

Regione autonoma della Sardegna
(Provincia di Nuoro)



Comune di Macomer

CONSORZIO PER LA ZONA INDUSTRIALE DI MACOMER

PROGETTO ESECUTIVO
PER LA REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA
DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO

ATI: AREA IMPIANTI - MONSUD S.p.A.





Progettista incaricato:



PROGETTO ESECUTIVO



AREA 400 PIPE-RACK

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. II/19	

Sistema Qualità Certificato





UNI EN ISO 9001 (ISO 9001)

Certificato n° FS 587971



CODICE DESCRITTIVO: Itv240FMRC725,02.00			N° ALLEGATO: C.16,2		
0	06/06/2016	EMISSIONE	marano	martino	martino
1					
2					
3					
4					
<i>revisione</i>	<i>data</i>	<i>descrizione</i>	<i>redatto</i>	<i>controllato</i>	<i>approvato</i>

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. 3/19	

INDICE



1.	DESCRIZIONE INTERVENTO	4
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.	DESCRIZIONE MODELLO STRUTTURALE	6
4.	VALIDAZIONE SOFTWARE UTILIZZATO	7
4.1	ENEXSYS.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
4.2	ELEMENTI FINITI IMPLEMENTATI	8
4.3	SCHEMI DI CARICO	8
4.4	TIPO DI RISOLUZIONE.....	8
4.5	DATI RELATIVI AI NODI DELLA STRUTTURA	8
4.6	ELEMENTI TIPO TRAVE SU SUOLO ALLA WINKLER	8
4.7	ELEMENTI TIPO PILASTRO.....	9
4.8	ELEMENTI TIPO PLINTO SU SUOLO ALLA WINKLER	10
4.9	ELEMENTI A QUATTRO NODI	10
4.10	DATI RELATIVI ALLE AREE DI CARICO	11
5.	DESCRIZIONE STRUTTURA	12
6.	ANALISI DEI CARICHI.....	13
7.	COMBINAZIONI DI CARICO	14
8.	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	15
9.	PRESENTAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI	16
10.	VERIFICHE CONDOTTE	18
10.1	VERIFICHE LASTRE/PIASTRE	18
10.2	VERIFICHE ELEMENTI METALLICI	19

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1: AREA VASTA - UBICAZIONE INTERVENTO SU FOTO SATELLITARE	4
FIGURA 2 MODELLO TRIDIMENSIONALE DELLA STRUTTURA	6
FIGURA 3: SPETTRI DI CALCOLO AGLI SLV	15
FIGURA 4: TENSIONE SX PER COMBINAZIONE SLU1.....	16
FIGURA 5: INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE FACCIATA LATERALE.....	16
FIGURA 6: INVILUPPO MOMENTO FLETTENTE COPERTURA	17
FIGURA 7: INVILUPPO SFORZO NORMALE COPERTURA.....	17

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 - ANALISI DEL CARICO DA NEVE	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
TABELLA 2 - ANALISI DEL CARICO DA VENTO	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
TABELLA 3 - PARAMETRI DELL'AZIONE SISMICA	15

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. 4/19	

1.DESCRIZIONE INTERVENTO

Il presente elaborato contiene la relazione delle fondazioni relativa alla progettazione del nuovo Pipe-Rack, da realizzare all'interno dell'area 400, a collegamento dei nuovi edifici forno/caldaia e ciclo termico appartenenti alla nuova linea di termovalorizzazione presso il sistema esistente di trattamento rifiuti sito nel comune di Macomer (NU), in prossimità dell'arteria stradale SS 131.

Riferimenti cartografici: Carta Geologica d'Italia foglio 207; Carta d'Italia fg. 498 sezione III Macomer.

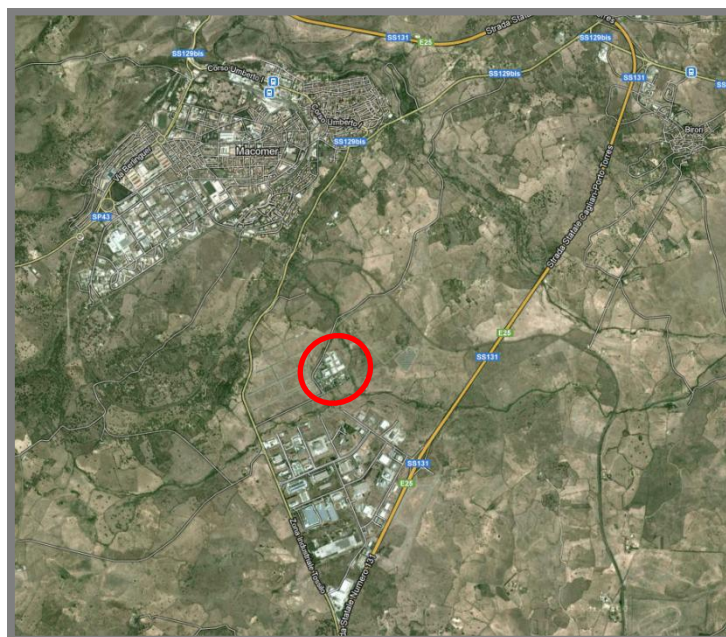


Figura1:Area vasta - Ubicazione intervento su foto satellitare



Tale nuovo manufatto risulta posto a collegamento del nuovo edificio forno/caldaia con il nuovo edificio ciclo termico. La struttura è realizzata interamente mediante profili in acciaio, con un ingombro massimo in pianta pari a 16,68 m x 2,00 m ed un'altezza totale fuori terra di 7,40 m.

La struttura ha una fondazione in cemento armato che consta di due travi di fondazione con sezione quadrata di lato pari a 1,00m e lunghezza pari a 2,00m; da tale sistema fondale partono due distinte colonne tralicciate metalliche ottenute da profili tubolari.

Alla quota relativa +6,00m è presente la struttura di sostegno alle tubazioni, realizzata mediante tre profili tubolari metallici interconnessi da diagonali e traversi in acciaio.

La struttura metallica viene resa strutturalmente indipendente sia dall'edificio forno/caldaia sia dall'edificio ciclo termico, in maniera da evitare trasmissioni di sollecitazioni sia in elevazione che in fondazione.



Stante quanto sopra esposto, tale intervento è da considerarsi, ai fini della classificazione prevista dalle NTC08 al §8.4, come NUOVA COSTRUZIONE.

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. 5/19	

2.NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento è la seguente:

- Legge n. 64 del 2/2/1974 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. del 24/1/1986 - Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.
- Legge n. 1086 del 5/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. del 14/2/1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. del 9/1/1996 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. del 16/1/1996 - Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Norme Tecniche C.N.R. n. 10011-85 del 18/4/1985 - Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- Norme Tecniche C.N.R. n. 10025-84 del 14/12/1984 - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- Circolare n. 65 del 10/4/1997 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. del 16/1/1996.
- D.M. del 14/1/2008 - Norme tecniche per le costruzioni. Le verifiche degli elementi di fondazione sono eseguite utilizzando l'Approccio 2.
- Circolare n. 617 del 2/2/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. del 14/1/2008.

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. 6/19	

3.DESCRIZIONE MODELLO STRUTTURALE



La struttura descritta è stata progettata e verificata con l'utilizzo del software Robot Structural Analysis, con cui è stato realizzato un modello tridimensionale della struttura che è stato sottoposto ad un'analisi dinamica lineare.

Trattandosi di una struttura di nuova costruzione, quest'ultima è stata verificata nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU e SLV) e degli stati limite di esercizio (SLE).

Essa è stata modellata mediante l'utilizzo di elementi monodimensionali, corrispondenti ai pilastri ed alle travi in acciaio ed alle travi di fondazione in cemento armato.

Tutte le informazioni della modellazione si trovano nel fascicolo di calcolo allegato e parte integrante alla presente; nella figura 2 è riportato lo schema del modello tridimensionale della struttura.

Figura 2 Modello tridimensionale della struttura

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. 7/19	

4.VALIDAZIONE SOFTWARE UTILIZZATO

4.1 ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

Produttore	Autodesk
Titolo	Robot Structural Analysis Professional
Versione	Rel. 2014
Nro Licenza	394-16856554

Autodesk, Inc., 111 McInnis Parkway, San Rafael, CA 94903 USA

Affidabilità dei codici utilizzati

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La EnExSys, a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente i test sui casi prova.

Validazione dei codici

L'opera in esame non è di importanza tale da necessitare un calcolo indipendente eseguito con altro software da altro calcolista.

Informazioni sull'elaborazione

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.

Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.

Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.

Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.

In aggiunta ai controlli presenti nel software si sono svolti appositi calcoli su schemi semplificati, che si riportano nel seguito, che hanno consentito di riscontrare la correttezza della modellazione effettuata per la struttura in esame.

Giudizio motivato di accettabilità

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.



Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Sono state inoltre individuate un numero di travi ritenute significative e, per tali elementi, e' stata effettuata una apposita verifica a flessione e taglio.

Le sollecitazioni fornite dal solutore per tali travi, per le combinazioni di carico indicate nel tabulato di verifica del WinStrand, sono state validate effettuando gli equilibri alla rotazione e traslazione delle dette travi, secondo quanto meglio descritto nel calcolo semplificato, allegato alla presente relazione.

Si sono infine eseguite le verifiche di tali travi con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si e' potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. 8/19	

Da quanto sopra esposto si puo' quindi affermare che il calcolo e' andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato e' risultato essere rappresentativo della realta' fisica, anche in funzione delle modalita' e sequenze costruttive.

4.2 ELEMENTI FINITI IMPLEMENTATI

- Truss
- Beam (Modellazione di Travi e Pilastri)
- Travi su suolo elastico alla Winkler
- Plinti su suolo elastico alla Winkler
- Elementi Shear Wall per la modellazione di pareti di taglio
- Elementi shell (lastra/piastra) equivalenti
- Elementi Isoparametrici a 8 Nodi Shell (lastra/piastra)

4.3 SCHEMI DI CARICO

- Carichi nodali concentrati
- Carichi applicati direttamente agli elementi
- Carichi Superficiali

4.4 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 liberta' per nodo.
 - ipotesi di solai infinitamente rigidi nel proprio piano (3 gradi di liberta' 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.

4.5 DATI RELATIVI AI NODI DELLA STRUTTURA

Convenzioni adottate

La terna di riferimento generale e' destrorsa.

I nodi vengono numerati, con riferimento a una sezione orizzontale, da sinistra a destra, dal basso verso l'alto e per quote crescenti.

L'impalcato di appartenenza di un nodo e' definito, in generale, dalla prima delle tre cifre che ne definiscono il numero, possono tuttavia presentarsi casi in cui si hanno piu' di 100 nodi per solaio nel qual caso il solaio di appartenenza e' specificato dall'ultimo valore stampato nella riga dei dati relativi al nodo.

La maschera dei vincoli e' costituita dai valori 0 e 1. Il valore 1 indica che per il nodo in riferimento il grado di liberta' correlativo e' soppresso mentre il valore 0 indica che e' libero.

Nel caso di edifici civili multipiano l'asse z generale coincide con l'asse verticale rivolto verso l'alto.

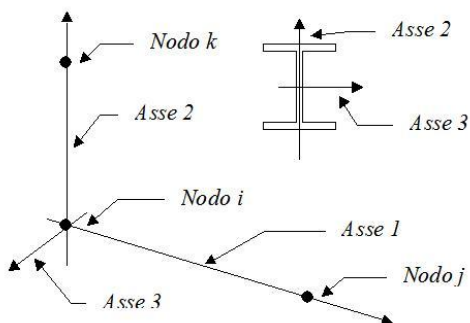
4.6 ELEMENTI TIPO TRAVE SU SUOLO ALLA WINKLER

Convenzioni adottate

Ogni elemento tipo trave su suolo alla Winkler viene identificato da:

- Il nodo iniziale i;
- il nodo finale j;
- il nodo k che definisce l'orientamento nello spazio della terna riferimento locale dell'elemento.

La terna di riferimento locale della trave risulta essere cosi' disposta:



La modellazione del terreno sul quale agiscono le travi è alla Winkler e pertanto particolare attenzione va riposta ai casi in cui le travi inducano sul terreno zone di trazione poichè, in tal caso, la modellazione stessa cade in difetto.

Caratteristiche dei Materiali

Tipo	Modulo Elastico [kg/cm ²]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m ³]	Commento
1	300000.0	0.120	0.000012	2500.0	Calcestruzzo
2	2100000.0	0.330	0.000012	7850.0	Acciaio

Caratteristiche dei terreni di fondazione

Tipo	Costante di Sottofondo [kg/cm ³]	Commento
2	10.0	Macomer

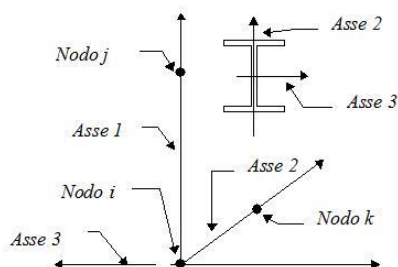
4.7 ELEMENTI TIPO PILASTRO

Convenzioni adottate

Ogni elemento tipo pilastro viene identificato da:

- Il nodo iniziale *i*;
- Il nodo finale *j*;
- Il nodo *k* che definisce l'orientamento nello spazio della terna riferimento locale dell'elemento.

La terna di riferimento locale del pilastro risulta quindi essere così disposta:



Sistema di riferimento locale

Vengono riportati i valori di efficacia dei vincoli flessionali alle estremità dell'elemento (variabili fra lo **0%** e il **100%**), nei due piani **1-2** e **1-3** del pilastro in corrispondenza dei nodi, dando quindi la possibilità di considerare aste non perfettamente incastrate alle estremità (coefficienti **Vi12 - Vj12 - Vi13 - Vj13**).

In generale, se non diversamente disposto, l'asse 2 coincide, per i pilastri, con l'asse y globale e pertanto la disposizione della sezione coincide con quella che si avrebbe in una vista in pianta.

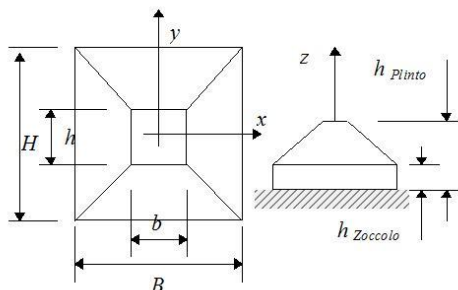
Caratteristiche dei Materiali

Tipo	Modulo Elastico [kg/cm ²]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m ³]	Commento
1	300000.0	0.120	0.000012	2500.0	Calcestruzzo
2	2100000.0	0.330	0.000012	7850.0	Acciaio

4.8 ELEMENTI TIPO PLINTO SU SUOLO ALLA WINKLER

Convenzioni adottate

L'elemento, con riferimento al piano x - y , risulta essere così disposto:



Il plinto viene identificato con il numero del nodo a cui fa capo.

Caratteristiche dei Materiali:

Tipo	Modulo Elastico [kg/cm ²]	ν	alfa [1/°C]	Peso Specifico [kg/m ³]	Commento
1	300000.0	0.120	0.000012	2500.0	Calcestruzzo
2	2100000.0	0.330	0.000012	7850.0	Acciaio

Caratteristiche dei Terreni di Fondazione:

Tipo	Costante di Sottofondo [kg/cm ³]	Commento
1	10	Macomer

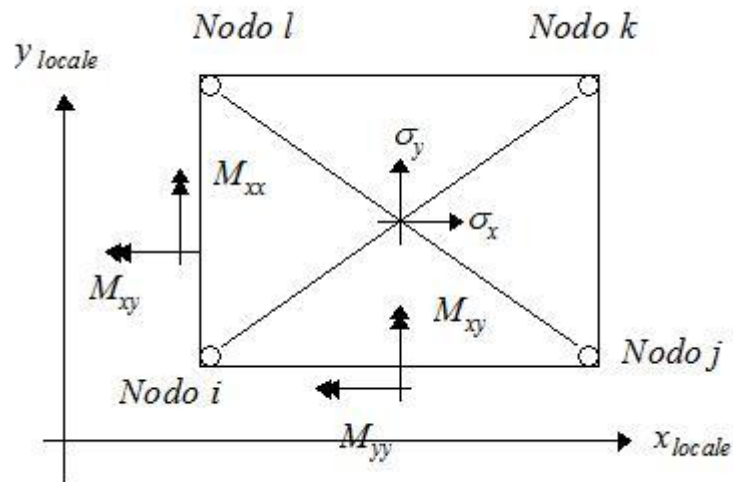
4.9 ELEMENTI A QUATTRO NODI

Convenzioni adottate

Nel seguito sono riportate le sollecitazioni indotte negli elementi a 4 nodi sia come sollecitazioni in corrispondenza dei nodi che come tensioni e momenti medi valutati nel centro dell'elemento. Per una dettagliata spiegazione sui presupposti teorici, il campo di applicazione e le modalità di impiego si rimanda all'apposito capitolo del manuale teorico in dotazione al programma.

Il sistema di riferimento locale dell'elemento risulta essere così disposto:

- L'asse x locale sulla congiungente i nodi i e j da i verso j .
- L'asse y locale sulla congiungente i nodi i e l da i verso l .
- L'asse z locale è ottenuto per prodotto vettoriale fra x_{locale} e y_{locale} .
- Le tensioni medie nell'elemento (σ_x , σ_y , τ_{xy}) e i momenti medi (M_x , M_y , M_{xy}) sono anch'essi da intendersi diretti lungo le direzioni sopra citate.

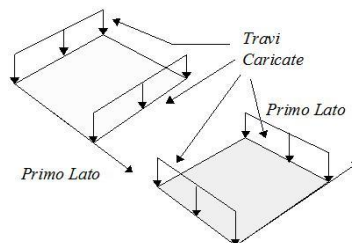


4.10 DATI RELATIVI ALLE AREE DI CARICO

Convenzioni adottate

Nel seguito sono riportate le *aree di carico* definite nel progetto.

Un'*area di carico* è definita da una superficie contornata da travi di bordo ed i carichi superficiali su essa agenti vengono riportati dal programma sulle travi perimetrali in ragione dell'area di influenza relativa ad ogni trave e della direzione di orditura della superficie. È importante rilevare che la direzione di orditura viene assunta dal programma con riferimento al primo lato della superficie di carico e non con riferimento all'asse x globale della struttura.



Esempio: *direzione* di orditura 0 gradi.

In particolare ricordiamo che le *aree di carico* fungono esclusivamente da supporto per il calcolo dei carichi di tipo superficiale in quanto i carichi definiti tramite tali *aree di carico* in effetti vengono trasferiti (sotto forma di carichi lineari o carichi nodali concentrati nei nodi) sulle travi perimetrali che contornano l'area di carico stessa.

A seguire vengono riportati per ogni tipologia definita i carichi agenti nelle varie condizioni di carico. La dizione:

Globale



indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura.

Globale Proiettato

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento globale della struttura ma il valore viene computato in proiezione.

Locale

indica che il carico è definito nel sistema di riferimento locale della superficie di carico.

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. 12/19	

5.DESCRIZIONE STRUTTURA

La struttura oggetto della presente relazione consiste in un manufatto interamente in acciaio costituita da due colonne tralicciate realizzate da profili tubolari saldati, sulle quali poggia un elemento trasversale, costituito da tre profili tubolari spazialmente interconnessi da diagonali e trasversi, destinato ad alloggiare al suo interno le tubazioni che passano tra il forno/caldaia e il ciclo termico.

Tutti gli elementi metallici della struttura principale sono ottenuti mediante profili realizzati in acciaio di tipo S275.

Le strutture di fondazioni vengono realizzati in calcestruzzo di classe C25/30 con ferri di armatura di tipo B450C: valutando una categoria di esposizione di tipo XC2 (Fondazioni interrate), sulla base delle indicazioni della sezione 4 dell'EC2 è stato assunto un ricoprimento a bordo staffa pari a 35mm.



Le opere di fondazione si impostano alla stessa quota della pavimentazione esterna.

Le colonne sono realizzate mediante due profili tubolari del tipo C139.7x5 posti ad un interasse pari a 1,50m connessi tra loro da profili tubolari del tipo C76.1x5 utilizzati sia come trasversi (aventi passo pari a 2,00m) che come diagonali.

Alla quota relativa +6,00m i due profili di ciascuna colonna sono collegati a due profili principali tubolari del tipo C114.3x4 interconnessi da trasversi aventi la stessa sezione (aventi passo pari a 1.39m) e diagonali di piano realizzati mediante profili di tipo C48.3x5; alla quota relativa +7,40m è presente inoltre un altro profilo principale avente sezione del tipo C114.3x4 collegato tridimensionalmente agli altri due mediante elementi diagonali e trasversali realizzati mediante profili di tipo C76.1x5.

I profili trasversali alla quota relativa +6.00m vengono destinati a sopportare il peso delle tubazione che il Pipe-Rack deve accogliere: a favore di sicurezza, il peso proprio di tali tubazioni viene rappresentato mediante dei carichi concentrati agenti in corrispondenza della mezzera delle travi trasversali, stimando l'entità di tale peso mediante la valutazione delle aree di influenza di ciascun elemento strutturale e considerando la presenza contemporanea di 5 tubazioni.

Essendo classificabile come "Nuova Costruzione", la struttura è stata progettata, come indicato dalle NTC08, con riferimento sia agli SLU sia agli SLE: per quanto riguarda gli stati limite ultimi, è stata condotta un'analisi che tenesse conto anche delle combinazioni sismiche (Stati Limite di salvaguardia della Vita e stati Limite di Danno).

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. 13/19	

6. ANALISI DEI CARICHI

Carico permanente

G₁ Carico permanente strutturale (peso proprio degli elementi in acciaio) computato dal software

G₂ Carico permanente strutturale agente sulla struttura, definito come segue:
 Peso proprio delle tubazioni diametro = 20cm s=1,6cm: 75 Kg/m
 Peso proprio dell'acqua contenuta nelle tubazioni: 25 Kg/m

Carico accidentale

Data la sua finalità di impiego, il Pipe-Rack non prevede alcun orizzontamento: per tale motivo, la struttura non è soggetta alla presenza di un sovraccarico accidentale che dunque non è stato inserito in fase di modellazione.

Carico neve

Data la sua finalità di impiego, il Pipe-Rack non prevede alcun orizzontamento: per tale motivo, la struttura non è soggetta alla presenza di un sovraccarico accidentale che dunque non è stato inserito in fase di modellazione.

Carico vento

La struttura del Pipe-Rack non prevede alcun pannello di baraccatura verticale che possa essere soggetto all'azione del vento. Per tale motivo, il carico vento è stato trascurato in fase di modellazione.

Carico termico

Data la tipologia di edificio e la destinazione d'uso della struttura oggetto della presente, essa è classificabile come struttura in acciaio protetta: per questo motivo, in base a quanto indicato al §3.5.5. delle NTC08, a rappresentazione del carico termico è stata applicata una variazione termica pari a ± 15 °C a tutti gli elementi della struttura (Qk1).

Azioni eccezionali

Per l'opera in progetto non è stato ritenuto opportuno tenere in conto esplicito azioni eccezionali quali urti, incendi ed esplosioni. La concezione strutturale, i dettagli costruttivi ed i materiali con i quali verrà realizzata la struttura portante del fabbricato sono comunque tali da evitare che la struttura stessa possa avere danneggiamenti sproporzionati rispetto ad eventuali cause legate a questo tipo di eventi.

7.COMBINAZIONI DI CARICO

I carichi definiti in precedenza sono stati applicati al modello di calcolo sviluppato in forma tridimensionale: assegnate le condizioni di carico, sono state definite le combinazioni di carico da adottare nel calcolo della struttura così come segue:

	N°	Commento	G1	G2	Qk1	E0	E90
SLU	1	Temperatura	1,3	1,3	1,5	/	/
SLV	1	Sisma 0+/90+	1	1	/	1+	0,3+
	2	Sisma 0-/90-	1	1	/	1-	0,3-
	3	Sisma 90+/0+	1	1	/	0,3+	1+
	4	Sisma 90-/0-	1	1	/	0,3-	1-
SLE rare	1	Vento y	1	1	1	/	/
SLE freq.	1	Temperatura	1	1	1	/	/
SLE q.perm.	1	Temperatura	1	1	1	/	/
SLD	1	Sisma 0+/90+	1	1	/	1+	0,3+
	2	Sisma 0-/90-	1	1	/	1-	0,3-
	3	Sisma 90+/0+	1	1	/	0,3+	1+
	4	Sisma 90-/0-	1	1	/	0,3-	1-

Tabella 1: Valori dei coefficienti di combinazione

8.CLASSIFICAZIONE SISMICA

La struttura così definita è stata sottoposta ad un'analisi dinamica lineare che ha tenuto conto sia dell'azione sismica propria del sito di costruzione, la quale è stata valutata in maniera automatica, sia delle eventuali eccentricità delle masse, in accordo con il §7.2.6 delle NTC08, assumendo:

Tabella 1 - Parametri dell'azione sismica

Sito di costruzione	Comune di Macomer (NU)
Latitudine	40,2681
Longitudine	8,78
Zona sismica	4
Categoria suolo	B (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati)
Categoria topografica	T ₁
Coefficiente amplificazione topografica	St = 1
Vita nominale	50
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso	1,5
Classe di duttilità	Bassa
Regolarità in pianta	SI'
Regolarità in altezza	NO
Eccentricità accidentale	5% dimensioni edificio
Fattore di struttura sisma orizzontale	q = 3,2
Fattore di struttura sisma verticale	q = 1,5

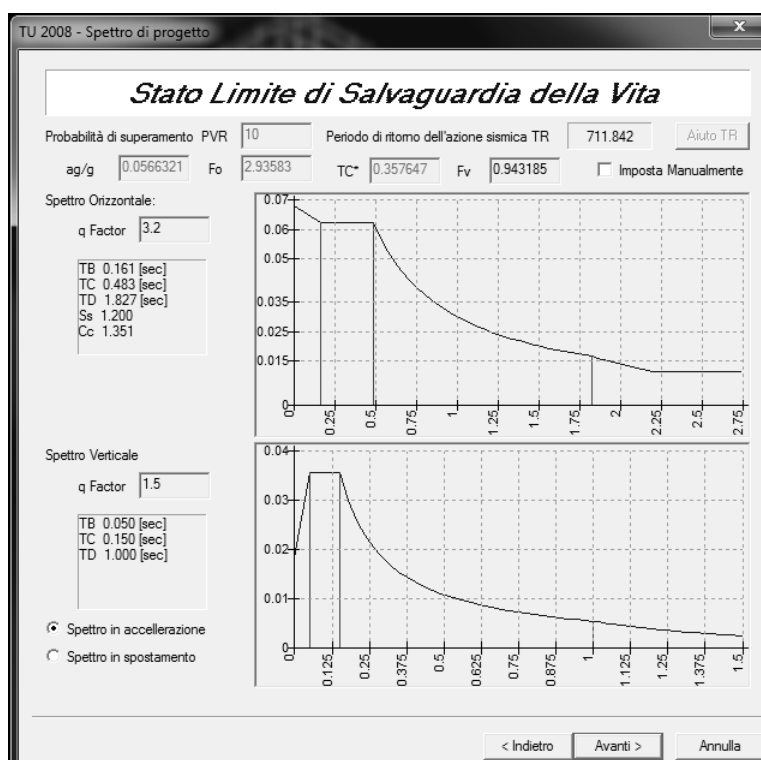


Figura3:Spettri di calcolo agli SLV

9.PRESENTAZIONE SINTETICA DEI RISULTATI

Una sintesi del comportamento della struttura è consegnata nelle rappresentazioni grafiche in cui sono rappresentate le principali grandezze (deformate, sollecitazioni, etc..) per le parti più sollecitate della struttura in esame.

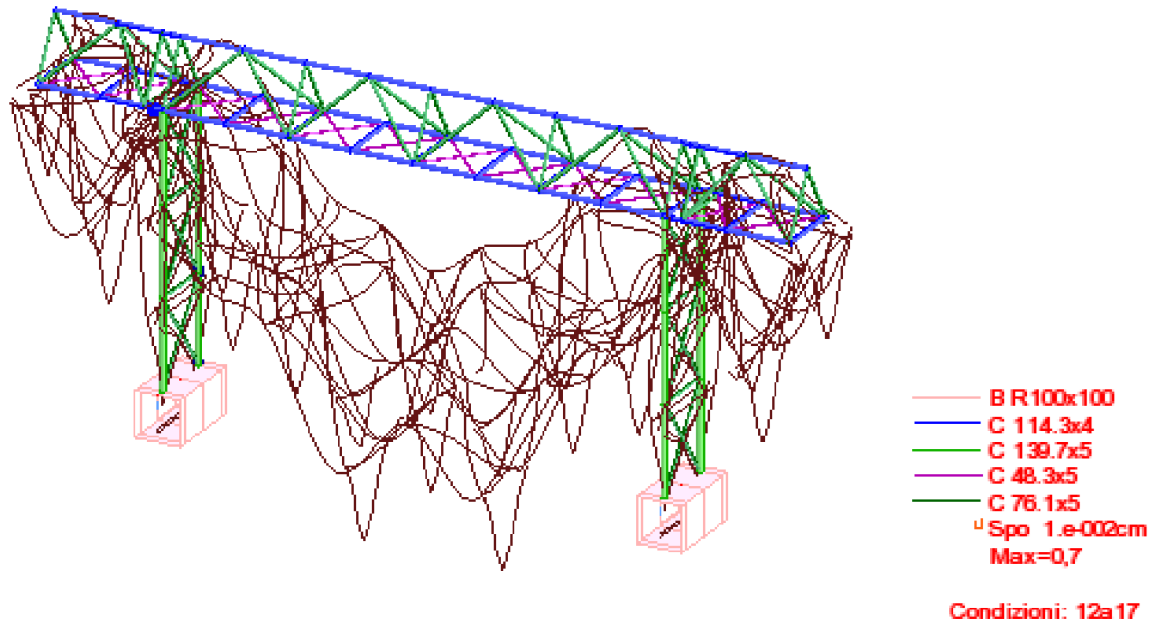


Figura4: Deformazione involucro combinazioni

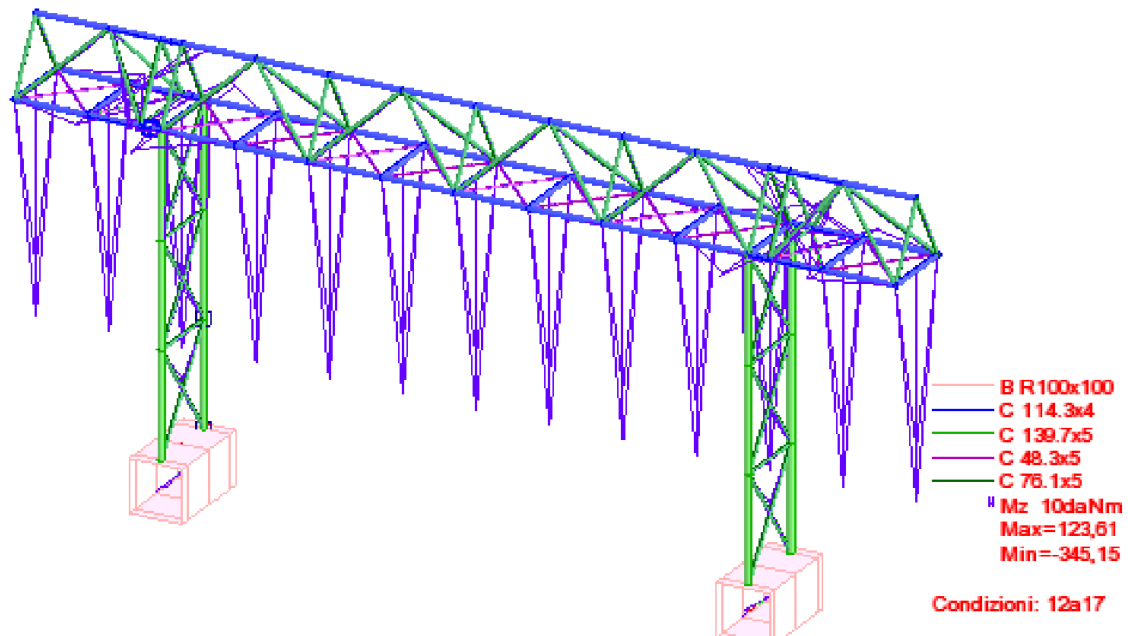
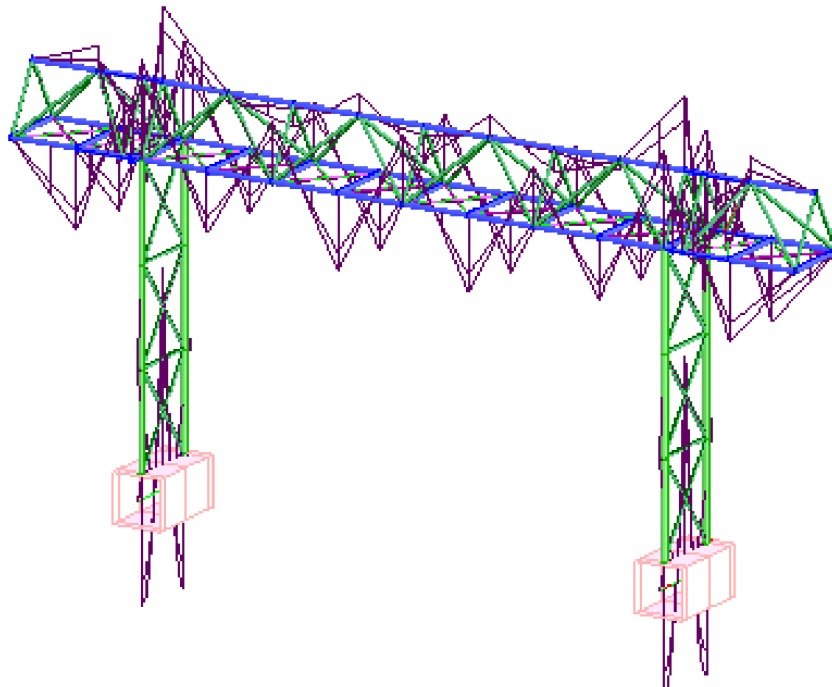


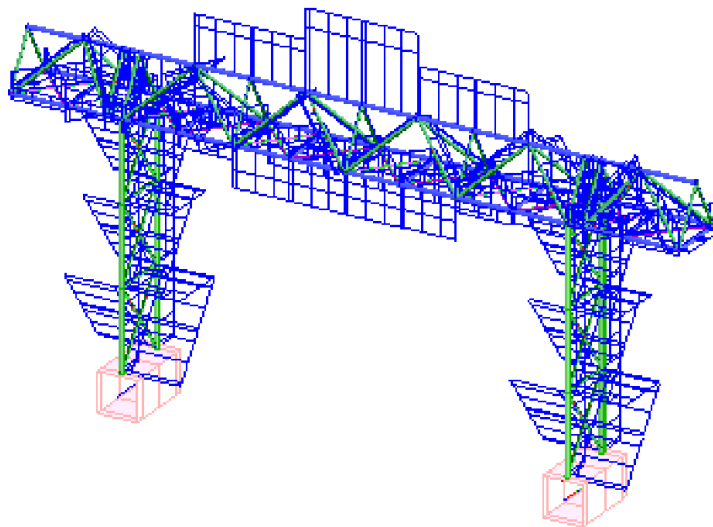
Figura5:Involuppo Momento flettente Mz



— B R100x100
 — C 114.3x4
 — C 139.7x5
 — C 48.3x5
 — C 76.1x5
^H My 10daNm
 Max=286,08
 Min=-539,61

Condizioni: 12a17



Figura6:Inviluppo Momento flettente My



— B R100x100
 — C 114.3x4
 — C 139.7x5
 — C 48.3x5
 — C 76.1x5
^H Fx+c Fx-t 200daN
 Max=6066,19
 Min=-4405,28

Condizioni: 12a17

Figura7:Inviluppo Sforzo normale

	REALIZZAZIONE DI UNA NUOVA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DA 30 MWt PRESSO IL SISTEMA DI TRATTAMENTO RIFIUTI DI MACOMER/TOSSILO	REV. 0	
	Relazione di calcolo	PAG. 18/19	

10. VERIFICHE CONDOTTE

Una volta assegnati i carichi, il programma ha provveduto alla verifica degli elementi strutturali (Pilastri e travi in acciaio, platee e setti di fondazione), i cui dettagli sono presenti nel fascicolo dei calcoli in allegato.

Nei successivi paragrafi vengono indicate le modalità con cui il software procede sia al progetto che alla verifica di ciascun elemento strutturale.

I dettagli delle verifiche degli elementi strutturali e degli elementi di fondazione sono riportati nel tabulato di calcolo allegato alla presente relazione.

Nei disegni esecutivi in allegato vengono meglio illustrate la geometria, le dimensioni e le armature degli elementi strutturali e dei particolari costruttivi.

10.1 VERIFICHE LASTRE/PIASTRE

Gli elementi lastra/piastra possono essere distinti in due categorie in funzione dello stato di sollecitazione:

- elementi soggetti ad uno stato di sollecitazione semplice (flessione o tensionale a membrana);
- elementi soggetti ad uno stato di sollecitazione misto (flessionale e tensionale a membrana).

Le verifiche per stato di sollecitazione semplice sono svolte proiettando le armature lungo le direzioni principali e effettuando la verifica a flessione retta/membrana lungo tali direzioni.

Per gli elementi soggetti ad uno stato di sollecitazione misto, le direzioni principali variano, lungo lo sviluppo z dell'elemento, in modo continuo. Il codice di verifica procede a:

- suddivisione dell'elemento in strati di 1 cm di spessore;
- valutazione, per ogni strato, del corrispondente stato di deformazione e tensione membranale;
- ricostruzione, per sovrapposizione dei vari strati membranali, del comportamento globale dell'elemento soggetto allo stato misto di presso-flessione.

L'Utente può definire delle sezioni trasversali, per le quali le sollecitazioni sono valutate mediando integrazione sulla lunghezza della sezione

Nella determinazione della matrice di rigidezza degli strati di cls, si assume:

- Metodo T.A.: il calcestruzzo in compressione è assunto indefinitamente elastico lineare mentre, in trazione, si può assumere (opzionalmente) che sia in grado di assumere una trazione compresa fra 0 e f_{ct} , essendo f_{ct} la resistenza a trazione del calcestruzzo definita dall'EC2;
- Metodo S.L.U.: il metodo impiegato è quello noto come MCFT acronimo di "Modified Compression Field Method", sviluppato presso l'Università di Toronto da Collins e Del Vecchio a partire dagli anni '80. Il metodo, nella forma implementata, assume per la curva monoassiale tensione-deformazioni del cls quanto previsto dall'EC2;

La verifica a punzonamento può essere condotta considerando o non considerando autoequilibrate le tensioni nel terreno sotto il cono di punzonamento. L'angolo di diffusione è fissato dall'utente.

I copriferri indicati sono da intendersi riferiti al centro delle barre resistenti.

10.2 VERIFICHE ELEMENTI METALLICI

L'Eurocodice 3 (EC3) prevede le verifiche agli stati limite di esercizio (deformazioni, spostamenti, vibrazioni) e quelle agli stati limite ultimi (resistenza della sezione, resistenza della membratura, resistenza dei collegamenti, stabilità del telaio, equilibrio statico).

Il tipo di analisi previsto per lo studio di uno schema strutturale dipende dalla sua classificazione in termini di spostamenti laterali e dai particolari costruttivi adottati. L'EC3 ammette l'impiego dell'analisi lineare elastica senza ulteriori indagini esclusivamente nel caso di telai controventati (punto 5.2.5.3) e telai a nodi fissi (punto 5.2.5.2) cioè per quelle strutture per le quali si può assumere che gli spostamenti orizzontali sono ininfluenti o sono contenuti da un sistema adeguato di controventatura. In caso contrario la stabilità globale del telaio può essere messa in evidenza dall'analisi elastica del secondo ordine (ad esempio, metodo P-Delta). Secondo questo procedimento gli incrementi di azioni interne indotti dagli spostamenti laterali vengono valutati esplicitamente e pertanto, essendo noto l'effettivo campo di spostamenti e sollecitazioni presente nella struttura, le verifiche vengono condotte:

- Considerando il campo di sollecitazioni dedotto dall'analisi;
- Valutando la lunghezza di libera inflessione delle membrature come se la struttura fosse a nodi fissi.

Le verifiche di resistenza e stabilità, invece, dipendono dalla classe di appartenenza delle sezioni utilizzate per le membrature stesse.

Sezione	Classe	Descrizione
Plastica	1	In tutte le fibre si raggiunge la tensione fyd prima che gli effetti di instabilità locale possano presentarsi. La sezione è capace di superare il momento di piena plasticizzazione e di assicurare una duttilità pari a quella teorica.
Compatta	2	Come per la sezione Plastica ma con una duttilità inferiore a quella teorica ($\epsilon_u < 10 \epsilon_e$).
Semicompatta	3	Solo nella fibra più esterna si raggiunge la tensione fyd prima che gli effetti di instabilità locale possano presentarsi. La duttilità è ancora più contenuta.
Snella	4	In nessuna fibra si raggiunge la tensione fyd per il sovraggiungere di fenomeni di instabilità locale che portano in crisi la sezione in anticipo. La duttilità è assai limitata.

Per le sezioni in classe 4 si parla di caratteristiche inerziali della Sezione Lorda e quelle della Sezione Efficace, in cui si prendono in considerazione solo le porzioni di sezione non soggette ai fenomeni di instabilità locale.

Verifiche di Resistenza

Nel capitolo 5.4.1 l'EC3 richiama l'attenzione del progettista sul fatto che, pur non considerando i fenomeni di instabilità dell'asta, la resistenza delle sezioni trasversali delle membrature può essere limitata dai seguenti fattori:

- Resistenza plastica della Sezione Lorda;
- Resistenza della sezione netta in corrispondenza dei fori o dei dispositivi di giunzione;
- Effetti di diffusione del carico per taglio (shear lag) influenzato dai rapporti geometrici delle flange nei confronti dell'anima;
- Resistenza alla instabilità locale dei singoli elementi della sezione trasversale;
- Resistenza alla instabilità locale per taglio.

Verifiche di Stabilità

Le grandi deformazioni, che possono coinvolgere le zone compresse delle membrature, si possono genericamente suddividere in tre fenomeni tipici:

- Instabilità da sforzo normale, che interessa le aste compresse o presso-inflesse;
- Instabilità flessione - torsionale (o svergolamento), che interessa le ali compresse degli elementi inflessi;
- Instabilità per taglio (o imbozzamento), che coinvolge le anime degli elementi inflessi.

A questi fondamentali campi di verifica sono dedicati i capitoli dal 5.5 al 5.9 dell'EC3.