



COMUNE DI NOVELLARA

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA



SERVIZI AMBIENTALI BASSA REGGIANA

Via Levata, 64 - 42017 Novellara (RE)

ELENCO TAVOLE:

- FV.01.1-Capitolato Speciale d'Appalto
- FV.01.2-Relazione Tecnica Fotovoltaico
- FV.02.1-Schema a Blocchi Quadri Elettrici
- FV.02.2-Schemi Quadri Elettrici e Calcolo Linee
- FV.02.3-Schema Unifilare Impianto Fotovoltaico
- FV.03-Cabina MT Ricezione
- FV.04-Cabina MT/BT Trasformazione
- FV.05-Schema impianto di terra
- FV.06-Distribuzione Dorsali Principali Media Tensione
- FV.07-Distribuzione Dorsali Principali Corrente Alternata
Impianti speciali Imp. Fotovoltaico
- FV.08-Dorsali Principali Impianti Speciali
- FV.09-Distribuzione Impianto Fotovoltaico
- FV.10-Particolari Impianto Fotovoltaico
- FV.11.1-Particolari Fondazioni - Pianta , Sezione
e Connessione
- FV.11.2-Carpenteria Metallica - Pianta, Prospetti e Dettagli
- FV.11.3-Carpenteria Metallica- Posizioni, Marche composte
e Marche Singole
- FV.12-Computo Metrico Estimativo
- FV.13-Elenco Prezzi Unitari
- FV.14-Analisi Prezzi Unitari
- FV.15-Incidenza manodopera
- FV.16-Piano di Manutenzione
- FV.17-Piano Sicurezza
- FV.18-Cronoprogramma dei Lavori

Progetto:

Realizzazione di impianto fotovoltaico presso discarica intercomunale sita nel comune di Novellara (RE) IN Via Levata, 64.

Titolo tavola:

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Fase Progetto:

Tavola :

- Preliminare
- Definitivo
- Esecutivo
- As Built

FV.01.2

Timbro e firma:

P.zza Unità d'Italia, 56 - 42017 Novellara (RE) - tel 0522 652022 fax 0522 651603 - P.Iva 02675190355

Commessa :

20-029-04

Archivio :

g:\2020\20-029-sabar
104-Fotovoltaico 1-MW

MODIFICHE

Indice rev	Data	Descrizione della Modifica
0	21/01/2021	Prima emissione

Scala :

Nome file :

20-029-fv.01.2-rel fv

Elaborazione:

Per. Ind. Federico Vezzani

Responsabile Progetto :

Per. Ind. Mauro Reggiani

Approvato :

Per. Ind. Mauro Reggiani

Comune di NOVELLARA (RE)

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE

Potenza = 997.920 kW

Relazione tecnica

Impianto: Impianto FV - 1 MW

Committente: S.A.BA.R S.p.A.

Località: Via Levata, 64 - NOVELLARA (RE)

NOVELLARA, 21/01/2021

Il Tecnico

(Per. Ind. Mauro Reggiani)

STUDIO TEC 2.0 s.r.l.
Per. Ind. Reggiani Mauro
P.zza Unità d'Italia, 56
NOVELLARA (RE)
Tel. 0522652022 - Fax 0522651603
info@studiotec2.it



Copyright ACCA software S.p.A.

DATI GENERALI

Ubicazione impianto

Identificativo dell'impianto	Impianto FV - 1 MW
Indirizzo	Via Levata, 64
CAP - Comune	42017 NOVELLARA (RE)

Committente

Ragione Sociale	S.A.BA.R S.p.A.
Indirizzo	Strada Levata, 64
CAP - Comune	42017 NOVELLARA (RE)

Tecnico

Ragione Sociale	STUDIO TEC 2.0 s.r.l.
Nome Cognome	Mauro Reggiani
Qualifica	Per. Ind.
P. IVA	02675190355
Albo	Periti RE(RE)
N° Iscrizione	448
Indirizzo	P.zza Unità d'Italia, 56
CAP - Comune	42017 NOVELLARA (RE)
Telefono	0522652022
Fax	0522651603
E-mail	info@studiotec2.it

PREMESSA

Valenza dell'iniziativa

Con la realizzazione dell'impianto, denominato "Impianto FV - 1 MW", si intende conseguire un significativo risparmio energetico per la struttura servita, mediante il ricorso alla fonte energetica rinnovabile rappresentata dal Sole. Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- nessun inquinamento acustico;
- un risparmio di combustibile fossile;
- una produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti.

Attenzione per l'ambiente

Ad oggi, la produzione di energia elettrica è per la quasi totalità proveniente da impianti termoelettrici che utilizzano combustibili sostanzialmente di origine fossile. Quindi, considerando l'energia stimata come produzione del primo anno, 1 129 510.18 kWh, e la perdita di efficienza annuale, 0.90 %, le considerazioni successive valgono per il tempo di vita dell'impianto pari a 20 anni.

Risparmio sul combustibile

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh].

Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Risparmio di combustibile

Risparmio di combustibile in	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	211.22
TEP risparmiate in 20 anni	3 881.96

Fonte dati: Delibera EEN 3/08, art. 2

Emissioni evitate in atmosfera

Inoltre, l'impianto fotovoltaico consente la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

Emissioni evitate in atmosfera

Emissioni evitate in atmosfera di	CO ₂	SO ₂	NO _x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	474.0	0.373	0.427	0.014
Emissioni evitate in un anno [kg]	535 387.83	421.31	482.30	15.81
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	9 839 843.30	7 743.17	8 864.16	290.63

Fonte dati: Rapporto ambientale ENEL 2013

Normativa di riferimento

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti, ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF;
- alle prescrizioni e indicazioni della Società Distributrice di energia elettrica;
- alle prescrizioni del gestore della rete;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

SITO DI INSTALLAZIONE

Il dimensionamento energetico dell'impianto fotovoltaico connesso alla rete del distributore è stato effettuato tenendo conto, oltre che della disponibilità economica, di:

- disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico;
- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici e ambientali (ombreggiamento e albedo).

Disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico

La descrizione del sito in cui verrà installato l'impianto fotovoltaico è riportata di seguito.

Progetto impianto fotovoltaico a terra da installarsi presso discarica intercomunale sita nel comune di Novellara (RE), in strada Levata, n. 64.

Disponibilità della fonte solare

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è verificata utilizzando i dati "UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Palidano di Gonzaga" relativi a valori giornalieri medi mensili della irradiazione solare sul piano orizzontale.

Per la località sede dell'intervento, ovvero il comune di NOVELLARA (RE) avente latitudine 44°.8461 N, longitudine 10°.7311 E e altitudine di 24 m.s.l.m.m., i valori giornalieri medi mensili dell'irradiazione solare sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.60	7.90	12.20	16.30	19.60	24.10	22.70	21.00	15.00	7.70	5.20	4.10

Fonte dati: UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Palidano di Gonzaga

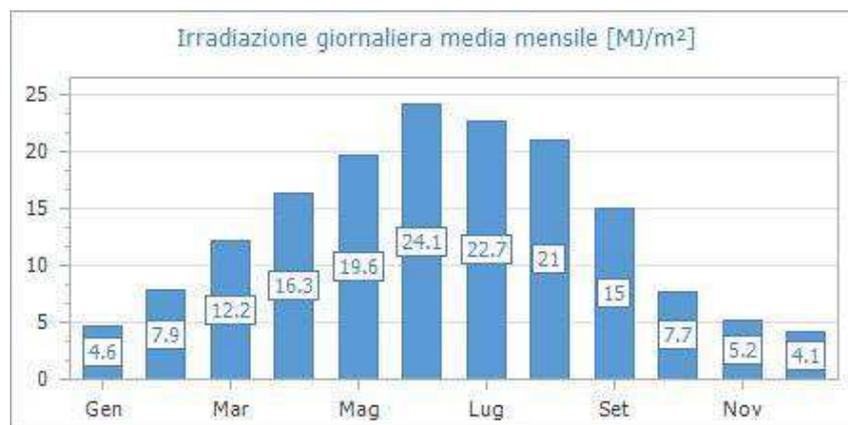


Fig. 1: Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]- Fonte dati: UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Palidano di Gonzaga

Quindi, i valori della irradiazione solare annua sul piano orizzontale sono pari a **4 888.10 MJ/m²** (Fonte dati: UNI 10349:2016 - Stazione di rilevazione: Palidano di Gonzaga).

Fattori morfologici e ambientali

Ombreggiamento

Gli effetti di schermatura da parte di volumi all'orizzonte, dovuti ad elementi naturali (rilievi, alberi) o artificiali (edifici), determinano la riduzione degli apporti solari e il tempo di ritorno dell'investimento.

Il Coefficiente di Ombreggiamento, funzione della morfologia del luogo, è pari a **1.00**.
 Di seguito il diagramma solare per il comune di NOVELLARA:



Fig. 2: Diagramma solare

Albedo

Per tener conto del plus di radiazione dovuta alla riflettanza delle superfici della zona in cui è inserito l'impianto, si sono stimati i valori medi mensili di albedo, considerando anche i valori presenti nella norma UNI/TR 11328-1:

Valori di albedo medio mensile

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

L'albedo medio annuo è pari a **0.20**.

PROCEDURE DI CALCOLO

Criterio generale di progetto

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile.

Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud ed evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati.

Perdite d'energia dovute a tali fenomeni incidono sul costo del kWh prodotto e sul tempo di ritorno dell'investimento.

Dal punto di vista dell'inserimento architettonico, nel caso di applicazioni su coperture a falda, la scelta dell'orientazione e dell'inclinazione va effettuata tenendo conto che è generalmente opportuno mantenere il piano dei moduli parallelo o addirittura complanare a quello della falda stessa. Ciò in modo da non alterare la sagoma dell'edificio e non aumentare l'azione del vento sui moduli stessi. In questo caso, è utile favorire la circolazione d'aria fra la parte posteriore dei moduli e la superficie dell'edificio, al fine di limitare le perdite per temperatura.

Criterio di stima dell'energia prodotta

L'energia generata dipende:

- dal sito di installazione (latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli);
- dall'esposizione dei moduli: angolo di inclinazione (Tilt) e angolo di orientazione (Azimut);
- da eventuali ombreggiamenti o insudiciamenti del generatore fotovoltaico;
- dalle caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatch;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore del BOS può essere stimato direttamente oppure come complemento all'unità del totale delle perdite, calcolate mediante la seguente formula:

$$\text{Totale perdite [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

per i seguenti valori:

- a Perdite per riflessione.
- b Perdite per ombreggiamento.
- c Perdite per mismatching.
- d Perdite per effetto della temperatura.
- e Perdite nei circuiti in continua.
- f Perdite negli inverter.
- g Perdite nei circuiti in alternata.

Criterio di verifica elettrica

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a 70 °C maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima ($V_{mppt\ min}$).

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a -10 °C minore o uguale alla Tensione MPPT massima ($V_{mppt\ max}$).

I valori di MPPT rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

TENSIONE MASSIMA

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

TENSIONE MASSIMA MODULO

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di sistema del modulo.

CORRENTE MASSIMA

Corrente massima (corto circuito) generata, I_{sc} , minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

DIMENSIONAMENTO

Dimensionamento compreso tra il 70 % e 120 %.

Per dimensionamento si intende il rapporto percentuale tra la potenza nominale dell'inverter e la potenza del generatore fotovoltaico a esso collegato (nel caso di sottoimpianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sottoimpianto MPPT nel suo insieme).

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

Impianto *Impianto FV - 1 MW*

L'impianto, denominato "Impianto FV - 1 MW", è di tipo grid-connected, la tipologia di allaccio è: trifase in media tensione.

Ha una potenza totale pari a **997.920 kW** e una produzione di energia annua pari a **1 129 510.18 kWh** (equivalente a **1 131.86 kWh/kW**), derivante da 2 772 moduli che occupano una superficie di 5 072.76 m², ed è composto da 2 generatori.

Scheda tecnica dell'impianto

Dati generali	
Committente	S.A.BA.R S.p.A.
Indirizzo	Via Levata, 64
CAP Comune (Provincia)	42017 NOVELLARA (RE)
Latitudine	44°.8461 N
Longitudine	10°.7311 E
Altitudine	24 m
Irradiazione solare annua sul piano orizzontale	4 888.10 MJ/m²
Coefficiente di ombreggiamento	1.00

Dati tecnici	
Superficie totale moduli	5 072.76 m²
Numero totale moduli	2 772
Numero totale inverter	46
Energia totale annua	1 129 510.18 kWh
Potenza totale	997.920 kW
Potenza fase L1	332.640 kW
Potenza fase L2	332.640 kW
Potenza fase L3	332.640 kW
Energia per kW	1 131.86 kWh/kW
Sistema di accumulo	Assente
Capacità di accumulo utile	-
BOS	74.97 %

Energia prodotta

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è **1 129 510.18 kWh**.

Nel grafico si riporta l'energia prodotta mensilmente:

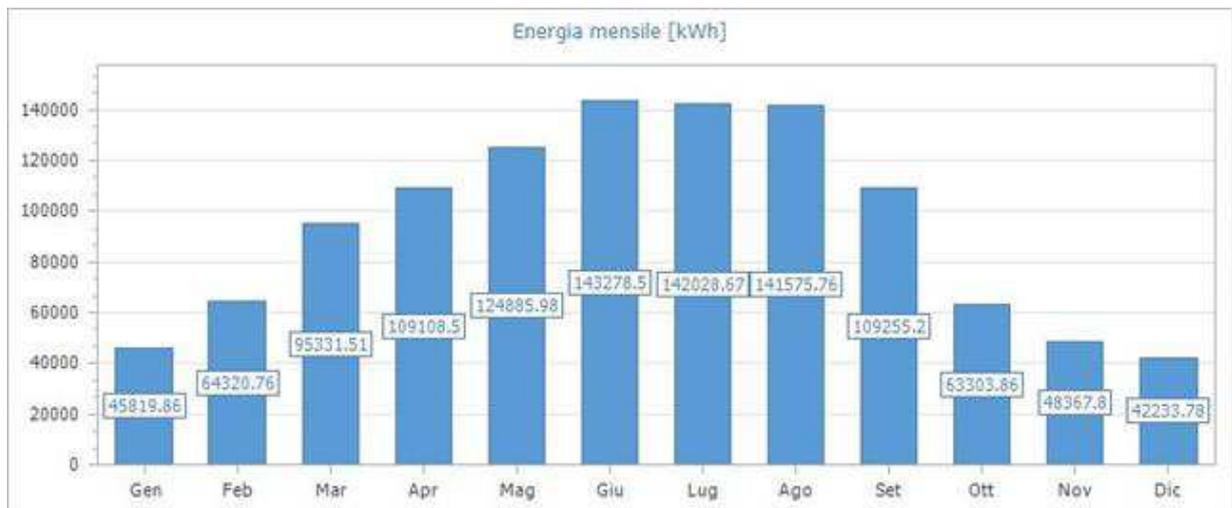


Fig. 3: Energia mensile prodotta dall'impianto

Generatore *Generatore1*

Il generatore, denominato “Generatore1”, ha una potenza pari a **972.000 kW** e una produzione di energia annua pari a **1 100 170.15 kWh**, derivante da 2700 moduli con una superficie totale dei moduli di 4 941.00 m².

Il generatore ha una connessione trifase.

Scheda tecnica

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Non complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Fissa
Inclinazione dei moduli (Tilt)	30°
Orientazione dei moduli (Azimut)	8°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	1 515.60 kWh/m²
Numero superfici disponibili	1
Estensione totale disponibile	2 347.45 m²
Estensione totale utilizzata	2 347.45 m²
Potenza totale	972.000 kW
Energia totale annua	1 100 170.15 kWh

Modulo	
Marca – Modello	TRINA SOLAR - HONEY TSM-DE08M 360W
Numero totale moduli	2700
Superficie totale moduli	4 941.00 m²

Configurazione inverter		
MPPT	Numero di moduli	Stringhe per modulo
1	30	2 x 15
2	30	2 x 15

Inverter	
Marca – Modello	Fronius International GmbH - Fronius Symo 20.0-3-M
Numero totale	45
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 120 %)	92.59 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

Il posizionamento dei moduli è mostrato nell'immagine seguente:

Fig. 4: Posizionamento dei moduli del generatore Generatore1

Generatore *Generatore2*

Il generatore, denominato “Generatore2”, ha una potenza pari a **25.920 kW** e una produzione di energia annua pari a **29 340.03 kWh**, derivante da 72 moduli con una superficie totale dei moduli di 131.76 m².
Il generatore ha una connessione trifase.

Scheda tecnica

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Non complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Fissa
Inclinazione dei moduli (Tilt)	30°
Orientazione dei moduli (Azimut)	8°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	1 515.60 kWh/m²
Numero superfici disponibili	1
Estensione totale disponibile	2 347.45 m²
Estensione totale utilizzata	2 347.45 m²
Potenza totale	25.920 kW
Energia totale annua	29 340.03 kWh

Modulo	
Marca – Modello	TRINA SOLAR - HONEY TSM-DE08M 360W
Numero totale moduli	72
Superficie totale moduli	131.76 m²

Configurazione inverter		
MPPT	Numero di moduli	Stringhe per modulo
1	36	2 x 18
2	36	2 x 18

Inverter	
Marca – Modello	Fronius International GmbH - Fronius Symo 20.0-3-M
Numero totale	1
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 120 %)	77.16 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

Verifiche elettriche MPPT 1

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (519.09 V) maggiore di Vmppt min. (200.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (671.47 V) minore di Vmppt max. (800.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (799.27 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (1 000.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (799.27 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (22.48 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (90.00 A)	VERIFICATO

Verifiche elettriche MPPT 2

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (519.09 V) maggiore di Vmppt min. (200.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (671.47 V) minore di Vmppt max. (800.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (799.27 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (1 000.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (799.27 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (22.48 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (90.00 A)	VERIFICATO

NORMATIVA

Gli impianti fotovoltaici e i relativi componenti devono rispettare, ove di pertinenza, le prescrizioni contenute nelle seguenti norme di riferimento, comprese eventuali varianti, aggiornamenti ed estensioni emanate successivamente dagli organismi di normazione citati.

Si applicano inoltre i documenti tecnici emanati dai gestori di rete riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica e le prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVFF.

Leggi e decreti

Normativa generale

Decreto Legislativo n. 504 del 26-10-1995, aggiornato 1-06-2007: Testo Unico delle disposizioni legislative concernenti le imposte sulla produzione e sui consumi e relative sanzioni penali e amministrative.

Decreto Legislativo n. 387 del 29-12-2003: attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

Legge n. 239 del 23-08-2004: riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia.

Decreto Legislativo n. 192 del 19-08-2005: attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Decreto Legislativo n. 311 del 29-12-2006: disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Decreto Legislativo n. 115 del 30-05-2008: attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

Decreto Legislativo n. 56 del 29-03-2010: modifiche e integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115.

Decreto del presidente della repubblica n. 59 del 02-04-2009: regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.

Decreto Legislativo n. 26 del 2-02-2007: attuazione della direttiva 2003/96/CE che ristruttura il quadro comunitario per la tassazione dei prodotti energetici e dell'elettricità.

Decreto Legge n. 73 del 18-06-2007: testo coordinato del Decreto Legge 18 giugno 2007, n. 73.

Decreto 2-03-2009: disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

Legge n. 99 del 23 luglio 2009: disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonché in materia di energia.

Legge 13 Agosto 2010, n. 129 (GU n. 192 del 18-8-2010): Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 luglio 2010, n. 105, recante misure urgenti in materia di energia. Proroga di termine per l'esercizio di delega legislativa in materia di riordino del sistema degli incentivi. (Art. 1-septies - Ulteriori disposizioni in materia di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili).

Decreto legislativo del 3 marzo 2011, n. 28: Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

Decreto legge del 22 giugno 2012, n. 83: misure urgenti per la crescita del Paese.

Legge 11 agosto 2014, n. 116: conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 24 giugno 2014, n. 91, recante disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea. (GU Serie Generale n.192 del 20-8-2014 - Suppl. Ordinario n. 72).

Decreto Ministero dello sviluppo economico del 19 maggio 2015 (GU n.121 del 27-5-2015): approvazione del modello unico per la realizzazione, la connessione e l'esercizio di piccoli impianti fotovoltaici integrati sui tetti degli edifici.

Sicurezza

D.Lgs. 81/2008: (testo unico della sicurezza): misure di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e succ. mod. e int.

DM 37/2008: sicurezza degli impianti elettrici all'interno degli edifici.

Ministero dell'interno

"Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" - DCPREV, prot.5158 - Edizione 2012.

"Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" - Nota DCPREV, prot.1324 - Edizione 2012.
"Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici" - Chiarimenti alla Nota DCPREV, prot.1324 "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici – Edizione 2012".

Secondo Conto Energia

Decreto 19-02-2007: criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387.

Legge n. 244 del 24-12-2007 (Legge finanziaria 2008): disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato.

Decreto Attuativo 18-12-2008 - Finanziaria 2008

DM 02/03/2009: disposizioni in materia di incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

Terzo Conto Energia

Decreto 6 agosto 2010: incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

Quarto Conto Energia

Decreto 5 maggio 2011: incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici.

Quinto Conto Energia

Decreto 5 luglio 2012: attuazione dell'art. 25 del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, recante incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici.

Deliberazione 12 luglio 2012 292/2012/R/EFR: determinazione della data in cui il costo cumulato annuo degli incentivi spettanti agli impianti fotovoltaici ha raggiunto il valore annuale di 6 miliardi di euro e della decorrenza delle modalità di incentivazione disciplinate dal decreto del ministro dello sviluppo economico, di concerto con il ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 5 luglio 2012.

Norme Tecniche

Normativa fotovoltaica

CEI 82-25: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.

CEI 82-25; V2: guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa Tensione.

CEI EN 60904-1(CEI 82-1): dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente.

CEI EN 60904-2 (CEI 82-2): dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento.

CEI EN 60904-3 (CEI 82-3): dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento.

CEI EN 61215 (CEI 82-8): moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo.

CEI EN 61646 (82-12): moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri - Qualifica del progetto e approvazione di tipo.

CEI EN 61724 (CEI 82-15): rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati.

CEI EN 61730-1 (CEI 82-27): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione.

CEI EN 61730-2 (CEI 82-28): qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove.

CEI EN 62108 (82-30): moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo.

CEI EN 62093 (CEI 82-24): componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) - Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali.

CEI EN 50380 (CEI 82-22): fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici.

CEI EN 50521 (CEI 82-31): connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove.

CEI EN 50524 (CEI 82-34): fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici.

CEI EN 50530 (CEI 82-35): rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.

EN 62446 (CEI 82-38): grid connected photovoltaic systems - Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection.

CEI 20-91: cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.

UNI 10349: riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici.

UNI/TR 11328-1: "Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta".

Altra Normativa sugli impianti elettrici

CEI 0-2: guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici.

CEI 0-16: regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.

CEI 0-21: regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.

CEI 11-20: impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria.

CEI EN 50438 (CT 311-1): prescrizioni per la connessione di micro-generatori in parallelo alle reti di distribuzione pubblica in bassa tensione.

CEI 64-8: impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata

CEI EN 60439 (CEI 17-13): apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).

CEI EN 60445 (CEI 16-2): principi base e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, marcatura e identificazione - Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico.

CEI EN 60529 (CEI 70-1): gradi di protezione degli involucri (codice IP).

CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni.

CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti - Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso $I_n = 16$ A per fase).

CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2).

CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3).

CEI EN 50470-1 (CEI 13-52): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C).

CEI EN 50470-3 (CEI 13-54): apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C).

CEI EN 62305 (CEI 81-10): protezione contro i fulmini.

CEI 81-3: valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato.

CEI 20-19: cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V.

CEI 20-20: cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V.

CEI 13-4: sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica.

CEI UNI EN ISO/IEC 17025:2008: requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

Delibere AEEGSI

Connessione

Delibera ARG/ELT n. 33-08: condizioni tecniche per la connessione alle reti di distribuzione dell'energia elettrica a tensione nominale superiore ad 1 kV.

Deliberazione 84/2012/R/EEL: interventi urgenti relativi agli impianti di produzione di energia elettrica, con particolare riferimento alla generazione distribuita, per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale.

Ritiro dedicato

Delibera ARG/ELT n. 280-07: modalità e condizioni tecnico-economiche per il ritiro dell'energia elettrica ai sensi dell'articolo 13, commi 3 e 4, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387-03, e del comma 41 della legge 23 agosto 2004, n. 239-04.

Servizio di misura

Delibera ARG/ELT n. 88-07: disposizioni in materia di misura dell'energia elettrica prodotta da impianti di generazione.

TIME (2016-2019) - Allegato B Delibera 654/2015/R/EEL: testo integrato delle disposizioni per l'erogazione del servizio di misura dell'energia elettrica.

Tariffe

Delibera 111-06: condizioni per l'erogazione del pubblico servizio di dispacciamento dell'energia elettrica sul territorio nazionale e per l'approvvigionamento delle relative risorse su base di merito economico, ai sensi degli articoli 3 e 5 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79.

TIV - Allegato A - Deliberazione 19 luglio 2012 301/2012/R/EEL (valido dal 01-01-2016)

TIT (2016-2019) - Allegato A Delibera 654/2015/R/EEL: testo integrato delle disposizioni per l'erogazione dei servizi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica

TIC (2016-2019) - Allegato C Delibera 654/2015/R/EEL: testo integrato delle condizioni economiche per l'erogazione del servizio di connessione

TIS - Allegato A Deliberazione ARG/ELT 107-09 (valido dal 01-01-2016): testo integrato delle disposizioni dell'autorità per l'energia elettrica e il gas in ordine alla regolazione delle partite fisiche ed economiche del servizio di dispacciamento (Settlement)

TICA

Delibera ARG/ELT n. 99-08 TICA: testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica (Testo integrato delle connessioni attive – TICA).

Deliberazione ARG/ELT 124/10: Istituzione del sistema di Gestione delle Anagrafiche Uniche Degli Impianti di produzione e delle relative unità (GAUDI) e razionalizzazione dei flussi informativi tra i vari soggetti operanti nel settore della produzione di energia elettrica.

Deliberazione ARG/ELT n. 181-10: attuazione del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 6 agosto 2010, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare.

TISP

Delibera ARG/ELT n. 188-05: definizione del soggetto attuatore e delle modalità per l'erogazione delle tariffe incentivanti degli impianti fotovoltaici, in attuazione dell'articolo 9 del decreto del Ministro delle attività produttive, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, 28 luglio 2005 con modifiche e integrazioni introdotte con le delibere n. 40/06, n. 260/06, 90/07, ARG/ELT 74/08 e ARG/ELT 1/09.

TISP - Delibera ARG/ELT n. 74-08: testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per lo scambio sul posto.

Delibera ARG/ELT n.1-09: attuazione dell'articolo 2, comma 153, della legge n. 244/07 e dell'articolo 20 del decreto ministeriale 18 dicembre 2008, in materia di incentivazione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili tramite la tariffa fissa onnicomprensiva e di scambio sul posto.

TISP 2013 Deliberazione n. 570/2012/R/EFR - Testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per l'erogazione del servizio di scambio sul posto: condizioni per l'anno 2013.

TISP 2014 - Allegato A alla deliberazione 570/2012/R/EEL: testo integrato delle modalità e delle condizioni tecnico-economiche per l'erogazione del servizio di scambio sul posto con integrazioni e modifiche apportate con deliberazioni 578/2013/R/EEL, 614/2013/R/EEL e 612/2014/R/EEL.

Documento per la consultazione 488/2013/R/EFR: scambio sul posto: aggiornamento del limite massimo per la restituzione degli oneri generali di sistema nel caso di impianti alimentati da fonti rinnovabili.

TEP

Delibera EEN 3/08: aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica.

TIQE

Deliberazione - ARG/ELT 198-11: testo integrato della qualità dei servizi di distribuzione e misura dell'energia elettrica per il periodo di regolazione 2012-2015.

SEU

Deliberazione 578/2013/R/EEL: Regolazione dei servizi di connessione, misura, trasmissione, distribuzione, dispacciamento e vendita nel caso di sistemi semplici di produzione e consumo.

Allegato A alla deliberazione 578/2013/R/EEL: Versione integrata e modificata dalle deliberazioni 426/2014/R/EEL, 612/2014/R/EEL, 242/2015/R/EEL, 72/2016/R/EEL. Testo integrato dei sistemi semplici di produzione e consumo - TISSPC.

Deliberazione 609/2014/R/EEL: prima attuazione delle disposizioni del decreto legge 91/2014, in tema di applicazione dei corrispettivi degli oneri generali di sistema per reti interne e sistemi efficienti di produzione e consumo. (Versione modificata con la deliberazione 25 giugno 2015, 302/2015/R/COM).

Deliberazione 242/2015/R/EEL: regole definitive per la qualifica di sistema efficiente di utenza (SEU) o sistema esistente equivalente ai sistemi efficienti di utenza (SESEU): approvazione, riconoscimento dei costi sostenuti dal GSE e modifiche alla deliberazione dell'autorità 578/2013/R/EEL.

Agenzia delle Entrate

Circolare n. 46/E del 19/07/2007: articolo 7, comma 2, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 – Disciplina fiscale degli incentivi per gli impianti fotovoltaici.

Circolare n. 66 del 06/12/2007: tariffa incentivante art. 7, c. 2, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387.

Circolare n. 46/E del 19 luglio 2007 - Precisazione.

Risoluzione n. 21/E del 28/01/2008: istanza di Interpello– Aliquota Iva applicabile alle prestazioni di servizio energia - nn. 103) e 122) della Tabella A, Parte terza, d.P.R. 26/10/1972, n. 633 - Alfa S.p.A.

Risoluzione n. 22/E del 28/01/2008: istanza di Interpello - Art. 7, comma 2, d. lgs. vo n. 387 del 29 dicembre 2003.

Risoluzione n. 61/E del 22/02/2008: trattamento fiscale ai fini dell'imposta sul valore aggiunto e dell'applicazione della ritenuta di acconto della tariffa incentivante per la produzione di energia fotovoltaica di cui all'art. 7, comma 2, del d.lgs. n. 387 del 29 dicembre 2003.

Circolare n. 38/E del 11/04/2008: articolo 1, commi 271-279, della legge 27 dicembre 2006, n. 296 – Credito d'imposta per acquisizioni di beni strumentali nuovi in aree svantaggiate.

Risoluzione n. 13/E del 20/01/2009: istanza di interpello – Art. 11 Legge 27 luglio 2000, n. 212 – Gestore dei Servizi Elettrici, SPA –Dpr 26 ottobre 1972, n. 633 e Dpr 22 dicembre 1986, n. 917.

Risoluzione n. 20/E del 27/01/2009: interpello - Art. 11 Legge 27 luglio 2000, n. 212 - ALFA – art.9 , DM 2 febbraio 2007.

Circolare del 06/07/2009 n. 32/E: imprenditori agricoli - produzione e cessione di energia elettrica e calorica da fonti rinnovabili agroforestali e fotovoltaiche nonché di carburanti e di prodotti chimici derivanti prevalentemente da prodotti del fondo: aspetti fiscali. Articolo 1, comma 423, della legge 23 dicembre 2005, n. 266 e successive modificazioni.

Risoluzione del 25/08/2010 n. 88/E: interpello - Gestore Servizi Energetici - GSE - articolo 2 della legge 24 dicembre 2007, n. 244.

Risoluzione del 04/04/2012 n. 32/E: trattamento fiscale della produzione di energia elettrica da parte dell'ente pubblico mediante impianti fotovoltaici – Scambio sul posto e scambio a distanza.

Risoluzione del 10/08/2012 n. 84/E :interpello - Art. 28 del DPR 29 settembre 1973, n.600 (Impianti FTV su Condomini).

Risoluzione del 06/12/2012: interpello - Gestore Servizi Energetici - GSE - Fiscalità V Conto Energia.

Risoluzione del 02/04/2013 n. 22/E: applicabilità della detrazione fiscale del 36 per cento, prevista dall'art. 16-bis del TUIR, alle spese di acquisto e installazione di un impianto fotovoltaico diretto alla produzione di energia elettrica.

Circolare del 19/12/2013 n. 36/E: impianti fotovoltaici – Profili catastali e aspetti fiscali.

Risoluzione del 15/10/2015 n. 86/E: tassazione forfettaria del reddito derivante dalla produzione e dalla cessione di energia elettrica da impianti fotovoltaici - Art. 22 del decreto legge n. 66 del 2014.

Circolare del 01/02/2016 n. 2/E: unità immobiliari urbane a destinazione speciale e particolare - Nuovi criteri di individuazione dell'oggetto della stima diretta. Nuove metodologie operative in tema di identificazione e caratterizzazione degli immobili nel sistema informativo catastale (procedura Docfa).

Agenzia del Territorio

Risoluzione n. 3/2008: accertamento delle centrali elettriche a pannelli fotovoltaici.

Nota Prot. n. 31892 - Accertamento degli immobili ospitanti gli impianti fotovoltaici.

GSE

SSP

Disposizioni Tecniche di Funzionamento.

Regole Tecniche sulla Disciplina dello scambio sul posto.

Ritiro dedicato

Prezzi medi mensili per fascia oraria e zona di mercato.

Prezzi minimi garantiti.

V Conto Energia

Guida alle applicazioni innovative finalizzate all'integrazione architettonica del fotovoltaico - Agosto 2012

Catalogo impianti fotovoltaici integrati con caratteristiche innovative - Agosto 2012

Regole applicative per l'iscrizione ai registri e per l'accesso alle tariffe incentivanti - 7 agosto 2012

Bando pubblico per l'iscrizione al Registro degli impianti fotovoltaici

Guida all'utilizzo dell'applicazione web per la richiesta di iscrizione al Registro - 20 agosto 2012

Guida all'utilizzo dell'applicazione web FTV - SR - 27 agosto 2012

Chiarimenti sulla definizione di edificio energeticamente certificabile e sulle Certificazioni/Attestazioni riguardanti i moduli fotovoltaici ed i gruppi di conversione (inverter) necessarie per l'ammissione alle tariffe incentivanti - 6 settembre 2012

SEU

Regole applicative per la presentazione della richiesta e il conseguimento della qualifica di SEU e SEESEU.

Guida alla qualifica dei sistemi SEU e SEESEU.

TERNA

Gestione transitoria dei flussi informativi per GAUDÌ.

GAUDÌ - Gestione anagrafica unica degli impianti e delle unità di produzione.

FAQ GAUDÌ

Requisiti minimi per la connessione e l'esercizio in parallelo con la rete AT (Allegato A.68).

Criteri di connessione degli impianti di produzione al sistema di difesa di Terna (Allegato A.69).

Regolazione tecnica dei requisiti di sistema della generazione distribuita (Allegato A.70).

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

DEFINIZIONI

Definizioni - Rete Elettrica

Distributore

Persona fisica o giuridica responsabile dello svolgimento di attività e procedure che determinano il funzionamento e la pianificazione della rete elettrica di distribuzione di cui è proprietaria.

Rete del distributore

Rete elettrica di distribuzione AT, MT e BT alla quale possono collegarsi gli utenti.

Rete BT del distributore

Rete a tensione nominale superiore a 50 V fino a 1.000 V compreso in c.a.

Rete MT del distributore

Rete a tensione nominale superiore a 1.000 V in c.a. fino a 30.000 V compreso.

Utente

Soggetto che utilizza la rete del distributore per cedere o acquistare energia elettrica.

Gestore di rete

Il Gestore di rete è la persona fisica o giuridica responsabile, anche non avendone la proprietà, della gestione della rete elettrica con obbligo di connessione di terzi a cui è connesso l'impianto (Deliberazione dell'AEEG n. 28/06).

Gestore Contraente

Il Gestore Contraente è l'impresa distributrice competente nell'ambito territoriale in cui è ubicato l'impianto fotovoltaico (Deliberazione dell'AEEG n. 28/06).

Definizioni - Impianto Fotovoltaico

Angolo di inclinazione (o di Tilt)

Angolo di inclinazione del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al piano orizzontale (da IEC/TS 61836).

Angolo di orientazione (o di azimut)

L'angolo di orientazione del piano del dispositivo fotovoltaico rispetto al meridiano corrispondente. In pratica, esso misura lo scostamento del piano rispetto all'orientazione verso SUD (per i siti nell'emisfero terrestre settentrionale) o verso NORD (per i siti nell'emisfero meridionale). Valori positivi dell'angolo di azimut indicano un orientamento verso ovest e valori negativi indicano un orientamento verso est (CEI EN 61194).

BOS (Balance Of System o Resto del sistema)

Insieme di tutti i componenti di un impianto fotovoltaico, esclusi i moduli fotovoltaici.

Generatore o Campo fotovoltaico

Insieme di tutte le schiere di moduli fotovoltaici in un sistema dato (CEI EN 61277).

Cella fotovoltaica

Dispositivo fotovoltaico fondamentale che genera elettricità quando viene esposto alla radiazione solare (CEI EN 60904-3). Si tratta sostanzialmente di un diodo con grande superficie di giunzione, che esposto alla radiazione solare si comporta come un generatore di corrente, di valore proporzionale alla radiazione incidente su di esso.

Condizioni di Prova Standard (STC)

Comprendono le seguenti condizioni di prova normalizzate (CEI EN 60904-3):

– Temperatura di cella: 25 °C \pm 2 °C.

– Irraggiamento: 1000 W/m², con distribuzione spettrale di riferimento (massa d'aria AM 1,5).

Condizioni nominali

Sono le condizioni di prova dei moduli fotovoltaici, piani o a concentrazione solare, nelle quali sono rilevate le prestazioni dei moduli stessi, secondo protocolli definiti dalle pertinenti norme CEI (Comitato elettrotecnico italiano) e indicati nella Guida CEI 82-25 e successivi aggiornamenti.

Costo indicativo cumulato annuo degli incentivi o costo indicativo cumulato degli incentivi

Sommatoria degli incentivi, gravanti sulle tariffe dell'energia elettrica, riconosciuti a tutti gli impianti alimentati da fonte fotovoltaica in attuazione del presente decreto e dei precedenti provvedimenti di incentivazione; ai fini della determinazione del costo generato dai provvedimenti antecedenti al presente decreto, si applicano le modalità previste dal DM 5 maggio 2011; ai fini della determinazione dell'ulteriore costo generato dal presente decreto:

i) viene incluso il costo degli impianti ammessi a registro in posizione utile. A tali impianti, fino all'entrata in esercizio, è attribuito un incentivo pari alla differenza fra la tariffa incentivante spettante alla data di entrata in esercizio dichiarata dal produttore e il prezzo medio zonale nell'anno precedente a quello di richiesta di iscrizione;

ii) l'incentivo attribuibile agli impianti entrati in esercizio che accedono ad incentivi calcolati per differenza rispetto a tariffe incentivanti costanti, ivi inclusi gli impianti che accedono a tariffe fisse onnicomprehensive, è calcolato per differenza con il valore del prezzo zonale nell'anno precedente a quello in corso;

iii) la producibilità annua netta incentivabile è convenzionalmente fissata in 1200 kWh/kW per tutti gli impianti.

Data di entrata in esercizio di un impianto fotovoltaico

Data in cui si effettua il primo funzionamento dell'impianto in parallelo con il sistema elettrico, comunicata dal gestore di rete e dallo stesso registrata in GAUDÌ.

Dispositivo del generatore

Dispositivo installato a valle dei terminali di ciascun generatore dell'impianto di produzione (CEI 11-20).

Dispositivo di interfaccia

Dispositivo installato nel punto di collegamento della rete di utente in isola alla restante parte di rete del produttore, sul quale agiscono le protezioni d'interfaccia (CEI 11-20); esso separa l'impianto di produzione dalla rete di utente non in isola e quindi dalla rete del Distributore; esso comprende un organo di interruzione, sul quale agisce la protezione di interfaccia.

Dispositivo generale

Dispositivo installato all'origine della rete del produttore e cioè immediatamente a valle del punto di consegna dell'energia elettrica dalla rete pubblica (CEI 11-20).

Effetto fotovoltaico

Fenomeno di conversione diretta della radiazione elettromagnetica (generalmente nel campo della luce visibile e, in particolare, della radiazione solare) in energia elettrica mediante formazione di coppie elettrone-lacuna all'interno di semiconduttori, le quali determinano la creazione di una differenza di potenziale e la conseguente circolazione di corrente se collegate ad un circuito esterno.

Efficienza nominale di un generatore fotovoltaico

Rapporto fra la potenza nominale del generatore e l'irraggiamento solare incidente sull'area totale dei moduli, in STC; detta efficienza può essere approssimativamente ottenuta mediante rapporto tra la potenza nominale del generatore stesso (espressa in kWp) e la relativa superficie (espressa in m²), intesa come somma dell'area dei moduli.

Efficienza nominale di un modulo fotovoltaico

Rapporto fra la potenza nominale del modulo fotovoltaico e il prodotto dell'irraggiamento solare standard (1000 W/m²) per la superficie complessiva del modulo, inclusa la sua cornice.

Efficienza operativa media di un generatore fotovoltaico

Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.c. dal generatore fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.

Efficienza operativa media di un impianto fotovoltaico

Rapporto tra l'energia elettrica prodotta in c.a. dall'impianto fotovoltaico e l'energia solare incidente sull'area totale dei moduli, in un determinato intervallo di tempo.

Energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico

L'energia elettrica (espressa in kWh) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.

Gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata (o Inverter)

Apparecchiatura, tipicamente statica, impiegata per la conversione in corrente alternata della corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico.

Impianto (o Sistema) fotovoltaico

Impianto di produzione di energia elettrica, mediante l'effetto fotovoltaico; esso è composto dall'insieme di moduli fotovoltaici (Campo fotovoltaico) e dagli altri componenti (BOS), tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche e/o di immetterla nella rete del distributore.

Impianto (o Sistema) fotovoltaico collegato alla rete del distributore

Impianto fotovoltaico in grado di funzionare (ossia di fornire energia elettrica) quando è collegato alla rete del distributore.

Impianto fotovoltaico a concentrazione

Un impianto di produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della radiazione solare, tramite l'effetto fotovoltaico; esso è composto principalmente da un insieme di moduli in cui la luce solare è concentrata, tramite sistemi ottici, su celle fotovoltaiche, da uno o più gruppi di conversione della corrente continua in corrente alternata e da altri componenti elettrici minori; il «fattore di concentrazione di impianto fotovoltaico a concentrazione» è il valore minimo fra il fattore di concentrazione geometrico e quello energetico, definiti e calcolati sulla base delle procedure indicate nella Guida CEI 82-25.

Impianto fotovoltaico integrato con caratteristiche innovative

Impianto fotovoltaico che utilizza moduli non convenzionali e componenti speciali, sviluppati specificatamente per sostituire elementi architettonici, e che risponde ai requisiti costruttivi e alle modalità di installazione indicate.

Impianto fotovoltaico con innovazione tecnologica

Impianto fotovoltaico che utilizza moduli e componenti caratterizzati da significative innovazioni tecnologiche.

Impianto fotovoltaico realizzato su un edificio

Impianto i cui moduli sono posizionati sugli edifici secondo specifiche modalità individuate.

Impianti con componenti principali realizzati unicamente all'interno di un Paese che risulti membro dell'UE/SEE

A prescindere dall'origine delle materie prime impiegate, sono gli impianti fotovoltaici e gli impianti fotovoltaici integrati con caratteristiche innovative che utilizzano moduli fotovoltaici e gruppi di conversione realizzati unicamente all'interno di un Paese che risulti membro dell'Unione Europea o che sia parte dell'Accordo sullo Spazio Economico

Europeo - SEE (Islanda, Liechtenstein e Norvegia), nel rispetto dei seguenti requisiti:

1. per i moduli fotovoltaici è stato rilasciato l'attestato di controllo del processo produttivo in fabbrica (Factory Inspection Attestation, come indicata nella Guida CEI 82-25 e successivi aggiornamenti) ai fini dell'identificazione dell'origine del prodotto, a dimostrazione che almeno le seguenti lavorazioni sono state eseguite all'interno dei predetti Paesi: a) moduli in silicio cristallino: stringatura celle, assemblaggio/laminazione e test elettrici; b) moduli fotovoltaici in film sottile (thin film): processo di deposizione, assemblaggio/laminazione e test elettrici; c) moduli in film sottile su supporto flessibile: stringatura celle, assemblaggio/laminazione e test elettrici; d) moduli non convenzionali e componenti speciali: oltre alle fasi di lavorazione previste per i punti a), b) e c), a seconda della tipologia di modulo, anche le fasi di processo che determinano la non convenzionalità e/o la specialità; in questo caso, all'interno del Factory Inspection Attestation va resa esplicita anche la tipologia di non convenzionalità e/o la specialità.

2. Per i gruppi di conversione è stato rilasciato, da un ente di certificazione accreditato EN 45011 per le prove su tali componenti, l'attestato di controllo del processo produttivo in fabbrica ai fini dell'identificazione dell'origine del prodotto, a dimostrazione che almeno le seguenti lavorazioni sono state eseguite all'interno dei predetti Paesi: progettazione, assemblaggio, misure/collaudato.

Impianto - Serra fotovoltaica

Struttura, di altezza minima dal suolo pari a 2 metri, nella quale i moduli fotovoltaici costituiscono gli elementi costruttivi della copertura o delle pareti di un manufatto adibito, per tutta la durata dell'erogazione della tariffa incentivante alle coltivazioni agricole o alla floricoltura. La struttura della serra, in metallo, legno o muratura, deve essere fissa, ancorata al terreno e con chiusure fisse o stagionalmente rimovibili;

Impianto fotovoltaico con moduli collocati a terra

Impianto per il quale i moduli non sono fisicamente installati su edifici, serre, barriere acustiche o fabbricati rurali, né su pergole, tettoie e pensiline, per le quali si applicano le definizioni di cui all'articolo 20 del DM 6 agosto 2010.

Inseguitore della massima potenza (MPPT)

Dispositivo di comando dell'inverter tale da far operare il generatore fotovoltaico nel punto di massima potenza. Esso può essere realizzato anche con un convertitore statico separato dall'inverter, specie negli impianti non collegati ad un sistema in c.a.

Energia radiante

Energia emessa, trasportata o ricevuta in forma di onde elettromagnetiche.

Irradiazione

Rapporto tra l'energia radiante che incide su una superficie e l'area della medesima superficie.

Irraggiamento solare

Intensità della radiazione elettromagnetica solare incidente su una superficie di area unitaria. Tale intensità è pari all'integrale della potenza associata a ciascun valore di frequenza dello spettro solare (CEI EN 60904-3).

Modulo fotovoltaico

Il più piccolo insieme di celle fotovoltaiche interconnesse e protette dall'ambiente circostante (CEI EN 60904-3).

Modulo fotovoltaico in c.a.

Modulo fotovoltaico con inverter integrato; la sua uscita è solo in corrente alternata: non è possibile l'accesso alla parte in continua (IEC 60364-7-712).

Pannello fotovoltaico

Gruppo di moduli fissati insieme, preassemblati e cablati, destinati a fungere da unità installabili (CEI EN 61277).

Perdite per mismatch (o per disaccoppiamento)

Differenza fra la potenza totale dei dispositivi fotovoltaici connessi in serie o in parallelo e la somma delle potenze di ciascun dispositivo, misurate separatamente nelle stesse condizioni. Deriva dalla differenza fra le caratteristiche tensione corrente dei singoli dispositivi e viene misurata in W o in percentuale rispetto alla somma delle potenze (da IEC/TS 61836).

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un generatore fotovoltaico

Potenza elettrica (espressa in W_p), determinata dalla somma delle singole potenze nominali (o massime o di picco o di targa) di ciascun modulo costituente il generatore fotovoltaico, misurate in Condizioni di Prova Standard (STC).

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un impianto fotovoltaico

Per prassi consolidata, coincide con la potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) del suo generatore fotovoltaico.

Potenza nominale (o massima, o di picco, o di targa) di un modulo fotovoltaico

Potenza elettrica (espressa in W_p) del modulo, misurata in Condizioni di Prova Standard (STC).

Potenza effettiva di un generatore fotovoltaico

Potenza di picco del generatore fotovoltaico (espressa in W_p), misurata ai morsetti in corrente continua dello stesso e riportata alle Condizioni di Prova Standard (STC) secondo definite procedure (CEI EN 61829).

Potenza prodotta da un impianto fotovoltaico

Potenza di un impianto fotovoltaico (espressa in kW) misurata all'uscita dal gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, resa disponibile alle utenze elettriche e/o immessa nella rete del distributore.

Potenziamento

Intervento tecnologico, realizzato nel rispetto dei requisiti e in conformità alle disposizioni del presente decreto, eseguito su un impianto entrato in esercizio da almeno tre anni, consistente in un incremento della potenza nominale dell'impianto, mediante aggiunta di una o più stringhe di moduli fotovoltaici e dei relativi inverter, la cui potenza

nominale complessiva sia non inferiore a 1 kW, in modo da consentire una produzione aggiuntiva dell'impianto medesimo, come definita alla lettera l). L'energia incentivata a seguito di un potenziamento è la produzione aggiuntiva dell'impianto moltiplicata per un coefficiente di gradazione pari a 0,8.

Produzione netta di un impianto

Produzione lorda diminuita dell'energia elettrica assorbita dai servizi ausiliari di centrale, delle perdite nei trasformatori principali e delle perdite di linea fino al punto di consegna dell'energia alla rete elettrica.

Produzione lorda di un impianto

Per impianti connessi a reti elettriche in media o alta tensione, l'energia elettrica misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata in bassa tensione, prima che essa sia resa disponibile alle eventuali utenze elettriche del soggetto responsabile e prima che sia effettuata la trasformazione in media o alta tensione per l'immissione nella rete elettrica; per impianti connessi a reti elettriche in bassa tensione, l'energia elettrica misurata all'uscita del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata, ivi incluso l'eventuale trasformatore di isolamento o adattamento, prima che essa sia resa disponibile alle eventuali utenze elettriche del soggetto responsabile e immessa nella rete elettrica.

Produzione netta aggiuntiva di un impianto

Aumento espresso in kWh, ottenuto a seguito di un potenziamento, dell'energia elettrica netta prodotta annualmente e misurata attraverso l'installazione di un gruppo di misura dedicato.

Punto di connessione

Punto della rete elettrica, come definito dalla deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas ARG/elt 99/08 e sue successive modifiche e integrazioni.

Radiazione solare

Integrale dell'irraggiamento solare (espresso in kWh/m²), su un periodo di tempo specificato (CEI EN 60904-3).

Rifacimento totale

Intervento impiantistico-tecnologico eseguito su un impianto entrato in esercizio da almeno venti anni che comporta la sostituzione con componenti nuovi di almeno tutti i moduli e del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata.

Servizio di scambio sul posto

Servizio di cui all'articolo 6 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 e successive modifiche ed integrazioni.

Sezioni

"...l'impianto fotovoltaico può essere composto anche da sezioni di impianto a condizione che:

- a) all'impianto corrisponda un solo soggetto responsabile;
- b) ciascuna sezione dell'impianto sia dotata di autonoma apparecchiatura per la misura dell'energia elettrica prodotta ai sensi delle disposizioni di cui alla deliberazione n. 88/07;
- c) il soggetto responsabile consenta al soggetto attuatore l'acquisizione per via telematica delle misure rilevate dalle apparecchiature per la misura di cui alla precedente lettera b), qualora necessaria per gli adempimenti di propria competenza. Tale acquisizione può avvenire anche per il tramite dei gestori di rete sulla base delle disposizioni di cui all'articolo 6, comma 6.1, lettera b), della deliberazione n. 88/07;
- d) a ciascuna sezione corrisponda una sola tipologia di integrazione architettonica di cui all'articolo 2, comma 1, lettere da b1) a b3) del decreto ministeriale 19 febbraio 2007, ovvero corrisponda la tipologia di intervento di cui all'articolo 6, comma 4, lettera c), del medesimo decreto ministeriale;
- e) la data di entrata in esercizio di ciascuna sezione sia univocamente definibile....." (ARG-elt 161/08).

Soggetto responsabile

Il soggetto responsabile è la persona fisica o giuridica responsabile della realizzazione e dell'esercizio dell'impianto fotovoltaico.

Sottosistema fotovoltaico

Parte del sistema o impianto fotovoltaico; esso è costituito da un gruppo di conversione c.c./c.a. e da tutte le stringhe fotovoltaiche che fanno capo ad esso.

Stringa fotovoltaica

Insieme di moduli fotovoltaici collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione d'uscita desiderata.

Temperatura nominale di lavoro di una cella fotovoltaica (NOCT)

Temperatura media di equilibrio di una cella solare all'interno di un modulo posto in particolari condizioni ambientali (irraggiamento: 800 W/m², temperatura ambiente: 20 °C, velocità del vento: 1 m/s), elettricamente a circuito aperto ed installato su un telaio in modo tale che a mezzogiorno solare i raggi incidano normalmente sulla sua superficie esposta (CEI EN 60904-3).

Articolo 2, comma 2 (D. Lgs. n° 79 del 16-03-99)

Autoproduttore è la persona fisica o giuridica che produce energia elettrica e la utilizza in misura non inferiore al 70% annuo per uso proprio ovvero per uso delle società controllate, della società controllante e delle società controllate dalla medesima controllante, nonché per uso dei soci delle società cooperative di produzione e distribuzione dell'energia elettrica di cui all'articolo 4, numero 8, della legge 6 dicembre 1962, n. 1643, degli appartenenti ai consorzi o società consortili costituiti per la produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili e per gli usi di fornitura autorizzati nei siti industriali anteriormente alla data di entrata in vigore del decreto.

Art. 9, comma 1 (D. Lgs. n°79 del 16-03-99) L'attività di distribuzione

Le imprese distributrici hanno l'obbligo di connettere alle proprie reti tutti i soggetti che ne facciano richiesta, senza compromettere la continuità del servizio e purché siano rispettate le regole tecniche nonché le deliberazioni emanate dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas in materia di tariffe, contributi ed oneri. Le imprese distributrici operanti alla data di entrata in vigore del presente decreto, ivi comprese, per la quota diversa dai propri soci, le società cooperative di produzione e distribuzione di cui all'articolo 4, numero 8, della legge 6 dicembre 1962, n. 1643, continuano a svolgere il servizio di distribuzione sulla base di concessioni rilasciate entro il 31 marzo 2001 dal Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato e aventi scadenza il 31 dicembre 2030. Con gli stessi provvedimenti sono individuati i responsabili della gestione, della manutenzione e, se necessario, dello sviluppo delle reti di distribuzione e dei relativi dispositivi di interconnessione, che devono mantenere il segreto sulle informazioni commerciali riservate; le concessioni prevedono, tra l'altro, misure di incremento dell'efficienza energetica degli usi finali di energia secondo obiettivi quantitativi determinati con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato di concerto con il Ministro dell'ambiente entro novanta giorni dalla data di entrata in vigore del presente decreto.

Definizione di Edificio: "...un sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a se stanti". (D. Lgs. n. 192 del 19 agosto 2005, articolo 2).

Definizione di Ente locale: ai sensi del Testo Unico delle Leggi sull'ordinamento degli Enti Locali, si intendono per enti locali i Comuni, le Province, le Città metropolitane, le Comunità montane, le Comunità isolate e le Unioni di comuni. Le norme sugli Enti Locali si applicano, altresì, salvo diverse disposizioni, ai consorzi cui partecipano Enti Locali, con esclusione di quelli che gestiscono attività aventi rilevanza economica ed imprenditoriale e, ove previsto dallo statuto, dei consorzi per la gestione dei servizi sociali. La legge 99/09 ha esteso anche alle Regioni, a partire dal 15/08/09, tale disposizione.

SCHEDE TECNICHE MODULI

Modulo **M.D.0006**

DATI GENERALI

Marca	TRINA SOLAR
Modello	HONEY TSM-DE08M 360W
Tipo materiale	Si monocristallino

CARATTERISTICHE ELETTRICHE IN CONDIZIONI STC

Potenza di picco	360.0 W
Im	10.70 A
Isc	11.24 A
Efficienza	19.60 %
Vm	33.60 V
Voc	40.70 V

ALTRE CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Coeff. Termico Voc	-0.2600 %/°C
Coeff. Termico Isc	0.040 %/°C
NOCT	41.0 °C
Vmax	1 000.00 V

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Lunghezza	1 760.00 mm
Larghezza	1 040.00 mm
Superficie	1.830 m²
Spessore	35.00 mm
Peso	20.00 kg
Numero celle	120

NOTE

Note

SCHEDE TECNICHE INVERTER

Inverter **I.0977**

DATI GENERALI

Marca	Fronius International GmbH
Modello	Fronius Symo 20.0-3-M
Tipo fase	Trifase

INGRESSI MPPT

N	VMppt min [V]	VMppt max [V]	V max [V]	I max [A]
1	200.00	800.00	1 000.00	90.00
2	200.00	800.00	1 000.00	90.00

Max pot. FV [W] 31 260

PARAMETRI ELETTRICI IN USCITA

Potenza nominale	20 000 W
Tensione nominale	400 V
Rendimento max	98.00 %
Distorsione corrente	3 %
Rendimento europeo	97.80 %

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Dimensioni LxPxH	510x725x225 mm
Peso	43.00 kg

NOTE

Note

INDICE

DATI GENERALI	2
Ubicazione impianto	2
Committente	2
Tecnico	2
PREMESSA	3
Valenza dell'iniziativa	3
Attenzione per l'ambiente	3
Risparmio sul combustibile	3
Emissioni evitate in atmosfera	3
Normativa di riferimento	3
SITO DI INSTALLAZIONE	4
Disponibilità di spazi sui quali installare l'impianto fotovoltaico	4
Disponibilità della fonte solare	4
Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale	4
Fattori morfologici e ambientali	4
Ombreggiamento	4
Albedo	5
PROCEDURE DI CALCOLO	6
Criterio generale di progetto	6
Criterio di stima dell'energia prodotta	6
Criterio di verifica elettrica	6
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	8
Impianto <i>Impianto FV - 1 MW</i>	8
Scheda tecnica dell'impianto	8
Energia prodotta	8
Generatore <i>Generatore1</i>	10
Scheda tecnica	10
Verifiche elettriche MPPT 1	11
Verifiche elettriche MPPT 2	11
Generatore <i>Generatore2</i>	12
Scheda tecnica	12
Verifiche elettriche MPPT 1	13
Verifiche elettriche MPPT 2	13
NORMATIVA	14
Leggi e decreti	14
Norme Tecniche	15
Delibere AEEGSI	16
Agenzia delle Entrate	18
Agenzia del Territorio	18
GSE	18
TERNA	19
DEFINIZIONI	20
Definizioni - Rete Elettrica	20
Definizioni - Impianto Fotovoltaico	20
SCHEDE TECNICHE MODULI	25
Modulo M.D.0006	25
SCHEDE TECNICHE INVERTER	26
Inverter	26

Verifiche elettriche MPPT 1

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (432.57 V) maggiore di Vmppt min. (200.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (559.56 V) minore di Vmppt max. (800.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (666.06 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (1 000.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (666.06 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (22.48 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (90.00 A)	VERIFICATO

Verifiche elettriche MPPT 2

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (432.57 V) maggiore di Vmppt min. (200.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (559.56 V) minore di Vmppt max. (800.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (666.06 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (1 000.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (666.06 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (22.48 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (90.00 A)	VERIFICATO

STRUTTURE DI SOSTEGNO PER PANNELLI FOTOVOLTAICI IN VIA LEVATA, 64 – 42017 – NOVELLARA (RE)

PROGETTO STRUTTURALE

DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO

La presente relazione ha per oggetto il calcolo e la verifica con il criterio semiprobabilistico degli Stati Limite (S.L. Ultimi e S.L. Esercizio) delle strutture metalliche e relative zavorre da posizionare in **Via Levata, n.64**, nel **Comune di Novellara (RE)**, sul terreno della ditta S.A.Ba.R. per il sostegno di pannelli fotovoltaici.

Le strutture in progetto, costituite da blocchi indipendenti aventi una superficie coperta di circa 20 m² cadauno, sono previsti in carpenteria metallica ed ancorati a terra tramite zavorre in c.a.

Le strutture in progetto ricadono nella definizione di IPRIPI, e precisamente nel p.to A.4.7 “Strutture di sostegno (quali pali, portali, etc.) per pannelli solari e fotovoltaici di altezza dal livello del terreno ≤ 3 m e superficie ≤ 30 m²”.

La tipologia strutturale in carpenteria metallica consente di ridurre le sezioni e gli ingombri, nonchè i pesi gravanti sul terreno.

Tali elementi sono previsti in corrispondenza dei bacini 15, 16, 17 e 18/A su terreno di copertura della discarica.



Sulla base dei dati disponibili dal modello geologico desunto dalla Relazione Geologica del Dott. Triches Riccardo, eseguita nel 2011 per conto di S.A.Ba.r, la classificazione del suolo corrisponde alla categoria di sottosuolo tipo C, ossia: “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra i 180 m/s e 360 m/s”.

Il calcolo strutturale è stato effettuato tramite **analisi dinamica modale** agli elementi finiti **senza condensazione di piano**.

Tutte le azioni sono in accordo con quanto disposto dalle NTC del D.M. del 17 gennaio 2018 e le verifiche sono condotte secondo il criterio degli Stati Limite (S.L.U. ed S.L.E.).

DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura metallica in progetto è costituita da n.3 telai aventi luce 2.05 m, passo 3,75 m e altezza pari a 2,30 m nella parte alta e 0,56 m nella parte bassa.

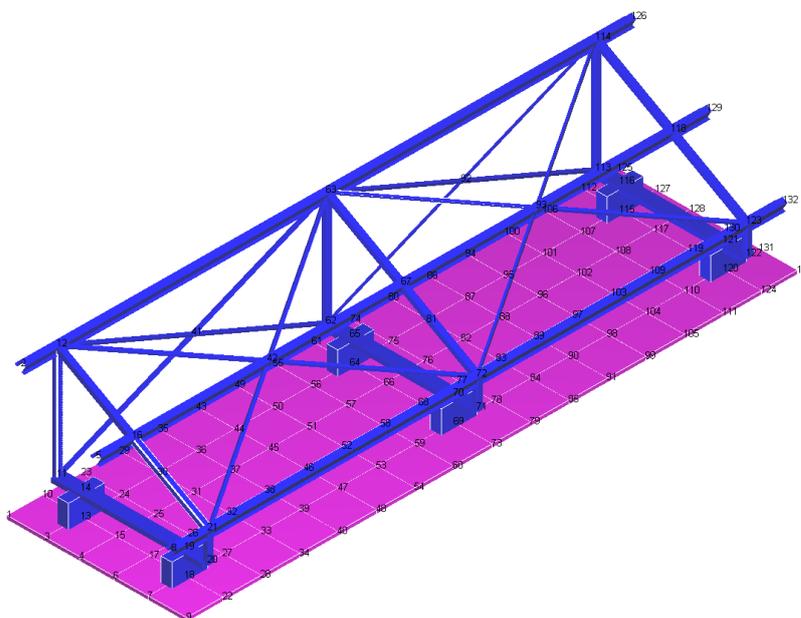
La disposizione dei pannelli fotovoltaici presenta una pendenza di 30°.

Le colonne (in profilati a freddo tipo Tubo Quadro 80x3) sono 6, incastrate alla base su numero 3 traversi metallici (in profilati a freddo tipo Tubo Quadro 180x60x3) a loro volta fissati sulle nervature delle zavorre in c.a. appoggiate al terreno; le travi principali saranno realizzate con profilati a freddo tipo Tubo Quadro 80x3, gli arcarecci saranno invece realizzati con profilati a freddo ad “Omega” 120x80x40x2.5.

La struttura risulta irrigidita in falda e sul lato più alto da controventi disposti a croce costituiti da angolari a lati uguali 40x4 mm.

Tutti i profili metallici saranno realizzati in acciaio strutturale S275JR.

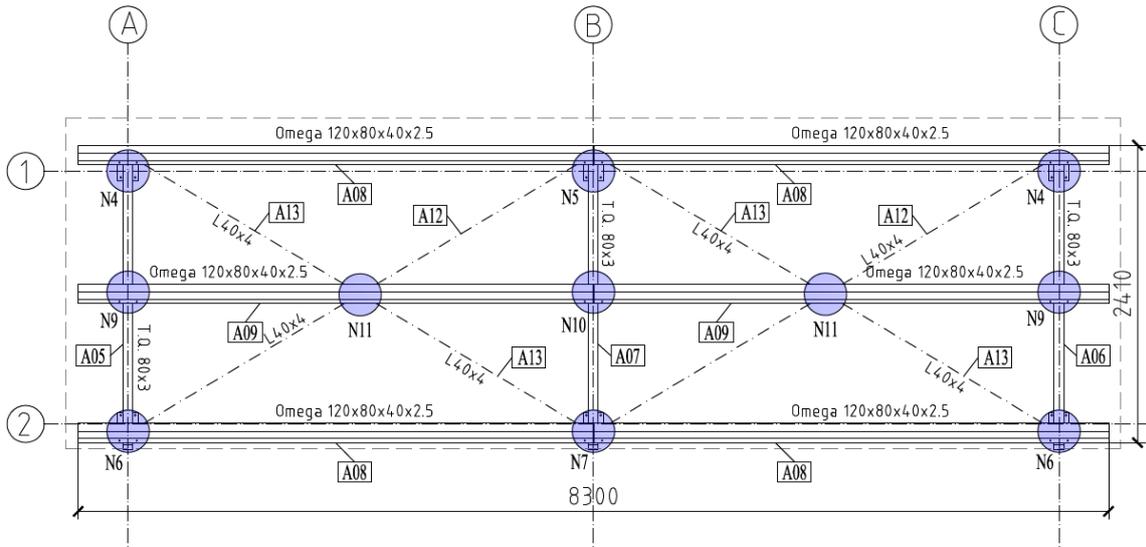
Nel modello si è deciso di trascurare, a favore di sicurezza, le nervature del tegolo in c.a., inserendo un link rigido verticale di adeguate dimensioni e caratteristiche.



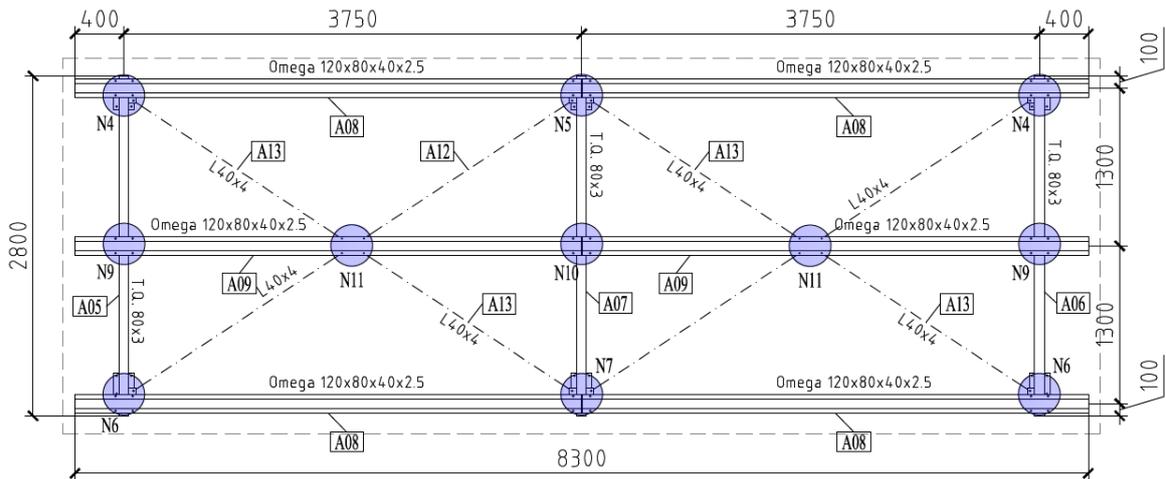
Modello di calcolo tridimensionale

Tutta la struttura metallica sarà protetta tramite zincatura a caldo e sarà assemblata in opera per mezzo di bulloni in classe 8.8.

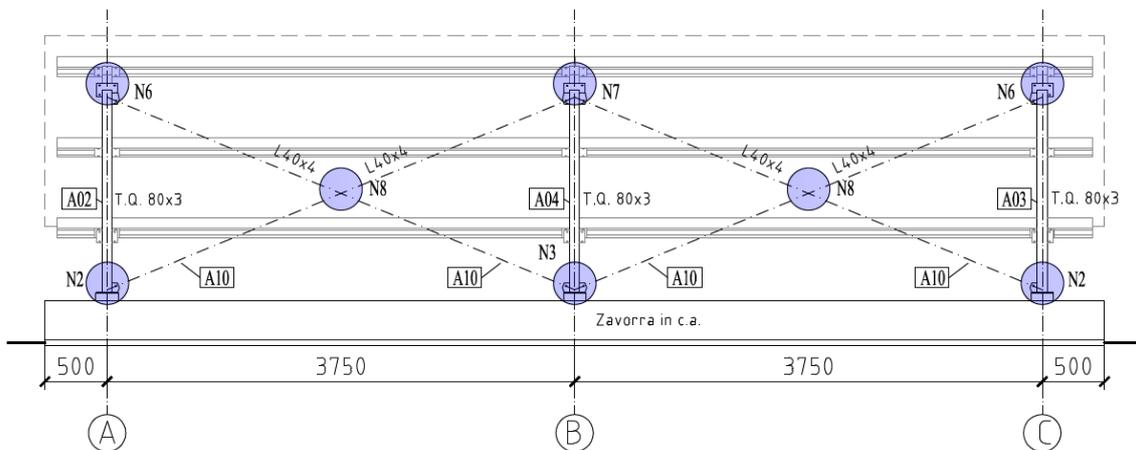
VISTA IN PIANTA



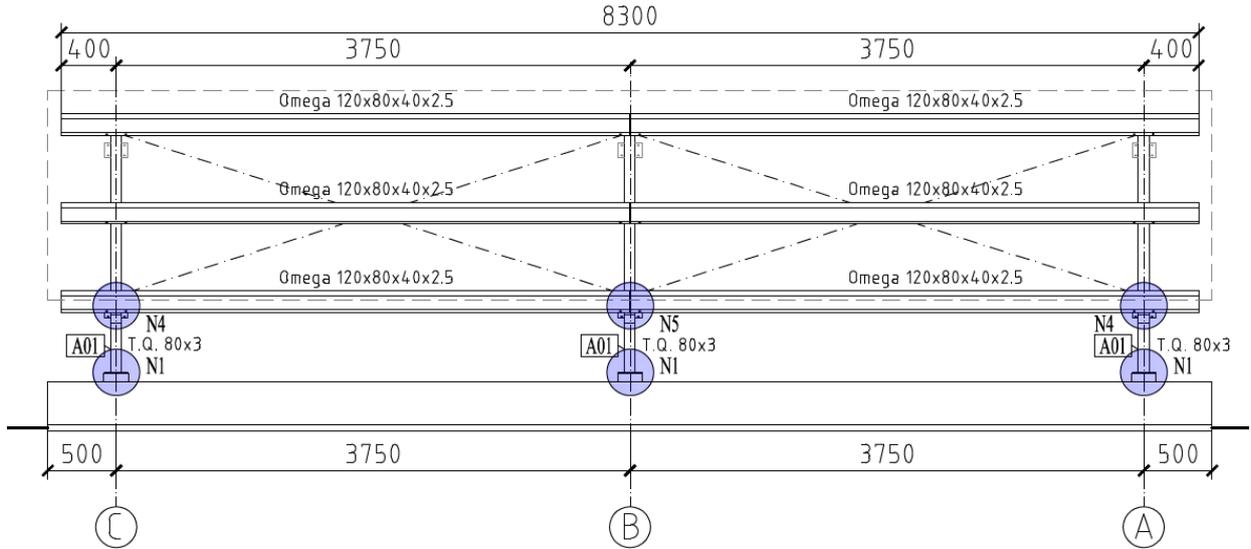
VISTA IN FALDA



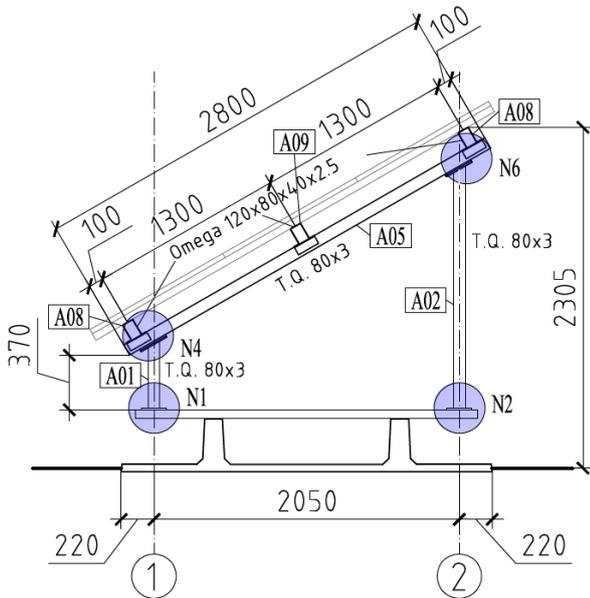
PROSPETTO FILO 2



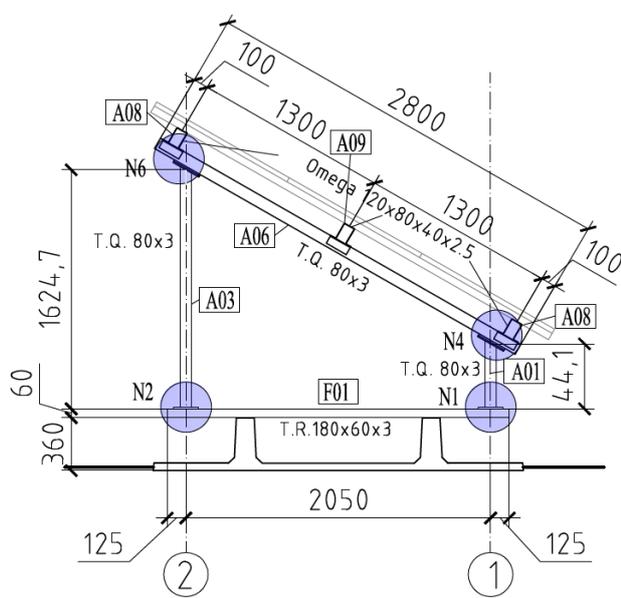
PROSPETTO FILO 1



PROSPETTO FILO A

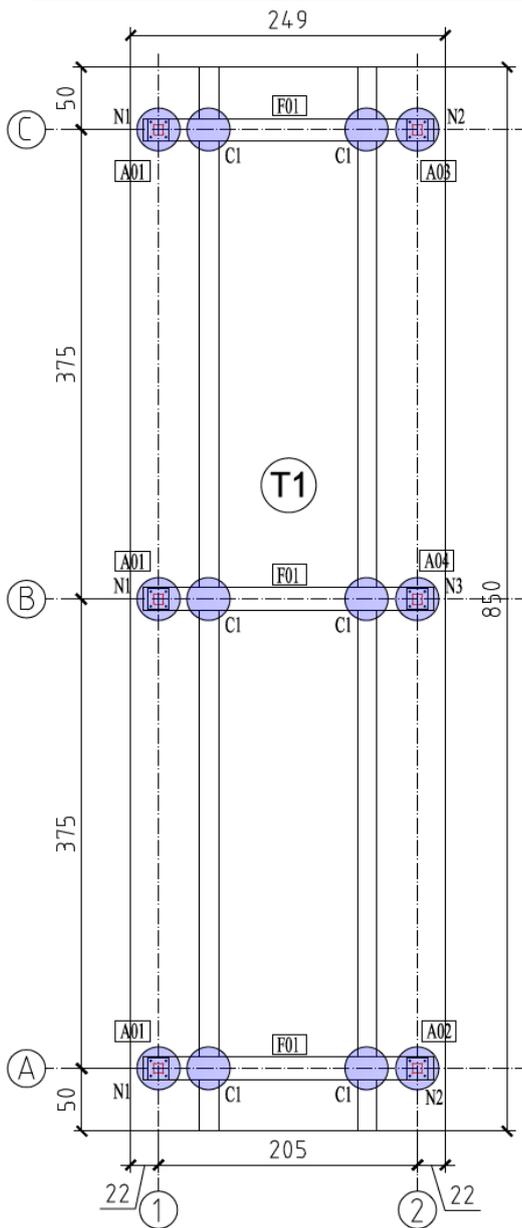


PROSPETTO FILO C

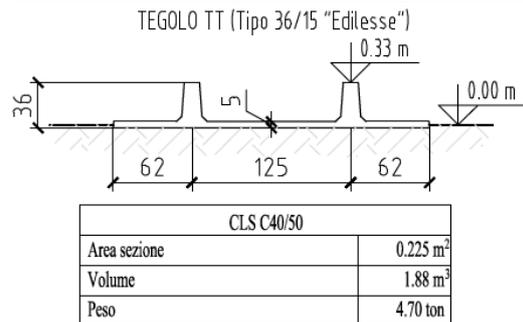


Le zavorre saranno realizzate tramite “Tegoli TT” tipo “TT36/15” della ditta Edilesse in c.a. C40/50 aventi dimensioni 2.49x8.50 m.

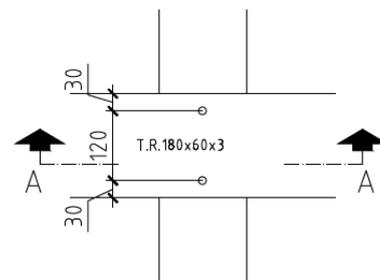
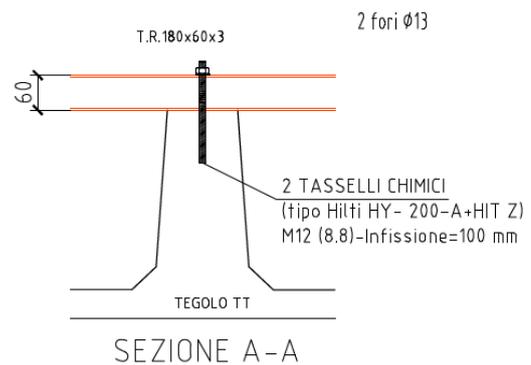
PIANTA FONDAZIONI



Zavorra (T1)



PARTICOLARE C1 1:10



NORMATIVA TECNICA

NORME DI RIFERIMENTO COGENTI

Le strutture sono state calcolate secondo le prescrizioni previste nelle normative cogenti relative alle costruzioni da erigersi in zone sismiche e precisamente:

- **Legge 05/11/1971, n.1086** - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 06/06/2001, n.380 - D.P.R. 380/2001** - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- **Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14/01/2008** - Norme tecniche per le costruzioni (NTC08);
- **Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 02/02/2009, n.617** - Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni, di cui al D.M. 14/01/2008;

-
- **ETAG 001 (ed. 2001)** - Linea guida per il benessere tecnico europeo di ancoranti metallici da utilizzare nel calcestruzzo.
 - **Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17/01/2018** – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” (NTC18);
 - **Circolare 21 gennaio 2019 n.7** - Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;

ALTRE NORME E DOCUMENTI TECNICI INTEGRATIVI

STRUTTURE

- **Legge n° 595 del 25/05/1965** – Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici.
- **Decreto del Presidente della Repubblica n° 380 del 06/06/2001** – Gazzetta Ufficiale n° 215 del 20/11/2001 – Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia di edilizia.
- **Decreto Legislativo n° 302 del 27 Dicembre 2002** – Gazzetta Ufficiale n° 16 del 21/01/2003 – Modifiche e integrazioni del D.P.R. 06/06/2001 n° 380, recante Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia di edilizia.
- **UNI ENV 1992-1-1 del 31.01.1993** – **Eurocodice 2**. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- **UNI ENV 1993-1-1 del 30.06.1994** – **Eurocodice 3**. Progettazione delle strutture in acciaio. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- **UNI EN 206-1 del 31.10.2006**. – Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- **UNI 6131 : 2002** – Prelevamento campioni di calcestruzzo indurito.
- **UNI 6393 : 1988** – Controllo della composizione del calcestruzzo fresco.
- **UNI 11101 : 2004** – Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1.
- **UNI EN 12350 – 1 – 6:2001 e 7:2002** – Prova sul calcestruzzo fresco.
- **UNI EN 12390 – 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8:2002 e 3:2003** – Prove sul calcestruzzo indurito.
- **UNI EN 12504 – 1:2002, 2:2001, 3:2005** – Prove sul calcestruzzo delle strutture.
- **UNI EN 196-7: 1991, 2:2005** – Metodi di prova dei cementi. Metodi di prelievo e di campionatura del cemento.
- **UNI EN 197-1: 2005, 2:2001** – Cemento.
- **UNI EN 1008: 2003** – Acqua d’impianto per calcestruzzi.
- **UNI EN 10080 : 2005** – Acciai per cemento armato.
- **UNI 10622:1997** – Barre e vergelle (rotoli) di acciaio d’armatura per cementi armati zincati a caldo.
- **UNI EN 932-1:1998, 2:200, 3:2001, 5 e 6:2001** – Metodi di prova per determinare le proprietà generali degli aggregati.
- **UNI EN 933-1:1999, 2:1997, 3:2004, 4:2001, 5:2006, 6:2003, 7, 8 e 9:2000, 10:2002** – Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati.
- **UNI EN 1097-1, 10:2004, 2,3:1999, 4,8:2001, 5, 7 e 9:2000, 8, 10:2002** – Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati.

- **UNI EN 1367 – 1:2001, 2 e 4:2000, 3:2002, 5:2003** – Prove per determinare le proprietà tecniche e la degradabilità degli aggregati.
- **UNI EN 1744 – 1:1999** – Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati.
- **UNI 8520-1,2:2005, 8,21:1999, 22:2002** – Aggregati per calcestruzzo.
- **UNI 12620:2003** - Aggregati per calcestruzzo.
- **UNI EN 480-1:1999, 2,8,10:1998, 4,5,6,11,12:2006, 13:2003** – Additivi per calcestruzzi.
- **UNI EN 930-2,4,6:2002, 3:2000** – Additivi per calcestruzzi.
- **UNI 10765:1999** – Additivi multifunzionali per calcestruzzi.
- **Circolare Min. LL.PP. 23 Ottobre 1979 n.19777** – Competenza Amministrativa: Legge 5.11.1971, n°1086, Legge 2.2.1974, n°64.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Servizio Tecnico Centrale** – Linee guida sul calcestruzzo strutturale (Dicembre 1996).
- **EC1 – Eurocodice 1 – Basi di calcolo ed azioni sulle strutture – Parte 2-5:** Azioni sulle strutture – Azioni termiche.
- **EC2 – Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-6:** Regole generali – Strutture di calcestruzzo non armato.
- **UNI EN ISO 15630-1: 2004** - Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - **Parte 1:** Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato.
- **UNI EN ISO 15630-2: 2004** -Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - **Parte 2:** Reti saldate.
- **UNI EN ISO 15630-3: 2004** - Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - **Parte 3:** Acciaio per calcestruzzo armato precompresso.
- **UNI EN ISO 10080: 2005** - Acciaio per cemento armato - Acciaio saldabile per cemento armato – Generalità.
- **UNI EN ISO 10002-1: 2004** - Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente.
- **EN 206-1: 2006** - Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- **UNI 11104: 2004** - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1.

SISMICA

- **Legge 2 Febbraio 1974 n°64** – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- **EC8 – Eurocodice 8** – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. **Parte 1-1:** Regole generali - Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture.
- **Legge Regionale 30/10/2008, n. 19** - Norme per la riduzione del rischio sismico;

PARAMETRI DI PROGETTO

2.4 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

2.4.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

	TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

¹ Le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni.

2.4.2 CLASSI D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

2.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.4.1)$$

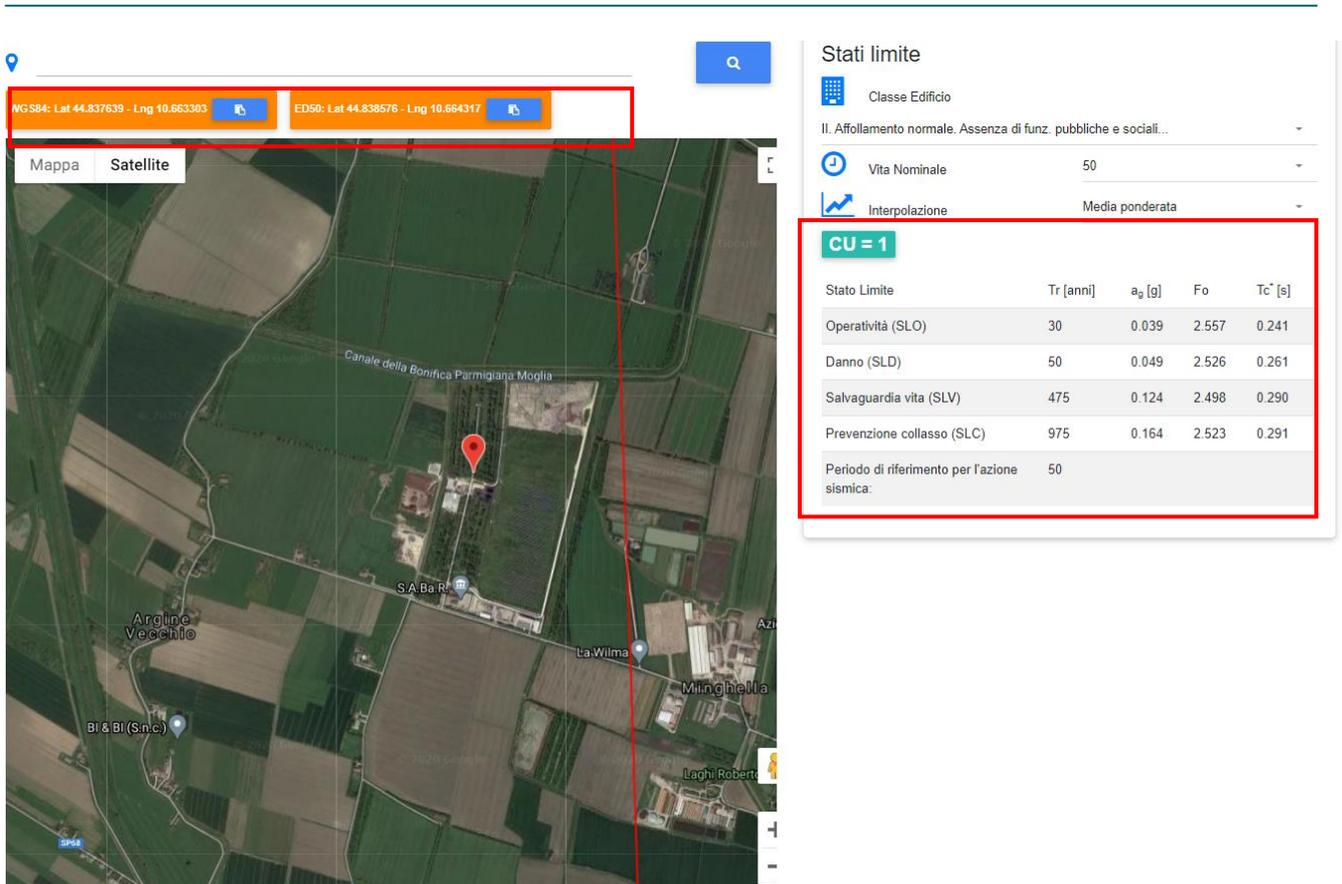
Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni.

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 0,7 = 0,35$$



3.2. AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{V_R} come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_o e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

3.2.1. STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{V_R} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{V_R} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{V_R}) = -C_U V_N / \ln(1 - P_{V_R}) \quad [3.2.0]$$

$$T_R = -V_R / (\ln(1 - P_{V_R})) = -35 / \ln(1 - 0.10) = 332$$

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Deposit</i> di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

3.2.3.2.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad [3.2.2]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali:

T è il periodo proprio di vibrazione;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \cdot S_T \quad [3.2.3]$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V);

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55, \quad [3.2.4]$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base dei materiali, della tipologia strutturale e del terreno di fondazione;

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione

$$T_C = C_C \cdot T_C^*, \quad [3.2.5]$$

dove: T_C^* è definito al § 3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.IV);

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione

$$T_B = T_C / 3 \quad [3.2.6]$$

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6. \quad [3.2.7]$$

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_S e C_C valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_C^* è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

ANALISI DEI CARICHI

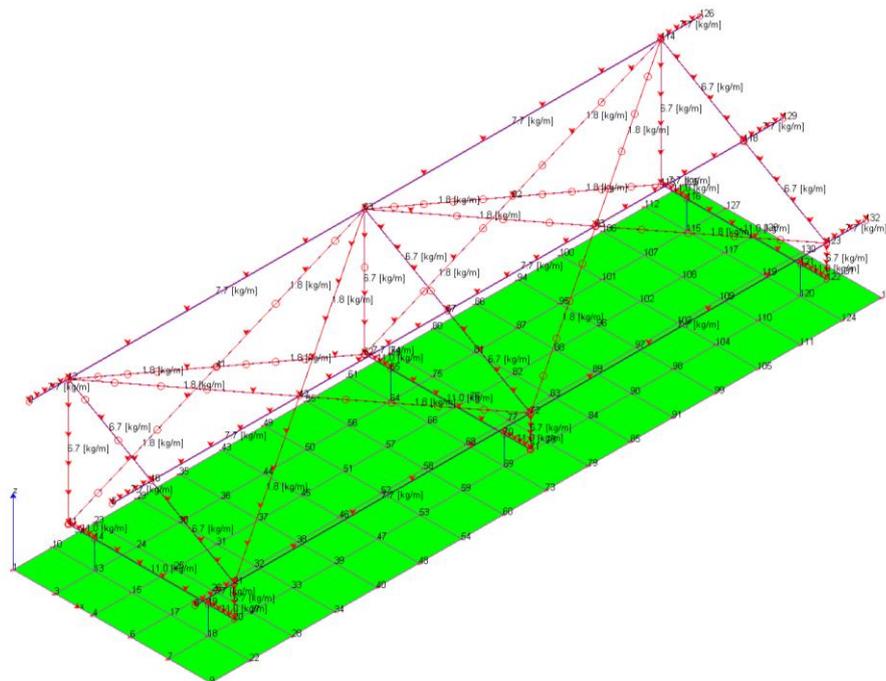
PESO PROPRIO STRUTTURALE

Acciaio (maggiorato nei nodi del 3%)

7850 daN/mc $\psi_2=1.0$

Cls (zavorre)

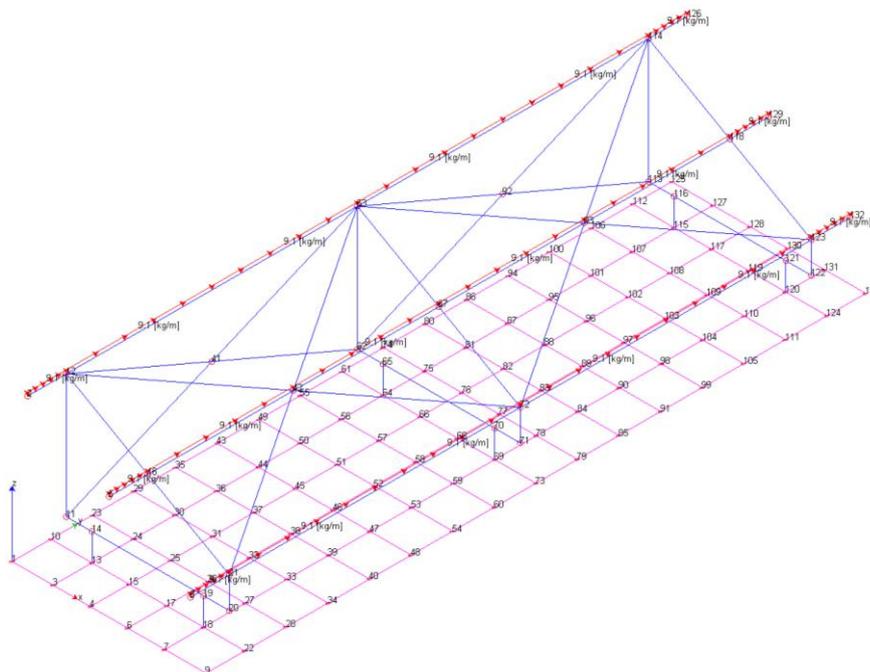
2500 daN/mc $\psi_2=1.0$



PESO PROPRIO PORTATO

Pannelli fotovoltaici (compresa strutture di supporto)

15 daN/mq $\psi_2=1.0$



AZIONE CARATTERISTICA DELLA NEVE SECONDO IL D.M. 17/01/2018 ($\psi, 2=0.0$)

Il sito è posto ad una quota di 620 m.s.l.m.; la copertura è caratterizzata da una doppia falda, ciascuna con inclinazione di circa 11° .

3.4. AZIONI DELLA NEVE

3.4.1. CARICO DELLA NEVE SULLE COPERTURE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t \quad [3.4.1]$$

dove:

q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo, di cui al § 3.4.2;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura, di cui al § 3.4.3;

C_E è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4;

C_t è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.

Si assume che il carico della neve agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

3.4.2. VALORE DI RIFERIMENTO DEL CARICO DELLA NEVE AL SUOLO

Il carico della neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento della neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 1500 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni per le varie zone indicate nella Fig. 3.4.1. Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, devono essere definiti singolarmente.

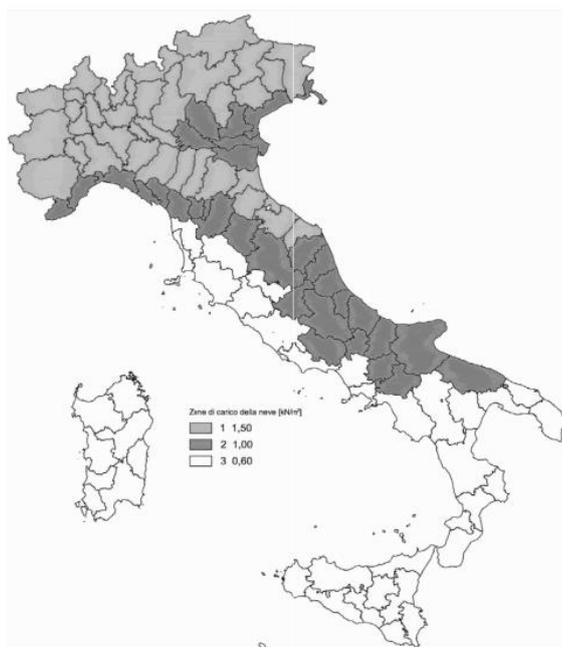


Fig. 3.4.1 – Zone di carico della neve

Nelle espressioni seguenti, l'altitudine di riferimento a_s (espressa in m) è la quota del suolo sul livello del mare nel sito dove è realizzata la costruzione.

Zona I - Alpina

Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza:

$$\begin{aligned}
 q_{sk} &= 1,50 \text{ kN/m}^2 & a_s &\leq 200 \text{ m} \\
 q_{sk} &= 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s &> 200 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{3.4.2}$$

Zona I - Mediterranea

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forli-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese:

$$\begin{aligned}
 q_{sk} &= 1,50 \text{ kN/m}^2 & a_s &\leq 200 \text{ m} \\
 q_{sk} &= 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s &> 200 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{3.4.3}$$

Zona II

Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona:

$$\begin{aligned}
 q_{sk} &= 1,00 \text{ kN/m}^2 & a_s &\leq 200 \text{ m} \\
 q_{sk} &= 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s &> 200 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{3.4.4}$$

Zona III

Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo:

$$\begin{aligned}
 q_{sk} &= 0,60 \text{ kN/m}^2 & a_s &\leq 200 \text{ m} \\
 q_{sk} &= 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s &> 200 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{3.4.5}$$

Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare si deve fare riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione utilizzando comunque valori di carico neve non inferiori a quelli previsti per 1500 m.

Per un'opera di nuova realizzazione in fase di costruzione o per le fasi transitorie relative ad interventi sulle costruzioni esistenti, il periodo di ritorno dell'azione può essere ridotto come di seguito specificato:

- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto non superiore a tre mesi, si assumerà $T_R \geq 5$ anni;
- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto compresa fra tre mesi e un anno, si assumerà $T_R \geq 10$ anni.

3.4.3. COEFFICIENTE DI FORMA DELLE COPERTURE

3.4.3.1 GENERALITÀ

I coefficienti di forma delle coperture dipendono dalla forma stessa della copertura e dall'inclinazione sull'orizzontale delle sue parti componenti e dalle condizioni climatiche locali del sito ove sorge la costruzione.

In assenza di dati suffragati da opportuna documentazione, i valori nominali del coefficiente di forma μ_1 delle coperture ad una o a due falde possono essere ricavati dalla Tab. 3.4.II, essendo α , espresso in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale.

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Si assume che alla neve non sia impedito di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α .

Per coperture a più falde, per coperture con forme diverse, così come per coperture contigue a edifici più alti o per accumulo di neve contro parapetti o più in generale per altre situazioni ritenute significative dal progettista si deve fare riferimento a normative o documenti di comprovata validità.

3.4.3.2 COPERTURA AD UNA FALDA

Nel caso delle coperture ad una falda, si deve considerare la condizione di carico riportata in Fig. 3.4.2.

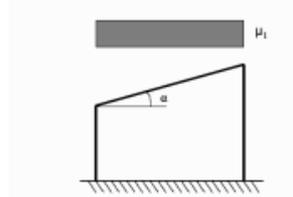


Fig. 3.4.2 - Condizioni di carico per coperture ad una falda

3.4.4. COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione C_E tiene conto delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori consigliati di questo coefficiente sono forniti in Tab. 3.4.I per diverse classi di esposizione. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$.

Tab. 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

3.4.5. COEFFICIENTE TERMICO

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico della neve, a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere posto $C_t = 1$.

Quindi

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

<input type="radio"/>	<p>Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza.</p>	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input checked="" type="radio"/>	<p>Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.</p>	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	<p>Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.</p>	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
<input type="radio"/>	<p>Zona III Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.</p>	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$

$$q_s \text{ (carico neve sulla copertura [N/mq])} = q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$$

q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])

μ_i (coefficiente di forma)

C_E (coefficiente di esposizione)

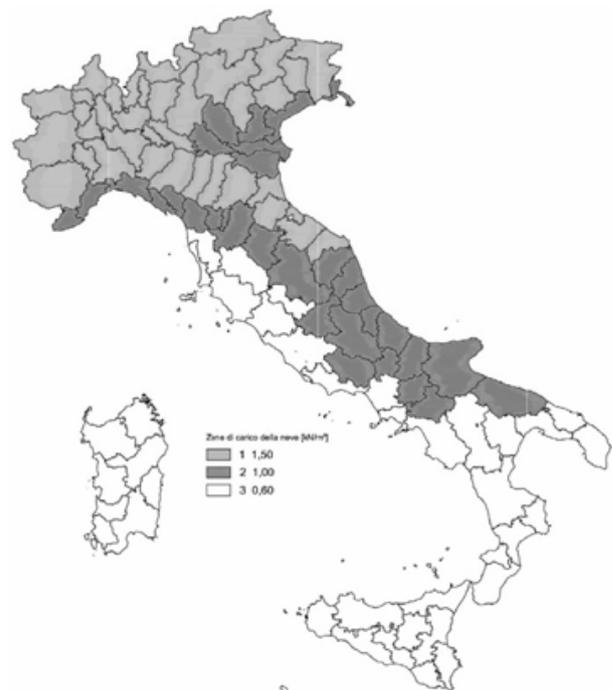
C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	25
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1.50

Coefficiente termico

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.



Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C _E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

Valore del carico della neve al suolo

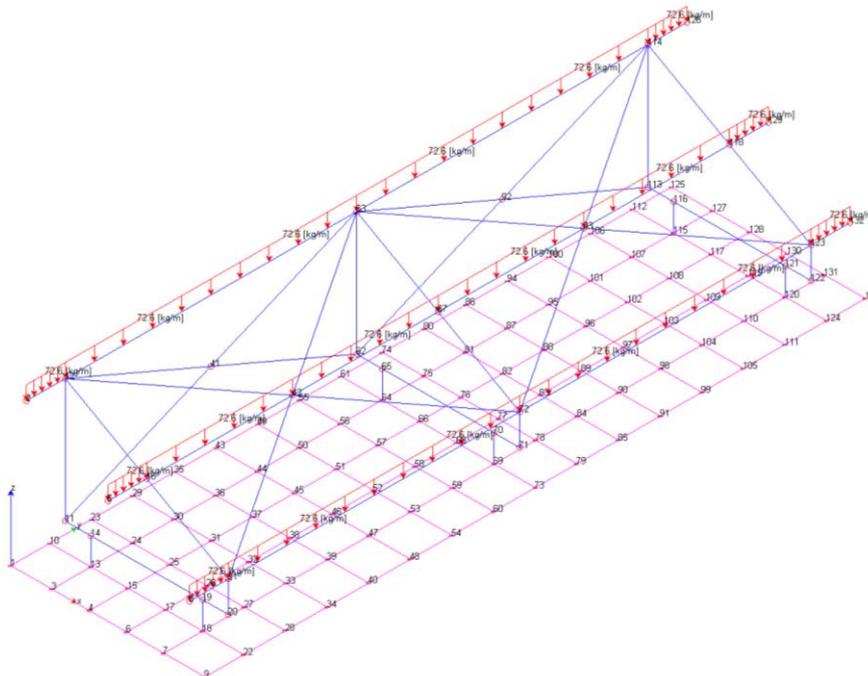
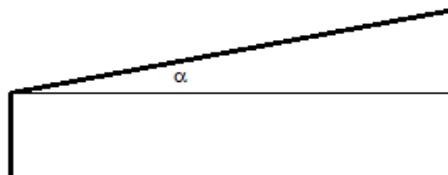
q _s (carico della neve al suolo [kN/mq])	1.50
---	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	30
----------------------------	----

1.200 kN/mq	μ
-------------	---

μ	0.8
---	-----



AZIONE CARATTERISTICA DEL VENTO SECONDO IL D.M. 17/01/2018 E CIRCOLARE N.7 (ψ,2=0.0)
PRESSIONE DEL VENTO

3.3.1. VELOCITÀ BASE DI RIFERIMENTO

La velocità base di riferimento v_b è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 50$ anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a \quad [3.3.1]$$

$v_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare, assegnata nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

c_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m} \quad [3.3.1.b]$$

dove:

a_0, k_s sono parametri forniti nella Tab. 3.3.I in funzione della zona in cui sorge la costruzione (Fig. 3.3.1);

a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione.

Tale zonazione non tiene conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare, i valori della velocità base di riferimento possono essere ricavati da opportuna documentazione o da indagini statistiche adeguatamente comprovate, riferite alle condizioni locali di clima e di esposizione. Fatte salve tali valutazioni, comunque raccomandate in prossimità di vette e crinali, i valori utilizzati non dovranno essere minori di quelli previsti per 1500 m di altitudine.

3.3.2. VELOCITÀ DI RIFERIMENTO

La velocità di riferimento v_r è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito al periodo di ritorno di progetto T_R . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$v_r = v_b \cdot c_r \quad [3.3.2]$$

dove

v_b è la velocità base di riferimento, di cui al § 3.3.1;

c_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_R .

In mancanza di specifiche e adeguate indagini statistiche, il coefficiente di ritorno è fornito dalla relazione:

$$c_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} \quad [3.3.3]$$

dove T_R è il periodo di ritorno espresso in anni.

Ove non specificato diversamente, si assumerà $T_R = 50$ anni, cui corrisponde $c_r = 1$. Per un'opera di nuova realizzazione in fase di costruzione o per le fasi transitorie relative ad interventi sulle costruzioni esistenti, il periodo di ritorno dell'azione potrà essere ridotto come di seguito specificato:

- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto non superiore a tre mesi, si assumerà $T_R \geq 5$ anni;
- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto compresa fra tre mesi ed un anno, si assumerà $T_R \geq 10$ anni;

3.3.4. PRESSIONE DEL VENTO

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$P = q_f c_e c_p c_d \quad [3.3.4]$$

dove

q_f è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

c_e è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;

c_p è il coefficiente di pressione di cui al § 3.3.8;

c_d è il coefficiente dinamico di cui al § 3.3.9.

3.3.5. AZIONE TANGENTE DEL VENTO

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$P_f = q_f c_e c_f \quad [3.3.5]$$

dove

q_f è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

c_e è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;

c_f è il coefficiente d'attrito di cui al § 3.3.8.

3.3.6. PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO

La pressione cinetica di riferimento q_f è data dall'espressione:

$$q_f = \frac{1}{2} \rho v_r^2 \quad [3.3.6]$$

dove

v_r è la velocità di riferimento del vento di cui al § 3.3.2;

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

Esprimendo ρ in kg/m³ e v_r in m/s, q_f risulta espresso in N/m².

Quindi

3.3.7. COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$
[3.3.7]

dove

k_r, z_0, z_{\min} sono assegnati in Tab. 3.3.II in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

c_t è il coefficiente di topografia.

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

La categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 3.3.2 in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III. Nelle fasce entro 40 km dalla costa, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

Il coefficiente di topografia c_t è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane. In questo caso, la Fig. 3.3.3 riporta le leggi di variazione di c_e per le diverse categorie di esposizione.

Nel caso di costruzioni ubicate presso la sommità di colline o pendii isolati, il coefficiente di topografia c_t può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione.

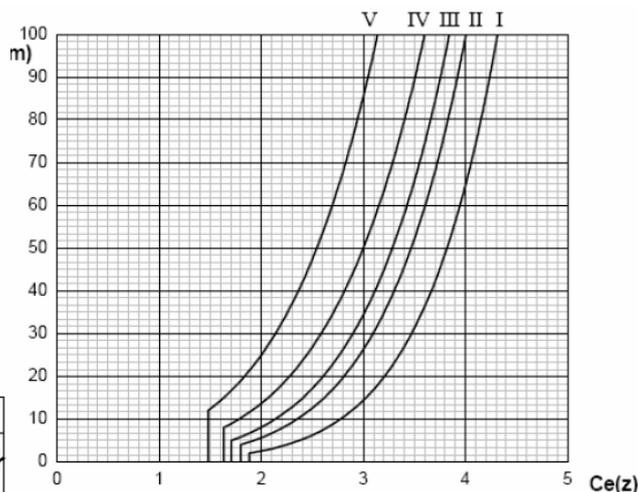
Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

ZONE 1,2,3,4,5					
	costa		750m		
	mare		500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	IV	IV	V	V
B	--	III	III	IV	IV
C	--	*	III	III	IV
D	I	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5					
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1					

ZONA 9		
	costa	
	mare	
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I



ZONA 6					
	costa		500m		
	mare				
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
	costa	
	mare	
	1.5 km	0.5 km
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

3.3.8. COEFFICIENTI AERODINAMICI

Il coefficiente di pressione c_p dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e dal suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Il coefficiente d'attrito c_f dipende dalla scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

Entrambi questi coefficienti, definiti coefficienti aerodinamici, possono essere ricavati da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

3.3.9. COEFFICIENTE DINAMICO

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad **1** nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

AZIONI DEL VENTO

Zona:	2	$v_{ref,0}$ (m/s):	25	Tempo di ritorno 50 anni
Altitudine in metri sul livello del mare (a_0):	25 m	a_0 (m):	750	
Altezza in metri della struttura (Z):	2.5 m	k_a (1/s):	0.015	
		v_{ref} (m/s):	25	
		Pressione cinetica di riferimento (q_{ref}):	39.819	

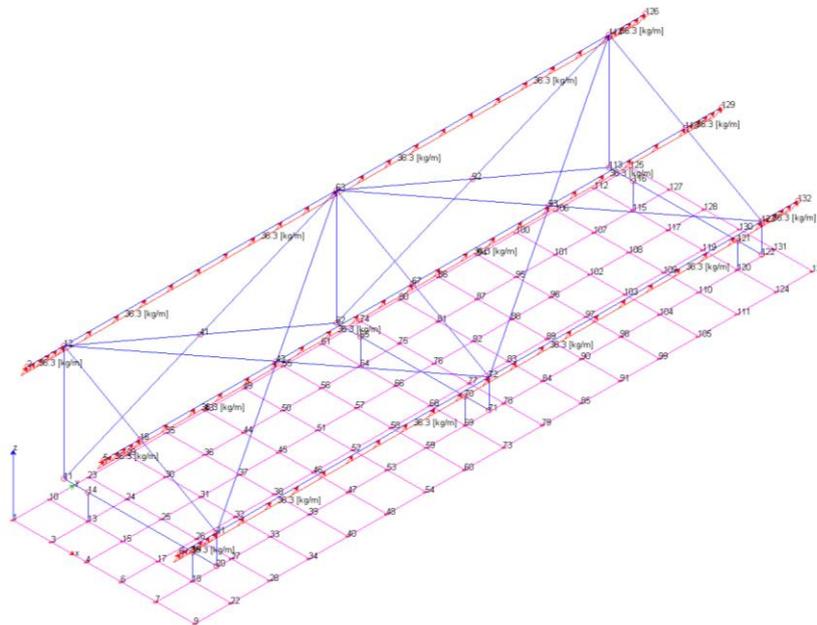
Classe di rugosità del terreno:	d	k_r	0.19	Z_0 (m)	0.05	Z_{min} (m)	4
Distanza dalla costa:	4	Categoria di esposizione (per zone 1,2,3,4,5):	II				
Da 2 km prima fino alla costa	1	Categoria di esposizione (per zone 6,7,8,9):					
Fino a 10 km dopo la costa	2						
Da 10 a 40 km dopo la costa	3						
hslm fino a 500m	4						
hslm da 500 a 750m	5						
hslm maggiore di 750m	6						

Topografia del terreno:		d					
a		b		c		d	
						Nessuno dei precedenti	
X (m):	-	X (m):	-	X (m):	-	X (m):	-
H (m):	-	H (m):	-	H (m):	-	H (m):	-
Z (m):	2.5	Z (m):	2.5	Z (m):	2.5	Z (m):	2.5
D (m):	-	D (m):	-	D (m):	-	D (m):	-
h (m):	-	h (m):	-	h (m):	-	h (m):	-
beta:	?	beta:	?	beta:	?	beta:	-
gamma:	?	gamma:	?	gamma:	?	gamma:	-
Coefficiente di topografia (c_t):		1					
Coefficiente di esposizione (c_e):		-		$(Z >= Z_{min})$			
		1.800536014		$(Z < Z_{min})$			

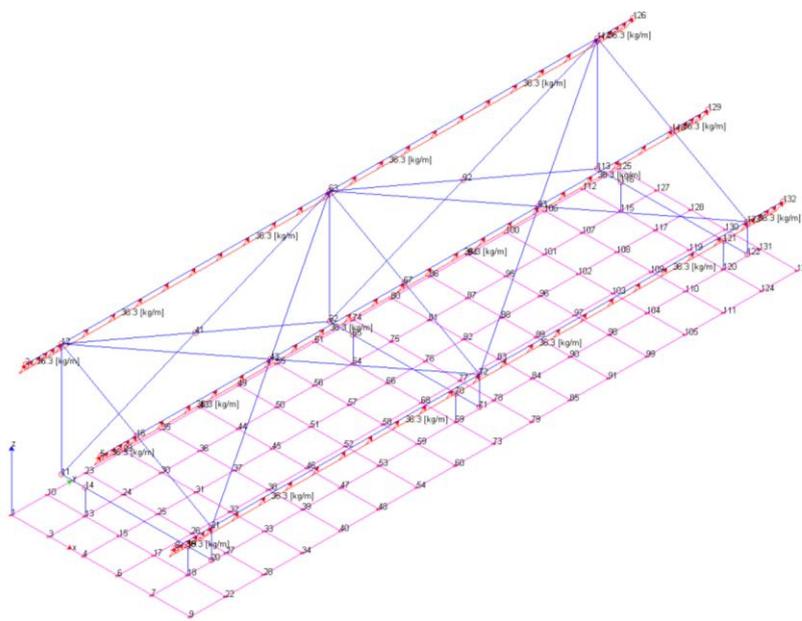
Tipologia di copertura:		c					
a		b		c			
Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde inclinate o curve		Coperture multiple		Tettoie e pensiline isolate			
Pendenza falda alpha		Pendenza falda alpha		Pendenza falda alpha	30		
Pendenza falda beta		Pendenza falda beta		Pendenza falda beta	-		
Pressioni esterne (alpha):	c_{pe}	Pressioni esterne (alpha):	c_{pe}	Pressioni esterne (alpha):	c_{pe}		
Sopravento ($\alpha >= 60^\circ$):	0.8	Sopravento ($\alpha >= 60^\circ$):	0.8	Sopravento ($\alpha >= 60^\circ$):	-		
Sopravento ($20^\circ < \alpha < 60^\circ$):	-	Sopravento ($20^\circ < \alpha < 60^\circ$):	-	Sopravento ($20^\circ < \alpha < 60^\circ$):	-		
Sopravento ($0^\circ <= \alpha < 20^\circ$):	-0.4	Sopravento ($0^\circ <= \alpha < 20^\circ$):	-0.4	Sopravento ($0^\circ <= \alpha < 20^\circ$):	-		
Sottovento e laterali:	-0.4	Sottovento e laterali:	-0.4	Sottovento e laterali:	-		
Pressioni esterne (beta):	c_{pe}	Pressioni esterne (beta):	c_{pe}	Pressioni esterne (beta):	c_{pe}		
Sopravento ($\beta >= 60^\circ$):	-	Sopravento ($\beta >= 60^\circ$):	0.8	Sopravento ($\beta >= 60^\circ$):	-		
Sopravento ($20^\circ < \beta < 60^\circ$):	-	Sopravento ($20^\circ < \beta < 60^\circ$):	-	Sopravento ($20^\circ < \beta < 60^\circ$):	-		
Sopravento ($0^\circ < \beta < 20^\circ$):	-	Sopravento ($0^\circ < \beta < 20^\circ$):	-0.4	Sopravento ($0^\circ < \beta < 20^\circ$):	-		
Sottovento (beta):	-	Sottovento e laterali:	-0.4	Sottovento e laterali:	-		
Pressioni interne:				Tipologia di pensilina:		1	
Tipologia di costruzione:							
Costruzioni stagne:	1			Pensilina a un solo spiovente piano:	1		
Costruzioni non stagne:	2			Pensilina a due spioventi piani con displuvio:	2		
Costruzioni con apertura in parete non inferiore a 1/3 della superficie totale	3			Pensilina a due spioventi piani con impluvio:	3		
Costruzioni con aperture in due pareti parallele non inferiori a 1/3 della superficie totale	4						

Azione tangente del vento

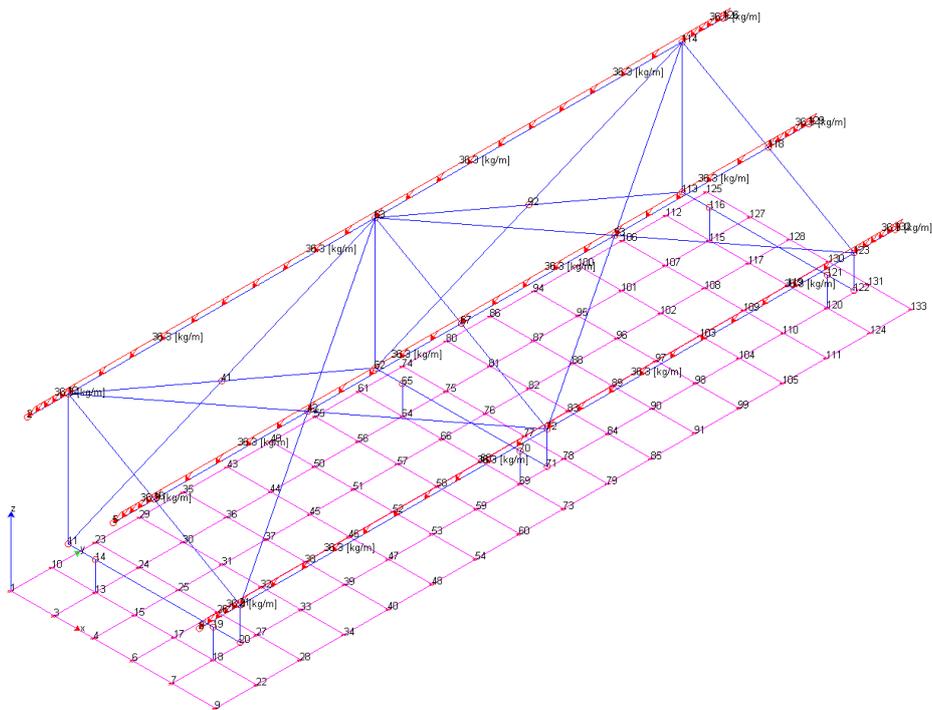
Tipologia di superficie:	1	C_f				
Liscia (acciaio, cemento a faccia liscia, ...)	1	0.01	$(Z < Z_{min})$	$p_f =$	0.72	kg/m^2
Scabra (cemento a faccia scabra, catrame, ...)	2	0.02				
Molto scabra (ondulata, costolata, piegata, ...)	3	0.04	$(Z \geq Z_{min})$	$p_f =$		kg/m^2



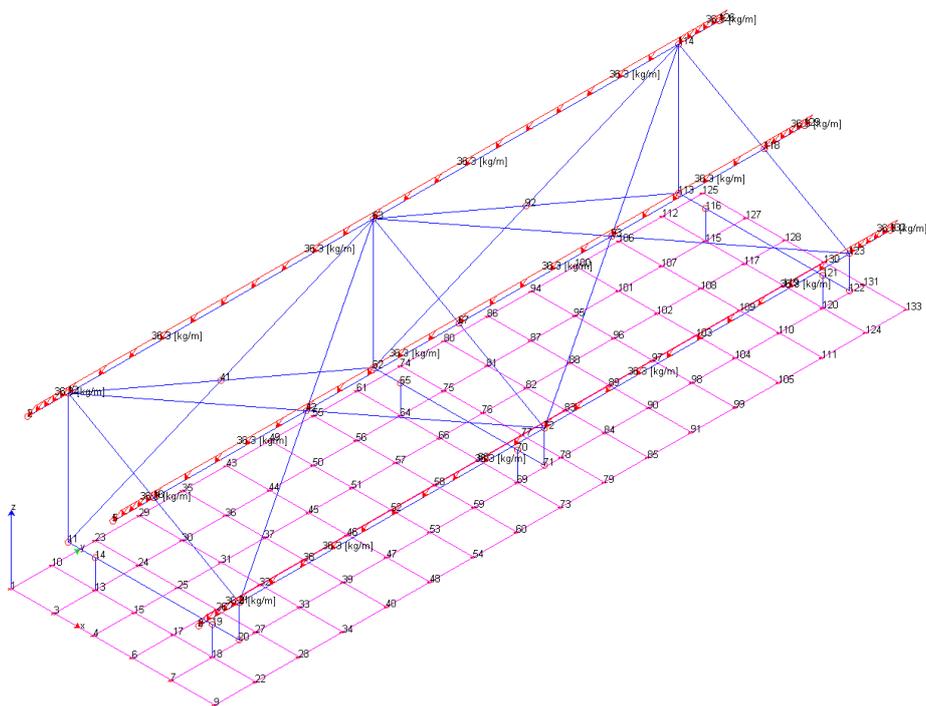
Distribuzione dei carichi , Vento + X



Distribuzione dei carichi , Vento + Y



Distribuzione dei carichi , Vento -X



Distribuzione dei carichi , Vento -Y

MATERIALI

Acciaio strutturale:

- S 275, con modulo elastico $E=2100000 \text{ daN/cm}^2$, conforme alle norme UNI EN 10025.

Unioni bullonate:

- classe 8.8 conformi alle UNI EN 14399-1 e UNI EN 15048-1.

Saldature:

- I classe con procedimento ad arco elettrico conformi alla UNI EN ISO 4063:2011 e UNI EN ISO 15614-1:2012.

Protezione superficiale:

- zincatura a caldo secondo le norme UNI-EN-ISO 1461 e UNI EN ISO 14731.

Calcestruzzo:

- C40/50;

Aggregati e inerti:

- ϕ max. 1,0 cm, conformi alla UNI EN 12620, UNI EN 13055-1 (leggeri) e UNI EN 8520-2;

Acqua di impasto:

- conforme alla UNI EN 1008: 2003 e comunque con rapporto max a/c=0,50;

Acciaio per c.a.:

- B450C conforme al DM 17 gennaio 2018 (NTC).

STATI LIMITE

Per tutte le condizioni di carico, come indicato nei paragrafi seguenti, si assumono le seguenti tensioni caratteristiche:

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Bulloni 8.8 UNI 15048-1, 15048-2

$$f_{yb} = 6490 \text{ daN} / \text{cm}^2$$

$$f_{tb} = 8000 \text{ daN} / \text{cm}^2$$

Calcestruzzo C40/50

$$f_{ck} = 500 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{cd} = 235,00 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{ctm} = 36,00 \text{ daN/cm}^2$$

Barre d'armatura B450C

$$f_y = 4500 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_t = 5400 \text{ daN/cm}^2$$

CRITERI DI PROGETTO E MODELLAZIONE

7.2.1. CARATTERISTICHE GENERALI DELLE COSTRUZIONI

REGOLARITÀ

Le costruzioni devono avere, quanto più possibile, struttura iperstatica caratterizzata da *regolarità in pianta e in altezza*. Se necessario, ciò può essere conseguito suddividendo la struttura, mediante giunti, in unità tra loro dinamicamente indipendenti.

Per quanto riguarda gli edifici, una costruzione è *regolare in pianta* se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- a) la distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento;
- b) il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4;
- c) ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione.

Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione è *regolare in altezza* se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

- d) tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio;
- e) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o di pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;
- f) il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;
- g) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

Qualora, immediatamente al di sopra della fondazione, sia presente una struttura scatolare rigida, purché progettata con comportamento non dissipativo, i controlli sulla regolarità in altezza possono essere riferiti alla sola struttura soprastante la scatolare, a condizione che quest'ultima abbia rigidezza rispetto alle azioni orizzontali significativamente maggiore di quella della struttura ad essa soprastante. Tale condizione si può ritenere soddisfatta se gli spostamenti della struttura soprastante la scatolare, valutati su un modello con incastri al piede, e gli spostamenti della struttura soprastante, valutati tenendo conto anche della deformabilità della struttura scatolare, sono sostanzialmente coincidenti.

Per i ponti le condizioni di regolarità sono definite nel § 7.9.2.1.

DISTANZA TRA COSTRUZIONI CONTIGUE

La distanza tra costruzioni contigue deve essere tale da evitare fenomeni di martellamento e comunque non può essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi determinati per lo SLV , calcolati per ciascuna costruzione secondo il § 7.3.3 (analisi lineare) o il § 7.3.4 (analisi non lineare) e tenendo conto, laddove significativo, dello spostamento relativo delle fondazioni delle due costruzioni contigue, secondo quanto indicato ai §§ 3.2.4.1, 3.2.4.2 e 7.3.5;

La distanza tra due punti di costruzioni che si fronteggiano non potrà in ogni caso essere inferiore a 1/100 della quota dei punti considerati, misurata dallo spiccatto della fondazione o dalla sommità della struttura scatolare rigida di cui al § 7.2.1, moltiplicata per $2a_g S/g \leq 1$.

Qualora non si possano eseguire calcoli specifici, lo spostamento massimo di una costruzione non isolata alla base può essere stimato in 1/100 della sua altezza, misurata come sopra, moltiplicata per $a_g S/g$; in questo caso, la distanza tra costruzioni contigue non potrà essere inferiore alla somma degli spostamenti massimi di ciascuna di esse. Il presente capoverso non si applica ai ponti.

Se le costruzioni hanno dispositivi d'isolamento sismico e/o dissipazione, particolare attenzione va posta al dimensionamento dei distacchi e/o giunti, tenendo in conto le indicazioni riportate nel § 7.10.4 e nel § 7.10.6.

Regolarità edificio: l'edificio non risulta regolare in pianta ed in altezza.

Tipologia strutturale: fabbricato in carpenteria metallica a telaio.

SCELTA DEL COEFFICIENTE DI STRUTTURA

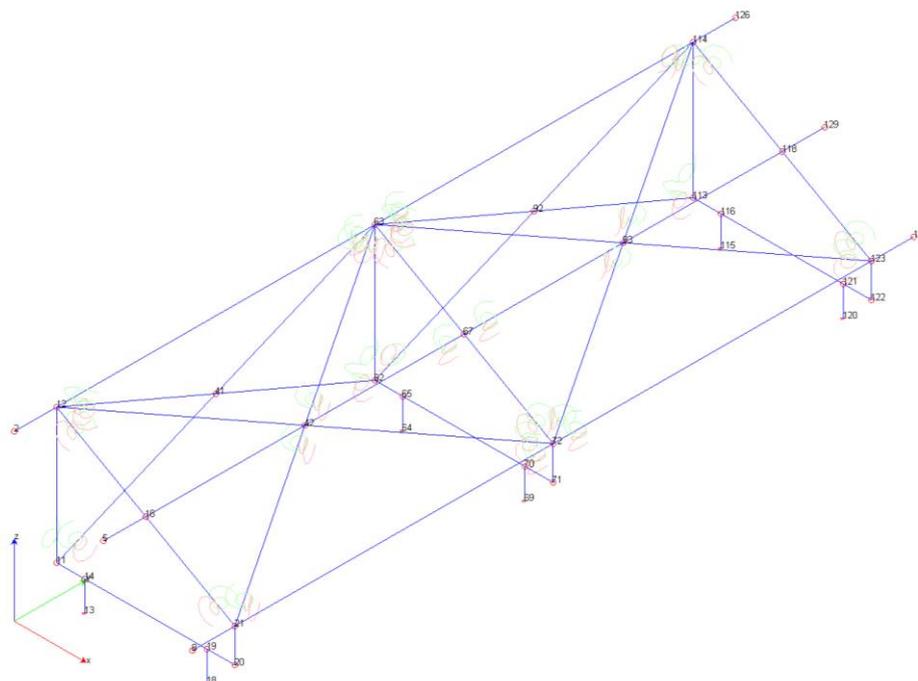
Le strutture metalliche costituiscono un paragrafo specifico delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2018 (D.M. del 17/01/2018, "NTC18"). Infatti all'interno del Capitolo 7 "Progettazione per azioni sismiche", il paragrafo 7.5 "Costruzioni d'acciaio" prescrive delle regole "diverse" rispetto a quelle relative agli edifici in cemento armato e lascia la possibilità di adottare un "**q**" **unitario** per le strutture non dissipative, restando quindi in campo elastico-lineare.

SCHEMA DEI VINCOLI DELLA STRUTTURA

I montanti sono incastrati ai traversi a loro volta appoggiati ai link derivanti dalle zavorre in direzione della. Le travi sono incernierate ai montanti.

Gli arcarecci sono stati modellati come elementi beam svincolati a momento flettente nel piano 12 e 13 alle estremità.

L'irrigidimento strutturale è ottenuto tramite controventi di falda e stabilizzatori sulla parete alta, anch'essi modellati come elementi beam svincolati alle estremità.



COMBINAZIONI DI CARICO

Convenzioni adottate

Nel seguito vengono riportate il numero di condizioni di carico statiche e dinamiche che sollecitano la struttura. Si noti che:

- Per quanto riguarda le condizioni di carico dinamiche, il programma assimila ogni direzione di ingresso del sisma, definita dal progettista, ad una condizione di carico. Pertanto qualora agiscano sulla struttura n condizioni di carico statiche e il progettista abbia supposto che la struttura venga sollecitata da un sisma entrante in m direzioni, la struttura stessa viene considerata del programma come soggetta ad $n + m$ condizioni di carico.
- Le combinazioni di carico, definite dal progettista, combinano fra loro le $n + m$ condizioni di carico ognuna partecipante alla combinazione i -esima secondo i fattori di partecipazione nel seguito riportati. N.B.: se la condizione j -esima ha fattore di partecipazione unitario, allora partecipa per intero alla combinazione i -esima.
- Le prime n condizioni sono sempre statiche mentre sono di origine dinamica le (eventuali) condizioni da $n+1$ a $n+m$.

Condizioni di carico definite:

CONDIZIONI DI CARICO DEFINITE:

Condizione	
1	Peso strutturale
2	Peso portato
3	Neve
4	Vento +X
5	Vento +Y

Condizione	
6	Vento -X
7	Vento -Y
8	Sisma 0SLU
9	Sisma 90SLU
10	Sisma 180SLU
11	Sisma 270SLU
12	Sisma 0SLD
13	Sisma 90SLD
14	Sisma 180SLD
15	Sisma 270SLD

COMBINAZIONI DI CARICO

STATICHE

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$
 [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$
 [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qj}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

SISMICHE

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Combinazioni agli STATI LIMITE ULTIMI

Comb./Cond	1	2	3	4	5	6	7
1	1.3	1.5	1.5	0.9			
2	1.3	1.5	1.5		0.9		
3	1.3	1.5	1.5			0.9	
4	1.3	1.5	1.5				0.9
5	1.3	1.5	0.75	1.5			
6	1.3	1.5	0.75		1.5		
7	1.3	1.5	0.75			1.5	
8	1.3	1.5	0.75				1.5
9	1	0.8		1.5			
10	1	0.8			1.5		
11	1	0.8				1.5	
12	1	0.8					1.5

Combinazioni agli STATI LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Comb.\Cond	1	2	8	9	10	11
13	1	1	1	0.3		
14	1	1	1			0.3
15	1	1	0.3	1		
16	1	1		1	0.3	
17	1	1		0.3	1	
18	1	1			1	0.3
19	1	1	0.3			1
20	1	1			0.3	1

Combinazioni RARE STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7
21	1	1	1	0.6			
22	1	1	1		0.6		
23	1	1	1			0.6	
24	1	1	1				0.6
25	1	1	0.5	1			
26	1	1	0.5		1		
27	1	1	0.5			1	
28	1	1	0.5				1

Combinazioni FREQUENTI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Comb.\Cond	1	2	3	4	5	6	7
29	1	1	0.2				
30	1	1		0.2			
31	1	1			0.2		
32	1	1				0.2	
33	1	1					0.2

Combinazioni QUASI PERMANENTI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Comb.\Cond	1	2
34	1	1

Combinazioni agli STATI LIMITE DI DANNO

Comb.\Cond	1	2	12	13	14	15
35	1	1	1	0.3		
36	1	1	1			0.3
37	1	1	0.3	1		
38	1	1		1	0.3	
39	1	1		0.3	1	
40	1	1			1	0.3
41	1	1	0.3			1
42	1	1			0.3	1

METODO D'ANALISI

analisi dinamica modale con spettro di risposta elastico: per la valutazione del periodo proprio della struttura e per le verifiche di resistenza e di deformazione.

EFFETTI DEL SECONDO ORDINE S.L.U. (S.L.V.)

Secondo il punto 7.3.1 del D.M. 17/01/2018 gli effetti del secondo ordine possono essere trascurati nel caso in cui la condizione seguente sia verificata ad ogni piano:

$$\theta = \frac{P \cdot d_{Er}}{V \cdot h} < 0.1$$

dove:

P è il carico verticale totale di tutti i piani superiori al piano in esame;

d_{Er} è lo spostamento medio d'interpiano, ovvero la differenza tra lo spostamento al solaio superiore ed inferiore, pari allo spostamento allo S.L.U. (S.L.V.), moltiplicato per il coefficiente di struttura;

V è la forza orizzontale totale al piano in esame, h è l'altezza del piano.

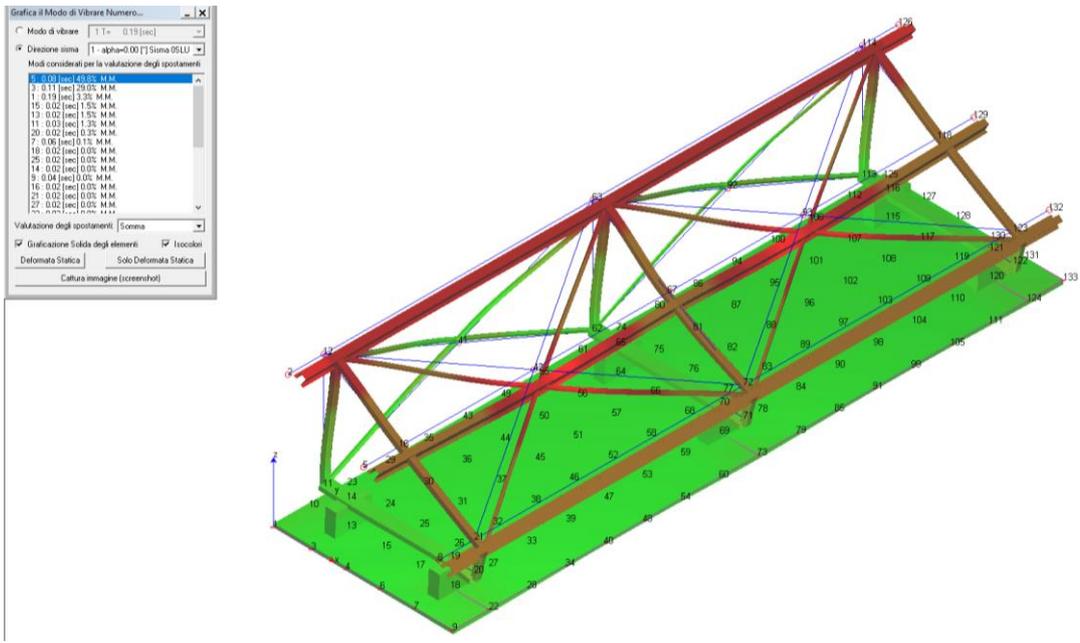
Inoltre, quando θ è compreso tra 0.1 e 0.2 gli effetti del secondo ordine possono essere presi in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a $1/(1-\theta)$. In generale, però, θ non può superare il valore 0.3.

Sez.	Direzione 1-2								Direzione 1-3								Direzione $U=\sqrt{d_{r,1-2}^2+d_{r,1-3}^2}$							
	Pil.	Comb.	L [m]	P [kg]	V [kg]	P d_r/h [kg]	d_r [cm]	Θ	Pil.	Comb.	L [m]	P [kg]	V [kg]	P d_r/h [kg]	d_r [cm]	Θ	Pil.	Comb.	L [m]	P [kg]	V [kg]	P d_r/h [kg]	d_r [cm]	Θ
1	71-72	15	0.40	111.1	5.6	0.0	-0.02	0.0081	62-63	17	1.60	137.8	0.1	0.0	-0.00	0.0145	62-63	17	1.60	137.8	5.3	0.0	0.03	0.0052

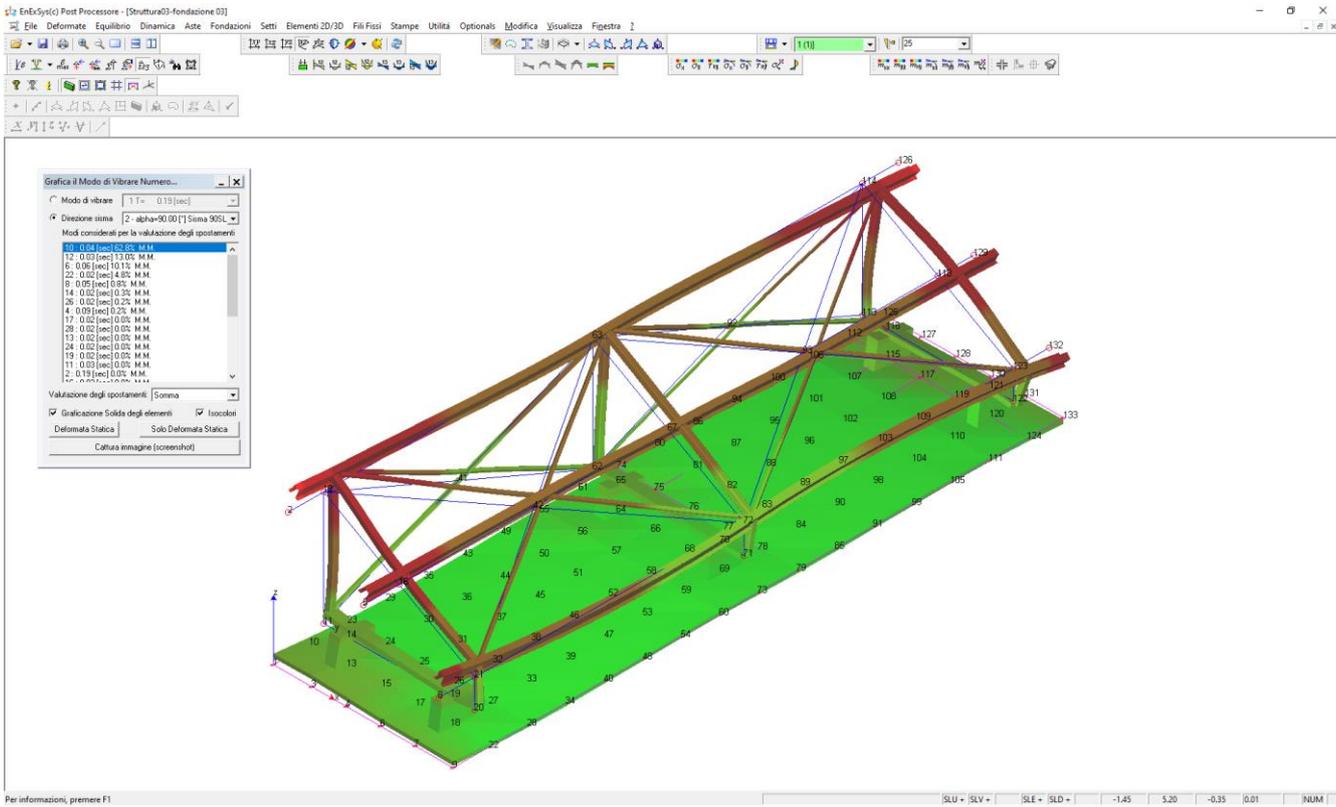
$\theta \leq 0.1$, pertanto per il calcolo non si incrementano gli effetti dell'azione sismica.

MODI DI VIBRARE DELLA STRUTTURA E MASSA ECCITATA (SOLO I PRINCIPALI)

Modo n°1: $T_5 = 0.08$ secondi - (massa dir. X = 49.8% ; massa dir. Y = 0.0%)



Modo n° 10: $T_{10} = 0.04$ secondi - (massa dir. X = 0.0% ; massa dir. Y = 62.8%)



Massa partecipante in X

Modo	Li(gi)	Li/L1	Emi=Li^2/Mi	Emi/EmTot	Sum.Emi/EmTot
5	6.11739e+00	100.0	3.74224e+01	49.8	49.8
3	4.67121e+00	76.4	2.18202e+01	29.0	78.8

Modo	Li(gi)	Li / L1	Emi=Li^2/Mi	Emi/EmTot	Sum.Emi/EmTot
1	1.57767e+00	25.8	2.48906e+00	3.3	82.1
15	1.06693e+00	17.4	1.13835e+00	1.5	83.6
13	-1.05587e+00	17.3	1.11487e+00	1.5	85.1
11	9.71979e-01	15.9	9.44743e-01	1.3	86.3
20	-4.89055e-01	8.0	2.39175e-01	0.3	86.7
7	-3.19852e-01	5.2	1.02305e-01	0.1	86.8
18	1.59394e-01	2.6	2.54063e-02	0.0	86.8
25	1.21205e-01	2.0	1.46906e-02	0.0	86.8
14	1.09539e-01	1.8	1.19988e-02	0.0	86.9
9	-1.06143e-01	1.7	1.12664e-02	0.0	86.9
16	7.63473e-02	1.2	5.82892e-03	0.0	86.9
21	-4.36012e-02	0.7	1.90106e-03	0.0	86.9
27	4.03369e-02	0.7	1.62707e-03	0.0	86.9
23	9.21990e-03	0.2	8.50066e-05	0.0	86.9
6	-8.84278e-03	0.1	7.81947e-05	0.0	86.9
4	-4.42311e-03	0.1	1.95639e-05	0.0	86.9
12	-3.23247e-03	0.1	1.04489e-05	0.0	86.9
10	1.38574e-03	0.0	1.92026e-06	0.0	86.9
8	-1.21275e-03	0.0	1.47076e-06	0.0	86.9
28	8.80476e-04	0.0	7.75239e-07	0.0	86.9
26	-5.16309e-04	0.0	2.66575e-07	0.0	86.9
17	-2.15535e-04	0.0	4.64553e-08	0.0	86.9
22	9.98980e-05	0.0	9.97961e-09	0.0	86.9
19	6.69753e-05	0.0	4.48569e-09	0.0	86.9
2	-2.60826e-05	0.0	6.80301e-10	0.0	86.9
24	-1.36658e-07	0.0	1.86754e-14	0.0	86.9

Massa eccitata in direzione X = 86.9%

Massa partecipante in Y

Modo	Li(gi)	Li / L1	Emi=Li^2/Mi	Emi/EmTot	Sum.Emi/EmTot
10	6.87230e+00	100.0	4.72285e+01	62.8	62.8
12	-3.12348e+00	45.5	9.75614e+00	13.0	75.8
6	-2.75901e+00	40.1	7.61213e+00	10.1	85.9
22	1.89044e+00	27.5	3.57375e+00	4.8	90.7
8	-7.62575e-01	11.1	5.81520e-01	0.8	91.4
14	5.12513e-01	7.5	2.62670e-01	0.3	91.8
26	-4.10425e-01	6.0	1.68449e-01	0.2	92.0
4	3.72050e-01	5.4	1.38421e-01	0.2	92.2
17	-1.78939e-01	2.6	3.20190e-02	0.0	92.2
28	1.46209e-01	2.1	2.13769e-02	0.0	92.3
13	5.69946e-02	0.8	3.24839e-03	0.0	92.3
24	-3.65787e-02	0.5	1.33800e-03	0.0	92.3
19	3.37558e-02	0.5	1.13945e-03	0.0	92.3
11	-2.23532e-02	0.3	4.99667e-04	0.0	92.3
2	-1.52846e-02	0.2	2.33618e-04	0.0	92.3
16	-7.33167e-03	0.1	5.37533e-05	0.0	92.3
5	-4.48227e-03	0.1	2.00907e-05	0.0	92.3
15	2.26800e-03	0.0	5.14380e-06	0.0	92.3
25	-1.68130e-03	0.0	2.82676e-06	0.0	92.3
3	1.58551e-03	0.0	2.51385e-06	0.0	92.3

Modo	Li(gi)	Li / L1	Emi=Li^2/Mi	Emi/EmTot	Sum.Emi/EmTot
27	-6.44687e-04	0.0	4.15621e-07	0.0	92.3
18	-6.39428e-04	0.0	4.08868e-07	0.0	92.3
9	-4.02604e-04	0.0	1.62090e-07	0.0	92.3
21	-2.12518e-04	0.0	4.51639e-08	0.0	92.3
20	-8.02302e-05	0.0	6.43688e-09	0.0	92.3
7	6.15030e-05	0.0	3.78262e-09	0.0	92.3
23	3.93467e-05	0.0	1.54816e-09	0.0	92.3
1	-1.68272e-06	0.0	2.83155e-12	0.0	92.3

Massa eccitata in direzione Y = 94.9%

CRITERI DI VERIFICA

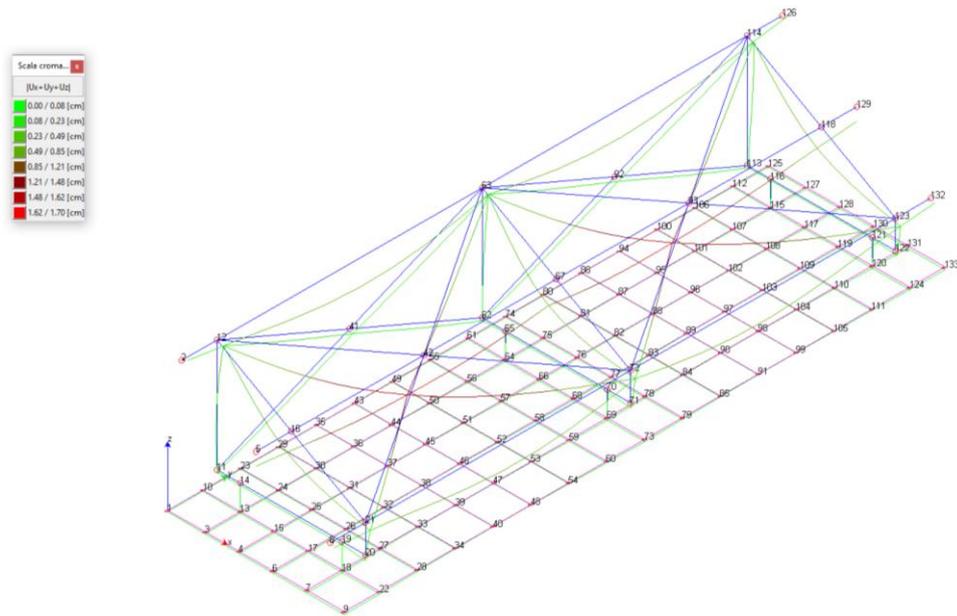
SLU: Verifiche di resistenza ed instabilità.

SLE: Spostamenti e deformazioni.

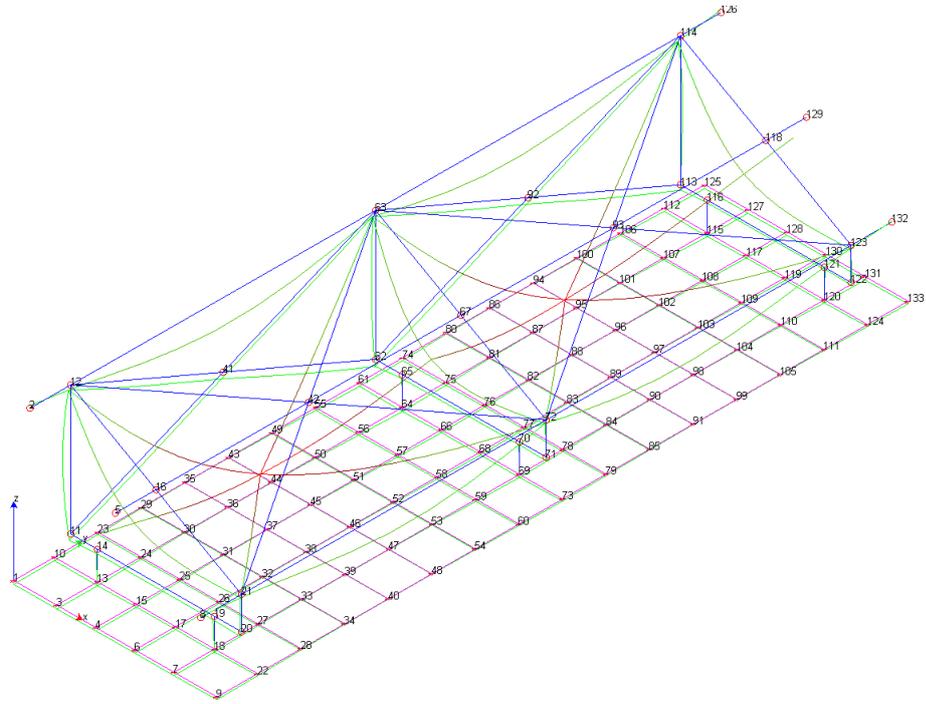
DEFORMATE, SOLLECITAZIONI E SINTESI DELLE VERIFICHE

CONFIGURAZIONI DEFORMATE

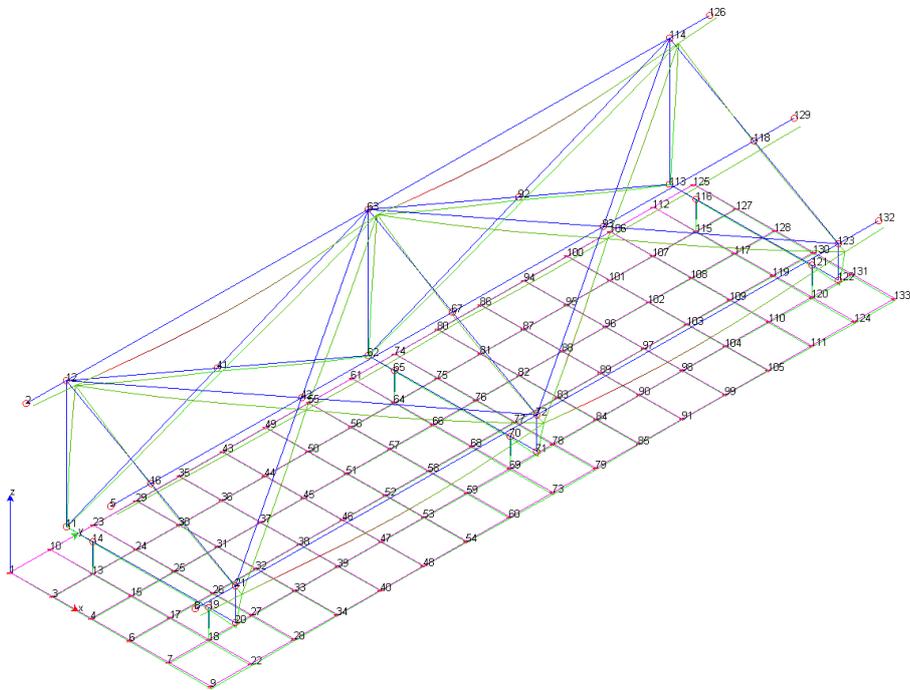
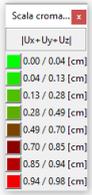
Comb. n.°1 (SLU)



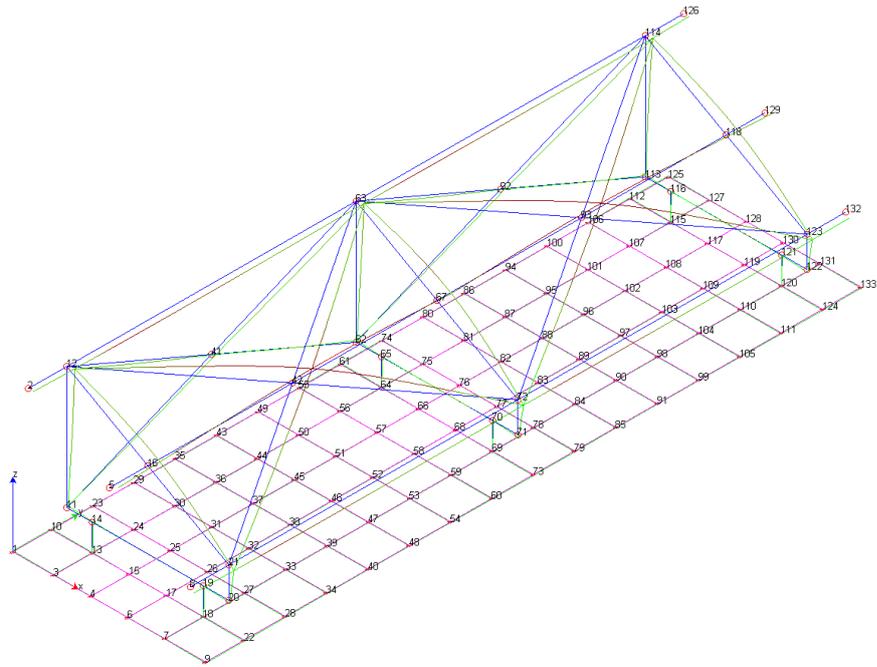
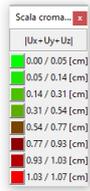
Comb. n.°3 (SLU)



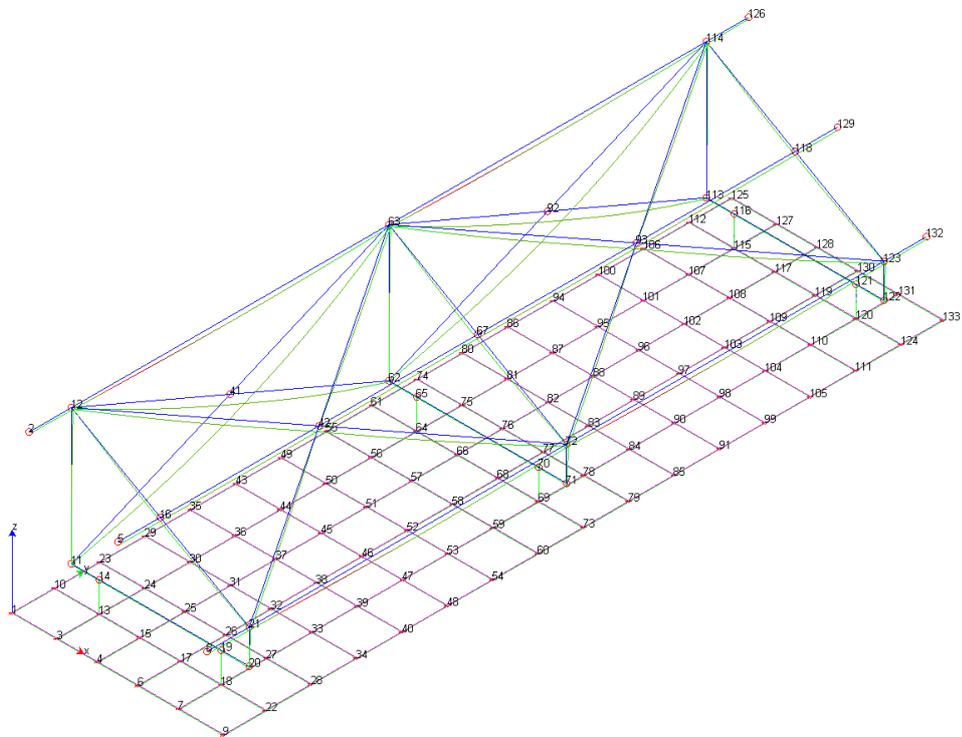
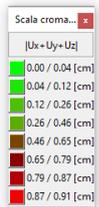
Comb. n.º6 (SLU)



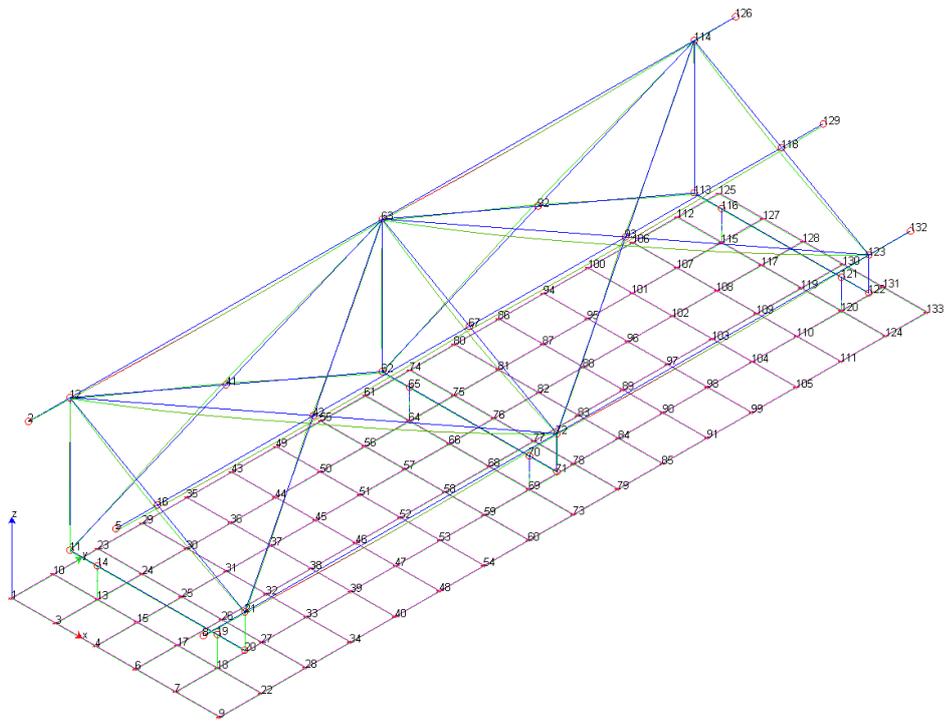
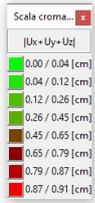
Comb. n.º9 (SLU)



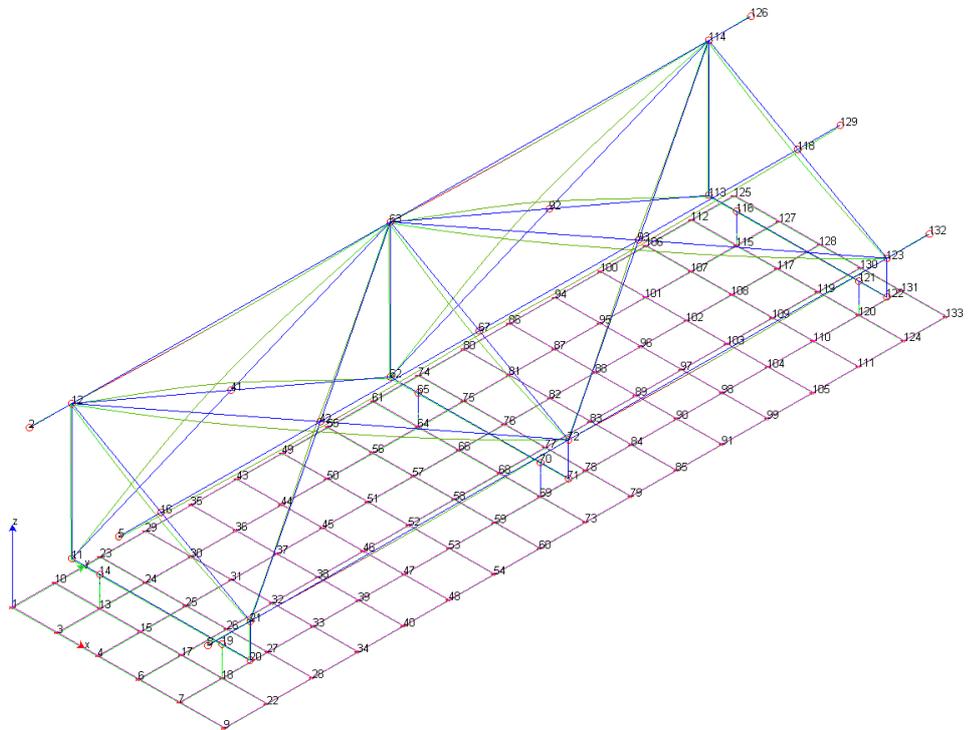
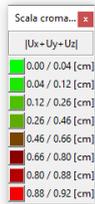
Comb. n.°13 (SLV)



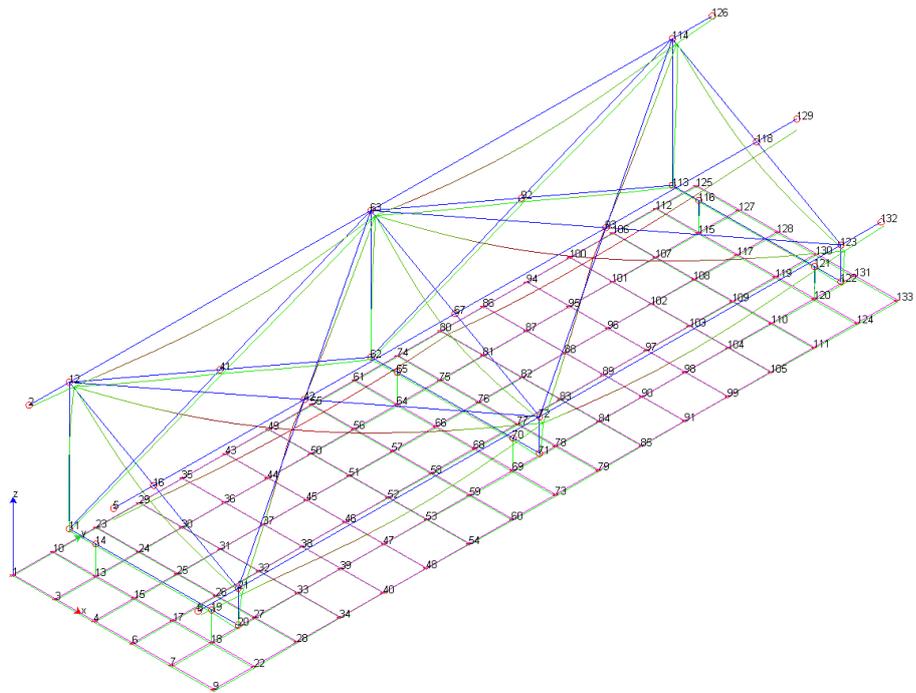
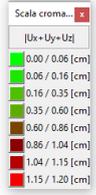
Comb. n.°16 (SLV)



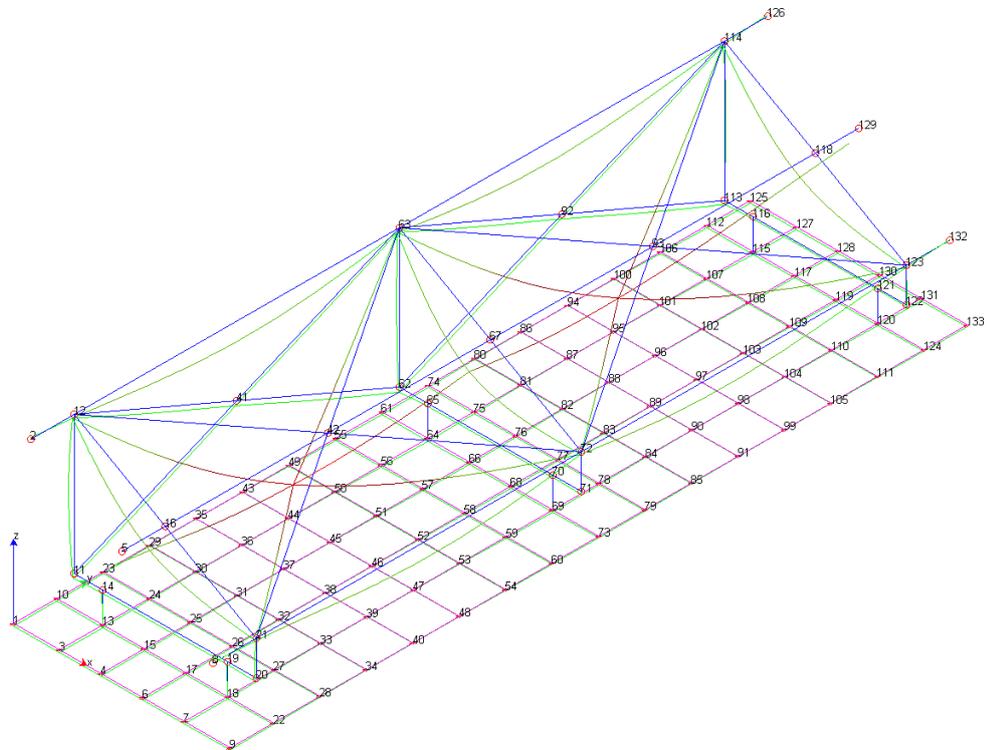
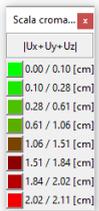
Comb. n. 18 (SLV)



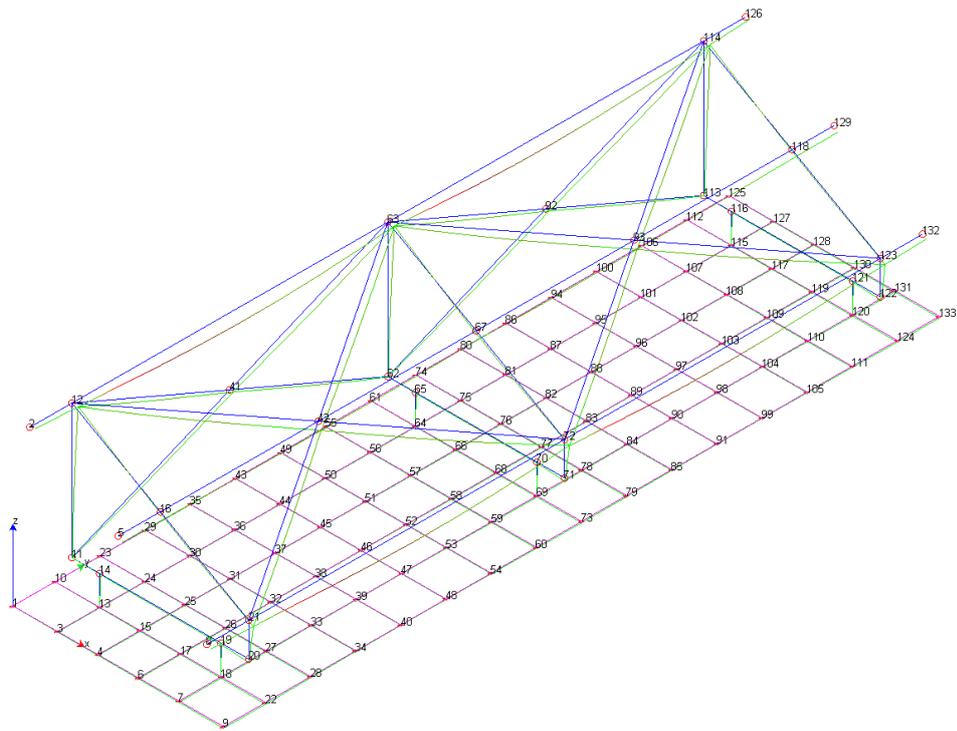
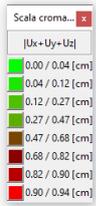
Comb. n. 21 (SLE-Rare)



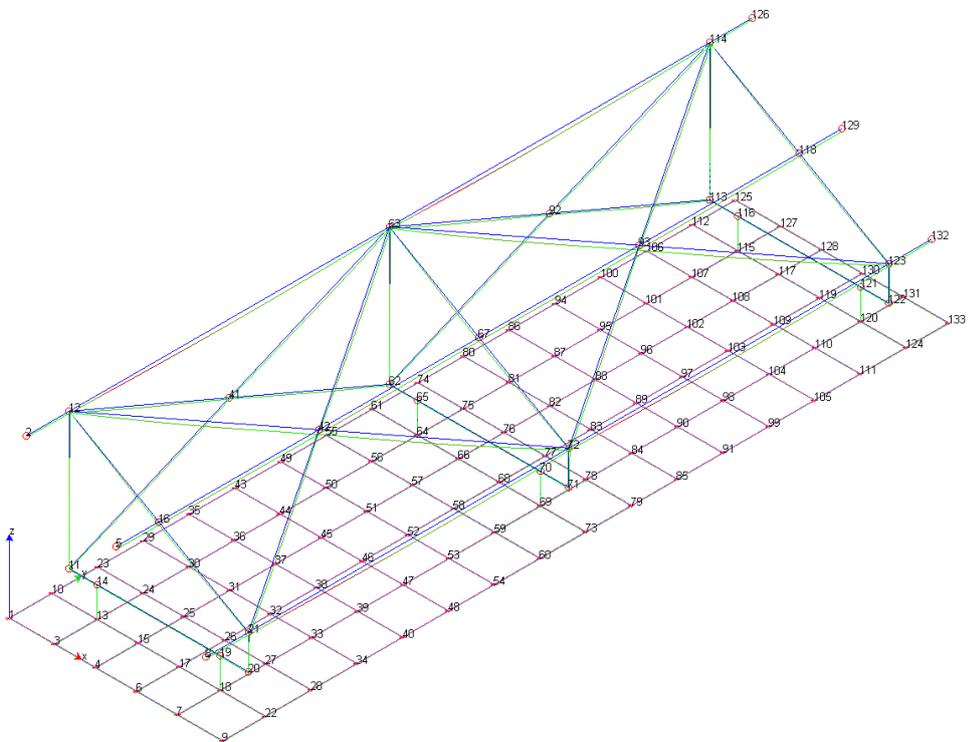
Comb. n. 23 (SLE-Rare)



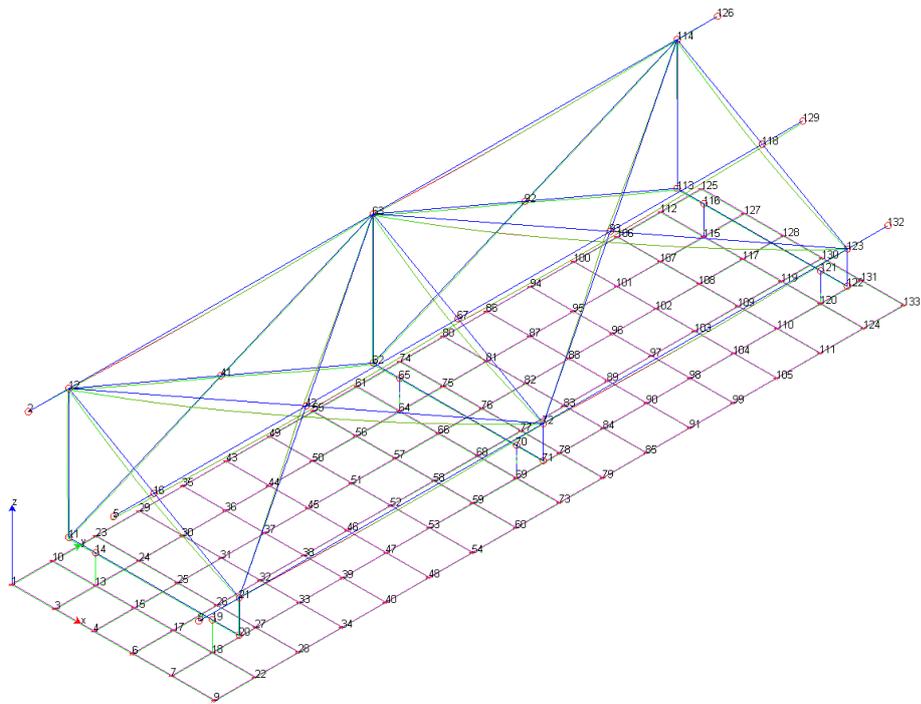
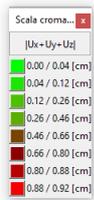
Comb. n. 25 (SLE-Rare)



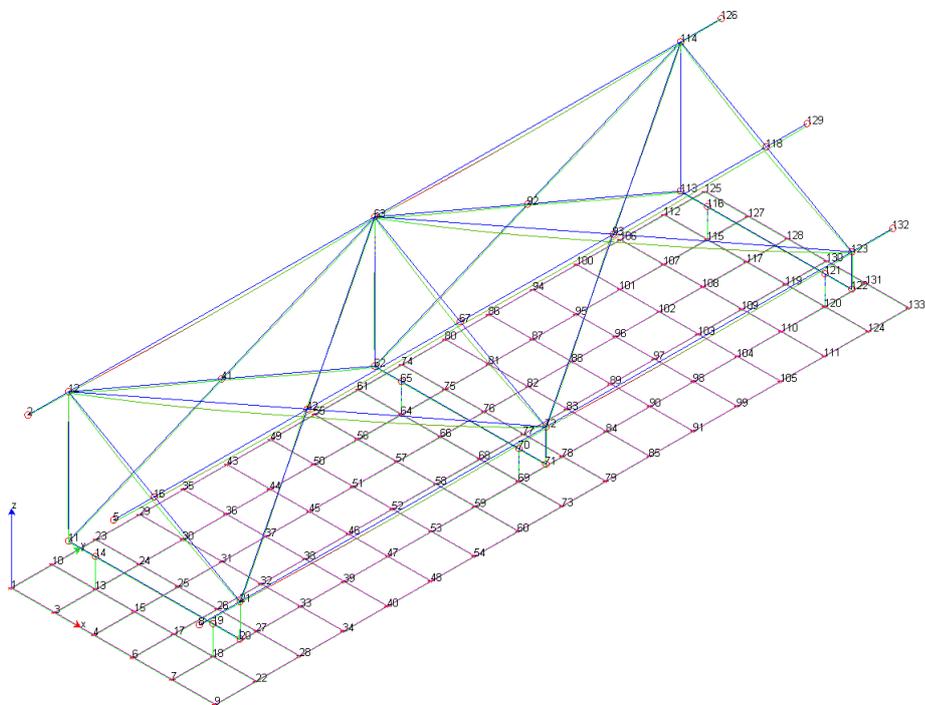
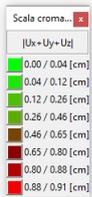
Comb. n. 30 (SLE- Frequenti)



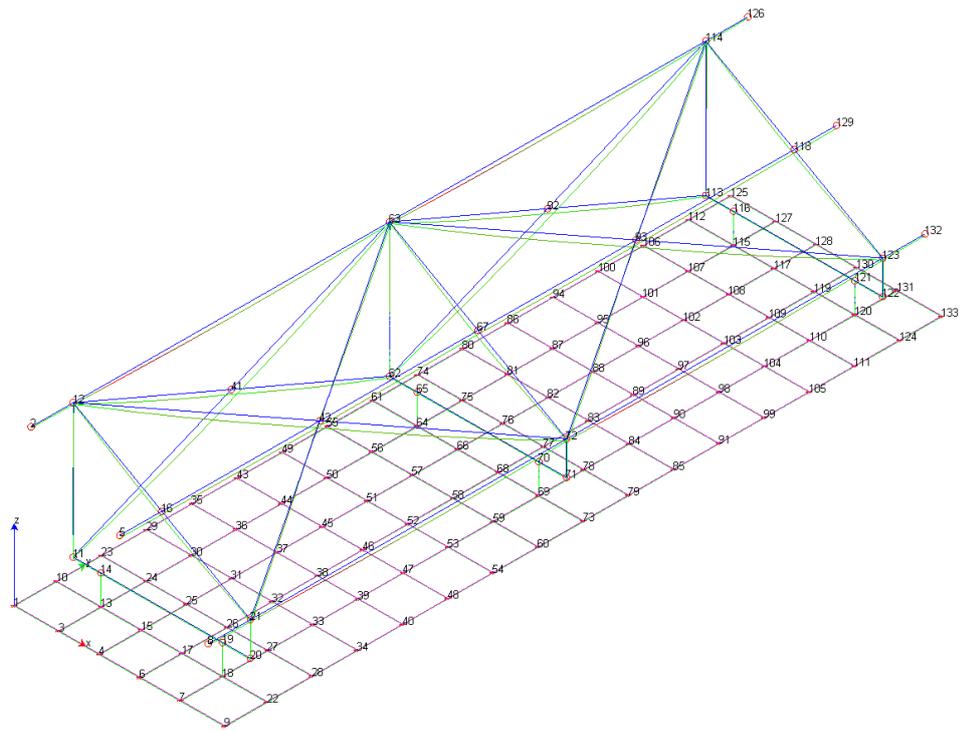
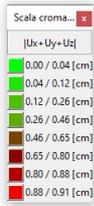
Comb. n. 33 (SLE- Frequenti)



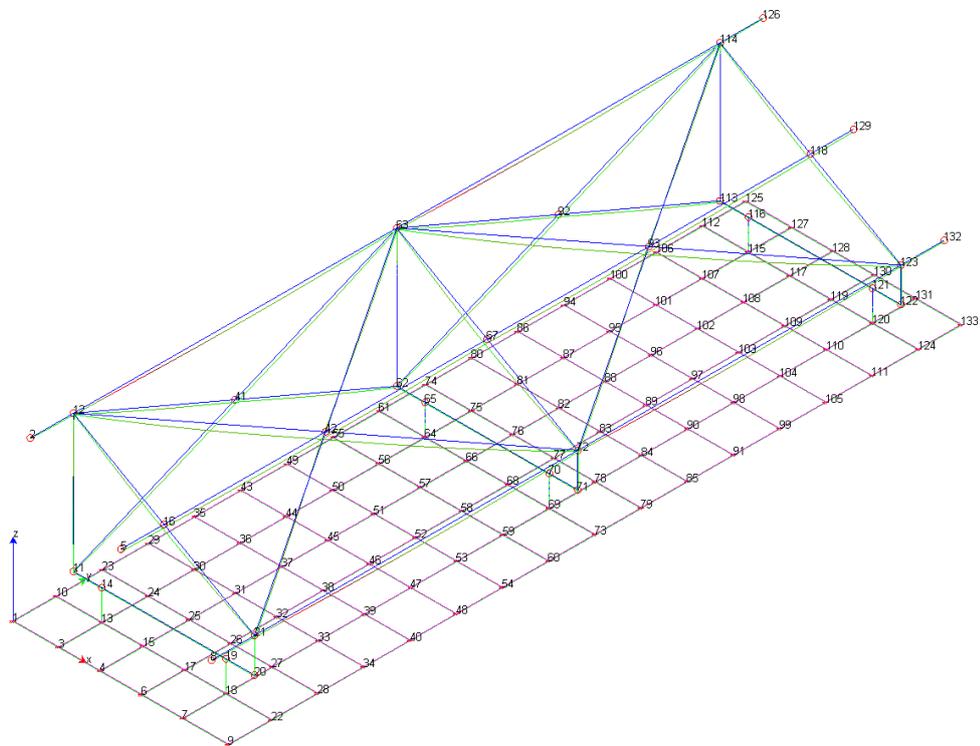
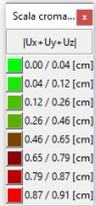
Comb. n. 34 (SLE- Quasi permanenti)



Comb. n. 36 (SLD)

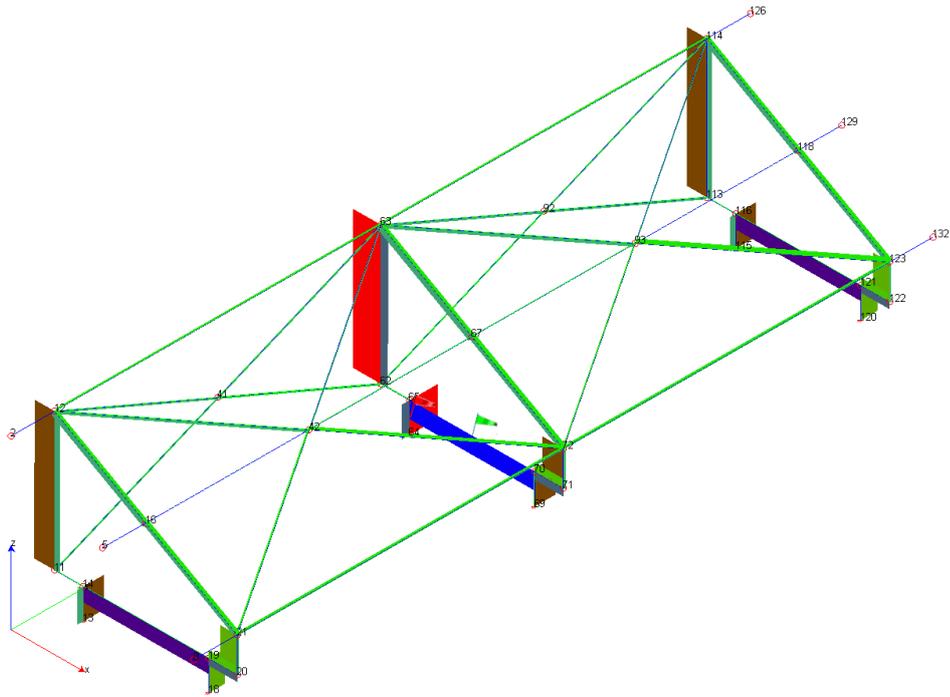
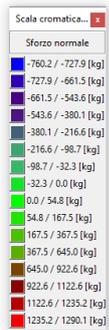


Comb. n. 37 (SLD)

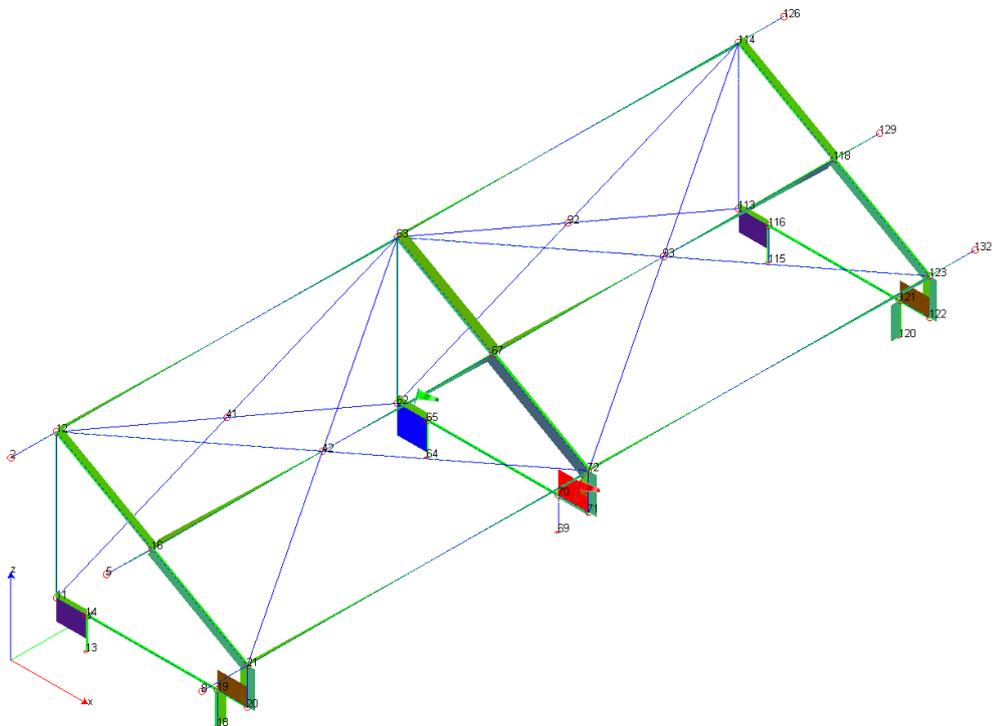


CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

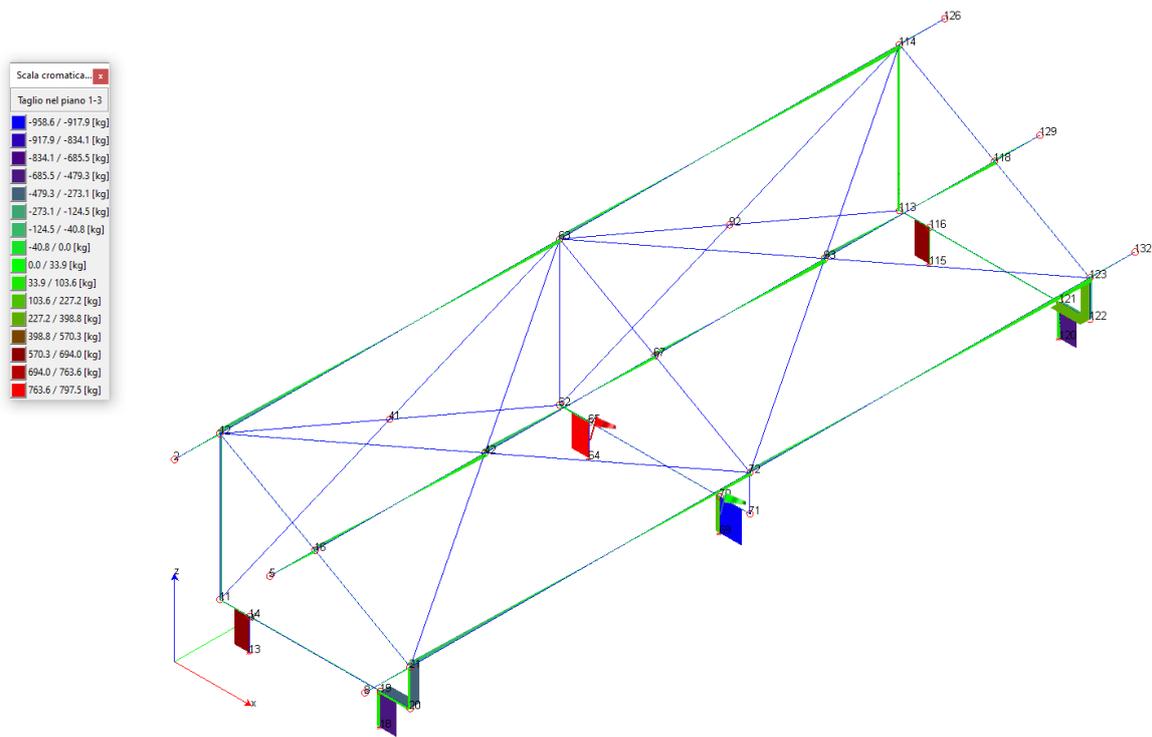
Involuppo sforzo normale (N)



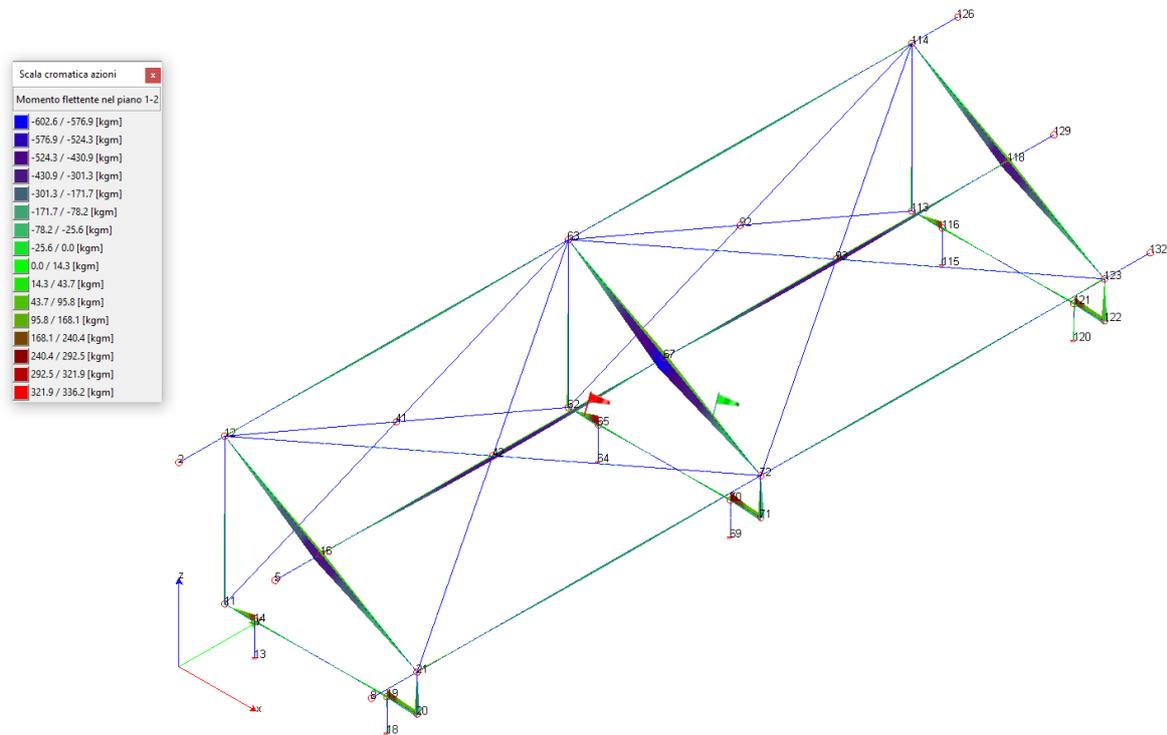
Involuppo Taglio 12 (T_{12})



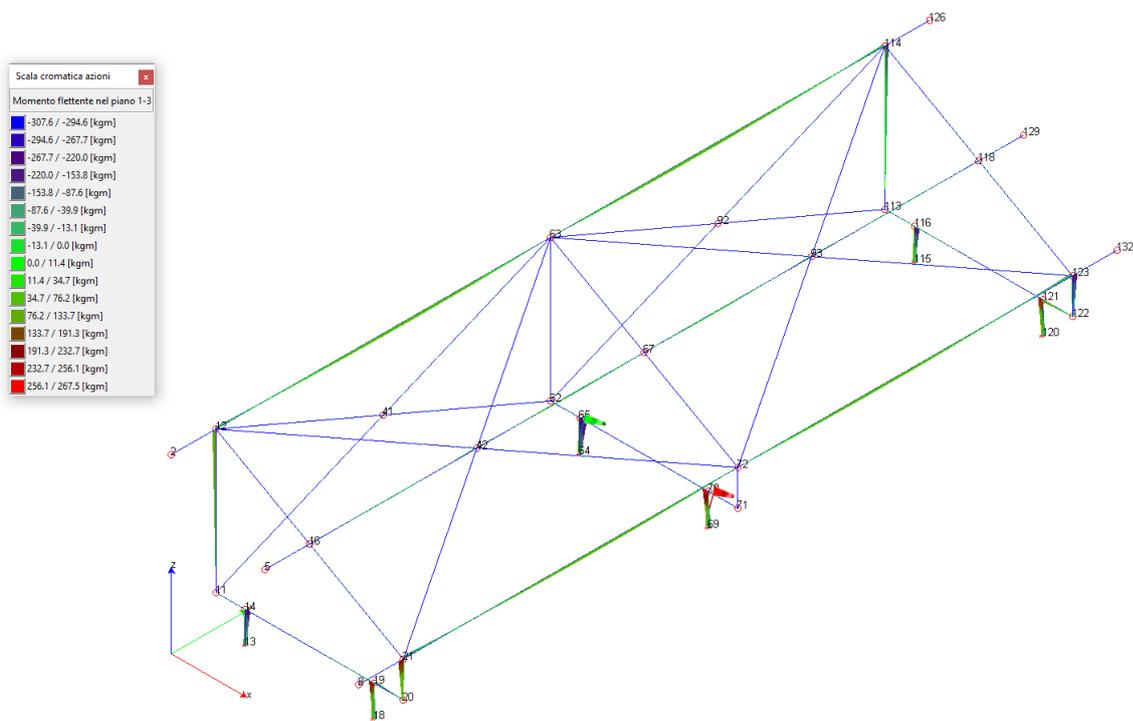
Involuppo Taglio 13 (T_{13})



Inviluppo Momento 12 (M_{12})



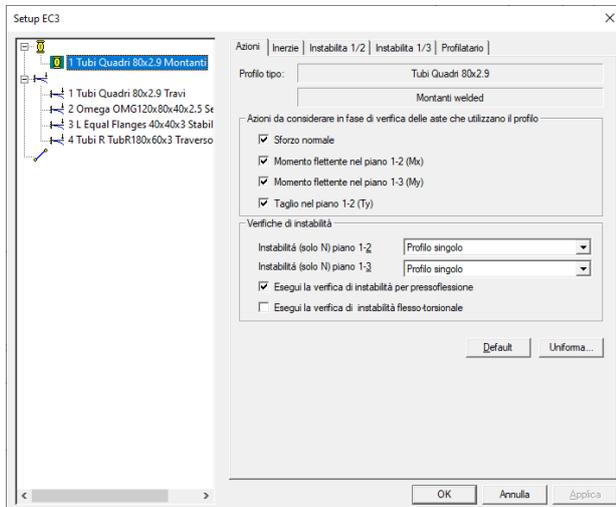
Inviluppo Momento 13 (M_{13})



VERIFICHE DI RESISTENZA E INSTABILITA' DEGLI ELEMENTI (S.L.U. – S.L.V.)

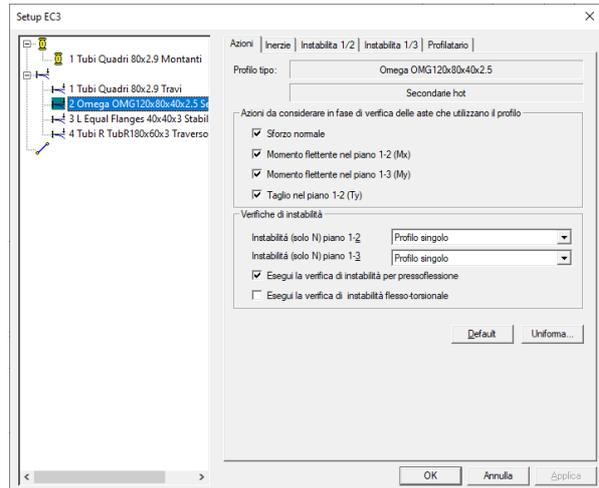
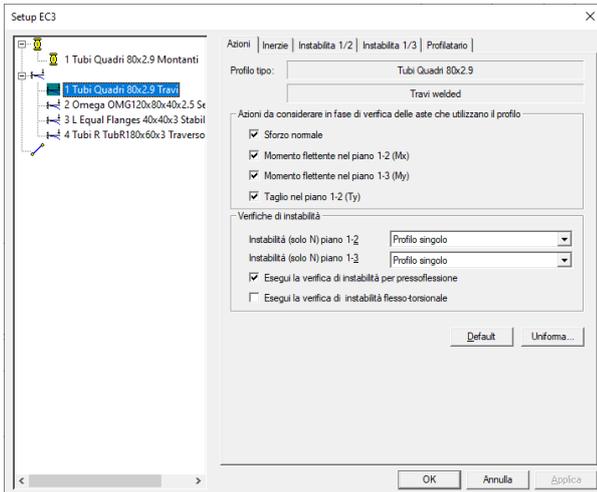
COLONNE

Le impostazioni di verifica delle aste sono le seguenti:



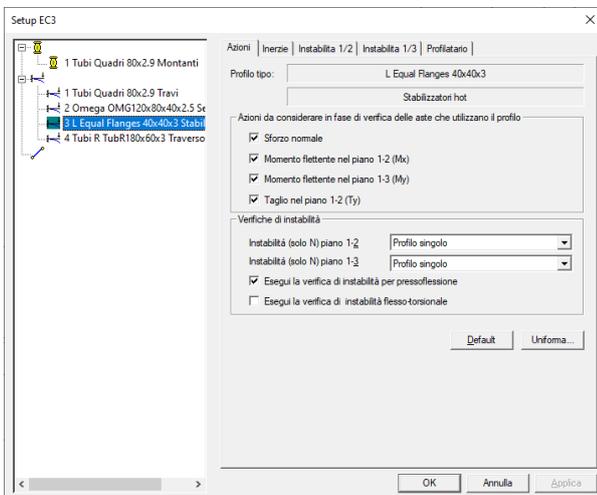
TRAVI

Le impostazioni di verifica delle aste sono le seguenti:



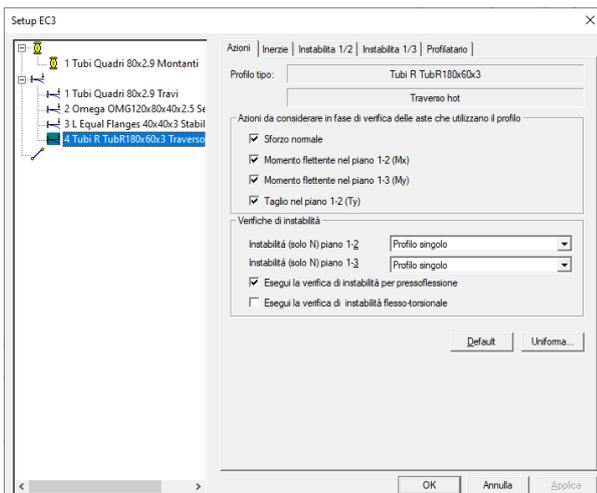
CONTROVENTI

Le impostazioni di verifica delle aste sono le seguenti:

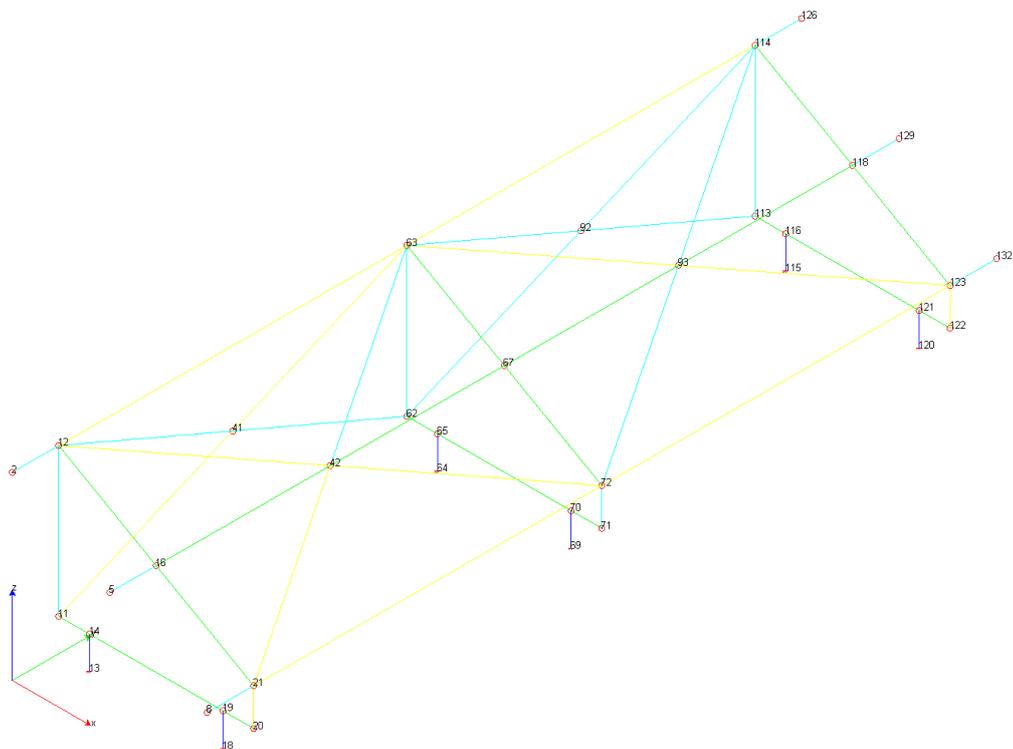


TRAVERSI

Le impostazioni di verifica delle aste sono le seguenti:



Si riportano gli esiti delle verifiche come visualizzati a schermo:



Percentuale di sfruttamento dei profilati metallici

Elementi Pilastro

Sezione Numero	Sezione tipo	Sd/Sr ≤ 33%	Sd/Sr ≤ 66%	Sd/Sr ≤ 100%	Sd/Sr > 100%
1	Tubi Quadri 80x2.9/Montanti	66.67 (4)	33.33 (2)	0.00 (0)	0.00 (0)

Elementi Trave

Sezione Numero	Sezione tipo	Sd/Sr ≤ 33%	Sd/Sr ≤ 66%	Sd/Sr ≤ 100%	Sd/Sr > 100%
1	Tubi Quadri 80x2.9/Travi	0.00 (0)	0.00 (0)	100.00 (3)	0.00 (0)
2	Omega OMG120x80x40x2.5/Secondarie	50.00 (6)	33.33 (4)	16.67 (2)	0.00 (0)
3	L Equal Flanges 40x40x3/Stabilizzatori	50.00 (6)	50.00 (6)	0.00 (0)	0.00 (0)
4	Tubi R TubR180x60x3/Traverso	0.00 (0)	0.00 (0)	100.00 (3)	0.00 (0)

Elementi maggiormente sollecitati

Elementi Pilastro

Sezione	Min Elemento nodi	Min S _D /S _R	Max Elemento nodi	Max S _D /S _R
1 Tubi Quadri 80x2.9/Montanti	62 63	0.15	20 21	0.41

Elementi Trave

Sezione	Min Elemento nodi	Min S _D /S _R	Max Elemento nodi	Max S _D /S _R
---------	-------------------	------------------------------------	-------------------	------------------------------------

1 Tubi Quadri 80x2.9/Travi	114...123	0.73	63...72	0.99
2 Omega OMG120x80x40x2.5/Secondarie	8 21	0.04	16...67	0.78
3 L Equal Flanges 40x40x3/Stabilizzatori	42 63	0.05	93 123	0.56
4 Tubi R TubR180x60x3/Traverso	11...20	0.87	62...71	0.97

VERIFICA DELLE MASSIME DEFORMAZIONI (S.L.E.)

Colonne

4.2.4.2.2 Spostamenti laterali

Negli edifici gli spostamenti laterali alla sommità delle colonne per le combinazioni caratteristiche delle azioni devono generalmente limitarsi ad una frazione dell'altezza della colonna e dell'altezza complessiva dell'edificio da valutarsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In assenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti per gli spostamenti orizzontali indicati in Tab. 4.2.XIII (Δ spostamento in sommità; δ spostamento relativo di piano – Fig. 4.2.4).

Tab. 4.2.XIII - Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carro-ponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

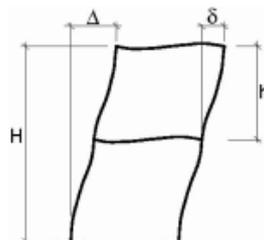


Fig. 4.2.4 - Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio

Freccie massime assolute Pilastro

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
1 Tubi Quadri 80x2.9 Montanti	62 63	25	1.60	-0.19	822	11 12	24	1.60	0.10	1566

Travi

4.2.4.2.1 Spostamenti verticali

Il valore totale dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento (Fig. 4.2.3) è definito come

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_1 + \delta_2 \quad [4.2.60]$$

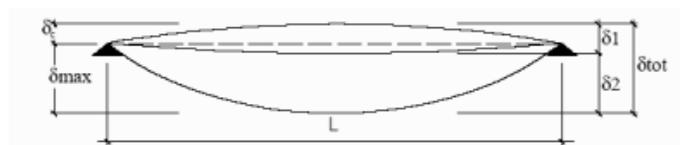


Fig. 4.2.3 -Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio

essendo:

δ_C la monta iniziale della trave,

δ_1 lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti,

δ_2 lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili,

δ_{max} lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{\text{tot}} - \delta_C$.

Nel caso di coperture, solai e travi di edifici ordinari, i valori limite di δ_{max} e δ_2 , riferiti alle combinazioni caratteristiche delle azioni, sono espressi come funzione della luce L dell'elemento.

I valori di tali limiti sono da definirsi in funzione degli effetti sugli elementi portati, della qualità del comfort richiesto alla costruzione, delle caratteristiche degli elementi strutturali e non strutturali gravanti sull'elemento considerato, delle eventuali implicazioni di una eccessiva deformabilità sul valore dei carichi agenti.

In carenza di più precise indicazioni si possono adottare i limiti indicati nella Tab. 4.2.XII, dove L è la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Tabella 4.2.X Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{\text{max}}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Frecce massime relative Travi

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f
I Tubi Quadri 80x2.9 Travi	63 72	23	2.42	-1.15	211	12 21	24	2.42	0.00	57467

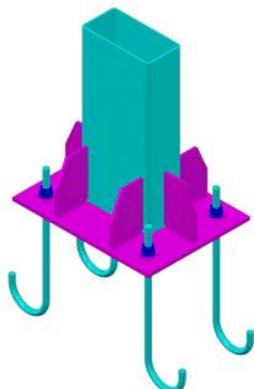
Frecce massime relative Secondarie

Sezione	Piano 1-2					Piano 1-3				
	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f	Asta	Combinazione	L [m]	Freccia [cm]	L/f

2 Omega OMG120x80x40x2.5 Secondarie	67 118	24	3.75	-0.95	395	63 114	21	3.75	0.23	1653
-------------------------------------	--------	----	------	-------	-----	--------	----	------	------	------

VERIFICA DELLE CONNESSIONI (S.L.U. – S.L.V.)

PIASTRE DI BASE – COLONNE



La verifica di resistenza della piastra di base riguarda:

- Compressione calcestruzzo
- Flessione della piastra
- Tirafondi
- Valutazione lunghezza tirafondi
- Tacco di taglio in direzione X
- Tacco di taglio in direzione Y
- Saldature

Le sollecitazioni che la Trave A può trasmettere attraverso una piastra di base sono:

- Azione assiale (N)
- Taglio agente secondo gli assi x-x e y-y (Tx, Ty)
- Momento flettente agente secondo gli assi x-x e y-y (Mx, My)

Nelle verifiche dei **tirafondi** le sollecitazioni sono ripartite come segue:

- N, Tx, Ty, Mx, My sono distribuite su tutti i tirafondi

Compressione calcestruzzo

La verifica viene fatta con il confronto tra la tensione sollecitante e quella resistente:

se $\sigma_j \leq f_j$ allora la verifica è soddisfatta

La tensione nel calcestruzzo σ_j e nell'acciaio si ottiene analizzando una sezione in calcestruzzo armato, questa sezione ha il calcestruzzo che lavora a sola compressione e l'acciaio sia a compressione che trazione.

La tensione resistente f_j viene valutata con:

$$f_j = \beta_j \cdot k_j \cdot f_{cd}$$

Con:

- β_j coefficiente legato alle caratteristiche della malta di riempimento tra il plinto e la piastra di base
- k_j coefficiente di concentrazione legato alla geometria del plinto
- f_{cd} tensione resistente di calcolo del calcestruzzo

Flessione della piastra

Questa verifica viene svolta se l'asse neutro interseca la proiezione del profilo sulla piastra di base (condizione che si verifica con grandi momenti flettenti). In questa situazione la verifica è soddisfatta se:

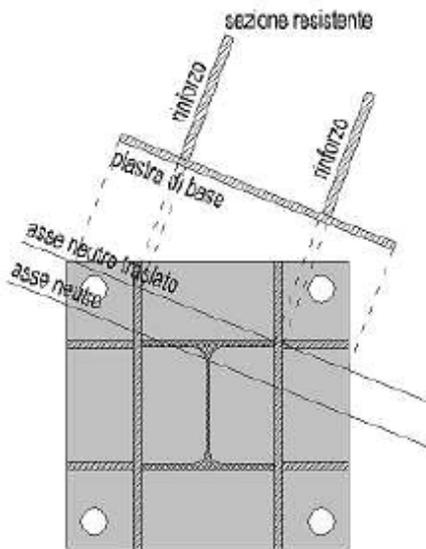
$$\sigma_{BPP} \leq f_y$$

Con:

σ_{BPP} tensione sollecitante sulla sezione in acciaio composta da piastra di base ed eventuali rinforzi (la sezione è individuata dall'asse neutro traslato nell'immagine seguente)

f_y tensione di snervamento

Nel disegno successivo viene rappresentata la sezione resistente:



Tirafondi e loro lunghezza

La verifica dei tirafondi viene condotta componendo la sollecitazione normale $F_{t,SD}$ (dovuta alla azione assiale e flettente esercitate dalla trave) con la sollecitazione tangenziale $F_{v,SD}$ (dovuta ai tagli) agenti sulla sezione del tondino secondo il criterio:

$$\frac{F_{v,SD}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,SD}}{1.4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1.0$$

Inoltre la verifica è soddisfatta se:

$$\frac{F_{t,SD}}{F_{t,Rd}} \leq 1.0$$

Nella relazione di calcolo del collegamento sono riportate le sollecitazioni $F_{t,SD}$ e $F_{v,SD}$ confrontate con le rispettive resistenze $F_{t,Rd}$ e $F_{v,Rd}$. La voce SD rappresenta numericamente la parte sinistra della disuguaglianza più gravosa sopra riportata.

Le resistenze sono calcolate considerando l'effettiva sezione del tondino sul filetto.

Se il tirafondo risulta verificato allora viene fatto il calcolo della lunghezza di ancoraggio, si determina facendo l'equilibrio tra la forza di trazione massima e la forza di aderenza lungo il tirafondo:

$$l_{b,reqd} = d_n \cdot \sigma_S / 4 \cdot f_{bd}$$

Con:

d_n diametro nominale del tondino
 σ_S tensione nel tondino
 f_{bd} tensione ultima di aderenza (vedi EC2)

Tacco di taglio

Il tacco di taglio si considera tutto immerso nel calcestruzzo e la sua area proiettata (A_{shear}) in direzione x-x e y-y da la resistenza a taglio nella corrispondente direzione.

Con l'eventuale presenza del tacco di taglio tutta la sollecitazione tagliante viene trasferita dai tirafondi al tacco stesso, la verifica si considera soddisfatta se:

$$S_d \leq R_d$$

Con:

S_d	azione sollecitante
R_d	azione resistente ottenuta con $R_d = A_{shear} \cdot f_{cd}$
A_{shear}	area di calcestruzzo
f_{cd}	resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo

Verifica saldature

La verifica viene fatta con il confronto tra la sollecitazione e la resistenza:

$$\text{se } F_{w,sd} \leq F_{w,Rd} \text{ allora la verifica è soddisfatta}$$

La forza resistente $F_{w,Rd}$ viene valutata con il metodo semplificato secondo il par. 4.5.3.3, e si riporta di seguito:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a$$

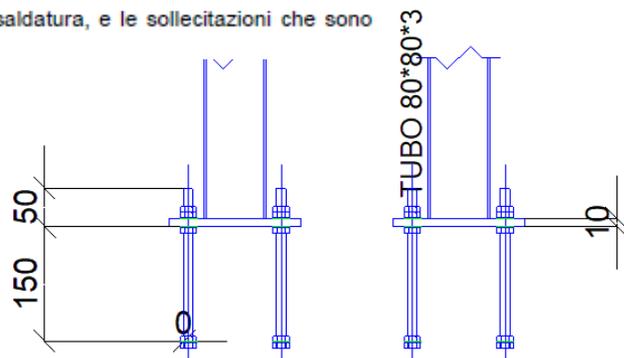
Con:

$f_{vw,d}$	tensione di taglio di progetto della saldatura
a	gola effettiva della saldatura

La forza sollecitante $F_{w,sd}$ viene valutata in base alla posizione della saldatura, e le sollecitazioni che sono ripartite nelle saldature sono N, Tx, Ty, Mx, My.

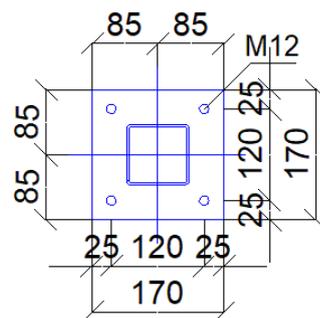
MONTANTI DATI GENERALI

Normativa	E.C.3
Unita' di misura	cm, daN
γ_{M0}	1.10
γ_{M1}	1.10
γ_{M2}	1.25
γ_{Mv}	1.25
γ_{Mb}	1.25
γ_c	1.50



CARATTERISTICHE DEL NODO

Tipo Nodo	Trave A	Rinforzo
Piastra di Base	TUBO 80*80*3 - S275-JR	Assente



SOLLECITAZIONI

Combinazione	N	Tx	Ty	Mx	My
Soll_0	1200.0000	-200.0000	10.0000	10000.0000	-15000.0000
Soll_1	-300.0000	-50.0000	-50.0000	50.0000	-5000.0000
Soll_2	-150.0000	-300.0000	10.0000	50.0000	-22000.0000
Soll_3	170.0000	10.0000	50.0000	1000.0000	3000.0000
Soll_4	75.0000	50.0000	50.0000	1000.0000	5000.0000

DATI VERIFICA

Verifica	Stato Verifica	Dati	
- Flessione Piastra	Verificata	Comb. = Soll_2 t= 1.0000 $M_{E-Tot-T} = 3517.7400$	Mat.= S275-JR Nervature di Rinforzo = No $W_{E-T-BPF} = 2.8333$
- Tirafondi	Verificata	Mat.= S275-JR $F_{v,Rd} = 1444.8000$ As = 1.1310	$\varphi = 1.2000$ $F_{t,Sd} = 883.0520$ Tacco di Taglio = No
- Lunghezza Tirafondi	Eseguita	Comb. = Soll_2 Cemento = C25/30 $f_{ctm} = 25.5812$ $f_{bd} = 18.8022$	$S_d = 0.3396$ $R_{ck} = 300.0000$ $f_{ctk,0.05} = 17.9068$ $\alpha_{cr} = 1.0000$
			$f_y = 2750.0000$ Nr.Tirafondi in Traz.= 2 $\sigma_{BPF} = 1241.5500$ $F_{v,Sd} = 75.0417$ $F_{t,Rd} = 2600.6400$
			$R_d = 1.0$ $f_{ck} = 249.0000$ $f_{ctd} = 11.9379$ $\eta_1 = 0.7000$

- Tacco di Taglio Dir.x	Assente	$\eta_2 = 1.0000$	$I_{b,reqd} = 6.00$	
- Tacco di Taglio Dir.y	Assente			
- Saldature	Verificata	Comb. = Sol_2	$R_r = 756.2520$	$R_v = 934.6280$
		$N = 150.0000$	$M_x = 50.0000$	$M_y = 21800.0000$
		$V_x = 300.0000$	$V_y = -10.0000$	$M_t = -13.3333$
		Pos = Ala Sup.		

NODO TRAVE – COLONNA

UNIONI SOLLECITATE A TAGLIO - Forza baricentrica																																					
INPUT	VERIFICA (D.M. 2008 punto 4.2.8.1)																																				
Definizione dell'azione $V = 12000$ [N]	Classe acciaio EN10025 - S275 / S275 N/NL/M/ML Classe bulloni 8.8 Scelta dei bulloni 12																																				
Definizione della geometria dell'unione $d_b = 84.85$ [mm]	Spessori collegati $t_1 = 8$ [mm] $t_2 = 8$ [mm]																																				
	Distanze [mm] $e_1 = 25$ $e_2 = 25$ $p_1 = 120$ $p_2 = 120$																																				
OUTPUT - Forza agenti sui singoli bulloni	Unione normale																																				
$F_b = 3000$ [N] Forza agente su ogni singolo bullone dell'unione	<table border="0"> <tr> <td>$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$</td> <td>3000,00 < 32371,20</td> <td>Verificato</td> <td>$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$</td> <td>3000,00 < 15449,89</td> <td>Verificato</td> </tr> <tr> <td>$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$</td> <td>3000,00 < 62111,11</td> <td>Verificato</td> <td>$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$</td> <td>3000,00 < 62111,11</td> <td>Verificato</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Unione resistente allo scorrimento allo SLE</td> </tr> <tr> <td>$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$</td> <td>3000,00 < 17556,69</td> <td>Verificato</td> <td>$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$</td> <td>3000,00 < 32371,20</td> <td>Verificato</td> </tr> <tr> <td>$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$</td> <td>3000,00 < 32371,20</td> <td>Verificato</td> <td>$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$</td> <td>3000,00 < 62111,11</td> <td>Verificato</td> </tr> <tr> <td>$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$</td> <td>3000,00 < 62111,11</td> <td>Verificato</td> <td>$V < N_{res,SL}$</td> <td>12000,00 < 256960,00</td> <td>Verificato</td> </tr> </table>	$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 32371,20	Verificato	$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 15449,89	Verificato	$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$	3000,00 < 62111,11	Verificato	$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$	3000,00 < 62111,11	Verificato	Unione resistente allo scorrimento allo SLE						$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 17556,69	Verificato	$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 32371,20	Verificato	$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$	3000,00 < 32371,20	Verificato	$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$	3000,00 < 62111,11	Verificato	$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 62111,11	Verificato	$V < N_{res,SL}$	12000,00 < 256960,00	Verificato
$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 32371,20	Verificato	$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 15449,89	Verificato																																
$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$	3000,00 < 62111,11	Verificato	$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$	3000,00 < 62111,11	Verificato																																
Unione resistente allo scorrimento allo SLE																																					
$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 17556,69	Verificato	$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 32371,20	Verificato																																
$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$	3000,00 < 32371,20	Verificato	$F_{v,SL} < F_{v,Rd}$	3000,00 < 62111,11	Verificato																																
$F_{t,SL} < F_{t,Rd}$	3000,00 < 62111,11	Verificato	$V < N_{res,SL}$	12000,00 < 256960,00	Verificato																																
	Unione resistente allo scorrimento allo SLU La verifica di un modello di resistenza si considera soddisfatta se tutte le verifiche indicate per tale modello sono soddisfatte																																				
Torna al Menu Principale																																					

CARATTERISTICHE E AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

La modellazione numerica delle strutture, la rielaborazione dei risultati agli elementi finiti e la progettazione-verifica degli elementi in elevazione e in fondazione sono state condotte utilizzando il software denominato "WinStrand", realizzato dalla Ditta En.Ex.Sys. s.r.l. con sede in Via Tizzano 46/2 a Casalecchio di Reno (BO).

"WINSTRAND"

Structural Analysis & Design

Ditta produttrice:

En.Ex.Sys. s.r.l. - Via Tizzano 46/2 - Casalecchio di Reno (Bologna)

Sigla:

WinStrand

Piattaforma software:

Microsoft Windows XP Home, Microsoft Windows XP Home Professional

Documentazione in uso:

Manuale teorico - Manuale d'uso

Campo di applicazione:

Analisi statica e dinamica di strutture in campo elastico lineare.

Elementi finiti implementati

Truss.

Beam (Modellazione di Travi e Pilastri).

Travi su suolo elastico alla Winckler.

Plinti su suolo elastico alla Winckler.

Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio.

Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti.

Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra).

Schemi di Carico

Carichi nodali concentrati.

Carichi applicati direttamente agli elementi.

Carichi Superficiali.

Tipo di Risoluzione

Analisi statica e/o dinamica in campo lineare con il metodo dell'equilibrio.

Fattorizzazione LDLT.

Analisi Statica:

- Modellazione generale 6 gradi di libertà per nodo.

- Ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di libertà per nodo + 3 per impalcato).

Analisi dinamica. (Nel caso di analisi modale gli autovettori ed autovalori possono essere calcolati mediante subspace iteration oppure tramite il metodo dei vettori di Ritz):

- Via statica equivalente.

- Modale con il metodo dello spettro di risposta.

Per verificare l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo utilizzato, si riporta il confronto tra i risultati numerici del programma di calcolo *WINDSTRAND* ed alcuni risultati teorici in forma chiusa.

Gli esempi condotti, corredati della fonte di riferimento e dei risultati numerici permettono la riproduzione integrale degli stessi da parte degli utenti.

1. Frequenze naturali di vibrazione di una trave appoggiata
2. Frequenze naturali di vibrazione di una trave a mensola
3. Frequenza naturale di vibrazione di un oscillatore semplice
4. Trave piana con estremi incastrati
5. Sistema piano di aste sospese
6. Stato tensionale di una trave inflessa
7. Stato tensionale di una trave inflessa
8. Sistema piano di aste sospese
9. Trave a mensola soggetta a momento torcente concentrato
10. Telaio piano
11. Trave reticolare piana
12. Controllo dell'analisi condotta considerando il comportamento monolatero degli elementi biella - trave
13. Aste piane e carico termico
14. Flessione in una piastra circolare

Test 001 - Frequenze naturali di vibrazione di una trave appoggiata

Fonte: Ray, W. Clough, Joseph Penzien - Dynamics of Structures; Mc Graw-Hill Book Company, cap. 18

Tipi di analisi: dinamica modale

Descrizione schema statico: trave a sezione costante isostaticamente vincolata con due appoggi semplici soggetta al solo peso proprio.

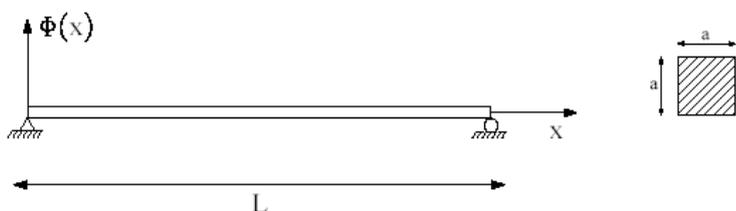


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare i primi tre modi di vibrare.

Dati:

$$E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$$

$$a = 30 \text{ [cm]}$$

$$L = 10 \text{ [m]}$$

$$P_p = 706.5 \text{ [Kg/m]}$$

Modello: La trave reale viene modellata con 20 elementi finiti di uguale lunghezza. I nodi di estremità vengono vincolati in modo da lasciare libera solo la rotazione Y. Per tutti i nodi restanti si lascia libera la rotazione Y e le traslazioni nel piano XZ.

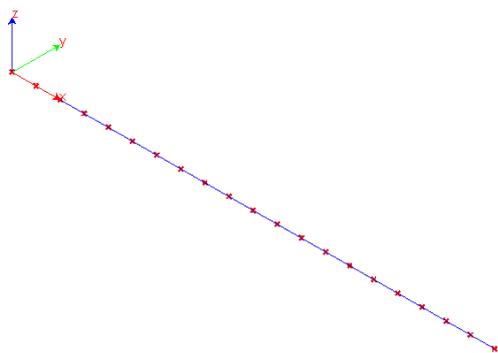


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
ω_1 [rad/s]	43.79	43.74	0.999
ω_2 [rad/s]	175.16	174.34	0.995
ω_3 [rad/s]	394.11	389.96	0.990

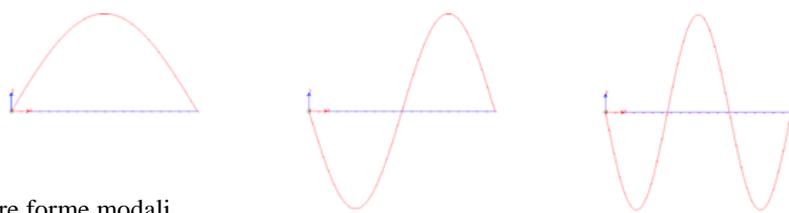


Fig. 3 Prime tre forme modali

Test 002 - Frequenze naturali di vibrazione di una trave a mensola

Fonte: Ray, W. Clough, Joseph Penzien - Dynamics of Structures; Mc Graw-Hill Book Company, cap. 1

Tipi di analisi: dinamica modale

Descrizione schema statico: trave a sezione costante con un estremo incastrato e l'altro libero soggetta al solo peso proprio.

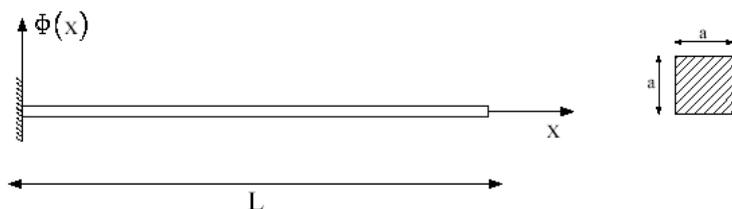


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare i primi tre modi di vibrare.

Dati:

15. $E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$

16. $a = 30 \text{ [cm]}$

17. $L = 10 \text{ [m]}$

18. $P_p = 706.5 \text{ [Kg/m]}$

Modello: La trave reale viene modellata con 20 elementi finiti di uguale lunghezza. Il primo nodo di estremità viene vincolato completamente in modo da bloccare tutti i gradi di libertà. Per tutti i nodi restanti si lascia libera la rotazione Y e le traslazioni nel piano XZ.

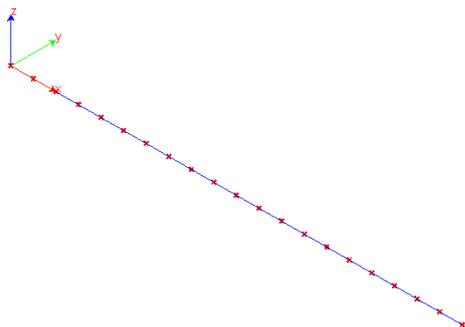


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$\omega_1 \text{ [rad/s]}$	15.60	15.57	0.998
$\omega_2 \text{ [rad/s]}$	97.76	97.00	0.992
$\omega_3 \text{ [rad/s]}$	273.76	269.52	0.985

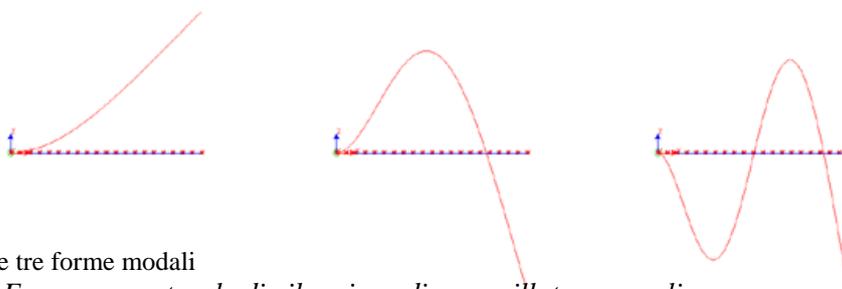


Fig. 3 Prime tre forme modali

Test 003 - Frequenza naturale di vibrazione di un oscillatore semplice

Fonte: W. T. Thomson - Vibrazioni Meccaniche Teoria ed applicazioni; Tamburini editore Milano

Tipi di analisi: dinamica modale

Descrizione schema statico: sistema dinamico ad un solo grado di libertà formato da una molla con un estremo vincolato connessa nell'altro estremo ad un massa. La molla è considerata priva di massa e con rigidezza K.

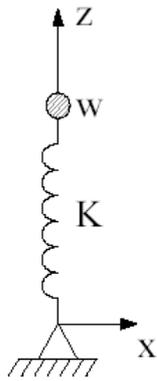


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare il periodo proprio del sistema.

Dati:

- 19. $K = 857.18 \text{ [Kg/m]}$
- 20. $w = 1.13 \text{ [Kg]} (2.5 \text{ [lb]})$
- 21. $g = 9.81 \text{ [m/sec}^2\text{]}$

Modello: Per simulare la molla si è impiegato un elemento pilastro (in direzione Z) con rigidezza assiale EA/L pari a quella della molla. La lunghezza L della molla è arbitraria. Il primo nodo di estremità viene vincolato completamente in modo da bloccare tutti i gradi di libertà. L'estremo opposto ha un solo grado di libertà libero nella direzione di traslazione Z. La massa è modellata con una forza concentrata P_z in testa al pilastro pari a w .



Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$\omega_1 \text{ [rad/s]}$	86.085	86.120	1.0000

Test 004 - Trave piana con estremi incastrati

Fonte: Timoshenko - Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 26, problem 10

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: asta prismatica di sezione costante incastrata agli estremi e soggetta alle azioni assiali F_1 ed F_2 in corrispondenza di due sezioni intermedie.

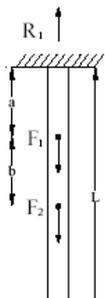


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare le reazioni vincolari R1 ed R2 trascurando il peso delle aste.

Dati:

- 22. $E = 2068428 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- 23. $L = 24.5 \text{ [m]}$
- 24. $a = b = 0.3 L = 7.62 \text{ [m]}$
- 25. $A = 100 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 26. $F1 = 2.0 \text{ [t]}$
- 27. $F2 = 0.45349 \text{ [t]}$

Modello: I nodi vengono inseriti in corrispondenza delle estremità vincolate e dei due punti di applicazione delle forze F1 ed F2.

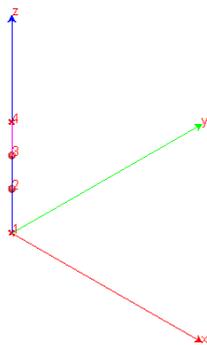


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$R_1 \text{ [Kg]}$	408.23	408.23	1.000
$R_2 \text{ [Kg]}$	272.15	272.15	1.000

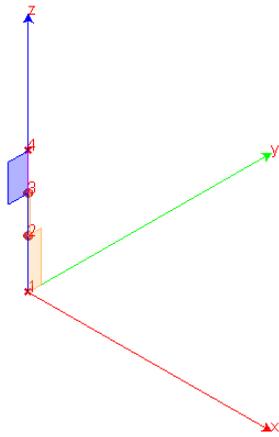


Fig. 3 Diagramma sforzo normale nelle aste: asta 1-2 compressa, asta 3-4 tesa

Test 005 - Sistema piano di aste sospese

Fonte: Timoshenko - Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 10, problem 2

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: struttura simmetrica costituita da due aste inclinate connesse sull'asse di simmetria e vincolate sulle due estremità rimanenti (vedi Fig. 1). Le aste sono di acciaio con lunghezza L e sezione trasversale pari ad A . Il carico concentrato F agisce sulla sezione di simmetria.

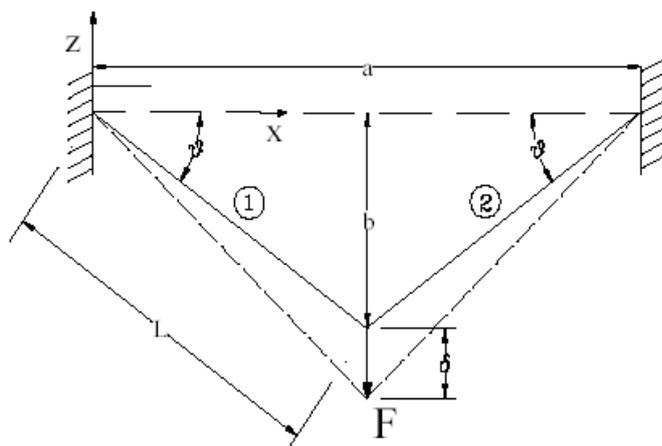


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare il valore della tensione σ in ciascuna delle aste e lo spostamento δ della sezione di simmetria trascurando il peso delle aste.

Dati:

- 28. $E = 2068428 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- 29. $L = 457.20 \text{ [cm]}$
- 30. $\theta = 30 \text{ [}^\circ\text{]}$
- 31. $A = 3.23 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 32. $F = 2267 \text{ [kg]}$

Modello: La distanza tra i nodi di estremità è calcolata pari ad $a = 2L \cos \theta$. La freccia con cui posizionare il nodo intermedio vale $b = L \sin \theta$.

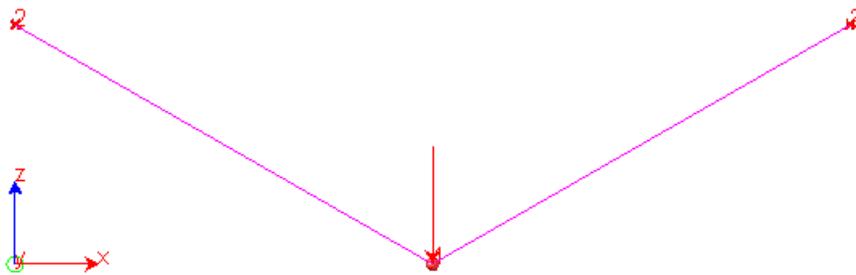


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
σ [Kg/cm ²]	689.5	701.86	1.018
δ [mm]	3.048	3.103	1.018

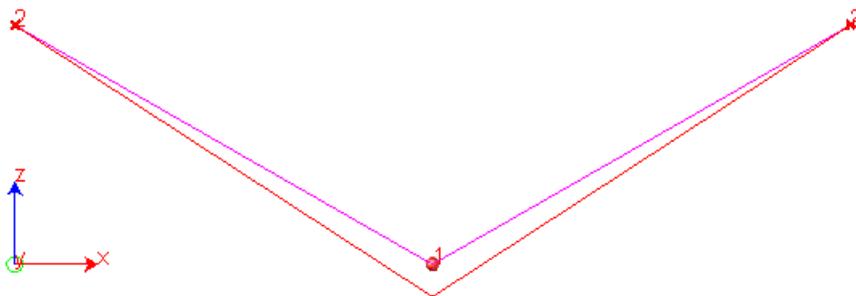


Fig. 3 Deformata

Test 006 - Stato tensionale di una trave inflessa

Fonte: Timoshenko - Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 98, problem 4

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: trave isostatica di luce L con due sbalzi di luce a soggetti al carico distribuito di intensità w . La trave ha sezione a doppio T con sezione trasversale pari ad A.

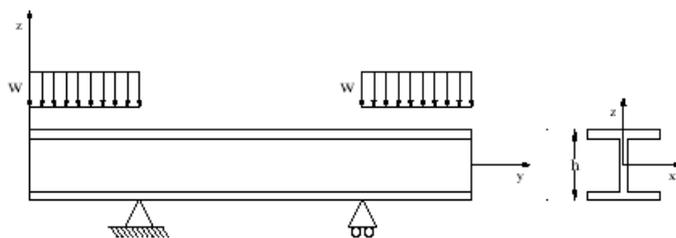


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare nella sezione di mezzeria il valore della tensione σ_{max} e dello spostamento verticale δ trascurando il peso delle aste.

Dati:

33. $E = 2068428$ [Kg/cm²]

- 34. $L = 609.6$ [cm]
- 35. $a = 304.8$ [cm]
- 36. $h = 76.2$ [cm]
- 37. $A = 326.77$ [cm²]
- 38. $J = 328488$ [cm⁴]
- 39. $w = 14.88$ [t/m]

Modello: I due nodi di estremità e quello in posizione mediana sono liberi. Il primo nodo nella posizione del primo vincolo ha un solo grado di libertà libero (rotazione Y) mentre il nodo in corrispondenza del secondo vincolo ha due gradi di libertà (rotazione Y e traslazione X).



Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
σ [cm ²]	786	802	1.020
δ [mm]	4.620	4.725	1.023

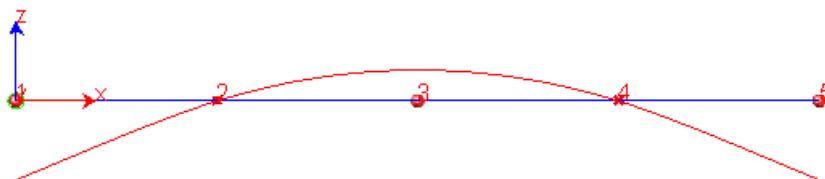


Fig. 3 Deformata

Test 007 - Stato tensionale di una trave inflessa

Fonte: Cremonesi - Manuale Ingegneria Civile, ESAC, SEZ. I, pag. 82

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: trave con incastro sul primo estremo e carrello sull'estremo opposto. La trave con sezione trasversale circolare con diametro d e luce L è soggetta al carico uniformemente distribuito q su tutta la campata.

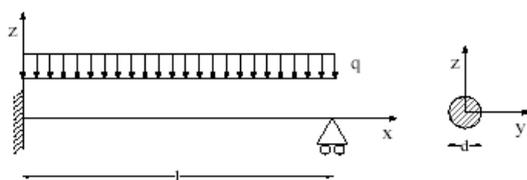


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare nella sezione incastrata il valore del momento flettente M_a e nella sezione opposta il valore del taglio V_b . Si trascura il peso delle aste.

Dati:

- 40. $E = 2068428$ [Kg/cm²]

- 41. $L = 50.8$ [cm]
- 42. $d = 3.81$ [cm]
- 43. $q = 1.784$ [t/m]

Modello: La trave viene modellata con due aste in serie. Il nodo sulla prima estremità viene incastrato (zero gradi di libertà), quello in posizione mediana è totalmente libero, il nodo sull'estremità opposta ha due gradi di libertà liberi (rotazione Y e traslazione X).

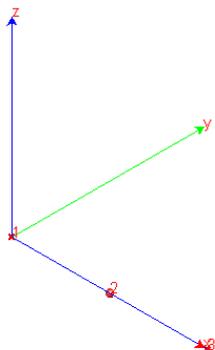


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
Ma [tm]	0.057	0.057	1.000
Vb [Kg]	340.19	340.17	1.000

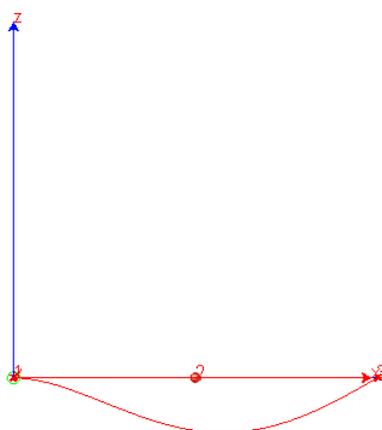


Fig. 3 Deformata

Test 008 - Sistema piano di aste sospese

Fonte: W. Nash, Strength of Material, pag. 28, prob. 2.3

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: una barra orizzontale infinitamente rigida, caricata con due forze concentrate F, è sospesa in tre punti con le aste verticali descritte in Fig. 1. Le due aste più esterne sono in acciaio mentre quella intermedia è in rame. Nel punto di sospensione le tre aste sono incastrate.

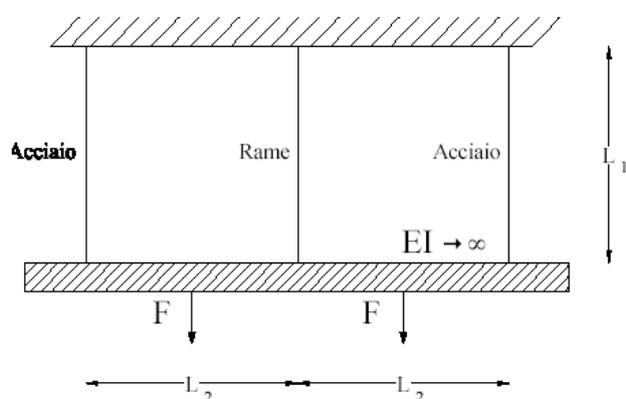


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare lo sforzo assiale in ciascuna delle tre aste. Si trascura il peso delle aste.

Dati:

- 44. $E_{acc} = 2068428 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- 45. $E_{rame} = 1172110 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- 46. $L1 = 213.36 \text{ [cm]}$
- 47. $L2 = 304.80 \text{ [cm]}$
- 48. $A_{acc} = 3.2258 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 49. $A_{rame} = 9.6774 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 50. $F = 5.44 \text{ [t]}$

Modello: Il sistema simmetrico è descritto con 8 nodi di cui 3 nei punti di sospensione delle aste verticali, 3 nelle intersezioni delle aste verticali con la barra orizzontale e 2 nei punti di applicazione dei carichi F. Tra i suddetti nodi si connettono 7 aste con le relative caratteristiche. I tre nodi di sospensione sono completamente vincolati (zero gradi di libertà). Tutti gli altri nodi possono spostarsi nel piano X-Z e ruotare intorno ad Y. La barra infinitamente rigida è simulata assegnando un modulo elastico di quattro ordini di grandezza maggiore rispetto agli altri.

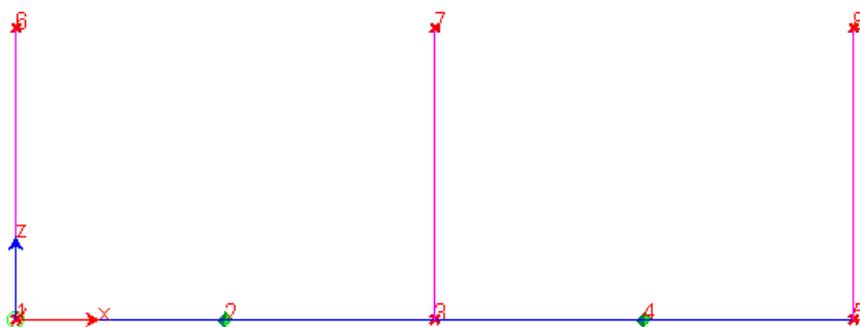


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$R6=R8 \text{ [t]}$	2.94	2.99	1.017
$R7 \text{ [t]}$	4.98	4.90	0.984

$R5$, $R6$ ed $R7$ sono le reazioni verticali nei rispettivi nodi. Tali valori eguagliano gli sforzi normali nelle corrispondenti aste.

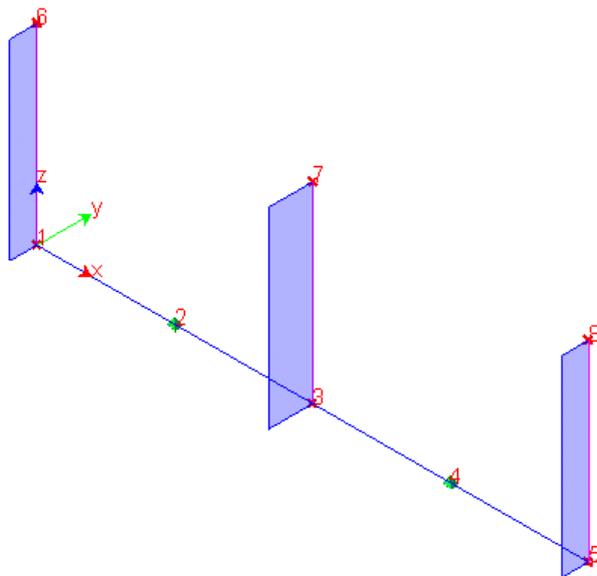


Fig. 3 Diagrammi degli sforzi normali

Test 009 - Trave a mensola soggetta a momento torcente concentrato

Fonte: NAFEMS, Background to Benchmarks, 1993, test LE5

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: trave con incastro sul primo estremo e libera sull'estremo opposto. La trave con sezione trasversale a Z di spessore t e luce L è soggetta in corrispondenza della sezione sull'estremità libera ad una coppia torcente generata dalla presenza di due forze di taglio S concentrate sulle ali.

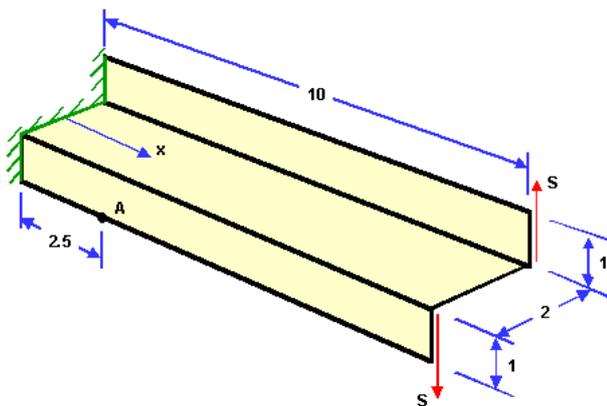


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare nel punto A la tensione normale σ_x nella sezione trasversale condotta in $x=2,5$ m dall'incastro. Si trascura il peso della trave.

Dati:

- 51. $E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- 52. $\nu = 0.3$
- 53. $L = 10 \text{ [m]}$
- 54. $t = 0.1 \text{ [m]}$
- 55. $S = 0.6 \text{ [MN]}$

Modello: La trave viene modellata con una mesh uniforme di 24 elementi piani connessi a 36 nodi. I nodi per $x=0$ sono tutti incastrati (zero gradi di libertà) mentre i rimanenti risultano totalmente liberi.

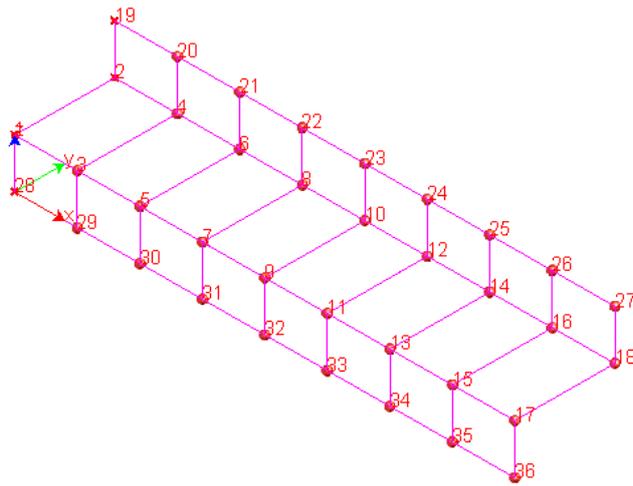


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
σ_x [MPa]	107.9	103.8	0.962

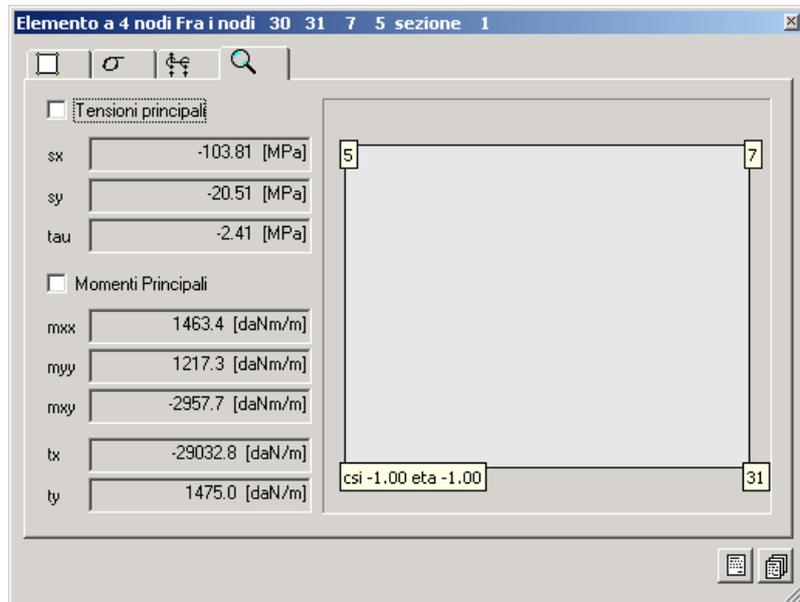


Fig. 3 Il valore puntuale nel nodo 30

Test 010 - Telaio piano

Fonte: Timoshenko, Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 188

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: Portale incastrato alla base dei ritti e caricato nella mezzeria del traverso con un carico concentrato P. Lo schema è staticamente indeterminato.

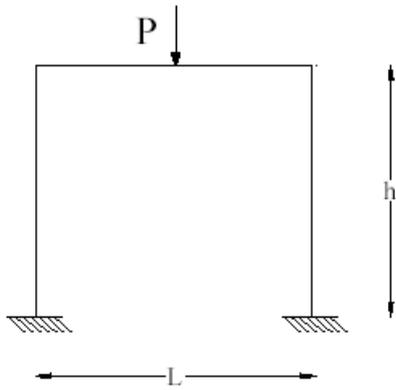


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare le reazioni verticali alla base dei ritti. Si trascura il peso delle aste.

Dati:

- 56. $E = 2068428 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- 57. $L = 3.04 \text{ [m]}$
- 58. $h = 2.54 \text{ [m]}$
- 59. $A.\text{rit} = 25.80 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 60. $A.\text{trav} = 51.61 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 61. $P = 0.45 \text{ [t]}$

Modello: I due nodi alla base del portale vengono vincolati in modo da lasciare libera solo la rotazione Z. I nodi rimanenti sono completamente liberi. Il carico P viene applicato al nodo inserito in mezzzeria del traverso.

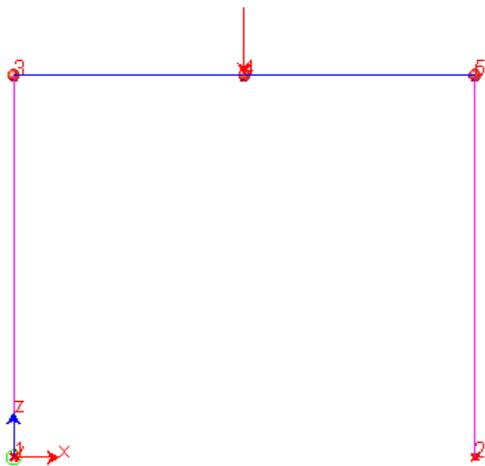


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
$R1 = R2 \text{ [t]}$	0.225	0.225	1.000

Test 011 - Trave reticolare piana

Fonte: Timoshenko, Strength of Material, Part I, Elementary Theory and Problems, pag. 188

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: La trave reticolare piana è formata da 9 aste di legno ed è vincolata esternamente con una cerniera ed un carrello. I vincoli interni tra le aste sono cerniere. La struttura è soggetta ai carichi esterni P_z e P_x .

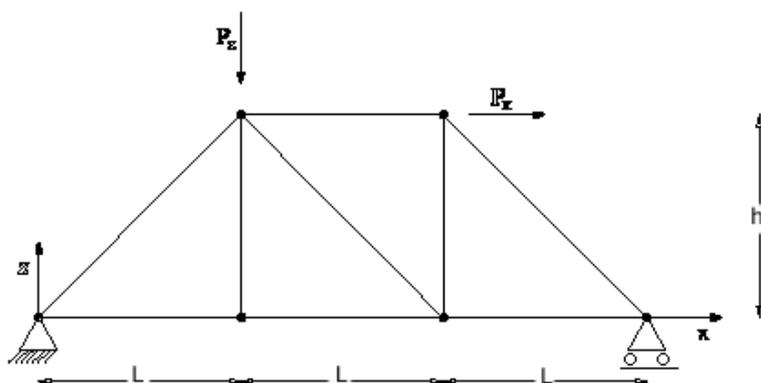


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare gli spostamenti nodali associati alla configurazione di carico assegnata. Si trascura il peso delle aste.

Dati:

- 62. $E = 141900$ [Kg/cm²]
- 63. $L = 6.096$ [m]
- 64. $h = 4.572$ [m]
- 65. $A = 929.03$ [cm²]
- 66. $P_x = 8.90$ [t]
- 67. $P_z = 4.45$ [t]

Modello: Il nodo 1 ha un solo grado di libertà libero (rotazione Y). Il nodo 4 ha due gradi di libertà liberi (rotazione Y e traslazione X). I nodi rimanenti sono vincolati a spostarsi nel piano X-Z (U_x , U_z , R_y liberi).

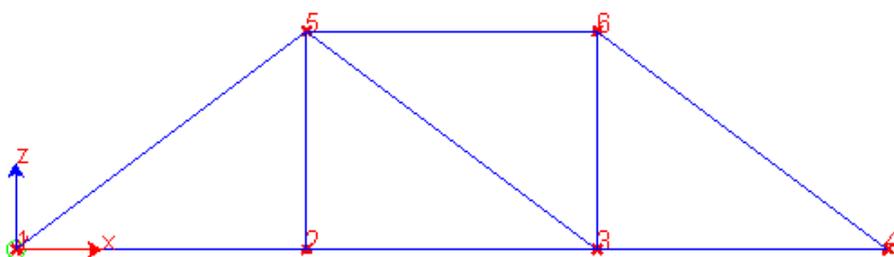


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

Tab. 1 Spostamenti U_x

U_x nodo	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
------------	-------------------	-----------	----------

1 [mm]	0.00	0.00	1.000
2 [mm]	0.45	0.46	1.022
3 [mm]	0.90	0.91	1.011
4 [mm]	1.12	1.14	1.018
5 [mm]	0.91	0.92	1.011
6 [mm]	1.09	1.11	1.018

Tab. 2 Spostamenti Uz

Uz nodo	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
1 [mm]	0.00	0.00	1.000
2 [mm]	-1.33	-1.35	1.015
3 [mm]	-0.76	-0.77	1.013
4 [mm]	0.00	0.00	1.000
5 [mm]	-1.33	-1.35	1.015
6 [mm]	-0.63	-0.64	1.016

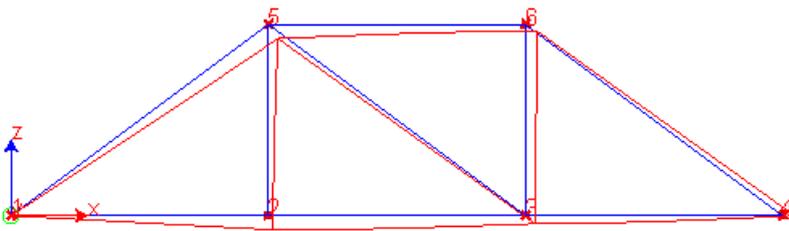


Fig. 3 Deformata

Test 012 - Controllo dell'analisi condotta considerando il comportamento monolatero degli elementi biella - trave

Fonte: Test interno EnExSys

Tipi di analisi: statica non lineare (effetti dovuti al comportamento monolatero delle aste)

Descrizione schema statico: Trave reticolare tipo Monier vincolata isostaticamente esternamente e soggetta a 10 kN per ogni nodo del corrente superiore.

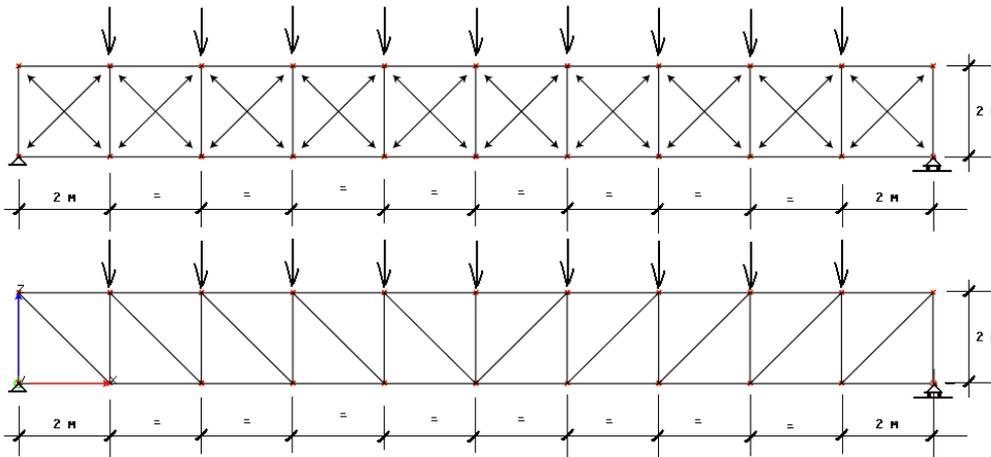


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: Confrontare i risultati ottenuti nei due schemi statici: controllare che i risultati ottenuti in una struttura staticamente determinata ed in una iperstatica coincidano.

Dati:

- 68. $E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- 69. Area correnti estradosso = $45.33 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 70. Area correnti intradosso = $45.33 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 71. Area diagonali = $38.85 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 72. Area montanti = $38.85 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 73. Carico nodali applicato = 10 [kN] nodo per un totale di 90 [kN]

Modello: La trave reale viene modellata con elementi finiti tipo biella. Le travi sono vincolate a muoversi nel piano x-z globale e sono esternamente isostatiche (nodo in basso a sinistra vincolato alla traslazione globalmente e nodo in basso a destra libero di spostarsi solo in direzione X).

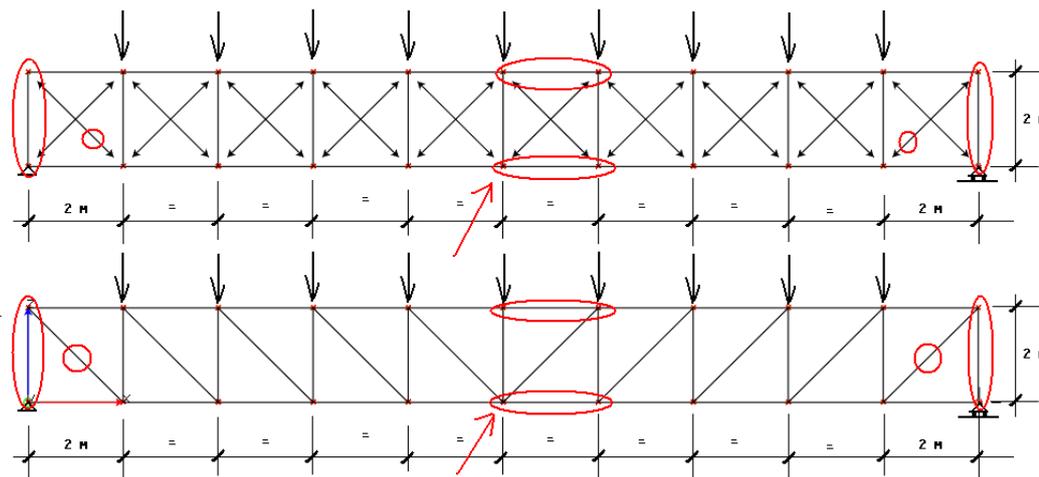


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

Soluzione teorica (semplice modello isostatico):

Reazione vincolare, sforzo nel primo montante: $(9 \times 10\text{kN} / 2) = 45 \text{ [kN]}$

Sforzo assiale in un corrente in mezzeria: $(10 \times 45 - 8 \times 10 - 6 \times 10 - 4 \times 10 - 2 \times 10) / 2 = 125$ [kN]

Sforzo nel primo diagonale: $45 / \cos(45^\circ) = 63.639$ [kN]

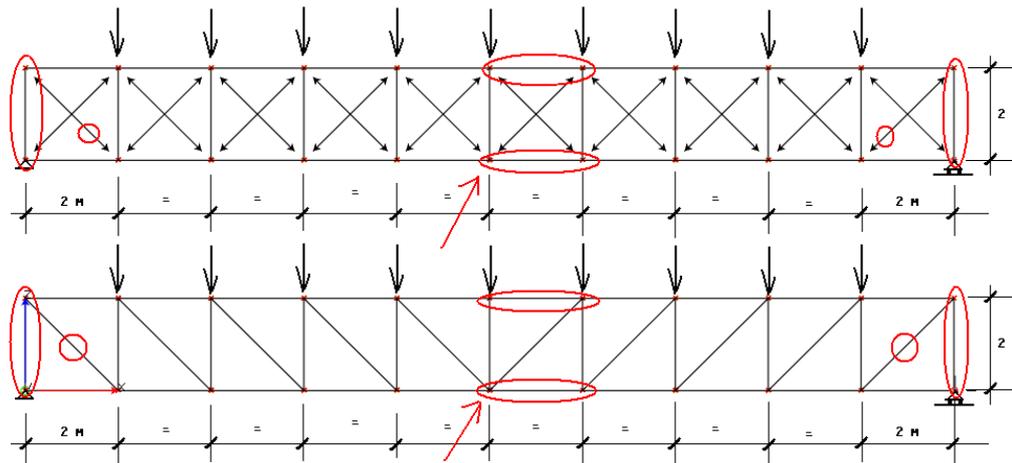


Fig. 3 Aste oggetto del confronto

Sforzo assiale	Soluzione teorica	WinStrand Modello Isostatico	WinStrand Modello Iperstatico	rapporto
Nell'asta centrale del corrente superiore [kN]	125	125	125	1
Nell'asta centrale del corrente inferiore [kN]	125	125	125	1
Nel primo montante a sinistra [kN]	45	45	45	1
Nel primo montante a destra [kN]	45	45	45	1
Nel primo diagonale a sinistra [kN]	63.639	63.639	63.639	1
Nel primo diagonale a destra [kN]	63.639	63.639	63.639	1
Spostamento del nodo centrale [mm]	-6.786	-6.786	-6.786	1

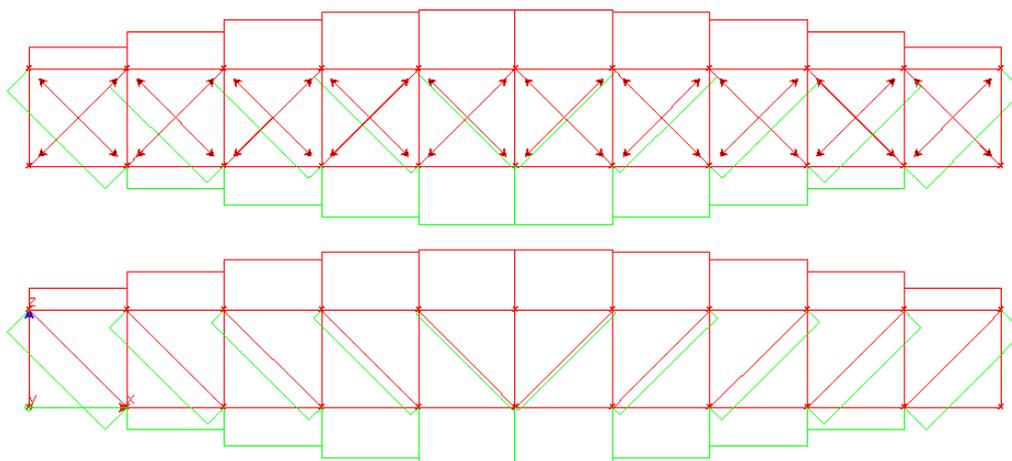


Fig. 4 Diagramma dello sforzo assiale

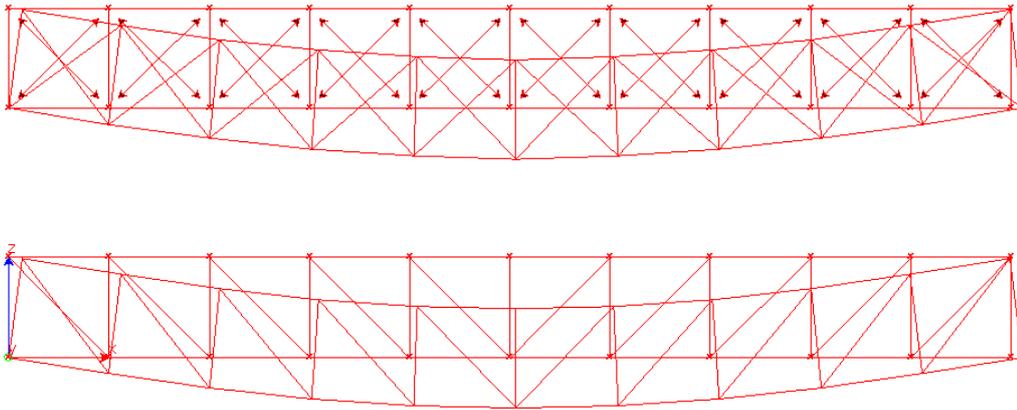


Fig. 5 Deformata

Test 013 - Aste piane e carico termico

Fonte: R. D. Cook, D. S. Malkus, M.E. Plesha, Concepts and applications of finite element analysis, III ed., J. Wiley & Sons, pag. 57

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: Tre aste uguali in serie formano un sistema incastrato alle estremità con luce pari a $3L$. Solo le prime due aste sono soggette ad una variazione termica uniforme DT .

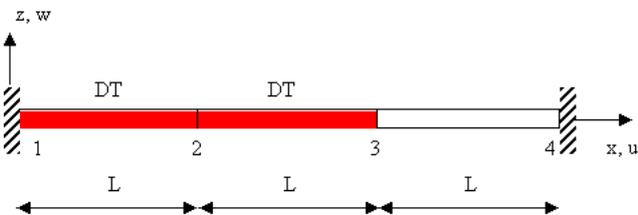


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare lo spostamento orizzontale della sezione 3 e lo sforzo assiale N_{12} , N_{23} , N_{34} in ciascuna delle tre aste.

Dati:

- 74. $E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- 75. $\nu = 0.33$
- 76. $L = 100 \text{ [cm]}$
- 77. $A = 25 \text{ [cm}^2\text{]}$
- 78. $\alpha = 0.000012 \text{ [1/}^\circ\text{C]}$
- 79. $DT = 833.333 \text{ [}^\circ\text{C]}$

Modello: I nodi 1 e 4 sono incastrati (zero gradi di libertà) mentre gli altri intermedi risultano totalmente liberi. Il carico termico è applicato alle aste 1-2 e 2-3.

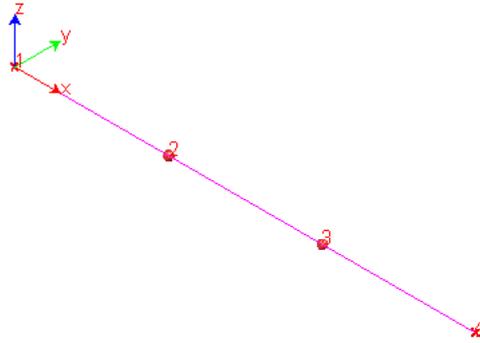


Fig. 2 Modello

Analisi dei risultati:

Sforzo assiale	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
u3 [cm]	2/3	0.67	1.000
N ₁₂ , N ₂₃ , N ₃₄ [t]	350.0	350.0	1.000



Fig. 3 Diagramma sforzo normale nelle aste.

Test 014 - Flessione in una piastra circolare

Fonte: Cremonesi - Manuale Ingegneria Civile, ESAC, SEZ. II, pag. 114

Tipi di analisi: statica lineare

Descrizione schema statico: Piastra circolare sottile di raggio a e spessore t soggetta a diverse condizioni di vincolo sul contorno e di carico.

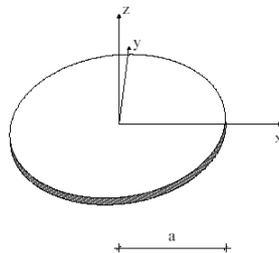


Fig. 1 Schema statico

Obiettivo: determinare l'abbassamento w del centro della piastra, trascurando il peso della piastra, nei seguenti casi:

- carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno incastrato;
- carico concentrato P applicato nel centro della piastra e contorno incastrato;
- carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno appoggiato.

Dati:

- $E = 2100000 \text{ [Kg/cm}^2\text{]}$
- $\nu = 0.3$
- $a = 1.50 \text{ [m]}$
- $t = 3 \text{ [cm]}$
- $q_0 = 10 \text{ [t/m}^2\text{]}$
- $P = 2 \text{ [t]}$

Modello: La piastra viene modellata nei tre casi sempre nello stesso modo e cioè con una mesh di elementi piani a 4 nodi. Nella direzione radiale sono presenti 8 intervalli mentre lungo il perimetro sono presenti 20 intervalli per un totale di 150 elementi finiti.

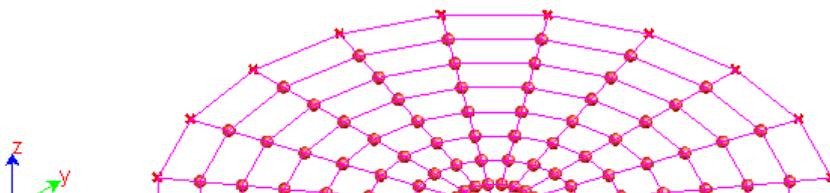


Fig. 2 Modello

Caso A - carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno incastrato

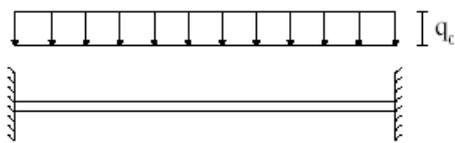


Fig. 3 Schema del caso A

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
w [mm]	15.20	15.25	1.003

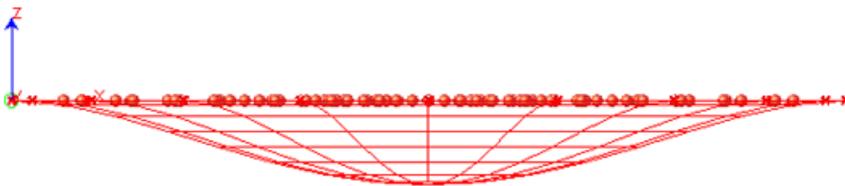


Fig. 4 Deformata del caso A

Caso B - carico concentrato P applicato nel centro della piastra e contorno incastrato

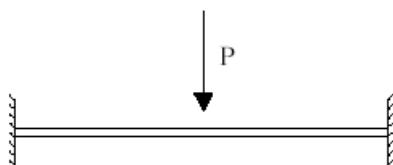


Fig. 5 Schema del caso B

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
w [mm]	1.725	1.722	0.998

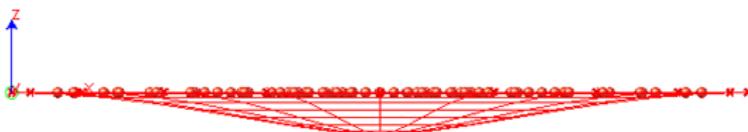


Fig. 6 Deformata del caso B

Caso C - carico uniformemente distribuito q_0 su tutta la piastra e contorno appoggiato

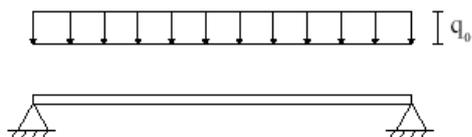


Fig. 7 Schema del caso C

Analisi dei risultati:

	Soluzione teorica	WinStrand	rapporto
w [mm]	61.96	61.88	0.999

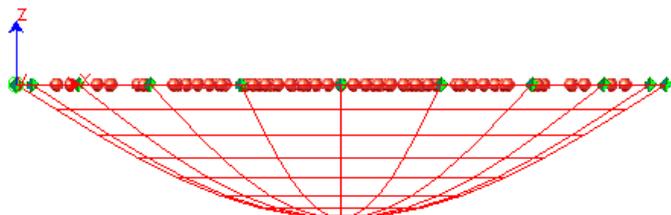
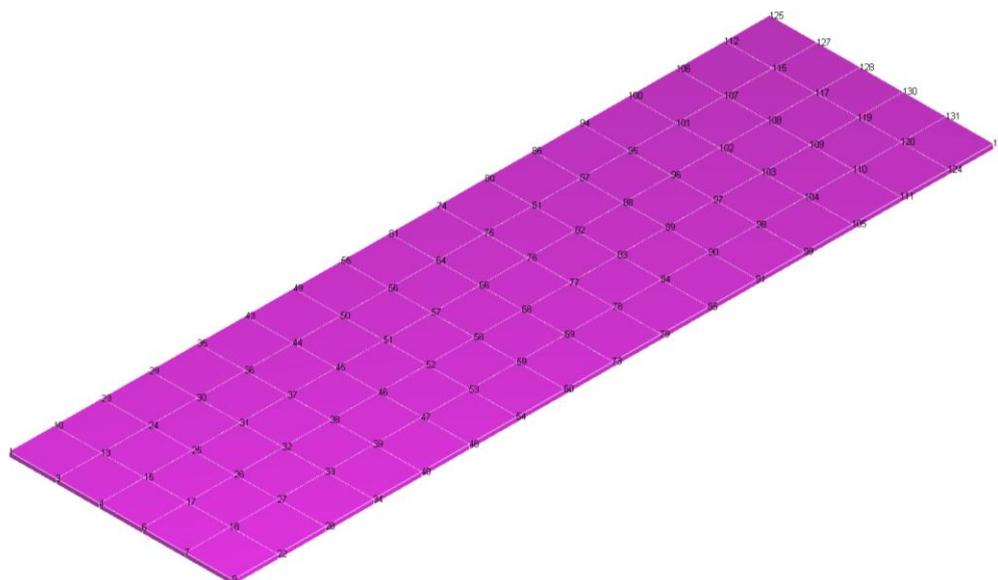


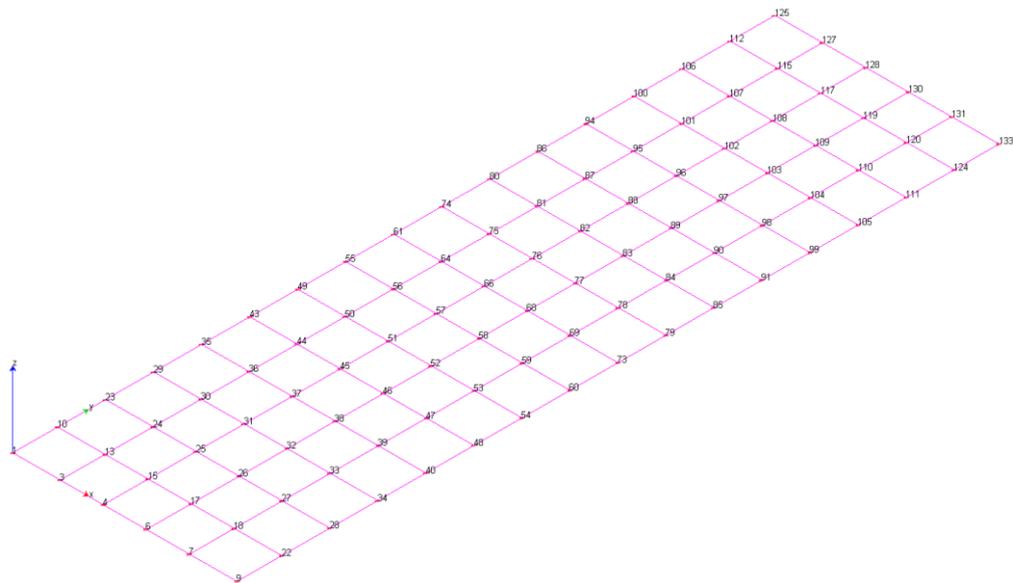
Fig. 8 Deformata del caso C

OPERE DI FONDAZIONE

ZAVORRE

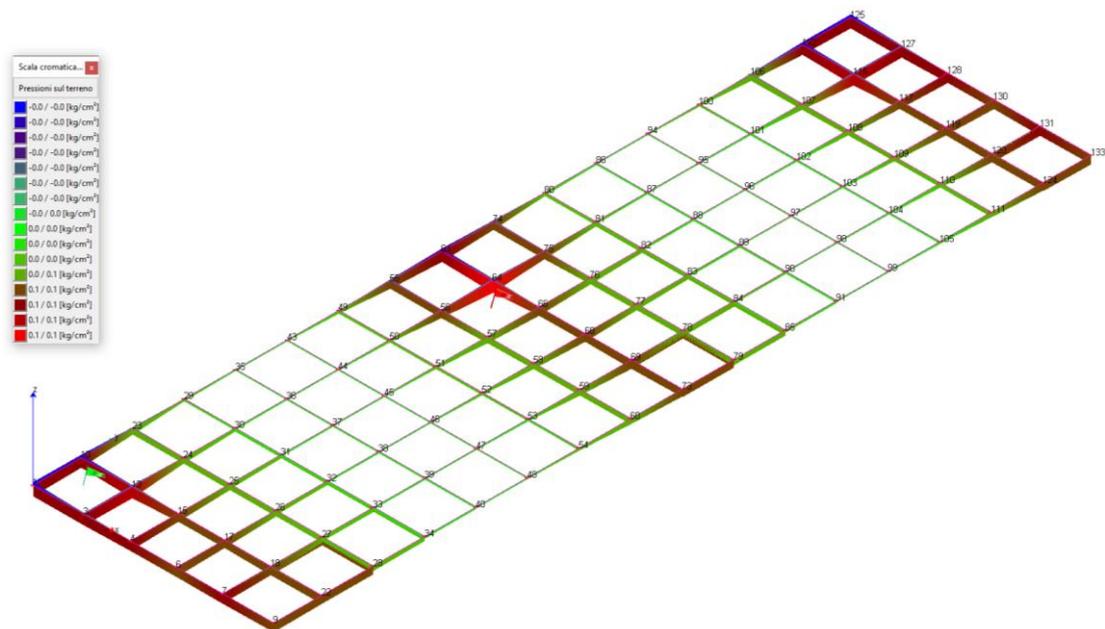


Modello di calcolo tridimensionale delle fondazioni



Modello di calcolo unifilare delle fondazioni

Risultati di calcolo



Inviluppo pressioni di contatto [daN/cm²]

DETERMINAZIONE CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO

Per la valutazione della pressione limite secondo l'Approccio di calcolo tipo "2" indicato nel D.M. 14/01/2018 (NTC 18) si è fatto riferimento al parametro geotecnico caratteristico indicato nella relazione geologica suddetta, ossia $c_{uk} = 0.5 \text{ kg/cm}^2$ (argille) e si è ottenuta una pressione limite di progetto pari a:

$$\underline{q_{d,lim, APP2} = q_{k,APP2} / \gamma R = 2.32/2.30 = 1.01 \text{ daN/cm}^2.}$$

Calcolo del Carico Limite con il metodo di Meyerhof

Parametri geotecnici del terreno			
Peso dell'unità di volume terreno di fondazione	(γ)	t/mc	1.90
Angolo di attrito interno	(φ)	°	1.00
Coesione	(c')	t/m ²	5.00
Kp			1.03552
Peso dell'unità di volume terreno di riporto	(γ_r)	t/mc	1.90

Caratteristiche geometriche della fondazione			
Larghezza fondazione	B	m	0.40
Lunghezza fondazione	L	m	2.80
Eccentricità larghezza	e _x	m	0.100
Eccentricità lunghezza	e _y	m	0.100
Approfondimento	D	m	0.10
Inclinazione carico	i	°	10.00
Larghezza ridotta	B'	m	0.20
Lunghezza ridotta	L'	m	2.60

Coefficienti di fondazione	
N _q	1.0939
N _γ	0.0023
N _c	5.3793

Fattori di forma	
s _c	1.0296
s _q = s _γ	1.0148

Fattori di profondità	
d _c	1.0509
d _q = d _γ	1.0254

Fattori di inclinazione del carico	
i _q = i _c	0.7901
i _γ	81.0000

Calcolo del carico limite

	0.1709
	0.0368
	22.9934

q _d	t/m ²	23.2011
----------------	------------------	---------

STRUTTURE DI SOSTEGNO PER PANNELLI FOTOVOLTAICI
IN VIA LEVATA, 64 – 42017 – NOVELLARA (RE)

INDICE

1	RELAZIONE SUI MATERIALI.....	2
1.1	TIPOLOGIE.....	2
1.2	STATI LIMITE.....	2
2	PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL’OPERA.....	4
2.1	Normativa	4
2.2	Unità tecnologiche ed elementi.....	4
2.3	Manuale d'uso	4
2.4	Manuale di manutenzione	5

1 RELAZIONE SUI MATERIALI

1.1 TIPOLOGIE

Acciaio strutturale:

- S 275, con modulo elastico $E=2100000 \text{ daN/cm}^2$, conforme alle norme UNI EN 10025.

Unioni bullonate:

- classe 8.8 conformi alle UNI EN 14399-1 e UNI EN 15048-1.

Saldature:

- I classe con procedimento ad arco elettrico conformi alla UNI EN ISO 4063:2011 e UNI EN ISO 15614-1:2012.

Protezione superficiale:

- zincatura a caldo secondo le norme UNI-EN-ISO 1461 e UNI EN ISO 14731.

Calcestruzzo:

- C40/50;

Aggregati e inerti:

- \emptyset max. 1,0 cm, conformi alla UNI EN 12620, UNI EN 13055-1 (leggeri) e UNI EN 8520-2;

Acqua di impasto:

- conforme alla UNI EN 1008: 2003 e comunque con rapporto max $a/c=0,60$;

Acciaio per c.a.:

- B450C conforme al DM 17 gennaio 2018 (NTC).

1.2 STATI LIMITE

Per tutte le condizioni di carico, come indicato nei paragrafi seguenti, si assumono le seguenti tensioni caratteristiche:

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{yk} [\text{N/mm}^2]$	$f_{tk} [\text{N/mm}^2]$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Bulloni 8.8 UNI 15048-1, 15048-2

$$f_{yb} = 6490 \text{ daN} / \text{cm}^2$$

$$f_{tb} = 8000 \text{ daN} / \text{cm}^2$$

Calcestruzzo C40/50

$$f_{ck} = 500 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{cd} = 235,00 \text{ daN/cm}^2$$

$$f_{ctm} = 36,00 \text{ daN/cm}^2$$

Barre d'armatura B450C

$$f_y = 4500 \text{ daN} / \text{cm}^2$$

$$f_t = 5400 \text{ daN} / \text{cm}^2$$

2 PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA

2.1 Normativa

Il seguente "Piano di Manutenzione", riguardante le strutture, è stato redatto in conformità alla normativa vigente in materia e riportata di seguito:

1. D.Lgs 163/2006, "Codice dei contratti", art. 93 comma 5.
2. D.M. 14/01/2008, "Norme Tecniche per le Costruzioni", Punto 10.1.
3. Circolare esplicativa N.617 del 2 febbraio 2009.
4. D.P.R. 207/2010, "Regolamento Attuativo", art. 33 e art. 38.
5. D.M. 17/01/2018, "Norme Tecniche per le Costruzioni", Punto 10.1.
6. Circolare esplicativa 21 gennaio 2019, n.7/C.S.LL.PP.

2.2 Unità tecnologiche ed elementi

01 - Strutture di fondazione:

01.01 – Zavorre

02 - Strutture di elevazione:

02.01 - Colonne in acciaio

02.02 - Travi in acciaio

02.03 - Controventi in acciaio

2.3 Manuale d'uso

Opere di fondazione (01.01)

Descrizione

Si tratta di elementi che presentano una superficie di contatto tra fondazione e terreno. Appoggiati su un getto in calcestruzzo con funzione di ripartizione (magrone) e adatti a sostenere carichi proveneinti dalle strutture in elevazione e a contenere i cedimenti differenziali.

Modalità d'uso corretto

Le fondazioni sono state concepite per poter resistere a: carichi statici e dinamici proveneinti dalle strutture in elevazione, fenomeni di rottura al taglio lungo le superfici di scorrimento poste al di sotto del piano di imposta; variazioni volumetriche eccessive delle masse di terreno interessate (cedimenti); cedimenti differenziati ovvero un'eccessiva disuniformità dei cedimenti nei diversi punti di contatto.

Colonne in acciaio (02.01)

Descrizione

Elementi strutturali verticali realizzati con profilati in acciaio. Hanno la funzione di sostenere sia i carichi verticali che orizzontali, statici e dinamici. Il materiale è conforme alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati).

Modalità d'uso corretto

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie. Resistenza ai carichi di progetto.

Travi in acciaio (02.02)

Descrizione

Elementi strutturali orizzontali e inclinati realizzati con profilati in acciaio. Hanno la funzione di sostenere sia i carichi verticali che orizzontali, statici e dinamici. Il materiale è conforme alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati).

Modalità d'uso corretto

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie. Resistenza ai carichi di progetto.

Controventi in acciaio (02.03)

Descrizione

Si tratta di elementi strutturali costituiti da aste progettate per dare una maggiore stabilità alla costruzione.

Modalità d'uso corretto

Non compromettere l'integrità delle strutture. Controllo periodico del grado di usura delle parti in vista. Riscontro di eventuali anomalie. Resistenza ai carichi di progetto.

2.4 Manuale di manutenzione

Opere di fondazione (01.01)

Livello minimo delle prestazioni

Le strutture di fondazione dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.). Inoltre, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza. Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

Vita nominale:50 anni.

Anomalie riscontrabili

01 - Cedimenti

Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione, anche differenziali.

03 - Fessurazioni

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità del materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

04 - Lesioni

Si manifestano con l'interruzione del tessuto murario. Le caratteristiche e l'andamento ne caratterizzano l'importanza e il tipo.

05 - Non perpendicolarità dell'edificio

Non perpendicolarità dell'edificio a causa di dissesti o eventi di natura diversa.

06 - Umidità

Presenza di umidità dovuta a risalita capillare, spesso accompagnata da efflorescenza

Controlli

	Controlli	Periodicità	Risorse	Esecutore
02	Controllo visivo dell'opera di presenza di lesioni o di cedimenti.	Quando necessario	Non necessarie	Personale specializzato
03	Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).	Quando necessario	Possibile necessita di strumentazione tecnica relativa a indagini non distruttive.	Personale specializzato

Interventi

	Interventi	Periodicità	Risorse	Esecutore
03	Miglioramento della resistenza del sistema fondale tramite l'utilizzo di georesine.	Quando necessario	Georesine, macchine di pompaggio e controllo.	Personale specializzato

Colonne in acciaio (02.01)

Livello minimo delle prestazioni

Le strutture di elevazione dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.). Le strutture di elevazione, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza. Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

Vita nominale: 50 anni.

Anomalie riscontrabili

01 - Cedimenti

Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione, anche differenziali.

05 - Non perpendicolarità dell'edificio

Non perpendicolarità dell'edificio a causa di dissesti o eventi di natura diversa.

26 - Deposito superficiale

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

34 - Deformazione

Variatione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi strutturali in stato di parziale degrado o totalmente affidabili sul piano statico.

Controlli

	Controlli	Periodicità	Risorse	Esecutore
02	Controllo visivo dell'opera di presenza di lesioni o di cedimenti.	Ogni anno	Non necessarie	Personale specializzato
03	Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).	Quando necessario	Possibile necessità di strumentazione tecnica relativa a indagini non distruttive.	Personale specializzato
06	Misura dello spessore della pellicola protettiva e verifica dell'adesione.	Ogni anno	Necessità di strumentazione tecnica.	Personale specializzato
08	Verifica generale degli elementi di connessione bullonate e saldate, riserraggio di bulloni e caviglie	Ogni anno	Non necessarie	Personale specializzato

Interventi

	Interventi	Periodicità	Risorse	Esecutore
04	Interventi di riparazione delle strutture variabili a secondo del tipo di anomalia rilevata, eseguiti dopo un'accurata diagnosi delle cause del difetto accertato.	Quando necessario	Variabili in funzione dell'intervento.	Personale specializzato
07	Verifica generale degli elementi di connessione bullonate e saldate, riserraggio di bulloni e caviglie, reintegro di connessioni usurate o mancanti. Riparazione di corrosioni o fessurazioni mediante saldature con elementi di raccordo. Rifacimento della protezione antiruggine con vernici protettive.	Quando necessario	Variabili in funzione dell'intervento.	Personale specializzato

Travi in acciaio (02.02)

Livello minimo delle prestazioni

Tali elementi strutturali devono sviluppare resistenza e stabilità nei confronti dei carichi e delle sollecitazioni come previsti dal progetto e contrastare l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

Vita nominale:50 anni.

Anomalie riscontrabili

01 - Cedimenti

Dissesti dovuti a cedimenti di natura e causa diverse, talvolta con manifestazioni dell'abbassamento del piano di imposta della fondazione, anche differenziali.

05 - Non perpendicolarità dell'edificio

Non perpendicolarità dell'edificio a causa di dissesti o eventi di natura diversa.

26 - Deposito superficiale

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

34 - Deformazione

Variatione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi strutturali in stato di parziale degrado o totalmente affidabili sul piano statico.

Controlli

	Controlli	Periodicità	Risorse	Esecutore
02	Controllo visivo dell'opera di presenza di lesioni o di cedimenti.	Ogni anno	Non necessarie	Personale specializzato
03	Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).	Quando necessario	Possibile necessità di strumentazione tecnica relativa a indagini non distruttive.	Personale specializzato
06	Misura dello spessore della pellicola protettiva e verifica dell'adesione.	Ogni anno	Necessità di strumentazione tecnica.	Personale specializzato
08	Verifica generale degli elementi di connessione bullonate e saldate, riserraggio di bulloni e caviglie	Ogni anno	Non necessarie	Personale specializzato

Interventi

	Interventi	Periodicità	Risorse	Esecutore
04	Interventi di riparazione delle strutture variabili a secondo del tipo di anomalia rilevata, eseguiti dopo un'accurata diagnosi delle cause del difetto accertato.	Quando necessario	Variabili in funzione dell'intervento.	Personale specializzato
07	Verifica generale degli elementi di connessione bullonate e saldate, riserraggio di bulloni e caviglie, reintegro di connessioni usurate o mancanti. Riparazione di	Quando necessario	Variabili in funzione dell'intervento.	Personale specializzato

	corrosioni o fessurazioni mediante saldature con elementi di raccordo. Rifacimento della protezione antiruggine con vernici protettive.			
--	---	--	--	--

Controventi in acciaio (02.03)

Livello minimo delle prestazioni

Le strutture di elevazione dovranno essere in grado di contrastare le eventuali manifestazioni di deformazioni e cedimenti rilevanti dovuti all'azione di determinate sollecitazioni (carichi, forze sismiche, ecc.). Le strutture di elevazione, sotto l'effetto di carichi statici, dinamici e accidentali devono assicurare stabilità e resistenza.

Per i livelli minimi si rimanda alle prescrizioni di legge e di normative vigenti in materia.

Vita nominale:50 anni.

Anomalie riscontrabili

26 - Deposito superficiale

Accumulo di pulviscolo atmosferico o di altri materiali estranei, di spessore variabile, poco coerente e poco aderente alla superficie del rivestimento.

34 - Deformazione

Variazione geometriche e morfologiche dei profili e degli elementi strutturali in stato di parziale degrado o totalmente affidabili sul piano statico.

Controlli

	Controlli	Periodicità	Risorse	Esecutore
02	Controllo visivo dell'opera di presenza di lesioni o di cedimenti.	Ogni anno	Non necessarie	Personale specializzato
03	Effettuare verifiche e controlli approfonditi particolarmente in corrispondenza di manifestazioni a calamità naturali (sisma, nubifragi, ecc.).	Quando necessario	Possibile necessita di strumentazione tecnica relativa a indagini non distruttive.	Personale specializzato
06	Misura dello spessore della pellicola protettiva e verifica dell'adesione.	Ogni anno	Necessità di strumentazione tecnica.	Personale specializzato
08	Verifica generale degli elementi di connessione bullonate e saldate, riserraggio di bulloni e caviglie	Ogni anno	Non necessarie	Personale specializzato

Interventi

	Interventi	Periodicità	Risorse	Esecutore
04	Interventi di riparazione delle strutture variabili a secondo del tipo di anomalia rilevata, eseguiti dopo un'accurata diagnosi delle cause del difetto accertato.	Quando necessario	Variabili in funzione dell'intervento.	Personale specializzato
07	Verifica generale degli	Quando necessario	Variabili in funzione	Personale specializzato

	<p>elementi di connessione bullonate e saldate, riserraggio di bulloni e caviglie, reintegro di connessioni usurate o mancanti. Riparazione di corrosioni o fessurazioni mediante saldature con elementi di raccordo. Rifacimento della protezione antiruggine con vernici protettive.</p>		<p>dell'intervento.</p>	
--	--	--	-------------------------	--