



## L'impronta climatica nelle costruzioni. L'esperienza Italferr

### *The climate footprint in constructions. The Italferr experience*

Dott. Ing. Pietro FEDELE<sup>(\*)</sup>  
Dott. Ing. Maurizio SEVERINI<sup>(\*)</sup>

#### 1. Introduzione

La forte dipendenza dai combustibili fossili e le conseguenti emissioni di gas serra nell'atmosfera hanno spinto tutti i settori industriali ad adottare una nuova politica, finalizzata al raggiungimento di obiettivi di miglioramento ambientale, economico, sociale ed istituzionale, contribuendo a far nascere così il concetto di "sviluppo sostenibile". Anche il settore delle costruzioni è impegnato a dare il suo contributo, ancor più se si considera che è tra i processi che contribuiscono più di altri nella trasformazione dell'ambiente, consumando suolo, energia ed altre risorse naturali.

Nell'ambito delle iniziative volontarie volte a contribuire alla riduzione delle emissioni di gas serra, si è inteso sviluppare una metodologia per la misura e la rendicontazione delle emissioni di gas serra prodotte nelle attività di progettazione e costruzione delle nuove infrastrutture ferroviarie.

Rispetto al precedente articolo pubblicato su IF n. 3/201 [1] il presente illustra in dettaglio i risultati dell'applicazione della metodologia ad un progetto particolarmente importante e complesso com'è quello relativo alla realizzazione della linea ferroviaria "Fortezza – Ponte Gardena".

#### 2. La metodologia di calcolo dell'impronta climatica

La metodologia è stata sviluppata prendendo a riferimento la norma UNI ISO 14064-1:2012 [6]; questa prevede l'applicazione di criteri, riconosciuti dalla comunità scientifica, che permettono di quantificare e rendicontare i GHG ("Greenhouse Gas") in modo affidabile e condiviso a livello internazionale.

L'applicazione di questa norma porta alla predisposi-

#### 1. Introduction

*The strong dependence on fossil fuels and the resulting greenhouse gas emissions into the atmosphere have led all industry sectors to adopt a new policy, aimed at the achievement of objectives for environmental, economic, social and institutional improvement, thus helping to give birth to the concept of "sustainable development". The construction sector is also committed to giving its contribution, even more so when we consider that it is among the processes that contribute more than others to the transformation of the environment by consuming land, energy and other natural resources.*

*In the context of voluntary initiatives designed to contribute to reducing emissions of greenhouse gases, the aim was to develop a methodology for measuring and reporting greenhouse gas emissions produced in the design and construction of new railway infrastructures.*

*Compared to the previous article published on IF n. 3/201 [1] this paper illustrates in detail the results of the application of the methodology to a particularly important and complex project as is that related to the construction of the "Fortezza – Ponte Gardena" railway line.*

#### 2. The methodology for calculating the climate footprint

*The methodology was developed by taking the UNI ISO 14064-1: 2012 [6] standard as reference; this involves the application of criteria, recognised by the scientific community, that allow quantifying and reporting GHG ("Greenhouse Gas") emissions reliably and shared at international level.*

*The application of this rule leads to the creation of an "inventory" of GHG emissions (and with the same criteria, of GHG reductions) through which the climate footprint of a railway infrastructure, i.e. the amount of greenhouse gases produced as a result of the implementation of the same,*

<sup>(\*)</sup> Italferr S.p.A. - UO Sistemi Qualità, Ambiente e Sicurezza.

<sup>(\*)</sup> Italferr S.p.A. - Organisational Unit for Quality, Environment and Safety.

zione di un “inventario” delle emissioni di GHG (e, con i medesimi criteri, delle riduzioni di GHG) attraverso il quale determinare l'impronta climatica di una infrastruttura ferroviaria, ossia la quantità di gas ad effetto serra prodotta a seguito della realizzazione della stessa; sulla base di questi dati è stato anche possibile ricavare indicazioni utili per la predisposizione di un sistema di monitoraggio delle emissioni di GHG (nonché delle rimozioni) ed, a seguire, di un sistema di rendicontazione delle stesse.

La metodologia viene applicata alle condizioni normali operative (usuale, corretta manutenzione e gestione degli impianti di cantiere) per le quali è stato ritenuto ragionevole trascurare le eventuali emissioni di gas ad effetto serra diversi dalla CO<sub>2</sub> (gas frigogeni, metano, acetilene, ecc.) in quanto queste si possono occasionalmente generare solo in conseguenza di malfunzionamenti o guasti di apparecchiature

## 2.1. L'ambito di applicazione

L'ambito di applicazione della metodologia, comprende l'intera fase di realizzazione dell'infrastruttura: estrazione dei materiali da cava, produzione dei materiali, trasporti e lavorazioni sia in cantiere che presso altri stabilimenti di produzione di semilavorati, sino alla consegna finale per l'esercizio della stessa.

## 2.2. Le fasi

In ossequio ai principi della Norma di riferimento (p.to 4.3.1), la metodologia è marcata dalle seguenti 6 fasi:

- a. individuazione delle sorgenti (e degli assorbitori) (p.to 4.3.2 della Norma UNI ISO 14064-1);
  - b. criteri di quantificazione (p.to 4.3.3);
  - c. individuazione dei dati (p.to 4.3.4);
  - d. individuazione dei fattori di emissione (o di rimozione) di GHG (p.to 4.3.5);
  - e. calcolo delle emissioni di GHG (e della loro rimozione) (p.to 4.3.6);
  - f. individuazione degli inventari e successiva rendicontazione.
- a. *L'individuazione delle sorgenti*

Il primo passo per la determinazione quantitativa delle emissioni (e delle rimozioni) di CO<sub>2</sub>, consiste nella identificazione delle “sorgenti” che producono emissioni (nonché degli “assorbitori” che neutralizzano le emissioni)<sup>(1)</sup> comprese nel perimetro di applicazione della metodologia. A queste sorgenti (ed a questi

*is determined; on the basis of these data it was also possible to obtain useful information for establishing a GHG emissions (and removal) monitoring system and, subsequently, a reporting system of the same.*

*The methodology is applied to normal operating conditions (usual, proper maintenance and management of construction works) for which it was deemed reasonable to disregard any greenhouse gas emissions other than CO<sub>2</sub> (refrigerant gases, methane gas, acetylene, etc.) because these can occasionally be generated only as a result of malfunctions or equipment faults.*

## 2.1. Area of application

*The area of application of the methodology, includes the entire infrastructure construction phase: extraction of quarry materials, production of materials, transport and processing both on site and at other establishments for the production of semi-finished products, until the final delivery for the operation thereof.*

## 2.2. Phases

*In accordance with the principles of the Reference Standard (point 4.3.1), the methodology is marked by the following 6 phases:*

- a. *identification of sources (and absorbers) (point 4.3.2 of UNI ISO 14064-1 Standard);*
- b. *quantification criteria (point 4.3.3);*
- c. *data identification (point 4.3.4);*
- d. *identification of emission (or removal) factors of GHG emissions (point 4.3.5);*
- e. *calculation of GHG emissions (and their removal) (point 4.3.6);*
- f. *inventories identification and subsequent reporting.*

### a. Identification of sources

*The first step for the quantitative determination of emissions (and removal) of CO<sub>2</sub>, consists in identifying the “sources” that produce emissions (as well as “absorbers” that neutralise emissions)<sup>(1)</sup> included in the scope of application of the methodology. These sources (and these absorbers) are associated with emissions divided into the following categories:*

*cat. 1: emissions arising from the production of building materials and prefabricated components:*

- *sources: machinery and installations used for the manufacture of materials at production sites (factory, quarry, etc.);*

<sup>(1)</sup> “Sorgente” (o “assorbitore”) di GHG: “unità fisica” o il “processo” che rilascia (o rimuove) GHG in atmosfera.

<sup>(1)</sup> “Source” (or “absorber”) of GHG emissions: “physical unit” or “process” that releases (or removes) GHG emissions into the atmosphere.

assorbitori) vengono associate le emissioni suddivise nelle seguenti categorie:

*cat. 1:* emissioni originate dalla produzione dei materiali da costruzione e dei prefabbricati:

- *sorgenti:* macchinari e impianti utilizzati per la realizzazione dei materiali presso i siti di produzione (fabbrica, cava, ecc.);

*cat. 2:* emissioni originate dal trasporto dei materiali, di cui alla cat. 2:

- *sorgenti:* mezzi per il trasporto dei materiali dai siti produttivi fino al cantiere (autocarri, locomotori, ecc.);

*cat. 3:* emissioni originate dalle lavorazioni svolte in cantiere:

- *sorgenti:* macchinari, impianti e mezzi d'opera utilizzati in cantiere per le lavorazioni e la costruzione della infrastruttura;

*cat. 4:* rimozioni per l'introduzione in progetto di opere a verde:

- *assorbitori:* nuovi filari o appezzamenti arboreo-arbustivi previsti negli interventi di riambientalizzazione e sistemazione a verde.

A queste quattro categorie che classificano le emissioni (rimozioni), se ne aggiunge una quinta:

*cat. 5:* emissioni di CO<sub>2</sub> evitate:

- emissioni che per effetto di installazioni di impianti che utilizzano energia prodotta da fonti rinnovabili, se previsti in progetto, non vengono nemmeno generate (fig. 1).

*b. Il criterio utilizzato per la quantificazione*

In questa seconda fase della metodologia, in aderenza al dettato della norma UNI ISO 14064-1:2012 (p.to 4.3.3) ed al fine di minimizzare ragionevolmente l'incertezza della misura<sup>(2)</sup>, e favorire risultati accurati, coerenti e riproducibili, è previsto l'utilizzo del seguente calcolo:

EMISSIONI (RIMOZIONI) = di CO <sub>2</sub>	quantità relativa a ciascuna "fonte di emissione" (rimozione)	Fattore di X emissione (rimozione)
--	---	--

Diviene pertanto necessario determinare le "fonti di emissione" (o di rimozione) attribuibili a ciascuna sorgente (o assorbitore) di CO<sub>2</sub>.

<sup>(2)</sup> L'incertezza caratterizza la dispersione dei valori misurati nell'intorno del dato che viene quantificato.

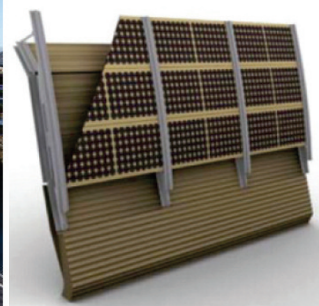


Fig. 1 - Esempi di utilizzo dei pannelli solari (su pensilina e su barriera anti-rumore).

Fig. 1 - Examples of the use of solar panels (on roof and noise barrier).

*cat. 2:* emissions arising from the transportation of materials, referred to in cat 2:

- *sources:* means for transporting materials from production sites to the building site (trucks, locomotives, etc.);

*cat. 3:* emissions originating from processing in the construction site:

- *sources:* machinery, systems and work means used at the building site for machining operations and construction of the infrastructure;

*cat. 4:* removal for the introduction of green works in the project:

- *absorbers:* new rows or arboreal and shrub-like plots in of re-environmentalisation and re-greening;

To these four categories that classify emissions (removals), a fifth must be added:

*cat. 5:* CO<sub>2</sub> emissions avoided:

- *emissions that are not even generated as a result of the installation of facilities that use renewable energy, if provided for in the project, (fig. 1).*

*b. Criterion used for quantification*

*In this second phase of the methodology, in accordance with the rules and regulations of UNI ISO 14064-1: 2012 standard (point 4.3.3) and in order to reasonably minimise the uncertainty of the measure<sup>(2)</sup>, and facilitate accurate, consistent and reproducible results, the use of the following calculation is provided:*

CO <sub>2</sub> EMISSION (REMOVALS)	amount relevant to each "source of emission" (removal)	Emission (removal) X factor
---	--	--------------------------------------

*It is therefore necessary to determine the "emission sources" (or removal) attributable to each source (or absorber) of CO<sub>2</sub>.*

<sup>(2)</sup> Uncertainty characterises the dispersion of values measured around the quantified data.

Queste fonti sono:

- l'energia elettrica utilizzata per il funzionamento delle attrezzature, degli impianti e dei macchinari necessari per l'esecuzione delle attività operative;
- i combustibili necessari per i mezzi di trasporto, di produzione dei materiali e per lo svolgimento delle attività di cantiere;
- l'energia (elettrica e/o termica) necessaria per il ciclo produttivo dei materiali da costruzione;
- (le piantumazioni previste negli interventi di mitigazione ambientale).

## c. L'individuazione dei dati

La terza fase di applicazione della metodologia è quella che consente l'individuazione di tutti i dati necessari per determinare il calcolo di tutte le emissioni (rimozioni).

In primo luogo, i dati sono quelli desumibili dal "Computo Metrico Estimativo" di progetto, ossia dal documento attraverso il quale si determina il costo dell'opera. Ciascuna delle quantità corrispondenti alle voci di tariffa desunte dai Computi Metrici permette la quantificazione delle fonti di emissione (e rimozione) attribuibili a ciascuna sorgente (o assorbitore) di CO<sub>2</sub>.

I dati relativi ad altre attività che producono emissioni, invece, sono rilevati utilizzando fonti riconosciute a livello internazionale e/o da analisi dirette che derivano dall'esperienza maturata in moltissimi anni di attività della Società.

## d. L'individuazione dei fattori di emissione (rimozione)

In questa fase è prevista l'individuazione dei "fattori di emissione" ("fattori di rimozione").

Tali fattori, desunti da fonti ufficiali, presentano le seguenti caratteristiche:

- sono appropriati alla fonte di emissione (rimozione), ossia viene individuato il fattore di emissione maggiormente attinente e rappresentativo della fonte in esame;
- sono validi al momento della quantificazione; ossia la scelta del fattore di emissione è stata effettuata in base a dati bibliografici aggiornati. Ogni anno, la comunità scientifica provvede all'aggiornamento delle pubblicazioni in modo da tener conto dell'evolversi delle tecnologie produttive e degli scenari di produzione dell'energia.

## e. Il calcolo delle emissioni di GHG

La metodologia si completa infine attraverso il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> (e della loro rimozione) utilizzando la somma algebrica dei singoli contributi relativi sia alle lavorazioni elencate nelle voci di tariffa che compongono il Computo Metrico, sia alle restanti voci relative ad altre attività che generano emissioni; allo scopo si applica il seguente algoritmo:

$$\sum_{i=1}^n Q_i * FE_i$$

These sources are:

- electricity used to operate equipment, installations and machinery needed for the implementation of operational activities;
- required fuels for transportation vehicles, materials production means and building site construction activities;
- energy (thermal and/or electric) necessary for the production cycle of building materials;
- (tree planting laid down in environmental mitigation measures).

## c. Data identification

The third phase of implementation of the methodology is that which allows to easily identify all the data necessary to determine the calculation of all emissions (removals).

To start with, the data are those inferred from the "Estimated Metric Computation" of the project, namely the document with which the cost of the work is determined. Each amount corresponding to the tariff items taken from Metric Calculations allows the quantification of emission sources (and removal) attributable to each CO<sub>2</sub> source (or absorber).

Data relating to other activities that produce emissions, however, are detected by using internationally recognised sources and/or by direct analyses deriving from the experience gained in many years of activity of the Company.

## d. Identification of emission factors (removal)

At this stage there is the identification of "emission factors" ("removal factors").

These factors, taken from official sources, have the following characteristics:

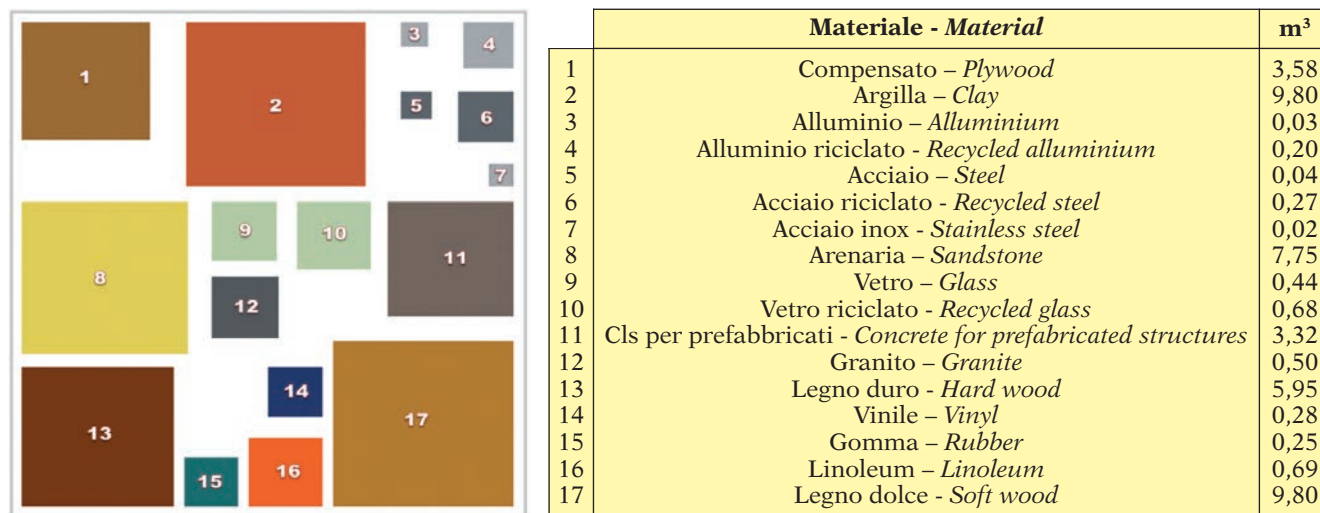
- they are appropriate to the source of emission (removal), i.e. the emission factor more relevant and representative of the source in question is identified;
- they are valid upon quantification; that is the choice of the emission factor was made based on updated bibliographic data. Each year, the scientific community sees to the updating of the publications in order to take account of the evolution of energy production technology and production scenarios.

## e. Calculation of GHG emissions

The methodology is finally completed by calculating CO<sub>2</sub> emissions (and their removal) using the algebraic sum of the individual contributions relating both to the machining operations listed in the tariff entries composing the Metric Computation and the remaining entries relating to other activities that generate emissions; the following algorithm is applied for the purpose:

$$\sum_{i=1}^n Q_i * FE_i$$



Fig. 2 - Documento “In the Scale of Carbon”<sup>(3)</sup> [3].Fig. 2 - Document “In the Scale of Carbon”<sup>(3)</sup> [3].

dove:

$i$  = perimetro di applicazione della metodologia;

$Q_i$  = quantità di energia o materiale attribuita alla specifica fonte di emissione (o rimozione) (*kwh di energia elettrica, t di acciaio, m² di superficie dedicata a piantumazioni, ecc.*);

$FE_i$  = fattore di emissione (o rimozione) associato alla specifica fonte di emissione (o rimozione) (*es. tCO<sub>2</sub> per l di carburante, ecc.*).

f. *L'Inventario e la rendicontazione delle emissioni (e delle rimozioni) della CO<sub>2</sub>*

Terminato il calcolo delle emissioni (e delle rimozioni), si passa ad elaborare l'Inventario della CO<sub>2</sub>, che rappresenta la raccolta organizzata dei dati relativi alle sorgenti (assorbitori) di CO<sub>2</sub> e delle relative emissioni (rimozioni). Questo inventario svolge la funzione di “cruscotto di dati” che tiene sotto controllo le emissioni (rimozioni) della CO<sub>2</sub> prodotte dalla infrastruttura oggetto di valutazione.

Al fine di rispondere alle possibili esigenze di più “utilizzatori” (comunità locali, regioni, società del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane, altro), l'Inventario è articola-

where:

$i$ : = area of application of the methodology;

$Q_i$ : = amount of energy or material attributed to the specific emission (or removal) source (*kwh of electricity, tons of steel, m² of surface dedicated to greening, etc.*);

$FE_i$  = emission (or removal) factor associated with the specific emission source (or removal) (*e.g. tCO<sub>2</sub> per t of material, tCO<sub>2</sub> per l of fuel, etc.*)

f. Inventory and reporting of CO<sub>2</sub> emissions (and removals)

After the calculation of emissions (and removals), we move on to developing the CO<sub>2</sub> Inventory, which represents the organised collection of data on the sources (absorbers) of CO<sub>2</sub> emissions (removals). This inventory acts as a “data dashboard” that monitors CO<sub>2</sub> emissions (removals) produced by the infrastructure under examination.

In order to meet the possible needs of multiple “users” (local communities, regions, companies of Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane, other), the Inventory is divided in several ways, such as to give priority to the categories of

<sup>(3)</sup> L'intuizione del dottor CRAIG JONES, il manifesto (fig. 2), rende facilmente visibile l'estrema variabilità della misura del fattore di emissione relativa ai vari materiali: maggiore è la dimensione del quadrato, maggiore è il volume di materiale che può essere prodotto per la stessa quantità di emissioni di carbonio (1t) e, quindi, più sostenibile è il materiale giudicato da questo criterio.

Esso rappresenta la quantità di carbonio prodotto durante la produzione dei materiali ed è essenzialmente l'impronta di carbonio per la produzione di un materiale. Proviene principalmente dal consumo di energia e di solito comprende le emissioni dalla “culla al cancello”, dove per “culla” si intende l'estrazione di materiali e tutte le attività fino al prodotto finito.

<sup>(3)</sup> Intuition of Dr. CRAIG JONES, the manifest (fig. 2), makes it easy to see the extreme variability of the measurement of the emission factor for various materials: the greater the size of the square, the greater the volume of material that can be manufactured for the same amount of carbon emissions (1t), and thus the more sustainable is the material judged by this criterion.

It represents the amount of carbon produced during the production of materials and is essentially the carbon footprint for the production of a material. It comes primarily from energy consumption and usually includes emissions from “the cradle to the gate” where “cradle” means the extraction of materials and all activities up to the finished product.

lato in diversi modi, quale, ad esempio, dando priorità alle categorie di sorgenti (o di assorbitori) o dando priorità al luogo di produzione delle emissioni (o delle rimozioni), ossia separando quelle prodotte dalle lavorazioni svolte presso il cantiere di costruzione dell'opera rispetto a quelle prodotte in luoghi diversi (negli stabilimenti, nelle cave, nelle cementerie, altro).

### 3. Il sistema di gestione applicato alla metodologia

Al fine di assicurare, nello svolgimento del calcolo delle emissioni, un corretto utilizzo dei dati, delle informazioni e delle registrazioni in modo da garantire l'affidabilità e riproducibilità nel tempo, Italferr utilizza il sistema di gestione conforme ai requisiti della UNI ISO 14064-1. Questa norma prevede l'applicazione di un Sistema di Gestione simile a quello previsto dal sistema di gestione ambientale che si rifà alla norma UNI EN ISO 14001 [5].

I principali temi da affrontare organicamente sono quelli relativi: alla richiesta di procedure legate ad aspetti di natura organizzativa, all'identificazione del campo di applicazione, all'individuazione degli aspetti legati alla competenza del personale, alla gestione delle registrazioni, al controllo dei documenti, alle verifiche ispettive e, per finire, al riesame della Direzione dell'azienda. I punti di attenzione previsti dal sistema sono:

- la manutenzione dei dati alla base della metodologia;
- la conservazione dei documenti e delle registrazioni;
- l'identificazione e trattamento di eventuali errori o omissioni;
- la competenza e formazione;
- i riesami;
- la gestione delle non-conformità (NC) e delle azioni preventive e correttive (APC).

La documentazione prevista dalla metodologia si divide in quattro famiglie:

1. *documenti societari del Sistema di Gestione Integrato (SGI)*: manuale del SGI, procedure gestione documentazione, formazione, audit, NC e APC, ecc.;
2. *documenti societari per la CO<sub>2</sub>*: specifiche tecniche per descrivere la metodologia, per individuare i fattori di emissione, ecc.;
3. *documenti di origine esterna*: norme legislative e tecniche, fonti da cui sono stati attinti i Fattori di emissione (rimozione);
4. *documenti di progetto*: piani di progettazione, elaborati progettuali, standard di progetto, ecc..

### 4. L'applicazione della metodologia ad un progetto

La metodologia è stata applicata alla realizzazione dell'infrastruttura, fino alla messa in servizio ed alla consegna ad RFI (Rete Ferroviaria Italiana) della linea ferroviaria

*sources (or absorbers) or giving priority to the production place of emissions (or removals), i.e. separating those produced from processing at the construction site compared to those produced in different places (in establishments, in quarries, in cement factories, etc.).*

### 3. Management system applied to the methodology

*In the course of the calculation of emissions, in order to ensure the proper use of data, information and records so as to guarantee reliability and reproducibility over time, Italferr uses a management system that meets the requirements of standard UNI ISO 14064-1. This standard involves the application of a Management System similar to that provided by the environmental management system that conforms to the UNI EN ISO 14001 standard [5].*

*The main topics to be addressed are those related to: the request of procedures related to organisational aspects, to the identification of the application field, the identification of aspects related to the expertise of staff, the management of recordings, documents control, inspections and, finally, the review of company Management. Attention points provided for by the system are:*

- *maintenance of the data underlying the methodology;*
- *storage of documents and records;*
- *identification and processing of any errors or omissions;*
- *competence and training;*
- *reviews;*
- *management of non-compliances (NC) and preventive and corrective actions (PCAs).*

*The documentation provided for by the methodology is divided into four families:*

1. *corporate documents of the SGI: SGI Manual, documentation management procedures, training, audits, NC and PCAs, etc.;*
2. *company documents for CO<sub>2</sub>: technical specifications to describe the methodology, to identify emission factors, etc.;*
3. *documents of external origin: legislative and technical standards, sources from which emission (removal) factors were drawn;*
4. *project documents: design plans, project documentation, design standards, etc.*

### 4. Application of the methodology to a project

*The methodology was applied to the construction of the infrastructure, up to commissioning and delivery to RFI (Rete Ferroviaria Italiana) of the railway line to the following Project: "Munich Verona railway axis - South Access to the Brenner Base Tunnel; Quadrupling of the Fortezza -*



Caratteristiche tecniche <i>Technical characteristics</i>	Binari Pari / Dispari linea Alta Capacità <i>Up / Down tracks High Capacity Line</i>
Pendenza massima <i>Maximum slope</i>	12.5 ‰ - 12.5 ‰
Velocità di tracciato <i>Route speed</i>	225 km/h
Raggio minimo planimetrico <i>Minimum planimetric radius</i>	2.500 m
Raggio minimo altimetrico <i>Minimum altimetric radius</i>	14.000 m
Sviluppo della linea <i>Development of the line</i>	22,5 km
Sviluppo totale Gallerie Naturali <i>Total development of Natural Galleries</i>	55,4 km
Viadotto (Ponte sul fiume Isarco) <i>Viaduct (Bridge over the Isarco River)</i>	220.90m (binario pari - up track); 250.76m (binario dispari - down track)

Fig. 3 - Planimetria e elenco principali caratteristiche tecniche dell'intervento.

Fig. 3 - Plan and list of the main technical characteristics of the project.

ria al seguente Progetto: “Asse Ferroviario Monaco Verona - Accesso Sud alla Galleria di Base del Brennero; Quadruplicamento della Linea Fortezza – Verona; Progetto Definitivo del Lotto 1 “Fortezza – Ponte Gardena” (fig. 3).

## 5. Gli interventi previsti nel progetto

Il progetto comprende le seguenti opere principali:

### a. Le opere in sotterraneo

Lo sviluppo complessivo di tutte le opere sotterranee, contando anche i cunicoli trasversali di collegamento e le altre opere funzionali al sistema (locali tecnici) è di ca. 62 km. Dei circa 22,5 km di lunghezza della tratta, circa 21,7 km si sviluppano in sotterraneo mediante due gallerie naturali denominate Scaleres e Gardena.

- GN01 - Galleria di linea Scaleres, a doppia canna a singolo binario, di ca. 15,4 km per ciascuna canna, con i relativi portali e gallerie artificiali.
- GN02 - Galleria di linea Gardena, a doppia canna a singolo binario, di ca. 6,3 km per il B.P. e 5,8 km per il B.D. con i relativi portali e gallerie artificiali.

Sono previste delle finestre con funzioni di attacchi intermedi per la costruzione delle opere, mentre in fase di esercizio svolgono le funzioni di manutenzione e soccorso. Altre gallerie sono previste per le interconnessioni della linea ferroviaria alle linee cosiddette tradizionali.

Gli ammassi rocciosi relativi alle gallerie Scaleres e Gardena appaiono dotati generalmente di buone caratteristiche geotecniche, sebbene siano presenti zone di faglia, con distribuzione sia dispersa che concentrata in alcune tratte, che impongono l'uso di particolari accorgimenti per il superamento delle stesse con le Tunnel Boring Machine (TBM).

Per le due gallerie principali e per le gallerie di inter-

Verona line; Final Project of Lot 1 Fortezza – Ponte Gardena” (fig. 3).

## 5. Interventions provided for in the project

The project includes the following major works:

### a. Underground works

The overall development of all underground works, also counting the transverse connecting tunnels and other functional system works (technical facilities) is approx. 62 km. Of the approximately 22.5 km long route, about 21.7 km develop underground through two natural galleries named Scaleres and Gardena.

- GN01 - Gallery of the Scaleres line, double-hole and single-track, of approx. 15.4 km for each hole, with related portals and artificial tunnels.
- GN02 - Gardena line gallery, double-hole and single-track, of approx. 6.3 km for the up line and 5.8 km for the down line with related portals and artificial tunnels.

Access tunnels (windows) are provided with the function of intermediate connection for the construction of the works, while during operation they perform maintenance and rescue functions. Other galleries are planned for the interconnections of the railway line to the so-called traditional lines.

The rocky masses related to the Scaleres and Gardena galleries appear with generally good geotechnical characteristics, although there are fault zones with both dispersed and concentrated distribution on some routes, which require the use of special measures to overcome the same with the Tunnel Boring Machine (TBM).

For the two main tunnels and for interconnecting tunnels the application of traditional and mechanical excavation systems is planned according to the distribution de-



connessione si prevede l'applicazione di sistemi di scavo in tradizionale e meccanizzato secondo la distribuzione di seguito definita per ciascuna galleria e schematicamente rappresentato nella fig. 4.

Tipologie di scavo:

- *scavo tradizionale*: è prevista l'adozione dello scavo a piena sezione, mediante esplosivo o martellone o escavatore o fresa puntuale, in funzione delle caratteristiche geotecniche degli ammassi attraversati e del loro comportamento allo scavo.
- *scavo meccanizzato*: impiego di TBM monoscudate adatte per lo scavo in ammassi rocciosi, con contrasto sul rivestimento definitivo costituito da anelli in conci prefabbricati con guarnizioni perimetrali di tenuta idraulica (fig. 5).

L'utilizzo dello scavo tradizionale è pari al 60% circa e dello scavo meccanizzato al 40%, come da fig. 6.

b. Il Viadotto sul Fiume Isarco (figg. 7 e 8).

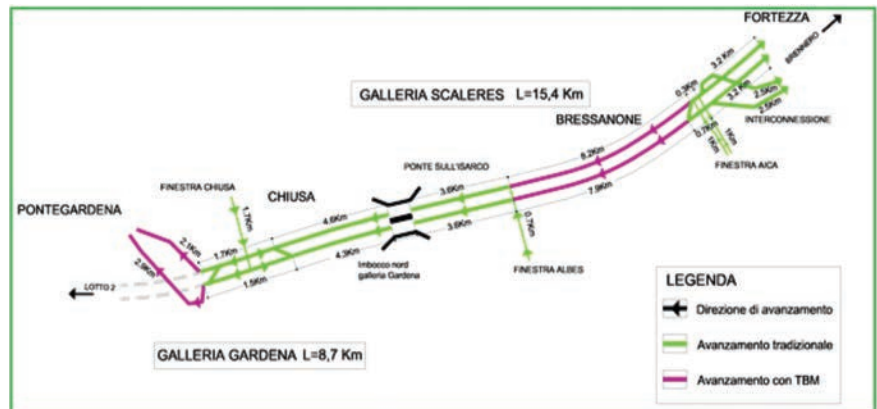


Fig. 4 - Schematico modalità di scavo gallerie naturali.

Fig. 4 - Natural tunnels excavation mode diagram.

finied below for each gallery and represented schematically in fig. 4.

Excavation types:

- *traditional excavation*: the adoption of a full section excavation is planned by means of explosive or hummer drill or excavator or point cutter, according to the geot-



Fig. 5 - Gallerie: rivestimento previsto con lo scavo meccanizzato.

Fig. 5 - Galleries: covering provided with mechanised excavation.



Fig. 6 - Ripartizione tra scavo tradizionale e scavo meccanizzato.

Fig. 6 - Split between conventional excavation and mechanised excavation.

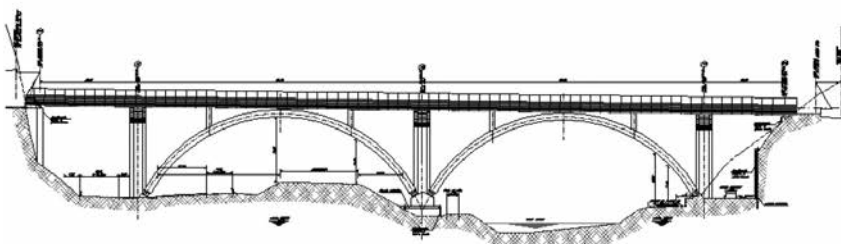
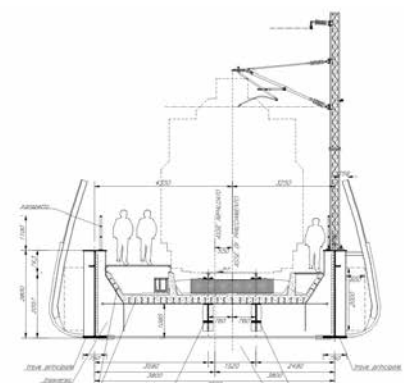


Fig. 7 - Ponte Fiume Isarco: prospetto viadotto binario pari e sezione trasversale impalcato.

Fig. 7 - Isarco River Bridge: track viaduct prospectus and deck cross section.





Nell'ambito dei lavori si è resa necessaria la realizzazione dei due viadotti affiancati (binario pari e binario dispari), ad archi contigui a via superiore per l'attraversamento della valle dell'Isarco tra i comuni di Funes e Volturno sul fiume Isarco della lunghezza di circa 220 m, previsti fra le progressive:

- *VI01* - Viadotto binario pari (progressive da km 15+883.14 a km 16+104.04);
- *VI02* - Viadotto binario dispari (progressive da km 15+895.93 a pk. km 16+122.79).

Il viadotto è così composto dai seguenti elementi:

- le *pile*, su cui convergono anche gli appoggi degli archi, sono fondate su fondazioni profonde a pozzo di dimensioni differenti a seconda della particolare condizione geolitologica su cui sono posizionate. Tali pozzi sono realizzati attraverso scavi fra berlinesi di micropali, prevedendo l'impiego di jet – grouting quale tappo di fondo per impedire la risalita della falda;
- le *spalle*, addossate alle pareti di imbocco e tutte le opere definitive di sistemazione dei versanti, quali paratie, berlinesi e muri di sostegno, sono fondate su micropali;
- gli *archi* in struttura scatolare in acciaio di dimensioni pari a 2.20x1.70 m, sono realizzati in conci assemblati in opera mediante giunzioni saldate;
- gli *impalcati*, costituiti da due travi principali a doppio "T" saldati, sono realizzati in conci assemblati in opera mediante giunzioni saldate. I due correnti longitudinali sono collegati tra loro attraverso dei trasversi realizzati con travi a doppio "T" saldati collegati alle travi principali attraverso giunti bullonati. Si ha poi la presenza di longerine in corrispondenza di ogni binario realizzate con profilati a doppio "T" (fig. 9).
- la *soletta* è resa collaborante con la struttura metallica mediante connettori a taglio elettrosaldati sulle piattabande superiori delle travi dei trasversi e delle longerine (fig. 10). Lo spessore medio della soletta è pari a 0.27 m.



Fig. 9 - Interventi a Ponte Gardena: foto simulazioni.  
Fig. 9 - Works at Ponte Gardena: Simulation photos.



Fig. 8 - Ponte Fiume Isarco: modello tridimensionale.  
Fig. 8 - Isarco River Bridge: three-dimensional model.

*technical characteristics of crossed masses and their excavation behaviour.*

- mechanised excavation: use of single shield TBMs used for excavation in rock masses with contrast on the final lining consisting of prefabricated blocks rings with perimeter hydraulic seal fixings (fig. 5).

*The use of traditional excavation is equal to 60% and of mechanised excavation to 40%, as shown in fig. 6.*

b. Viaduct over the Isarco River (figg. 7 and 8).

*As part of the work the construction of two side-by-side viaducts was necessary (up track and down track), with upper route contiguous arches to cross the Isarco Valley between the towns of Funes and Volturno on the Isarco river with a length of about 220 m, planned between points:*

- *VI01* - Up track viaduct (points from km 15+883.14 to km 16+104.04);
- *VI02* - Down track viaduct (points from km 15+895.93 to km 16+122.79).

*The viaduct is thus composed of the following elements:*

- *the piers, on which the supports of the arches also converge, are based on deep foundation pits of different sizes depending on the particular geolithological conditions they are placed on. These pits are made through excavations between soldier pile walls of minipiles, foreseeing the use of jet-grouting as base cap to prevent the ascent of the water-level;*
- *the abutments, leaning against the entrance walls and all definitive slope works, such as bulkheads, Berliners and retaining walls, are founded on minipiles;*
- *the arches in steel girder structure sized 2.20 x 1.70 m, are made in situ with ashlar assembled using welded joints;*
- *the decking, consisting of two welded double "T" main beams, are made in situ with ashlar assembled using welded joints. The two longitudinal crosspieces are interconnected by means of transverse beams with welded double "T" main beams through bolted joints. There are bearers at each track made with double "T" profiles (fig. 9).*
- *the slab collaborates with the metal frame with shear connectors welded on the upper jumpers of the trans-*

## c. *Gli interventi di inserimento paesaggistico dell'infrastruttura a Ponte Gardena*

Gli interventi sono l'esito di un processo scaturito dalla volontà di trovare un'adeguata risposta ad una prescrizione del CIPE, relativa alla richiesta di "...incapsulamento dei binari esistenti e dei nuovi binari nell'ambito di Ponte Gardena fino al portale della galleria Sciliar" che conciliasse le esigenze del territorio, con le caratteristiche tecniche - funzionali delle opere da realizzare.

E' stata studiata una soluzione alternativa alla copertura totale dei binari che soddisfacesse l'esigenza di mitigazione acustica con un intervento di inserimento territoriale dell'opera. Il progetto nella tratta in oggetto, si configura prevalentemente come una schermatura con muri di linea, con diverse declinazioni formali ed estetiche per ridurre l'impatto visivo ed acustico (fig. 9).

## d. *L'armamento ferroviario*

Il progetto prevede una soluzione innovativa rispetto a quanto fin ora previsto, non prevedendo l'uso del ballast lungo la quasi totalità della linea ferroviaria. La costruzione della nuova linea ferroviaria prevede delle rotaie del tipo 60E1 posate su platea in c.a.p. La sezione tipologica presa a riferimento per questa tipologia di linea è rappresentata nella figura sottostante (fig. 10).

## e. *La Trazione Elettrica*

L'architettura del sistema di alimentazione della linea di contatto (LdC) si basa sugli standard AV/AC italiani, adeguati al progetto specifico per tenere conto della peculiarità della tratta. Il sistema di alimentazione previsto per la nuova linea ferroviaria è 2x25 kV c.a.

## 6. I fattori di emissione (rimozione) presi a riferimento

La principale fonte presa a riferimento per individuare i fattori di emissione utilizzati (tabella 1) è quella offerta da un documento redatto dall'Università di Bath "Inventory of Carbon & Energy (ICE)"<sup>(4)</sup> (versione 2.0) [2].

Altri dati derivano da fonti ufficiali o riconosciute a livello nazionale e internazionale (Università, Enti pubblici, Ministeri), quali: Terna, Ispra, Ibimet, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, ecc.

TABELLA 1 – TABLE 1

Fattori di emissione richiamati dal documento redatto dall'Università di Bath  
*Emission factors invoked by the document prepared by the University of Bath*

Materiale/lavorazione <i>Material/processing</i>	U.M.	Descrizione utilizzo <i>description of use</i>	kgCO <sub>2</sub>
Acciaio <i>Steel</i>	t	Barre d'armatura <i>Reinforcing bars</i>	1.370
Cls Rck 150 <i>Rck 150 Concrete</i>	t	Cls non strutturale <i>Non-structural concrete</i>	93
Cls Rck 300 – 350 <i>Rck 300 – 350 concrete</i>	t	Cls fondazioni-elevazioni <i>Foundations-elevations concrete</i>	112
Cls Rck 500 <i>Rck 500 Concrete</i>	t	Cls prefabbricati <i>Precast concrete structures</i>	168
Spritz Beton <i>Spritz Beton</i>	t	Per rivestimento GN <i>For GN covering</i>	142
Jet Grouting <i>Jet Grouting</i>	m <sup>2</sup>	Consolidamento terreno <i>Land consolidation</i>	581
Vetroresina <i>Fiberglass</i>	t	Consolidamenti GN <i>GN consolidations</i>	8.100
Rame <i>Copper</i>	t	Linea di contatto <i>Contact line</i>	3.131
Conglomerati bituminosi <i>Bituminous conglomerates</i>	t	Sub-ballast <i>Sub-ballast</i>	59
Aggregati <i>Aggregates</i>	t	Inerti <i>Inert materials</i>	8
Scavi <i>Excavations</i>	m <sup>3</sup>	In terreno roccioso <i>In rocky ground</i>	11
Trasporto materiale <i>Material transport</i>	km	Peso max trasportato: 22t <i>Max weight carried: 22t</i>	1,1

verse beams and of the bearers (fig. 10). The average thickness of the slab is 0.27 m.

## c. *Landscape insertion operations of the infrastructure in Ponte Gardena*

*Interventions are the outcome of a process stemming from the desire to find an adequate response to a prescription of the CIPE, concerning the request for "... the cladding of existing tracks and new tracks in Ponte Gardena until the Sciliar tunnel portal" reconciling the needs of the territory, with the technical and functional characteristics of the works to be carried out.*

*An alternative solution to the total coverage of the tracks has been studied that would satisfy the need for sound mitigation with a territorial insertion of the work. The project in the section concerned, is mainly a shielding with line walls, with several formal and aesthetic aspects to reduce the visual and acoustic impact (fig. 9).*

## d. *The railway permanent way*

*The project involves an innovative solution compared to that expected so far, not foreseeing the use of the ballast along almost all of the railway line. The construction of the new railway line plans for type 60E1 rails laid on a prestressed reinforced concrete foundation. The typological section outlet taken as reference for this type of line is represented in the figure below (fig. 10).*

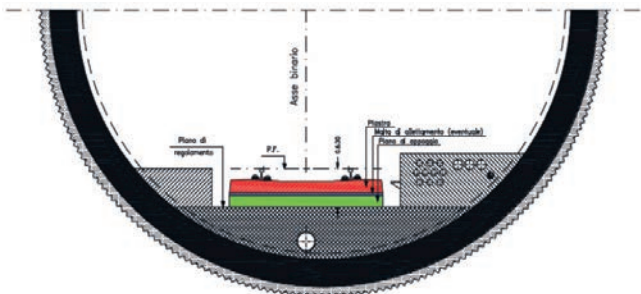


Fig. 10 - Platea in c.a.p.: sezione tipologica.  
Fig. 10 - Prestressed reinforced concrete foundation: typological section.

7. I risultati

L'analisi effettuata per lo specifico progetto ha evidenziato i seguenti valori di emissione (rimozione) di CO<sub>2</sub> (tabella 2).  
Di seguito si riporta il dettaglio dei risultati ottenuti dall'analisi delle principali opere/impianti previsti in progetto.  
a) Le opere in sotterraneo (fig. 11)  
Il carbon footprint relativo alle gallerie naturali è stato calcolato facendo riferimento a sezioni progettuali standard di cui sono noti i materiali e le lavorazioni necessarie alla loro realizzazione.

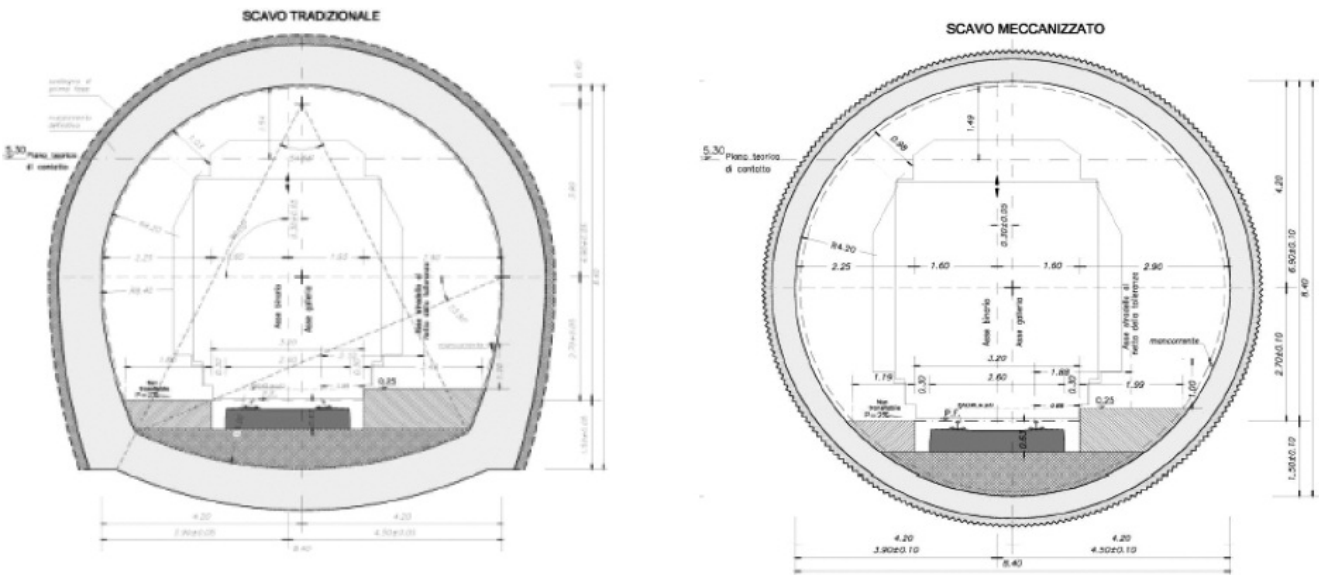


Fig. 11 - Sezione tipo scavo tradizionale e scavo meccanizzato.  
Fig. 11 - Typical section of conventional excavation and mechanised excavation.

(4) Pubblicato nel 2008 e aggiornato nel 2011 da uno studio dei professori Geoff HAMMOND & CRAIG Jones dell'Università di Bath. E' stato creato un data base che contiene i coefficienti di energia e carbonio necessari per la produzione dei materiali da costruzione. I dati sono stati elaborati su base statistica analizzando le varie pubblicazioni prodotte a livello europeo.

e. Electric Traction

The architecture of the power system of the contact line (CL) is based on Italian HS/HC standards, adequate to the specific project to take account of the peculiarities of the route. The feeding system planned for the new railway line is 2 x 25 kV AC.

6. Emission (removal) factors taken as reference

The main source taken as reference to identify the emission factors used (table 1) is that provided by a document prepared by the University of Bath "Inventory of Carbon & Energy (ICE)"<sup>(3)</sup> (version 2.0) [2].

TABELLA 2 – TABLE 2

Emissioni / rimozioni Emissions / removals	t CO <sub>2</sub>
Emissioni di GHG GHG Emissions	842.834
Emissioni di GHG per km di linea GHG emissions per km of line	37.459
Rimozioni di GHG GHG removals	94.000
Rimozioni di GHG per km di linea GHG removals per km of line	4.172

(4) Published in 2008 and updated in 2011 from a study of professors Geoff HAMMOND & CRAIG Jones of the University of Bath. A database was created that contains the carbon and energy coefficients required for the production of building materials. The data were calculated on the basis of statistics by analysing the various publications produced at European level.



Queste sezioni tengono conto delle differenti modalità di realizzazione delle gallerie, fortemente dipendenti dalle condizioni del fronte di scavo. In totale sono state considerate 7 diverse sezioni tipologiche (tabella 3).

L'applicazione della metodologia ha fornito i seguenti quantitativi di materiale necessario alla realizzazione delle opere:

- per i 55 km di galleria è previsto uno scavo totale pari a circa 5 mln di materiale scavato, 1.200 m<sup>3</sup> di calcestruzzo, 200.000 m<sup>3</sup> di spritz beton, 32.000 t di acciaio per c.a. e 33.000 t di acciaio per centine.

Riguardo le lavorazioni si è considerato, oltre agli scavi, i consolidamenti, i preinvestimenti, il rivestimenti e gli impianti fissi di cantiere.

La misura delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono sintetizzate nella tabella 4.

b) *Opere civili: il Viadotto sul fiume Isarco e altre opere di intervento paesaggistico presso la stazione di Ponte Gardena (fig.12)*

Il carbon footprint relativo alle altre opere civili (viadotti, gallerie artificiali, muri di sostegno, ecc.) è stato calcolato facendo riferimento alle quantità espresse dalle voci del Computo Metrico Estimativo. Queste grandezze sono quindi state moltiplicate per i rispettivi fattori di emissione.

L'applicazione della metodologia ha fornito i seguenti quantitativi di materiale necessario alla realizzazione delle opere:

1. dall'esame di circa 100 voci di tariffa previste dal Computo Metrico, per la realizzazione dei 440 m di viadotto (per le due campate) sono previsti i seguenti

Emissioni di CO<sub>2</sub> relative all'opera  
CO<sub>2</sub> emissions related to the work

Opera - Work		t CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub> /km
Galleria naturale con scavo tradizionale <sup>(*)</sup> Natural gallery with conventional excavation <sup>(*)</sup>	s.b. s.t.	499.994	14,86
	d.b. d.t.	18.064	15,78
Galleria naturale con scavo meccanizzato Natural gallery with mechanised excavation	s.b. s.t.	226.010	10,98
Viadotto sul fiume Isarco (L: 0.22 m x 2 campate Viaduct over the Isarco River (L. 0.22 m x 2 spans)		18.114	41.17

(\*) Valore medio tra le sezioni previste dalla metodologia per la diversa stabilità del fronte di scavo.

(\*) Average value between the sections provided by the methodology for the different stability of the excavation face.

TABELLA 3 – TABLE 3

Modalità di scavo Excavation mode	Tipo binario Track type	Terreno fronte di scavo Excavation face land
Scavo tradizionale Traditional excavation	A semplice binario (s.b.) Single track (s.t.)	Stabile Stable
		Stabile a breve termine Stable in the short-term
		Instabile Unstable
	A doppio binario (d.b.) Double track (d.t.)	Stabile Stable
		Stabile a breve termine Stable in the short-term
		Instabile Unstable
Scavo meccanizzato	A semplice binario (s.b.) Single track (s.t.)	Instabile Unstable

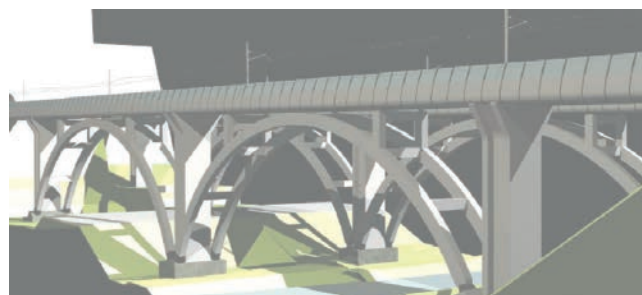


Fig. 12 - Viadotto sul fiume Isarco: modello tridimensionale.

Fig. 12 - Viaduct over the river Isarco: three-dimensional model.

Other data derive from official sources or those recognised at national and international level (Universities, public bodies, Ministries), such as: Terna, Ispra, Ibimet, Ministry of the Environment and for the Protection of the Territory and Sea, etc.

TABELLA 4 – TABLE 4

## 7. Results

The analysis for the specific project has highlighted the following CO<sub>2</sub> emission (removal) values (table 2).

Below is the detail of the results obtained from the analysis of the main works / systems planned in the project.

a) Underground works (fig. 11)

The carbon footprint on the natural galleries has been calculated with reference to the standard design sections of which the materials necessary for their implementation are known.

These sections take into account the different methods of realisation of

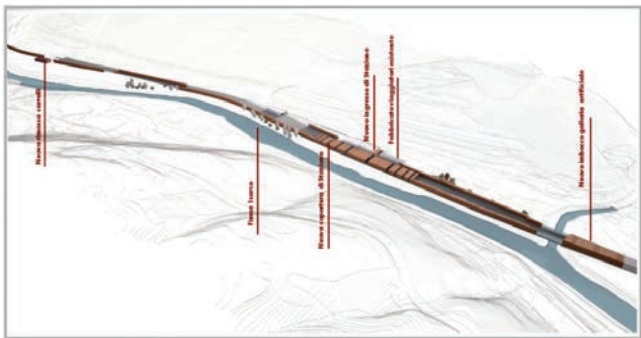


Fig. 13 - Opere presso la stazione di Ponte Gardena: modello tridimensionale.  
Fig. 13 - Works at the station of Ponte Gardena: three-dimensional model.

TABELLA 5 – TABLE 5

Emissioni di CO <sub>2</sub> relative alle opere CO <sub>2</sub> emissions related to the works	
Opera - Works	t CO <sub>2</sub>
Opere Ponte Gardena Works at Ponte Gardena	12.104

materiali: 5.200 t acciaio per la struttura, 18.500 m<sup>3</sup> calcestruzzo, 2.000 t acciaio per barre per c.a. e 30.500 m<sup>3</sup> materiale di scavo. Si è fatta l'ipotesi che il ferro sia trasportato da una distanza di 500 km, il calcestruzzo per 30 km e il materiale di scavo per 40 km.

2. Per le opere civili di inserimento paesaggistico dell'infrastruttura presso la stazione di Ponte Gardena (gallerie artificiali, opere di sostegno, barriere antirumore, ecc.) (fig. 13) sono state esaminate circa 250 voci di tariffa previste dal Computo Metrico. Dal calcolo emerge che saranno previsti 90.000 m<sup>3</sup> di scavo, 15.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo e 3.000 t di acciaio per c.a. (tabella 5).

c) L'armamento ferroviario (fig. 14)

I materiali che compongono i circa 55 km di linea ferroviaria sono:

- rotaie: 6.700 t di acciaio;
- platea: 3.000 t di acciaio per c.a. e 66.000 t di calcestruzzo;
- organi di attacco: 5.100 t di acciaio e 840 t di gomma;
- piano di appoggio: 23.500 t di pietrisco e 80.300 t di cls.

E' stato ipotizzato un trasporto su rotaia composto da due locomotori tipo E444, per una distanza stimata di 400 km. Per il trasporto su ferro del pietrisco si è ipotizzato l'uso di treno (locomotore D345) anch'esso per una distanza pari a 400 km (tabella 6).

d) Gli impianti tecnologici

Riguardo la trazione elettrica sono stati calcolati i materiali che compongono i seguenti impianti:

the galleries, strongly dependent on the conditions of the excavation face. A total of 7 different typological sections were considered (table 3).

The application of the methodology has provided the following quantities of materials necessary for the realisation of the works:

- a total excavation is planned for 55 km of tunnel equal to approximately 5 mln of excavated material, 1.200 m<sup>3</sup> of concrete, 200.000 m<sup>3</sup> of spritz beton, 32.000 tons of steel for reinforced concrete and 33000 tons of steel for the centrings.

With regard to the machining operations, in addition to the excavations, the consolidations, the pre-coverings, the coverings and fixed site installations were considered.

The measurement of CO<sub>2</sub> emissions is summarised in table 4.

- b) Civil works: the Viaduct over the river Isarco and other landscape intervention works at the station of Ponte Gardena (fig. 12)

The carbon footprint relative to other civil works (viaducts, artificial tunnels, retaining walls, etc.) has been calculated with reference to the quantities expressed by the Estimated Metric Calculation entries. These quantities were then multiplied by the respective emission factors.

The application of the methodology has provided the following quantities of materials necessary for the realisation of the works:

1. from an examination of about 100 tariff items set out in the Metric Calculation, for the realisation of 440 m of viaduct (for the two spans) the following materials are provided: 5.200 t of steel for the structure, 18.500 m<sup>3</sup> of concrete, 2.000 t of steel for bars for reinforced concrete and 30.500 m<sup>3</sup> of excavation material. It was assumed that the iron is transported for a distance of 500 km, concrete for 30 kilometres and excavation material for 40 km.
2. for civil works for the landscape insertion of the infra-

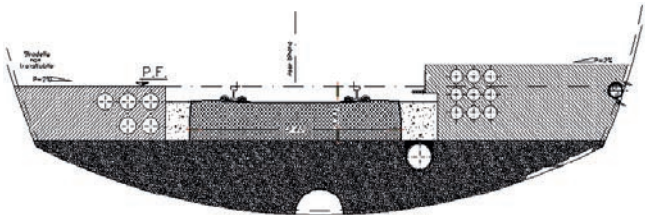


Fig. 14 - Sezione trasversale armamento ferroviario.  
Fig. 14 - Cross-section of the permanent way.

TABELLA 6 – TABLE 6

Emissioni di CO <sub>2</sub> relative all'armamento CO <sub>2</sub> emissions related to the permanent way		
Opera - Works	t CO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub> /km
Armamento Permanent way	49.003	875

TABELLA 7 – TABLE 7

Emissioni di CO<sub>2</sub> relative agli Impianti Tecnologici  
CO<sub>2</sub> emissions related to the Technological Systems

Opera - Works	t CO <sub>2</sub>
Impianti Tecnologici (trazione elettrica, Impianti di segnalamento, Telecomunicazioni, Impianti Meccanici) <i>Technological systems (electric traction, Signalling systems, Telecommunications, Mechanical Systems)</i>	11.884

- linee primarie ad Alta Tensione (sostegni tralicciati doppia terna e cavo doppia terna);
- linee di contatto – 440 mm<sup>2</sup> (3 kvcc all'aperto, 3 kvcc in galleria);
- linee di contatto – 270 mm<sup>2</sup> (2x25 kvcc all'aperto, 2x25 kvcc all'aperto in viadotto, 2x25 kvcc in galleria);
- cabine TE 3kvcc;
- sotto stazione elettrica 2x25 kvca (tabella 7).

## 7. Accuratezza della misura

Il margine di accuratezza cioè l'indice percentuale di scostamento del valore misurato delle emissioni di GHG rispetto al valore reale della misura è pari a ±15%.

## 8. Costruzione degli Inventari

Il Report di sintesi predisposto coerentemente con quanto definito dalla norma UNI ISO 14064-1:2012, prevede i seguenti Inventari.

*Inventario n.1: ripartizione secondo le tre grandi famiglie di opere/impianti (tabella 8)*

Un primo aspetto emerso dai dati offerti dal grafico è quello dello stragrande predominio del contributo delle Opere Civili rispetto alle altre due famiglie, le quali raggiungono insieme circa il 7% delle emissioni totali (fig.15).

TABELLA 8 – TABLE 8

Emissioni di CO<sub>2</sub> relative agli Impianti Tecnologici  
CO<sub>2</sub> emissions related to the Technological Systems

Famiglie di opere/impianti <i>Families of works/systems</i>	t CO <sub>2</sub>
Opere Civili <i>Civil Works</i>	774.287
Impianti Tecnologici <i>Technological Systems</i>	11.884
Armamento <i>Permanent way</i>	49.003

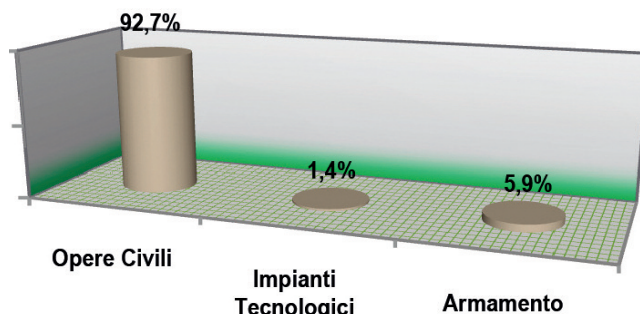


Fig. 15 – Ripartizione emissioni per famiglie di opere/impianti.

*Fig. 15 – Emissions allocation by families of works/systems.*

structure at the station of Ponte Gardena (artificial tunnels, supporting structures, noise barriers, etc.) (fig. 13) about 250 tariff items set out in the Metric Calculation were examined. The calculation shows that 90.000 m<sup>3</sup> of excavation, 15.000 m<sup>3</sup> of concrete and 3.000 tons of steel for reinforced concrete are planned (table 5).

c) The railway permanent way (fig. 14)

The materials that make up approximately 55 km of railway line are:

- rails: 6.700 tons of steel;
- foundation: 3.000 tons of steel for reinforced concrete and 66.000 tons of concrete;
- connection elements: 5.100 tons of steel and 840 tons of rubber;

supporting surface: 23.500 tons of crushed stone and 80.300 t of concrete.

Rail transport was suggested consisting of two E444 type locomotives, for an estimated distance of 400 km. For rail transport of gravel the use of a train (D345 locomotive) was suggested also for a distance of 400 km (table 6).

d) Technological systems

With reference to electric traction the materials that compose the following systems were calculated:

- primary High Voltage lines (double circuit trellis cross-section supports and double circuit cable);
- contact lines – 440 mm<sup>2</sup> (3 V d.c. outdoors, 3 kV d.c. in gallery);
- contact lines – 270 mm<sup>2</sup> (2 x 25 kV a.c. outdoors, 2 x 25 kV a.c. outdoors in viaduct, 2 x 25 kV a.c. in gallery);
- 3 kV d.c. ET cabinets;
- 2 x 25 kV a.c. electric sub-station (table 7).

## 7. Measurement Accuracy

The accuracy margin that is the percentage index of deviation of the measured value of GHG emissions compared to the real value of the measure is ± 15%.



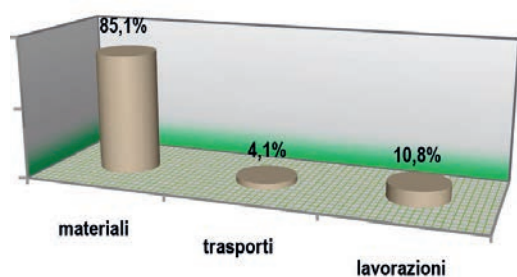


Fig. 16 – Ripartizione emissioni per categoria di emissione.  
Fig. 16 – Emissions allocation by emission category.

La ripartizione tra le varie tecnologie esaminate è riportata nella seguente tabella 9.

*Inventario n.2: ripartizione secondo le tre categorie di emissioni*

In linea con le precedenti applicazioni della metodologia svolte su diversi progetti di infrastrutture ferroviarie, il principale contributo alle emissioni di CO<sub>2</sub> in fase di realizzazione delle opere è fornito dalla produzione dei materiali da costruzione acciaio e calcestruzzo (85%) (fig. 16).

Nello specifico, trattandosi di un'opera che si sviluppa principalmente in galleria (lo sviluppo complessivo di tutte le opere sotterranee è di ca. 55 km) il contributo principale alle emissioni è correlato all'utilizzo di calcestruzzo (51.5 %), spritz beton (17.4%) e dall'acciaio (15.3%), come visibile dal seguente grafico (fig. 17).

Le rimozioni originate dalle piantumazioni di nuove essenze arboree e/o arbustive previste in progetto, oltre a mitigare gli impatti per l'inserimento delle opere ferroviarie nel contesto ambientale, producono una parziale compensazione delle emissioni prodotte.

I poco più di 250 m<sup>2</sup> di superfici oggetto di interventi di riambientalizzazione e sistemazione a verde previsti in progetto producono un assorbimento pari a circa 940 tCO<sub>2</sub>/anno. Prevedendo che tale rimozione annua sarà attiva per tutta la vita utile dell'opera, definita in anni 100, il valore complessivo dell'assorbimento è pari a circa 94.000 tCO<sub>2</sub>.

Il progetto non prevede impianti che utilizzano energia proveniente da fonti rinnovabili. Per questo risulta nulla la misura delle emissioni di CO<sub>2</sub> evitate.

*Inventario 3: classificazione secondo le tipologie indicate dalla Norma UNI ISO 14064-1:2012 (par. 4.2)*

Il par. 4.2 della Norma richiede la realizzazione di un Inventario secondo la seguente classificazione:

- **Emissioni dirette:** emissione di CO<sub>2</sub> da sorgenti di proprietà o controllate dall'Organizzazione. Sono quelle provenienti dal processo di combustione di carburanti o di lubrificanti per lo svolgimento delle lavorazioni e per i trasporti;

TABELLA 9 – TABLE 9

Impianti tecnologici Technological systems	t CO <sub>2</sub>
Impianti meccanici Mechanical systems	1.049
Impianti di segnalamento Signalling systems	1.252
Telecomunicazioni Telecommunications	1.325
Trazione elettrica Electric traction	8.257
Totale Total	11.884

## 8. Building of Inventories

The summary Report prepared in accordance with the provisions of UNI ISO 14064-1: 2012, consists of the following Inventories.

Inventory n° 1: breakdown by the three great families of works/installations (table 8).

A first aspect that emerged from the data provided by the graph is that of the overwhelming dominance of the contribution of Civil Works compared to the other two families, which together reach about 7% of total emissions (fig. 15).

The breakdown between the various technologies examined is shown in table 9 below.

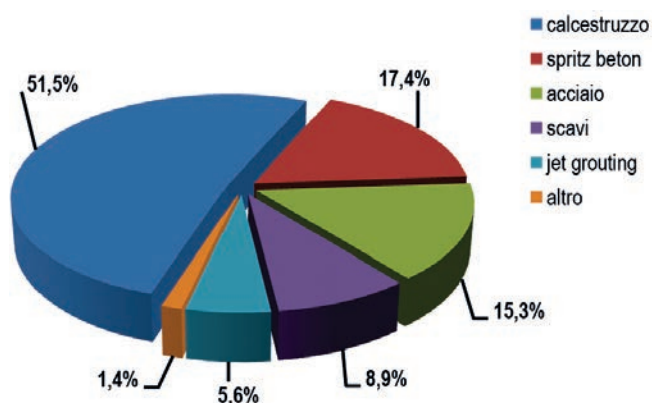


Fig. 17 – Ripartizione emissioni per materiali.  
Fig. 17 – Emissions allocation by material.

TABELLA 10 – TABLE 10

Ripartizione emissioni  
Emissions allocation

Tipologia di emissioni (rimozioni) di CO <sub>2</sub> Kind of CO <sub>2</sub> emissions (removals)	Categ. Cat.	t CO <sub>2</sub>
Emissioni dirette Direct emissions		62.012
Originate dalle attività operative svolte in cantiere Originating from operations carried out in the building site	3	28.298
Originate dal trasporto materiali Originating from the transportation of materials	2	33.714
Emissioni indirette per consumo energetico Indirect energy use emissions		62.255
originate dalle attività operative svolte in cantiere Originating from operations carried out in the building site	3	62.079
Originate dal trasporto materiali Originating from the transportation of materials	2	176
Altre emissioni indirette Other indirect emissions		710.974
Originate da apporto dei materiali da costruzione Due to supply of building materials	1	710.974
Rimozione emissioni a vita utile dell'opera Removal of emissions for useful life of the work		94.000
Rimozioni per opere a verde Removal for re-greening works	4	94.000

*Emissioni indirette per consumo energetico:* emissione di CO<sub>2</sub> derivante dal consumo dell'elettricità,

*Altre emissioni indirette:* emissione di CO<sub>2</sub>, diversa dalle emissioni indirette da consumo energetico, che è conseguenza delle attività di un'organizzazione, ma che scaturisce da sorgenti di CO<sub>2</sub> di proprietà o controllate da altre organizzazioni (es. quelle derivanti dalle attività per la produzione dei materiali/dei semilavorati);

*Rimozione delle emissioni:* sono quelle che agiscono come "assorbitori" di CO<sub>2</sub> (opere a verde previste in progetto) (tabella 10).

Da questa ripartizione emerge che la quasi totalità delle emissioni deriva dalle emissioni indirette, cioè da quelle prodotte da altre organizzazioni per la produzione dei materiali, per le quali Italferr comunque può esercitare delle azioni orientando le scelte che dovrà eseguire l'appaltatore attraverso l'inserimento di apposite prescrizioni contrattuali.

## 9. Conclusioni

Il settore delle costruzioni è uno dei processi che contribuiscono più di altri alla trasformazione dell'ambiente, consumando suolo, energia ed altre risorse naturali. I numeri sono quanto mai importanti: è responsabile del 40% delle emissioni a livello mondiale, del 40% del consumo di risorse naturali e del 40% della produ-

Inventory n° 2: breakdown according to the three categories of emissions

In line with previous applications of the methodology carried out on different rail infrastructure projects, the main contribution to CO<sub>2</sub> emissions during the realisation of works comes from the production of steel and concrete building materials (85%) (fig. 16).

Specifically, since it is a work that mainly develops in tunnels (the overall development of all underground works is approx. 55 km) the main contribution to emissions is related to the use of concrete (51.5%) spritz beton (17.4%) and steel (15.3%), as shown by the following graph (fig. 17).

Removals originated from planting of new trees and/or shrubs planned in the project, as well as mitigating the impacts for the inclusion of railway works in the environmental context, produce partial compensation of emissions produced.

The just over 250 m<sup>2</sup> of areas involved in re-environmentalisation and re-greening provided for in the project produce an absorption of roughly 940

tCO<sub>2</sub>/per year. Foreseeing that this annual removal will be active throughout the useful life of the work, defined in a 100 years, the total value of absorption is equal to about 94.000 tCO<sub>2</sub>.

The project does not provide for installations using energy from renewable sources. This is why the measurement of CO<sub>2</sub> emissions avoided is zero.

Inventory 3: classification according to the typologies indicated by Standard UNI ISO 14064-1: 2012 (par. 4.2)

Par. 4.2 of the standard requires the implementation of an Inventory in accordance with the following classification:

- Direct emissions: CO<sub>2</sub> emissions from sources owned or controlled by the Organisation. They are those coming from the combustion process of fuel or lubricants for machining operations and transport;
- Indirect energy use emissions: CO<sub>2</sub> emissions resulting from the consumption of electricity;
- Other indirect emissions: CO<sub>2</sub> emissions, different from indirect emissions from energy consumption, which are a consequence of the activities of an organisation, but that come from CO<sub>2</sub> sources owned or controlled by other organisations (e.g. those deriving from activities for the production of materials/semi-finished products);
- Emissions removal: are those that act as "absorbers" of CO<sub>2</sub> (re-greening works planned in the project) (table 10).

zione di rifiuti<sup>(6)</sup>. Si ha la consapevolezza che il settore delle costruzioni può contribuire in maniera importante alla riduzione dei consumi energetici e di materia, attraverso l'individuazione di tecniche di costruzione a basso impatto.

Nel caso specifico precedentemente illustrato, così come emerso nelle altre precedenti applicazioni, anche in questa esaminata nel presente articolo, il contributo del cemento e dell'acciaio risulta essere predominante (85%) rispetto alle emissioni generate dalla produzione di ciascun altro materiale utilizzato per la costruzione della linea ferroviaria (15%).

Ciò è in linea con gli sforzi richiesti nell'ambito delle politiche di riduzione dei cambiamenti climatici dalla Direttiva 2003/87/CE (la cosiddetta Direttiva "Emissions Trading") [4], principale strumento adottato nell'Unione Europea per il controllo delle emissioni di gas serra di alcuni settori industriali, tra cui figurano in prima linea le cementerie e le acciaierie (fig. 18).

L'industria del cemento è pienamente consapevole delle proprie responsabilità nella lotta globale contro i cambiamenti climatici. Per questo sono in atto delle azioni da parte dei produttori mirate a conseguire un uso razionale delle risorse, riducendo l'impiego di materie prime e utilizzando combustibili alternativi. Le maggiori opportunità derivano da nuovi processi di produzione che prevedono la sostituzione parziale del clinker con altri materiali cementizi (materie seconde riciclate da altri processi industriali quali la cenere volante) che riducono il consumo energetico richiesto dalla cottura del clinker.

Anche l'industria siderurgica ha da tempo raccolto la sfida al cambiamento climatico e ha già realizzato importanti risultati nella riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dai processi di produzione dell'acciaio, attraverso ristrutturazioni, innovazioni tecnologiche, miglioramenti nell'efficienza dei processi e nel risparmio energetico. I principali sforzi sono mirati alla riduzione delle emissioni di gas serra aumentando l'impiego di rottame nel processo produttivo grazie ad un maggiore riciclo di acciaio. Per poter sfruttare tutti questi sforzi, Ital-



Fig. 18

<sup>(5)</sup> Fonte: Jacques LAIR, Presidente del sottocomitato che ha elaborato la norma la ISO 21931-1 "Sustainability in building construction -- Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works".

*This breakdown highlights that almost the totality of emissions comes from indirect emissions that is to say from those produced by other organisations for the production of materials, for which, Italferr can however, perform actions orienting the choices that the contractor will have to make through the inclusion of specific contractual requirements.*

## 9. Conclusions

*The construction sector is one of the processes that contribute more than others to the transformation of the environment by consuming land, energy and other natural resources. Numbers are very important: it is responsible for 40% of global emissions, 40% of consumption of natural resources and of 40% of waste generation<sup>(5)</sup>. We have the knowledge that the construction sector can contribute importantly to the reduction of energy consumption and of matter, through the identification of low impact construction techniques.*

*In the case above, as shown in previous applications, even more in the one in this article, the contribution of concrete and steel is predominant (85%) compared to emissions from the production of every other material used for the construction of the railway line (15%).*

*This is in line with the efforts required in the context of policies by Directive 2003/87/EC (the so-called "Emissions Trading" Directive) [4] for reducing climate change, the main tool adopted in the European Union for the control of greenhouse gas emissions in some industrial sectors, including cement factories and steel mills at the forefront (fig. 18).*

*The cement industry is fully aware of its responsibility in the global fight against climate change. For this reason there are actions in place by producers aimed at achieving a rational use of resources, reducing the use of raw materials and using alternative fuels. The major opportunities arising from new production processes that involve partial replacement of clinker with other cementitious materials (secondary materials recycled from other industrial processes such as fly-ash) that reduce energy consumption required by the firing of clinker.*

*The steel industry has also long accepted the challenge to climate change and has already achieved important results in the reduction of CO<sub>2</sub> emissions from steel production processes, through restructuring, technological innovations, improvements in energy efficiency and energy saving. The main efforts are aimed at reducing greenhouse gas*

<sup>(5)</sup> Source: Jacques LAIR, Chairman of the Subcommittee that drew up the Standard ISO 21931-1 "Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment of the environmental performance of construction works".



ferr ha previsto in fase di realizzazione delle azioni volte a indirizzare gli appaltatori verso scelte più ecocompatibili, affinché siano privilegiati produttori di cemento e acciaio che adottano soluzioni tecnologiche a basso impatto. Difatti, nei Contratti d'Appalto è prevista l'applicazione di una metodologia per la rendicontazione delle emissioni di gas serra su cui basare un sistema premiante per gli Appaltatori che forniranno un contributo concreto al loro abbattimento. Essi saranno valutati sulla base dei miglioramenti ambientali originati da scelte "ecocompatibili" nell'approvvigionamento dei materiali e nelle modalità di trasporto degli stessi. Gli Appaltatori potranno quindi scegliere prodotti a basso impatto ambientale approvvigionandosi da fornitori che hanno aderito alla certificazione ambientale di prodotto "EDP" (*Environmental Product Declaration*). Riguardo al trasporto, l'Appaltatore potrà privilegiare fornitori che utilizzano mezzi di trasporto maggiormente ecocompatibili, quali il treno piuttosto che l'autocarro.

Riguardo la fase progettuale, l'applicazione della metodologia ha fornito nuovi elementi di input per lo sviluppo delle successive fasi progettuali, al fine di perfezionare la soluzione di progetto nell'ottica di uno sviluppo sostenibile, evidenziando la possibilità da parte del progettista di valutare nelle successive fasi di sviluppo progettuale soluzioni che, a parità di prestazioni, generino minori emissioni di gas serra.

*emissions by increasing the use of scrap in production process thanks to greater recycling of steel. To take advantage of all these efforts, Italferr has planned actions to address contractors towards more environmentally friendly choices during implementation, so that cement and steel manufacturers that adopt environmentally friendly technological solutions are privileged. In fact, in the tender contracts the application of a methodology for reporting greenhouse gas emissions to base an incentive system on is planned for contractors that provide concrete contribution to their abatement. They will be assessed on the basis of environmental improvements resulting from "environmentally friendly" choices in the procurement of materials and transport methods of the same. Contractors can therefore choose environmentally friendly products from suppliers that have joined the Environmental Product Declaration "EPD" (Environmental Product Declaration). With regard to transport, the Contractor shall give priority to suppliers that use more environmentally friendly transport means, such as rail rather than motor trucks.*

*Concerning the design phase, the application of the methodology has provided new input elements to the development of subsequent project phases, in order to refine the project solution from the sustainable development perspective, highlighting the designer's ability to assess design solutions that, at equal performance, generate less greenhouse gas emissions in subsequent development phases.*

## BIBLIOGRAFIA - REFERENCES

- [1] LOFFREDO F., FEDELE P., SEVERINI M., "L'impronta climatica dei progetti infrastrutturali ferroviari", *Ingegneria Ferroviaria*, n. 3/2011.
- [2] Università di Bath, "Inventory of Carbon Energy (ICE)", (versione 1.6a del 2008).
- [3] Documento, "In the Scale of Carbon", dall'intuizione del dottor CRAIG Jones del Circular Ecology.
- [4] Direttiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio - "Istituzione di un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità", del 13 ottobre 2003.
- [5] UNI EN ISO 14001:2004, "Sistemi di Gestione Ambientale – Requisiti e guida per l'uso".
- [6] UNI ISO 14064-1:2012, "Gas ad effetto serra Parte 1: Specifiche e guida, al livello dell'organizzazione, per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione", ge, Mass, 1985.