometriche, trova la sua conferma numerica nella tabella B dell'Allegato 1 dove sono riportati i livelli di Leq dovuto al solo cavalcaferrovia.

I risultati nella condizione mitigata evidenziano livelli di rumorosità per tutti i ricettori al di fuori della fascia di pertinenza inferiori al limite di zona di oltre 10 dB(A).

6.4 ANALISI LIMITI DI LEGGE

I comuni interessati dall'opera sono quelli di Lucca, Capannori, Porcari e Altopascio. Tutte le amministrazioni comunali hanno provveduto ad approvare la classificazione acustica del territorio comunale. In allegato 1, risultati numerici sui ricettori, riporta per ciascun ricettore individuato il limite diurno e notturno relativo alla classe acustica di appartenenza ai sensi della tabella C dell'allegato al DPCM 14/11/1997.

Tab.6.3 - Limite diurno e notturno relativo alla classe acustica.

Zonizzazione	Limite diurno Leq(A)	Limite notturno Leq(A)
I ^a Classe	50	40
II ^a Classe	55	45
III ^a Classe	60	50
IV ^a Classe	65	55
V ^a Classe	70	60

Complessivamente i ricettori presenti si collocano per la gran parte in classe III e IV. Si evidenzia tuttavia che per quanto concerne il dimensionamento delle opere di mitigazione il limite di zona non risulta critico, in quanto tutta la viabilità in progetto determina una fascia di pertinenza al di fuori della quale i livelli di rumore indotti dall'infrastruttura sono poco influenti rispetto al livello di rumorosità ambientale.

Il Sistema Tangenziale di Lucca avrà sezione di tipo C1 con larghezza della strada di 10,50 m ad eccezione dell'adeguamento della SS12 per la quale è prevista una sezione di tipo C2 con larghezza della strada di 9,50 m e il cavalcaferrovia LU-FI per la quale è prevista una sezione di tipo F1 con larghezza della strada di 9,0m. I valori assoluti di immissione prescritti dal DPR 142/04 a seconda che si tratti di adeguamento di strada esistente o una nuova infrastruttura sono riportati di seguito (tab.6.4).

Tab.6.4 – Valori assoluti di immissione prescritti dal DPR 142/04.

Tipo Strada	Ricettori	Fascia (m)	Tempi di riferimento	
			LeqDAY dB(A)	LeqNIGHT dB(A)
Ca	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo	250	50	40
	Per gli altri ricettori all'interno della fascia A	100	70	60
	Per gli altri ricettori all'interno della fascia B	150	65	55
Cb	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo	150	50	40
	Per gli altri ricettori all'interno della fascia A	100	70	60
	Per gli altri ricettori all'interno della fascia B	50	65	55
C1	Scuole, ospedali, case di cura e di riposo	250	50	40
	Per gli altri ricettori	250	65	55
F	Tutti i altri ricettori	30	Come da zonizzazione nel caso in questione per tutti i ricettori	
			65	55

All'interno della area di studio insistono fasce di pertinenza di altre infrastrutture: autostrada A11, ferrovia Lucca-Firenze, ferrovia Lucca-Aulla in corrispondenza delle sovrapposizioni al fine di determinare il valore massimo di emissione ammesso per l'opera in progetto è stato utilizzata la metodologia di seguito descritta che permette di chiarire la parziale indeterminatezza dell'Allegato 4 al DM 29/11/00 ove sia

necessario stabilire i limiti da rispettare per ciascuna infrastruttura, nel caso si sovrappongano fasce di pertinenza con limiti differenti o con più di due infrastrutture interferite.

Secondo tale modalità i limiti imposti alle infrastrutture interferite e alla ferrovia vengono ridotti di una quantità $\Delta \cdot \text{Leq}$ ottenuta in base alla seguente equazione (1):

$$10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_1 - \Delta \text{Leq}}{10}} + 10^{\frac{L_2 - \Delta \text{Leq}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n - \Delta \text{Leq}}{10}} \right) = \max(L_1, L_2, \dots, L_n) \quad (1)$$

con L_i pari ai limiti propri delle infrastrutture considerate singolarmente.

In questo modo si vincolano le infrastrutture a rispettare dei limiti inferiori a quelli consentiti qualora le stesse fossero considerate separatamente, imponendo che la somma dei livelli sonori non superi il limite massimo consentito per ogni singolo ricettore.

I limiti applicabili sono ottenuti sottraendo ai limiti imposti alle singole sorgenti, il ΔLeq ottenuto in base all'Equazione precedente. Tale ΔLeq , e di conseguenza i limiti, variano in funzione delle diverse modalità di sovrapposizione delle fasce di pertinenza delle due infrastrutture.

La concorsualità è stata considerata nel caso in cui la medesima facciata del fabbricato sia direttamente esposta alle emissioni sonore della infrastrutture senza interposizione di ostacoli.

Ne deriva che non è stata applicata alcuna riduzione al limite nei casi in cui le facciate esposte alle infrastrutture siano diverse (es. edificio localizzato tra la strada e la ferrovia) ovvero nel caso in cui tra l'infrastruttura stradale e la ferrovia siano presenti fronti edificati continui, che di fatto costituiscono uno schermo alla propagazione del rumore.

Tali casi infatti rientrano di fatto nella fattispecie riportata all'Allegato 4 del DM 29 novembre 2000, per cui quando il contributo immesso da alcune sorgenti risulta inferiore di almeno 10 dB(A) rispetto a quello della sorgente massima, tali sorgenti vengono considerate trascurabili e non prendono parte alla concorsualità.

Come ampiamente esposto al paragr.6.3, per quanto riguarda i ricettori posti a distanza compresa tra 100m e 250m dal sovrappasso ferroviario è stato considerato come valore di riferimento il limite di zona ridotti di 10 dB(A), al fine di dimostrare che Leq parziale indotto dall'opera in progetto per i ricettori in questione è ininfluente al fine di definire il rispetto del limite di zona.

6.5 DESCRIZIONE MODELLO SIMULAZIONE

Lo studio è stato eseguito con l'ausilio del software Soundplan versione 7.0, che consente la modellizzazione acustica in accordo con decine di standard nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore e, basandosi sul metodo del Ray Tracing, è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per singoli punti fornendo i livelli globali e la loro scomposizione direzionale.

6.5.1 RUMORE STRADALE

Nella definizione delle sorgenti si è utilizzato lo standard NMPB Routes 1996, ovvero "Nouvelle Methode de Prevision de Bruit" messo a punto da alcuni noti Istituti francesi costituenti i Servizi Tecnici del Ministère de l'Équipement (CSTB, SETRA, LCPC, LRPC). Il metodo è rivolto alla modellizzazione del rumore da traffico stradale, ed è nato come evoluzione di un metodo risalente agli anni '80 (esposto nella "Guide de Bruit" del 1980).

Il metodo è quello indicato per emissioni da traffico nella raccomandazione della Commissione Europea del 6 agosto 2003 e nell'allegato II della direttiva 2002/49/CE.

Tra le caratteristiche salienti del NMPB vi è la possibilità di modellizzare il traffico stradale con dettagli relativi al numero di corsie, flussi di traffico, caratteristiche dei veicoli, profilo trasversale delle strade, altezza delle sorgenti, etc., con un'attenzione alla propagazione su lunga distanza.

Il livello di emissione di ciascun tratto stradale è stato pertanto individuato considerando la velocità di percorrenza ed i livelli di traffico medio diurno (6:00-22:00) e medio notturno (22:00-6:00) individuati dallo studio del traffico per l'opera in progetto. Questo studio del traffico ha considerato differenti condizioni di esercizio, quelle considerate per la presente valutazione di impatto acustico sono le seguenti:

- **Stato di fatto**, traffico attuale (2012) in assenza dell'infrastruttura in progetto.
- **Stato di Progetto**, traffico futuro stimato nel 2028 che tiene conto della redistribuzione dei flussi a seguito della realizzazione dell'opera in progetto e di un aumento del traffico medio nei 10 anni successivi alla fine della realizzazione dell'opera valutabile mediamente in +23,5%.

La scelta di utilizzare come condizione a regime non il traffico a fine lavori ma quello stimato 10 anni dopo tale data è stata effettuata per garantire al massimo i ricettori interessati. In questa condizione viene considerato l'incremento di traffico che determina mediamente un aumento di emissione di circa 1 dB(A) senza prendere in considerazione la probabile riduzione del livello di rumorosità dei veicoli tra 15 anni. Effetto difficilmente quantificabile, ma assodato, in quanto determinato non solo da possibili

innovazioni tecnologiche come ad esempio l'atteso incremento in numero di veicoli ibridi, ma anche in assenza di innovazione la semplice riduzione di veicoli realizzati su progetti non attuali.

Non deve inoltre essere trascurato l'effetto del legislatore che può intervenire accelerando questi fattori, ad esempio l'entrata in vigore il 1° novembre di questo anno della etichettatura acustica dei pneumatici dovrebbe verosimilmente favorire la vendita di pneumatici più silenziosi e di conseguenza gli investimenti della case produttrici in questa direzione.

Questo esposto evidenzia come la scelta effettuata di considerare i livelli di traffico stimati al 2028, rappresenti una condizione di assoluta garanzia per i ricettori disturbati.

Tab.6.5 - Traffico stradale impostato nel modello sulla viabilità principale.

Strada (ID)	Velocità		Traffico Attuale 2012				Traffico Progetto 2028			
	Attuale	Prog 2028	Diurno medio		Notturno medio		Diurno medio		Notturno medio	
			Veic/h	% Pes	Veic/h	% Pes	Veic/h	% Pes	Veic/h	% Pes
Complanare dir. S.Donato	55	55	268	0.0	36	0.0	407	0.0	45	3.0
Viale Europa Centro	40	40	1157	3.5	153	2.0	1118	3.8	14	7.8
Bretella Pontetto-Viale Europa	70	70	1608	2.9	214	1.7	1921	3.1	6	1.0
Caselli Autostradali Lucca-Est	40	40	267	11.8	34	7.3	305	18.5	80	1.5
Autostrada A11 (229)	120	120	989	8.9	128	5.2	792	8.8	15	0.2
Viale Europa Concordio	40	40	533	1.4	71	0.9	295	4.3	62	1.0
Viale S.Concordio 688	40	40	15	38.3	2	26.7	33	10.1	57	2.6
Viale S.Concordio 160	30	30	549	2.6	73	1.5	329	4.9	112	1.5
Asse Ovest-Est 803	50	50	0	0	0	0	259	0.2	0	0
Via S.Lazzaro	30	30	297	1.7	40	1.3	106	5.5	76	3.6
Via Buona Giunta	30	30	77	0.0	10	0.0	33	0.4	21	0.1
Asse Ovest-Est 800	50	50	0	0	0	0	349	0.3	11	3.0
Via del Barchino	40	40	78	0.0	11	0.0	71	0.0	52	0.4
Via di Carraia	30	30	0	0	0	0	0	0	28	1.6
V.Comunale Chiesa di Toringo	30	30	78	0.0	11	0.0	71	0.0	82	2.8
Strada Comunale di Mugnano	30	30	252	0.0	34	0.0	232	0.2	7	0.0
Via Tiglio Pieve S.Paolo	30	30	341	6.1	45	3.6	392	3.7	55	0.8
Via Tiglio	30	30	353	6.1	46	3.8	330	4.6	0	0
Via del Marginone 652	30	30	11	0.0	2	0.0	110	0.7	0	1.5
Via del Marginone 791	30	30	0	0	0	0	0	100.0	00	
Nuovo Ramo 788	40	40	0	0	0	0	233	0.7	0	0
Progetto Asse Ovest-Est 793	60	60	0	0	0	0	110	0.6	2	2.1
SP27 della Madonnina 789	40	40	356	1.6	48	1.0	43	0.4	0	0
SP27 della Madonnina 651	40	40	356	1.6	48	1.0	445	3.9	56	1.4

Strada (ID)	Velocità		Traffico Attuale 2012				Traffico Progetto 2028			
	Attuale	Prog 2028	Diurno medio		Notturno medio		Diurno medio		Notturno medio	
			Veic/h	% Pes	Veic/h	% Pes	Veic/h	% Pes	Veic/h	% Pes
Via del Marginone 679	30	30	277	0.0	37	0.0	48	0.0	6	0.3
SP23 Romana 257	40	40	544	6.0	71	3.5	209	14.6	128	1.7
SP23 Romana 261	40	40	397	7.1	52	4.3	251	11.7	0	0
SP23 Romana 769	40	40	101	12.3	13	7.7	62	0.2	15	0.1
Via della Madonnina 733	40	40	371	2.9	49	1.8	328	1.1	172	2.4
Via della Madonnina 655	40	40	371	2.9	49	1.8	328	1.1	104	1.5
Via dei Marchi	30	30	0	0	0	0	0	0	50	1.1
Via dell'Isola 381	30	30	2	0.0	0	0.0	21	0.0	31	0.4
Via dell'Isola 383	30	30	2	0.0	0	0.0	21	0.0	91	1.8
Via Pesciatina 755	55	55	1280	3.9	169	2.3	1032	4.5	1	0.0
Via Pesciatina 323	55	55	1280	3.9	169	2.3	1257	4.3	0	0
Via Vecchia Pesciatina	30	30	6	0.0	1	0.0	14	1.1	52	0.6
Via per Corte Randelli 726	30	30	44	0.0	6	0.0	60	6.4	109	1.5
Via per Corte Randelli 753	30	30	44	0.0	6	0.0	497	0.9	195	3.0
Via di Caselli	40	40	108	0.7	15	0.9	76	5.7	67	2.5
Via delle Ville 729	40	40	283	2.3	38	1.3	326	3.5	58	0.3
Via delle Ville 751	40	40	283	2.3	38	1.3	248	2.7	178	4.2
Via del Tognetti	40	40	138	3.6	18	2.7	92	1.9	58	2.7
Via dell'Acquacalda 675	30	30	28	0.0	4	0.0	27	0.0	69	1.5
Via dell'Acquacalda 274	30	30	157	8.4	21	5.5	122	6.9	240	2.3
Via del Fanuccio	30	30	217	7.3	28	4.4	232	8.1	71	0.7
Via delle Piagge	30	30	66	5.0	9	2.9	110	9.4	95	2.3
Via dei Ceccotti	30	30	205	3.2	27	1.8	303	4.2	80	2.7
Via del Brennero	55	55	1115	9.3	144	5.5	1567	9.8	99	2.3
Via dell'Acquacalda 284	30	30	159	6.8	21	4.2	59	0.6	79	0.8
SS12	55	55	1546	6.3	202	3.6	1514	7.5	155	4.6
Via Ghello	30	30	197	0.0	27	0.0	140	0.1	28	5.4
SP Casalino	30	30	598	0.7	80	0.5	498	1.0	155	6.9
Via Paganico 517	30	30	67	2.4	9	1.4	68	3.7	57	2.4
Via Paganico 514	30	30	135	9.3	18	5.7	306	13.0	149	5.8
SPR3 Romana 506	40	40	115	13.0	15	8.5	102	2.4	179	4.9
SPR3 Romana 677	40	40	881	4.9	116	2.9	928	5.0	62	1.5
Svincolo Autostrada Capannori	40	40	687	15.2	86	9.1	890	10.6	157	3.7
Autostrada A11 649	120	120	1042	9.5	134	5.6	1195	8.9	0	0
Via Fossanuova	70	70	103	0.0	14	0.0	360	2.3	60	0.6
Circonvallazione Altopascio	70	70	2	0.0	0	0.0	5	6.8	94	6.1
Via Tazio Nuvolari	30	30	47	0.0	6	0.0	0	0	50	1.0
Via Tiglio S.Lorenzo in Treponzio 224	70	70	409	3.9	54	2.3	488	4.5	25	0.6
Via Tiglio S.Lorenzo in Treponzio 774	70	70	409	3.9	54	2.3	454	3.9	143	5.7
SP26 di Sottomonte 771	70	70	42	0.0	6	0.0	43	0.5	185	2.4

Strada (ID)	Velocità		Traffico Attuale 2012				Traffico Progetto 2028			
	Attuale	Prog 2028	Diurno medio		Notturno medio		Diurno medio		Notturno medio	
			Veic/h	% Pes	Veic/h	% Pes	Veic/h	% Pes	Veic/h	% Pes
Via della Spada	50	50	190	1.7	26	1.0	75	3.3	2	2.1
Via di Ponte Strada	50	50	148	0.0	20	0.0	107	0.0	0	0.0
SP26 di Sottomonte 21	70	70	251	0.0	34	0.0	247	0.9	103	5.8
Sovrappasso ferroviario*	40	40	-	-	-	-	805	1,5	108	0,8

*-> dati desunti dal traffico previsto in corrispondenza dell'attuale intersezione con la linea ferroviaria

I dati utilizzati per le principali strade sono elencati in Tab.6.5, indipendentemente dalla velocità di ciascun ramo stradale in caso di attraversamento di un'area urbana la velocità massima considerata è quella di 50 km/ora. Sono inoltre state inserite alcune strade di minore importanza non incluse nello studio del traffico ma utili a definire il livello di rumore di alcuni ricettori nelle vicinanze, in questo caso è stato considerato un flusso di veicoli standard pari a 60 veic/ora in periodo diurno e 10 veic/ora in periodo notturno tutti leggeri con una velocità di percorrenza di 40 km/h.

6.5.2 RUMORE FERROVIARIO

Lo standard utilizzato per il traffico ferroviario è il modello RMR 2002 EU derivato dallo standard di calcolo ufficiale dei Paesi Bassi, RMR 1996.

Il metodo è quello indicato per emissioni da traffico nella raccomandazione della Commissione Europea del 6 agosto 2003 e nell'allegato II della direttiva 2002/49/CE.

Per quanto riguarda la linea Lucca-Aulla il livello di emissione della sorgente è stata ricavata dai dati raccolti nel punto di misura Pa in corrispondenza del quale è stato possibile rilevare l'emissione dei convogli transitati nella giornata di misura. I dati ricavati sono riassunti nella tabella seguente e sono in accordo con il numero di transiti desunti dall'orario ferroviario. La tipologia di treno è stata determinata in funzione dei parametri acustici e non influenza il livello di emissione che nel modello è stato inserito come valore complessivo.

Per quanto riguarda la linea ferroviaria Lucca-Firenze il numero di convogli passeggeri è stato desunto dall'orario ferroviario 45 treni passeggeri in periodo diurno e di 2 treni in periodo notturno, mentre quello dei treni merci il traffico è quello diretto alla attività locali ed alla linea Lucca-Aulla è stato pertanto ipotizzato un numero di convogli pari al triplo di quello rilevato nella misura Pa.

Per quanto riguarda lunghezze e velocità i treni passeggeri sono stati ipotizzati convogli della lunghezza di circa 200 m in transito alla velocità di 80 km/h, i treni merci sono stati ipotizzati più lunghi 350 m con

la stessa velocità di transito, in entrambi i casi è stato considerato un rallentamento in avvicinamento alla stazione.

Tab.6.6 - Elenco treni rilevati misura Pa.

Tipologia di treno ipotizzata	Ora passaggio	Durata [s]	LMax	SEL
Passeggeri	13:36	19	72,5	78,9
Passeggeri	14:18	12	72,6	78,7
Passeggeri	14:41	18	71,6	78,6
Merci	16:02	30	80,0	88,1
Merci	18:08	22	76,2	82,1
Passeggeri	18:26	25	73,2	80,8
Passeggeri	19:45	21	72,1	79,3
Merci	20:34	24	78,9	76,2
Passeggeri	20:53	19	72,1	79,4
Merci	21:14	27	77,0	84,2
Merci	21:46	29	78,4	83,8
Merci	1:29	14	77,5	83,5
Merci	5:45	25	77,1	83,4
Passeggeri	6:08	25	74,2	79,2
Passeggeri	7:03	23	72,5	79,5
Merci	8:06	17	78,5	84,7
Passeggeri	8:40	17	71,3	77,9
Merci	9:19	17	77,1	82,3
Merci	9:23	19	73,8	81,9
Merci	9:55	25	80,0	88,6
Passeggeri	10:25	15	75,0	82,9
Merci	11:39	15	72,0	79,1

possono essere rappresentativi dell'area di studio per quanto riguarda le zone solo marginalmente interessate dalle sorgenti considerate.

6.5.4 OROGRAFIA

L'andamento del suolo influenza la trasmissione del rumore sia direttamente per possibili effetti di schermo e riflessione che determinando il livello di attenuazione del suolo, che dipende dall'andamento orografico incontrato dall'onda sonora nel suo viaggio tra sorgente e ricettore. Al fine di considerare questo effetto è stata implementata nel modello un'orografia semplificata dell'area che considera sia l'andamento della quota del piano campagna che la presenza di ostacoli (argini, terrapieni, ecc..)

6.6 VERIFICA DEL MODELLO DELLA STATO DI FATTO

Al fine di verificare la correttezza dei risultati del modello è stata effettuata la simulazione dello stato di fatto considerando come ricettori i punti di misura della durata di 24 ore sia della campagna di misure del 2005 che quella del 2012. In tab.6.7 sono rappresentati i dati ottenuti dal modello confrontati con i valori ottenuti dall'analisi delle rilevazioni effettuate.

Gli scostamenti si mantengono entro 1,5 dB(A) in tutti i casi, valore che considerando l'ampiezza dell'area di indagine, la caratterizzazione del clima acustico principalmente con sorgenti stradali e ferroviarie e la distanza temporale notevole tra le due campagne di misure conferma la buona corrispondenza tra modello e clima acustico dell'area; premessa necessaria per assicurare la correttezza della previsione dello stato di progetto.

Si evidenzia che lo scostamento individuato non garantisce che in ogni punto dell'area di studio lo scostamento tra modello ed effettivo clima acustico non sia superiore, in particolare per la possibile presenza di sorgenti sonore locali, ma permette di affermare che nelle condizioni in cui il clima è sostanzialmente determinato dalle sorgenti considerate il modello rappresenta una valutazione attendibile della rumorosità. Tale requisito risulta evidentemente rispettato in tutte quelle condizioni ove risulti necessario intervenire con mitigazioni acustiche rispetto al progetto in indagine.

Il modello realizzato è pertanto adeguato all'individuazione ed al dimensionamento delle criticità acustiche dovute al sistema tangenziale di Lucca, mentre risulta meno accurato nella caratterizzazione acustica complessiva del livello di rumore, che d'altra parte non è tra gli obiettivi del presente studio.

6.5.3 ALTRE SORGENTI

Nel modello sono state inserite alcune altre sorgenti di differente tipologia:

- Imbocco est e ovest del sottopasso Nottolini, l'emissione è stata determinata con l'algoritmo implementato individuato nello studio (*K. Takagi et.al., Prediction of Road Traffic Noise around Tunnel Mouth Proc. Internoise 2000, pp3099-3104*) per il quale nel modello è stato inserito uno specifico modulo di calcolo.
- Rumore di fondo industriale, in corrispondenza dei principali poli produttivi sono state inserite delle sorgenti areali alla quota di 3,0m con emissione pari a dB(A)/mq in periodo diurno e a dB(A)/mq in periodo notturno. Valori tipo di aree industriali ed in buon accordo con i livelli di rumore di fondo rilevato nella campagna di misure
- La misura in P4, sita in una casa isolata e silenziosa ha permesso di individuare il livello di rumore di fondo diffuso in 44,5 dB(A) in periodo diurno e 39,5 dB(A) in periodo notturno, livelli che

Tab.6.7 - Confronto tra i valori ottenuti dal modello e quelli misurati.

punto di misura	Livelli misurati		Livelli calcolati	
	Day	Night	Day	Night
P1	67,4	61,8	68,2	61,9
P2	67,8	64,9	67,3	61,9
P3	64,1	56,0	63,7	55,7
P4	51,4	45,3	52,8	45,5
P5	64,1	58,3	65,3	57,8
P6	67,4	62,4	67,3	61,7
P7	72,1	64,7	72,3	63,7
Pa	58,3	49,3	59,6	50,4
Pb	63,1	58,5	64,2	58,9
Pc	63,8	55,2	62,6	55,2

6.7 IMPATTO ACUSTICO NELLO STATO DI PROGETTO

La valutazione previsionale post-operam è stata eseguita dopo: avere modificato lo scenario delle sorgenti emittenti stradali, inserito i dati di traffico previsti e preso in considerazione le modifiche all'orografie e la demolizione di alcuni fabbricati.

I risultati ottenuti sono stati riportati nelle tabelle A e B dell'Allegato 1 che riportano tre differenti colonne di dati.

La tabella A relativa all'intero tracciato (ad eccezione del Cavalcaferrovia LU_FI) riporta i risultati del clima acustico ante-operam nella prima colonna, e nelle successive la condizione di progetto:

- Leq fascia, per tutti i ricettori all'interno della fascia di pertinenza stradale del opera in progetto la pressione sonora parziale legata all'emissione del solo sistema stradale. Principale parametro per l'individuazione della necessità di intervenire con opere di mitigazione;
- Leq Zona, livello di rumore dovuto a tutte le sorgenti che non inducono sul ricettore alcuna fascia di pertinenza acustica. Valore da confrontare con il limite di zona, ma necessario alla verifica dell'infrastruttura n progetto solo al di fuori della fascia di pertinenza;
- Leq Totale, livello di rumore dovuto a tutte le sorgenti considerate. Valore che permette di verificare l'effetto dell'opera in progetto rispetto al clima nello stato di fatto.

La tabella B riporta invece i risultati per i ricettori compresi nella fascia di 250 m relativi al Cavalcaferrovia LU-FI, e come esposto ampiamente nel paragr.6.3 sono riportati i valori nello stato di progetto considerando la sola emissione dell'infrastruttura.

I risultati sono inoltre rappresentati attraverso planimetrie che rappresentano l'andamento del Leq diurno e notturno con curve di isolivello ad intervalli di 5,0 dB(A). I dati sono stati calcolati a 4,0m di altezza dal suolo quota che rappresenta inoltre la condizione prevista ai sensi del DM 16/03/1998.

Analizzando statisticamente i ricettori presi in considerazione nella condizione ante operam e post-operam si ottengono i valori riportati di seguito in tab.6.8.

Tab.6.8 - Differenza tra clima acustico medio diurno e notturno nello stato di fatto e progetto (SdF-SdP).

Meno rumore nella condizione di progetto					Maggiore rumore nella condizione di progetto				
<-10	-10÷-5	-5÷-3	-3÷-1	-1÷1	1÷3	3÷5	5÷10	10÷15	>15
0,5%	1,2%	2,4%	7,5%	32,5%	26,0%	10,9%	12,8%	5,0%	1,4%

I risultati esposti permettono di trarre alcune considerazioni generali:

- nonostante il citato aumento del traffico medio complessivo nel 2028 per 1/3 dei ricettori il livello di rumorosità sostanzialmente invariato nei due casi considerati;
- la ridistribuzione del traffico permessa dalla nuova infrastruttura assicurerà una diminuzione non solo nell'area urbana che dovrebbe risultare meno trafficata ma anche in corrispondenza di una parte non trascurabile (11,5%) dei ricettori all'interno dell'area di studio;
- i ricettori per i quali nella condizione di progetto senza mitigazioni è previsto un aumento della rumorosità si distribuiscono in un ampio spettro di differenze dovute principalmente al livello di silenziosità dell'area nella condizione ante operam.

Si riportano di seguito alcune valutazioni di tipo generale che hanno indirizzato la localizzazione degli interventi di mitigazione:

- per la gran parte di fabbricati che si affacciano sulla SS 12 si verificano superamenti anche sostanziali dei valori limite, senza però evidenziare grosse variazioni rispetto lo stato di fatto;
- i fabbricati a distanza inferiore o comunque prossima a 50m dall'asse Nord-Sud presentano spesso valori superiori ai limiti;
- nei pressi della intersezione a raso Lucca Est si rileva un incremento dei superamenti dovuto alla concorsualità con la fascia di pertinenza dell'autostrada ed la conseguente riduzione del valore limite;
- l'attraversamento di Capannori in corrispondenza dell'attuale tracciato della SP Romana presenta criticità a causa della vicinanza dei fabbricati alla strada.

- i due ricettori sensibili L697 e L699, al di fuori della fascia di pertinenza sono caratterizzati da livelli di clima superiori ai limiti di prima classe, ma in entrambi la componente dovuta alle infrastrutture in progetto è influente rispetto alla definizione del clima acustico del ricettore.

6.8 DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

I dati raccolti hanno permesso non solo di individuare i fabbricati per i quali è necessario prevedere un intervento di mitigazione ma anche di individuare la tipologia di intervento ottimale considerando non solo l'attenuazione sonora ma anche l'impatto paesaggistico, la funzionalità ed il rapporto costi/benefici.

Le tipologie di interventi individuati sono di seguito brevemente descritte.

6.8.1 ASFALTO BASSO EMISSIVO

L'asfalto previsto tipo "Asphalt Rubber Open Grade" abbina l'effetto di attenuazione del rumore di rotolamento dovuto alla presenza di polverino di gomma nel conglomerato bituminoso all'effetto fonoassorbente dovuto alla superficie porosa. Questo doppio effetto permette di garantire buone prestazioni anche a basse velocità che aumentano all'aumentare della stessa. Nella tab.6.9 che segue si riportano i valori minimi di attenuazione ricavati dalle misure individuati per ciascuna classe di velocità, tali valori sono stati utilizzati nel modello.

Tab.6.9 – Valori minimi di attenuazione ricavati dalle misure per classi di velocità.

Velocità [km/h]	30÷39	40÷49	50÷59	60÷69	70÷79	80÷89	90÷99
Riduzione emissione dB(A)	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0	-6,5

6.8.2 BARRIERE ACUSTICHE

Rappresentano la soluzione che permette di assicurare la maggiore attenuazione sonora ma determinano un importante impatto visivo che evidenti difficoltà realizzative in alcuni tratti in cui l'asse in progetto coincide con quello stradale esistente a causa sia della vicinanza di alcuni edifici che per la presenza di molti accessi diretti. Il dimensionamento ha tenuto conto esclusivamente della lunghezza e dell'altezza dell'opera considerando una distanza dal bordo stradale di 1,0m senza vincolare il tipo di materiale che sarà scelto per meglio adattarsi al contesto. Unica prestazione aggiuntiva considerata è la capacità riflettente lato strada della barriera denominando:

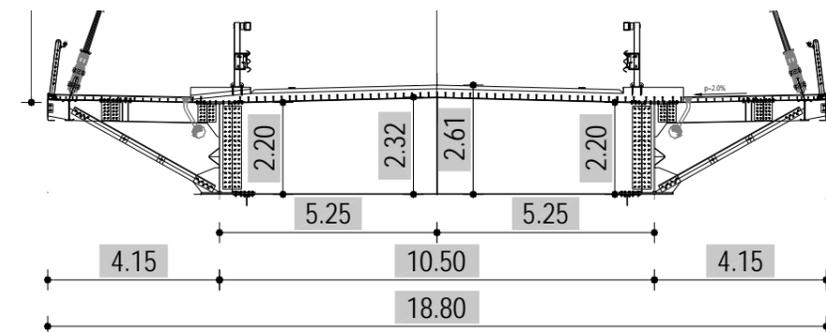
- "Fonoassorbente" una barriera in grado di garantire un coefficiente di assorbimento acustico non inferiore $\alpha_w > 0.7$. inoltre La barriera nel suo complesso dovrà garantire un potere fonoisolante $R_w \geq 25$ dB;
- "Fonoisolante" una barriera per la quale l'unica prestazione richiesta è una adeguata capacità fonoisolante che nel suo complesso dovrà risultare $R_w \geq 25$ dB.

L'altezza delle barriere è stata calcolata rispetto al piano stradale.

6.8.3 INTERVENTI SULLA SEZIONE STRADALE DEL CAVALCAFERROVIA LU-FI

Il cavalcaferrovia LU-FI è caratterizzato dalla sezione riportata di seguito in figura che prevede, un parapetto a lato del marciapiede, tale elemento può essere utilmente sfruttato dal punto di vista acustico purchè la realizzazione preveda un elemento continuo in grado di garantire un indice di potere fonoisolante $R_w \geq 15$ dB e con altezza di 1,5m.

Fig.6.2 - Sezione tipo Cavalcaferrovia con indicazione del parapetto.



6.8.4 INTERVENTI DIRETTI SUI RICETTORI

Nei casi in cui le soluzioni ipotizzate non risultassero percorribili o sufficienti si interviene direttamente sul ricettore. Al fine di garantire in queste condizioni il rispetto del limite interno del DPR 142/04 a finestre chiuse sarà necessario garantire:

- indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata per le facciate esposte non inferiore a **D2m,nT,w ≥ 35 dB**. Si evidenzia come il livello richiesto non sia particolarmente elevato, risulta infatti decisamente inferiore al limite minimo di 40 dB stabilito dal DPCM 5-12-97 per le nuove costruzioni;

- realizzazione di un sistema in grado di garantire un'adeguata ventilazione dei locali anche a finestre chiuse.

Si tratta di edifici che si affacciano direttamente sulla SS12 e per i quali la realizzazione di una barriera acustica risulta difficoltosa e l'effetto dell'asfalto fonoassorbente non è sufficiente a causa della ridotta distanza. I ricettori per cui si prevede l'intervento diretto sono elencati nella tab.6.10 seguente.

Tab.6.10 - Elenco dei ricettori che prevedono interventi diretti.

Ricettore	Piani su cui intervenire	Facciate su cui intervenire	Ricettore	Piani su cui intervenire	Facciate su cui intervenire
C424	Tutti	Nord, Est, Sud	L227	Tutti	Nord, Ovest, Sud
L063	Tutti	Nord, Ovest, Sud	L228	Tutti	Nord, Ovest, Sud
L186	Tutti	Nord, Ovest, Sud	L246	Tutti	Ovest
L202	Tutti	Nord, Ovest, Sud	L261	P.T/P.1°/P2°	Nord, Ovest, Sud



In tutti i casi in esame il raggiungimento degli obiettivi sarà garantito dai seguenti interventi:

- Sostituzione delle finestre che si affacciano su locali di vita con infissi in grado di garantire un potere fonoisolante vetro telaio $R_w \geq 35$ dB.
- Inserimento nei locali di griglie di aspirazione silenziate integrate negli infissi in grado di garantire un l'indice di isolamento acustico di piccoli elementi ($D_{n,e,w} \geq 38$ dB. Un esempio di dispositivo è rappresentato di seguito in figura.
- Inserimento di uno o più estrattori con bocchette autoregolabili, normalmente in corrispondenza dei locali più umidi (bagni, cucina) ma in ogni caso con espulsione sulla copertura (ad esempio utilizzando la cappa cucina) o su una delle facciate da non trattare. Nel caso in cui questa possibilità non sia perseguibile sarà necessario adottare un silenziamento anche in espulsione.

Il dimensionamento della sezione di aspirazione e del numero di estrattori dovrà essere calcolato in modo da garantire la ventilazione minima.

Si evidenzia che il livello di isolamento richiesto dalla facciata è inferiore al limite minimo fissato dal DPCM 5-12-97, pertanto qualunque fabbricato che abbia subito sostituzione degli infissi successivamente a quella data dovrebbe già garantire il livello minimo di isolamento richiesto.

Per via iterativa è stato possibile ottimizzare la soluzione di mitigazione che viene descritta di seguito:

- La pavimentazione con asfalto basso-emissivo, è stata prevista, nei seguenti tratti stradali:
 - Adeguamento SS 12 per tutta la lunghezza compresa la rotatoria di intersezione con l'Asse Nord-Sud;
 - Asse Nord-Sud tra le progressive 0+000 ÷ 2+100;
 - Intersezione a raso di Antraccoli;
 - Asse Ovest-Est alle seguenti progressive:
 - rotatoria intersezione a raso di Lucca Est (compresa) ÷ 0+400;
 - 1+875÷2+035;
 - 5+900÷ fine asse di progetto.
 - Asse Est-Ovest dall'inizio fino all'inizio della rotatoria esistente (3+000);
 - Opera Connessa nei seguenti tratti:
 - adeguamento di via Sottomonte tra le rotatorie 1 e 2 escluse;
 - progressiva 1+850 alla rotatoria con via del Casalino;
 - Cavalcaferrovia LU-FI per tutta la lunghezza dell'intervento.
- Realizzazione delle barriere acustiche elencate nella tab.6.11.

Tab.6.11 - Elenco delle barriere acustiche previste

Codice	Asse Stradale	Progressive		Lunghezza	Altezza	Tipo	Lato
		Inizio	fine				
Ba1	SS.12	0+240	0+285	45	3,0	Fonoassorbente	E
Ba2	SS.12	1+030	1+050	20	3,5	Fonoisolante	E
		1+050	1+075	25	2,5	Fonoisolante	E
Ba3	SS.12	1+270	1+350	80	2,5	Fonoisolante	E
Ba4	SS.12	2+155	2+180	25	2,5	Fonoisolante	E
Bb1	Nord-Sud	2+365	2+415	50	2,0	Fonoisolante	E
Bb2	Nord-Sud	3+170	3+270	100	2,0	Fonoassorbente	O
Bb3	Nord-Sud	3+210	3+350	140	2,0	Fonoassorbente	E
Bb4	Nord-Sud	3+900	4+030	130	2,0	Fonoisolante	E
Bb5	Nord-Sud	4+100	4+365	265	2,0	Fonoassorbente	E
Bc1	Ovest-Est	0+655	Intersez. via Formica	40	2,0	Fonoisolante	N
	Ovest-Est	Intersez. via Formica	0+735	40	2,0	Fonoisolante	N

Codice	Asse Stradale	Progressive		Lunghezza	Altezza	Tipo	Lato
		Inizio	fine				
Bc2	Ovest-Est	3+000	3+085	85	5,0	Fonoassorbente	N
Bc3	Ovest-Est	3+115	3+185	70	2,0	Fonoisolante	S
Bca1	Intersezione Antraccoli	Strada privata	6+205	36	2,5	Fonoisolante	E
Bca2	Intersezione Antraccoli	6+254	6+268	14	3,5	Fonoassorbente	E
		6+269	6+303	34	3,5	Fonoassorbente	E
Bd1	Est-Ovest	1+445	1+490	45	2,0	Fonoisolante	N
Bd2	Est-Ovest	2+815	2+835	20	2,0	Fonoisolante	N
Be1	Opera connessa	3+580	3+630	50	3,0	Fonoassorbente	S
	Opera connessa	3+630	3+690	60	2,0	Fonoassorbente	S
Be2	Opera connessa	2+450	2+550	100	4,0	Fonoassorbente	O
	Opera connessa	2+550	2+650	100	5,0	Fonoassorbente	O

- Realizzazione di un parapetto come descritto al paragr.6.8.3 almeno sul lato nord del cavalcaferrovia LU-FI tra le progressive 0+045 e 0+340. La simulazione ha tenuto conto dell'intervento in modo simmetrico su entrambi, condizione che rispetto a quella del solo lato nord risulta più critica per i ricettori residenziali più esposti.
- Interventi diretti in corrispondenza dei ricettori elencati in tabella, si tratta di edifici che si affacciano direttamente sulla SS12 per i quali la realizzazione di una barriera acustica risulta difficoltosa e l'effetto dell'asfalto fonoassorbente non è sufficiente a causa della ridotta distanza.

Tab.6.12 - Elenco dei ricettori che prevedono interventi diretti.

Ricettore	Piani su cui intervenire	Facciate su cui intervenire	Ricettore	Piani su cui intervenire	Facciate su cui intervenire
C424	Tutti	Nord, Est, Sud	L227	Tutti	Nord, Ovest, Sud
L063	Tutti	Nord, Ovest, Sud	L228	Tutti	Nord, Ovest, Sud
L186	Tutti	Nord, Ovest, Sud	L246	Tutti	Ovest
L202	Tutti	Nord, Ovest, Sud	L261	P.T/P.1°/P2°	Nord, Ovest, Sud

I risultati previsti anche nella condizione mitigata individuata sono riportati secondo la medesima metodologia già descritta al punto precedente per le altre situazioni. Riportato in Allegato 1 i risultati numerici e nelle mappe l'andamento dell'Leq diurno e notturno a 4,0m dal suolo.

6.9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La valutazione previsionale di impatto acustico conseguente alla realizzazione del nuovo Sistema Tangenziale di Lucca ha evidenziato come la diversa distribuzione del traffico comporti necessariamente una diversa distribuzione anche dei livelli di rumore presente. Conseguentemente vi saranno aree nelle quali il rumore diminuirà ed aree che invece saranno interessate da incremento del rumore; complessivamente il clima acustico presente nelle aree abitate andrà a diminuire. Questo sia per effetto della decongestione delle strade cittadine che per la prevista realizzazione di interventi di mitigazione acustica (barriere e asfalto basso-emissivo).

Per i ricettori, per i quali non è possibile assicurare attenuazioni in grado di garantire il rispetto dei limiti prescritti in ambiente esterno tabella 87, si dovrà in ogni caso procedere ad interventi di potenziamento dell'isolamento acustico dell'edificio ai sensi del comma 2 dell'art.6 del DPR 142/04. In tutti i casi individuati comunque gli interventi proposti permetteranno comunque di limitare il livello di rumorosità esterno.

Si ricorda comunque che la condizione valutata risulta gravosa in quanto ha considerato il traffico previsto nel 2028 senza tenere in conto la probabile riduzione del livello medio di emissione dei veicoli come meglio esposto al paragr.6.5.1.

7 COMPONENTE VIBRAZIONI

7.1 PREMESSA

Il livello di vibrazione determinato nello spazio circostante da una sorgente eccitatrice è funzione della tipologia di sorgente e di una serie di attenuazioni dipendenti dalla forma della sorgente e dal tipo di onda considerata, dall'assorbimento del terreno, dall'eventuale presenza di discontinuità nello stesso e dal passaggio delle sollecitazioni dal terreno alle fondazioni.

La propagazione nel corpo dell'edificio è determinante sia per gli abitanti che per le strutture in quanto pavimenti, pareti e soffitti degli edifici sono soggetti a significative amplificazioni delle vibrazioni rispetto a quelle trasmesse dalle fondazioni.

Le vibrazioni sono in grado di determinare effetti indesiderati sulla popolazione esposta, sugli edifici e su alcune particolari attività industriali.

Il disturbo sulle persone, classificato come "annoyance", dipende in misura variabile dall'intensità e frequenza dell'evento disturbante e dal tipo di attività svolta. L'annoyance deriva dalla combinazione di effetti che coinvolgono la percezione uditiva e la percezione tattile delle vibrazioni. Gli effetti sulle persone sono estesi all'intero corpo e possono essere ricondotti genericamente ad un aumento dello stress, con conseguente attivazione di ripetute reazioni di orientamento e di adattamento, e con eventuale insorgenza o aggravamento di malattie ipertensive.

Le vibrazioni possono in alcune situazioni, od in presenza di caratteristiche di estrema suscettività strutturale o di elevati/prolungati livelli di sollecitazione dinamica, causare danni agli edifici. Tale situazioni si verificano tuttavia in corrispondenza di livelli di vibrazione notevoli, superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto ai livelli tipici dell'annoyance.

7.2 QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

Non esiste una norma quadro che regolamenti le vibrazioni e pertanto per verificare l'ammissibilità delle vibrazioni prodotte dal transito dei veicoli in sede stradale o dai cantieri per la costruzione delle strade si deve fare riferimento esclusivamente alla normativa tecnica che viene di seguito richiamata.

UNI 9614: valuta il disturbo associato alle vibrazioni di livello stazionario, il valore di accelerazione ponderato in frequenza viene confrontato con una serie di valori limite, dipendenti dal periodo di riferimento (giorno, dalle 7:00 alle 22:00, e notte, dalle 22:00 alle 7:00) e dalle destinazioni d'uso degli edifici.

Dato che gli effetti prodotti dalle vibrazioni sono differenti a seconda della frequenza delle accelerazioni, vanno impiegati dei filtri che ponderano le accelerazioni a seconda del loro effetto sul soggetto esposto.

Nell'Appendice della norma UNI 9614, che non costituisce parte integrante della norma, si indica che la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante deve avvenire confrontando i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, o i corrispondenti livelli più elevati riscontrati sui tre assi, con i valori limite riportati in apposite tabelle.

Quando i valori o i livelli delle vibrazioni in esame superano i limiti, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto.

UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", riguarda i danni agli edifici determinati dalle vibrazioni norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 e in cui viene richiamata. Essa fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

Altro scopo della norma è di ottenere dati comparabili sulle caratteristiche delle vibrazioni rilevate in tempi diversi su uno stesso edificio, o su edifici diversi a parità di sorgente di eccitazione, nonché di fornire criteri di valutazione degli effetti delle vibrazioni medesime.

La norma considera per semplicità gamme di frequenza variabili da 0.1 a 150 Hz. Tale intervallo interessa una grande casistica di edifici e di elementi strutturali di edifici sottoposti ad eccitazione naturale (vento, terremoti, ecc.) nonché ad eccitazioni causate dall'uomo (traffico, attività di costruzione, ecc.). In alcuni casi l'intervallo di frequenza delle vibrazioni può essere più ampio ma tuttavia le eccitazioni con contenuto in frequenza superiore a 150 Hz non sono tali da influenzare significativamente la risposta dell'edificio.

L'Appendice A della UNI 9916 contiene una guida semplificata per la classificazione degli edifici secondo la loro probabile reazione alle vibrazioni meccaniche trasmesse attraverso il terreno. La classificazione degli edifici è basata sulla loro resistenza strutturale alle vibrazioni oltre che sulla tolleranza degli effetti vibratorii sugli edifici in ragione del loro valore architettonico, archeologico e storico.

Il terreno viene classificato in sei classi: rocce non fessurate o rocce molto solide, leggermente fessurate o sabbie cementate (Tipo a); terreni compattati a stratificazione orizzontale (Tipo b); terreni poco compattati a stratificazione orizzontale (Tipo c); piani inclinati, con superficie di scorrimento potenziale (Tipo d); terreni granulari, sabbie, ghiaie (senza coesione) e argille coesive sature (Tipo e) e materiale di riporto (Tipo f).

L'Appendice B contiene i criteri di accettabilità dei livelli delle vibrazioni con riferimento alla DIN 4150 e al Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 24 gennaio 1986 "Norme tecniche relative alle costruzioni in zona sismica." La parte 3 della DIN 4150 indica le velocità massime ammissibili per vibrazioni transitorie:

sull'edificio (nel suo complesso); sui pavimenti ($v < 20$ mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione e le velocità massime ammissibili per vibrazioni stazionarie; sull'edificio nel suo complesso ($v < 5$ mm/s in direzione orizzontale misurata all'ultimo piano); sui pavimenti ($v < 10$ mm/s in direzione verticale nel punto di massima vibrazione).

Tab.7.1 - Velocità massime ammissibili (Norma UNI 9916).

Cat.	Tipi di strutture	Velocità di vibrazione in mm/s			
		Misura alla fondazione			Misura al pavimento Dell'ultimo piano
		< 10 Hz	10÷50 Hz	50÷100 Hz	Frequenze diverse
1	Edifici commerciali, edifici industriali e simili	20	20÷40	40÷50	40
2	Edifici residenziali e simili	5	5÷15	15÷20	15
3	Strutture particolarmente sensibili alle vibrazioni non rientranti nelle categorie precedenti e di grande valore intrinseco	3	3÷8	8÷10	8

La ISO 4866 fornisce infine una classificazione degli effetti di danno a carico delle strutture secondo tre livelli:

- Danno di soglia: formazione di fessure filiformi sulle superfici dei muri a secco o accrescimento di fessure già esistenti sulle superfici in gesso o sulle superfici di muri a secco; inoltre formazioni di fessure filiformi nei giunti di malta delle costruzioni in muratura di mattoni. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata, con frequenze maggiori di 4 Hz e velocità di vibrazione di 4÷50 mm/s, e per vibrazioni continue, con velocità 2÷5 mm/s.
- Danno minore: formazione di fessure più aperte, distacco e caduta di gesso o di pezzi di intonaco dai muri; formazione di fessure in murature di mattoni. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata con frequenze superiori a 4 Hz nel campo di velocità vibrazionale compreso tra 20÷100 mm/s oppure per vibrazioni continue associate a velocità di 3÷10 mm/s.
- Danno maggiore: danneggiamento di elementi strutturali; fessure nei pilastri; aperture di giunti; serie di fessure nei blocchi di muratura. Possono verificarsi per vibrazioni di piccola durata con frequenze superiori a 4 Hz e velocità vibrazionale compresa tra 20÷200 mm/s oppure per vibrazioni continue associate a velocità di 5÷20 mm/s.

Disturbi da vibrazione prodotti dal traffico

I danni prodotti da vibrazioni indotti dal traffico stradale possono essere solamente danni da annoyance; essi sono ovviamente associati al transito dei mezzi pesanti, soprattutto alle basse frequenze. Gli effetti

dipendono dalla natura dei terreni di fondazione, sono generalmente contenuti entro brevi distanze dal tracciato.

I parametri che definiscono il livello di potenziale criticità della trasmissione delle vibrazioni indotte dall'esercizio dell'infrastruttura stradale, oltre che dalla tipologia costruttiva, possono dipendere dagli aspetti di seguito riassunti:

- caratteristiche geolitologiche dei terreni;
- tipologia dei ricettori;
- distanza dei ricettori dall'infrastruttura stradale di progetto.

Per quanto riguarda le caratteristiche geo-litologiche dei terreni, le vibrazioni che si propagano in terreni o rocce alterate, con un livello di addensamento medio-basso, hanno frequenze predominanti inferiori rispetto a quelle che, invece, si propagano in litotipi compatti rigidi, anche perché la dissipazione, nei primi, è superiore rispetto a quella dei secondi.

Per quanto riguarda i ricettori, invece, il loro livello di criticità è rappresentato dai seguenti fattori:

- tipologia del ricettore (ospedali, industrie di precisione, beni storico-archeologici, scuole, edifici residenziali a più piani, etc);
- distanza del ricettore dalla variante stradale di progetto;
- ubicazione morfologica rispetto al tracciato.

In termini generali gli effetti di disturbo delle vibrazioni si esauriscono a distanze inferiori a quelle di disturbo da rumore; le tipologie di terreni attraversati non determinano fenomeni di amplificazione delle vibrazioni.

I tratti viari di nuova edificazione sono collocati in aree caratterizzate da densità insediativa non elevata con presenza di edifici abitativi a uno o due piani fuori terra che comunque risultano essere a distanze superiori a 20m, distanza oltre la quale la dissipazione nel terreno dei livelli di accelerazione indotti dal traffico veicolare è tale da rendere trascurabile anche gli effetti di annoyance; inoltre non sono presenti ricettori sensibili, quali ospedali. Infine le modifiche alle infrastrutture viarie esistenti saranno tali da non determinare variazioni significative ai livelli di vibrazioni che attualmente sono trasmessi agli edifici esistenti.

8 COMPONENTE PAESAGGIO

8.1 METODOLOGIA DI LAVORO

L'articolazione della presente relazione è stata strutturata in riferimento ai seguenti atti normativi e legislazioni vigenti:

- *DPCM 27.12.1988;*
- *D. Lgs. N. 42/2004;*
- *Regione Toscana: Disposizioni in materia di valutazioni ambientali. Modifiche alla l.r. 10/2010, alla l.r. 49/1999, alla l.r. 56/2000, alla l.r. 61/2003 e alla l.r. 1/2005;*
- *Piano di Indirizzo Territoriale (PIT) della Toscana, approvato dal Consiglio regionale il 24 luglio 2007 con delibera n. 72 e pubblicato sul Burt n. 42 del 17 ottobre 2007;*
- *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Lucca, approvato con delibera del C.P. n. 189 del 13 dicembre 2000, e pubblicato sul B.U.R.T. n. 4 del 24 gennaio 2001;*
- *variante di adeguamento del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Lucca, ai sensi dell'art. 15 della L.R. 1/2005 (procedimento di revisione avviato dalla Regione con delibera n.118 del 29/07/2010).*

Lo studio ante - operam della componente paesaggio, graficizzato nella *Carta dell'Assetto del Paesaggio*¹⁴ e nella *Carta della Morfologia del Paesaggio e percezione visiva*, è stato svolto definendo tre livelli di analisi, specificatamente riconducibili ai seguenti aspetti principali:

- Lettura del contesto d'indagine;
- Analisi dei principali caratteri ed elementi del paesaggio;
- Caratterizzazione percettiva: struttura visiva dell'ambito paesaggistico di riferimento e componenti della percezione visiva *dell'Opera e dall'Opera*;

Al termine dell'analisi ante - operam sono state analizzate le potenziali interferenze indotte dall'intervento, sia rispetto al nuovo tracciato che alle opere d'arte ad esso connesse, individuando i possibili interventi di mitigazione e di compensazione.

La fase di caratterizzazione "paesaggistica" dell'ambito territoriale interessato dalla realizzazione dell'opera - verificata attraverso l'analisi di fotografie aeree e sopralluoghi, integrata con le ampie analisi e indicazioni del PIT e del PTCP di Lucca - ha rappresentato il fondamentale strumento di conoscenza e di descrizione "aggregata" dei caratteri fisici, socio - culturali e paesistici dell'ambito esaminato.

La necessità metodologica d'individuazione di questi elementi strutturali è essenzialmente finalizzata a rispondere a due tipi d'esigenze. La prima è di descrivere ed interpretare il paesaggio, inteso non come semplice sommatoria di elementi, ma come unità sistemica mutevole e dinamica, al fine di individuarne i caratteri e le valenze che possano evidenziare le potenzialità di trasformazione e di sviluppo. La seconda esigenza deriva dalla necessità di supportare ed organizzare il passaggio metodologico dalla lettura/interpretazione alla restituzione/trasmisione dei significati e dei valori del paesaggio in funzione degli obiettivi assunti per la salvaguardia e la tutela del contesto territoriale.

Lo studio della componente Paesaggio è stato, dunque, svolto attraverso l'individuazione degli ambiti paesaggistici presenti e successivamente attraverso l'analisi dei loro elementi caratterizzanti, potenzialmente sensibili all'inserimento dell'intervento oggetto dello studio.

L'approccio seguito è, quindi, quello di un percorso che, partendo dalla definizione di quadri paesistici complessivi, definisce gli elementi di connotazione degli ambienti d'interesse per l'inserimento del progetto in esame, attraverso la ricomposizione unitaria dei valori e delle peculiarità naturali ed antropiche.

In tal senso il paesaggio è stato inteso come contesto territoriale in cui caratteri derivano dalla natura, dalla storia umana o dalle reciproche interrelazioni" (Codice dei Beni culturali e del Paesaggio D.Lgs. 22/01/2004 n.42).

Tale complesso e dinamico sistema necessita di essere distinto ed interpretato secondo tipi e caratteri riconducibili ad unità in grado di rappresentare e descrivere gli aspetti geografici del paesaggio nella loro espressione sia di individualità territoriale che di *iconemi* intesi, secondo la definizione del geografo Eugenio Turri, come *l'unità elementare di percezione, come segno interno di un sistema organico di segni, come parte che esprime il tutto o che lo esprime come funzione gerarchica primaria, sia perché elemento che meglio d'altri incarna il genius loci di un territorio sia perché riferimento visivo di forte carica semantica del rapporto culturale che una società stabilisce col proprio territorio* (Turri, 1998).

La prima fase di caratterizzazione geografica e percettiva dei diversi ambiti territoriali, effettuata attraverso l'acquisizione dei dati esistenti in bibliografia e nella pianificazione territoriale, verificati attraverso l'analisi di fotografie aeree e sopralluoghi, rappresenta il fondamentale strumento di conoscenza e di descrizione "aggregata" dei caratteri fisici, socio - culturali e paesistici dell'ambito esaminato.

Il ricorso alla caratterizzazione d'ambienti territoriali omogenei e caratteristici, definiti in base a diverse componenti e parametri, definisce, nella descrizione del paesaggio, un'operazione complessa di analisi e

¹⁴ Fonti: www.atlanteitaliano.it, Piani Strutturali dei comuni di Lucca e di Capannoni, Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Lucca.

sintesi compiuta in funzione dei caratteri, delle peculiarità di funzionamento e delle relazioni tra i diversi elementi del territorio.

La necessità metodologica d'individuazione di questi ambiti è essenzialmente finalizzata a rispondere a due tipi d'esigenze.

La prima è di descrivere ed interpretare il paesaggio, inteso non come semplice sommatoria d'elementi, ma come unità sistemica, mutevole e dinamica, al fine di individuarne i caratteri e le valenze che possano evidenziare le potenzialità di trasformazione e di sviluppo.

La seconda deriva dalla necessità di supportare ed organizzare il passaggio metodologico dalla lettura/interpretazione alla restituzione/trasmisione dei significati e dei valori del paesaggio in funzione degli obiettivi assunti per la salvaguardia e la tutela del contesto territoriale.

Nella fase d'analisi morfologica dell'area è stata effettuata la rilevazione della forma del territorio attraverso l'individuazione degli elementi e delle componenti, che staticamente e dinamicamente la definiscono. Sono state quindi individuate le strutture organizzative - puntuali, lineari ed areali - che individuano i diversi ambiti, evidenziandone le origini storiche, le caratteristiche morfologiche e funzionali, nonché percettive, significative ai fini della lettura o meglio della conoscenza – dettagliata o intuitiva – del territorio.

La ricomposizione di tali elementi in unità di paesaggio ha permesso di definirne il ruolo nella struttura funzionale e percepita dell'ambito; su tale struttura s'innestano le significazioni e gli andamenti che da una parte spiegano la genesi territoriale, urbana e paesaggistica e dall'altra individuano i materiali e le dinamiche dei processi di trasformazione passati e in atto, nonché di quelli futuri.

L'obiettivo principale di quest'analisi è, infatti, quello di comprendere i meccanismi di formazione e trasformazione della struttura territoriale e dei suoi caratteri tipo-morfologici e, nello stesso tempo, di leggere le diverse preesistenze e persistenze, nel contesto di un quadro d'interdipendenze morfologiche e funzionali. Il suo risultato è la ricostruzione del processo di strutturazione antropica del territorio che, permettendo di riconoscere i caratteri della organizzazione antropica attuale, ne definisca il valore e sia propositivo per gli assetti futuri.

L'ultima fase di indagine ha preso in considerazione:

- struttura e componenti visive dell'ambito di riferimento;
- caratteristiche percettive dell'opera e dall'opera.

Con questa analisi il paesaggio è stato analizzato nella sua complessità, ecologica e culturale, attraverso sia lo studio della continuità percettiva che delle specificità visive dell'ambito.

L'indagine ha posto in evidenza gli elementi, i caratteri, le strutture e le relazioni del territorio che condizionano la visione e individuano quegli insiemi formali che si definiscono configurazioni visive.

Successivamente l'indagine ha colto e valutato i segni relativi ai vari sistemi costituenti il paesaggio, alle loro relazioni, alla loro evoluzione storica e, in generale, ai processi in atto, siano essi relativi alla dinamica naturale che a quella antropica. L'analisi percettiva, non ha riguardato, dunque solo gli aspetti fisiologicamente visivi della percezione, ma investe altresì quel processo di elaborazione mentale del dato percepito che costituisce la "percezione culturale", ossia il frutto di una interpretazione culturale della visione, sia a livello singolo che sociale.

Per quanto più specificatamente riferito all'aspetto della percezione visiva, va evidenziato che in generale, la realizzazione di un'infrastruttura altera le caratteristiche del territorio attraversato, determinando un impatto visivo su coloro che vivono nell'area o sono di passaggio. Ciò è dovuto al fatto che l'infrastruttura è un'opera umana inserita in un contesto naturale; quindi comprende elementi artificiali quali le diverse parti dell'opera, i materiali, l'illuminazione ed il traffico in movimento. Oppure, può risultare in contrasto con gli stessi caratteri antropici del paesaggio, consolidati lentamente nel corso dei secoli e divenuti parte integrante del paesaggio naturale. Di conseguenza, l'impatto visivo dipende dalle caratteristiche del paesaggio, naturale o antropizzato in cui l'opera si inserisce. Non è detto, tuttavia, che l'introduzione di un nuovo elemento nel quadro percepito debba essere considerato sempre un fattore negativo.

In ultimo, è stata riportata la ricognizione dei vincoli paesaggistici, intercettati dall'opera.

8.2 LETTURA DEL CONTESTO TERRITORIALE DI AREA VASTA

Il territorio della Provincia di Lucca è caratterizzato da una complessa variabilità morfologica ed ambientale, dovuta al suo estendersi tra l'Appennino e la costa Tirrenica, dove convivono entità territoriali quali:

- la catena montuosa delle Alpi Apuane, complesso eccezionale dal punto di vista geologico, ambientale e paesaggistico;
- il bacino del Serchio e l'omonimo sistema vallivo;
- una estesa pianura in corrispondenza della città di Lucca;
- la costa della Versilia, con realtà urbane consolidate (Viareggio, Pietrasanta, Camaiore) ed ambienti naturali e paesaggi complessi (parco di Migliarino, S.Rossore, Massaciuccoli, Parco delle Alpi Apuane).

Questa particolare e complessa caratterizzazione morfologica determina tre realtà distinte per caratteri

storici, geografici e morfologici :

- la Valle del Serchio;
- la Piana di Lucca;
- la Versilia.

Il bacino della Valle del Serchio rappresenta la parte più a nord del territorio provinciale e lo separa dalle Province di Pistoia , Modena, Reggio Emilia e Massa Carrara. Morfologicamente l'area ha caratteristiche tipicamente montane e si sviluppa attorno al corso del fiume Serchio e ai versanti appenninico e apuano che vi confluiscono . I due versanti montani si uniscono, oltre Piazza al Serchio, nell' Argegna e nel Passo dei Carpinelli.

I territori dell'Appennino e quello Apuano presentano profonde vallate trasversali con pendenze notevoli e cime montuose elevate.

L'intera valle è caratterizzata dal corso del fiume Serchio che costituisce un forte elemento identificativo non solo della stessa ma dell'intero territorio provinciale, infatti l'area di fondovalle è da sempre sottoposta all'asservimento del corso d'acqua alle varie esigenze umane e si susseguono zone ormai alterate ad altre ancora prevalentemente naturali.

Il fiume ha origine dall'incontro del ramo appenninico (Sillano) con quello apuano (Gramolazzo) nel territorio di Piazza al Serchio e nel tratto successivo, tra Camporgiano e l'area urbana di Castelnuovo Garfagnana , attraversa un paesaggio misto di una equilibrata presenza di attività umane e di territorio naturale. Superato Castelnuovo l'alveo risulta incassato e quasi scompare nella gola di Fosciandora .

Nel tratto mediano da Fornaci di Barga fino a Fornoli (dove il fiume riceve il Torrente Lima) troviamo concentrate lungo l'alveo molte attività produttive mentre permangono, soprattutto risalendo lungo gli affluenti ,dei corridoi naturali di collegamento tra il fondovalle ed i versanti, congiungendo il corso d'acqua con le aree boscate e con il territorio a prevalente naturalità .

Nel territorio di Borgo a Mozzano tra Decimo e Valdottavo il territorio urbano si sviluppa a ridosso dell'alveo ed alcune attività produttive si svolgono addirittura all'intero dello stesso , è questo il tratto fluviale dove si trova la maggior trasformazione dell'ambiente di fondovalle.

Superato Valdottavo il Serchio riassume gli aspetti naturali originari con fasce ripariali relativamente ampie ed in alcuni tratti scorre racchiuso tra i due rami della viabilità di fondovalle fino all'abitato di Ponte a Moriano, dove lascia il territorio della Valle del Serchio per attraversare la Piana di Lucca fino al confine di Provincia.

La Valle del Serchio è ricca di caratterizzazioni ambientali e naturalistiche così riassumibili:

- **il crinale ed il territorio a prevalente naturalità diffusa**, con articolazione e caratteristiche riferibili al territorio rurale:

- pascoli di alta quota, faggete sottostanti, castagneti;
- insediamenti temporanei per la pastorizia e con la gestione collettiva dei terreni (usi civili);
- riserve naturali (Pania di Corfino, Orrido di Botri);
- il Monte Argegna e la Valle del Torrente Lima;
- la dorsale apuana ed il sistema degli alpeggi della Pania;

- **il sistema collinare**, ampia fascia di territorio tra il fondovalle ed il castagneto dove si trovano gli insediamenti e le case sparse ed il territorio agricolo. Qui troviamo i terrazzamenti, le coltivazioni promiscue, i seminativi erborati, i castagneti da frutto ed i manufatti necessari per l'attività agricola (case, metati, mulini, stalle etc.).

- **il sistema fluviale del Serchio e della Lima.**

In questa estesa superficie Gli elementi caratteristici dell'area lucchese sono:

- **la piana alluvionale di Lucca** comprendente l'area urbanizzata di Lucca ed il fiume Serchio con il suo alveo, le aree golenali e quelle di pertinenza. Il paesaggio fluviale si caratterizza per gli imponenti argini, i corridoi verdi, le pioppete; da qui fino al confine di Provincia (Ripafratta) il fiume scorre all'interno di arginature artificiali e l'alveo è delimitato da terreni agricoli a conduzione intensiva. Superato Monte S.Quirico si sviluppa una zona di fasce ripariali estese che si alterna e fonde con pioppete e seminativi, oltre la golena, tra l'alveo ed il territorio urbano.
- **il territorio dell'alveo sotterraneo** originato dalla deviazione del fiume Serchio che da Marlia conduceva, attraversando la piana, fino al Bientina. L'influenza del fiume si manifesta ancora nella fisionomia e nella caratteristica dei luoghi, siamo in presenza di un valore ambientale ed ecologico che ancora si esprime con la presenza di particolari specie vegetali e di una rete di canali e fossi che rappresentano una unicità ed una peculiarità della piana lucchese;
- **le aree umide le paludi** presenti in vaste porzioni di territorio nella parte est e sud-est della piana . La più estesa è quella connessa all'ex-lago di Bientina che si incunea tra le colline del 4 Compitese e le parti rilevate di Altopascio. Presenta il caratteristico paesaggio delle terre di bonifica ed un sistema idrografico complesso che ha nel canale Rogio l'elemento più importante, si connette con l'area palustre di sottomonte e di Massa Macinaia. Nell'Altopascese è presente la riserva naturale del lago di Sibilla, una particolare area umida che rappresenta una singolarità ambientale;
- **il territorio di collina:** le aree collinari costituiscono una specie di anfiteatro attorno alla piana di Lucca rappresentandone certamente la parte con valore paesaggistico più importante. Tale valore è

ulteriormente enfatizzato dalla presenza delle famose "Ville Lucchesi" ma anche dei nuclei rurali, del sistema delle pievi, delle coltivazioni a vite ed olivo, dei terrazzamenti;

- **la collina di Montecarlo e Porcari** separata dalla suddetta zona collinare è caratterizzata dall'abitato di Montecarlo e dai sottostanti rilievi dolcemente degradanti con le coltivazioni di vite ed olivo;
- **i territori boscati delle Pizzorne e dei Monti Pisani** caratterizzati da ricca e fitta vegetazione con coltivazioni ad oliveto, con un insediamento umano ridotto, una notevole presenza di piccoli corsi d'acqua e da estesi boschi di castagno.

La Versilia è parte della estesa fascia costiera toscana ed ha continuità morfologica e funzionale con il territorio apuano a nord e , attraverso il Massaciuccoli e le pinete litoranee, con l'area pisana a sud .

Aspetti identificativi dell'area sono:

- **il territorio montano delle Alpi Apuane**, molto articolato e complesso, con solchi vallivi e cime elevate;
- **il territorio collinare** costituito da rilievi con caratteristiche simili al paesaggio tipicamente lucchese;
- **i territori vallivi** originati dai corsi d'acqua che scendono dalle Alpi Apuane : il fiume Versilia , il torrente Baccatoio ed il Luccese;
- **il territorio di pianura** della campagna urbanizzata individuabile nell'area pianeggiante tra l'autostrada e la collina con consolidata vocazione agricola (seminativi, colture orticole e floricole, serre);
- **il territorio della fascia costiera** tra il mare e l'asse autostradale interessato da processi di intensa trasformazione dovuti alle attività turistico-balneari e dalla cantieristica.

Nella parte meridionale della Versilia il territorio di pianura prende i connotati tipici delle aree bonificate, palustri ed umide, confluendo nel bacino lacustre del Massaciuccoli mentre la parte costiera presenta aspetti ambientali tipici della spiaggia e delle dune retrostanti .

8.3 IL CONTESTO PAESAGGISTICO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'ambito paesaggistico in cui ricade il tracciato stradale oggetto del presente studio è definito principalmente dal sistema territoriale della piana lucchese che comprende gli ambiti amministrativi dei comuni di Lucca, Capannori, Porcari, Montecarlo e Altopascio, più quello di Pescia (Pistoia), posto al margine nord occidentale dell'area e Castelfranco di Sotto (Pisa) al margine nord orientale.

L'ambito territoriale si presenta fundamentalmente articolato, così come evidenziato dalle relazioni del PTCP di Lucca, da sistemi paesaggistici omogenei fortemente legati alle caratteristiche morfologiche del territorio.

Con riferimento al citato elaborato (*Morfologia del Paesaggio e percezione visiva*), il contesto territoriale analizzato è composto da:

- sistema morfologico collinare dei Monti delle Pizzorne (4) e pedecollinare della Valdinievole (7), posti nel settore nord – orientale;
- sistema di Quiesa, Massarosa e dell'Oltreserchio (2), nella parte nord - occidentale;
- sistema dei monti Pisani (3), nella porzione meridionale;
- sistema della piana di Lucca (1);
- sistema collinare di Montecarlo e Porcari, nella parte orientale (5);
- sistema fondovalle del Serchio, nell'estremo settore nord.

La piana lucchese assume, in tal contesto, il ruolo di catalizzatore e di cerniera delle relazioni tra i diversi sistemi territoriali - ed economici sovracomunali quali quello dell'Arno, quello della costa e quello dell'Appennino.

Gli ambiti unitari (o unità di paesaggio) così definiti formalizzano un sistema paesaggistico con forti interdipendenze funzionali e percettive d'origine storica che relazionano i diversi sistemi e che strutturano il paesaggio della pianura alluvionale di Lucca.

I sub – ambiti territoriali individuati nell'area d'interesse dell'opera in progetto sono:

- l'area urbana di Lucca: costituita dal centro storico, all'interno della cinta muraria, dalla crescita urbana ottocentesca ordinata, disegnata e controllata nelle funzioni e dall'espansione recente, caratterizzata dalla progressiva perdita della forma urbana;
- il fiume Serchio e il suo intorno territoriale: comprendente oltre l'alveo e le aree golenali, le aree di pertinenza e quelle di tutela del paesaggio fluviale.

Il fiume Serchio¹⁵, per il suo andamento e per i diversi rapporti paesaggistici e ambientali che presenta lungo il suo corso, costituisce un forte elemento identificativo non solo della valle, ma dell'intero territorio provinciale e interprovinciale. Il basso corso del fiume, nel cui ambito s'inserisce il progetto oggetto del presente studio, è compreso tra l'insediamento di Ponte a Moriano fino al confine della Provincia lucchese con la pianura pisana, nella stretta di Ripafratta. Il fiume è l'elemento lineare forte che segna e connota,

¹⁵ Il Fiume Serchio nasce in diversi rami che si riuniscono a Piazza al Serchio. Il ramo principale (Serchio di Sillano) scende dal Passo Praderna (1.579 m.), a 320 m. forma il Lago artificiale di Ponte Cosi ed è sbarrato a Castelnuovo di Garfagnana e a borgo a Mozzano. Sfocia nel Mar Tirreno poco dopo Migliarino. Costeggiato dalla SS. 12 dell'Abetone e del Brennero) da Molina di Quosa a Bagni di Lucca, da qui fino a Piazza al Serchio, dalla SS. 445 (della Garfagnana), poi, fino alle origini dalla strada per Capanne di Sillano. Gli affluenti di sinistra del fiume sono: il torrente Ania, il torrente Camaiole, il torrente Castiglione, il torrente Cavezza di Verrucole, il torrente Corsonna e il torrente Fegana, il torrente Fiume, Rio Legara, il torrente Lima, il canale Ozzeri, il torrente Segone, il torrente Sillico. Gli affluenti di destra sono il torrente Edron, il torrente Pedogna, il torrente Turrite Cava, il torrente Turrite di Gallicano, il torrente Turrite Secca.

insieme all'altro elemento lineare legato all'acqua (acquedotto del Nottolini), la pianura di Lucca. Nel tratto urbano il fiume scorre all'interno d'arginature artificiali e, fino ai margini nord di Lucca, l'alveo si trova a contatto con terreni agricoli a conduzione intensiva localizzati soprattutto in riva destra. A monte di Ponte S. Quirico, quindi fuori dell'ambito cittadino, si sviluppano invece fasce ripariali profonde e massicce che si alternano e s'integrano con pioppeti e di seminativi posti, oltre l'area di golena, tra l'alveo e il territorio urbanizzato. Da Ponte S. Quirico al Ponte S. Pietro e fino al confine provinciale il fiume presenta una sezione trasversale composta dall'alveo, da fasce vegetazionali ripariali, da pioppeti e seminativi, per raccordarsi, in tangenza e in corrispondenza dell'ansa di Monte S. Quirico, con il sistema del verde degli spalti delle mura di Lucca;

- la piana delle corti, dei centri minori e dell'insediamento diffuso caratterizzata da insediamenti umani assai diffusi localizzati sull'orditura dell'assetto territoriale storico delle "corti" che, nel caso della loro evoluzione e trasformazione, hanno dato luogo a nuclei e centri abitati di una certa consistenza e densità. L'assetto della pianura, fino alla fine del secolo scorso, presentava, infatti, ancora integro il disegno di piccoli centri e nuclei diffusi sul territorio e collegati da una maglia viaria minuta d'antica formazione. Quest'assetto è rimasto riconoscibile e pressoché efficiente fino all'inizio degli anni '60; le trasformazioni successive hanno portato ad una dispersione della crescita nella "piana", che si è manifestata in modi omologanti e con tipologie edilizie estranee ai tessuti insediativi propri dell'area e soprattutto intorno alle "corti", che sono diventate così i nuclei funzionali e centrali anche dell'espansione recente. La crescita del sistema insediativo è avvenuta comunque prevalentemente sull'orditura della viabilità storica; il problema più evidente di questo ambito è infatti la forte frammentazione determinata dallo sviluppo urbano lungo il sistema viario principale e secondario. Questo ha determinato il formarsi di molte aree agricole intercluse, che rischiano di perdere la loro identità quando le dimensioni non sono più sufficienti ad evitare seri problemi di convivenza fra le aree urbane e l'attività agricola;

- le aree umide e paludi bonificate. Nel complesso quadro idrografico tracciato dalla presenza del fiume Serchio nella pianura di Lucca occupano un posto di particolare rilevanza le numerose aree soggette, naturalmente o artificialmente, alla permanenza di acqua che connotano vaste porzioni di territorio nei settori est e sud-est dell'area. La principale è la più estesa è quella connessa all'ex lago di Bientina sottoposta, dopo la deviazione del fiume Serchio, a opere di bonifica. Qui confluisce un sistema lineare di aree umide e palustri che, connesso ai corsi d'acqua (Ozzeri, Ozzeretto, Rogio), attraversa la pianura di Lucca fino a confluire in aree assai vicine all'area urbana di Lucca e in prossimità dell'Acquedotto del Nottolini a sud del centro urbano.

La fisionomia dell'ambito è segnata dalle canalizzazioni di drenaggio e di raccolta delle acque scandite dai moduli geometrici che distinguono quest'uso del suolo, che definiscono una forma di paesaggio – il paesaggio delle terre di bonifica – che tuttora mantiene i caratteri tipici della fisionomia palustre.

Forte influenza sull'area della piana ha il cosiddetto reticolo degli affluenti collinari. Posto nella parte orientale, segue la direzione delle acque dai versanti collinari Nord e Nord-Est delle Pizzorne per attraversare una vasta porzione di pianura che ha il suo riferimento nel nucleo di Porcari, fino a confluire nel Bientina. Questo insieme trasversale di corsi d'acqua origina il tema lineare del verde che accompagna i percorsi d'acqua che dalle alte aree boscate delle Pizzorne confluiscono nell'area palustre.

Le aree collinari costituiscono una specie di anfiteatro che si apre attorno alla pianura di Lucca. Questo territorio è caratterizzato dalla presenza capillare e diffusa della "villa lucchese" nella fascia pedecollinare e collinare. La villa, con la sua organizzazione di spazi di pertinenza (giardino e coltivi) ed annessi agricoli, costituisce, infatti, la matrice che identifica la forma storica del paesaggio lucchese. I tratti distintivi di questo territorio consistono inoltre nella morfologia del paesaggio agrario della vite e dell'olivo, prodotto dallo svolgimento d'attività agricole consolidate e che tuttora costituiscono una risorsa dell'area. Specificatamente la zona dei vigneti ed uliveti di Montecarlo e Capannori corrisponde all'ambito degli insediamenti storici del versante sud del massiccio delle Pizzorne e si sviluppa fino a comprendere il sistema insediativo storico delle ville lucchesi e del loro territorio, da S. Gennaro fino a Ponte a Moriano in comune di Lucca, interessando anche la collina di Porcari.

Si affacciano, inoltre, nel settore meridionale dell'area d'indagine (rientrano nella struttura territoriale dei Monti Pisani) i retroterra collinari delle ville lucchesi. Questi sono costituiti da quegli ambiti paesaggistici strettamente integrati al sistema collinare e pedecollinare afferente la piana di Lucca che, posti a quote più elevate o in corrispondenza di particolari condizioni orografiche, sono caratterizzati da scarsa o nulla presenza umana e s'identificano prevalentemente con le selve e il sistema boschivo.

Sono parti di territorio che s'integrano e compongono il quadro ambientale lucchese, talora sovrastando gli insediamenti delle ville, talora prolungandosi nei plessi delle ville stesse attraverso le aree boscate e i corsi d'acqua. Spesso le ville disponevano, infatti, oltre che di giardino e coltivi anche, a monte, di selve e boschi.

Nella Piana Lucchese, a parte il centro di Lucca¹⁶ – autentico motore urbano fin dall'epoca romana – i centri e i nuclei di più antica formazione, di tipo accentrato più o meno compatto, sono prevalentemente legati, da un lato, alla rete difensiva e di avvistamento del territorio che interessava prevalentemente i siti collinari più elevati, e, dall'altro, alle caratteristiche di fiorente produttività agricola dei terreni e quindi alla civiltà contadina che è continuata poi, nella tradizione dei successivi insediamenti lineari a corte legati strettamente alla produzione agricola di pianura. Di tali nuclei rurali restano integre solo sparute testimonianze, ma la loro matrice insediativa è uniformemente diffusa nella maggior parte delle numerose frazioni di pianura di Lucca e di Capannori.

I paesaggi agrari storicizzati, legati a questi insediamenti, fanno capo essenzialmente ad un tipo planiziario, discendente dalla centuriazione romana e che interessa la pianura umida, con sistemazioni idrauliche a rete storicamente stratificate.

Per contro, quelli collinari interessano, per lo più versanti ben esposti, con interventi di stabilizzazione dei terreni a terrazze o a ciglioni e con metodologie largamente diffuse che hanno origine in epoca romana e poi medievale.

L'organizzazione storica dell'intero territorio analizzato, gravitante intorno a Lucca è tuttora percepibile anche attraverso gli insediamenti lineari che, lungo la viabilità d'antica formazione, si dipartono in forma radiale dalla cinta muraria cittadina e s'inoltrano nella campagna circostante fino ad innestarsi in una trama viaria capillare, al servizio dell'insediamento diffuso. Come già evidenziato, di notevole interesse sono le residue testimonianze architettoniche ancora ben conservate della civiltà contadina, anch'esse diverse nei tipi edilizi legati alle caratteristiche dei luoghi, dalla tipica corte lucchese al tipo ad altane presente nella Valle del Serchio. Il sistema delle corti assume quindi un grande peso territoriale anche sotto il profilo paesaggistico complessivo e insieme alla villa lucchese e alle pievanie, ha profondamente inciso sugli assetti agrari sia della pianura che delle colline.

La pianura è, infatti, fortemente interessata dalla presenza d'elementi religiosi attorno ai quali si sono spesso strutturati le organizzazioni agricole fondiarie e successivamente gli elementi urbani. Tra queste si

¹⁶ La città di Lucca, colonia latina risalente al 180 a. C., divenne capitale del più importante ducato della Toscana sotto il Regno dei Longobardi, sede di un *dux-iudex* (duca-giudice) che aveva giurisdizione su un vastissimo territorio. Alla fine del X secolo la città era la capitale del vasto marchesato di Toscana. Dal secolo XI la lenta dissoluzione del marchesato fu accompagnata dalla sempre maggiore autonomia delle singole città. Nel 1369, con la riacquisizione della libertà dopo un periodo di varie dominazioni straniere, Lucca si dette un nuovo statuto repubblicano che restò in vigore fino al 1799.

Dopo una breve parentesi, nella quale si alternarono per le vicende belliche della campagna d'Italia di Napoleone, due governi democratici a due di restaurazione (1799-1805), fu costituito il Principato di Lucca e Piombino che prevedeva la separazione fra governo dello stato ed amministrazione della città. Il Congresso di Vienna (1815) non restaurò l'antica Repubblica ma istituì il Ducato di Lucca per Maria Luisa e Carlo Lodovico di Borbone che erano rimasti senza un trono. Carlo Ludovico nel 1847 cedette il ducato ai Lorena, Lucca fu unita alla Toscana e subito dopo al Regno d'Italia.

evidenziano quella di *San Gennaro*¹⁷, la cui prima menzione risale all'873, ubicata in posizione dominante all'interno dell'omonimo borgo, formatosi nel corso del Medio Evo intorno alla chiesa; *San Cristoforo* di Lammari, la cui costruzione, risalente ad un'epoca compresa tra la fine del XI e gli inizi del XII secolo, sorge su una preesistente chiesa altomedievale; *San Leonardo in Treponzio* (del 1100) situata in posizione intermedia tra il piccolo centro di Compito e la cittadina di Capannori; *la grande pieve di San Lorenzo di Segromigno* che rappresenta un esempio emblematico dell'evoluzione delle strutture ecclesiastiche medievali nella pianura di Lucca.

Le colline che circondano la pianura di Lucca sono ricche di boschi e di fertili pendii coltivati a vite e ulivo e di borghi medievali, ruderi di castelli, torri e fortificazioni che ne raccontano la storia (Castello di Aquilea, Castello di Pontetetto, Castello di Piazza di Brancoli, Castello di Montecatino, Castello di Santo Stefano di Moriano, Castagnori) e di cui oggi restano solo pochi e nascosti resti¹⁸.

Il fenomeno che ha profondamente caratterizzato il paesaggio della collina lucchese è però quello della diffusione della villa, intendendo con tale unico termine le ville-fattoria, i cosiddetti palazzi in villa, le residenze tenutarie e i casini di caccia.

Il fenomeno inizia nel tardo Medioevo, tocca la massima fioritura nel Seicento e continua poi fino ai primi dell'Ottocento. Inizialmente la villa-fattoria è il tipo predominante, ed è improntato su una logica d'azienda agricola a produzione mista ed integrata, alla quale si affianca la residenza nobiliare. Il complesso, che si articola in vari manufatti in parte legati alla residenza stessa, in parte alle attività agricole, incide profondamente sul territorio di pertinenza, che, sommariamente, risulta suddiviso in una zona a parco privato, un'ampia quantità di terreni soprattutto a colture specializzate (olivo e vite), una minore destinazione per altre produzioni agricole ed una selva retroagricola per il legnatico. Col palazzo in villa, invece, viene abbandonata l'attività agricola; le pertinenze, a quel punto, sono solitamente più ridotte e limitate ad un parco privato ed eventualmente ad una limitata zona boschiva. I complessi interessano per lo più le fasce di mezzacosta dei versanti collinari con migliore esposizione, ma non mancano esempi sommitali. L'addensamento dei complessi in particolari zone con migliore esposizione ha generato particolari connotazioni tali da costituire autentici plessi ad alta valenza paesaggistica ed ambientale, oltre che architettonica.

Tra le maggiori è doveroso ricordare:

¹⁷ L'edificio costituisce uno degli esempi più significativi d'edilizia religiosa romanica fiorita nel territorio di Lucca. Le chiese della pianura lucchese situate a capo di circoscrizioni ecclesiastiche ampie furono generalmente riedificate sulla struttura di edifici precedenti. Anche San Gennaro fu ricostruita nel corso del XII secolo sulla precedente struttura e la sua posizione geograficamente strategica, al confine tra la pianura di Lucca e la Valdinievole, favorirono la formazione, nel corso del Medioevo, di un borgo intorno all'edificio.

¹⁸ Molti dei castelli del comune di Capannori sono menzionati dalle Cronache manoscritte dello storico quattrocentesco Giovanni Sercambi. Tra le fortezze che avrebbero dovuto essere riparate per contrastare l'avanzata Pisa verso Lucca, lo storico indica la pieve di Compito, la fortezza di Sant'Andrea, la Fortezza di San Giusto, di Vorno, di Guamo, il castello di Montecarlo, mentre tra quelle distrutte nel 1313 da Uguccione della Faggiola, condottiero dei pisani, ricorda i castelli di Compito, di Vorno, Castelvecchio, Nossano.

- *Villa del Vescovo* (Capannori, località Marlia): compresa nel parco della Villa Reale di Marlia, è un edificio sostanzialmente cinquecentesco. Al parco della villa apparteneva il ninfeo, il più antico delle ville lucchesi;



- *Villa Reale di Marlia* (Capannori, località Marlia): tale villa è di estremo interesse perché ha in sé stratificate le testimonianze di due importanti periodi costruttivi. Una parte del parco conserva, infatti, ancora l'originario impianto seicentesco, con i suoi sempreverdi geometricamente ordinati e con il teatro di verzura, impiantato nel 1652, le cui siepi hanno raggiunto ormai una notevole altezza. Allo stesso periodo appartiene il teatro d'acqua posto dietro il palazzo. La villa è invece, nella sua forma attuale, opera neoclassica e risale al periodo del principato napoleonico dei Baciocchi. Si presenta come un'imponente e sobria costruzione a tre piani; l'ingresso principale, nella facciata a valle, è realizzato da tre arcate sormontate da una balaustra con colonnine. Nella facciata posteriore è presente un portico;



- *Villa Grabau* (Lucca, località San Pancrazio): nonostante gli interventi ottocenteschi, la Villa Grabau, conserva nella sua struttura l'armonia e la semplicità delle forme che caratterizzano l'architettura delle ville lucchesi rinascimentali. La villa è costruita in quella posizione che il Sanminiati, autore di un trattato sulle ville nel XVI secolo e proprietario di villa egli stesso, raccomanda come ideale: al limite tra piana e collina, con la facciata principale rivolta a valle.

La Limonaia del giardino è una delle più notevoli in lucchesia, con sette portali e altrettante finestre ovali

incorniciate da bugne in pietra di Matraia. Nel vasto giardino all'inglese è presente un interessante teatro di verzura;

- *Villa Massei* (Capannori, località Massa Macinaia) è un edificio del XVII secolo ed è un esempio di quelle residenze di campagna, legate alla produzione agricola (olivi, viti e gelsi per l'allevamento dei bachi da seta) che si diffusero fittamente nelle colline intorno a Lucca, modificandone notevolmente il paesaggio. La costruzione è situata a mezza costa;

- *Villa Oliva* (Lucca, località San Pancrazio) L'impianto originale della villa risale al XVII secolo; il giardino e gli interni sono stati rimaneggiati nel Settecento, ma la sistemazione a tre terrazzamenti del parco a valle, e la presenza di una siepe a semicerchio nella parte posteriore, risalgono all'originario impianto tardo-rinascimentale. Lo spazio dietro l'edificio è circoscritto da un semicerchio di siepi di leccio con al centro una "grotta" di tufo con giochi d'acqua.

Come già sottolineato, la pianura di Lucca (da Lucca ad Altopascio) presenta una dispersione degli insediamenti anche sulle prime fasce collinari. La crescita urbana è, infatti, orientata in tutte le direzioni e in maniera più limitata a nord-ovest per la presenza del Serchio e dei prati umidi che n'accolgono le piene. Il sistema insediativo pedecollinare funziona quasi come un collettore delle radiali che partono da Lucca, anche se non si sviluppa come al solito in modo univoco e qualitativamente unitario. Una delle situazioni di maggiore qualità e delicatezza ambientale e territoriale è rappresentata dal sistema che da Marlia, attraverso Segromigno e Porcari, raggiunge Altopascio, terminale della struttura territoriale dell'area lucchese.

Con riferimento all'ambito di pianura gravitante intorno alla città di Lucca, negli anni Sessanta si è formalizzata una prima fascia di completamento intorno al centro, che ha unificato in un'unica periferia circolare, i borghi che si erano formati agli sbocchi delle porte lungo gli assi principali del sistema radiale. Negli anni Settanta si realizza invece la consistente espansione esterna con la formazione di grossi isolati, cui fra l'altro non corrisponde un'adeguata realizzazione infrastrutturale, in genere sintomo di una tendenza attenta ai condizionamenti fondiari.

Infine, per buona parte degli anni Ottanta, vengono saturate le aree di risulta con una tendenza ad orientare la crescita ulteriore verso est, con l'assorbimento di corti e borghi minori e l'accentuazione della formazione di fragili conurbazioni, cui partecipano le spinte dei comuni limitrofi, che si diffondono sul territorio seguendo le principali viabilità storiche e mescolando parti antiche e moderne. L'evoluzione e la crescita degli insediamenti ha creato, quindi, una saldatura lungo le radiali principali, a cominciare dalla statale dell'Abetone che, a nord, conduce fino al vertice della struttura territoriale, rappresentato dal polo urbano di Ponte a Moriano.

All'interno di tale struttura prevalentemente residenziale, le aree produttive e industriali più consistenti, oltre a quelle intorno a Lucca e quella ubicata in Val Freddana, si sviluppano lungo l'autostrada da Lucca e Capannori fino a Porcari e Altopascio. E' qui, nella direttrice ad est della città di Lucca, che, infatti, si configura e si consolida il sistema degli insediamenti produttivi dell'intera piana lucchese. Un'altra tipologia produttiva, assai rilevante, è quella legata alla produzione cartaria, localizzata principalmente nel fondovalle di Villa Basilica.

Riguardo alle infrastrutture, a parte il tracciato autostradale esterno ai margini meridionali, non si riscontrano grossi interventi, ma numerosi tagli, aggiustamenti e soprattutto diramazioni (by-pass) e circonvallazioni che aggirano gli insediamenti per snellire il traffico. I principali sono la circonvallazione fra Capannori e Tassignano e la strada che unisce Altopascio con la via Pesciatina (S.S.435) e, da qui, tramite il viale rettilineo che portava alla Villa Reale, con la valle del Serchio. Quest'itinerario si configura, nel complesso, come il principale asse di attraversamento trasversale della pianura.

La piana è, inoltre, interessata da:

- Autostrada A11 Firenze Mare;
- Linee ferroviarie Lucca - Aulla e Lucca - Pistoia - Firenze;
- Aeroporto turistico e commerciale Lucca - Tassignano.

Nel paesaggio della piana, però, nonostante la forte urbanizzazione ed infrastutturazione di gran parte delle sue parti, è possibile ancora individuare la permanenza, in maniera estensiva, di qualità ambientali e di valori storico-architettonici. Questo è probabilmente dovuto alla struttura fondiaria assai frammentata che ha contribuito alla costruzione di un paesaggio articolato, con alberate, boschetti, canali, vie poderali, edilizia rurale e ville, configurando, da tempo, l'estensione della città nel territorio che è altra cosa della "città diffusa" che recentemente si è formata in altri contesti economici e territoriali.

I caratteri agricoli del contesto in esame rappresentano quindi ancora una forte caratterizzazione paesaggistica. In questa parte del territorio lucchese, infatti, le aziende agricole si trovano ad operare in un contesto ambientale piuttosto favorevole dal punto di vista pedo-climatico, con la pratica di ordinamenti colturali fortemente redditizi e/o di particolare pregio come nel caso delle produzioni intensive ortoflorovivaistiche, ma anche delle produzioni vitivinicole (una parte delle quali può fregiarsi della denominazione di origine) e quella dell'olio.

La lettura del contesto evidenzia infatti che le superfici coltivate sono largamente diffuse su tutto il territorio; tuttavia nella pianura - in particolare nella zona limitrofa al comune di Lucca - si osserva una forte promiscuità tra l'uso agricolo del territorio e quello residenziale, mentre nella parte collinare (avvicinandosi verso Montecarlo, le Pizzorne e la bassa collina) si nota un paesaggio meno compromesso in quanto il legame tra gli insediamenti urbani e le superfici coltivate si presenta a maglia più larga.

Nella parte a ridosso dell'urbano si evidenzia sia la presenza d'attività produttive intensive sia di piccoli appezzamenti coltivati; nella parte collinare sono invece presenti sia strutture agricole di più ampia dimensione con ordinamenti colturali maggiormente estensivi (vigneti, oliveti, prati-pascoli) e finalità strettamente produttive, che ambiti coltivati a scopi di autoconsumo con funzioni di presidio del territorio e di salvaguardia del paesaggio.

Il sistema delle colline occidentali del sistema morfologico lucchese si caratterizza invece per la diffusa urbanizzazione lungo i crinali e sulle pendici con migliore esposizione e assolate in stretta relazione con la pratica agricola. I rilievi posti in destra orografica del Serchio, costituenti le estreme propaggini meridionali dei contrafforti delle Alpi Apuane, presentano inoltre nelle loro parti sommitali coperture vegetali boschive in ambiti di continuità relativamente estesi. Tali ambiti sono costituiti prevalentemente da leccete collinari con ornello la cui struttura è generalmente caratterizzata da piante di dimensioni medie, talvolta con portamento arbustivo, con governo generalmente a ceduo. In tale contesto la valle del torrente Freddana rappresenta l'ambito di valle con maggiori dimensioni. Lungo tale ambito si attesta la struttura viaria di penetrazione verso l'interno ed un sistema di aree produttive.

8.3.1 PRINCIPALI CARATTERI ED ELEMENTI DEL PAESAGGIO

L'intervento suddetto interessa la vasta area pianeggiante della provincia lucchese, attraversando il territorio dello stesso comune di Lucca, quello di Capannori e quelli di Porcari e Altopascio.

Tale territorio si presenta in generale fortemente antropizzato e caratterizzato da una densa urbanizzazione a carattere prevalentemente residenziale, strutturata generalmente lungo la viabilità o in sistemi isolati spesso di origine storica. Tale urbanizzazione è inoltre profondamente contraddistinta, da una tipologia abitativa composta da elementi isolati con giardino e, talvolta, con pertinenze agricole. All'interno di tale contesto territoriale il tracciato si localizza in due casi in stretta adiacenza di ambiti urbani, caratterizzati da una struttura urbana più densa, frutto di uno sviluppo di antica origine attorno ai due omonimi complessi ecclesiastici (pievi) risalenti all'anno Mille. Le aree produttive e industriali più consistenti, oltre a quelle intorno a Lucca e quella ubicata in Val Freddana, si sviluppano lungo l'autostrada da Lucca e Capannori fino a Porcari e Altopascio. E' qui, nella direttrice ad est della città di Lucca, che, infatti, si è consolidato il sistema degli insediamenti produttivi dell'intera piana lucchese.

Asse Nord-Sud

La Piana di Lucca, come si evince dalla descrizione dei paragrafi precedenti e dal quadro conoscitivo della pianificazione territoriale di riferimento, è un territorio caratterizzato da un sistema diffuso di aree urbanizzate con aspetti diversificati a seconda che siano gravitanti intorno al polo urbano di Lucca o nel territorio ad est della città storica, dove in particolare il sistema produttivo assume una configurazione polverizzata con alcune significative eccezioni. Rispetto al sistema insediativo storico, l'espansione novecentesca, in larga misura del secondo dopoguerra, è caratterizzata dalla perdita della forma urbana: la crescita avviene sull'orditura della viabilità delle radiali storiche e intorno alle "corti" che diventano i nuclei funzionali e centrali della crescita recente. Questo ha prodotto fragili tessuti urbani attraverso la saldatura degli episodi insediativi posti lungo le radiali principali e, successivamente, con l'erosione della maglia territoriale costituita dall'orditura viaria.

Il tracciato di progetto prende origine, in località Tacchini con una rotatoria posta al Km 2+217 del tratto di Adeguamento SS12 (Km 29+000 della S.S.12 esistente), nella parte finale della stretta valle del Serchio in cui si attestano la SS 12 dell'Abetone e del Brennero e la ferrovia che da Lucca raggiunge Aulla. Il tracciato si localizza in un contesto densamente antropizzato, ove è prevalente l'ambito agricolo e la presenza di nuclei edificati strutturati lungo la rete viaria.

Aspetto caratteristico di tale contesto paesaggistico, come quello di gran parte della piana lucchese, è la densa struttura degli insediamenti urbani organizzati lungo la viabilità d'antica e nuova formazione, oltre alle numerose corti storiche, che rappresentano gli elementi storico – testimoniale e paesaggistici di maggior rilievo dell'ambiente rurale.

Il tracciato si localizza in adiacenza di edifici rurali (corti) di particolare interesse storico-architettonico e testimoniale al Km. 1+500,00; in corrispondenza della rotatoria n.2 (Via delle Ville); al km. 3+300,00 c.a.; al km. 3+500,00; in area dello svincolo di Antraccoli.

L'ambito agricolo attraversato è contraddistinto da una trama di lotti edificati di piccola e media dimensione caratterizzati prevalentemente da coltivazioni orticole, costeggiati da edifici a prevalente destinazione residenziale. Insediamenti produttivi sono presenti lungo la via Marlia.

A partire dalla rotatoria 2 (Via delle Ville), il tracciato nel suo sviluppo fino allo svincolo di Antraccoli, si pone in aree agricole di particolare interesse paesaggistico, come segnalate dal PTCP di Lucca, composte in parte da aree agricole caratterizzate ancora da alberate e fossi e in parte da aree agricole semplificate nei segni degli elementi vegetazionali minori, ma non nel suo disegno complessivo. Va evidenziato che, tuttavia, permane la configurazione polverizzata del sistema dell'edificato lungo la rete viaria e sparso e che si accentua in corrispondenza dalla Via Pesciatina, su cui si attesta l'insediamento residenziale e

commerciale di Piccionara e Lunata. Qui il tracciato si pone quanto più possibile in adiacenza alla zona urbanizzata, al fine di minimizzare l'effetto barriera nell'unico varco rimasto libero.

Dal km. 2+000,00 al km. 3+000,00 il territorio attraversato è invece dominato in primo luogo dal tema dei laghetti di Lammarì e del loro intorno ambientale, che presenta sezioni dotate di apertura visuale (caso abbastanza raro nella Piana) e una maglia agraria ancora ben conservata fatta di filari d'alberi, canalette (direzione nord-sud) e campi di forma rettangolare

Asse Ovest-Est

L'asse di tracciato che si organizza tra Antraccoli e lo svincolo dell'A11 Lucca est, si localizza nell'ambito urbanizzato di diretta influenza della città di Lucca. Ha inizio in prossimità del nuovo svincolo di Lucca Est (di collegamento al casello autostradale di Lucca est) e, con un itinerario che si sviluppa dal km 0+000,00 al km 3+000,00 c.a. parallelamente al tracciato autostradale A11 e proseguendo in un nuovo corridoio, raggiunge in direzione est la S.P.23 Romana in località Antraccoli. I Comuni attraversati sono quelli di Lucca e Capannori.

L'ambito interessato in generale si connota per la qualità paesaggistica di questa porzione di Piana, sia per la forte caratterizzazione agricola persistente sia per la qualità degli elementi e delle componenti presenti, quali il corso dell'Ozzeretto (l'infrastruttura attraversa in quattro punti il percorso del Canale Ozzeretto), i filari di alberata, il disegno della maglia agraria. Il tracciato comporta l'attraversamento di canali demaniali ed una serie di canali secondari.

Sono da sottolineare la rilevanza di architetture isolate, come l'acquedotto del Nottolini che corre nella piana per arrivare al complesso delle Parole D'Oro sulle prime pendici dei Monti Pisani. L'organismo, funzionale alla captazione delle acque dalle colline di Guamo e al loro trasposto nella città, risale alla metà del XIX secolo e conserva ancora integra la sua struttura composta da un condotto sorretto da una fila di oltre 400 archi in mattoni, per una lunghezza di circa 3.250 metri, e dal tempietto di S. Concordio situato appena fuori delle mura di Lucca. Nonostante l'interruzione in corrispondenza dell'intersezione con l'autostrada A11, l'ambito territoriale in cui ricade tale struttura, tutelato ai sensi dell'art. 10 del D.Leg. 42/2004 ex D.Leg. 490/99, rappresenta ancora un contesto paesaggistico di particolare pregio.

Il tracciato risolve l'interferenza con l'acquedotto "Nottolini", posto al Km 1+423 dell'asse, con l'inserimento di un sottopasso "Nottolini" di lunghezza complessiva di 350 m (il tratto coperto), che dal Km 1+240 al Km 1+640 permette l'attraversamento dell'acquedotto garantendo la continuità del paesaggio preesistente.

Va, tuttavia, evidenziato che l'antropizzazione non ha risparmiato un ambito così ricco di preesistenze e vincoli di rilievo, avendo subito in modo marcato le pressioni antropiche degli insediamenti industriali, dalla struttura urbana diffusa ed organizzata lungo le infrastrutture viarie. Un esempio importante è l'area industriale di Mugnano, che si pone in sinistra del tracciato di progetto dal km 2+000,00 al km 4+000,00. L'area industriale imprime il suo peso sia dal punto di vista di alterazione delle condizioni percettive sia per quelle estetiche dell'ambito.

Il segno indelebile dell'autostrada costituisce anche una linea di separazione tra un paesaggio (a nord) maggiormente antropizzato e un paesaggio (a sud) fortemente denotato da elementi tipici delle aree umide planiziarie e dalla vicinanza delle colline terrazzate dei monti Pisani.

Asse Est – ovest

L'Asse Est-Ovest ha inizio, dopo il nuovo svincolo di Antraccoli, sulla esistente via Domenico Chelini.

Il tracciato di progetto si sviluppa quasi interamente sulla viabilità esistente (via Domenico Chelini e S.P.23 Romana, via del Frizzone) per giungere quindi il località Frizzone dove si collega con la nuova stazione di pedaggio ed il nuovo svincolo di Capannori dell'Autostrada A11. Su tale asse la progettazione prevede una riqualificazione della viabilità esistente per l'intero tratto, la risoluzione delle intersezioni con la viabilità interferente attraverso rotatorie a raso, la razionalizzazione degli accessi lungo la tratta con strade di servizio che permettono di concentrarli in pochi punti ed a distanze compatibili con quanto previsto dalla vigente normativa (codice della strada).

Il territorio nel tratto dallo svincolo di Antraccoli fino al km 1+500,00 presenta in parte caratteristiche simili all'ambito del tracciato Nord-Sud, pur risultando meno marcata la presenza dell'insediamento capillare e diffuso tipico delle aree più prossime al nucleo della città di Lucca. In parte, soprattutto nelle aree a nord - est dell'aeroporto di Tassignano la presenza delle aree agricole integre è ancora evidente.

Nel tratto iniziale fino al km 1+500,00 c.a. l'area attraversata è un'area agricola interclusa fra infrastrutture importanti ed aree densamente urbanizzate. L'ambito agricolo, seppure fortemente segnato dagli elementi antropici, presenta particolare pregio paesaggistico per la maglia agraria fitta e ricca di residui di alberata.

Adeguamento della S.S.12

L'Adeguamento della S.S.12, ha inizio al Km 30+300 circa dell'esistente S.S.12 in loc. Ponte a Moriano nel comune di Capannori immediatamente dopo che la S.S.12 ha attraversato il fiume Serchio e termina prima del nuovo ponte in progetto (quest'ultimo non di competenza ANAS) in loc. Corte Pasquinelli nel comune di Lucca.

La presenza di numerosi edifici prospicienti alla strada esistente, di filari di platani secolari e dell'area golenale del fiume Serchio hanno ricondotto la progettazione a prevedere, come unica soluzione possibile l'allargamento della strada esistente sul lato del fiume Serchio, prevedendo la risagomatura della sezione arginale lato fiume, intervenendo sul lato esterno in modo da non alterare la sezione idraulica complessiva.

Quindi il tracciato prosegue verso sud in rilevato, garantendo mediante degli accessi diretti i collegamenti con le viabilità locali e termina al Km 3+872 (Km 27+500 circa dell'attuale S.S.12) prima del nuovo ponte in progetto sul fiume Serchio (quest'ultimo non di competenza ANAS) in loc. Corte Pasquinelli.

Cavalcaferrovia Lucca-Firenze

Il sovrappasso ferroviario della linea Lucca-Pistoia-Firenze è posto nell'area "ex scalo merci" di Lucca, ed ha uno sviluppo di 0,5 km, comprensivo anche del collegamento con la viabilità esistente e ricade interamente nel comune di Lucca. L'intervento in progetto ha inizio con un innesto a raso sulla strada comunale di Mugnano e si attesta a termine progetto in v. Nazario Sauro, in corrispondenza di un'area industriale. Il tratto iniziale del cavalca ferrovia è adiacente ad un'area boscata. Il sito, seppure compreso nell'area urbana della città di Lucca, si presenta in generale in stato di degrado. L'area è sottoposta a vincolo paesaggistico ai sensi dell'art. 136 del Dlgs 42/2004.

Opera connessa

La nuova viabilità di collegamento tra via di Sottomonte in loc. Carraia ed il casello A11 del Frizzone (adeguamento di via del Rogio) denominata "Opera connessa", si sviluppa in prevalenza su viabilità esistente. Il tracciato dell'opera connessa si pone in un'area preservata dalla pressione antropica. Il contesto si connota per gli elementi di forte valenza paesaggistica dell'ambito agricolo, le aree attraversate non sono molto estese, ma di notevole qualità agronomica. Elemento di forte disturbo sono, tuttavia, gli edifici dell'ampia area industriale di Carraia.

I collegamenti con la viabilità locale sono garantiti mediante l'inserimento di accessi diretti lungo il tracciato. Nel suo sviluppo attraversa numerosi canali, dal km 2+200,00 fino a termine intervento costeggia e si pone in aderenza al canale Rogio. L'asse interessa aree boscate, rilevanti per la sua notevole biodiversità. Malgrado la sua origine recente, quest'area annovera numerosi elementi propri della foresta planiziale originaria grazie al peculiare assetto agricolo precedente, basato su di una maglia agraria molto fitta intervallata da alberate, prode e fossi in cui sono sopravvissuti numerosi elementi della fauna e della flora originari.

Lungo il tracciato si segnala la presenza dell'area protetta, Dir. 92/43/CEE (Habitat) bioitaly, ai sensi del D.M. 03/04/2000, denominata SIC IT5120020 "Palude di Verciano, Prati delle Fontane e Palude delle Monache", in località Verciano, che non viene interferita da progetto.

Circonvallazione di Altopascio

La nuova circonvallazione di Altopascio costituisce una nuova viabilità di collegamento tra il casello A11 del Frizzone e la S.P.3 Bientina Altopascio, si sviluppa per un lungo tratto in stretta adiacenza all'autostrada (Km 3+700). Da questo punto in poi la strada di progetto corre in rilevato attraversando delle aree agricole, e assumendo un andamento quasi parallelo al fosso Nero in destra idrografica.

Dopo avere lambito le aree industriali di Palude e Griggioni, poste a ridosso dell'autostrada, l'asse della circonvallazione va a interessare un ambito di pregio paesaggistico.

8.4 VINCOLI PAESAGGISTICI

Nel corso della ricognizione condotta relativamente al sistema dei vincoli sono state riscontrate le indicazioni sui vincoli paesaggistici, riportate nella tab.8.1 seguente e rappresentate nella "Carta dei vincoli" redatta in scala 1:25000 (Elab. T00IA14AMBCT01A) allegata e descritta nel Quadro di Riferimento Programmatico (§10.1).

Tab.8.1 - Beni paesaggistici.

Elemento tutelato	Provvedimento legislativo vigente
Bellezze panoramiche	D.Lgs 42/2004 art. 136
Territori contermini ai fiumi e corsi d'acqua (fascia di 150 m)	D.Lgs. 42/2004 art. 142, lett. c
Boschi	D.Lgs 42/2004 art. 142, lett. g

Relativamente agli **ambiti oggetto di vincolo ai sensi del D. Lgs. 42/2004** si osserva che all'interno dell'ambito di studio si rilevano:

Asse Nord-Sud

In località San Cassiano a Vico, il tracciato, dal km 2+100 al km 3+000 circa, attraversa territori contermini ai laghi, vincolati ai sensi dell'art.142, lett. b del D.Lgs. 42/04.

Asse Ovest-Est

Il progetto attraversa, non direttamente, al km 1+400, l'area vincolata, dell'acquedotto del Nottolini, classificata come bellezze panoramiche ai sensi **dell'art. 136**, (ex L.1497/39), attualmente interessata

dalla esistente autostrada A11. In questo tratto si prevede la costruzione di una galleria artificiale che bypassa l'area vincolata della "zona dell'Acquedotto Nottolini", istituita dal D.M. 21/06/1975 – G.U. 189/1975.

In corrispondenza del km 5+000, il tracciato attraversa un territorio coperto da foreste e boschi sottoposto a tutela **dell'art.142, lettera g**.

Cavalcaferrovia Lucca-Firenze

Dal km 0+000 al km 0+200 circa, il cavalcaferrovia si colloca nella parte terminale dell'ampia area vincolata ai sensi dell' **art. 136**, (ex L.1497/39) che include Lucca, le sue ville cinquecentesche, l'organizzazione territoriale a queste riferibile formando un insieme monumentale naturalistico di estremo e singolare interesse, per buona parte largamente conservato. Il territorio interessato dal vincolo, istituito dal D.M. 17/07/1985 – G.U. 190 del 1985, si estende in diversi comuni oltre Lucca, quali S. Giuliano Terme, Massarosa, Montecarlo, Altopascio e Porcari.

Asse Est-Ovest

Il tracciato di progetto, dal km 2+400 circa fino al termine del progetto, intercetta la fascia di rispetto dei fiumi, torrenti e corsi d'acqua vincolata ai sensi dell'art. **142 lett.c**, rispettivamente del Rio Arpino e del Rio Frizzone, classificati ai sensi del P.I.T., approvato con DCR 72/07, soggetti alla definizione degli ambiti "A" e "B".

Opera Connessa

Per quanto riguarda l'Opera Connessa, i vincoli paesaggistici intercettati dal progetto sono i seguenti.

Dal km 0+000 al km 1+950 circa, il tracciato si colloca tangente ad un'area vincolata classificata come bellezze panoramiche ai sensi dell' **art. 136**, (ex L.1497/39).

Fiumi, torrenti, corsi d'acqua ai sensi dell' **art. 142, lett. c**) sono intercettati per i tratti che vanno dal km 1+390 al km 1+720 circa, dal km 2+200 al km 2+350 circa e dal tratto che va dal km 3+000 fino al termine dell'opera. I corsi d'acqua interessati sono il Canale detto Rogio ed il Rio Arpino, entrambi classificati, ai sensi del P.I.T. approvato con D.C.R. 72/07, soggetti alla definizione degli ambiti "A" e "B".

Territori coperti da foreste e boschi ai sensi dell'**art. 142, lett. g**) sono lambiti dal progetto in diversi tratti: dal km 0+520 al km 0+610 circa, dal km 4+100 al km 4+250 circa, al km 4+330, dal km 4+600 al km 4+670 circa e dal km 5+730 al km 5+770 circa.

Circonvallazione Altopascio

Tre sono gli ambiti intercettati dal tracciato che riguardano fiumi, torrenti, corsi d'acqua (**art. 142, lett. c**) e sono relativi al Rio Frizzone al km 0+000, Fossa Nuova al km 1+485 circa ed al Rio Leccio al km 2+140 circa (classificati ai sensi del P.I.T. approvato con DCR 72/07 soggetti alla definizione degli ambiti "A" e "B").

Per l'interferenza con i vincoli sopra menzionati dovrà essere redatta la Relazione Paesaggistica a corredo del Progetto Definitivo, in base al Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 Dicembre 2005, per l'individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'art. 146, comma 2, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al Decreto Legislativo del 22 gennaio 2004, n.42 e s.m.i..

L'art. 146 stabilisce che le aree sottoposte a tutela dalle disposizioni del Piano Paesaggistico non possono né essere distrutte né si possono introdurre modificazioni che rechino pregiudizio ai valori paesaggistici oggetto di protezione. Per tale motivo si dovrà procedere alla redazione della Relazione Paesaggistica, corredata da opportuna documentazione, che dovrà dar conto sia dello stato dei luoghi (contesto paesaggistico ed area di intervento) prima dell'esecuzione delle opere previste, sia delle caratteristiche progettuali dell'intervento, nonché rappresentare nel modo più chiaro ed esaustivo possibile lo stato dei luoghi dopo l'intervento.

8.5 CARATTERIZZAZIONE PERCETTIVA: STRUTTURE VISIVE ED AMBITI PERCETTIVI DEL PAESAGGIO

Come introdotto nella descrizione metodologica del lavoro, l'analisi delle caratteristiche percettive e degli ambiti visivi è effettuata al fine di determinare la qualità percettiva del contesto paesaggistico di riferimento, delle condizioni e degli elementi di intervisibilità ed, eventualmente, di impatto visivo, indotte dall'opera in progetto.

Per lo studio delle condizioni di percezione è stato redatto un elaborato cartografico specifico "Morfologia del Paesaggio e Percezione visiva", in scala 1.20.000, ove sono stati rappresentati:

- UNITA' DI PAESAGGIO;
- ELEMENTI MORFO-STRUTTURALI;
- CARATTERI E COMPONENTI DELLA PERCEZIONE VISIVA *dell'OPERA*;
- COMPONENTI DELLA PERCEZIONE VISIVA *dall'OPERA*.

Gli elementi e componenti della percezione visiva, sono desunti in relazione alle peculiarità morfostrutturali dell'area e ai caratteri paesaggistici già analizzati.

L'analisi è stata condotta attraverso l'individuazione *in primis* dei contesti morfologici articolati e strutturali dell'area vasta di riferimento. La caratterizzazione degli elementi morfo-strutturali è funzionale alla valutazione del livello di sensibilità percettiva dell'ambito interessato dal progetto, nonché alla definizione dell'area di diretta intervisibilità dell'infrastruttura.

Sono definiti gli elementi:

- *ricettori* di tipo statico - elementi edilizi isolati;
- *ricettori* di tipo dinamico - le infrastrutture viarie o le ferroviarie;
- le visuali privilegiate;
- gli elementi detrattori (aree industriali);
- le barriere visive (aree edificate prevalentemente residenziali, le aree boscate, quando interposti tra i coni visivi degli assi dinamici e la nuova infrastruttura).

L'ambito di indagine della **percezione visiva** è denominato nell'elaborato di riferimento "Area d'intervisibilità del *Primo Piand'*", esteso fino a 500 metri circa (per lato) dall'intervento. Per le peculiari connotazioni morfologiche dell'area, sono escluse dall'indagine la fascia della "*Media distanza*" (in genere compresa tra i 500 metri e i 2,0 chilometri) - dove nella scena si colgono le relazioni fra le varie parti che la compongono all'interno di una scala di dominanza - e la fascia di "*Sfondo*" (compresa tra i 2,0 e i 4 km) dove si innesca un meccanismo di semplificazione, a beneficio dello *sky-line*.

In particolare, la **percezione visiva dall'Opera**, viene rappresentata, coerentemente con la scala di lavoro, con l'indicazione delle sole *visuali aperte* lungo il suo percorso, ove si intende che i rimanenti tratti sono invece caratterizzati da *visuali schermate* (o *parzialmente schermate*) dalle sopra descritte barriere visive (aree edificate e aree boscate).

A livello di area vasta, la conformazione morfologica del territorio analizzato ha permesso di definire tre diverse **tipologie strutturali di contesti percettivi** che si relazionano con le Unità di paesaggio precedentemente descritte:

- quella della **pianura di Lucca e di Altopascio**, ove è localizzato il nuovo tracciato, caratterizzata da una morfologia omogenea e assai poco articolata, con un'area d'intervisibilità piuttosto limitata e assenza di emergenze morfologiche e panoramiche. Tale contesto si presenta d'altra parte, vista l'antica e diffusa urbanizzazione che con densità diverse la interessa, fortemente caratterizzato da una fitta trama d'elementi visivamente e percettivamente ricettori sia puntuali sia lineari. La fitta rete della viabilità locale, potenziali assi visivi dinamici con visuali aperte sugli ambiti agricoli dai connotati di valenza paesaggistica, risultano minacciati e spesso "ostruiti" dall'aggressiva edificazione negli stessi spazi rurali;
- quello dei **sistemi collinari delle Pizzorne**, dei monti Pisani e quello più occidentale di Quiesa, Massarosa e dell'Altopascio. Questi si pongono, con i loro sistemi collinari, di crinali ed emergenze morfologiche, come elementi di delimitazione del sistema pianeggiante centrale. La presenza, assai differenziata nei diversi sistemi analizzati, di elementi edilizi sparsi e di elementi di collegamento viario, spesso anche d'origine storica, strutturati lungo le pendici più o meno acclivi dei versanti, qualificano e contraddistinguono percettivamente tali sistemi che costituiscono luoghi di forte intervisibilità;

- l'ambito di **fondovalle del fiume Serchio** che rappresenta l'elemento di chiusura nord-orientale dell'ampia area della piana lucchese da quella, a forte intervisibilità, dei sistemi collinari dell'Oltreserchio.

Con specifico riferimento all'area oggetto d'intervento, le specificità visuali sono legate a:

1. le condizioni prevalentemente pianeggianti dell'ambito in cui si colloca il tracciato di progetto;
2. l'assenza di emergenze naturali, che seppure presenti, sono poste al di fuori e/o in lontananza della *fascia di intervisibilità di Primo piano*.

Ciò determina la mancanza di punti di vista principali e percorsi panoramici di rilievo e in generale una bassa intervisibilità dei diversi elementi dell'ambito visivo. Le visuali privilegiate individuate nell'analisi condotta, poste in corrispondenza di situazioni locali sugli assi viari dinamici, sono sempre relazionate a una vista parziale e frammentata dell'opera di progetto che non viene colta nella sua interezza.

A ciò si aggiunga la considerazione che, l'opera si inserisce in un contesto ove la pressione antropica ha avuto ed ha un peso determinante di "disturbo" e frammentazione visiva nei confronti degli elementi di notevole valenza paesaggistica originari del contesto. Quanto rilevato è confermato anche per quanto riguarda la visibilità *dall'opera*. Come rappresentato nell'elaborato "Morfologia del Paesaggio e Percezione visiva", le visuali aperte *dall'opera* lungo il suo sviluppo risultano frammentate e sporadiche.

L'analisi condotta ha, dunque, evidenziato in generale un sistema visivo e percettivo molto limitato e fortemente frammentato, connotato da elementi antropici lineari dinamici viari, (della fitta rete della viabilità locale che pesantemente struttura l'intera piana e della rete infrastrutturale primaria) e dal sistema delle unità urbanizzate, a prevalente uso residenziale, che attorno a tale viabilità si sono organizzate. In tali contesti urbanizzati si localizzano anche gli elementi architettonici di particolare pregio paesaggistico e storico – testimoniale che qualificano il contesto urbano diffuso e che, in alcuni casi, ne sono stati gli elementi generatori. Il contesto percettivo è, inoltre, caratterizzato dalla presenza di elementi vegetali, prevalentemente riferibili a vegetazione di margine in ambito agricolo e/o da impianto, dell'ambiente antropico come i filari arborei lungo la viabilità o quelli di delimitazione podereale, nonché i sistemi vegetali tipici delle ville isolate caratterizzati da una forte presenza di specie sempreverdi, che rappresentano elementi di schermatura rispetto all'ambito di intervisibilità.

Di seguito si evidenzia quanto dedotto dall'analisi condotta, per ciascuno dei tracciati di progetto.

Asse Nord – Sud

Il tracciato si sviluppa in un corridoio connotato da bassa intervisibilità per la marcata presenza di barriere visive. La fitta rete di assi visivi dinamici, rappresentata dalla rete viaria locale e dall'asse della S.S. 435, sono caratterizzati da una consistente parte delle aree urbanizzate, con effetti di frammentazione e marginalizzazione degli spazi rurali aperti, seppure di pregio paesaggistico. Le visuali privilegiate, risultano ostruite in generale dalle aree edificate.

Asse Ovest – Est

L'asse di tracciato nel tratto in cui si corre parallelo all'autostrada A11, non determina situazioni di criticità dell'intervisibilità nell'area; l'elemento visivo dell'autostrada costituisce esso stesso una linea di separazione tra il paesaggio (a nord) maggiormente antropizzato e il paesaggio (a sud) fortemente denotato dagli spazi aperti di pregio che si aprono ai piedi delle colline terrazzate dei monti Pisani.

Nel tratto è da sottolineare la rilevanza dell'acquedotto del Nottolini. L'interferenza è risolta con l'inserimento di un sottopasso "Nottolini".

Il successivo tratto, ove prosegue in un nuovo corridoio, determina condizioni percettive di criticità in relazione ai caratteri di interesse paesaggistico delle aree agricole attraversate. Nella fascia d'intervisibilità il tracciato si pone, tuttavia, in adiacenza a detrattori visuali (aree industriali) e a breve distanza dalle zone urbanizzate lungo la S.P.23 Romana.

Asse Est - Ovest

Il tracciato di progetto si sviluppa quasi interamente sulla viabilità esistente. Nel tratto iniziale fino al km 1+500,00 c.a. l'asse di tracciato si pone in rapporto diretto con aree densamente urbanizzate, che fungono da barriere visive. L'ambito agricolo attraversato, seppure fortemente segnato dagli elementi antropici, presenta particolare pregio paesaggistico. Nel tratto successivo, è quasi assente la presenza di barriere visive, le condizioni percettive lungo gli assi locali sono caratterizzate da visuali aperte.

Adeguamento della S.S.12

L'Adeguamento della S.S.12, consiste nell'allargamento della strada esistente sul lato del fiume Serchio. Le condizioni d'intervisibilità del bacino visivo non subiscono modificazioni rispetto alla situazione preesistente.

Cavalcaferrovia Lucca-Firenze

Il breve tracciato di scavalco della linea Lucca-Pistoia-Firenze è posto nell'area "ex scalo merci" di Lucca. Il sito in cui si pone l'intervento pur ricadendo all'interno dell'area urbana della città di Lucca, per il suo stato attuale si presenta in stato di degrado.

Opera connessa

La nuova viabilità si sviluppa in prevalenza su viabilità esistente. Le condizioni percettive dell'area non sono, pertanto, alterate rispetto alla situazione attuale. Si sottolinea, tuttavia, la persistenza di elementi elementi di forte valenza paesaggistica dell'ambito agricolo.

Circonvallazione di Altopascio

Il tracciato di collegamento tra il casello A11 del Frizzone e la S.P.3 Bientina Altopascio, si sviluppa per un lungo tratto in stretta adiacenza all'autostrada, per poi proseguire all'interno di aree agricole, e assumendo un andamento quasi parallelo al fosso Nero in destra idrografica, ove a sua volta si affianca a

una zona di estesa urbanizzazione a carattere prevalentemente residenziale. E' in quest'ultimo tratto che si verifica una potenziale intrusione visiva alle brevi e medie distanze indotta dall'opera nell'area di intervisibilità (da assi visivi dinamici).

8.6 RAPPORTO OPERA – COMPONENTE PAESAGGIO

Il processo di individuazione dei fattori di pressione, in relazione alla specifica tipologia di intervento, ha tenuto conto dei risultati dell'analisi ante-operam, contestualmente degli indirizzi di tutela della pianificazione territoriale, della risoluzione già in fase di progettazione, a fronte di molte problematiche emerse in relazione ai connotati del contesto paesaggistico.

I potenziali fattori di pressione riferibili alla componente paesaggio, sono adducibili a:

- Introduzione di elementi estranei al paesaggio d'appartenenza;
- Frammentazione del sistema unitario d'appartenenza;
- Intrusione visiva alle brevi e medie distanze;
- Alterazione delle quinte sceniche naturali;
- Alterazione della morfologia naturale e della compagine vegetale con sostanziale modifica dello stato plano-altimetrico dei terreni e delle coperture vegetali;
- Inserimento di elementi di artificializzazione/barriere artificiali;
- Inserimento di elementi di degrado/inquinanti/disturbo di ricettori antropici o naturali;
- Alterazione dell'assetto insediativo storico ovvero sul sistema dei centri urbani e/o sul sistema del patrimonio storico-testimoniale;
- Interferenza con beni storico-culturali e loro contesti.

Pertanto, le considerazioni conclusive e sintetiche di seguito riportate, sono scaturite dall'analisi e verifica dei suddetti fattori di pressione in relazione all'opera realizzata.

Asse Nord – Sud

La forte urbanizzazione ed infrastrutturazione viaria dell'area analizzata evidenzia una limitata presenza di situazioni d'interferenza con la componente Paesaggio. Allo scopo di minimizzare l'impatto dell'opera stessa sul territorio, è stata adottata quale criterio di progettazione quello di mantenere quanto più possibile a quota terreno la nuova strada e di risolvere le interferenze con le numerose strade esistenti attraverso la realizzazione di cavalcavia e sottopassi su queste ultime. Sono state posizionate delle viabilità di rammaglio all'esistente, affiancandole ove consentito alla nuova strada, in modo da ridurre le aree intercluse.

La tipologia d'opera a raso, non presenta, infatti, situazioni di particolare criticità in quanto il tracciato non interferisce con ambiti e/o elementi di particolare interesse paesaggistico, nè con spazi aperti (ambiti non edificati) con ampi bacini visuali.

Asse Ovest - Est

L'inserimento del tracciato risente molto dalle caratteristiche di un territorio fortemente antropizzato e ricco di preesistenze e vincoli di rilievo. In tale tratto le interferenze con la componente sono risolte, già nella fase di progettazione, con la previsione del tracciato di progetto nel corridoio infrastrutturale dell'attuale autostrada A11. E' risolta l'interferenza con l'acquedotto "Nottolini", posto al Km 1+423 dell'asse, con l'inserimento di un sottopasso "Nottolini" di lunghezza complessiva di 350 m (il tratto coperto), che dal Km 1+240 al Km 1+640 permette l'attraversamento dell'acquedotto garantendo la continuità del contesto paesaggio. Il tracciato è inoltre interessato dal viadotto "Ozzoretto" di attraversamento dell'attuale linea Ferroviaria Lucca-Pistoia-Firenze, il canale Ozzoretto e via del Marginone, lungo 525 metri. L'attenta progettazione architettonica servirà a mitigare l'impatto di tale opera d'arte sulla componente.

Asse Est - Ovest

In tale tratto si prevede la riqualificazione della viabilità esistente (S.P.23 Romana e via del Frizzone) con l'adozione di una sezione Tipo C1 per l'intero tratto, la risoluzione delle intersezioni con la viabilità interferente attraverso rotatorie a raso, la razionalizzazione degli accessi lungo la tratta con strade di servizio che permettono di concentrarli in pochi punti ed a distanze compatibili con quanto previsto dalla vigente normativa. L'intervento non presenta quindi particolari interferenze con la componente.

Adeguamento della S.S.12

L'intervento previsto di adeguamento della S.S.12, non apporta alterazioni allo stato attuale della componente.

Cavalcaferrovia Lucca-Firenze

Per le connotazioni antropiche preesistenti dell'area in cui si colloca l'opera, non si rilevano criticità riguardo alla componente.

Opera connessa

La nuova viabilità si sviluppa in prevalenza su viabilità esistente. Tale intervento non presenta quindi particolari interferenze con la componente.

Circonvallazione di Altopascio

Per il tracciato di collegamento tra il casello A11 del Frizzone e la S.P.3 Bientina Altopascio, si rilevano potenziali situazioni di alterazione del sistema unitario preesistente nel tratto dal km. 4+000,00 ca. fino a fine intervento.

9 COMPONENTE SALUTE PUBBLICA

L'analisi della compatibilità delle opere in progetto e del loro esercizio in relazione alle ricadute dirette e indirette sul benessere e la salute della popolazione coinvolta è stata affrontata, all'interno del SIA, in modo disgiunto ed indiretto attraverso l'analisi delle "pressioni" prodotte dal progetto sulle singole componenti in quanto è l'alterazione di dette componenti, che concorre alla caratterizzazione dell'ambiente di una comunità.

L'individuazione degli impatti sulla salute pubblica viene esplicitata nel caso in esame, soprattutto in relazione alle componenti ambientali atmosfera e rumore, attraverso la valutazione degli indicatori e dei parametri attualmente disponibili e presi in considerazione dalla specifica normativa di settore.

Per quanto riguarda gli aspetti atmosferici la tutela della salute pubblica è normata da un complesso quadro normativo di riferimento che fissa i limiti per gli inquinanti secondo la seguente tab.9.1:

Tab.9.1 - Valori di concentrazione stabiliti dal D.Lgs. del 13 agosto 2010 n. 155.

Inquinante	SO ₂		NO ₂		NO	CO	O ₃	PM ₁₀		PM _{2.5}	SO ₄	As	Pb	Cd	Ni	Ba
	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione	periodo di mediazione				periodo di mediazione	periodo di mediazione							
PM ₁₀	1 ora	1 giorno	1 ora	anno civile		anno civile	anno civile	media massima giornaliera calcolata su 8 h	1 giorno	anno civile	anno civile					
	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno	40 µg/m ³		5 µg/m ³	0.5 µg/m ³	10 mg/m ³	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile	40 µg/m ³	25 µg/m ³					
PM _{2.5}	anno civile	invernale (1° ottobre-21 marzo)			anno civile											
	20 µg/m ³	20 µg/m ³			30 µg/m ³											
SO ₂	3 ore consecutive		3 ore consecutive									1 ora				
	500 µg/m ³		400 µg/m ³									240 µg/m ³				
SO ₄												1 ora				
												180 µg/m ³				
As												anno civile	1 ora	anno civile	anno civile	anno civile
												25 µg/m ³	120 µg/m ³	6 ng/m ³ *	5 ng/m ³ *	20 ng/m ³ *

* Il valore obiettivo è riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato, calcolato come media su anno civile.

Le simulazioni effettuate per la componente atmosfera, alla quale si rimanda per i dettagli (§1.7), dimostrano come lo scenario progettuale rispetto allo scenario opzione zero è caratterizzato da un riduzione delle concentrazioni al suolo, come era da attendersi vista la riduzione generalizzata del carico emissivo.

Sia al 2018 sia al 2028, tra lo scenario Post operam e lo scenario Opzione zero si stima che in 6 dei ricettori scelti quali "punti di verifica" (3, 4, 6, 8, 11, 12) le emissioni aumentano per ogni inquinante sia in inverno sia in estate (fa eccezione il recettore 3 per il quale si stima invece una riduzione in estate) e nei rimanenti 6 ricettori scelti quali "punti di verifica" (1, 2, 5, 7, 9, 10) si riducono.

L'aumento si registra di fatto, come è ovvio, nell'intorno degli assi di progetto, ma non è tale da destare alcuna preoccupazione per la qualità dell'aria essendo le concentrazioni massime orarie stimate decisamente contenute: per il parametro NO₂ pari a 61.0 µg/m³ nello scenario Post operam al 2018 (ancor più contenuto e pari a 36.3 µg/m³ nello scenario Post operam al 2028), per le PM₁₀ pari a 4.9 µg/m³ nello scenario Post operam al 2028 (4.8 µg/m³ nello scenario Post operam al 2018) e per il Benzene pari a 0.201 µg/m³ nello scenario Post operam al 2018 (ancor più contenuto e pari a 0.114 µg/m³ nello scenario Post operam al 2028).

I valori di concentrazione stimati, sebbene non siano direttamente confrontabili con i limiti di legge, sono tali da poter assumere che le opere oggetto di studio

- non comportano superamenti del limite orario di NO₂;
- non comportano superamenti del limite annuale di PM₁₀;
- non modificano sostanzialmente il numero di superamenti di PM₁₀ giornalieri;
- non comportano superamenti del limite annuale di C₆H₆.

Si ricorda, infine, che le suddette conclusioni sono il risultato di sovrastime elevate delle concentrazioni attese in quanto si considerano persistenti per tutto l'anno le condizioni meteorologiche più critiche.

Inoltre, per gli scenari al 2018 e al 2028, è stato utilizzato come fondo il valore di fondo degli inquinanti allo scenario attuale. Anche questa è un'ipotesi più che conservativa in quanto si mantiene costante un valore di fondo che è invece destinato a diminuire negli anni, come dimostrano sia i trend di concentrazione registrati dalle centraline di monitoraggio, in continua diminuzione negli anni, sia le stime effettuate per gli scenari futuri che dimostrano come in futuro i valori di concentrazione saranno molto inferiori rispetto allo stato attuale anche solo per via del rinnovo del parco veicolare.

Per gli aspetti acustici, si è svolta un'apposita indagine estesa ad un corridoio di 500 m in cui si sono individuati i ricettori per i quali si è provveduto alla determinazione dei livelli di rumore atteso in modo puntuale. Come prima misura di riduzione del rumore è stata prevista la realizzazione, solo per le nuove strade, di tappeti stradali fonoassorbenti o comunque a ridotta emissione sonora. Gli effetti contrapposti dovuti all'incremento di traffico ed alla riduzione delle emissioni per effetto della realizzazione di tappeti

stradali a ridotta emissione sonora determina complessivamente la riduzione del rumore rispetto la situazione attuale.

Sono in ogni caso presenti situazioni nelle quali edifici esistenti si troveranno ad essere esposti a valori di rumore superiori ai limiti prescritti. Per queste aree è stato necessario prevedere la realizzazione di barriere acustiche; complessivamente ne sono state previste ventiquattro tratti di barriere acustiche con altezza di due o cinque metri per una lunghezza complessiva di quasi due chilometri.

La valutazione previsionale di impatto acustico conseguente alla realizzazione del nuovo Sistema Tangenziale di Lucca ha evidenziato come la diversa distribuzione del traffico comporti necessariamente una diversa distribuzione anche dei livelli di rumore presente. Conseguentemente vi saranno aree nelle quali il rumore diminuirà ed aree che invece saranno interessate da incremento del rumore; complessivamente il clima acustico presente nelle aree abitate andrà a diminuire. Questo sia per effetto della decongestione delle strade cittadine che per la prevista realizzazione di interventi di mitigazione acustica (barriere e asfalto basso-emissivo).

L'analisi dell'incidentalità sulla rete stradale attuale (pubblicazione ACI – Localizzazione degli incidenti stradali – Anno 2010), in cui gravita l'intervento in progetto, mostra che gli incidenti sulla rete non autostradale hanno una maggiore frequenza in prossimità del centro urbano di Lucca. Con riferimento alle infrastrutture di carattere regionale si riporta quanto segue:

- la SS12 del Brennero e dell'Abetone, che dal km 16,9 al 64,7 ricade nel territorio della provincia di Lucca, è stata scena di 20 incidenti nell'anno 2010 che hanno comportato 1 e 31 feriti, mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati rispettivamente 13 ed 11;
- sulla SS12 Radd., dal km 3,1 al 12,6, si sono verificati 4 incidenti con una conseguenza mortale e con 4 feriti, , mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati rispettivamente 7 e 6;
- sulla SS439 Sarzanese, dal km 0,00 al 47,5 sono stati verbalizzati 7 incidenti, nessun morto e 9 feriti, mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati rispettivamente 19 e 9;
- la SS435 Lucchese, dal km 0,0 al 13,0, è stata scena di 4 incidenti, nessun morto e 9 feriti, mentre nel 2008 e 2009 gli incidenti erano stati 3 in ciascun anno.

Si evidenzia, inoltre la presenza di 30 incidenti sulla diramazione A11-A12 Lucca-Viareggio, con 43 feriti e nessun morto, mentre sulla A11 tra i chilometri 50 e 66 si sono verificati 31 incidenti con nessun morto e 61 feriti.

Dalla valutazione degli effetti sulla sicurezza conseguenti alle differenti ipotesi di configurazione della rete stradale futura si verifica, visti i miglioramenti normativi in materia di sicurezza, una riduzione complessiva degli incidenti del 17,5%, una riduzione del 22,5% degli incidenti con feriti ed una riduzione del 30% di incidenti con morti.

10 INDICAZIONI PRELIMINARI PER IL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Le presenti Linee Guida definiscono gli obiettivi e i criteri metodologici generali per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) relativo alla realizzazione del Sistema Tangenziale di Lucca.

L'intervento è costituito da una nuova rete stradale, di estensione complessiva di circa 30 km, costituita dall'adeguamento di viabilità esistenti e dalla realizzazione di nuovi tratti di strada a due corsie, quali:

- **Asse Nord-Sud** che si connette a nord con la S.S.12 del Brennero ed a sud con la S.P.23 Romana in località Antraccoli;
- **Asse Ovest-Est**, che dalla nuova intersezione di Lucca Est sulla A11 si collega all'asse Nord-sud in loc. Antraccoli mediante la nuova intersezione di Antraccoli;
- **Asse Est-Ovest**, che dalla nuova intersezione di Antraccoli si sviluppa in direzione est verso il nuovo casello di Capannori in località Frizzone;
- **Adeguamento della SS12**, di collegamento tra il ponte esistente sul fiume Serchio in loc. Ponte a Moriano ed il nuovo ponte in progetto (quest'ultimo non di competenza ANAS) in loc. Corte Pasquinelli;
- **Cavalcaferrovia sulla linea Lucca-Pistoia-Firenze** nell'area "ex scalo merci" di Lucca, comprensivo del collegamento con la viabilità esistente;
- la nuova viabilità di collegamento tra via di Sottomonte in loc. Carraia ed il casello A11 del Frizzone (adeguamento di via del Rogio) denominata "**Opera connessa**";
- **Circonvallazione di Altopascio**, ovvero una nuova viabilità di collegamento tra il casello A11 del Frizzone e la S.P.3 Bientina Altopascio.

Le indicazioni preliminari, suddivise per componenti ambientali, sono state redatte in piena coerenza con i risultati dello Studio di Impatto Ambientale ed a integrazione di quanto riportato dallo Studio stesso, sono stati riesaminati ed aggiornate le conoscenze ed informazioni necessarie per indicare in via preliminare gli impatti potenziali che l'inserimento dell'infrastruttura in oggetto potrebbe provocare in fase di costruzione e di esercizio.

Nella redazione delle presenti indicazioni preliminari del PMA si è tenuto conto delle "Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) delle infrastrutture strategiche ed insediamenti produttivi", di cui al D.Lgs. n.163 del 12/04/06, redatte dalla Commissione Speciale di Valutazione di Impatto Ambientale (rev.2 del 23/07/07).

Per gli aspetti specialistici si farà riferimento alle normative vigenti specifiche.

10.1 COMPONENTE ATMOSFERA

La costruzione e l'esercizio delle opere di progetto possono dar vita ad impatti sulla qualità dell'aria sia durante le fasi di costruzione delle opere stesse sia nella fase post operam.

Le emissioni che possono causare alterazione dei livelli di qualità dell'aria nelle zone limitrofe ai cantieri per la realizzazione dell'opera, sono quelle derivanti da qualsiasi fase lavorativa che può generare uno specifico inquinante perché utilizza o processa un materiale che lo contiene (o che contiene un suo precursore).

La complessità dell'opera determina quindi la necessità di ricorrere ad attività di monitoraggio in tutte le fasi del progetto:

- Ante Operam (AO), per monitorare la situazione prima della realizzazione delle opere, fornendo importanti informazioni in merito ai livelli di qualità dell'aria preesistenti. La determinazione del fondo ambientale delle concentrazioni dei diversi contaminanti sarà pertanto affiancata in questa fase, per quanto possibile, all'individuazione delle cause generatrici dei singoli inquinanti presenti nelle aree di indagine;
- Corso d'Opera (CO), per monitorare gli impatti derivanti dalle attività di costruzione, consentendo in tal modo di disporre di segnali tempestivi per poter attivare eventuali azioni correttive rispetto a quelle preventive già predisposte ed adottate sulla base degli esiti degli studi di impatto e del progetto dei cantieri (es.: emissioni da cumuli, movimenti terra e mezzi d'opera..);
- Post Operam (PO), sia per valutare il confronto con la fase di ante-operam a fine lavori, ossia in assenza di emissioni/immissioni dovute alla fase di costruzione, sia per disporre di un nuovo quadro conoscitivo "ex-ante" rispetto all'esercizio delle opere (in particolare qualora fossero intervenuti altri fattori indipendenti dai lavori a modificare lo stato di qualità dell'aria).

I punti di misura dovranno essere distribuiti sul territorio in modo da garantire il controllo dei parametri individuati su tutta l'area di impatto delle emissioni, e in particolare sulle aree in cui è previsto il maggiore impatto e, all'interno di queste, sui recettori più sensibili.

L'ubicazione dei punti di campionamento dovrà essere tale da valutare la qualità dell'aria in relazione alla protezione della salute umana e degli ecosistemi, pertanto dovranno essere previsti dei punti di misura sia nelle aree di prossima cantierizzazione, sia nelle aree sensibili che potranno essere raggiunte dalle emissioni di materiale particolato.

Il posizionamento di tutti i punti di monitoraggio dovrà essere effettuato tenendo conto della direzione del vento prevalente, del posizionamento relativo tra ricettori e aree di cantiere, della tipologia di attività prevista per l'area di cantiere.

In via prioritaria, si dovranno ubicare i punti di misura in quelle aree abitate laddove le previsioni progettuali mettono in evidenza un livello maggiore di impatto. Sulla base dei risultati del monitoraggio ante operam sarà valutata l'eventualità di integrare o meglio ubicare i punti di monitoraggio.

Per tutte le postazioni selezionate dovranno essere elaborate le schede punto da sottoposte per approvazione ad ARPAT.

La frequenza e la durata delle misure, opportunamente definite, con attenzione alla singola fase di monitoraggio, consentiranno di valutare, attraverso la misura degli indicatori ritenuti significativi, lo stato di qualità dell'aria e l'entità degli effetti indotti dalla realizzazione delle opere e dall'esercizio delle infrastrutture.

Nella fase Ante Operam, dovranno essere rilevati i seguenti parametri:

- Polveri respirabili PM10;
- Polveri Totali Sospese PTS;
- Ossidi di Azoto (NO_x);
- Monossido di Azoto (NO);
- Biossido di Azoto (NO₂);
- Ozono (O₃);
- Polveri sedimentate.

Il parametro CO non sarà oggetto di monitoraggio poiché i valori di questo inquinante sono ben al di sotto dei limiti di legge. Il CO, infatti, non è più oggetto di monitoraggio in Toscana ad eccezione di alcuni siti di traffico, dove continua ad essere cautelativamente monitorato. Le concentrazioni rilevate presso questi siti, risultano comunque ampiamente al di sotto dei valori limite normati, non rappresentando un problema per la qualità dell'aria in Toscana. Per tale motivo non risulta necessario un monitoraggio dedicato. Analogamente non sarà monitorato il benzene poiché, come emerge dalle mappe di dispersione, presenta valori di concentrazione trascurabili allo scenario attuale e ancor più irrilevanti negli scenari al 2018 e al 2028.

La durata delle attività inerenti al monitoraggio Ante Operam sarà pari ad un anno solare in modo da considerare la qualità dell'aria e le dinamiche temporali per le varie stagioni.

Dovranno essere previste misure con mezzo mobile (PM₁₀, PTS, NO_x, NO₂, NO, O₃, direzione e velocità del vento, temperatura, umidità relativa, radiazione solare, pressione atmosferica) presso almeno 4 postazioni e con campionatori passivi (NO_x, NO₂, NO, O₃) presso almeno 8 postazioni. I dati relativi a tutti i parametri monitorati dal mezzo mobile saranno registrati in continuo per 15 giorni con frequenza quadrimestrale, con una restituzione oraria degli stessi. Per le polveri fini è previsto anche il monitoraggio mediante campionatori sequenziali per 15 giorni con frequenza quadrimestrale presso le postazione in cui sarà situato il mezzo mobile al fine di poter effettuare la speciazione chimica delle

polveri. La caratterizzazione chimica permetterà di stimare il contributo naturale rispetto a quello antropico mediante speciazione dei due filtri relativi ai giorni con concentrazione di polveri massima e minima sui 15 giorni di rilievo effettuati (sui filtri dovranno essere ricercati: i traccianti del traffico veicolare Pb, Ba, Mn, Zn, V, Ni, Se, Sb, As; i traccianti dello spray marino Na, S, K e i traccianti del suolo Si, V, Cr, Ca, Ti, Sr, Al, Mn, Sc).

L'utilizzo dei campionatori passivi sarà finalizzato alla determinazione delle concentrazioni in atmosfera di ossidi di azoto e ozono al fine di avere dati utili per l'intero periodo su tutte le almeno 8 postazioni scelte. Il monitoraggio degli inquinanti gassosi effettuato con i campionatori passivi dovrà essere effettuato per l'intero periodo con sostituzione periodica quadrimestrale dei campionatori.

Un ulteriore parametro che si ritiene opportuno porre sotto osservazione è rappresentato dall'entità delle polveri sedimentate. Tale indicatore, seppure non confrontabile con prescrizioni normative, può essere un utile descrittore dell'inquinamento determinato da polveri grossolane. I risultati dovranno essere espressi in "mg/m² per giorno", ciò al fine di consentire il confronto dei dati rilevati con la classificazione proposta nel 1983 dalla Commissione Centrale contro l'Inquinamento Atmosferico (in Italia con la L.615/66 - Legge Antismog - il Ministero della Sanità aveva istituito una Commissione di studio per raccomandare dei limiti per le polveri sedimentabili, che ha proposto nel 1983 mediante la classificazione delle polveri sedimentabili in 5 classi). Le polveri sedimentate dovranno essere campionate presso le aree dei Cantieri Operativi negli stessi punti in cui sarà situato il mezzo mobile con cadenza quadrimestrale per 15 giorni negli stessi giorni in cui sarà effettuato il monitoraggio con mezzo mobile.

Nella fase di Corso d'Opera, i parametri da rilevare dovranno quelli già previsti dal monitoraggio Ante Operam. Il monitoraggio dovrà essere effettuato presso le stesse postazioni della fase Ante Operam e si dovrà estendere per l'intera durata delle attività di costruzione.

Nella fase di Post Operam, ad eccezione delle polveri sedimentate che non dovranno essere oggetto di monitoraggio, si rileveranno i parametri già previsti per la fase Ante Operam, presso le stesse postazioni e con le stesse modalità.

La durata delle attività di monitoraggio Post Operam dovrà essere di un anno solare dalla fine di tutti i lavori.

Nella tab.10.1 seguente si riassume il piano di monitoraggio indicando gli inquinanti monitorati associati ai metodi di campionamento, la durata e la frequenza delle misure.

Tab.10.1 - Sintesi piano di monitoraggio

Parametro/Attività	AO			CO			PO		
	Durata Misure	Periodo	Frequenza	Durata Misure	Periodo	Frequenza	Durata Misure	Periodo	Frequenza
Campionamento ed analisi di materiale particolato tramite campionatori sequenziali (PM ₁₀) e speciazione chimica su 2 filtri relativi ai giorni con concentrazione di PM10 massima e minima	15 giorni	1 anno	Quadrimestrale	15 giorni	durata cantieri	Quadrimestrale	15 giorni	1 anno	Quadrimestrale
Mezzo mobile (NO _x , NO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , PTS)	15 giorni	1 anno	Quadrimestrale	15 giorni	durata cantieri	Quadrimestrale	15 giorni	1 anno	Quadrimestrale
Campionamento del Particolato Sedimentabile con Deposimetri	15 giorni	1 anno	Quadrimestrale	15 giorni	durata cantieri	Quadrimestrale	-	-	-
Campionamento passivo (NO _x , NO ₂ , O ₃)	intero periodo	1 anno	Quadrimestrale	intero periodo	durata cantieri	Quadrimestrale	intero periodo	1 anno	Quadrimestrale

10.2 COMPONENTE AMBIENTE IDRICO

10.2.1 IDRICO SUPERFICIALE

Obiettivo del PMA per la presente componente è la programmazione dei campionamenti al fine di accertare lo stato qualitativo delle acque superficiali, sia allo stato attuale (fase ante operam) sia allo stato futuro (in corso d'opera e post operam), per poter porre in essere azioni di riduzione dell'impatto nel caso in cui esso possa avere un rilievo non trascurabile.

Le attività saranno distinte tra le fasi:

- Ante Operam (AO);
- Corso d'Opera (CO);
- Post Operam (PO).

Il monitoraggio dovrà prevedere la caratterizzazione di:

- parametri chimici e fisici;
- parametri biologici.

Per quanto concerne i primi, in fase Ante Operam si dovranno prevedere almeno 2 misurazioni in corrispondenza di ciascuno dei cantieri e di ciascun attraversamento dei corsi d'acqua, sui quali monitorare i parametri che maggiormente potrebbero essere alterati dalla realizzazione e dall'utilizzo dell'infrastruttura, scelti tra quelli del I, II e III gruppo di cui all'Allegato 2 alla Parte Terza del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i, Sezione A Criteri generali e metodologie per il rilevamento delle caratteristiche qualitative e per la classificazione delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile.

I parametri che si ritiene dovranno essere determinati sono:

Tutti i parametri del I gruppo

- pH

Studio di Impatto Ambientale

ANAS S.p.A. Direzione Centrale Progettazione

- colore
- materiali totali in sospensione
- temperatura
- conduttività
- odore
- nitrati
- cloruri
- fosfati
- COD
- ossigeno disciolto
- BOD5
- Ammoniaca.

Tutti i parametri del II gruppo

- ferro disciolto
- manganese
- rame
- zinco
- solfati
- tensioattivi
- fenoli
- azoto Kjeldhal
- coliformi totali
- coliformi fecali.

Tutti i parametri del III gruppo i parametri che possono essere influenzati dalla realizzazione e dall'utilizzo dell'infrastruttura stradale in progetto

- cromo totale
- piombo
- mercurio
- idrocarburi disciolti o emulsioni
- idrocarburi policiclici aromatici
- streptococchi fecali
- salmonelle.

Progetto Preliminare

La fase Ante Operam dovrà prevedere almeno 2 campionamenti in corrispondenza degli attraversamenti dei corsi d'acqua previsti dal progetto e in corrispondenza dei cantieri più vicini al corso delle aste fluviali interessate, mentre in corso d'opera si ritiene opportuno installare negli stessi punti una centralina di monitoraggio in continuo che rilevi i parametri pH, conducibilità, temperatura, ossigeno e che sia dotata di sistema di allarme in caso di superamento dei limiti.

In fase di Corso d'Opera la centralina andrà attivata contemporaneamente all'apertura del corrispondente cantiere. In caso di segnalazione di anomalie da parte della centralina, si dovrà provvedere ad un approfondimento delle cause che hanno portato all'alterazione dei parametri e adottare, in accordo con le autorità competenti, le opportune misure di intervento e le eventuali misure di compensazione. Nel caso in cui la centralina non segnali alcuna anomalia nel periodo, si consiglia comunque di procedere al campionamento almeno stagionale sia dell'IBE sia dei parametri chimico fisici sopra elencati.

In fase Post Operam, analogamente alla fase Ante Operam, si prevedono 2 monitoraggi dei parametri chimico fisici sopra menzionati, da effettuarsi anch'essi in corrispondenza dei punti monitorati in fase ante operam e in corso d'opera.

I monitoraggi Ante e Post operam dovranno essere distanziati nel tempo di almeno tre mesi, al fine di evitare e validare il rilievo di situazioni anomale temporanee.

I monitoraggi Ante Operam dovranno essere realizzati nei 12 mesi che precedono l'inizio dei lavori, così come il primo monitoraggio Post Operam sarà realizzato nei primi mesi dopo la fine dei lavori.

Per quanto concerne i parametri biologici, si dovrà provvedere all'analisi stagionale dell'indice I.B.E. (Indice Biotico Esteso), in quanto questo parametro è influenzato dalle variazioni meteorologiche e stagionali. Anche l'IBE dovrà essere campionato in corrispondenza dei punti indicati per i parametri chimici.

Si ritiene opportuno procedere inoltre, sempre con la medesima frequenza e nei medesimi punti previsti dal monitoraggio AO, CO e PO, al prelievo di campioni di sedimenti.

L'analisi dei sedimenti costituisce un indice significativo per la verifica della presenza o meno di contaminanti, in quanto la loro stabilità temporale è maggiore rispetto a quella delle acque: mentre variazioni sulle acque sono di scala oraria, per i sedimenti esse sono dell'ordine di giorni o mesi.

Sui sedimenti si dovranno analizzare i parametri convenzionali (granulometria, carbonio organico totale, solfuri volatili) e i parametri indicati nella Tabella 2 di cui al D.M. 6 novembre 2003, n. 367:

PARAMETRI

- Metalli
- Arsenico
- Cadmio

- Cromo totale
- Mercurio
- Nichel
- Piombo
- Organo metalli
- Tributilstagno
- Policiclici Aromatici
- IPA Totali
- Benzo(a)pirene
- Benzo(b)fluorantene
- Benzo(k)fluorantene
- Benzo(g,h,i)perilene
- Indenopirene
- Antracene
- Fluorantene
- Naftalene
- Pesticidi
- Aldrin
- Alfa esaclorocicloesano
- Beta esaclorocicloesano.

Gamma esaclorocicloesano blindano

- DDT
- DDD
- DDE
- Dieldrin
- Esaclorobenzene
- Diossine e Furani
- Sommatoria PCDD, PCDF e PCB diossina simili (T.E.)
- PCB
- PCB totali.

10.2.2 IDRICO SOTTERRANEO

Analogamente a quanto detto per le acque superficiali, obiettivo del PMA è la programmazione dei campionamenti in fase ante, in corso e post operam al fine di accertare lo stato qualitativo.

In base al D.Lgs.152/2006 e s.m.i le acque sotterranee vengono valutate dal punto di vista quantitativo e dal punto di vista qualitativo, ed entrambi gli stati possono essere definiti "buono" o "scarso", a seconda dell'esito dei monitoraggi.

Le attività saranno distinte tra le fasi:

- Ante Operam (AO);
- Corso d'Opera (CO);
- Post Operam (PO).

I parametri di base che in base al D.Lgs.152/2006 devono essere utilizzati per il monitoraggio di sorveglianza delle acque sotterranee sono:

- Tenore di ossigeno
- Valore del pH
- Conduttività
- Nitrati
- Ione ammonio

A causa della vulnerabilità della falda all'inquinamento nella zona d'intervento si procederà a un monitoraggio delle acque sotterranee AO, CO e PO che tenga conto non solo dei parametri di base sopra citati, ma di tutti i parametri individuati anche per le acque superficiali.

I parametri che saranno determinati:

- pH
- colore
- materiali totali in sospensione
- temperatura
- conduttività
- odore
- nitrati
- cloruri
- fosfati
- COD
- ossigeno disciolto
- BOD5
- ammoniaca

- ferro disciolto
- manganese
- rame
- zinco
- solfati
- tensioattivi
- fenoli
- azoto Kjeldhal
- coliformi totali
- coliformi fecali
- cromo totale
- piombo
- mercurio
- idrocarburi disciolti o emulsioni
- idrocarburi policiclici aromatici
- streptococchi fecali
- salmonelle

Il monitoraggio delle acque sotterranee dovrà avvenire con la medesima regolarità di quello previsto per le acque superficiali (almeno 2 campionamenti AO e altrettanti PO e prelievi stagionali o in caso di segnalazioni di anomalie da parte della centralina di rilevamento in continuo durante la fase di CO).

10.3 COMPONENTE SUOLO E SOTTOSUOLO

Il Suolo è potenzialmente soggetto a quattro principali cause di degrado della qualità o di riduzione della disponibilità rappresentate da:

- occupazione di suolo;
- perdita di orizzonti superficiali di maggiore fertilità;
- alterazione delle proprietà chimico-fisiche del suolo;
- potenziale sversamento sul suolo di sostanze e materiali inquinanti.

Il Sottosuolo è potenzialmente soggetto a tre principali cause di degrado della qualità o della stabilità rappresentate da:

- potenziale sversamento nel sottosuolo di sostanze e materiali inquinanti;
- alterazione della morfologia naturale dei versanti;

- possibile innesco di fenomeni di dissesto superficiale e profondo.

Alla luce di quanto sopra esposto il presente documento si propone nello specifico della componente suolo e sottosuolo di:

- verificare le condizioni chimiche, fisiche e morfologiche del suolo e del sottosuolo, allo scopo di segnalare eventuali modificazioni e criticità ascrivibili alle successive attività di costruzione, per le quali venga accertato o sospettato un rapporto di causa-effetto con le attività di CO e di PO;
- verificare l'efficacia delle eventuali misure correttive attuate;
- gestire ogni eventuale monitoraggio integrativo a seguito del manifestarsi di situazioni di criticità ed emergenza.

In via ordinaria saranno sottoposti al monitoraggio:

- i suoli presenti nelle zone interessate dall'opera e nelle porzioni di territorio circostante;
- le aree di maggiore sensibilità e vulnerabilità della risorsa suolo alle azioni di progetto;
- le zone interessate da rilevanti opere in sotterraneo quali gallerie e/o grossi movimenti terra che possano determinare sversamenti sul suolo o nel sottosuolo.

10.3.1 SUOLO

Il monitoraggio degli aspetti pedologici della componente "Suolo", che consiste principalmente nell'analisi delle caratteristiche dei terreni tramite la determinazione di parametri fisici, chimici e biologici da effettuare prima e dopo la realizzazione dell'opera prevista, è indispensabile per:

- controllare l'evoluzione della qualità del suolo, intesa sia come capacità agro-produttiva che come funzione protettiva;
- rilevare eventuali contaminazioni dei terreni limitrofi alle attività di cantiere, sia in fase di corso d'opera che post opera;
- garantire a fine lavori il corretto ripristino dei suoli.

Le alterazioni della qualità dei suoli potenzialmente conseguenti alle lavorazioni di cantiere e oggetto del presente piano di monitoraggio, possono essere sintetizzate come segue:

- perdita di orizzonti superficiali di elevata fertilità a seguito di operazioni di scotico effettuate senza un sufficiente accantonamento del terreno o effettuando una sua conservazione non idonea;
- inquinamento chimico determinato da sversamenti di sostanze contaminanti sia per infiltrazione negli strati profondi del suolo, sia per scorrimento superficiale a carico delle aree limitrofe, a causa della mancata o insufficiente regimazione delle acque interne ai cantieri;
- peggioramento delle proprietà fisiche del suolo (struttura, permeabilità, porosità, consistenza) a seguito di non corrette modalità di ripristino;

- perdita di suolo per erosione nelle aree limitrofe ai cantieri a causa della mancata o insufficiente regimazione delle acque di cantiere.

Le attività saranno distinte tra le diverse fasi con modalità ed obiettivi differenziati:

- Ante Operam (AO), è finalizzato a fornire una caratterizzazione del suolo prima dell'apertura dei cantieri e sarà volto alla conoscenza dei tre aspetti principali: fertilità, presenza di inquinanti, caratteristiche fisiche del suolo;
- Corso d'Opera (CO), si porrà l'obiettivo di verificare, attraverso rilevamenti periodici, la congruità dei lavori eseguiti rispetto alle esigenze di conservazione dei suoli e l'insorgere di situazioni critiche, quali eventuali accidentali inquinamenti di suoli limitrofi ai cantieri;
- Post Operam (PO), è finalizzato alla verifica delle caratteristiche del suolo e all'individuazione di eventuali inquinamenti del suolo rispetto alla fase di *ante operam*, a seguito dell'entrata in esercizio dell'infrastruttura e dell'occupazione temporanea dei cantieri. Questo consentirà di determinare le eventuali aree in cui sarà necessario effettuare eventuali operazioni di bonifica dei terreni superficiali prima della risistemazione definitiva.

10.3.2 SOTTOSUOLO

Il monitoraggio della componente sottosuolo può essere strutturato in:

- monitoraggio dell'inquinamento del sottosuolo, al fine di caratterizzare l'inquinamento del sottosuolo inteso come immissione o migrazione di sostanze nella matrice solida al disotto della coltre pedogenizzata;
- monitoraggio geomorfologico, per uno studio delle caratteristiche meccaniche dei terreni e dei processi morfoevolutivi.

Il monitoraggio sarà effettuato nelle aree maggiormente sensibili individuate nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale e in relazione all'ubicazione/tipologia delle pressioni di progetto.

Anche il monitoraggio della componente Sottosuolo dovrà essere condotto per l'intera durata dei lavori di realizzazione dell'infrastruttura stradale e dei relativi collegamenti con la rete stradale esistente.

Le attività saranno distinte tra le diverse fasi con modalità ed obiettivi differenziati:

- Ante Operam (AO), prima dell'apertura dei cantieri verrà effettuata una caratterizzazione ambientale nelle aree di cantiere per la determinazione dello stato di bianco, al fine di controllare eventuali inquinamenti preesistenti e si procederà alla individuazione e parametrizzazione delle situazioni di dissesto e di instabilità;
- Corso d'Opera (CO), la caratterizzazione ambientale dei terreni verrà attivata nei pressi delle aree di cantiere. I contaminanti potrebbero eventualmente derivare dalla rocce o terreni da scavo (ad

es.: smarino con eventuale formazione di percolato), o da sversamenti di oli o carburanti usati dai mezzi di cantiere;

- Post Operam (PO), verrà effettuata la verifica dell'efficacia degli eventuali interventi di bonifica e di riduzione del rischio, degli interventi di mitigazione e compensazione degli impatti.

10.4 COMPONENTE VEGETAZIONE, FLORA E FAUNA

Il monitoraggio delle componenti Vegetazione, Flora e Fauna sono finalizzati al controllo degli effetti diretti determinati dall'opera. Pertanto si effettueranno:

- il monitoraggio degli effetti a carico delle alberature e della vegetazione posta in ambiti prossimali alle aree di cantiere;
- il monitoraggio degli effetti diretti a carico della fauna (collisioni con autoveicoli);
- il monitoraggio dell'utilizzo dei sottopassi faunistici.

Le attività saranno distinte tra le fasi:

- Ante Operam (AO);
- Corso d'Opera (CO);
- Post Operam (PO);

ad eccezione del monitoraggio dei sottopassi che viene eseguito solo in Post Operam.

Il monitoraggio a carico delle alberature viene eseguito nelle tre fasi, con un censimento delle piante ed una verifica dello stato. Nella fase di verifica finale in PO, sarà eventualmente indicata l'esigenza di procedere ad abbattimenti e/o potature per motivi di sicurezza stradale e dei pedoni.

Il monitoraggio delle collisioni di esemplari faunistici di interesse conservazionistico e/o esemplari di taglia medio grande, viene legato ad un sistema di allerta prestabilito, che definisce una procedura di verifica delle modalità di accesso alla carreggiata, della pericolosità dell'evento e la possibilità che si ripeta, nonché le possibili misure specifiche di contrasto del fenomeno.

La verifica dell'utilizzo dei sottopassi viene eseguita con la tecnica del rilevamento delle tracce, collocando i sito idonei substrati di rilevamento se necessari.

10.5 COMPONENTE ECOSISTEMI

Costituiscono aspetti importanti per la componente Ecosistemi, i monitoraggi sugli effetti diretti determinati dall'opera:

- monitoraggio attivo della diffusione ailanto ed altre infestanti;
- monitoraggio dell'efficacia dei ripristini di vegetazione eseguiti.

Le attività saranno distinte tra le fasi:

- Ante Operam (AO);
- Corso d'Opera (CO);
- Post Operam (PO);

Il monitoraggio attivo della diffusione delle infestanti si realizzerà nelle aree espropriate.

- in AO si realizzerà il censimento;
- in Corso d'Opera sarà eseguito un doppio controllo annuale, durante il quale si provvederà ad indicare alla Direzione Lavori l'eventuale presenza di propaguli nei materiali terrosi di riporto;
- in Post Operam il monitoraggio viene condotto provvedendo, per la specie ailanto, alla rimozione diretta di eventuali plantule facilmente sradicabili ed al mappaggio dei siti di presenza. Sarà realizzato un piano per la lotta alle infestanti aliene da attuarsi nella gestione post impianto ed ordinaria delle aree a verde interne alla linea di esproprio.

Il monitoraggio dei ripristini con opere a verde, che viene eseguito solo in Post Operam e per il periodo corrispondente alla manutenzione Post Impianto, di cui costituisce l'attività di supporto in termini di verifica e controllo.

10.6 COMPONENTE RUMORE

Gli obiettivi delle attività di monitoraggio sono principalmente quelli di controllare il clima acustico sui ricettori interessati dalla costruzione e dall'esercizio dell'infrastruttura oggetto di studio, allo scopo di accertare l'efficacia delle misure di mitigazione o di definirle ed attivarle, se necessario, in modo opportuno. Le attività che possono creare potenziale impatto acustico sono connesse con la costruzione dell'infrastruttura e con l'esercizio della stessa.

La conoscenza dell'ante operam è importante per poter testimoniare la dinamica degli indicatori ambientali in fase di costruzione, per discriminare le sorgenti correlate ai lavori da quelle residenti prima dell'inizio dei lavori e, infine, per la verifica dei limiti differenziali. A lavori iniziati non è infatti mai possibile determinare in modo semplice i livelli di rumore residuo in ambiente abitativo.

Le attività saranno distinte tra le fasi:

- Ante Operam (AO), per definire lo stato acustico del territorio prima della costruzione della linea e dell'apertura dei cantieri e acquisire dati di riferimento per le fasi successive;
- Corso d'Opera (CO), per caratterizzare la rumorosità dei cantieri, del fronte avanzamento lavori, compreso il traffico indotto e le attività finali di smantellamento;
- Post Operam (PO), per verificare l'ambiente acustico con la nuova strada, con riferimento anche all'efficacia delle opere di mitigazione realizzate.

I punti di misura dovranno essere distribuiti sul territorio in modo da garantire il controllo dei parametri individuati su tutta l'area di impatto delle emissioni, e in particolare dove è previsto il maggiore impatto e, all'interno di queste, sui recettori più sensibili.

I punti di monitoraggio potranno essere selezionati considerando i ricettori compresi nella fascia di pertinenza dell'infrastruttura stradale ed inoltre nell'area tra 250-500 metri esterni ai corridoi di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradale in corrispondenza dei ricettori di Classe I. Per l'interferenza acustica dei cantieri i ricettori posti nelle aree per le quali la previsione di impatto acustico dei cantieri non escludeva il superamento dei limiti di zonizzazione acustica.

La frequenza e la durata delle misure, opportunamente definite, con attenzione alla singola fase di monitoraggio, consentiranno di valutare, attraverso la misura degli indicatori ritenuti significativi, i livelli di rumore presenti e di stimare il contributo indotto dalla realizzazione e dall'esercizio delle infrastrutture. Saranno prese in esame le seguenti metodiche di monitoraggio:

- misure di breve durata (spot): acquisizione, con intervalli di tempo pari a 1 secondo del Leq e di 6 livelli percentili (indicativamente L1, L10, L50, L90, L95, L99), soprattutto per verificare gli impatti in fase di costruzione; queste misure dovranno valutare la presenza di componenti impulsive, componenti tonali e componenti tonali in bassa frequenza (secondo le modalità indicate nell'Allegato B e verificare l'applicazione dei fattori correttivi (Ki, Kt e Kb) al livello ambientale (LA) rilevato;
- misure di media durata (giornaliere): acquisizione giornaliera, con intervalli di tempo pari a 1 ora del Leq e di 6 livelli percentili (indicativamente L1, L10, L50, L90, L95, L99);
- misure di lunga durata (settimanali): acquisizione settimanale, con intervalli di tempo pari a 10 minuti del Leq e di 6 livelli percentili (indicativamente L1, L10, L50, L90, L95, L99).

In particolare, si ritiene essenziale effettuare un monitoraggio Post Operam di lunga durata (settimanale) su almeno uno/due ricettori per ognuno sui diversi rami viari in funzione dei flussi di traffico.

10.7 COMPONENTE VIBRAZIONI

La costruzione e l'esercizio delle opere di importanti assi viari quali quelli in progetto determinano la generazione di vibrazioni durante le fasi di costruzione, nella fase post operam produce un complessivo effetto positivo in quanto solitamente riduce il traffico pesante responsabile delle vibrazioni nelle aree residenziali a maggiore densità abitativa. Il monitoraggio delle vibrazioni risulta importante anche al fine di acquisire dati necessari ad escludere la responsabilità nel caso dovessero verificarsi danni ad edifici esistenti per cause indipendenti dalla realizzazione dell'opera.

Nella fase di Corso d'Opera, alcune macchine operatrici, possono determinare livelli di vibrazioni superiori ai disturbi prodotti dal traffico durante la fase di esercizio della infrastruttura, ad esempio in caso di realizzazione di pali e diaframmi a ridotta distanza da edifici, in particolare storici e/o residenziali, rendere opportuna una verifica specifica sul sito perché l'attenuazione dipende dalla natura del sito.

La conoscenza dell'Ante Operam è importante solamente in alcune particolari condizioni ma è comunque opportuno acquisirlo in quanto a cantieri aperti si incontrano maggiori difficoltà a ricostruirlo.

Le attività saranno distinte tra le fasi:

- Ante Operam (AO), sarà definito lo stato attuale tramite la misurazione dei livelli di vibrazioni in quelle aree critiche in cui sono già ad oggi presenti sorgenti significative; tali misure potranno essere confrontate con quelle rilevate in fase di costruzione ed esercizio;
- Corso d'Opera (CO), saranno controllati e confrontati con la normativa i livelli di vibrazione sui ricettori;
- Post Operam (PO), saranno controllati e confrontati con la normativa i livelli di vibrazione sui ricettori più prossimi al tracciato; si ritiene opportuno effettuare un monitoraggio sul ricettore più vicino per i diversi rami, il numero dei controlli potrebbe essere limitato a quelli con i maggiori flussi di traffico in caso di esito positivo delle prime misure.

La scelta dei punti di monitoraggio costituisce uno degli aspetti fondamentali per l'esito del monitoraggio e risponde sia a requisiti di significatività e completezza sia di flessibilità nel garantire adeguatezza dei controlli nel tempo in funzione dell'avanzamento dei lavori e dei risultati ottenuti.

I punti di misura dovranno essere distribuiti sul territorio in modo da garantire il controllo dei parametri individuati su tutta l'area di impatto delle emissioni, e in particolare sulle aree in cui è previsto il maggiore impatto e, all'interno di queste, sui recettori più sensibili. Essi potranno essere in numero limitato ed a distanze non superiori ai 100m fatte salve particolari condizioni di sito che possono essere evidenziate durante il monitoraggio ante operam.

Le verifiche riguardano gli effetti: di "annoyance" sulla popolazione, - di interferenza con le attività produttive ad alta sensibilità, su emergenze archeologiche e di beni monumentali di particolare rilevanza (acquedotto Nottolini), sugli edifici, per quello che riguarda i possibili danni materiali alle strutture.

Le verifiche dovranno essere concentrate sulla fase realizzativa (cantieri) i parametri da rilevare da prendere a riferimento sono gli spettri di accelerazione nelle bande di frequenza:

- da 1 a 80 Hz, per la valutazione del disturbo fisico sul corpo degli individui;
- da 1 a 160 Hz, per la valutazione di eventuali danni alle strutture;
- da 1 a 1000 Hz, per la valutazione del disturbo generato dal rumore trasmesso per via solida.

Il controllo della situazione vibrazionale è effettuato confrontando i livelli misurati con i limiti normativi indicati da:

- UNI 9614 e ISO 2631, per la valutazione dell'“annoyance” alla popolazione;
- UNI 9916, ISO 4866 e DIN 4150/3, per la valutazione degli eventuali danni alle strutture.

10.8 PAESAGGIO

Il monitoraggio componente Paesaggio si propone di verificare l' idoneità delle scelte progettuali effettuate (in termini di rispondenza alle aspettative) per quanto concerne le trasformazioni che esse introducono dal punto di vista fisionomico, storico, culturale, strutturale, vale a dire l'insieme degli elementi che concorrono alla definizione del quadro d'insieme in cui le comunità locali si identificano.

I punti identificati per il monitoraggio, saranno riferiti in modo da poter offrire una visuale sugli interventi che introdurranno una variazione significativa sugli elementi sopra elencati, sia nella fase di realizzazione che di esercizio. In generale sarà posta l'attenzione al contenimento del rischio di perdita d'identità paesaggistica.

Gli effetti attesi, saranno monitorati in una fascia relativamente ristretta ai lati dell'infrastruttura e delle aree deputate alla cantierizzazione.

Con specifico riferimento alle caratteristiche dell'area di indagine, così come analizzato e desunto dalle analisi riportate nel S.I.A. e alla natura dei principali impatti previsti, sarà circoscritto l'ambito d'influenza della presente componente agli aspetti ritenuti di particolare rilevanza ai fini del monitoraggio, afferenti nello specifico alle categorie:

- Impatti di natura visuale – percettiva ovvero alterazione della percezione visiva del contesto territoriale di riferimento ;
- Impatti diretti e indiretti sui recettori sensibili / vulnerabili individuati in fase di S.I.A. costituiti da beni d'interesse storico – architettonici.

Le attività saranno distinte tra le fasi:

- Ante Operam (AO), le indagini avranno caratteristiche simili a quelle già condotte per la redazione dello S.I.A., ma ad un livello di maggiore dettaglio ed approfondimento. Lo scopo sarà quello di definire compiutamente la caratterizzazione dello stato dell'area d'indagine prima dell'inizio dei lavori, individuando gli indicatori visivi in grado di consentire il raffronto tra le tre fasi del monitoraggio e una valutazione il più possibile oggettiva degli effetti sulla componente;
- Corso d'Opera (CO), il principale scopo sarà quello di accertare le eventuali condizioni di criticità indotte dalle lavorazioni sulla componente indagata;
- Post Operam (PO), le indagini saranno finalizzate per lo più ad accertare l'efficacia delle misure di mitigazione ambientale indicate nel progetto, con particolare riferimento alla percezione visiva *dell'opera realizzata*;

Tutte le informazioni raccolte, opportunamente confrontate con quelle raccolte durante il monitoraggio degli altri ambiti, permetteranno di comporre un esaustivo quadro di riferimento sulla evoluzione dei caratteri del paesaggio nelle fasi costruttive e successivamente all'entrata in esercizio dell'opera.

Di seguito si riportano le descrizioni relative a tipologia e caratteristiche delle indagini.

- Analisi tipo A: inserimento percettivo dell'opera nel contesto paesaggistico

Date le caratteristiche morfologiche dell'area, l'impatto percettivo potrà essere per le tre fasi di MA valutato secondo due direttrici principali:

1. Osservazione dalla piana;
2. Osservazione dalle zone collinari (se sono verificate idonee le distanze dei punti di vista).

L'osservazione dalla piana corrisponde ad una percezione ravvicinata o da media distanza (da 0 a 1 Km circa), in posizione radente. In tale ambito i fenomeni percettivi sono condizionati prevalentemente dall'andamento morfologico della piana (pendenze – rilievi, ecc.) e dalla presenza di oggetti posti lungo la direttrice di osservazione.

L'attività consisterà essenzialmente nella redazione:

- di una scheda di classificazione dell'indagine, condotta per tratti di tracciato di progetto di sviluppo variabile;
- di uno stralcio planimetrico in scala 1:10.000/1:5.000 con ubicazione dei punti di vista fotografici, compreso nella scheda;
- carta tematica in scala 1:10.000/1:5.000 (per ambiti di indagine), con individuazione dei con visuali e dei principali elementi del progetto presenti nel campo visivo (opere d'arte, rilevati, trincee, ecc.);
- carta tematica degli indicatori visivi sensibili, in scala 1:5.000, con individuazione di eventuali ricettori/ambiti di particolare sensibilità;

e inoltre:

- nell'effettuazione di una ricognizione fotografica dell'area di intervento, avendo cura di rilevare le porzioni di territorio ove è prevedibilmente massima la visibilità dell'infrastruttura in progetto e dei suoi elementi di maggiore impatto percettivo (svincoli, opere d'arte maggiori, ecc.).

- Analisi tipo B: impatti sui beni storico – architettonici

Il monitoraggio per le tra fasi temporali consisterà principalmente nell'effettuazione di una ricognizione fotografica dello stato di ciascun manufatto di interesse individuato nel SIA.

In fase A.O. verranno elaborate le “Schede delle valenze artistiche, architettoniche e storiche”.

Inoltre verrà redatta una relazione descrittiva che illustri, per ogni punto di indagine, i risultati della verifica e le eventuali criticità riscontrate in CO e in PO.

10.9 MODALITA' DI GESTIONE DEI DATI DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE

Le attività del Monitoraggio Ambientale producono generalmente un'importante volume di dati ciascuno dei quali risulta corredato delle proprie connotazioni spazio temporali; nel caso del Progetto di Monitoraggio Ambientale dell'Opera in esame, stante la sua rilevanza a livello provinciale, regionale e nazionale, sussiste l'esigenza di gestione di tali dati in quantità quindi rilevanti, e con la necessità di fare partecipare alla gestione stessa numerosi attori ciascuno con le proprie specifiche autorità.

Si impone pertanto l'inserimento tra gli strumenti di gestione del Progetto dell'Opera / Intervento di un sistema complesso e con una articolata struttura di controllo che consenta la gestione avanzata del dato di Monitoraggio Ambientale: il **Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.)**, con cui si intende l'insieme degli strumenti hardware e software e delle procedure di amministrazione ed utilizzo che consentono, per il tramite di una struttura di risorse specializzate, il complesso delle operazioni di caricamento (upload), registrazione, validazione, consultazione, elaborazione, scaricamento (download) e pubblicazione dei dati del Monitoraggio Ambientale e dei documenti ad essi correlati.

All'interno del Progetto di Monitoraggio Ambientale, il Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) sarà implementato come un vero e proprio strumento di lavoro a supporto della fase attuativa del Monitoraggio e pertanto dovrà supportare i principali processi di recovery, conoscenza e comunicazione del dato.

Nella definizione del progetto del S.I.T. saranno assunti tra i requisiti di base le indicazioni fornite dalle citate "Linee guida per il progetto di monitoraggio ambientale (PMA) delle infrastrutture strategiche ed insediamenti produttivi", redatte dalla Commissione Speciale di Valutazione di Impatto Ambientale in rev.2 del 23/07/07.

11 BIBLIOGRAFIA

- Autorità di Bacino del fiume Arno, "Stralcio del Piano di assetto idrogeologico"
- Autorità di Bacino del fiume Serchio, "Stralcio del Piano di assetto idrogeologico"
- Banca dati del Progetto RE-NA-TO (REpertorio NATuralistico TOscano, banca dati" georeferenziata di tutte le segnalazioni di specie ed habitat d'interesse conservazionistico, realizzazione coordinata dal Museo di Storia Naturale dell'Università di Firenze, per incarico dell'ARSIA - Regione Toscana).
- Piano Faunistico Venatorio. Regione Toscana .
- Piano di Indirizzo Territoriale (PIT)
- Piano Regionale di Azione Ambientale della Toscana (PRAA)
- Regolamento Urbanistico del Comune di Lucca
- Piano Strutturale del Comune di Lucca
- Regolamento Urbanistico del Comune di Capannori
- Piano Strutturale del Comune di Capannori
- Regolamento Urbanistico del Comune di Porcari
- Piano Strutturale del Comune di Porcari
- Regolamento Urbanistico del Comune di Altopascio
- Piano Strutturale del Comune di Altopascio
- Piano di Classificazione Acustica del Comune di Lucca
- Piano di Classificazione Acustica del Comune di Capannori
- Piano di Classificazione Acustica del Comune di Porcari
- Piano di Classificazione Acustica del Comune di Altopascio
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di Lucca, approvato con delibera del C.P. n. 189 del 13 dicembre 2000, e pubblicato sul B.U.R.T. n. 4 del 24 gennaio 2001;
- variante di adeguamento del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Lucca, ai sensi dell'art. 15 della L.R. 1/2005 (procedimento di revisione avviato dalla Regione con delibera n.118 del 29/07/2010).
- Reijnen *et al.* 1995 - Predicting the effects of motorway traffic on breeding bird populations - Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Olanda).
- R.E.N. Rete Ecologica Nazionale. Ministero Ambiente – Istituto di Ecologia Applicata. www.minambiente.it.
- Banca Dati Natura 2000. Servizio Conservazione della Natura. Ministero Ambiente (www.minambiente.it).
- Archivio Soprintendenza B.A.A.S. delle province di Pisa, Lucca, Massa Carrara, Livorno (schedatori: Gilberto Bedini, Raffanti; Sabatini)
- Belli Barsali I., La Villa a Lucca dal XV al XIX secolo, De Luca, Roma, 1964
- Belli Barsali I., Ville e committenti nello stato di Lucca, Maria Pacini Fazzi, Lucca, 1980
- Ciampoltrini G., I cippi funerari della bassa e media Valdera, in Prospettiva 21, 1980
- Ciampoltrini G., Zecchini M., Capannori. Archeologia nel territorio, Lucca 1987
- Ciampoltrini G., Andreotti A., L'abitato etrusco di Tempagnano (Lucca). Scavi 1988-89, in Rassegna di Archeologia 9, 1990
- Ciampoltrini G., L'insediamento etrusco nella valle del Serchio dall'età del Ferro al VI sec. a.C. Nuovi contributi archeologici, in "Studi Etruschi" LVIII, 1993
- Ciampoltrini G., Aspetti dell'insediamento etrusco nella valle del Serchio: il V sec. a.C., in "Studi Etruschi" LIX, 1994 Ciampoltrini G. (a cura di), gli Etruschi del Bientina. Storie di comunità rurali fra X e V secolo a.C., Buti 1999
- Cristofani M., L'oro degli etruschi, Novara, 1985
- Giusti M. A., Le residenze dei principi a Marlia, in Il Principato Napoleonico dei Baciocchi (1805-1814) Riforma dello Stato e Società, catalogo della mostra tenuta a Lucca, Museo di Palazzo Mansi, 1984
- Maggiani A., Ager Lucensis: Ponte a Moriano, in Studi Etruschi 41, 1973
- Mancini G.(a cura di), Castagnori. Castello feudale presso la via Francigena, Lucca 1997. Mansi G., Le Ville Regine dell'antica Repubblica di Lucca, G.M. Casa Editrice Lucca
- Mencacci P., Zecchini M., Lucca preistorica, Lucca 1976
- Mencacci P., Zecchini M., Lucca romana, Lucca 1981
- Redi F., Difese urbane e fortificazioni del territorio toscano in età comunale: strutture superstiti e fonti iconografiche, in Guerra e guerrieri nella Toscana medievale, Firenze 1990.
- Zecchini M., Lucca etrusca. Abitati, necropoli, luoghi di culto, Lucca 1999
- www.luccapro.cribecu.sns.it
- Istituto Regionale Programmazione Economica della Toscana (IRPET), Il sistema socioeconomico fiorentino. SEL 9.3 Area Fiorentina Quadrante Centrale, febbraio 2009
- VALENTINI ANTONELLA, La tutela paesaggistica, in De Luca Giuseppe (a cura di), il Piano di Indirizzo Territoriale. Le regole e le strategie, Regione toscana, Giunta Regionale, Firenze 2003.
- ZOPPI MARIELLA, Carta dei Vincoli. La condivisione della conoscenza, Edizioni Regione Toscana, Firenze 2004
- TURRI E., (1979), Semiologia del paesaggio italiano, Longanesi, Milano
- TURRI E., (1998), Il paesaggio come teatro, Marsilio, Venezia
- CARTEI GIAN FRANCO (a cura di), Convenzione Europea delPaesaggio e governo del territorio, Regione Toscana-Università degli Studi di Firenze, Edizioni Il Mulino, Bologna 2007.

- DE LUCA GIUSEPPE, La pianificazione regionale in Toscana: 1984-1990, "Quaderni di Urbanistica Informazioni", n. 10, 1991.
- DE LUCA GIUSEPPE (a cura di), Il Piano di Indirizzo Territoriale. Le regole e le strategie, Regione Toscana - Giunta regionale, Firenze 2003.
- FERRARA GUIDO, RIZZO GIULIO G., ZOPPI MARIELLA (a cura di), Paesaggio: didattica, ricerche e progetti (1997-2007), Firenze University Press, Firenze 2007.
- GAMBERINI MARCO, Le politiche della Regione Toscana per il paesaggio, in CANALI FERRUCCIO, GALATI VIRGILIO, "La tutela del paesaggio toscano", Bollettino della Società di Studi Fiorentini, 15, 2006, pagg. 29-30.
- PAOLINELLI GABRIELE, L'atlante fotografico del Paesaggio, in CANALI FERRUCCIO, GALATI VIRGILIO, "La tutela del paesaggio toscano", Bollettino della Società di Studi Fiorentini, 15, 2006.

ALLEGATO 1

Componente Rumore: tabelle di output del modello di simulazione.

Ricettore	Direzione	Piano	Limite zona		Ric sensibili	Fascie di pertinenza			Limite di fascia		Stato di fatto		Progetto 2028						Mitigato Progetto 2028					
			Diurno	Notturno		Trac. Prog.	Autos	Ferr	Diurno	Notturno	Totale		Fascia		Zona		Toale		Fascia		Zona		Toale	
											Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno	Diurno	Notturno
P004	N	1	70	60	x				65	55	54,2	47,6	38,7	29,2	55,1	48,6	55,2	48,6	38,7	29,2	55,1	48,6	55,2	48,6
P004	N	2	70	60	x				65	55	57,3	51,2	43,7	34,3	57,3	51,0	57,4	51,1	43,7	34,3	57,3	51,0	57,4	51,1
P005	S	1	70	60	x				65	55	52,7	46,9	36,5	27	52,1	46,2	52,2	46,2	36,5	27	52,1	46,2	52,2	46,2
P005	S	2	65	55	x				65	55	55,8	50,0	40,9	31,4	55,4	49,5	55,5	49,6	40,9	31,4	55,4	49,5	55,5	49,6
P006	S	1	65	55	x				65	55	53,3	47,3	37,1	27,6	52,8	46,7	52,9	46,7	37,1	27,6	52,8	46,7	52,9	46,7
P006	S	2	65	55	x				65	55	55,9	50,0	41	31,5	55,4	49,5	55,6	49,5	41	31,5	55,4	49,5	55,6	49,5
P006	S	3	65	55	x				65	55	58,9	53,1	45,2	35,7	59,2	53,3	59,4	53,4	45,2	35,7	59,2	53,3	59,4	53,4
P007	O	1	65	55	x				65	55	52,4	46,0	31,1	21,6	52,5	46,1	52,6	46,1	31	21,5	52,5	46,1	52,6	46,1
P007	S	1	65	55	x				65	55	50,0	44,0	30,5	21	50,3	44,2	50,3	44,2	30,5	21	50,3	44,2	50,3	44,2
P008	N	1	65	-	x	A			63,8	-	65,4	59,2	61,3	51,9	61,9	54,8	67,4	60,6	61,3	51,9	61,9	54,8	67,4	60,6
P008	N	2	70	-	x	A			63,8	-	69,8	64,0	63,6	54,1	62,3	55,3	71,5	65,2	63,6	54,1	62,3	55,3	71,5	65,2
P009	N	1	70	-	x	A			63,8	-	64,1	57,6	55,1	45,6	62,8	55,7	64,8	57,9	55,1	45,6	62,8	55,7	64,8	57,9
P009	N	2	70	-	x	A			63,8	-	66,8	60,7	58,5	49	62,9	55,9	67,5	61,1	58,5	49	62,9	55,9	67,5	61,1
P010	N	1	70	-	x	A			63,8	-	64,0	57,5	55,6	46,1	62,8	55,7	64,7	57,9	55,6	46,1	62,8	55,7	64,7	57,9
P010	N	2	70	-	x	A			63,8	-	66,5	60,4	58,7	49,2	62,8	55,8	67,0	60,4	58,7	49,2	62,8	55,8	67,0	60,4
P011	N	1	70	60	x	A			63,8	53,8	66,6	61,0	1	0,9	44,5	39,5	44,5	39,5	1	0,9	44,5	39,5	44,5	39,5
P011	N	2	65	55	x	A			63,8	53,8	71,3	65,7	1	0,9	44,5	39,5	44,5	39,5	1	0,9	44,5	39,5	44,5	39,5
P012	N	1	65	55	x				65	55	53,7	47,7	47,8	38,4	54,5	48,4	55,3	48,8	47,8	38,4	54,5	48,4	55,3	48,8
P012	N	2	65	55	x				65	55	56,1	50,2	51	41,7	56,6	50,6	57,7	51,2	51	41,7	56,6	50,6	57,7	51,2
P012	N	3	65	55	x				65	55	57,3	51,5	52,9	43,6	58,1	52,2	59,2	52,8	52,9	43,6	58,1	52,2	59,2	52,8
P013	O	1	65	55	x				65	55	49,5	43,8	40,7	31,4	50,1	44,3	50,6	44,6	40,8	31,4	50,1	44,3	50,6	44,6
P013	O	2	65	55	x				65	55	51,2	45,5	44,2	34,9	51,8	46,1	52,5	46,4	44,3	34,9	51,8	46,1	52,5	46,4
P013	N	1	65	55	x				65	55	51,2	45,2	41,4	32	51,5	45,6	51,9	45,7	41,4	32	51,5	45,6	51,9	45,7
P013	N	2	65	55	x				65	55	53,1	47,0	45,1	35,7	53,5	47,5	54,1	47,8	45,1	35,7	53,5	47,5	54,1	47,8
P014	N	1	65	-	x	A			63,8	-	57,6	52,0	55,3	46	49,4	43,1	60,1	53,5	55,3	46	49,4	43,1	60,1	53,5
P014	N	2	70	-	x	A			63,8	-	60,2	54,5	59,4	50	50,4	44,3	63,4	56,5	59,4	50	50,4	44,3	63,4	56,5
P015	N	1	70	-	x	A			63,8	-	56,0	50,4	52,7	43,3	48,5	42,4	58,2	51,7	52,7	43,3	48,5	42,4	58,2	51,7
P015	N	2	70	-	x	A			63,8	-	58,3	52,6	56,8	47,3	49,7	43,5	61,2	54,4	56,8	47,3	49,7	43,5	61,2	54,4
P016	N	1	70	-	x	A			63,8	-	59,1	53,3	56,7	47,2	52,0	45,4	61,6	54,9	56,7	47,2	52,0	45,4	61,6	54,9
P016	N	2	70	-	x	A			63,8	-	61,2	55,5	60	50,5	52,6	46,1	64,4	57,6	60	50,5	52,6	46,1	64,4	57,6
P017	N	1	70	-	x	A			63,8	-	59,0	53,1	56,4	46,9	52,7	46,0	61,4	54,7	56,4	46,9	52,7	46,0	61,4	54,7
P017	N	2	70	-	x	A			63,8	-	61,0	55,3	59,8	50,4	53,3	46,7	64,1	57,3	59,8	50,4	53,3	46,7	64,1	57,3
P018	N	1	70	60	x	A			63,8	53,8	58,9	52,9	55,3	45,9	53,7	47,0	61,0	54,4	55,3	45,9	53,7	47,0	61,0	54,4
P018	N	2	70	60	x	A			63,8	53,8	60,8	55,0	59,1	49,6	54,4	47,6	63,7	56,9	59,1	49,6	54,4	47,6	63,7	56,9
P019	N	1	70	-	x	A			63,8	-	55,7	50,0	46,8	37,3	49,5	43,3	57,9	51,9	46,8	37,3	49,5	43,3	57,9	51,9
P020	SW	1	70	-	x				65	-	51,6	45,3	32,2	22,5	58,7	50,0	58,7	50,0	32,1	22,4	58,7	50,0	58,7	50,0
P020	SW	2	70	-	x				65	-	55,5	49,0	35,6	25,9	61,9	53,5	61,9	53,5	35,6	25,9	61,9	53,5	61,9	53,5
P020	SW	3	70	-	x				65	-	57,1	50,6	37,4	27,7	62,7	54,5	62,7	54,5	37,4	27,7	62,7	54,5	62,7	54,5
P020	NO	1	70	-	x				65	-	54,1	47,5	36,2	26,3	63,2	54,2	63,2	54,2	36,1	26,2	63,2	54,2	63,2	54,2
P020	NO	2	70	-	x				65	-	57,4	50,6	38,9	29	65,2	56,1	65,2	56,2	38,8	29	65,2	56,1	65,2	56,2
P020	NO	3	70	-	x				65	-	58,9	51,7	40,2	30,3	65,5	56,5	65,5	56,5	40,1	30,3	65,5	56,5	65,5	56,5
P021	SW	1	70	-	x				65	-	59,3	52,8	52,5	42,6	47,9	42,6	53,8	45,6	52,5	42,6	47,9	42,6	53,8	45,6
P021	SW	2	70	-	x				65	-	64,0	57,4	55,7	45,7	49,6	43,7	56,6	47,8	55,7	45,7	49,6	43,7	56,6	47,8
P021	SW	3	70	-	x				65	-	65,4	58,8	57,9	48	51,4	44,9	58,8	49,7	57,9	48	51,4	44,9	58,8	49,7

*-> Calcolata solo la componente di rumore dovuta al sistema Trac. Prog.enziale di lucca, si considera trascurabile il contributi del progetto se il valore rilevato è inferiore al limite di zona di almeno 10 dBA'

TABELLA B - RISULTATI NUMERICI RICETTORI -CAVALCAFERROVIA LU-FI					Fasce di pretinenza								
Ricettore	Direzione	Piano	Limite zona		Ric sensibile	Trac. Prog.	Ferr	Limite di fascia **		SdP		SdP mitigato	
			Diurno	Notturmo				Diurno	Notturmo	diurno	notturno	diurno	notturno
L701	S	1	65	55			55	45	30,7	21,6	27,3	18,1	
L701	S	2	65	55			55	45	34,1	24,9	30,1	20,9	
L702	S	1	65	55			55	45	29,6	20,5	26,8	17,6	
L702	S	2	65	55			55	45	33,1	23,9	29,7	20,5	
L703	SE	1	65	55			55	45	26,4	17,2	23,9	14,7	
L703	SE	2	65	55			55	45	29,2	20	26,6	17,5	
L703	SE	3	65	55			55	45	37	27,8	33,6	24,4	
L704	SW	1	65	55			55	45	34,1	24,9	30,9	21,8	
L704	SW	2	65	55			55	45	36,7	27,5	33,2	24	
L705	S	1	65	55			55	45	28,1	18,9	25	15,8	
L705	S	2	65	55			55	45	30,3	21,2	26,7	17,5	
L706	SE	1	65	55			55	45	27,3	18,1	24,5	15,3	
L706	SE	2	65	55			55	45	29	19,8	25,8	16,6	
L707	SE	1	65	55			55	45	33,6	24,4	29,4	20,2	
L707	SE	2	65	55			55	45	35,5	26,3	31	21,8	
L708D	SW	1	65 -				55 -		33,2	24	29,7	20,6	
L708D	SW	2	65 -				55 -		36	26,8	32,3	23,1	
L709D	O	1	65 -			B	55 -		35,8	26,6	32	22,8	
L710	SW	1	65	55		B	55	45	35,7	26,5	32,3	23,1	
L711D	S	1	65 -			B	55 -		29,1	20	25,7	16,5	
L711D	S	2	65 -			B	55 -		29,7	20,5	26,1	16,9	
L712	S	1	65	55			55	45	26,8	17,6	23,9	14,8	
L712	S	2	65	55			55	45	28,3	19,2	25,4	16,2	
L713	NE	1	65	55			55	45	40,9	31,7	36,1	27	
L713	NE	2	65	55			55	45	43,5	34,3	39	29,9	
L713	NE	3	65	55			55	45	45,4	36,2	41,1	31,9	
L714	SE	1	65	55		B	55	45	48,9	39,7	44,3	35,2	
L714	SE	2	65	55		B	55	45	52,4	43,1	48,2	39	
L714	SE	3	65	55		B	55	45	53,6	44,4	49,5	40,3	
L715	E	1	65	55		X	62	52	59,1	49,8	55,1	45,8	

L715	E	2	65	55		X	B	62	52	60,1	50,8	56,1	46,8
L715	E	3	65	55		X	B	62	52	60,1	50,8	56,1	46,8
L715	E	4	65	55		X	B	62	52	59,9	50,6	55,9	46,6
L715	S	1	65	55		X	B	62	52	56	46,8	52	42,8
L715	S	2	65	55		X	B	62	52	58,1	48,9	54,1	44,8
L715	S	3	65	55		X	B	62	52	58,2	49	54,2	45
L715	S	4	65	55		X	B	62	52	58,2	49	54,2	45
L716	E	1	65	55			B	55	45	28,3	19,1	24,4	15,2
L716	E	2	65	55			B	55	45	30,2	21	25,9	16,7
L716	E	3	65	55			B	55	45	33,5	24,3	28,6	19,4
L717	E	1	65	55			B	55	45	30	20,8	25,5	16,4
L717	E	2	65	55			B	55	45	32,4	23,2	27,4	18,3
L717	E	3	65	55			B	55	45	34,3	25,1	28,9	19,7
L718	E	1	65	55			B	55	45	26,6	17,4	22,7	13,5
L718	E	2	65	55			B	55	45	32,7	23,5	28,3	19,2
L718	E	3	65	55			B	55	45	37,9	28,7	32,9	23,7
L719D	S	1	65	-			B	55	-	43,1	33,9	37,1	28
L719D	S	2	65	-			B	55	-	45,5	36,3	39,8	30,7
L720	S	1	65	55			B	55	45	45,2	36,1	38,9	29,8
L720	E	1	65	55			B	55	45	43,8	34,6	38	28,8
L721	S	1	65	55			B	55	45	30,3	21,1	25,9	16,7
L722	S	1	65	55			B	55	45	27,3	18,2	23,8	14,6
L722	S	2	65	55			B	55	45	35,2	26,1	31	21,8
L723D	E	1	65	-			B	55	-	28,4	19,2	24,5	15,3
L723D	S	1	65	-			B	55	-	35,7	26,6	30,6	21,5
L724	S	1	65	55			B	55	45	39,8	30,7	34,5	25,3
L724	S	2	65	55			B	55	45	42,3	33,1	36,6	27,4
L724	S	3	65	55			B	55	45	43,4	34,2	37,6	28,4
L725	S	1	65	55			B	55	45	41,1	32	35,6	26,4
L726	N	1	65	55			B	55	45	30,5	21,3	25,2	16
L726	N	2	65	55			B	55	45	31,8	22,6	26,5	17,3
L726	N	3	65	55			B	55	45	31,3	22,1	27,5	18,3
L727D	S	1	65	-			A	55	-	40,4	31,3	33,6	24,4

L728	E	1	65	55			B	55	45	43	33,9	37,1	28
L728	E	2	65	55			B	55	45	45,3	36,2	39,9	30,7
L728	E	3	65	55			B	55	45	46,7	37,6	41,1	32
L728	E	4	65	55			B	55	45	47,6	38,5	41,9	32,7
L729	O	1	65	55		X	A	63,8	53,8	59,7	50,5	53,7	44,5
L729	O	2	65	55		X	A	63,8	53,8	61,8	52,6	56,6	47,4
L729	O	1	65	55		X	A	63,8	53,8	59,7	50,5	53,7	44,5
L729	O	2	65	55		X	A	63,8	53,8	61,8	52,6	56,6	47,4
L729	S	1	65	55		X	A	63,8	53,8	61,5	52,3	53,4	44,2
L729	S	2	65	55		X	A	63,8	53,8	63,5	54,3	56,6	47,4
L730D	S	1	65	-		X	A	63,8	-	59,6	50,5	48,8	39,7
L730D	O	1	65	-		X	A	63,8	-	58,3	49,1	49,4	40,2
L730D	S	1	65	-		X	A	63,8	-	59,6	50,5	48,8	39,7
L730D	O	1	65	-		X	A	63,8	-	58,3	49,1	49,4	40,2
L731	S	1	65	55			B	55	45	50,8	41,7	41,2	32,1
L731	S	2	65	55			B	55	45	54,1	44,9	44,2	35,1
L731	S	3	65	55			B	55	45	56,6	47,5	49,9	40,8
L731	S	1	65	55			B	55	45	46,9	37,8	39	29,9
L731	S	2	65	55			B	55	45	50,5	41,3	41,5	32,4
L731	S	3	65	55			B	55	45	55,5	46,4	48,7	39,5
L732	S	1	65	55			B	55	45	49,1	39,9	40,9	31,8
L732	S	2	65	55			B	55	45	52,1	42,9	43,6	34,5
L732	S	3	65	55			B	55	45	55,1	45,9	48,2	39,1
L732	O	1	65	55			B	55	45	40,2	31	35,4	26,2
L732	O	2	65	55			B	55	45	43	33,9	38,2	29
L732	O	3	65	55			B	55	45	48,9	39,8	44,1	35
L733	S	1	65	55		X	A	63,8	53,8	58,6	49,4	48,2	39,1
L733	S	2	65	55		X	A	63,8	53,8	64	54,8	52,3	43,2
L733	O	1	65	55		X	A	63,8	53,8	59,2	50	48,2	39
L733	O	2	65	55		X	A	63,8	53,8	63,3	54,2	52,8	43,7
L734	O	1	65	55			A	55	45	48,5	39,3	41,6	32,4
L734	O	2	65	55			A	55	45	52,6	43,4	46,2	37
L734	S	1	65	55			A	55	45	44,1	34,9	37,6	28,4

L734	S	2	65	55			A	55	45	47,1	38	39,4	30,3
L735	O	1	65	55		X	A	63,8	53,8	56,9	47,7	46,4	37,2
L735	O	2	65	55		X	A	63,8	53,8	62,2	53	49,9	40,8
L735	O	3	65	55		X	A	63,8	53,8	62,9	53,8	55,4	46,2
L735	S	1	65	55		X	A	63,8	53,8	55,8	46,7	46,9	37,8
L735	S	2	65	55		X	A	63,8	53,8	61,3	52,1	50,3	41,2
L735	S	3	65	55		X	A	63,8	53,8	64,1	54,9	55,9	46,8
L736	S	1	65	55		X	A	63,8	53,8	55,2	46	46,8	37,7
L736	S	2	65	55		X	A	63,8	53,8	59,9	50,7	49,8	40,7
L737	S	1	65	55		X	A	63,8	53,8	53,5	44,4	45,5	36,3
L737	S	2	65	55		X	A	63,8	53,8	57,3	48,2	48	38,9
L738	S	1	65	55			A	55	45	52,2	43	43,7	34,5
L738	S	2	65	55			A	55	45	55,4	46,2	46,2	37,1
L739	S	1	65	55			A	55	45	41,3	32,1	36	26,9
L739	S	2	65	55			A	55	45	48,5	39,3	41,2	32,1
L740	S	1	65	55			A	55	45	42,1	33	35,8	26,7
L740	S	2	65	55			A	55	45	47,8	38,6	40,4	31,3
L740	S	3	65	55			A	55	45	51,3	42,2	42,7	33,6
L741	S	1	65	55			A	55	45	46,3	37,2	39	29,9
L741	S	2	65	55			A	55	45	51,8	42,6	43,2	34,1
L741	S	3	65	55			A	55	45	56	46,9	46,7	37,5
L742D	S	1	65	-			A	55	-	51,1	41,9	43,9	34,8
L742D	O	1	65	-			A	55	-	50	40,8	42,6	33,4
L743	S	1	65	55			A	55	45	51,8	42,6	44,4	35,3
L743	S	2	65	55			A	55	45	54,5	45,3	46,3	37,2
L744	S	1	65	55		X	A	63,8	53,8	52,2	43	45,2	36
L744	S	2	65	55		X	A	63,8	53,8	55,1	45,9	47,2	38,1
L744	O	1	65	55		X	A	63,8	53,8	52,7	43,6	44,8	35,7
L744	O	2	65	55		X	A	63,8	53,8	55,8	46,6	47,1	38
L745	O	1	65	55			A	55	45	49,6	40,5	40,9	31,7
L745	S	1	65	55			A	55	45	51,4	42,3	43,5	34,4
L746D	O	1	65	-			A	55	-	46,2	37	38,4	29,3
L746D	O	2	65	-			A	55	-	49,4	40,2	41,5	32,4

L746D	S	1	65	-		A	55	-	46,7	37,6	40,3	31,2
L746D	S	2	65	-		A	55	-	49,2	40,1	42,8	33,6
L747	S	1	65	55		A	55	45	46,9	37,8	40,2	31,1
L747	S	2	65	55		A	55	45	48,8	39,7	42,6	33,4
L748	O	1	65	55		A	55	45	40	30,9	34,3	25,1
L748	O	2	65	55		A	55	45	43,1	34	37,5	28,3
L749	S	1	65	55		A	55	45	43,5	34,3	35,8	26,7
L749	O	1	65	55		A	55	45	43,2	34,1	36,4	27,3
L750	S	1	65	55		A	55	45	36,2	27	31,8	22,6
L750	S	2	65	55		A	55	45	40,6	31,5	35,6	26,4
L750	S	3	65	55		A	55	45	45,5	36,4	39,5	30,3
L750	S	4	65	55		A	55	45	47,6	38,5	41,3	32,2
L751	S	1	65	55		A	55	45	38,3	29,2	33,8	24,7
L751	S	2	65	55		A	55	45	41,7	32,5	37,1	27,9
L751	S	3	65	55		A	55	45	44,8	35,7	39,5	30,3
L752	SW	1	65	55		A	55	45	48,9	39,8	42,7	33,6
L752	SW	2	65	55		A	55	45	51,3	42,2	45,3	36,2
L753	S	1	65	55		A	55	45	51	41,9	45,2	36
L753	O	1	65	55		A	55	45	50,9	41,8	44,2	35,1
L754	S	1	65	55		A	55	45	45,9	36,8	41	31,8
L754	S	2	65	55		A	55	45	49,2	40	44,3	35,2
L755	O	1	65	55		A	55	45	40,7	31,5	34	24,8
L755	O	2	65	55		A	55	45	43,3	34,2	36,4	27,2
L756	S	1	65	55		A	55	45	43,5	34,3	38,1	29
L757	S	1	65	55		A	55	45	35,8	26,6	31	21,8
L758	S	1	65	55		A	55	45	46,5	37,4	41,3	32,1
L758	O	1	65	55		A	55	45	46,6	37,5	41,3	32,1
L759	S	1	65	55		A	55	45	45,9	36,8	40,6	31,5
L759	S	2	65	55		A	55	45	48,8	39,6	44	34,8
L760	S	1	65	55		A	55	45	44,7	35,6	39,7	30,5
L760	S	2	65	55		A	55	45	47,8	38,6	43,5	34,2
L761	O	1	65	55		A	55	45	34,4	25,2	28,5	19,3
L761	O	2	65	55		A	55	45	36,8	27,6	31,2	22

L761	O	3	65	55		A	55	45	41	31,8	36,3	27,2
L762	O	1	65	55		A	55	45	38,8	29,6	33,1	23,9
L762	O	2	65	55		A	55	45	41,1	31,9	35,6	26,4
L762	S	1	65	55		A	55	45	38,7	29,5	33,2	24
L762	S	2	65	55		A	55	45	41,1	31,9	36	26,8
L763	O	1	65	55		A	55	45	39,1	29,9	33,2	24
L763	O	2	65	55		A	55	45	41,7	32,5	36,4	27,2
L763	O	3	65	55		A	55	45	44,2	35,1	39,4	30,2
L764	O	1	65	55		A	55	45	28	18,7	24,8	15,5
L764	O	2	65	55		A	55	45	30,5	21,3	27,2	17,9
L764	O	3	65	55		A	55	45	35,4	26,1	32	22,8
L765	O	1	65	55		A	55	45	31,6	22,5	27,9	18,7
L765	O	2	65	55		A	55	45	34,7	25,6	31,2	22
L765	S	1	65	55		A	55	45	34,1	24,9	29,7	20,5
L765	S	2	65	55		A	55	45	37,3	28,1	33	23,8
L766D	S	1	65	-		A	55	-	27,6	18,3	24,6	15,4
L767	S	1	65	55		A	55	45	36,4	27,1	33,4	24,1
L767	S	2	65	55		A	55	45	41,5	32,2	38,8	29,5
L768	O	1	60	50		B	50	40	32,8	23,6	28,5	19,2
L768	O	2	60	50		B	50	40	36,1	26,9	32	22,8
L768	O	3	60	50		B	50	40	39	29,8	34,6	25,4
L769	O	1	60	50		B	50	40	28,5	19,2	24,7	15,5
L770	O	1	65	55		A	55	45	31,4	22,3	27,7	18,6
L770	O	2	65	55		A	55	45	35,2	26	31,1	21,9
L771	O	1	65	55		A	55	45	30,6	21,4	26,5	17,3
L771	O	2	65	55		A	55	45	34,2	25	30,2	20,9
L771	O	3	65	55		A	55	45	38,5	29,3	34,9	25,7
L772	O	1	65	55		A	55	45	26,4	17,2	23	13,7
L772	O	2	65	55		A	55	45	32,2	23	29,1	19,8
L772	O	3	65	55		A	55	45	37,3	28	34,7	25,4
L773D	S	1	65	-		A	55	-	28,3	19	26,2	16,8
L774	S	1	65	55		A	55	45	34	24,8	30,5	21,2
L774	S	2	65	55		A	55	45	37,1	27,9	33,9	24,6

L774	O	1	65	55			A	55	45	34,7	25,5	30,7	21,5
L774	O	2	65	55			A	55	45	38,4	29,2	34,5	25,2
L775	S	1	65	55			A	55	45	34,3	25,2	30,4	21,2
L775	S	2	65	55			A	55	45	37,9	28,7	33,9	24,7
L776	O	1	65	55			A	55	45	37	27,8	33,2	23,9
L776	O	2	65	55			A	55	45	41,1	31,8	37,3	28,1
L776	O	3	65	55			A	55	45	44,1	34,9	40,4	31,2
L777	S	1	65	55			A	55	45	39,2	30	34,5	25,3
L777	S	2	65	55			A	55	45	42,3	33,1	37,8	28,5
L777	O	1	65	55			A	55	45	39,9	30,7	35	25,8
L777	O	2	65	55			A	55	45	43	33,8	38,3	29,1
L778	O	1	65	55			A	55	45	32,3	23	29,3	20
L778	O	2	65	55			A	55	45	35,8	26,5	33	23,7
L779	O	1	65	55			A	55	45	45,8	36,5	43,3	33,9
L779	O	2	65	55			A	55	45	50,1	40,8	48,1	38,7
L779	O	3	65	55			A	55	45	52,2	42,8	50	40,6
L779	S	1	65	55				55	45	46,5	37,1	44,7	35,3
L779	S	2	65	55				55	45	51,1	41,7	49,4	40
L779	S	3	65	55				55	45	52,8	43,4	50,9	41,5
L780D	NO	1	65	-			B	55	-	51,5	42,1	50,4	41
L781D	O	1	65	-			B	55	-	48,8	39,4	47,6	38,2
L781D	N	1	65	-			B	55	-	50,3	40,9	49,4	40
L782	N	1	65	55		X	B	62	52	58,4	49,1	54,8	45,5
L782	N	2	65	55		X	B	62	52	60,9	51,6	57,4	48
L782	N	3	65	55		X	B	62	52	61	51,7	57,5	48,2
L782	N	4	65	55		X	B	62	52	60,9	51,6	57,4	48
L782	O	1	65	55		X	B	62	52	54,2	44,9	50,1	40,8
L782	O	2	65	55		X	B	62	52	57,7	48,4	53,6	44,3
L782	O	3	65	55		X	B	62	52	58,1	48,8	54,1	44,7
L782	O	4	65	55		X	B	62	52	58,2	48,9	54,1	44,8
L783	N	1	65	55			B	55	45	51,3	41,9	49,9	40,5
L783	N	2	65	55			B	55	45	56,4	47	53,9	44,3
L783	N	3	65	55			B	55	45	56,7	47,3	54,2	44,6

L783	N	4	65	55			B	55	45	56,7	47,4	54,3	44,7
L784	N	1	65	55			B	55	45	44,6	35,4	40	30,8
L784	N	2	65	55			B	55	45	47,1	37,9	42,7	33,5
L784	N	3	65	55			B	55	45	49,5	40,3	45,3	36,1
L784	N	4	65	55			B	55	45	50,6	41,3	46,4	37,2
L784	O	1	65	55			B	55	45	39,9	30,7	35,6	26,4
L784	O	2	65	55			B	55	45	44,4	35,2	40,3	31,1
L784	O	3	65	55			B	55	45	48,1	38,8	44	34,7
L784	O	4	65	55			B	55	45	49,6	40,4	45,6	36,3
L785D	S	1	65	-		X		65	-	57,6	48,2	53,7	44,3
L785D	O	1	65	-		X	A	63,8	-	53,5	44,3	49,1	39,9
L786	N	1	65	55		X	B	62	52	58,5	49,3	54,6	45,4
L786	N	2	65	55		X	B	62	52	60,7	51	56,6	47
L786	N	3	65	55		X	B	62	52	60,9	51,3	57	47,3
L787	N	1	65	55			B	55	45	41,4	32,3	35,1	26
L787	N	2	65	55			B	55	45	43,7	34,5	36,8	27,7
L787	N	3	65	55			B	55	45	45,3	36,2	39	29,9
L787	O	1	65	55			B	55	45	48,2	39,1	40,4	31,3
L787	O	2	65	55			B	55	45	49,9	40,7	42	32,8
L787	O	3	65	55			B	55	45	50,8	41,6	43,5	34,3
L788	N	1	65	55			B	55	45	36,9	27,6	33,3	24
L788	N	2	65	55			B	55	45	39,1	29,8	35,5	26,2
L788	N	3	65	55			B	55	45	43,5	34,2	39,8	30,5
L788	O	1	65	55			B	55	45	46,2	37,1	39,2	30
L788	O	2	65	55			B	55	45	47,8	38,6	40,5	31,3
L788	O	3	65	55			B	55	45	48,7	39,5	41,6	32,4
L789	N	1	60	50				50	40	35,4	26,2	31,4	22,1
L789	N	2	60	50				50	40	38,2	28,9	34	24,8
L789	N	3	60	50				50	40	42,5	33,2	38,5	29,2
L789	N	4	60	50				50	40	46,1	36,9	42,2	32,9
L790	N	1	60	50				50	40	34,8	25,5	31,3	22,1
L790	N	2	60	50				50	40	37,5	28,2	33,9	24,6
L791	N	1	60	50				50	40	35,5	26,2	31,7	22,4

L791	N	2	60	50				50	40	38,2	29	34,4	25,1
L792	N	1	60	50				50	40	35	25,8	31,3	22,1
L792	N	2	60	50				50	40	37,6	28,3	33,8	24,5
L793	N	1	65	55				55	45	31,6	22,4	27,8	18,6
L793	N	2	65	55				55	45	33,5	24,3	29,6	20,4
L793	N	3	65	55				55	45	36,1	26,9	32	22,8
L794	N	1	60	50				50	40	30,4	21,1	27,1	17,9
L795	N	1	60	50				50	40	28,6	19,4	25,5	16,3
L795	N	2	60	50				50	40	31,2	22	27,8	18,6
L796	N	1	60	50				50	40	31,5	22,3	28,5	19,3
L797	NE	1	60	50				50	40	33,6	24,3	30,1	20,8
L797	NE	2	60	50				50	40	35,9	26,6	32,3	23,1
L797	NE	3	60	50				50	40	40,2	30,9	36,6	27,3
L798	N	1	60	50				50	40	30,5	21,3	28	18,8
L799	N	1	60	50				50	40	32	22,8	28,3	19,1
L799	N	2	60	50				50	40	35,9	26,7	31	21,8
L801	N	1	60	50				50	40	38,1	28,9	32,6	23,4
L801	N	2	60	50				50	40	40,1	30,9	34,7	25,5
L802	N	1	60	50				50	40	36	26,8	31,2	22
L802	N	2	60	50				50	40	38,2	29	33,3	24,2
L802	N	3	60	50				50	40	40,3	31,1	35,8	26,6
L802D	N	1	60	-				50	-	45,1	36	38,3	29,2
L802D	N	2	60	-				50	-	46,6	37,5	39,5	30,4
L802D	N	3	60	-				50	-	47,8	38,6	40,7	31,6
L803	N	1	60	50		B		50	40	43,4	34,3	37,1	28
L803	NE	1	60	50		B		50	40	35,6	26,5	29,6	20,4
L803	NE	2	60	50		B		50	40	37,6	28,4	30,9	21,7
L803	NE	3	60	50		B		50	40	40,5	31,3	34	24,9
L804	NE	1	60	50				50	40	29,2	20	26,6	17,4
L804	NE	2	60	50				50	40	31,4	22,2	28,2	19
L804	NE	3	60	50				50	40	35,7	26,5	31,6	22,5
L805	N	1	60	50				50	40	30,9	21,7	27,6	18,4
L805	N	2	60	50				50	40	34,6	25,4	31,3	22,1

L805	N	3	60	50				50	40	39,7	30,5	35,5	26,4
L806	N	1	60	50				50	40	28	18,9	25,9	16,7
L807	N	1	60	50				50	40	29,7	20,6	26,3	17,1
L808	NE	1	60	50				50	40	32,6	23,4	27,4	18,2
L808	NE	2	60	50				50	40	34,9	25,8	28,7	19,5
L808	NE	3	60	50				50	40	38	28,8	32	22,8
L809	NE	1	60	50				50	40	42,1	33	35,8	26,7
L809	NE	2	60	50				50	40	44,2	35,1	37,7	28,6
L810	NE	1	60	50				50	40	40,9	31,7	34,8	25,6
L810	NE	2	60	50				50	40	43,1	34	36,8	27,7
L810	NE	3	60	50				50	40	45,5	36,3	39,7	30,6
L811	N	1	60	50				50	40	37,5	28,4	31,8	22,6
L811	N	2	60	50				50	40	40,2	31	34,5	25,3
L812	N	1	60	50				50	40	34,3	25,1	28,9	19,7
L812	N	2	60	50				50	40	37,7	28,6	31,9	22,7
L812	N	3	60	50				50	40	44,9	35,7	39,1	30
L813	N	1	60	50				50	40	29,6	20,4	26,6	17,4
L814	N	1	60	50				50	40	37,4	28,2	31,8	22,7
L814	N	2	60	50				50	40	39,9	30,8	34,1	24,9
L815	N	1	60	50			B	50	40	37,4	28,2	32,2	23
L815	N	2	60	50			B	50	40	40,9	31,7	35	25,9
L816	N	1	60	50			B	50	40	38,7	29,5	32,1	23
L816	N	2	60	50			B	50	40	41,2	32,1	34,5	25,4
L817	N	1	60	50			B	50	40	38,3	29,2	31,7	22,5
L817	N	2	60	50			B	50	40	40,4	31,3	33,6	24,5
L818	N	1	60	50			B	50	40	40,5	31,4	33,8	24,6
L818	N	2	60	50			B	50	40	43,1	34	36,4	27,2
L819	E	1	65	55			B	55	45	46,3	37,1	39,7	30,6
L819	E	2	65	55			B	55	45	47,9	38,8	41,2	32,1
L819	N	1	65	55			B	55	45	46,4	37,2	39,9	30,7
L819	N	2	65	55			B	55	45	48,4	39,3	41,9	32,8
L820	E	1	65	55			B	55	45	48,5	39,4	42,7	33,6
L820	E	2	65	55			B	55	45	51,3	42,1	45,5	36,3

L820	N	1	65	55		B	55	45	48	38,8	42,5	33,3
L820	N	2	65	55		B	55	45	50,6	41,4	45,1	36
L820	E	1	65	55		B	55	45	49,3	40,1	42,7	33,6
L820	E	2	65	55		B	55	45	51,7	42,6	45,2	36,1
L821	E	1	65	55		B	55	45	52,7	43,5	45,8	36,7
L821	E	2	65	55		B	55	45	55,3	46,1	48,4	39,2
L821	E	3	65	55		B	55	45	57,2	48	50,6	41,4
L821	N	1	65	55		B	55	45	53,2	44,1	45,9	36,8
L821	N	2	65	55		B	55	45	55,5	46,4	48	38,8
L821	N	3	65	55		B	55	45	57,3	48,2	50,1	40,9
L822	N	1	65	55		B	55	45	51,4	42,2	43,3	34,1
L822	N	2	65	55		B	55	45	53,3	44,1	45	35,8
L822	E	1	65	55		B	55	45	48,1	38,9	40,5	31,4
L822	E	2	65	55		B	55	45	50,1	40,9	42,2	33
L823	N	1	65	55		B	55	45	40,7	31,6	33	23,8
L823	N	2	65	55		B	55	45	43,4	34,2	35,8	26,7
L823	E	1	65	55		B	55	45	42,7	33,5	34,8	25,7
L823	E	2	65	55		B	55	45	44,5	35,4	36,6	27,4
L824	E	1	65	55		B	55	45	41,8	32,6	35,2	26
L824	E	2	65	55		B	55	45	44,2	35	37,8	28,6
L824	N	1	65	55		B	55	45	46,5	37,4	38,4	29,3
L824	N	2	65	55		B	55	45	48,3	39,2	40,1	31
L825	N	1	65	55		B	55	45	47,4	38,2	39,8	30,6
L825	N	2	65	55		B	55	45	49,3	40,1	41,1	31,9
L825	N	3	65	55		B	55	45	50,8	41,6	42,8	33,6
L826	N	1	65	55		B	55	45	35,6	26,4	30,5	21,3
L826	N	2	65	55		B	55	45	38,5	29,4	33,1	23,9
L827	NE	1	65	55		B	55	45	40,6	31,5	33,3	24,1
L827	NE	2	65	55		B	55	45	42,4	33,2	34,7	25,6
L827	NE	3	65	55		B	55	45	43,9	34,8	36,9	27,8
L828	E	1	65	55		B	55	45	26,3	17,1	24,6	15,4
L828	E	2	65	55		B	55	45	27,4	18,2	25,3	16,1
L829	N	1	65	55		B	55	45	39,7	30,6	31,5	22,4

L829	N	2	65	55		B	55	45	42,6	33,5	34,2	25,1
L829	N	3	65	55		B	55	45	45,5	36,4	37,1	28
L830	N	1	65	55		B	55	45	46,7	37,5	39,3	30,1
L830	N	2	65	55		B	55	45	48,7	39,6	40,7	31,5
L830	N	3	65	55		B	55	45	50	40,8	42	32,9
L831	N	1	65	55		B	55	45	47,5	38,3	39,8	30,7
L831	N	2	65	55		B	55	45	49,5	40,4	41,3	32,2
L831	E	1	65	55		B	55	45	47,8	38,7	39,9	30,8
L831	E	2	65	55		B	55	45	50	40,8	41,6	32,4
L832	N	1	65	55		B	55	45	47,3	38,2	39,6	30,4
L832	N	2	65	55		B	55	45	49,2	40,1	41,1	32
L833	N	1	65	55		B	55	45	39	29,8	32,7	23,5
L833	N	2	65	55		B	55	45	41,5	32,4	35	25,8
L833	N	3	65	55		B	55	45	48,1	39	41,5	32,4
L833	E	1	65	55		B	55	45	42,3	33,1	34,6	25,4
L833	E	2	65	55		B	55	45	45	35,8	36,9	27,8
L833	E	3	65	55		B	55	45	47,9	38,8	40,3	31,2
L834	N	1	65	55		B	55	45	31,2	22	27,9	18,7
L834	N	2	65	55		B	55	45	35,6	26,5	30,2	21,1
L835	N	1	65	55		B	55	45	45,7	36,6	37,1	28
L835	N	2	65	55		B	55	45	47,5	38,4	38,8	29,7
L835	N	3	65	55		B	55	45	49	39,9	40,9	31,7
L836	N	1	65	55		B	55	45	44,5	35,4	37,2	28,1
L836	N	2	65	55		B	55	45	46,6	37,5	39,1	30
L836	N	3	65	55		B	55	45	47,9	38,8	40,4	31,3
L837D	O	1	65	-		B	55	-	45,8	36,6	41,9	32,6
L837D	O	2	65	-		B	55	-	50,6	41,4	46,7	37,4
L837D	O	3	65	-		B	55	-	51,7	42,4	47,7	38,4
L837D	O	4	65	-		B	55	-	52	42,7	48	38,7
L837D	S	1	65	-		B	55	-	31,5	22,4	28,5	19,3
L837D	S	2	65	-		B	55	-	35	25,8	31,8	22,7
L837D	S	3	65	-		B	55	-	42,6	33,5	39,8	30,7
L837D	S	4	65	-		B	55	-	45,7	36,5	42,9	33,8

L838	N	1	65	55		B	55	45	41,9	32,5	40,4	31
L838	N	2	65	55		B	55	45	49,3	39,9	47,8	38,4
L838	O	1	65	55		B	55	45	42,4	33,1	40	30,7
L838	O	2	65	55		B	55	45	49	39,7	47,2	37,9
L839	S	1	65	55		B	55	45	42,9	33,7	38,3	29
L839	S	2	65	55		B	55	45	46,5	37,3	42,6	33,3
L840	N	1	65	55		B	55	45	44,4	35,3	36,6	27,5
L840	N	2	65	55		B	55	45	46,4	37,2	38,4	29,2
L840	N	3	65	55		B	55	45	47,5	38,3	39,7	30,6

"* Per i ricettori fuori dalla fascia di pertinenza è stato considerato come limite di trascurabilità dell'impatto dell'opera un valore pari a limite di zona - 10 dB(A) per maggiori dettagli si rimanda alla relazione"