

Politecnico di Torino, 6 Ottobre 2011

# **Impatto acustico delle linee ferroviarie ad alta velocità / alta capacità Il caso della Val di Susa**

**P. Salizzoni**

*Laboratoire de Mécanique des Fluides et Acoustique  
Ecole Centrale de Lyon*

# Introduzione

- 1) **Generalità sul rumore ferroviario**
- 2) **Valutazione dell'impatto acustico di sorgenti impulsive**
- 3) **Una caso studio la Val di Susa**
- 4) **Simulazione del rumore ferroviario in una valle alpina : TR-Noise**
  - a) *validazione del modello*
  - b) *simulazione di uno scenario di traffico*
- 5) **Conclusioni**
- 6) **Appendice**

# 1. Generalità sul rumore ferroviario

## a) Rumore meccanico :

*ruote/superfici di contatto*

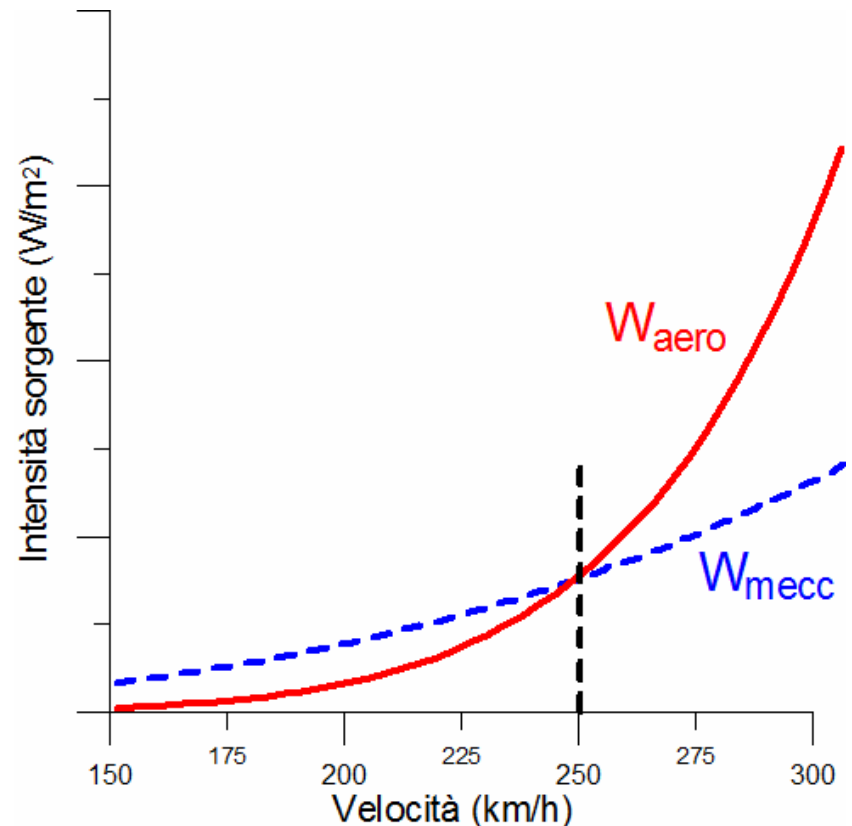
Monopolo acustico  $W \sim V^3$

## b) Rumore aerodinamico :

*instabilità inerziali in seno al mezzo fluido*

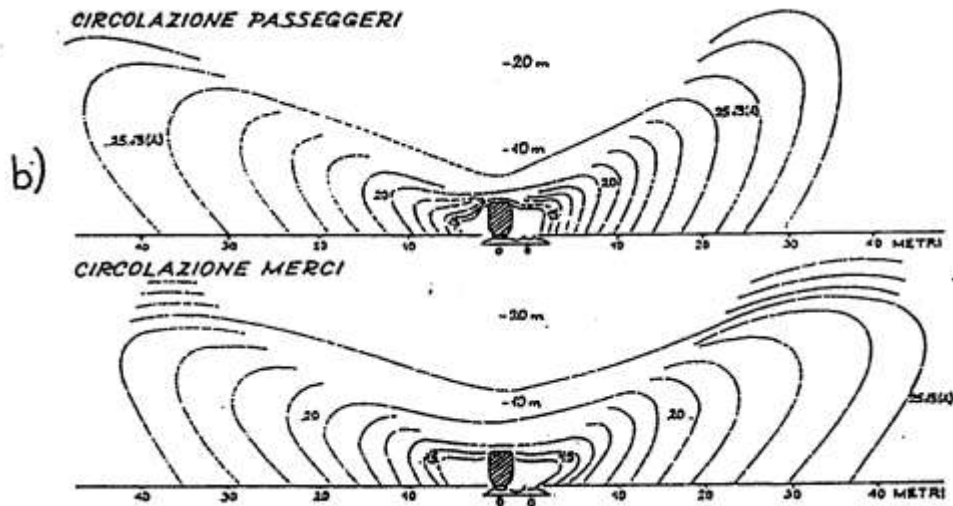
Dipolo acustico  $W \sim V^7$

Lo spettro del rumore aerodinamico é spostato sulle basse frequenze

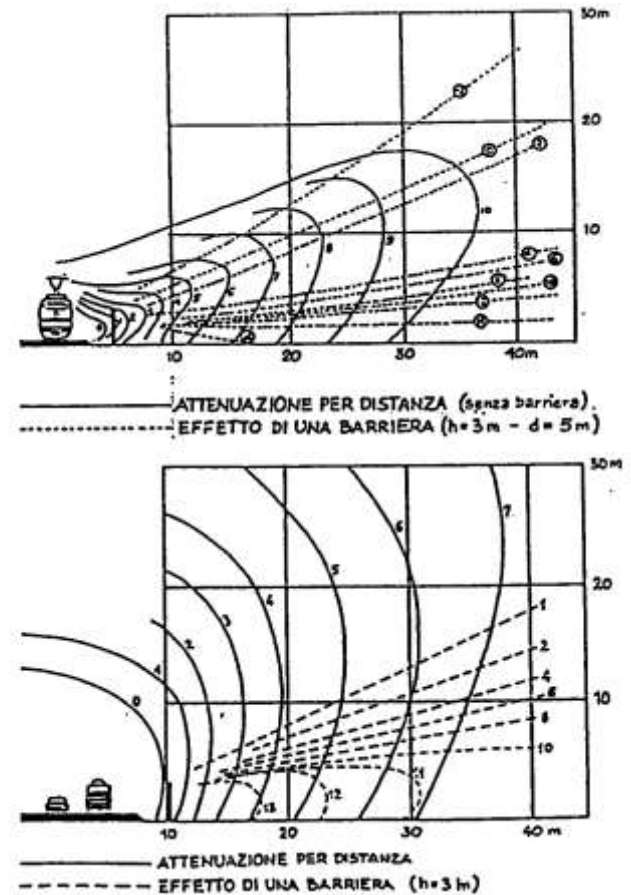


# 1. Generalità sul rumore ferroviario

## Direttività del rumore



## Effetto delle barriere



## 2. Impatto sorgenti sonore impulsive

### ➤ Caratteristiche

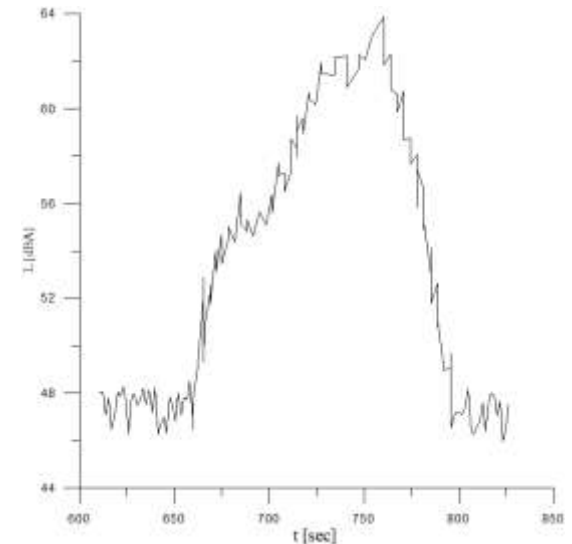
- *Rapido incremento del livello sonoro*
- *Differenza significativa tra il livello massimo ed il livello di fondo*

### ➤ Stato dell'arte

- *La maggior parte delle legislazioni europee fa riferimento a valori medi di lungo periodo dell'intensità acustica  $L_{dn}$ ,  $L_{den}$ ,  $L_{eq}$*
- *$L_{dn}$ ,  $L_{den}$ ,  $L_{eq}$  sono calcolati usualmente adottando modelli semplificati di propagazione fornite dalla norma **ISO/DIS 9613-2** (non sempre adatti a simulare sorgenti di rumore intermittenti).*

### ➤ Problema

- *$L_{dn}$ ,  $L_{den}$ ,  $L_{eq}$  sono indicatori affidabili per stimare l'impatto del rumore ferroviario sulla popolazione?*



## 2. Impatto sorgenti sonore impulsive

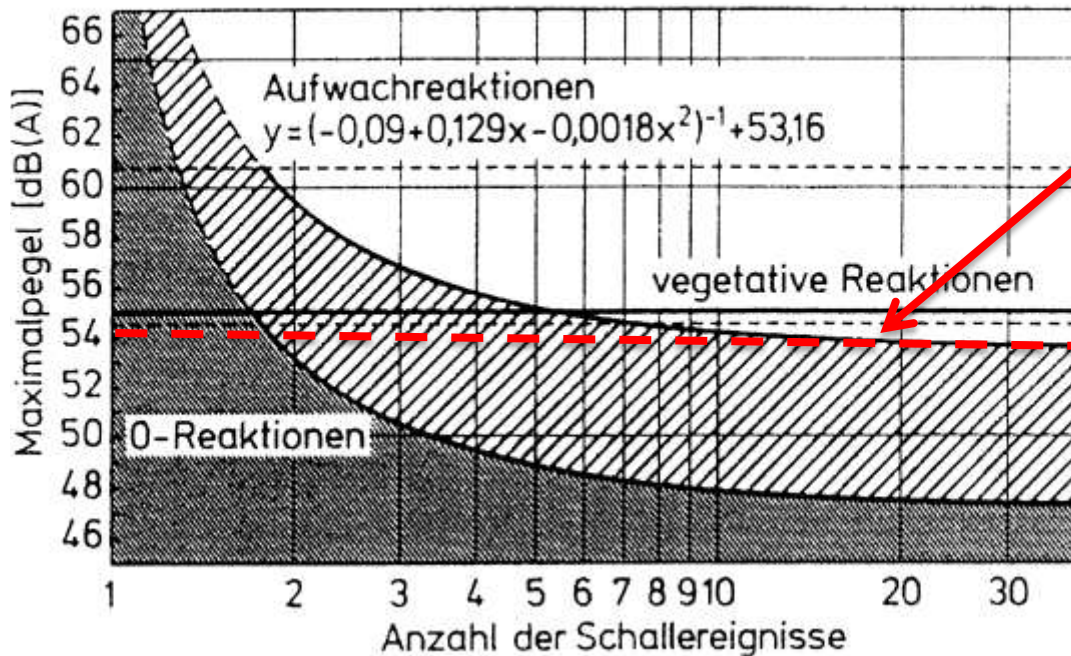
➤ Gli 'indicatori di lungo periodo' non sono adatti per valutare gli effetti sulla salute indotti da sorgenti di rumore intermittente (Robinson, 1969)

$$L_{NP} = L_{eq} + k\sigma$$

➤ Griefhan (1990): Rumore intermittente e **disturbi del sonno**

$$L_{max} = \frac{1}{-0.018N^2 + 0.129N - 0.09} + 53,16$$

Livello Acustico massimo  $L_{max}$



Soglia del risveglio

$$L_{max} = f(N)$$

$N > 30$   
 53 dB(A)

Numero di eventi rumorosi  $N$  nella notte

### 3. Caso di studio: La val di Susa (DIASP-DITAG)

- Nuova linea Torino-Lyon
- Alta frequenza di transiti (durante il giorno e la notte)

- *Larghezza ~ 1000 m*
- *Altezza montagne ~ 3000 m*
- *Alta densità di popolazione*  
*~ 65000 abitanti ~ 80 Km<sup>2</sup>*



➔ *Centri abitati disposti sui pendii particolarmente esposti al rumore ferroviario*

## 4. Rumore ferroviario in una valle alpina

### ➤ **Valutazioni di impatto seguendo la norma ISO-DIS 9613-2**

- *Indicatori di lungo periodo*
- *Terreno piatto*
- *Venti leggeri*
- *Debole stratificazione termica dell'atmosfera*

### ➤ **Complicazioni**

- *Rumore intermittente*
- *Forte concavità del terreno*
- *Pronunciate inversioni termiche*
- *Eventi di 'foehn' frequenti*

 **Metodologia per la valuatione dell'impatto del rumore ferroviario**



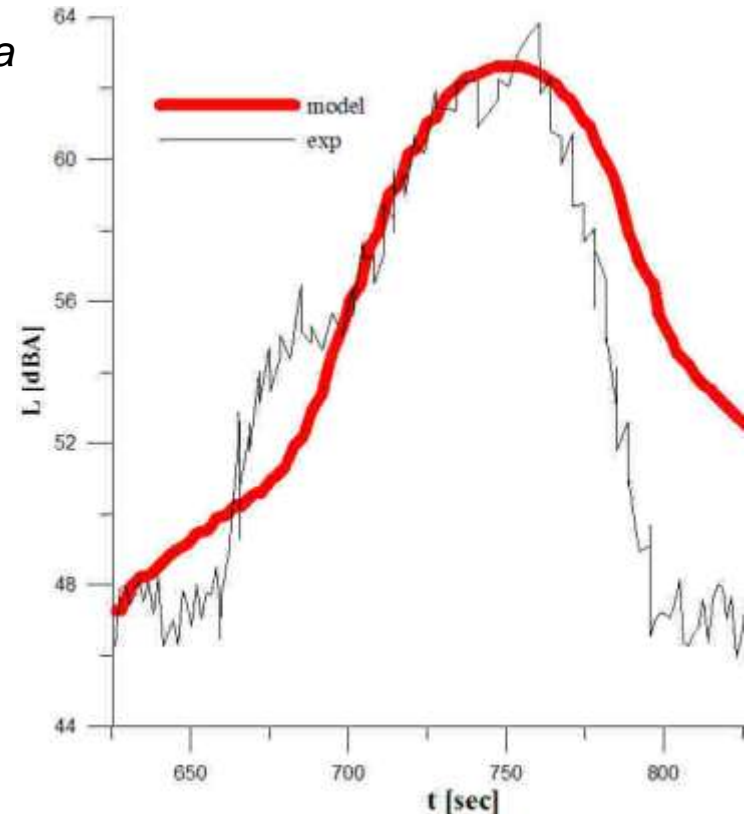
Modello semplice di propagazione di rumori intermittenti  
per il calcolo dei livelli massimi degli eventi sonori



## 4. Il modello TR-Noise (DIASP)

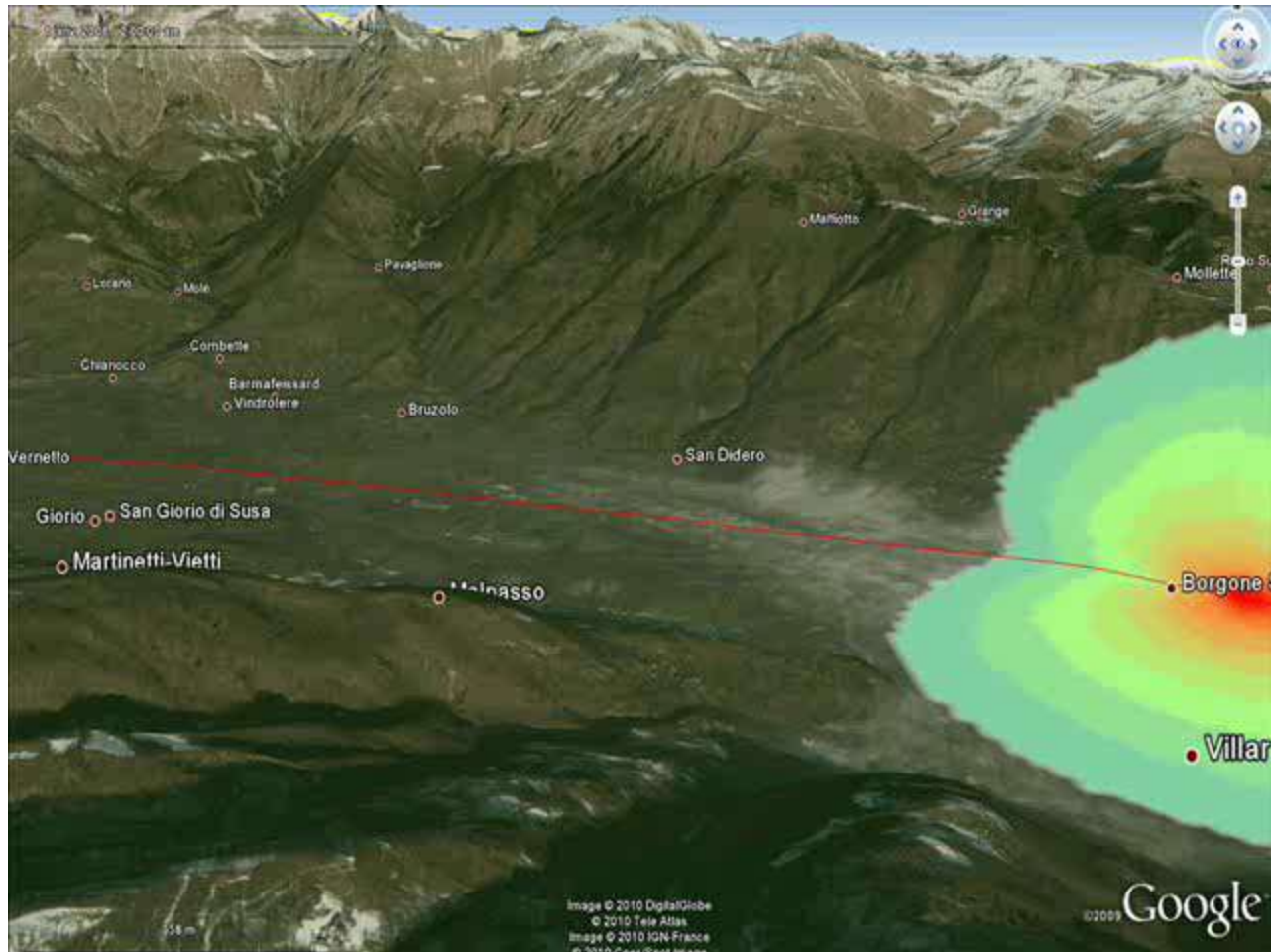
### Simulazione dei livelli acustici istantanei

- *Approccio quasi stazionario  $V \gg c_s$*
- *Le sorgenti sonore : somma di monopoli e dipoli acustici in movimento*
- *Otto bande di frequenza (63 Hz – 8 kHz)*
- *Attenuazione del segnale sonoro per divergenza geometrica e effetti atmosferici (ISO/DIS 9613/2)*
  
- **Limitazioni del modello**
  - Trascura attenuazione dovuta al terreno
  - Trascura riflessioni dei raggi acustici dovute a orografia ed ostacoli
  - Trascura gli effetti della stratificazione termica dell'atmosfera



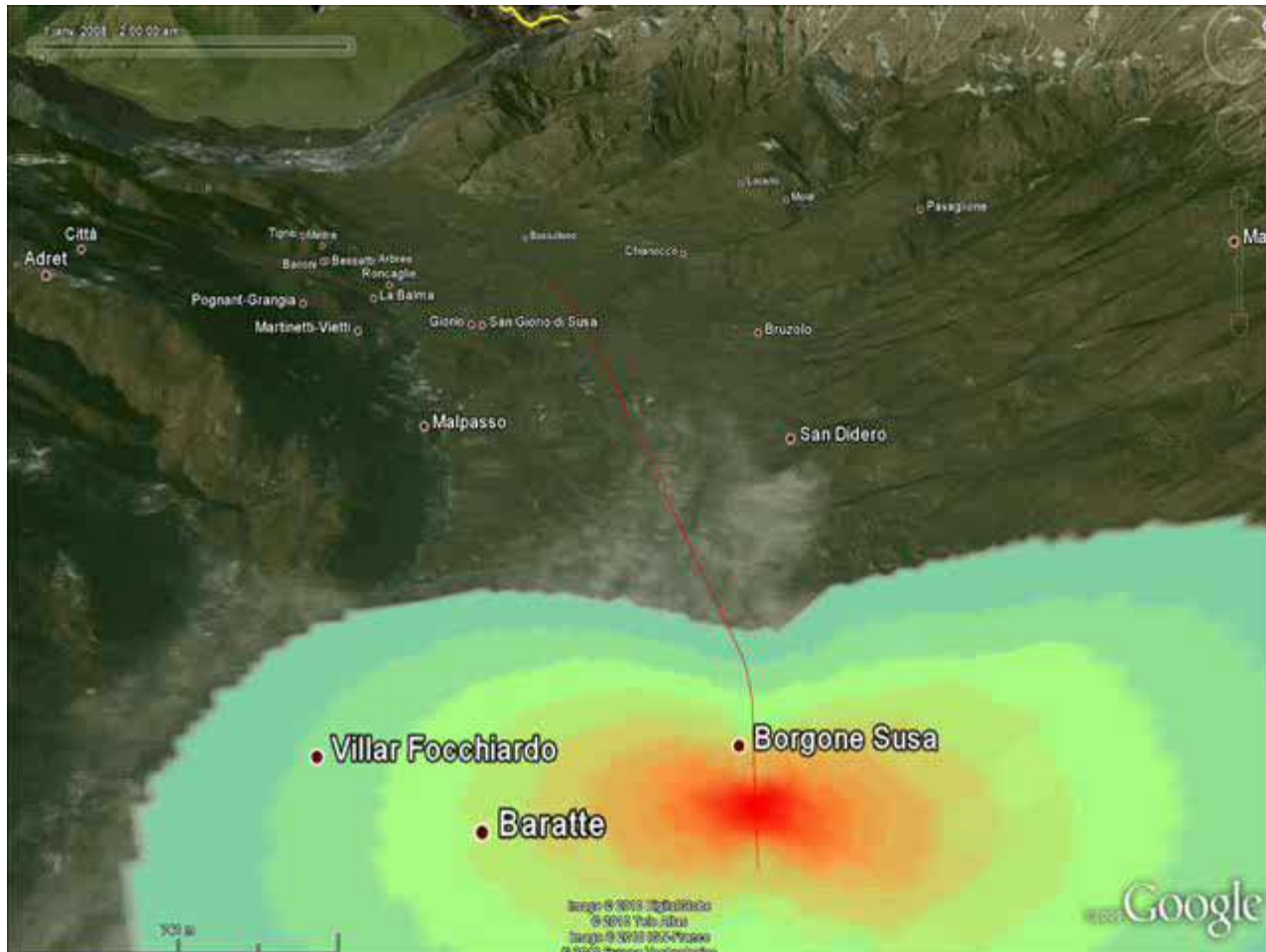
## 4. Il modello TR-Noise

*Livelli Acustici istantanei simulati*



## 4. Il modello TR-Noise

### *Livelli Acustici istantanei simulati*



## 4a. Validazione e taratura del modello

### Misure sul campo (DITAG)

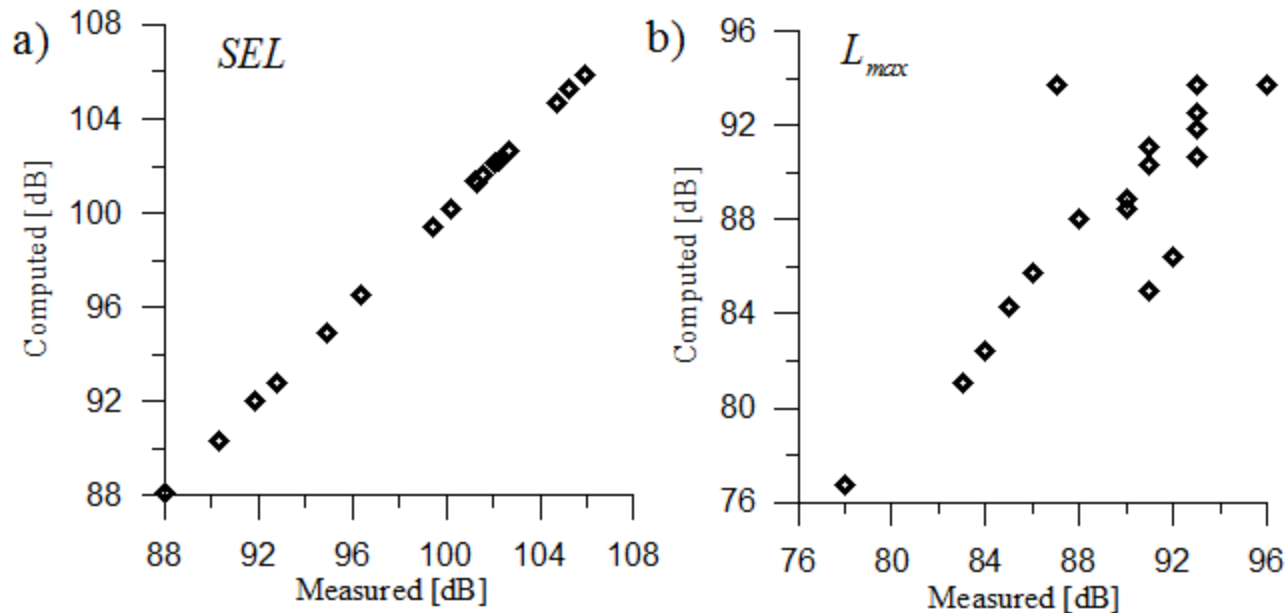


## 4a. Validazione e taratura del modello

### Livelli acustici calcolati con TR-Noise

#### ➤ Calibrazione del modello

Il ricettore più prossimo alla linea (11m) è stato utilizzato per stimare l'intensità della sorgente acustica

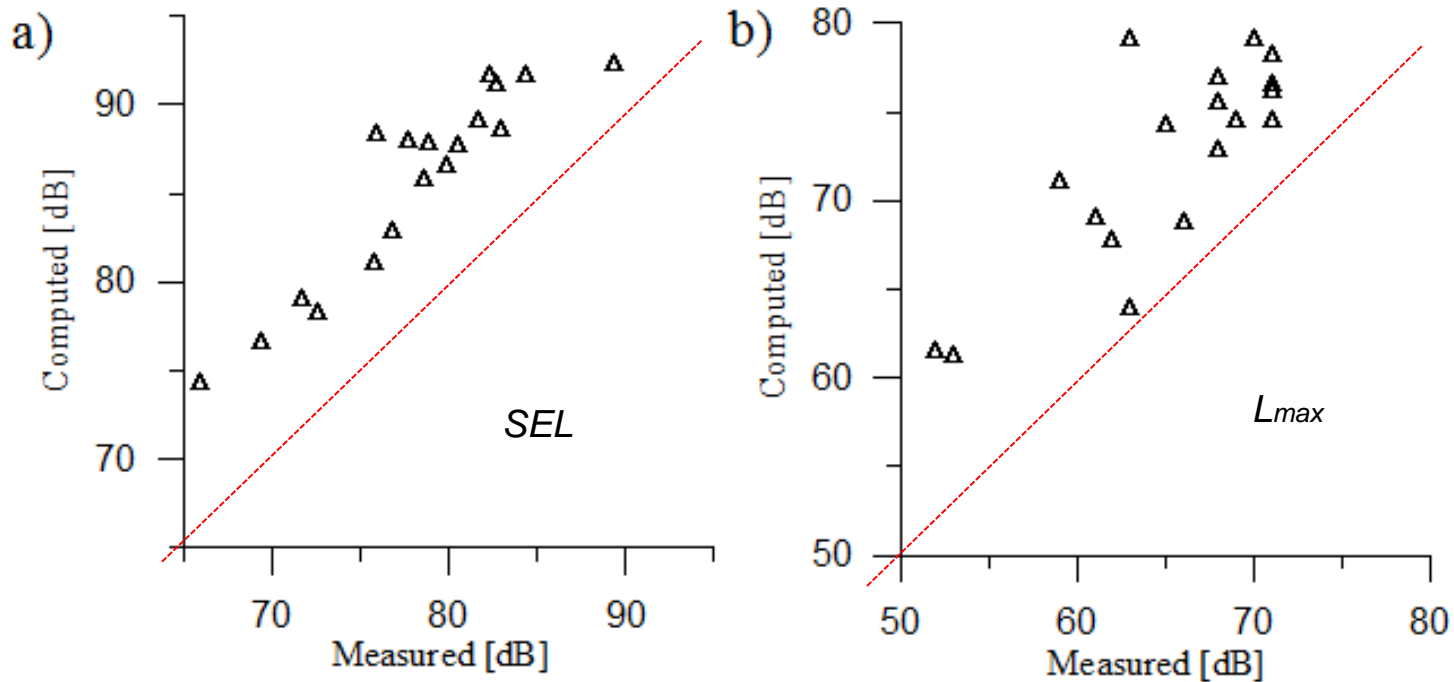


## 4a. Validazione e taratura del modello

### Livelli acustici calcolati con TR-Noise

➤ **Modello vs misure sul campo**

➤ *PM-2 (d=215 m,  $\Delta z=0$ )*



## 4a. Validazione e taratura del modello

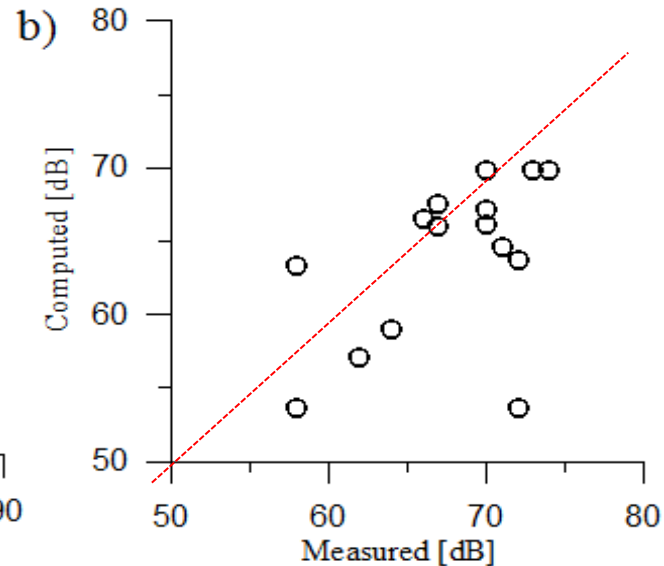
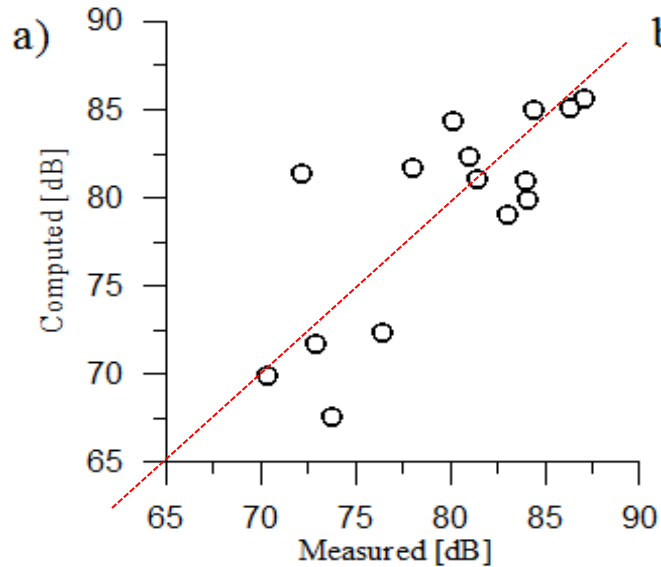
### Livelli acoustici calcolati con TR-Noise

#### ➤ Modello vs misure sul campo

➤ PM-3 ( $d=643$  m,  $\Delta z=13$ )

SEL

$L_{max}$



## 4a. Validazione e taratura del modello

*Confronto tra valori numerici e sperimentali*

	PM -1	PM-2	PM-3	PM-4
<b>Meas.</b>	101.6	81.2	82.2	75.8
<b>Comp.</b>	101.6	87.9	81.2	79.9
<i>Single Event Level medio&lt;SEL&gt;</i>				

	PM -1	PM-2	PM-3	PM-4
<b>Meas.</b>	90.8	67.5	69.9	59.1
<b>Comp.</b>	89.9	74.4	66.1	63.4
<i>Livello acustico massimo medio &lt;L<sub>max</sub>&gt;</i>				

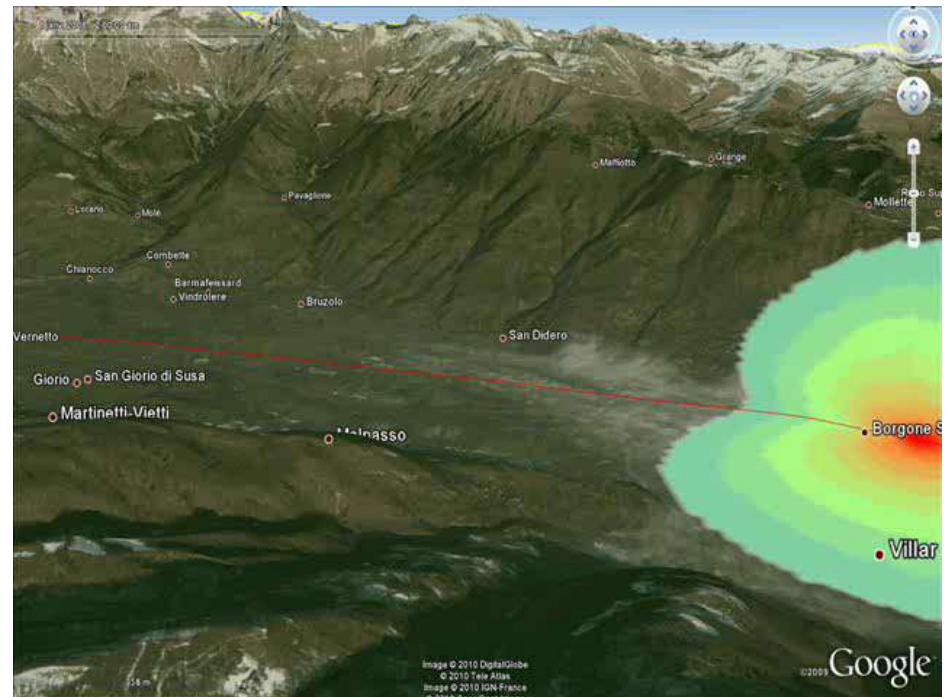


## 4b. Valutazione di uno scenario di traffico

➤ Modello di esercizio (40 milioni di tonnellate / anno)

➤ Nuova linea e linea storica

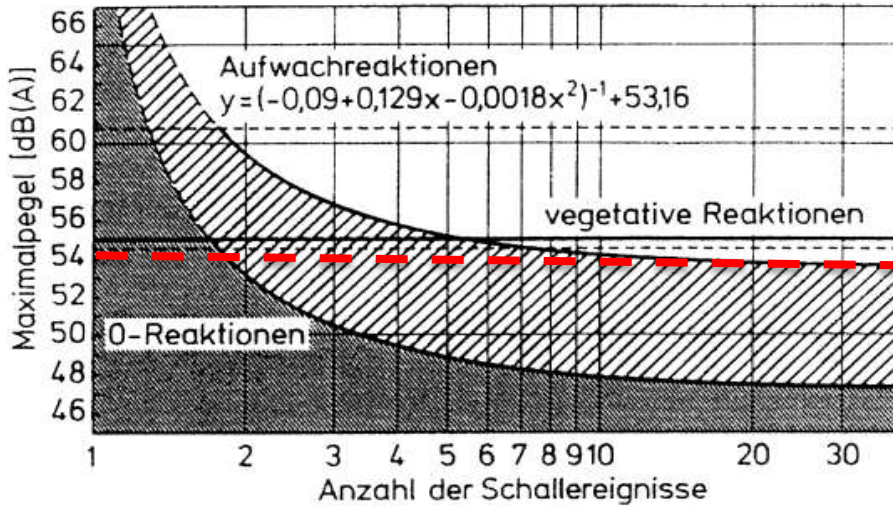
- 342 treni merci
- 76 locomotori a spinta
- 32 treni a lunga percorrenza
- 20 treni regionali



➤ frequenza transiti 4-5 minuti

## 4b. Valutazione di uno scenario di traffico

Livello Acustico massimo Lmax



Numero di eventi rumorosi **N** nella notte

- Circa 100 eventi / notte
- Livelli di picco compresi tra 75 e 80 dB(A)  
a 643m dalla linea storica e  
425m dalla nuova linea

**La zona di forte impatto acustico non puo' essere ritenuta pari a 200m per lato come in pianura**

## 5. Conclusioni

### Modello di esercizio LTF-RFI (2010)

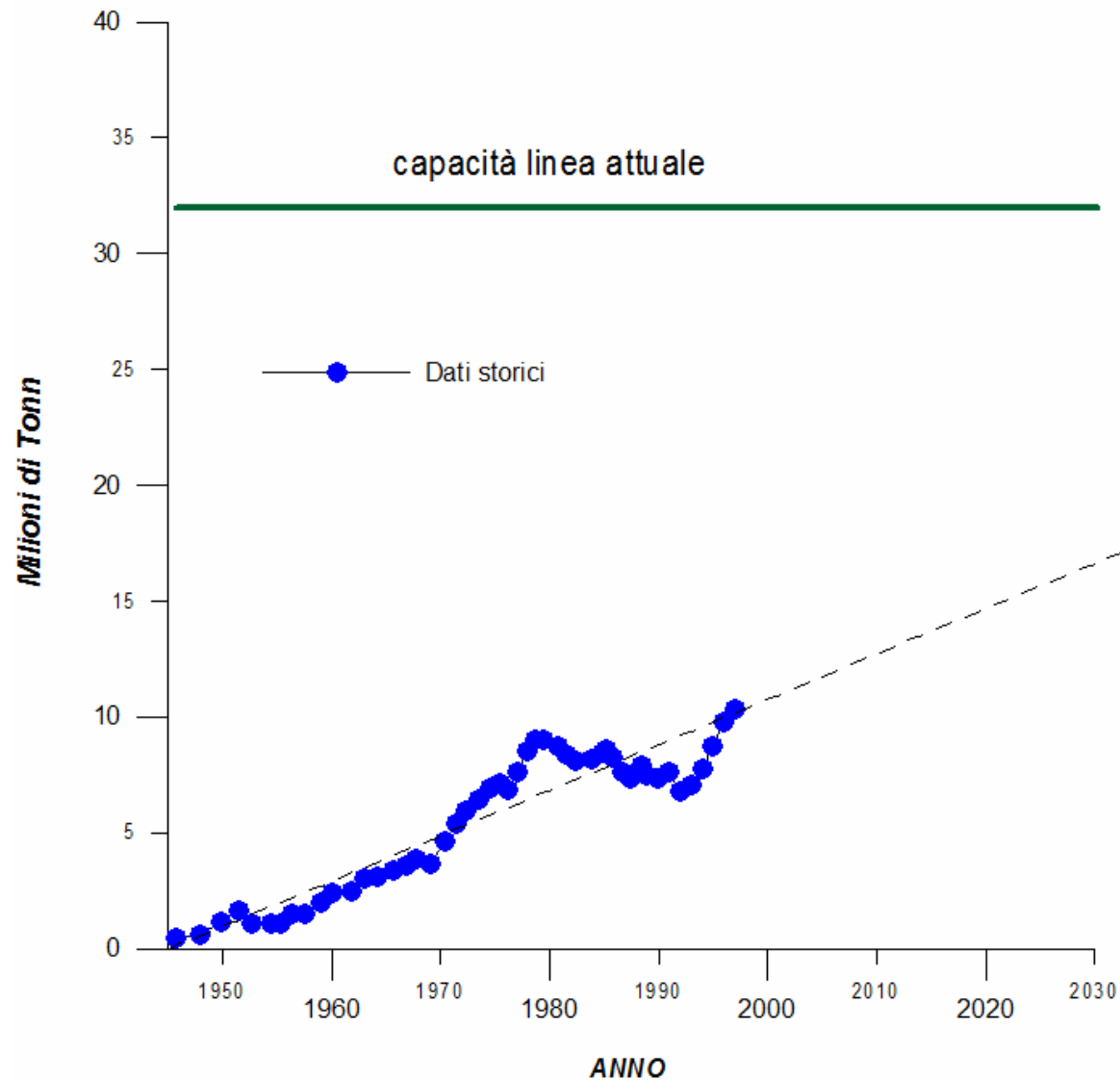
	viaggiatori	Merci su treni convenzionali	Merci su autostrada ferroviaria	Merci totali
Anno 2035	Tra 3.3 e 5.9 milioni v/a	30 milioni t/a	Tra 11 e 16 milioni t/a	Tra 41 e 46 milioni t/a
Anno 2050	Tra 5.7 e 8 milioni v/a	50 milioni t/a	23 milioni t/a	73 milioni t/a

Alto impatto ambientale della nuova linea ferroviaria Torino-Lyon

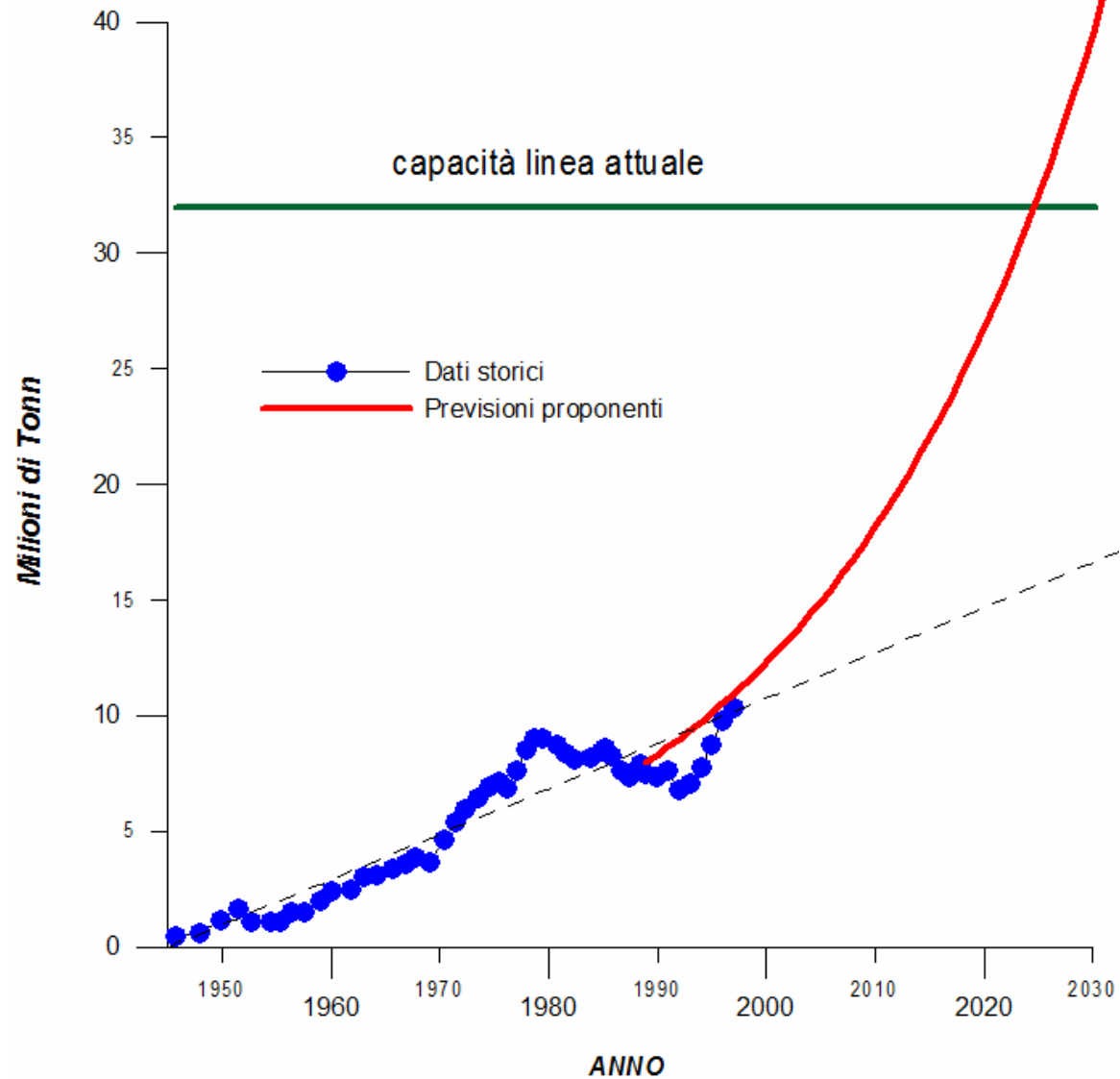
SE

si realizzassero gli scenari previsti

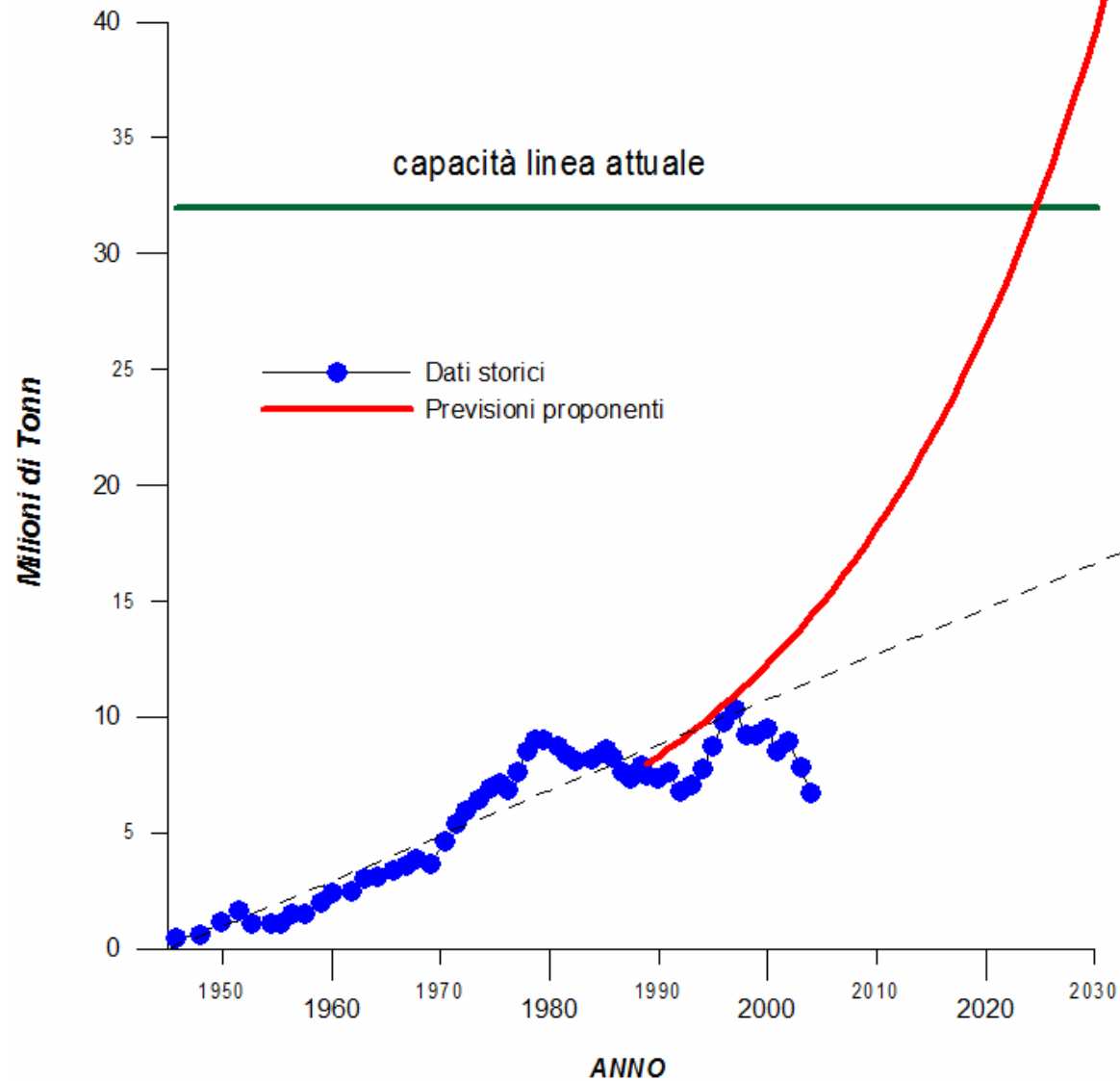
# Traforo del Frejus: Traffico merci su rotaia



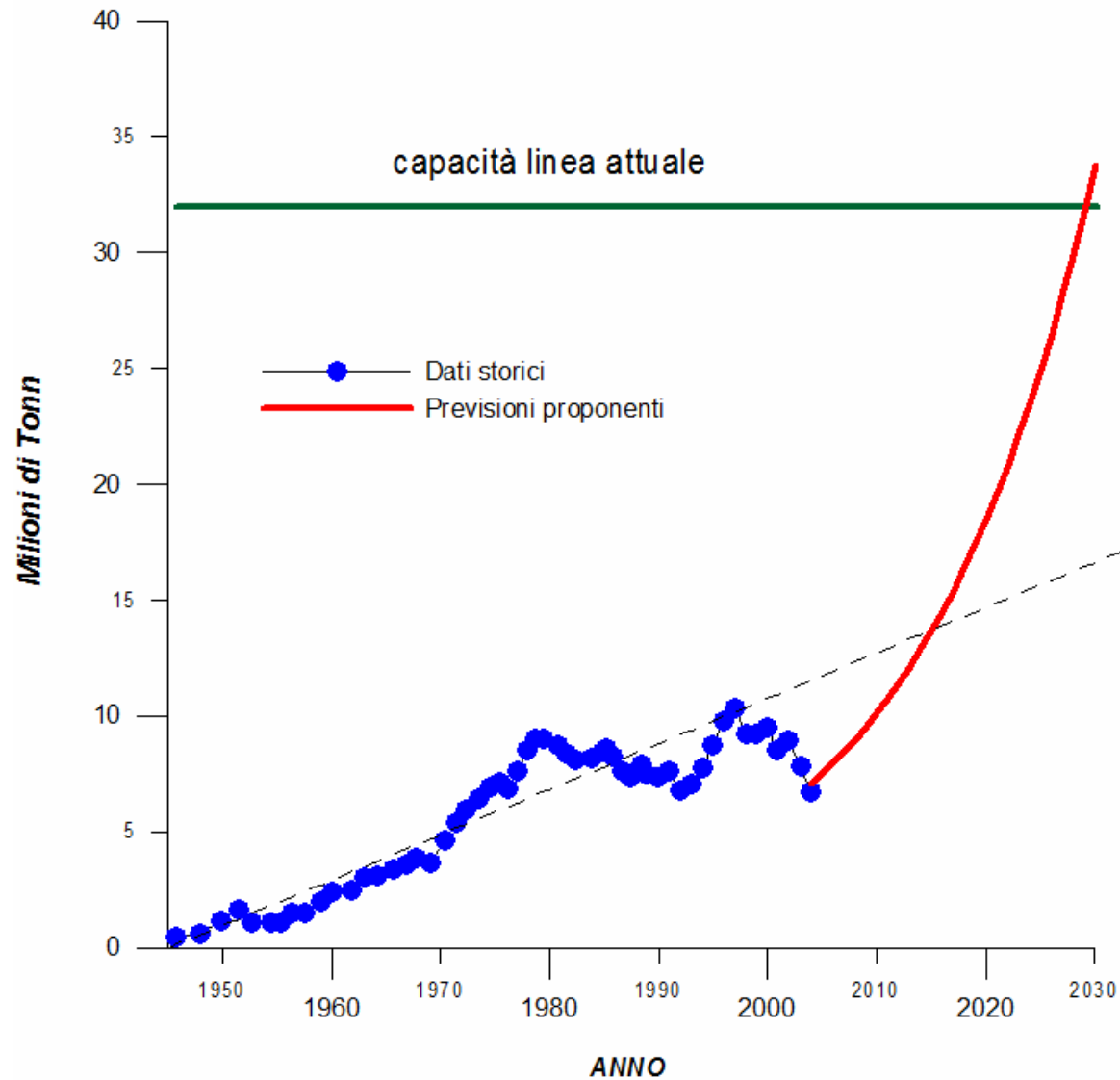
# Trafo del Frejus: Traffico merci su rotaia



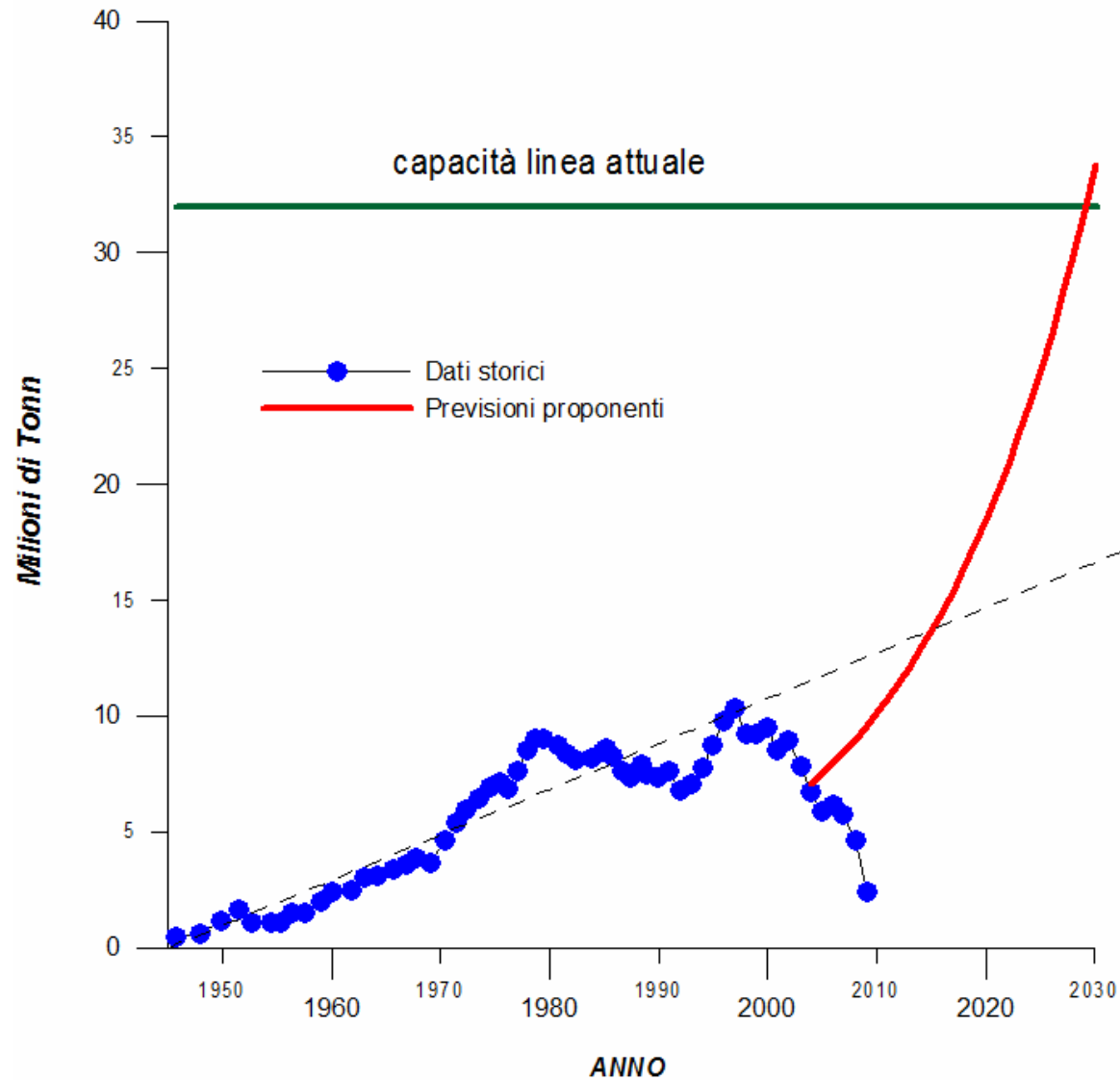
# Traforo del Frejus: Traffico merci su rotaia



# Traforo del Frejus: Traffico merci su rotaia

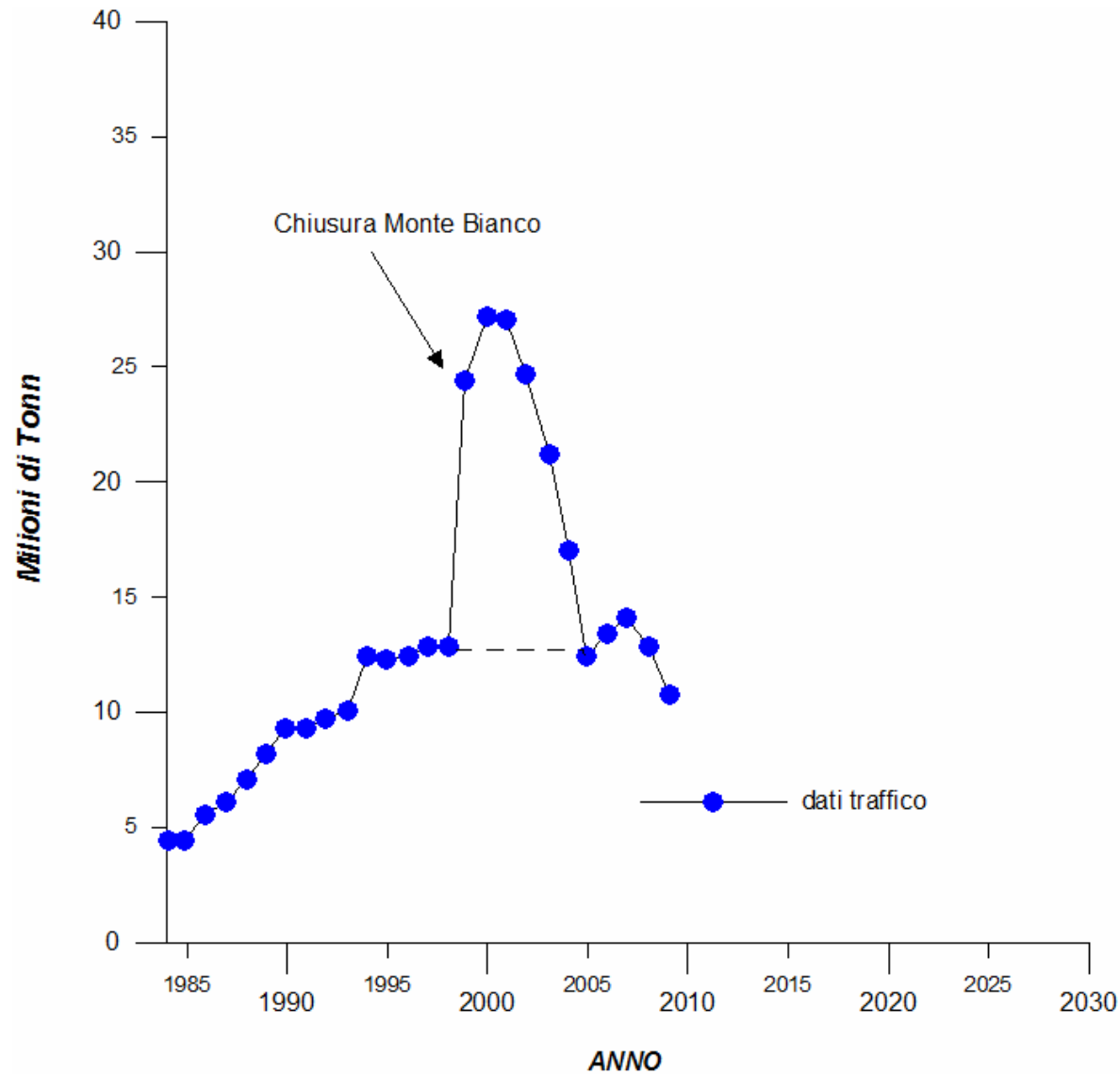


# Trafo del Frejus: Traffico merci su rotaia

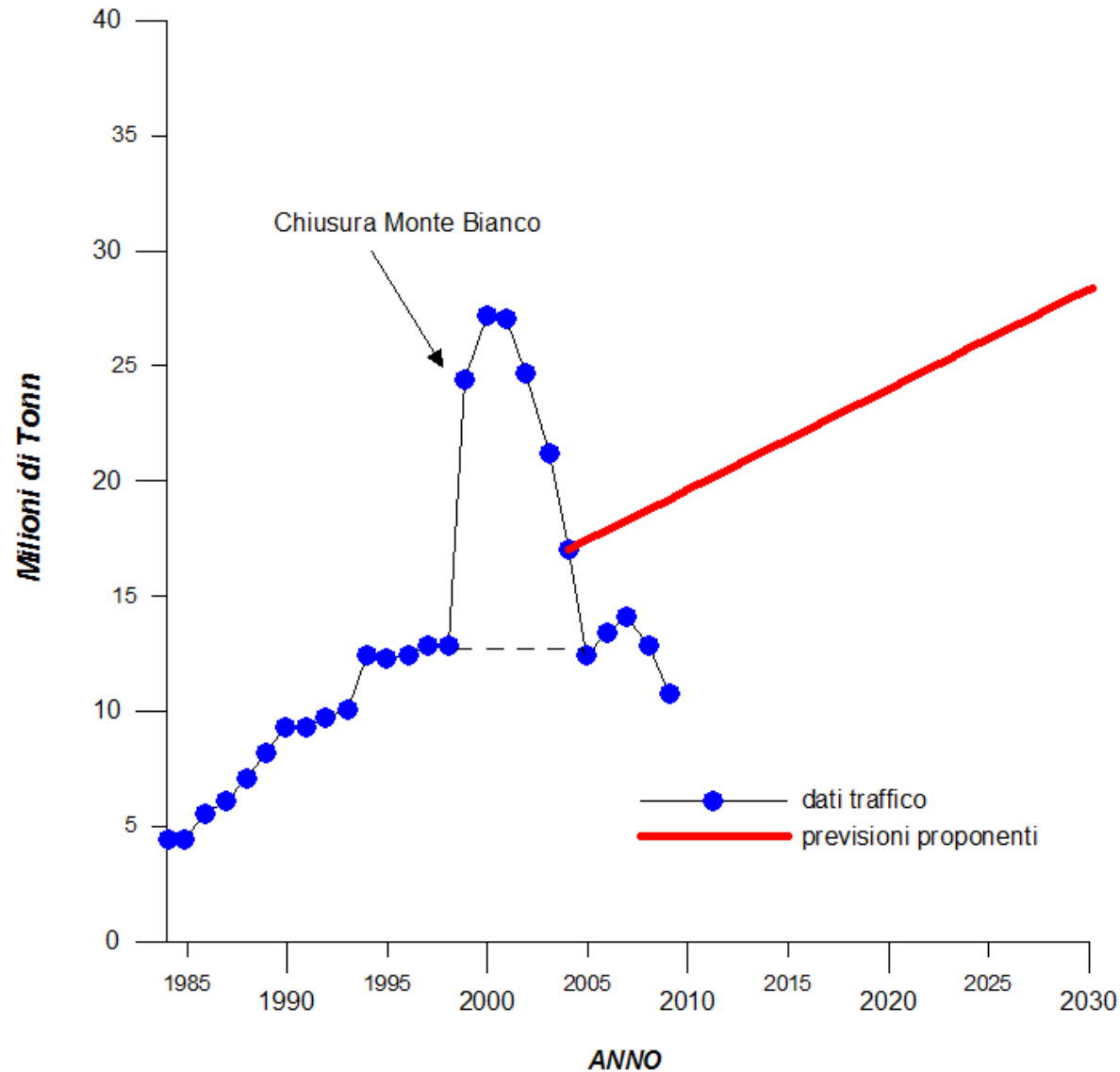




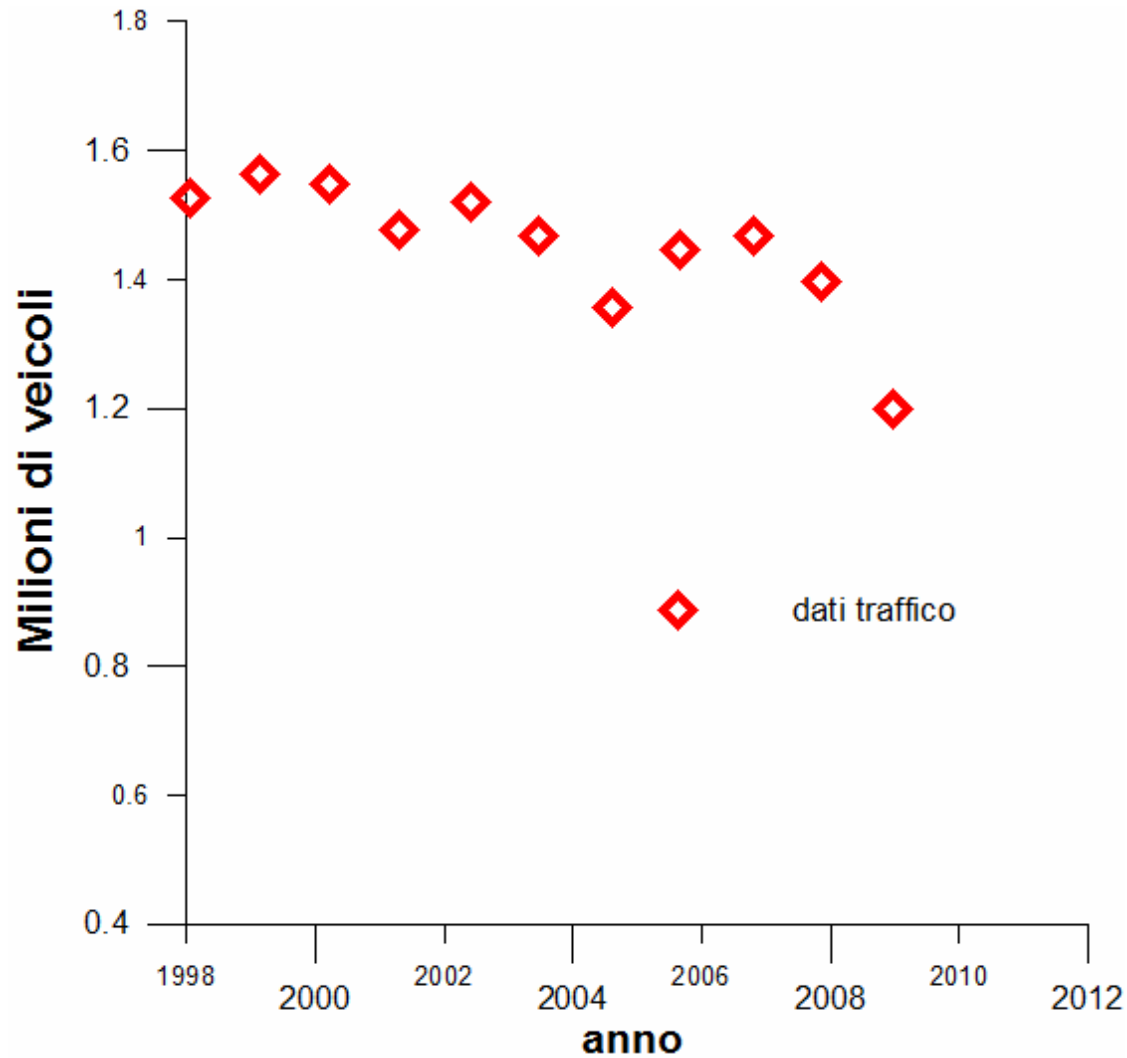
# Traforo del Frejus: Traffico merci su strada



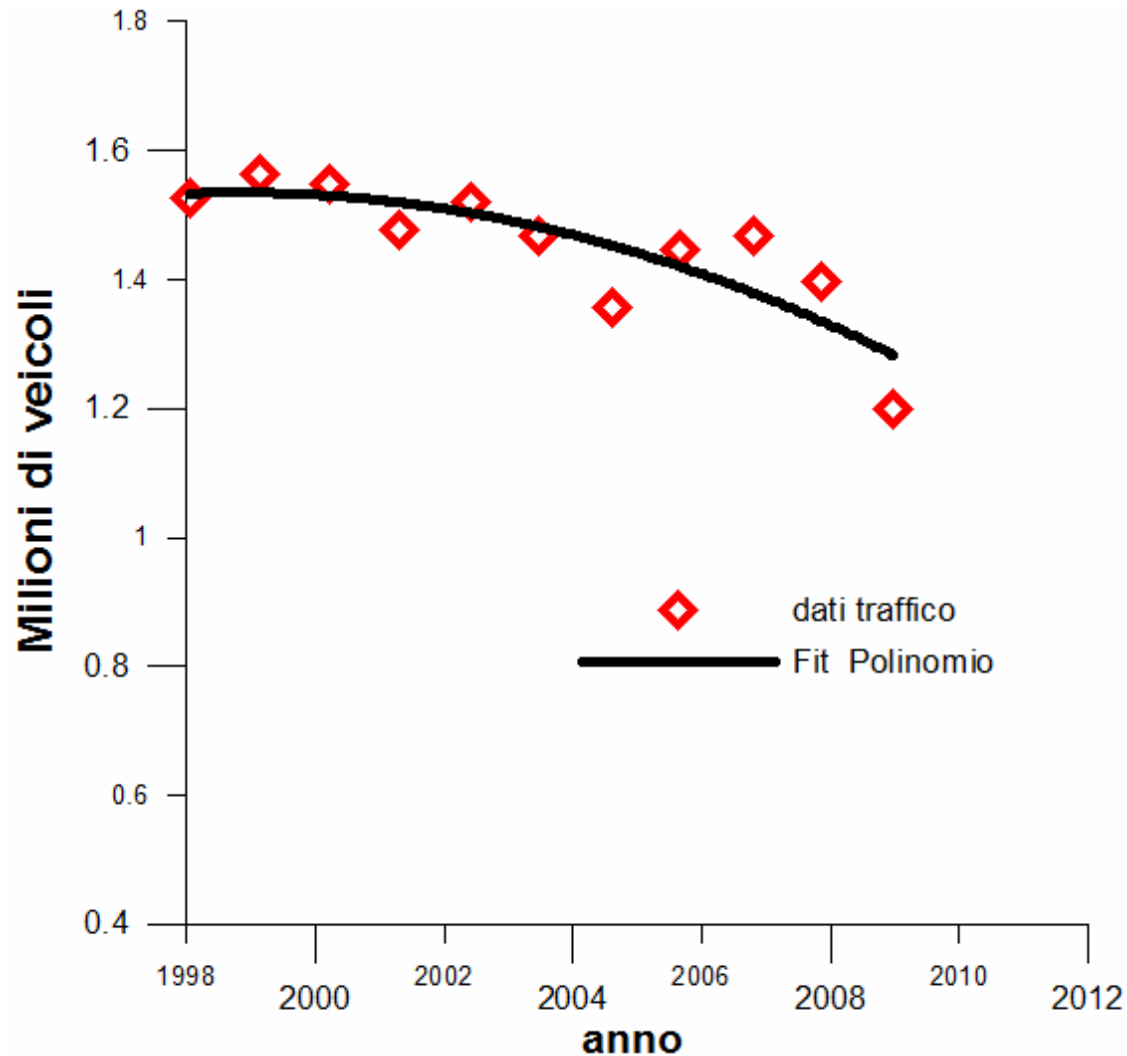
# Traforo del Frejus: Traffico merci su strada



## Trafori del Frejus e del Monte Bianco: Traffico merci su strada



## Trafori del Frejus e del Monte Bianco: Traffico merci su strada



# Costo di realizzazione della Linea AV/AC: Torino - Milano

(cifre in milioni di euro)

Previsioni di spesa	Dati Fs 2006	Stima Nuova Quasco 2010
1,074	7,788	8,300

66,4 Milioni di euro al Km

700 % del costo di una linea in Francia



Grazie per l'attenzione

## 4a. Validazione e taratura del modello

Confronto tra valori numerici e sperimentali  
Per i due ricettori più elevati

	PM -3		PM-4	
	<SEL>	<L <sub>max</sub> >	<SEL>	<L <sub>max</sub> >
<b>Meas.</b>	82.2	69.6	75.8	59.1
<b>Comp.</b>	81.2	66.1	79.9	63.4
<b>All noise events</b>				

	PM -3		PM-4	
	<SEL>	<L <sub>max</sub> >	<SEL>	<L <sub>max</sub> >
<b>Meas.</b>	83.0	70.0	76.8	60.1
<b>Comp.</b>	82.5	66.8	79.5	62.8
<b>Excluding noise events disturbed by strong wind gusts</b>				