



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

CUP F2602000340001 CIG 652449686B



GARA CA 08/15 - NUOVA SS 554 CAGLIARITANA
ADEGUAMENTO DELL'ASSE ATTREZZATO URBANO ED ELIMINAZIONE
DELLE INTERSEZIONI A RASO DAL KM 1+500 AL KM 11+850

PROGETTO DEFINITIVO

C-ASSE STRADALE PRINCIPALE URBANISTICA E PAESAGGIO

INSERIMENTO PAESAGGISTICO - AMBIENTALE

Relazione Acustica

| CODICE PROGETTO | | CODICE ELABORATO | | | | | | SCALA | DATA |
|-----------------|------|------------------|---------|---------|---------|---------|-----|------------|------|
| progetto | liv. | numero | campo 1 | campo 2 | campo 3 | campo 4 | rev | | |
| D P C A 0 6 | D | 1 5 0 1 | T 0 0 | U P 0 1 | A M B | R E 0 3 | C | 30/11/2019 | |

CONCORRENTE:



PROGETTISTA INDICATO COSTITUENDO R.T.P.

Capogruppo Mandataria R.T.P.

SWSTM

Mandante



Mandante

ING. FRANCESCA LEO

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
FRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Paolo Cucino

RESPONSABILE ELABORATO

Ing. Francesca Manganotti

INDICE

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | INTRODUZIONE | 2 |
| 2 | RIFERIMENTI LEGISLATIVI | 3 |
| 2.1.1. | Legge 447 del 26/10/95 | 3 |
| 2.1.2. | Il D.P.C.M. 14/11/97 | 4 |
| 2.1.3. | D.P.R. 30 Marzo 2004 n. 142 | 6 |
| 2.1.4. | D.M.A. 29 Novembre 2000 n. 142 (GU n.285 del 06-12-2000) | 10 |
| 2.1.5. | Normative Regionali | 10 |
| 2.2 | Monitoraggio..... | 11 |
| 2.3 | Metodologia adottata | 11 |
| 2.4 | Analisi previsionale..... | 15 |
| 2.4.1. | Scelta del modello di simulazione..... | 15 |
| 2.4.2. | Dati di input del modello..... | 16 |
| 2.4.3. | Input e taratura del modello di simulazione | 17 |
| 2.5 | Metodo di dimensionamento degli interventi di mitigazione | 20 |
| 2.6 | La mitigazione degli impatti prodotti | 21 |
| 2.7 | Dimensionamento di massima degli interventi di mitigazione..... | 22 |
| 2.8 | Monitoraggio post operam | 25 |
| 2.9 | Fase di cantiere | 26 |

1 INTRODUZIONE

Oggetto dei lavori in esame è la realizzazione dell'adeguamento stradale dell'esistente SS 554 "Cagliaritana", che si sviluppa dal km 1+500 allo svincolo per la SS125 (km 11+850), ad una sezione stradale tipo B extraurbana principale (doppia corsia per ciascuna carreggiata); tale intervento permetterà di procedere all'eliminazione delle intersezioni a raso che verranno sostituite con adeguati innesti.

I due lotti oggetto di intervento si sviluppano all'interno dei comuni di Cagliari, Monserrato, Selargius, Quartucciu e Quartu Sant'Elena.

L'esistente strada statale SS.554 è caratterizzata da una sezione a doppia carreggiata con spartitraffico centrale, in molti tratti senza banchina laterale.

Il Progetto Definitivo si articola secondo la seguente suddivisione:

- Asse principale SS.554: è caratterizzato da una lunghezza di circa 10.350 m. Le principali opere d'arte previste sull'asse principale sono:
 - o Viadotto Monserrato;
 - o Viadotto Selargius Ovest;
 - o Viadotto Selargius Centro;
 - o Viadotto Selargius Est;
 - o Viadotto Cungiaus;
 - o Viadotto Quartucciu.

Lungo la direttrice principale sono previsti vari muri di sostegno lungolinea, tombini idraulici, alcuni ponti secondari ad una campata ed il prolungamento su due lati di un sottopasso ferroviario.

Si prevede inoltre la sistemazione di svincoli esistenti e la realizzazione di nuovi svincoli:

- Svincolo SS.131dir: rifacimento dello svincolo "a quadrifoglio" esistente, interferente con la SS.554;
- Svincolo Baracca Manna: nuova intersezione a due livelli posto in corrispondenza del km 4+000 circa;
- Svincolo Monserrato: che sostituirà, mediante l'introduzione di una rotatoria, l'attuale incrocio con la SP 387 al km 5+900;
- Svincolo Selargius Ovest: che sostituirà, mediante l'introduzione di una rotatoria, l'attuale incrocio con la SP 93 con regolazione semaforica al km 7+100;
- Svincolo Selargius Centro: svincolo con caratteristiche analoghe ai precedenti che verrà realizzato alla progressiva 8+500 in sostituzione di una serie di incroci a raso;
- Svincolo Selargius Est: nuovo svincolo a due livelli che andrà a sostituire l'attuale incrocio con la SP 15, attualmente regolato da semafori e situato alla progressiva 9+250;
- Svincolo Quartucciu: nuovo svincolo a due livelli che andrà a sostituire l'attuale incrocio con via Mandas, con regolazione semaforica situato alla progressiva 10+030;
- Svincolo con SS.125. Il progetto prevede una pesante riconfigurazione dello svincolo esistente, tra la SS.554 e la SS.125, costituito da 4 rampe di interconnessione tra le due direttrici.

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI

In Italia sono operanti specifici provvedimenti legislativi destinati ad affrontare il problema dell'inquinamento acustico nell'ambiente esterno.

Con il D.P.C.M. del 1 Marzo 1991 il Ministero dell'Ambiente, in virtù delle competenze generali in materia di inquinamento acustico assegnategli dalla Legge 249/1986, di concerto con il Ministero della Sanità, ha promulgato un decreto che disciplina i rumori e sottopone a controllo l'inquinamento acustico.

Verso la fine del 1995, dopo una lunga serie di emendamenti, è stata emanata la Legge n° 447 del 26/10/1995 "*Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico*", un provvedimento di principi dalla solida architettura, sufficientemente stringato nell'articolato e chiaro nella mappa delle competenze che demanda a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri, sia delle norme tecniche. Il 14 novembre 1997, con pubblicazione sulla G.U. Serie Generale n.280 del 1/12/97 è stato emanato il D.P.C.M. "*Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*", che sostituisce i limiti introdotti dal D.P.C.M. del 1 marzo 1991 con nuovi standard.

2.1.1. Legge 447 del 26/10/95

La Legge n° 447 del 26/10/1995 "*Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico*", pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 254 del 30/10/1995, è una legge di principi e demanda perciò a successivi strumenti attuativi la puntuale definizione sia dei parametri sia delle norme tecniche.

Un aspetto innovativo della legge quadro è l'introduzione all'Art. 2, accanto ai valori limite, dei valori di attenzione e dei valori di qualità. Nell'Art 4 si indica che i comuni "procedono alla classificazione del proprio territorio nelle zone previste dalle vigenti disposizioni per l'applicazione dei valori di qualità di cui all'Art. 2, comma 1, lettera h"; vale a dire: si procede alla zonizzazione acustica per individuare i livelli di rumore "da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla presente legge", valori che sono determinati in funzione della tipologia della sorgente, del periodo della giornata e della destinazione d'uso della zona da proteggere (Art. 2, comma 2).

La legge stabilisce, inoltre, che le Regioni, entro un anno dalla entrata in vigore, devono definire i criteri di zonizzazione acustica del territorio comunale fissando il divieto di contatto diretto di aree, anche appartenenti a comuni confinanti, quando i valori di qualità si discostano in misura superiore a 5 dB(A).

L'adozione della zonizzazione acustica è il primo passo concreto con il quale il Comune esprime le proprie scelte in relazione alla qualità acustica da preservare o da raggiungere nelle differenti porzioni del territorio comunale e altresì il momento che presuppone la tempestiva attivazione delle funzioni pianificatorie, di programmazione, di regolamentazione, autorizzatorie, ordinatorie, sanzionatorie e di controllo nel campo del rumore indicate dalla Legge Quadro.

In relazione alle problematiche dell'inquinamento da rumore associate a infrastrutture ferroviarie e stradali, la Legge Quadro introduce due importanti considerazioni:

- le infrastrutture di trasporto sono definite come sorgenti fisse (Art. 2, comma c);
- alle infrastrutture di trasporto non è applicabile il limite differenziale introdotto dal D.P.C.M. 01/03/91 (art.15, comma1).

Ai sensi dell'art. 11, comma 1 della Legge n. 447 del 26/10/95, legge quadro sul rumore, l'inquinamento acustico avente origine dalle infrastrutture di trasporto è disciplinato da appositi regolamenti di esecuzione da emanarsi con decreto del

Presidente della Repubblica, previa deliberazione del Consiglio dei Ministri (D.P.R. 18/11/98 relativo al traffico ferroviario, D.P.R. 30/03/04 relativo al traffico stradale).

L'art. 3, comma 2 e l'art. 4, comma 3, del D.P.C.M. del 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore", che aggiorna i valori limite assoluti e differenziali di immissione introdotti dal D.P.C.M. 01/03/91, prevedono esplicitamente l'inapplicabilità dei suddetti limiti all'interno della fascia di pertinenza delle infrastrutture di trasporto, individuata dal relativo decreto attuativo (di ampiezza di 250 m dalla rotaia più esterna o dal ciglio stradale).

2.1.2. II D.P.C.M. 14/11/97

Come già accennato nei paragrafi precedenti, tale decreto modifica i criteri di verifica introdotti dal D.P.C.M. 01/03/91. Pur lasciando inalterate la strumentazione e la metodologia di misura, il provvedimento determina i valori limite di emissione, i valori limite di immissione, i valori limite di attenzione ed i valori di qualità così come definiti dall'art. 2 della Legge n. 447/95. I valori limite di emissione, riportati nella Tabella 1.1, sono da applicarsi nelle immediate vicinanze delle sorgenti di rumore. Essi dipendono dalla zonizzazione acustica del territorio circostante e, sostanzialmente, corrispondono ai valori limite di immissione ridotti di 5 dB(A).

| Destinazione d'uso territoriale | Giorno (6:00 ÷ 22:00) | Notte (22:00 ÷ 6:00) |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| I Aree protette | 45 | 35 |
| II Aree residenziali | 50 | 40 |
| III Aree miste | 55 | 45 |
| IV Aree di intensa attività umana | 60 | 50 |
| V Aree prevalentemente industriali | 65 | 55 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 65 | 65 |

Tabella 1.1 - Limiti di emissione di rumore (D.P.C.M. 14/11/97)

I valori limite di immissione negli ambienti esterni sono sostanzialmente quelli contenuti nel D.P.C.M. 01/03/91 relativi alla zonizzazione acustica del territorio e riportati nella Tabella 1.2.

I valori limite di attenzione si differenziano a seconda del tempo di riferimento. Se relativi ad un'ora essi sono pari a quelli riportati nella Tabella 1.2 aumentati di 10 dB(A) nel periodo diurno e 5 dB(A) nel periodo notturno. Se relativi ai tempi di riferimento essi corrispondono a quelli riportati nella tabella stessa. Essi sono riportati nella Tabella 1.3.

I valori di qualità corrispondono ai valori di immissione ridotti di 3 dB(A) (ad eccezione delle zone esclusivamente industriali, dove permane un limite di 70 dB(A) in entrambi i periodi di riferimento). Tali valori sono riportati nella Tabella 1.4.

| Destinazione d'uso territoriale | Giorno (6:00 ÷ 22:00) | Notte (22:00 ÷ 6:00) |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| I Aree protette | 50 | 40 |
| II Aree residenziali | 55 | 45 |
| III Aree miste | 60 | 50 |
| IV Aree di intensa attività umana | 65 | 55 |
| V Aree prevalentemente industriali | 70 | 60 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

Tabella 1.2 - Limiti di immissione di rumore per Comuni che adottano una zonizzazione acustica del territorio (D.P.C.M. 14/11/97)

| Destinazione d'uso territoriale | Giorno (6:00 ÷ 22:00) | Notte (22:00 ÷ 6:00) |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| I Aree protette | 60 / 50 | 45 / 40 |
| II Aree residenziali | 65 / 55 | 50 / 45 |
| III Aree miste | 70 / 60 | 55 / 50 |
| IV Aree di intensa attività umana | 75 / 65 | 60 / 55 |
| V Aree prevalentemente industriali | 80 / 70 | 65 / 60 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 80 / 70 | 75 / 70 |

Tabella 1.3 - Valori limite di attenzione (D.P.C.M. 14/11/97)

| Destinazione d'uso territoriale | Giorno (6:00 ÷ 22:00) | Notte (22:00 ÷ 6:00) |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| I Aree protette | 47 | 37 |
| II Aree residenziali | 52 | 42 |
| III Aree miste | 57 | 47 |
| IV Aree di intensa attività umana | 62 | 52 |
| V Aree prevalentemente industriali | 67 | 57 |
| VI Aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

Tabella 1.4 - Valori Limite di qualità (D.P.C.M. 14/11/97)

2.1.3. D.P.R. 30 Marzo 2004 n. 142

Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995 n. 447 in materia di inquinamento acustico derivante da traffico stradale.

Articolo 1 (definizioni)

1. Ai fini dell'applicazione del presente Decreto si definisce:

- a) infrastruttura viaria: l'insieme del corpo stradale, delle strutture e degli impianti necessari per garantire la funzionalità e la sicurezza della strada stessa;
- b) infrastruttura esistente: quella effettivamente in esercizio alla data di entrata in vigore del presente decreto;
- c) infrastruttura di nuova realizzazione: quella in fase di progettazione alla data di entrata in vigore del presente decreto;
- d) affiancamento di infrastrutture stradali di nuova realizzazione a infrastrutture stradali esistenti: realizzazione di infrastrutture parallele a quelle esistenti tra le quali non esistono aree intercluse non di pertinenza stradale;
- e) ampliamento in sede di infrastrutture in esercizio: la costruzione di una o più corsie di marcia in affiancamento a quelle esistenti, ove destinate al traffico veicolare;
- g) variante: costruzione di un nuovo tratto stradale in sostituzione di uno esistente, fuori sede, con uno sviluppo complessivo inferiore a 5 km per autostrade e strade extraurbane principali, 2 km per strade extraurbane secondarie e 1 km per le tratte autostradali di attraversamento urbano, le tangenziali e le strade urbane di scorrimento;
- h) ambiente abitativo: 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 decreto legislativo 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti esterne a locali in cui si svolgono le attività produttive;
- i) ricettore: qualsiasi edificio adibito ad ambiente abitativo comprese le relative aree esterne di pertinenza, e/o ad attività lavorativa e/o ricreativa; aree naturalistiche vincolate, parchi pubblici ed aree esterne destinate ad attività ricreative ed allo svolgimento della vita sociale della collettività; aree territoriali edificabili già individuate dai Piani Regolatori Generali e loro varianti generali, vigenti al momento della presentazione dei progetti di massima relativi alla costruzione delle nuove infrastrutture ovvero vigenti all'entrata in vigore del presente decreto per le infrastrutture esistenti, al loro ampliamento in sede e alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti.

Articolo 2 (campo di applicazione)

Il presente decreto stabilisce le norme per la prevenzione ed il contenimento dell'inquinamento da rumore prodotto nelle infrastrutture viarie di tipo:

- A. Autostrade;
- B. Strade extraurbane principali;
- C. Strade extraurbane secondarie;
- D. Strade urbane di scorrimento;
- E. Strade urbane di quartiere; F. Strade locali così come definite nel decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285 e successive modificazioni.

2. Le disposizioni di cui al presente decreto si applicano:

- a) alle infrastrutture esistenti, al loro ampliamento in sede e alle nuove infrastrutture in affiancamento a quelle esistenti, alle loro varianti;
- b) alle infrastrutture di nuova realizzazione.

Articolo 3 (Fascia di pertinenza)

Ai fini del rispetto dei valori limite di cui all'articolo 4, è fissata

- per ogni lato dell'infrastruttura viaria dell' articolo 2, comma 2, lettera a) una fascia territoriale di pertinenza, a partire dal ciglio dell'infrastruttura stessa, di ampiezza pari a m 250 per autostrade, strade extraurbane principali, strade extraurbane secondarie a carreggiate separate. Tale fascia viene suddivisa in due parti: la prima, più vicina all'infrastruttura della larghezza di 100 m, denominata fascia A; la seconda, più distante dall'infrastruttura, della larghezza di 150 m denominata fascia B.
- Per ogni lato dell'infrastruttura viaria dell'articolo 2, comma 2, lettera b), è fissata una fascia territoriale di pertinenza, a partire dal ciglio dell'infrastruttura stessa, di ampiezza pari a m 250 per autostrade, strade extraurbane principali, strade extraurbane secondarie a carreggiate separate.

Articolo 4 (valori limite di immissione)

'1. All'interno delle rispettive fasce di pertinenza, i valori limite di immissione dovuti all'esercizio delle infrastrutture viarie sono i seguenti:

a) per infrastrutture in esercizio o per il loro ampliamento in sede o per nuove infrastrutture in affiancamento a infrastrutture esistenti e alle loro varianti:

- 50 dB(A) Leq per il periodo diurno e 40 dB(A) Leq per il periodo notturno, per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale solo il limite diurno;
- 70 dB(A) Leq per il periodo diurno e 60 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori nella fascia A;
- 65 dB(A) Leq per il periodo diurno e 55 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori nella fascia B;

b) per infrastrutture di nuova costruzione:

- 50 dB(A) Leq per il periodo diurno e 40 dB(A) Leq per il periodo notturno, per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale solo il limite diurno;
- 65 dB(A) Leq per il periodo diurno e 55 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori;

'2. I valori di cui al comma 1 sono misurati in conformità al disposto dell'allegato C, punto 2 del decreto 16 marzo 1998.

'3. Qualora i valori di cui al comma 1 e, al di fuori della fascia di pertinenza, i valori stabiliti ai sensi della tabella C del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997 non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti, misurati al centro della stanza, a finestre chiuse, con il microfono posto all'altezza di 1,5 m dal pavimento:

- 35 dB(A), Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- 40 dB(A), Leq notturno per tutti gli altri ricettori;
- 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

'4. Gli interventi di cui al comma 3, verranno attuati secondo le direttive emanate con il decreto di cui all'articolo 10, comma 5, della legge 26 ottobre 1995, n. 447.

‘5. Il rispetto dei limiti di cui al presente articolo, ha validità immediata per le infrastrutture di nuova realizzazione e per l’ampliamento e/o il potenziamento di quelle esistenti, tenendo anche conto delle indicazioni impartite con il decreto di cui all’articolo 3 comma 1 lettera f) della Legge 26 ottobre 1995 n.447. Per le infrastrutture esistenti, il rispetto dei limiti di cui al presente articolo è un obiettivo da conseguire mediante la attività di risanamento da attuare con le modalità indicate nel decreto previsto dall’articolo 10, comma 5 della Legge 26 ottobre 1995 n. 447.

Si riportano di seguito le tabelle 1 e 2 dell’allegato 1 del D.P.R. in oggetto, le quali fissano le fasce territoriali di pertinenza acustica per le strade esistenti e per quelle di nuova realizzazione, nonché definiscono i limiti di immissione dovuti all’esercizio delle infrastrutture viarie.

| TIPO DI STRADA (secondo codice della strada) | SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (Secondo D.M. 5.11.01) | Ampiezza fascia pertinenza acustica (m) | Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo | | Altri ricettori | |
|---|--|---|---|----------------|-----------------|----------------|
| | | | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) |
| A – autostrada | | 250 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| B - extraurbana principale | | 250 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| C - extraurbana secondaria | C 1 | 250 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| | C 2 | 150 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| D - urbana di scorrimento | | 100 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| E - urbana di quartiere | | 30 | definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall’art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995. | | | |
| F – locale | | 30 | | | | |

* Per le scuole vale il solo limite diurno

Tabella 1 D.P.R. 30 Marzo 2004 n. 142 - STRADE DI NUOVA REALIZZAZIONE

| TIPO DI STRADA (secondo codice della strada) | SOTTOTIPI A FINI ACUSTICI (Secondo norme CNR 1980 e direttive PUT) | Ampiezza fascia di pertinenza acustica (m) | Scuole*, ospedali, case di cura e di riposo | | Altri ricettori | |
|---|---|--|--|----------------|-----------------|----------------|
| | | | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) | Diurno dB(A) | Notturmo dB(A) |
| A - autostrada | | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 150 (fascia B) | | | 65 | 55 |
| B - extraurbana principale | | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 150 (fascia B) | | | 65 | 55 |
| C - extraurbana secondaria | Ca (strade a carreggiate separate e tipo IV CNR 1980) | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 150 (fascia B) | | | 85 | 55 |
| | Cb (tutte le altre strade extraurbane secondarie) | 100 (fascia A) | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | | 50 (fascia B) | | | 65 | 55 |
| D - urbana di scorrimento | Da (strade a carreggiate separate e interquartiere) | 100 | 50 | 40 | 70 | 60 |
| | Db (Tutte le altre strade urbane di scorrimento) | 100 | 50 | 40 | 65 | 55 |
| E - urbana di quartiere | | 30 | definiti dai Comuni, nel rispetto dei valori riportati in tabella C allegata al D.P.C.M. in data 14 novembre 1997 e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane, come prevista dall'art. 6, comma 1, lettera a), della legge n. 447 del 1995. | | | |
| F - locale | | 30 | | | | |

* Per le scuole vale il solo limite diurno

Tabella 2 D.P.R. 30 Marzo 2004 n. 142
 STRADE ESISTENTI E ASSIMILABILI (ampliamenti in sede, affiancamenti e varianti)

2.1.4. D.M.A. 29 Novembre 2000 n. 142 (GU n.285 del 06-12-2000)

“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”.

- Viene fissato il termine entro cui l'ente proprietario o gestore della infrastruttura stradale deve predisporre il piano di risanamento acustico; in cui siano specificati costi, priorità e modalità di intervento (barriere, pavimentazioni, eventuali interventi effettuati sui singoli ricettori ecc.), nonché tempistiche di attuazione. Le tempistiche sono differenziate a seconda che si tratti di infrastrutture esistenti (15 anni) o di infrastrutture nuove/ampliate/potenziante (all'atto dell'esecuzione delle opere);
- vengono fissati i criteri in base ai quali calcolare la priorità degli interventi, prendendo in considerazione il numero di ricettori esposti e la differenza fra livelli attuali di rumore e limiti ammissibili (allegato 1);
- vengono fissati i criteri di progettazione acustica degli interventi, individuando i requisiti dei modelli previsionali utilizzabili per la simulazione acustica ed il calcolo delle barriere e fornendo anche indicazioni sui criteri di progettazione strutturale (allegato 2) ;
- sono riportati i criteri per la qualificazione dei materiali e la conformità dei prodotti
- sono riportati i criteri per valutare la concorsualità di più sorgenti, in modo da garantire ai ricettori esposti il raggiungimento dei valori considerati come ammissibili, anche in presenza di più fonti di rumore (allegato 4).

2.1.5. Normative Regionali

- **Legge regionale Sardegna 12/06/2006 n.9 "Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali"**

Con tale norma la Regione Sardegna disciplina il conferimento delle funzioni e dei compiti amministrativi agli enti locali in attuazione del decreto legislativo 17 aprile 2001, n. 234

Il conferimento è relativo ai seguenti settori organici di materie:

- a) sviluppo economico e attività produttive;
- b) territorio, ambiente e infrastrutture;
- c) servizi alla persona e alla comunità.

- **Deliberazione Regione Sardegna n. 62/9 del 14.11.2008 "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale"**

Riguardante la classificazione acustica del territorio comunale (Parte I), il risanamento del territorio comunale (Parte II), il Regolamento acustico comunale (Parte III), l'Impatto acustico e clima acustico (Parte IV), le Attività rumorose temporanee (Parte V), i requisiti passivi degli edifici (Parte VI), la Determinazione e gestione del rumore ambientale D. Lgs. 194/05 (Parte VII) ed il tecnico competente in acustica (Parte VIII).

In particolare il punto 3 della Parte IV riguarda i contenuti che deve possedere la documentazione di impatto acustico.

I punti 2 e 3 della Parte V riguardano invece le domande di autorizzazione e autorizzazione in deroga per le attività rumorose temporanee.

- **Legge regionale 23/04/2015 n.8 "Norme per la semplificazione e il riordino di disposizioni in materia urbanistica e edilizia per il miglioramento del patrimonio edilizio"**
- **Deliberazione n.50/4 del 16.10.2015 "Disposizione in materia di requisiti acustici passivi degli edifici".**

2.2 Monitoraggio

Si fa riferimento ad una campagna di indagini sperimentali presso due postazioni della durata di 24 ore in continuo effettuata in corrispondenza della SS554 illustrata in Allegato 1 al Quadro di riferimento Ambientale, elaborato Componente Rumore – Monitoraggio, cod. elaborato DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-RE-02-A.

Le metodologie di rilievo risultano idonee a documentare il clima acustico nelle 24 ore, e permettono di conseguenza di valutare il livello ambientale sonoro diurno (6:00 – 22:00) e notturno (22:00 – 6:00) da confrontare con i limiti di riferimento. In tali punti è stata installata una postazione fonometrica rilevando i parametri acustici descrittivi.

In contemporanea è stato effettuato il rilievo del traffico stradale.

Le indagini fonometriche sono state finalizzate alla definizione del clima acustico attuale che caratterizza l'area interessata alla realizzazione dell'intervento di adeguamento infrastrutturale in postazioni prevalentemente esposte alla SS 554 e alla SS125 (infrastrutture stradale oggetto dell'adeguamento). In particolare tali indagini hanno consentito di:

- effettuare la taratura del modello previsionale;
- definire i livelli acustici ante operam.

Di seguito si riporta l'elenco dei punti di misura sopra menzionati

| Postazione | Durata | Strada | Ubicazione |
|-------------------|--------|--------|----------------------------------|
| 20 092109 PV1 014 | 24 ore | SS554 | SS554 Km 5+800 – Monserrato (CA) |
| 20 092105 PV1 022 | 24 ore | SS125 | SS125 Km 9+500 – Quartucciu (CA) |

Le schede di monitoraggio, riportanti lo stralcio planimetrico con l'indicazione della postazione di misura, la catena di misura, l'evoluzione temporale dei livelli acquisiti, i dati di traffico e la documentazione fotografica, sono riportate nell'elaborato Allegato 1 sopra menzionato.

2.3 Metodologia adottata

Lo studio è stato effettuato facendo riferimento alla seguente metodologia:

- individuazione dei ricettori sensibili all'interno della fascia impattata (circa 600 m) a cavallo della infrastruttura. Sono definiti ricettori sensibili tutti gli edifici la cui tipologia consenta la fruizione continuativa da parte di persone. Per i ricettori di classe I (cfr. Tab. 2 / DPCM 01/03/91 - Servizi sanitari, servizi per l'istruzione, case di riposo ecc.), l'analisi è stata estesa fino a circa 1000 m a cavallo dell'infrastruttura;
- introduzione dell'andamento plano-altimetrico del tracciato;
- definizione degli effetti ambientali causati dall'opera sugli elementi della componente ambientale in questione; • quantificazione degli impatti;
- individuazione delle mitigazioni da utilizzare;
- dimensionamento degli interventi di mitigazione.

E' stato adottato, come indicatore, il livello equivalente continuo pesato "A" generato dalle infrastrutture viarie nei periodi di riferimento diurno, dalle ore 6.00 alle 22.00, e notturno, dalle ore 22.00 alle 6.00, rappresentativo di condizioni medie. E' stato, inoltre, previsto di mitigare l'inquinamento acustico in tutti i ricettori che subiscono un impatto acustico maggiore dei limiti di normativa (decreto attuativo sul rumore di origine stradale D.P.R. 30 Marzo 2004).

Pertanto, nella tratta oggetto d'indagine, in cui è previsto l'adeguamento in sede dell'infrastruttura stradale esistente, sono stati considerati i limiti di:

- 50 dB(A) Leq per il periodo diurno e 40 dB(A) Leq per il periodo notturno, per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale solo il limite diurno;
- 70 dB(A) Leq per il periodo diurno e 60 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori all'interno della fascia A (da 0 m a 100 m dal ciglio);
- 65 dB(A) Leq per il periodo diurno e 55 dB(A) Leq per il periodo notturno, per gli altri ricettori all'interno della fascia B (da 100 m a 250 m dal ciglio).

Qualora tali valori e, al di fuori della fascia di pertinenza, i valori limite di immissione (vedi tab 1.5) del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 14 novembre 1997 non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui ricettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti interni, a finestre chiuse:

- 35 dB(A), Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- 40 dB(A), Leq notturno per tutti gli altri ricettori;
- 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

È importante sottolineare che i suddetti valori valgono esclusivamente nel caso in cui la strada sia l'unica o la preponderante causa di inquinamento acustico. Nel caso in cui siano invece presenti altre sorgenti di rumore (ad esempio strade provinciali, linee ferroviarie, ecc), occorre valutare se sussistono le condizioni per cui si applica il criterio di concorsualità riportato nel D.M.A. 29/11/2000.

In questo caso i limiti ammissibili variano in funzione del numero di sorgenti presenti ed in ragione dell'inquinamento causato da ciascuna sorgente, ed occorre quindi procedere ad un'attenta revisione degli obiettivi da raggiungere. Di seguito viene riportata la metodologia operativa per considerare la concorsualità di altre infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie sui limiti di fascia di pertinenza stradale.

La verifica di concorsualità come indicata dall'Allegato 4 DM 29.11.2000 "Criterio di valutazione dell'attività di risanamento da ascrivere a più sorgenti sonore che immettono rumore in un punto" richiede in primo luogo l'identificazione degli ambiti interessati dalle fasce di pertinenza dell'infrastruttura principale e dalle infrastrutture secondarie presenti sul territorio. La verifica è di tipo geometrico e viene svolta considerando le fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto stradali e ferroviarie potenzialmente concorsuali.

La concorsualità interessa il territorio ambito di sovrapposizione delle fasce di pertinenza delle infrastrutture di trasporto principali oggetto dello studio.

FASE 1 – Identificazione di significatività della sorgente concorsuale

Se il ricettore è compreso all'interno di un'area di concorsualità, è in primo luogo necessario verificare la significatività della sorgente concorsuale. La sorgente concorsuale non è significativa, e può essere pertanto trascurata, se sussistono le seguenti due condizioni:

a) i valori della rumorosità causata dalla sorgente secondaria sono inferiori al limite di soglia, LS, dato dalla relazione $LS = L_{zona} - 10 \log_{10}(n-1)$, dove n è il numero totale di sorgenti presenti;

b) la differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria è superiore a 10 dB(A).

La significatività, al fine non introdurre ulteriori problematiche interpretative rispetto alle quali il quadro normativo attuale è carente, viene verificata nel periodo notturno, a meno degli edifici con condizioni di fruizione tipicamente diurna (edifici scolastici).

Operativamente i passi da seguire sono:

1. definizione dei punti di verifica acustica considerando la sorgente principale (facciate più esposte);
2. simulazione dei livelli sonori per lo scenario post operam, previa taratura del modello di calcolo, indotti dalla sorgente principale (SS554). Si esaminano i punti di calcolo del secondo piano fuori terra dei ricettori per gli edifici residenziali a 2 o più piani e al 1° piano fuori terra nel caso di edifici di 1 livello;
3. previsione di impatto della sorgente concorsuale. Si terrà conto delle infrastrutture stradali primarie considerate nello studio del traffico e della linea ferroviaria. Anche per le infrastrutture stradali concorsuali verrà utilizzato il TGM relativo allo scenario post operam;
4. associazione dei livelli di impatto delle sorgenti concorsuali al singolo punto di verifica acustica della sorgente principale;
5. verifica di significatività della sorgente concorsuale in base alle condizioni a) e b).

Tale approccio viene applicato ai ricettori presenti all'interno delle aree di sovrapposizione delle fasce di pertinenza acustica delle infrastrutture considerate, come da specifiche della nota ISPRA del 12/05/2010 prot. N. 313/AMB AGF.

FASE 2 – Definizione dei limiti di soglia

Se la sorgente concorsuale è significativa, sia la sorgente principale sia quella concorsuale devono essere risanate nell'ambito delle rispettive attività di risanamento che andrebbero coordinate tra i soggetti coinvolti. I livelli di zona (limiti di fascia o limiti di classificazione acustica) non sono sufficienti a controllare la sovrapposizione degli effetti e devono essere definiti dei livelli di soglia.

In questo modo si vincolano le sorgenti sonore a rispettare limiti inferiori a quelli consentiti qualora le stesse fossero considerate separatamente, imponendo che la somma dei livelli sonori non superi il limite massimo previsto per ogni singolo ricettore.

1. Alla fine della Fase 1 si perviene ad una scomposizione dei punti di verifica acustica, e quindi dei ricettori, in due insiemi caratterizzati da concorsualità significativa o non significativa.
2. Nel caso in cui la concorsualità non è significativa, si applica il limite di fascia della infrastruttura principale.
3. Nel caso in cui la concorsualità è significativa e il punto è contenuto ad esempio in due fasce di pertinenza uguali (A+A oppure B+B), considerando le sorgenti di rumore egualmente ponderate, il livello di soglia è calcolabile come da Allegato 4 DMA 29.11.2000:

$$L_S = L_{\text{zona}} - 10 \log_{10} (n)$$

La riduzione dei limiti di fascia assume pertanto valore minimo di 3 dBA nel caso di una sorgente principale + una sorgente concorsuale. Nei casi di 2 e 3 sorgenti concorsuali oltre alla sorgente principale le riduzioni diventano:

- 5 db(A) nel caso le sorgenti concorsuali siano 3 (1 principale + 2 concorsuali);
- 6 db(A) nel caso le sorgenti in totale siano 4 (1 principali + 3 concorsuali).

Nel caso in cui la concorsualità è significativa e il punto è contenuto in due fasce di pertinenza diverse (A+B oppure B+A), si attua una riduzione paritetica dei limiti di zona e i limiti applicabili saranno ridotti di una quantità ΔL_{eq} calcolata secondo il criterio di cui all'Allegato 4 del DM 29/11/2000:

$L_S = L_{zona} - 10 \log_{10}(n)$ dove $L_{zona} = \max(L_1, L_2)$ con L_1 ed L_2 pari ai limiti propri delle due infrastrutture considerate singolarmente.

Si è proceduto nella seguente maniera.

Si sono individuate per ciascun ricettore le infrastrutture di trasporto potenzialmente concorsuali (N).

Si è effettuata la verifica della condizione a) e b). Si sono quindi determinate, in corrispondenza dei ricettori interessati, le sorgenti concorsuali (differenza fra il livello di rumore causato dalla sorgente principale e quello causato dalla sorgente secondaria inferiore a 10 dB(A)) – condizione b).

Per i restanti ricettori, per potere escludere la significatività della concorsualità, si è verificata la condizione a) (livello della sorgente principale inferiore al limite di soglia), assumendo come limite di zona (L_z) quello relativo alla sorgente predominante, e calcolando il limite di soglia per le N sorgenti potenzialmente concorsuali.

Determinate le sorgenti concorsuali, si è calcolata la riduzione da applicare al limite di zona per il rumore indotto dalla sola infrastruttura stradale in adeguamento tramite la metodologia della fase 2, come riportato nell'Allegato 2 del Quadro di Riferimento Ambientale, elaborato *Componente Rumore - Tabulati di calcolo*, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMBRE-03-A.

Il raggiungimento degli obiettivi di mitigazione acustica è stato perseguito utilizzando in modo integrato le seguenti modalità di insonorizzazione:

- interventi sulla sorgente, tramite pavimentazioni drenanti – fonoassorbenti di tipo tradizionale, estese a tutta la tratta oggetto di ampliamento e tramite pavimentazione bassoemissiva nelle complanari di progetto, nelle rotonde di progetto e nelle rampe di svincolo, dirette e indirette;
- interventi sulle vie di propagazione, tramite barriere antirumore.
- interventi diretti sui ricettori, tramite doppi vetri/finestre antirumore/doppi infissi sui ricettori non protetti dagli interventi di tipo b).

Nel presente studio si sono considerate come sorgenti sonore primarie, oltre la nuova SS554, le seguenti infrastrutture:

- S.S.131 dir
- S.P.93
- S.P. 15
- S.P. 8
- Ferrovia Monserrato – Settimo San Paolo – Soleminis

2.4 Analisi previsionale

2.4.1. Scelta del modello di simulazione

L'impatto prodotto dalle infrastrutture di trasporto può essere valutato con l'ausilio di appositi modelli matematici di simulazione.

Un modello si basa sulla schematizzazione del fenomeno attraverso una serie di ipotesi semplificative che riconducono qualsiasi caso complesso alla somma di casi semplici e noti.

Per la previsione dell'impatto acustico prodotto dal traffico è stato utilizzato il modello di simulazione SoundPLAN rel. 8.1. Tale modello è sviluppato dalla Braunstein & Berndt GmbH/Soundplan LLC sulla base di norme e standard definiti dalle ISO da altri standards utilizzati localmente.

Grazie alla sua versatilità e ampiezza del campo applicativo, è attualmente il Software previsionale acustico più diffuso al mondo. In Italia è in uso presso centri di ricerca, Università, Agenzie per l'Ambiente, ARPA, Comuni e decine di studi di consulenza.

Il software SoundPLAN lavora in ambiente Windows e consente la simulazione e previsione della propagazione nell'ambiente del rumore derivato da traffico veicolare, ferroviario, aeroportuale, da insediamenti industriali (sorgenti esterne ed interne) nonché il calcolo di barriere acustiche.

La peculiarità del modello SoundPLAN si basa sul metodo di calcolo per "raggi" (Ray Tracing). Il sistema di calcolo fa dipartire dal ricevitore una serie di raggi ciascuno dei quali analizza la geometria della sorgente e quella del territorio, le riflessioni e la presenza di schermi.

Studiando il metodo con maggior dettaglio si vede che ad ogni raggio che parte dal ricevitore viene associata una porzione di territorio e così, via via, viene coperto l'intero territorio.

Quando un raggio incontra la sorgente, il modello calcola automaticamente il livello prodotto dalla parte intercettata. Pertanto sorgenti lineari come strade e ferrovie vengono discretizzate in tanti singoli punti sorgente ciascuno dei quali fornisce un contributo. La somma dei contributi associati ai vari raggi va quindi a costituire il livello di rumore prodotto dall'intera sorgente sul ricevitore.

Il modello è quindi 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.

I contributi forniti dai diversi raggi vengono infatti evidenziati nei diagrammi di output ove la lunghezza del raggio è proporzionale al contributo in rumore fornito da quella direzione.

Quando un raggio incontra una superficie riflettente come la facciata di un edificio, il modello calcola le riflessioni multiple. A tal proposito l'operatore può stabilire il numero massimo di riflessioni che deve essere calcolato ovvero la soglia di attenuazione al di sotto della quale il calcolo deve essere interrotto.

Questa metodologia di calcolo consente quindi una particolare accuratezza nella valutazione della geometria del sito e risulta quindi molto preciso ed efficace in campo urbano, dove l'elevata densità di edifici, specie se di altezza elevata, genera riflessioni multiple che producono un innalzamento dei livelli sonori.

La possibilità di inserire i dati sulla morfologia dei territori, sui ricettori e sulle infrastrutture esistenti ed in progetto mediante cartografia tridimensionale consente di schematizzare i luoghi in maniera più che mai *realistica e dettagliata*. Ciò a maggior ragione se si considera che, oltre alla conformazione morfologica, è possibile associare ad elementi naturali e antropici specifici comportamenti acustici.

Il modello prevede infatti l'inserimento di appositi coefficienti che tengono conto delle caratteristiche più o meno riflettenti delle facciate dei fabbricati o l'assorbimento dovuto alla presenza di aree boschive.

Il software non ha limiti nel numero di oggetti e sorgenti inseribili, né limiti sulla dimensione dell'area trattabile.

L'inserimento dei dati può avvenire tramite mouse/tavola digitalizzatrice o tramite importazione da files in diversi formati. In particolare nel presente studio tra gli standard di calcolo implementati nel modello di calcolo è stato utilizzato quello indicato nell'allegato 2 del suddetto decreto e cioè il metodo di calcolo ufficiale francese NMPB-Routes-2008 (STRACERTU-LCPC-CSTB) citato nell' "Arrêté du mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières – Journal Officiel du 10 mai 1995 article 6" e della norma francese XPS 31 133.

Per quanto concerne le emissioni sono state utilizzate quelle pubblicate nel 2008 (Guide de Bruite) già implementati nella versione 8.1 di SoundPLAN.

2.4.2. Dati di input del modello

Per l'elaborazione del DGM (Digital Ground Model) sono stati implementati nel modello i seguenti elementi:

- punti quota;
- curve di livello;
- bordi della carreggiata stradale;
- sommità e base di rilevati e trincee.

Per le facciate dei fabbricati è stato utilizzato un fattore di *reflection loss* pari a 2 dB(A) corrispondente a facciate con balconi.

Per quanto concerne la sorgente sono stati inseriti l'asse di mezzzeria e la larghezza delle carreggiate per l'individuazione delle linee di emissione.

Lo standard di calcolo utilizzato è quello di cui alle norme francesi NMPB-Routes-2008, mentre per l'assorbimento dell'aria la valutazione è stata effettuata secondo quanto previsto dalla ISO 9613.

I parametri di calcolo utilizzati sono i seguenti:

- ordine delle riflessioni da considerare pari a 3;
- massimo raggio di ricerca pari a 1000 m;
- massima distanza per riflessione da ricettore pari a 200 m;
- massima distanza per riflessione da sorgente pari a 50 m;
- condizioni meteo favorevoli alla propagazione del suono: 25% periodo diurno, 50% periodo notturno.

Per la redazione delle mappe acustiche è stata considerata un'altezza di 4 m sul piano di campagna e una griglia di calcolo con passo 5 m.

L'applicazione del modello previsionale per il calcolo dei valori di emissione ha richiesto quindi l'acquisizione dei dati sulle caratteristiche dei flussi di traffico sul tronco stradale e delle relative velocità.

Tali dati sono quelli derivati dalle misure condotte in sede di campagna di monitoraggio (vedi paragrafo 2 Monitoraggio).

Per il calcolo delle emissioni sono stati utilizzati i dati di emissione del modello NMPB pubblicati nel 2008 (Guide de Bruite) già implementati nella versione 8.1 di soundPLAN.

Rispetto alla precedente versione del 1996, la nuova Guide de Bruite contiene nuovi spettri di emissione dei veicoli e presenta anche una variazione sostanziale dell'altezza della sorgente in quanto si è constatato una maggiore dominanza del rumore dovuto ai pneumatici rispetto al motore.

La versione 2008 contiene inoltre l'aggiornamento degli spettri relativi alle emissioni su pavimentazioni drenanti fonoassorbenti. Da evidenziare che ora gli spettri sono in terzi di ottava mentre nella precedente metodo erano in banda d'ottava. Tale aggiornamento ha consentito di evitare l'effettuazione di misure di caratterizzazione dell'emissione con misure in continuo di traffico e rumore.

I flussi veicolari sono stati inseriti come valori medi orari dei mezzi leggeri (autovetture, roulotte, furgoni, etc.) e di pesanti (autoarticolati, veicolo con massa superiore a 2,8 t).

2.4.3. Input e taratura del modello di simulazione

I dati sulla geometria dell'infrastruttura e sulla morfologia del sito e dei ricettori sono stati valutati sulla base della cartografia tridimensionale di progetto in scala 1:1.000.

Le altezze degli edifici si sono ricavate dalle poligonali cartografiche quote tetto. Il numero dei livelli degli edifici, così come la loro natura e destinazione d'uso, è stato segnalato a seguito dei sopralluoghi finalizzati al censimento dei ricettori.

Per le modellizzazioni acustiche effettuate nel corso dello studio, si è schematizzata una barriera verticale fonoassorbente/fonoisolante in pannelli di metallo.

Il modello previsionale ha analizzato i seguenti scenari di traffico:

- attuale;
- progettuale (anno 2025).

Per i dati di traffico si fa riferimento allo studio trasportistico, per la distribuzione dei flussi nei periodi di riferimento diurno e notturno si è assunta quella riscontrata in sede di monitoraggio, durante le misure in continuo di 24 ore (vedi Allegato 1 al Quadro di riferimento Ambientale, elaborato Componente Rumore – Monitoraggio, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03AMB-RE-02).

Si riportano di seguito i flussi di traffico adottati nelle modellazioni in corrispondenza dell'asse principale.

| Scenario Ante Operam | | | | | |
|----------------------|--------------------|---------|---------|----------|---------|
| Tratta | | DIURNO | | NOTTURNO | |
| Progr. Iniziale [km] | Progr. Finale [km] | Leggeri | Pesanti | Leggeri | Pesanti |
| Inizio progetto | 3+610 | 3024 | 62 | 626 | 6 |
| 3+610 | 3+870 | 3103 | 198 | 650 | 27 |
| 3+870 | 4+920 | 2998 | 178 | 628 | 23 |
| 4+920 | 5+970 | 2268 | 135 | 475 | 18 |
| 5+970 | 7+110 | 1921 | 123 | 404 | 17 |
| 7+110 | 7+860 | 1755 | 136 | 368 | 20 |
| 7+860 | 9+010 | 1863 | 149 | 390 | 22 |
| 9+010 | 10+380 | 1737 | 91 | 364 | 11 |
| 10+380 | 10+600 | 1595 | 107 | 334 | 15 |

| Scenario Ante Operam | | | | | |
|----------------------|--------------------|---------|---------|----------|---------|
| Tratta | | DIURNO | | NOTTURNO | |
| Progr. Iniziale [km] | Progr. Finale [km] | Leggeri | Pesanti | Leggeri | Pesanti |
| 10+600 | 10+800 | 1253 | 52 | 262 | 50 |
| 10+800 | 11+100 | 719 | 26 | 115 | 4 |
| 11+100 | fine progetto | 708 | 21 | 148 | 1 |

Modellazione acustica - Veicoli ora utilizzati in corrispondenza di ciascun tratto dell'asse principale per il periodo ante operam

| Scenario Post Operam | | | | | |
|----------------------|--------------------|---------|---------|----------|---------|
| Tratta | | DIURNO | | NOTTURNO | |
| Progr. Iniziale [km] | Progr. Finale [km] | Leggeri | Pesanti | Leggeri | Pesanti |
| Inizio Progetto | 2+570 | 2976 | 177 | 623 | 23 |
| 2+570 | 2+780 | 3141 | 186 | 658 | 25 |
| 2+780 | 2+970 | 2696 | 175 | 565 | 24 |
| 2+970 | 3+170 | 3335 | 198 | 698 | 26 |
| 3+170 | 3+700 | 3176 | 196 | 665 | 26 |
| 3+700 | 4+310 | 3202 | 165 | 670 | 20 |
| 4+310 | 4+660 | 3231 | 170 | 677 | 21 |
| 4+660 | 4+830 | 3545 | 178 | 745 | 21 |
| 4+830 | 4+960 | 3201 | 176 | 670 | 22 |
| 4+960 | 5+070 | 3603 | 198 | 754 | 25 |
| 5+070 | 5+180 | 3409 | 187 | 714 | 24 |
| 5+180 | 5+330 | 2824 | 180 | 591 | 25 |
| 5+330 | 5+490 | 3077 | 183 | 644 | 24 |
| 5+490 | 7+450 | 2824 | 180 | 591 | 25 |
| 7+450 | 8+090 | 1845 | 139 | 387 | 20 |
| 8+090 | 8+920 | 1928 | 141 | 404 | 20 |
| 8+920 | 9+610 | 1976 | 144 | 414 | 21 |
| 9+610 | 10+160 | 1845 | 139 | 347 | 20 |
| 10+160 | 10+550 | 1081 | 108 | 227 | 17 |
| 10+550 | 10+630 | 558 | 30 | 89 | 4 |
| 10+630 | 11+420 | 619 | 31 | 99 | 4 |
| 11+420 | Fine progetto | 618 | 33 | 99 | 3 |

Modellazione acustica - Veicoli ora utilizzati in corrispondenza di ciascun tratto dell'asse principale per il periodo post operam

Per le velocità medie nello scenario ante operam si è assunto:

- da inizio progetto a inizio area svincolo 131 dir - 70 Km/h;
- per l'area dello svincolo SS131 dir 60km/h;
- da fine area svincolo SS131 a svincolo ss125:
 - per il periodo diurno - 70 km/h;
 - per il periodo notturno - 90 km/h per i veicoli leggeri 70 km/h per i pesanti.
- sulla SS125 : 80 km/h per i veicoli leggeri 70 km/h per i pesanti.

Nello scenario post operam sulla infrastruttura principale si è assunto:

- da inizio progetto a fine area svincolo 131 dir - 70 Km/h
- da fine area svincolo 131 dir a fine progetto - 100 Km/h per i leggeri 70km/h per i pesanti;
- sul raccordo per la ss125 - 80 km/h per i leggeri 70 km/h per i pesanti;
- sulle complanari - 70 km/h per i leggeri 60 km/h per i pesanti

L' affidabilità delle tecniche previsionali utilizzate è stata verificata utilizzando i dati a disposizione ottenuti attraverso le misurazioni effettuate durante le sperimentazioni in campo.

Il confronto tra i dati misurati e l'output del modello sono riportati nella tabella seguente.

| Punto | Strada | Leq Diurno misurato | Leq Diurno calcolato | Δ Leq D | Leq Notturno misurato | Leq Notturno calcolato | Δ Leq N |
|-------------------|--------|---------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|------------------------------|----------------|
| | | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) | dB(A) |
| 20 092109 PV1 014 | SS554 | 68,5 | 69,8 | +1,3 | 64,2 | 64,0 | -0,2 |
| 20 092105 PV1 022 | SS125 | 58,9 | 59,1 | +0,2 | 52,8 | 51,9 | -0,9 |

Gli scostamenti tra dati derivati dalle misure in campo e dati calcolati con l'ausilio del modello di simulazione risultano contenuti (con scarto quadratico medio pari a 0,8 dB(A)).

Sull'elaborato *Rumore: Carta dei ricettori e degli interventi di mitigazione* (scala 1:5.000), cod. DPCA06-D-1501-T00-IA03-AMB-PP-12-13, oltre alla planimetria di progetto dell'infrastruttura, le fasce di pertinenza acustica delle varie infrastrutture viarie, l'ubicazione delle barriere antirumore e degli edifici per cui è prevista la sostituzione degli attuali serramenti con infissi fonoisolanti, è riportata graficamente la destinazione d'uso di ciascun edificio censito (edifici residenziali, scuole, industriali, etc.) e il relativo codice di riferimento.

Sugli elaborati *Rumore: clima acustico stato attuale* (diurno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-14-15 e notturno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-16-17), *clima acustico post opera* (diurno, cod. DPCA06-D-1501T00-IA-03-AMB-PP-26-27 e notturno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-28-29), e *clima acustico post opera* con interventi di mitigazione (diurno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-18-19 e notturno, cod. DPCA06-D1501-T00-IA-03-AMB-PP-20-21), vengono invece riportate le mappe isofoniche per gli scenari considerati.

In Allegato 2 del Quadro Ambientale *Componente Rumore - Tabulati di calcolo*, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMBRE-03, per ciascun ricettore simulato, sono riportate le caratteristiche del ricettore (quali il codice di riferimento, il piano

abitativo), i rispettivi limiti di riferimento (determinati dalla fascia di appartenenza del ricettore o dalla sua classificazione come sensibile e dal numero di sorgenti significative), e i livelli sonori diurni e notturni stimati, per ciascuno scenario considerato.

Il codice riportato nel tabulato di calcolo è composto da 13 cifre: le prime 6 cifre indicano il codice ISTAT del comune di appartenenza (6 numeri), la settima e l'ottava indicano il codice della strada/intersezione tra due strade¹, infine, gli ultimi 5 numeri individuano il codice progressivo del ricettore.

Il Codice dei Comuni (ISTAT 2008) è:

- per il Comune di Cagliari: 092009;
- per il Comune di Quartu S. Elena: 092051;
- per il Comune di Selargius: 092068;
- per il Comune di Quartucciu: 092105.

Il Codice delle strade/intersezioni è:

- per la strada SS131dir: CE;
- per la strada SS387: EK;
- per la strada SS554: FV;
- per la strada SS125: BR;
- per l'intersezione tra la SS387 e la SS554: Q9;
- per l'intersezione tra la SS554 e la SS131dir: XD.

Gli scenari sono:

- situazione attuale (anno 2016)
- scenario progettuale (anno 2025). Prevede la stesura di pavimentazione drenante fonoassorbente
- scenario post mitigazione (anno 2025). Prevede la stesura di pavimentazione drenante fonoassorbente e l'installazione di barriere antirumore.

2.5 Metodo di dimensionamento degli interventi di mitigazione

Una volta effettuata la taratura del modello si sono dimensionati gli interventi di mitigazione attraverso lo svolgimento delle seguenti fasi:

- attribuzione delle destinazioni d'uso e delle altezze degli edifici sulla base del censimento e delle poligonali quote tetto date dalla cartografia 3D;
- modellazione tridimensionale della geometria della linea, dei punti ricettori, degli ostacoli naturali/antropici alla propagazione del rumore;
- attribuzione dei livelli equivalenti massimi diurni/notturni da rispettare in corrispondenza di ciascun punto ricettore, previa verifica di concorsualità;
- attribuzione di un fattore di attenuazione acustica dei serramenti attuali dei ricettori;

¹ L'area di intersezione tra due strade è la superficie compresa tra le fasce di pertinenza acustica delle due infrastrutture

- simulazione con il programma Soundplan dell'impatto acustico diurno e notturno in corrispondenza dei punti ricettori;
- calcolo dei livelli equivalenti di impatto in ambiente interno sulla base dell'attenuazione acustica dei serramenti attuali;
- verifica del rispetto dei livelli equivalenti massimi diurni/notturni in ambiente esterno ed eventualmente in ambiente interno;
- progetto di massima delle protezioni acustiche sulla infrastruttura stradale necessarie per il rispetto degli obiettivi di mitigazione;
- simulazione con il programma Soundplan dell'impatto acustico mitigato diurno e notturno in corrispondenza dei punti ricettori: l'operazione viene reiterata fino al raggiungimento degli obiettivi di mitigazione;
- eventuale selezione dell'intervento diretto sul ricettore finalizzato al raggiungimento degli obiettivi di mitigazione.

Il dimensionamento delle opere di mitigazione è stato effettuato con l'obiettivo di ricondurre i livelli di pressione sonora presso ciascun ricettore, entro i limiti predefiniti.

Come suggerito dal decreto sui piani di risanamento, si possono utilizzare interventi sulla sorgente (asfalti drenanti fonoassorbenti), lungo le vie di propagazione (barriere antirumore) e, nel caso di edifici singoli, o per i piani più alti di alcune abitazioni, anche interventi diretti sul ricettore (finestre antirumore).

Nel corso del presente studio si è applicato il criterio di proteggere, ove possibile, i ricettori tramite installazione di barriere antirumore. Per i ricettori presso cui rimangono impatti residui² si sono garantiti i limiti interni con infissi fonoisolanti a valle di considerazioni di carattere tecnico-economico (come recita il decreto attuativo sul rumore di origine stradale D.P.R. 30 Marzo 2004).

Nelle simulazioni acustiche sono riportati come detto i livelli sonori presso tutti i ricettori, per ciascun piano e per ciascuno scenario considerato: mediante il numero identificativo dell'edificio è agevole rintracciarne l'ubicazione sulle tavole cartografiche.

2.6 La mitigazione degli impatti prodotti

Un metodo per ridurre il rumore indotto dal traffico stradale è quello di frapporre tra la fonte del rumore (in questo caso il corpo della infrastruttura) ed i ricettori un ostacolo efficace alla propagazione del suono. Tale ostacolo è costituito da una barriera con idonee caratteristiche di isolamento acustico, e dimensioni tali da produrre l'abbattimento di rumore necessario nell'area da proteggere.

La barriera costituisce un ostacolo alla propagazione dell'energia sonora emessa dal transito dei veicoli. Le onde vengono quasi totalmente riflesse verso la sorgente stessa. Una parte dell'energia sonora riesce però a "scavalcare" la barriera (energia diffratta) oppure ad attraversarla se l'isolamento del materiale non è adeguato (energia diretta).

L'aliquota dell'energia sonora che scavalca la barriera, o che passa ai lati della barriera stessa, è funzione della geometria (altezza, distanza dalla sorgente, distanza dal punto di ricezione, lunghezza e spessore della barriera) mentre è indipendente dalle caratteristiche acustiche di isolamento della barriera stessa.

² Edifici alti e plesso scolastico a ridosso dell'infrastruttura stradale. Edifici isolati in fascia B di pertinenza acustica stradale.

Anche l'aliquota di energia sonora che attraversa la barriera e quella riflessa sono calcolabili, note le caratteristiche di isolamento acustico dei pannelli.

E' possibile individuare in commercio diversi tipi di barriere artificiali diversificate in base ai materiali utilizzati ed al comportamento acustico prevalente. Possono essere quindi individuati due tipi di pannelli:

- barriere fonoassorbenti;
- barriere fonoisolanti.

Con tali termini viene indicato il comportamento acustico "prevalente" del pannello perché la funzione di smorzamento e riflessione dell'onda sonora è contemporaneamente presente, anche se in rapporto diverso, in tutte le barriere artificiali.

Le barriere fonoisolanti sono quindi quelle il cui comportamento prevalente è quello di riflettere l'onda sonora incidente. Le barriere fonoassorbenti riflettono invece solo una parte dell'onda sonora incidente mentre smorzano parte dell'energia.

Un metodo alternativo, o complementare, per ridurre il rumore indotto dal traffico stradale, se gli abbattimenti richiesti sono dell'ordine di 3 dB(A), è individuabile nell'utilizzo di pavimentazioni drenanti fonoassorbenti che attenuano il rumore di rotolamento.

Un ulteriore intervento, in corrispondenza di ricettori isolati o per i piani più alti di alcune abitazioni, consiste nell'intervento diretto sull'edificio, con sostituzione degli infissi esistenti con appositi infissi fonoisolanti. Tale soluzione, che scaturisce da valutazioni tecnico-economiche (come recita il decreto attuativo sul rumore di origine stradale D.P.R. 30 Marzo 2004), permette di garantire in tutti i casi una condizione di comfort acustico all'interno dei ricettori aventi un livello di rumore esterno in facciata superiore agli obiettivi adottati.

2.7 Dimensionamento di massima degli interventi di mitigazione

La presenza di un ostacolo limita e/o modifica la propagazione delle onde sonore producendo un'attenuazione dei livelli sonori funzione della posizione del punto ricettore e delle dimensioni dell'ostacolo rispetto alla lunghezza d'onda del suono emesso.

Al variare delle dimensioni si potrà infatti avere la riflessione o la rifrazione dell'onda. Ci si trova in presenza della riflessione quando la lunghezza d'onda è molto più piccola della minore dimensione dell'ostacolo. In questo caso è possibile applicare le note leggi che regolano la riflessione stessa, cioè il raggio riflesso si trova nello stesso piano del raggio incidente e l'angolo di riflessione è uguale all'angolo di incidenza. In questo caso quindi, idealmente, il suono non oltrepassa l'ostacolo e quindi l'attenuazione è totale.

Quando la lunghezza d'onda è comparabile con le dimensioni dell'ostacolo ci si troverà invece in presenza di rifrazione. In questo caso l'onda è in grado di superare l'ostacolo e dietro a quest'ultimo si viene a formare una zona d'ombra che dipende dalle dimensioni dell'ostacolo stesso.

L'effetto di uno schermo naturale (irregolarità del terreno) o artificiale (muri, filari di case e barriere all'uopo inserite) è quindi sempre limitato a causa della diffrazione, ed in special modo per i suoni a bassa frequenza (che spesso sono i più fastidiosi) e quindi con grandi lunghezze d'onda.

Per le modellizzazioni acustiche effettuate nel corso dello studio, si è assunta una barriera verticale fonoassorbente in pannelli in alluminio con elementi fonoisolanti per altezze maggiori di 3 metri.

Gli interventi sono riportati sull'elaborato *Rumore: Carta dei ricettori e degli interventi di mitigazione* (scala 1:5.000), cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-12-13 e negli elaborati *Rumore: clima acustico post operam con interventi di*

mitigazione (diurno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-18-19 e notturno, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03AMB-PP-20-21) – scala 1:5.000 e sono riassunti nella tabella seguente.

Vengono riportate le seguenti informazioni:

- Lotto;
- n. barriera;
- carreggiata;
- ubicazione della barriera (progressive chilometriche);
- altezza (H) della barriera;
- lunghezza (L) della barriera;
- superficie della barriera.

Localizzazione barriere antirumore

| Lotto | Barriera n | CARREGGIATA | Pk inizio | Pk fine | L (m) | H (m) | A (mq) |
|-------|------------|-------------|-----------------------|---------|-------|-------|--------|
| 1 | 1 | Nord | 1+854 | 1+942 | 93 | 3 | 279 |
| 1 | 2 | Sud | 2+076 | 2+187 | 111 | 5 | 555 |
| 1 | 3 | Sud | 2+159 | 2+318 | 159 | 5 | 795 |
| 1 | 4 | Sud | su svincolo SS131 dir | | 420 | 5 | 2100 |
| 1 | 5 | Sud | 3+372 | 3+477 | 105 | 5 | 525 |
| 1 | 6 | Sud | 3+477 | 3+675 | 177 | 3 | 531 |
| 1 | 7 | Sud | 3+675 | 3+815 | 142 | 4 | 568 |
| 1 | 8 | Sud | 4+239 | 4+322 | 84 | 4 | 336 |
| 1 | 9 | Sud | 4+326 | 4+366 | 41 | 4 | 164 |
| 1 | 10 | Sud | 5+360 | 5+466 | 106 | 5 | 530 |
| 1 | 11 | Sud | 5+612 | 5+787 | 175 | 4 | 700 |
| 1 | 12 | Nord | 6+149 | 6+287 | 138 | 3 | 414 |
| 2 | 13 | Sud | 7+873 | 7+971 | 99 | 4 | 396 |
| 2 | 14 | Sud | 9+170 | 9+272 | 102 | 3 | 306 |
| 2 | 15 | Sud | 10+065 | 10+168 | 102 | 3 | 306 |

Per quanto concerne la tipologia delle barriere antirumore:

- su muri, opere d'arte e su ciglio stradale dell'asse principale in caso di affiancamento di una complanare è stata prevista una barriera antirumore integrata con pannelli fonoassorbenti in alluminio e specchiature in materiale trasparente (PMMA) per altezze superiori a 3 m
- su ciglio delle complanari o in tracciato stradale in trincea, è stata prevista una barriera antirumore con pannelli fonoassorbenti in alluminio e specchiature in PMMA per altezze superiori a 3 m

Le barriere antirumore previste sono fonoassorbenti in alluminio per garantire la migliore efficacia acustica. I pannelli trasparenti favoriscono l'intrusione visiva per le barriere più alte.

In particolare devono essere opportunamente definite le proprietà fonoassorbenti della barriera, attenendosi alle seguenti norme di carattere generale:

Il fonoassorbimento è l'attitudine dei materiali ad assorbire l'energia sonora su di essi incidente, trasformandola in altra forma di energia, non inquinante (calore, vibrazioni, etc).

L'adozione di materiali fonoassorbenti è utile per:

- evitare l'aumento di rumorosità per abitazioni poste dallo stesso lato della sorgente;
- evitare una riduzione dell'efficacia schermante totale;
- evitare un aumento della rumorosità per gli occupanti delle autovetture (effetto tunnel).

E' consigliabile far uso di tali materiali nei casi in cui l'altezza della barriera sia maggiore di 1/10 della larghezza della strada da schermare.

Per quanto riguarda i pannelli delle barriere, si prevedono materiali ad elevate prestazioni acustiche:

- Pannelli in alluminio di Categoria di Assorbimento Acustico A4 e di Categoria di Isolamento Acustico B3, con marcatura CE ai sensi delle UNI EN 14388 e UNI TR 11338
- Pannelli in PMMA di Categoria di Isolamento Acustico B3, con marcatura CE ai sensi delle UNI EN 14388 e UNI TR 11338

Le finestre fonoisolanti previste sono a ventilazione naturale, con serramenti avente potere fonoisolante L_w misurato sperimentalmente uguale o maggiore di 35 dB.

Gli edifici per i quali è prevista la sostituzione degli infissi esistenti con le suddette finestre sono individuabili planimetricamente nell'elaborato grafico *Rumore: Carta dei ricettori e degli interventi di mitigazione* (scala 1:5.000), cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-12-13.

Nella seguente tabella vengono riassunti gli interventi diretti previsti. Si riportano destinazione d'uso del ricettore, il numero di piani fuori terra totali dell'edificio, i livelli fuori terra da proteggere (frontali e laterali alla Nuova SS554) e i metri quadri totali di finestre da sostituire.

| Cod. ricevitore | Destinazione d'uso | n. piani fuori terra totali | Piani fuori terra da proteggere frontali | Piani fuori terra da proteggere laterali | Totale m ² finestre |
|-----------------|--------------------|-----------------------------|--|--|--------------------------------|
| 092009FV00117 | Scuola | 3 | 3 | - | 108 |
| 092009FV00115 | Scuola | 4 | 4 | - | 54 |
| 092068CE00030 | Residenza | 5 | 2-3-4-5 | 4-5 | 123 |
| 092068CE00045 | Residenza | 5 | 5 | - | 4 |
| 092009FV00048 | Residenza | 3 | 3 | - | 5 |
| 092009FV00050 | Residenza | 2 | 2 | - | 9 |
| 092009FV00084 | Residenza | 2 | 2 | - | 8 |
| 092009FV00088 | Residenza | 2 | 2 | - | 19 |
| 092009FV00098 | Residenza | 2 | 2 | - | 12 |
| 092009FV00108 | Residenza | 1 | 1 | - | 5 |
| 092068FV00048 | Residenza | 5 | 3-4-5 | - | 40 |
| 092068FV00050 | Residenza | 6 | 2-3-4-5-6 | - | 110 |
| 092068FV00055 | Residenza | 2 | 2 | - | 4 |
| 092068FV00224 | Residenza | 2 | 2 | - | 6.5 |
| 092068FV00236 | Residenza | 2 | 2 | 1 | 2.5 |
| 092068FV00259 | Residenza | 6 | 4-5-6 | - | 115 |
| 092068FV00111 | Residenza | 3 | 2-3 | - | 30 |

2.8 Monitoraggio post operam

A maggior cautela, si è scelto di effettuare monitoraggi fonometrici, ad opera realizzata, in corrispondenza dei ricettori i cui livelli sonori stimati risultino prossimi ai valori limite di norma (meno di 2,0 dB(A)). In caso di riscontro di eccedenze dai limiti si provvederà alla messa in opera di ulteriori interventi mitigativi.

Di seguito è riportato l'elenco dei ricettori che dovranno essere coinvolti nell'attività di monitoraggio (in caso di ricettori vicini potrà essere effettuata una misura unica per gruppo di ricettori):

- 092009FV00002, 092009FV00050, 092009FV00053, 092009FV00057, 092009FV000104;
- 092068CE00042, 092068CE00051, 092068CE00054;
- 092068FV00001, 092068FV00003, 092068FV00005, 092068FV00010, 092068FV00014, 092068FV00036, 092068FV00051, 092068FV00098, 092068FV00209, 092068FV00214, 092068FV00216, 092068FV00220, 092068FV00230, 092068FV00233, 092068FV00242, 092068FV00245, 092068FV00258;
- 092105FV00016, 092105FV00028, 092105FV00031;
- 092068XD002.

2.9 Fase di cantiere

La trattazione è inserita nel Quadro di Riferimento Progettuale del SIA, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-02-AMB-RE-01, capitolo 3.4 “Problematiche ambientali ed interventi di salvaguardia e mitigazione in fase di realizzazione dell’opera”, in cui sono riportate le simulazioni del rumore di cantiere ed individuati gli interventi mitigativi, consistenti in barriere mobili lungo il fronte lavori secondo il cronoprogramma lavori e quelle lungo le recinzioni nelle aree di cantiere.

Tali interventi sono riportati nell’elaborato grafico planimetrico “Rumore e vibrazioni fase di cantiere – scala 1:5.000”, cod. DPCA06-D-1501-T00-IA-03-AMB-PP-22-23-A, in cui sono stati individuati anche i ricettori soggetti ad eccedenze dai limiti di norma.