

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI FERMO
COMUNE DI FERMO





IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI
RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO

CIG: 9880245C18 – CUP: F62F18000070004

PROGETTO ESECUTIVO

NOME ELABORATO		CLASSE	10.14
PLATEA COMPRESSORE BIOMETANO RELAZIONE DI CALCOLO		PLATEA COMPRESSORE BIOMETANO	
		N. TAVOLA	10.14.1.a
		FORMATO	A4
		SCALA	/
CODIFICA ELABORATO	23008-OW-C-101-RS-067-MA1-2		

REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
02	16/12/2024	TERZA EMISSIONE	A.LABBATE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
01	11/10/2024	SECONDA EMISSIONE	B.BARONE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
00	28/06/2024	PRIMA EMISSIONE	B.BARONE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO

Committente	Progettista indicato	Mandataria
 CITTA' DI FERMO Settore IV e V Lavori Pubblici, Protezione Civile, Ambiente, Urbanistica, Patrimonio, Contratti e Appalti Via Mazzini 4 63900 – Fermo (FM) DOTT. Mauro Fortuna RUP	 ENGINEERING COMPANY Via Resuttana 360 90142 -PALERMO OWAC Engineering Company S.R.L ING. Rocco Martello Direttore Tecnico UNI EN ISO 9001:2015 N. 30233/14/S UNI EN ISO 45001:2018 N. OHS-4849 UNI EN ISO 14001:2015 N. EMS-9477/S UNI/PDR 74 :2019 N. SGBIM-01/23 UNI/PdR 74:2019 N. 21042BIM	 Via del Cardoncello 22 70022 – Altamura (BA) EDILALTA S.R.L. DOTT. Angelantonio Disabato Socio Mandante  Fueling a Sustainable World™ Via Bassa di Casalmoro 3 46041 – Asola (MN) ANAERGIA S.R.L. DOTT. Andrea Parisi Institore



02	A.LABBATE	16/12/2024	C.BUTTICE'	16/12/2024	R.MARTELLO	16/12/2024
01	B.BARONE	11/10/2024	C.BUTTICE'	11/10/2024	R.MARTELLO	11/10/2024
00	B.BARONE	28/06/2024	C.BUTTICE'	28/06/2024	R.MARTELLO	28/06/2024
REV	ESEGUITO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

RELAZIONE DI CALCOLO AI SENSI 10.1 E 10.2 DM 17/01/18

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO



PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO

REV. 02

Pag. 3 di 55



INDICE

1.	RELAZIONE TECNICA (10.1 DM 17/01/18).....	1
1.1	PREMESSA.....	1
1.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO.....	1
1.3	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	1
2.	MODELLAZIONE.....	4
2.1	ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI.....	4
3.	CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI.....	7
3.1	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI	7
4.	ANALISI DEI CARICHI.....	10
	FATTORE DI STRUTTURA.....	11
5.	SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO	12
6.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	13
6.1	TIPO DI ANALISI EFFETTUATE.....	14
6.2	COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO.....	14
7.	PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	28
7.1	VERIFICHE DI RESISTENZA	28
7.2	VERIFICA DI PUNZONAMENTO DEI NODI	29
7.3	VERIFICHE SLD.....	31
8.	SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA.....	34
9.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	44
10.	RELAZIONE SU ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO	49



1. RELAZIONE TECNICA (10.1 DM 17/01/18)

1.1 PREMESSA

Nella presente introduzione sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo strutturale, che tiene conto anche degli strumenti urbanistici, del progetto architettonico, del progetto delle componenti tecnologiche in generale e delle prestazioni attese dalla struttura.

1.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Le Norme e i documenti assunti a riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

Progetto-verifica degli elementi	
Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Progetto legno	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Azione sismica	
Norma applicata per l' azione sismica	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019

1.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La fondazione a servizio del compressore metano è una platea in calcestruzzo armato.
La classe di esposizione è XC 4 con un copriferro pari a 5 cm. La qualità del calcestruzzo è C32/40. Lo spessore della platea è pari a 65 cm, le dimensioni dei due lati del rettangolo sono pari a m 3,5x6,5.

Descrizione generale dell'opera	
Opera di nuova realizzazione	SI
Fabbricato ad uso	A servizio delle attrezzature
Ubicazione	Comune di FERMO (FM) (Regione MARCHE)
	Località FERMO (FM)
	Longitudine 13.716, Latitudine 43.160 (Riferimento WGS84)
Numero di piani	Fuori terra 0
	Interrati 0
	Le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di m 3,5 x 6,5
Numero vani scale	0
Numero vani ascensore	0
Tipo di fondazione	Diretta Platea

Materiali impiegati	
Cemento Armato	SI
Acciaio	NO
Legno	NO
Muratura	NO



Principali caratteristiche della struttura	
Struttura regolare in pianta	SI
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	ND struttura non dissipativa
Travi ricalate o in spessore	0
Pilastrì	0
Pilastrì in falso	0
Condizioni per cui è necessario considerare la componente verticale del sisma	Nessuna
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Non prevista
Verifica SLD di resistenza	NO

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
III	50.0	1.5	75.0

Di seguito si riportano le immagini del modello strutturale:

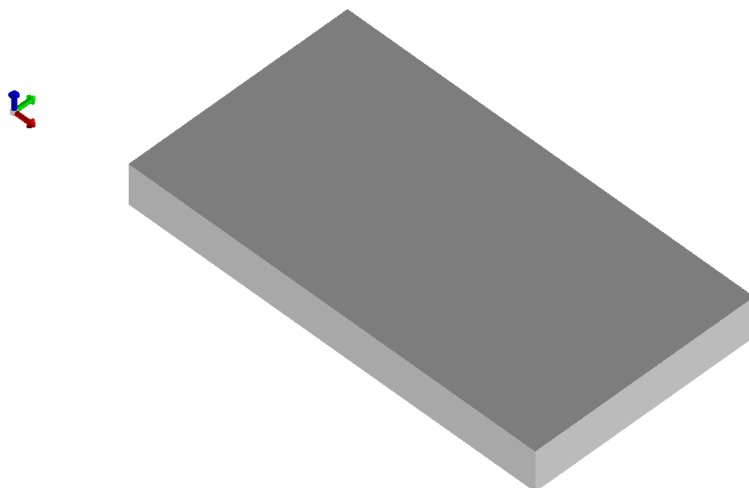


Figura 1 - Vista anteriore solida del modello



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

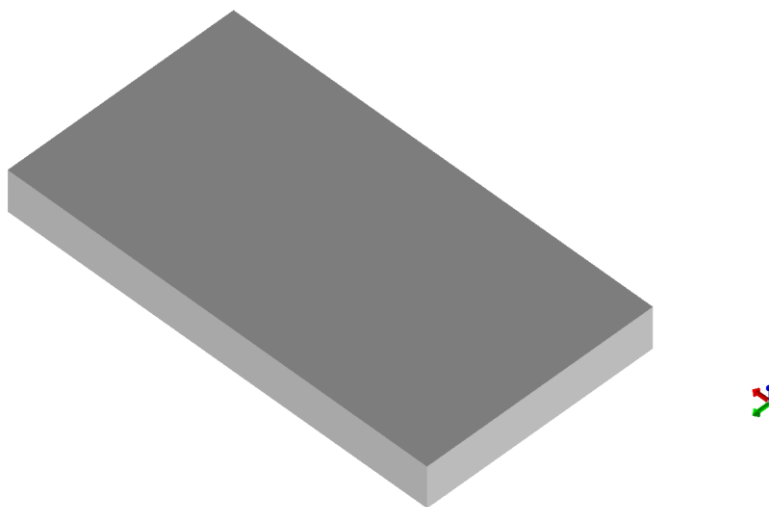


Figura 2 - Vista posteriore solida del modello



2. MODELLAZIONE

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \begin{array}{l} \mathbf{K} = \text{matrice di rigidezza} \\ \mathbf{u} = \text{vettore spostamenti nodali} \\ \mathbf{F} = \text{vettore forze nodali} \end{array}$$

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente a una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

2.1 ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI

A seguire si riportano le immagini relative alle numerazioni di interesse:

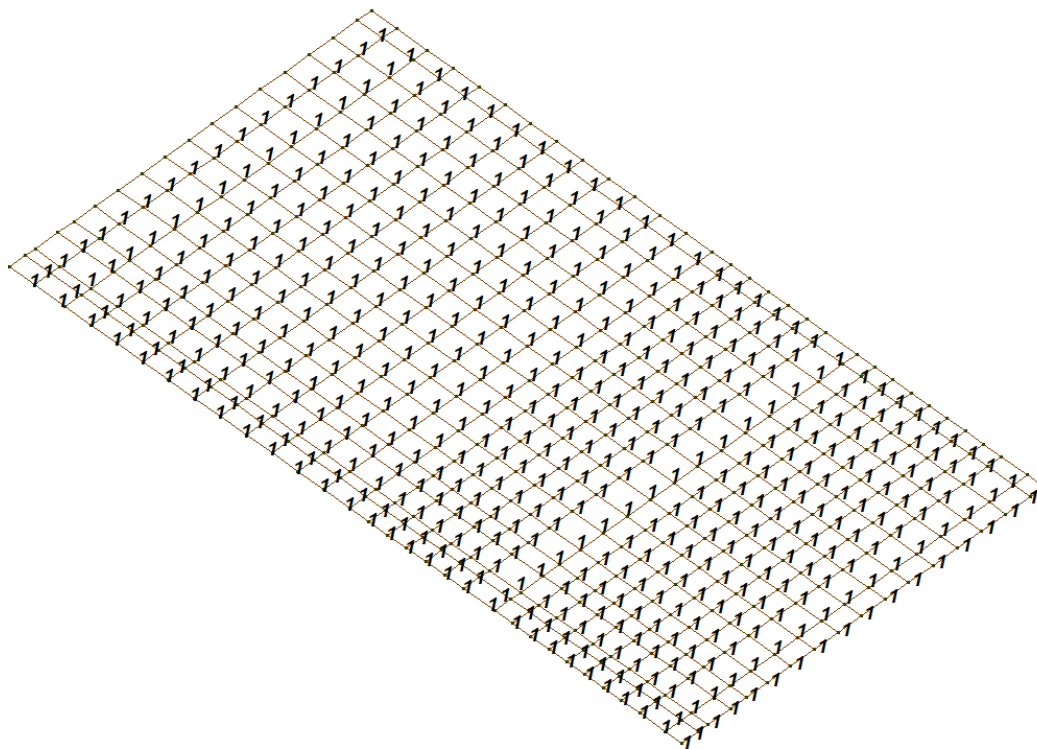


Figura 3 Numerazione piastra

Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA_SPESSORI

Id		Spessore Gusci	Spessore Setti	Sp. solai piano rigido
-	-	cm	cm	cm
1		65.00	-	-

Legenda

Spessore Gusci	Spessore degli elementi shell con sviluppo orizzontale
Spessore Setti	Spessore degli elementi shell con sviluppo verticale



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

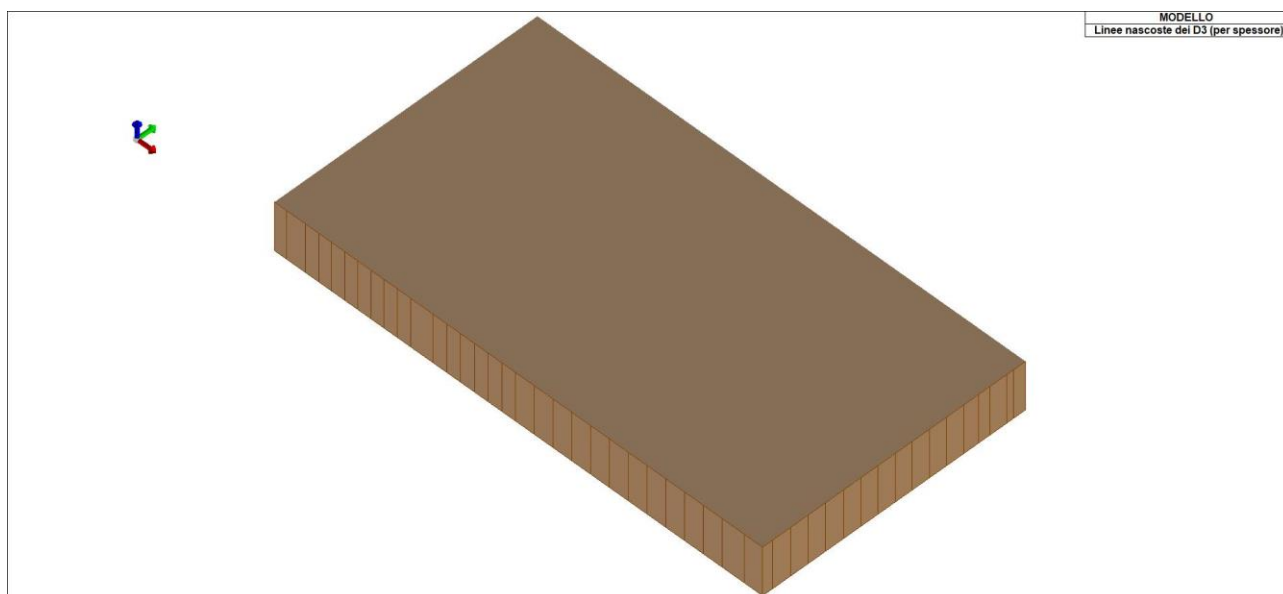


Figura 4 - Rappresentazione della piastra (elementi D3 in Prosap) nella Grafica linee nascoste.

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO

EdilAlta

Anaergia
Fueling a Sustainable World

OWAC
ENGINEERING COMPANY

**PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO**

REV. 02

Pag. 6 di 55



3. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

3.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[4]- MATERIALE PER FONDAZIONE -			
Calcestruzzo Classe C32/40			
Id	-	-	u.m.
4			
	Resistenza caratteristica cubica R _{ck}	400.0	daN/cm ²
	Resistenza caratteristica cilindrica f _{ck}	332.0	daN/cm ²
	Resistenza f _{ctm}	31.0	daN/cm ²
	Tensione caratteristica di snervamento acciaio	4500.0	daN/cm ²
	Tipo acciaio	tipo C	
	Coefficiente gamma c	1.50	
	Coefficiente gamma s	1.15	
	Rapporto R _{fessurata} (assiale)	1.00	
	Rapporto R _{fessurata} (flessione)	1.00	
	Rapporto R _{fessurata} (taglio)	1.00	

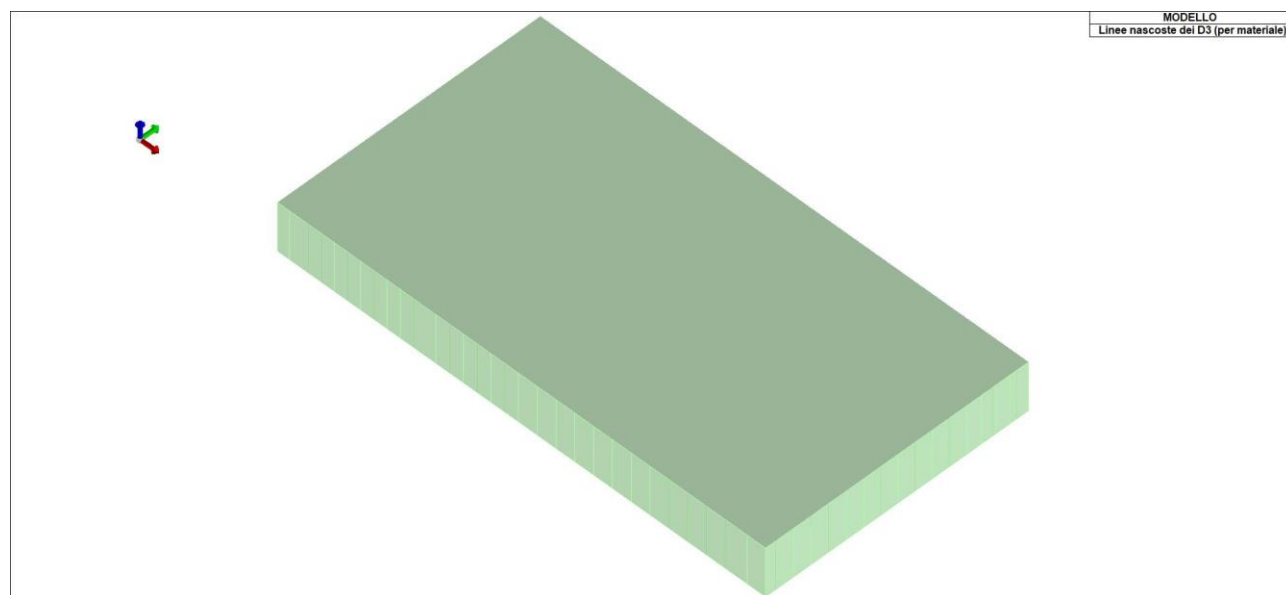


Figura 5 - Materiale assegnato alla piastra (elementi D3 in Prosap) nella grafica Linee Nascoste



CARATTERISTICHE DEI MATERIALI		
		PIASTRA DI FONDAZIONE
CLASSE DEL CALCESTRUZZO		C32/40
ACCIAIO BARRE		B 450 C
CLASSE DI ESPOSIZIONE		XC4
MASSIMO RAPPORTO A/C		0,60
DIAMETRO MASSIMO INERTE		32 mm
COPRIFERRO MINIMO		3.5cm
COPRIFERRO ADOTTATO		5 cm
CLASSE DI CONSISTENZA		S4
CONTENUTO MINIMO DI CEMENTO		300 kg/m ³
UNITA' DI MISURA		
CARPENTERIA IN "m"		
FERRI D'ARMATURA IN "cm"		

ACCIAIO IN BARRE PER CALCESTRUZZO ARMATO:

- B450C saldabile (par.11.3.2.1 NTC2018)
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Tensione caratteristica di rottura : $f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
- Allungamento $A_s \geq 12\%$

ACCIAIO IN RETI ELETTROSALDATE PER CALCESTRUZZO ARMATO:
 come da prescrizioni della normativa vigente.

CARATTERISTICHE		Requisiti	Frattile %
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}		$\geq f_{y \text{ nom}}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo f_{tk}		$\geq f_{t \text{ nom}}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$		$\geq 1,15$	10.0
		$< 1,35$	
$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$		$\leq 1,25$	10.0
Allungamento	$(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:	$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
	$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
	$16 \leq \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
	$25 \leq \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO



PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO

REV. 02

Pag. 9 di 55



4. ANALISI DEI CARICHI

Il compressore metano poggia su una impronta m 6,00 x 2,50. Il peso dichiarato dal fabbricatore della macchina è pari 20'000kg.

Come forza aggiuntiva si è considerata la sola componente verticale del sisma con un valore di $q_{vert} = 1,50$. La formula che determina l'accelerazione verticale è quella espressa nel §3.2.3.2.2. L'ordinata di accelerazione verticale è data dal tratto orizzontale dello spettro, qui di seguito sono riportati i valori.

Spettro	RSL - SLV
T_R	712
ag0	0,280
F0	2,314
T^*_C	0,463
St	1,2
Ss	1,311

Fv	1,65
----	------

q =	1,50
-----	------

Spettro	RSL - SLD
T_R	75
ag0	0,126
F0	2,658
T^*_C	0,435
St	1,2
Ss	1,499

Fv	1,27
----	------

q =	1,50
-----	------

Spettro	RSL - SLO
T_R	45
ag0	0,097
F0	2,502
T^*_C	0,472
St	1,2
Ss	1,554

Fv	1,05
----	------

q =	1,50
-----	------

$$S(t) = a_g S F_v / q \quad \text{§3.2.3.2.2}$$

Sslv	0,49
------	------

Ssld	0,19
------	------

Sslo	0,13
------	------

		gam	sp	a	b
	kg	kg/mc	m	m	m
p.p basamento	36969	2500	0,65	3,50	6,50

c.p compressore	20000
-----------------	-------

Comp. SS Vert.		SLV	SLD	SLO
		0,49	0,19	0,13
p.p basamento [KG]		17946	7115	4690
c.p compressore [KG]		9709	3849	2537



	a	b	Car.SS. VERT SLV	
	m	m	[kg/mq]	[kg/cmq]
p.p basamento	3,50	6,50	789	0,079
c.p compressore	2,50	6,00	647	0,065

	a	b	Car.SS. VERT SLD	
	m	m	[kg/mq]	[kg/cmq]
p.p basamento	3,50	6,50	313	0,031
c.p compressore	2,50	6,00	257	0,026

	a	b	Car.SS. VERT SLO	
	m	m	[kg/mq]	[kg/cmq]
p.p basamento	3,50	6,50	206	0,021
c.p compressore	2,50	6,00	169	0,017

Fattore di struttura

La fondazione è una struttura non dissipativa



5. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

E' possibile definire i casi di carico scegliendo fra le dodici tipologie elencate nella tabella seguente:

	Tipo CDC	Descrizione
1	Ggk	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

TABELLA_CASI_DI_CARICO			
CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=G1k (permanente generico) COMPRE	
3	Qk	CDC=Qk (variabile generico) NEVE	
4	Qk	CDC=Qk (variabile generico) SS_V_SLV	
5	Qk	CDC=Qk (variabile generico) SS_V_SLD	
6	Qk	CDC=Qk (variabile generico) SS_V_SLO	



6. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

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

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

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

Combinazione frequente SLE

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

Combinazione quasi permanente SLE

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

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

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$A_d + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30 kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30 kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota ≤ 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I



		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

6.1 TIPO DI ANALISI EFFETTUATE

Tipo di analisi strutturale	
Analisi per carichi non sismici	SI
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (triangolare; G1 – a §7.3.3.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo; G1 – b §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. tagli di piano; G1 – c §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse; G2 – a §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (multimod; G2 – c §7.3.4.2)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO

6.2 COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	NO
SLC	NO
SLD	NO
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	NO
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 5	
6	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 6	
7	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 7	
8	SLU	SS_SLV+	
9	SLU	SS_SLV-	
10	SLU	SS_SLD+	
11	SLU	SS_SLD-	



Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
12	SLU	SS_SLO+	
13	SLU	SS_SLO-	

Si riportano di seguito, gli schemi grafici contenenti, per le parti più sollecitate della struttura, le configurazioni deformate, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione o delle componenti degli sforzi, i diagrammi di involucro associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari.

AZIONI SULLE FONDAZIONI (REAZIONI VINCOLARI)

Valori negativi indicano tensioni di compressione che nella legenda sono espresse in daN/cm²

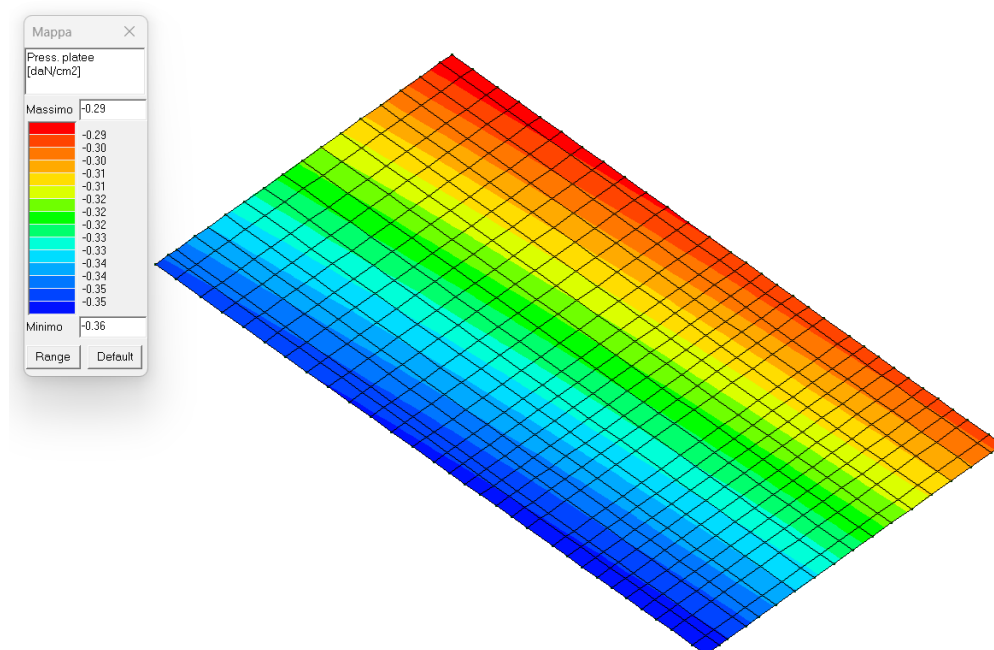


Figura 6 - - MAX Pressione totale per la combinazione 3) SLU A1

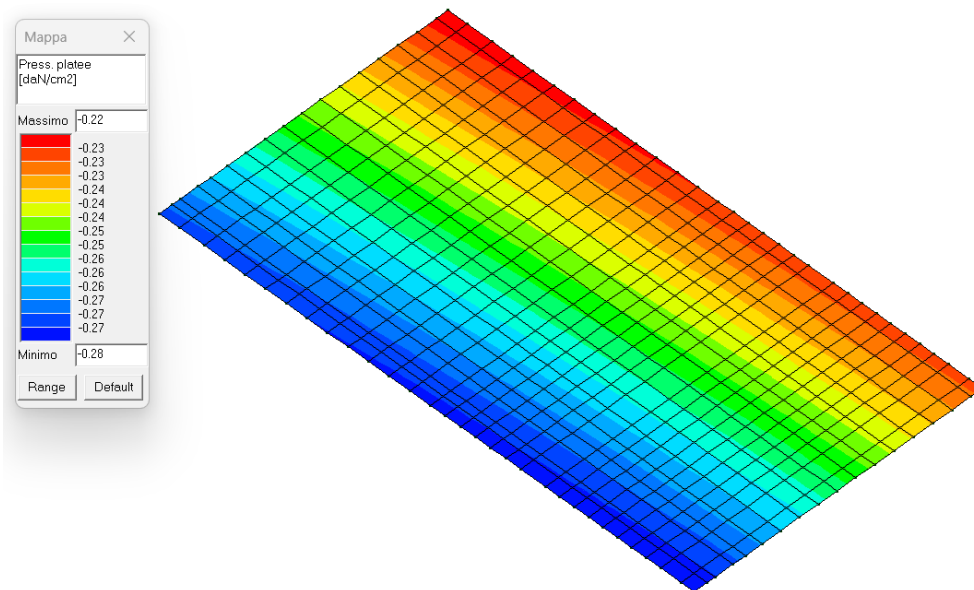


Figura 7 - MAX Pressione totale per la combinazione 5) SLE (rara)

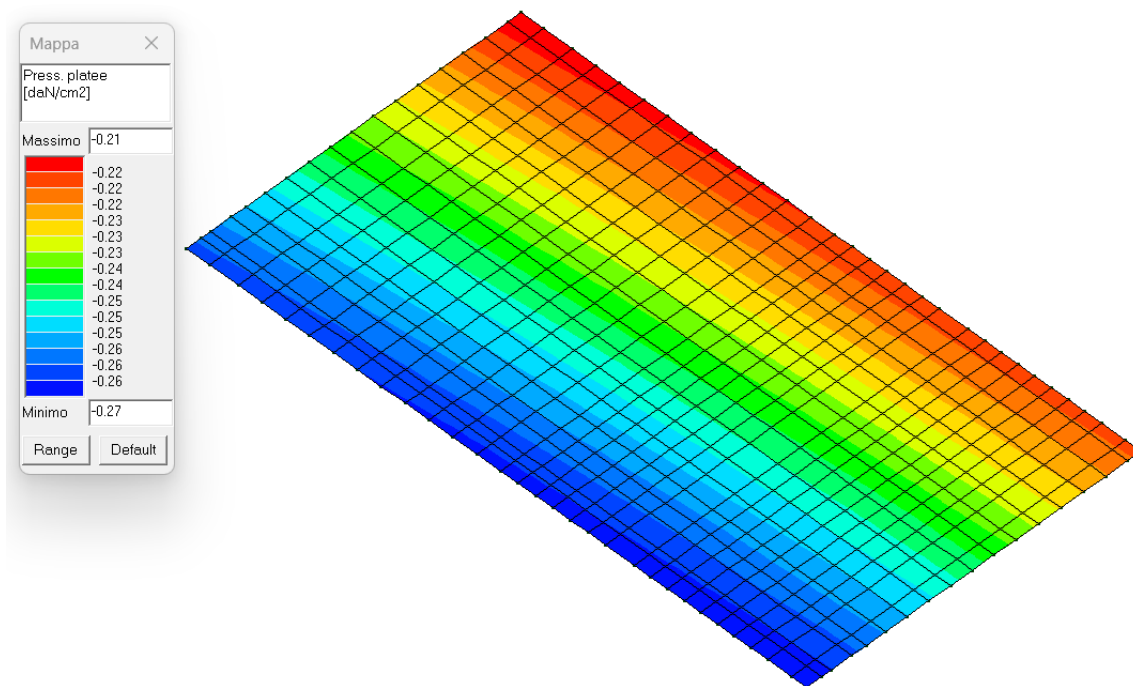


Figura 8 - - MAX Pressione totale per la combinazione 7) SLE (perm.)



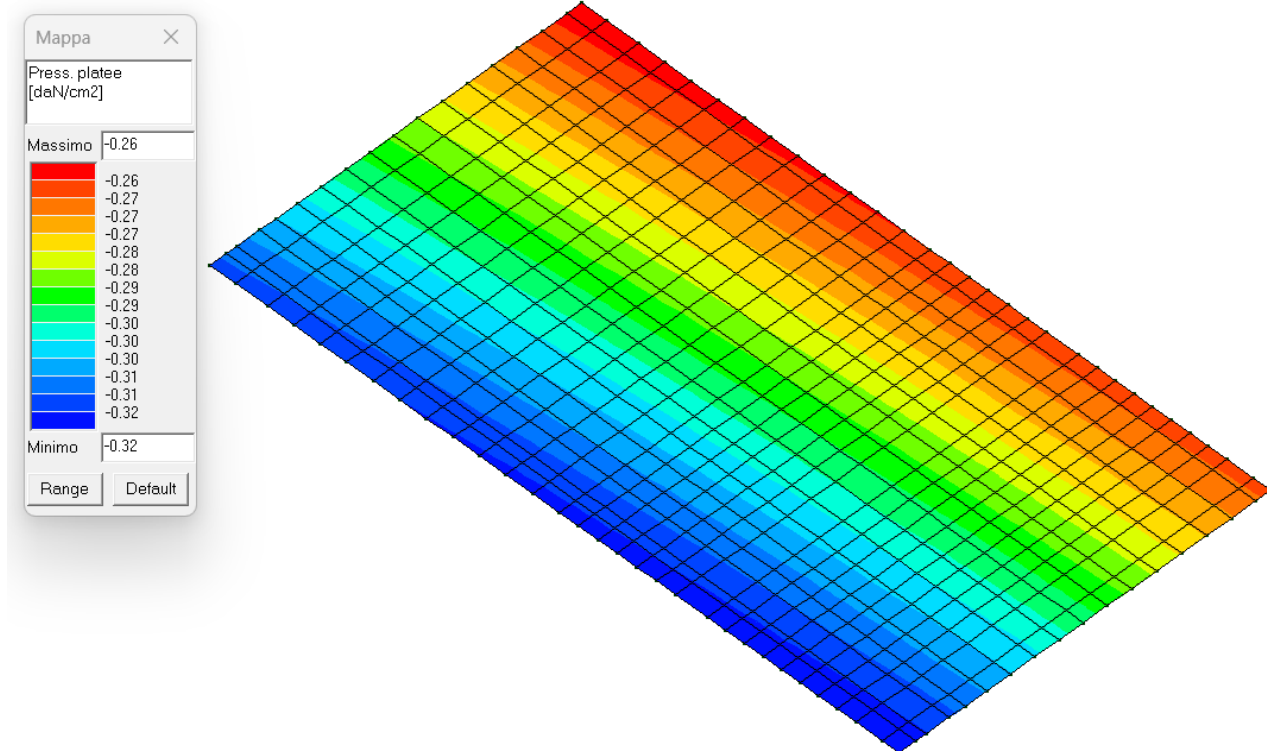


Figura 11 - Pressione totale per la combinazione 10) SLD+

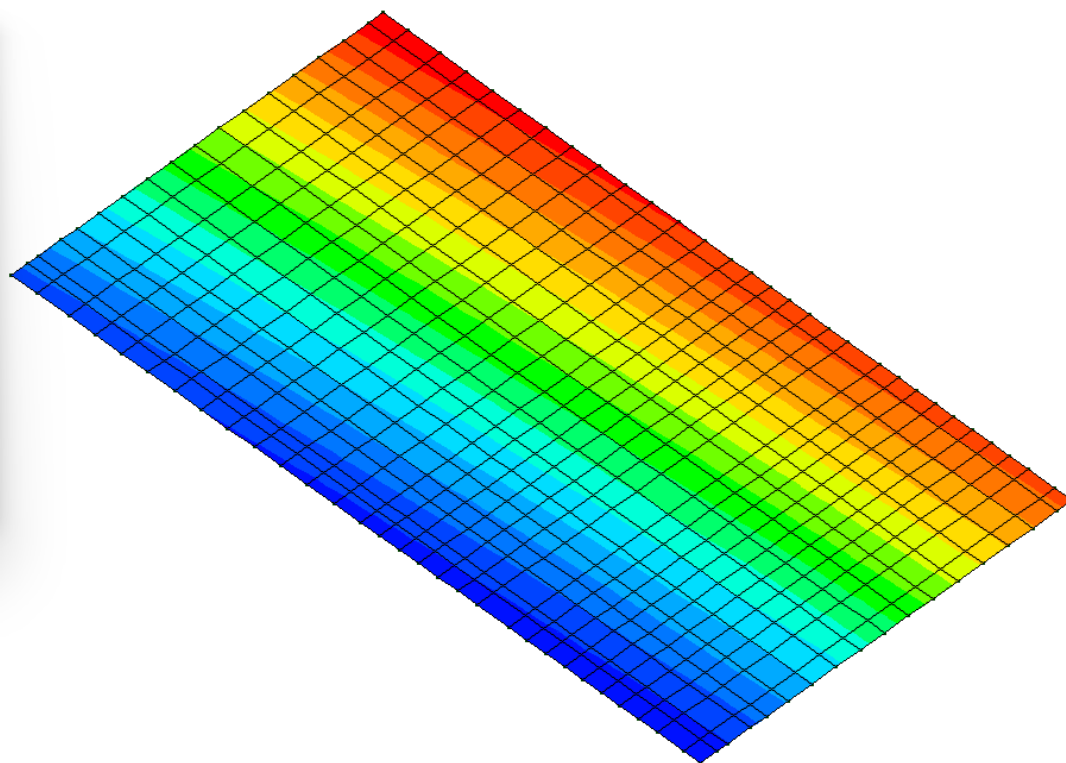
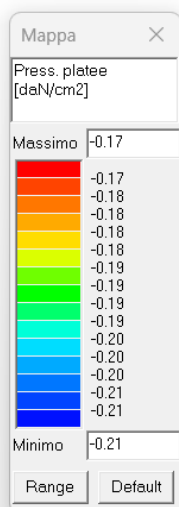


Figura 12 - Pressione totale per la combinazione 11) SLD -

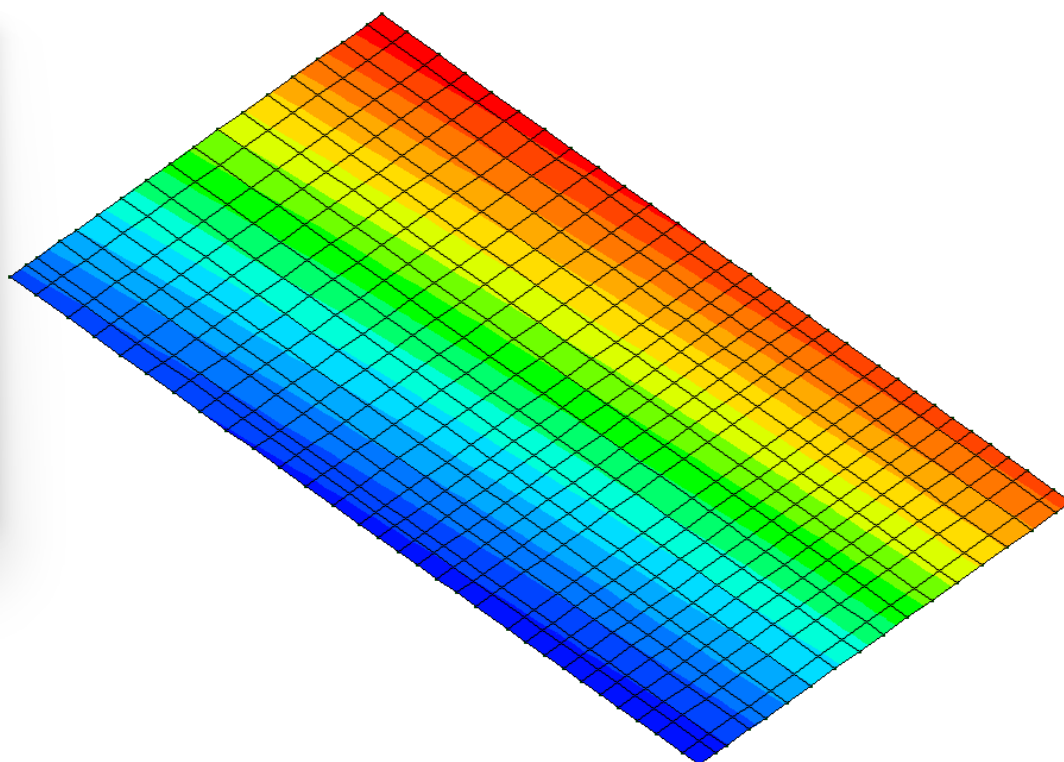
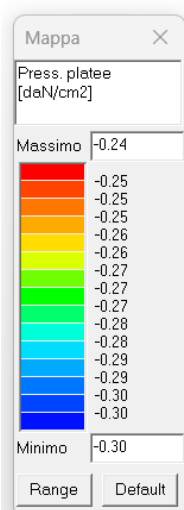




Figura 13 - Pressione totale per la combinazione 12) SLO +

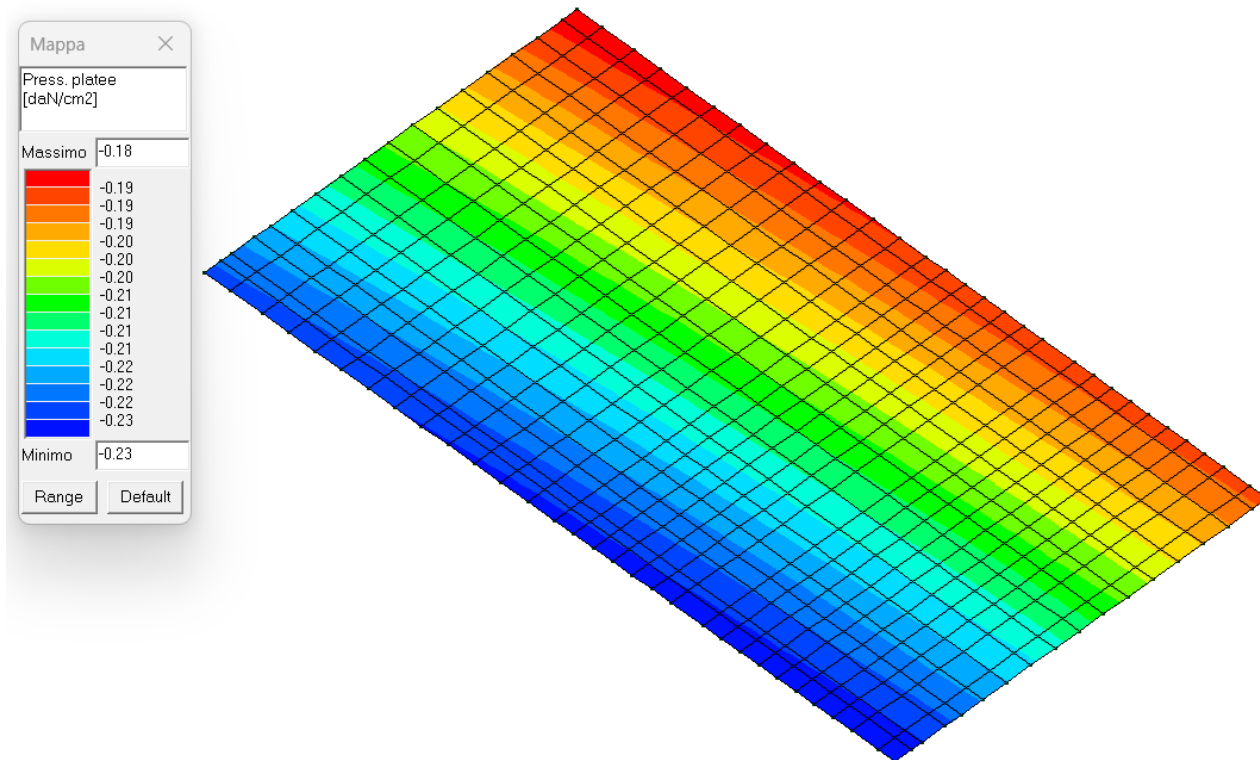


Figura 14 - Pressione totale per la combinazione 13) SLO -



DEFORMATE

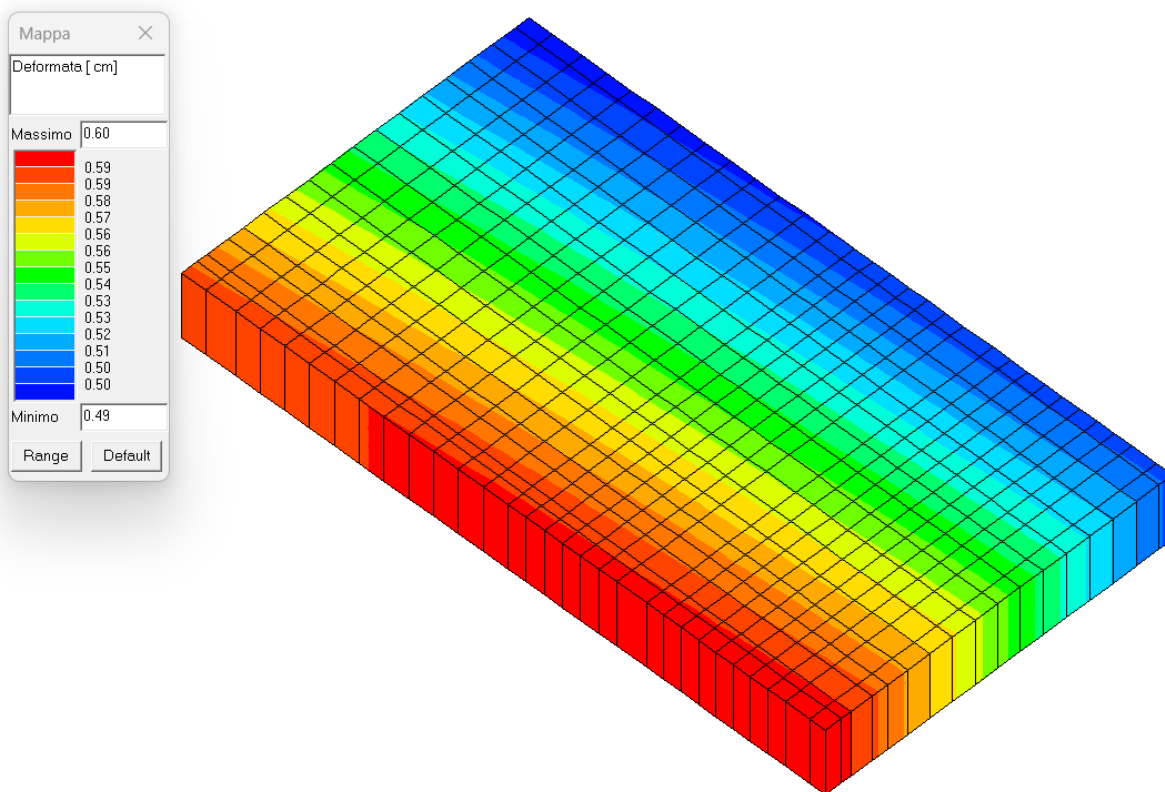


Figura 15 - MAX Deformata per la combinazione 1) SLU A1

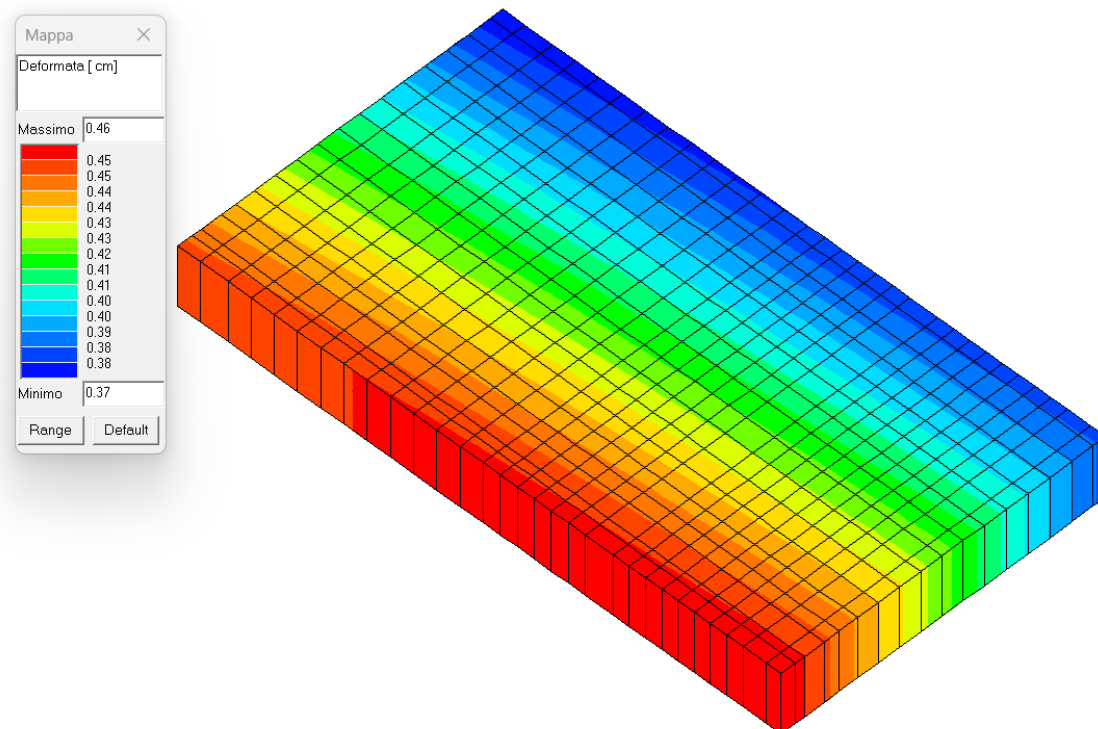


Figura 16 - MAX Deformata per la combinazione 5) SLE (rara)

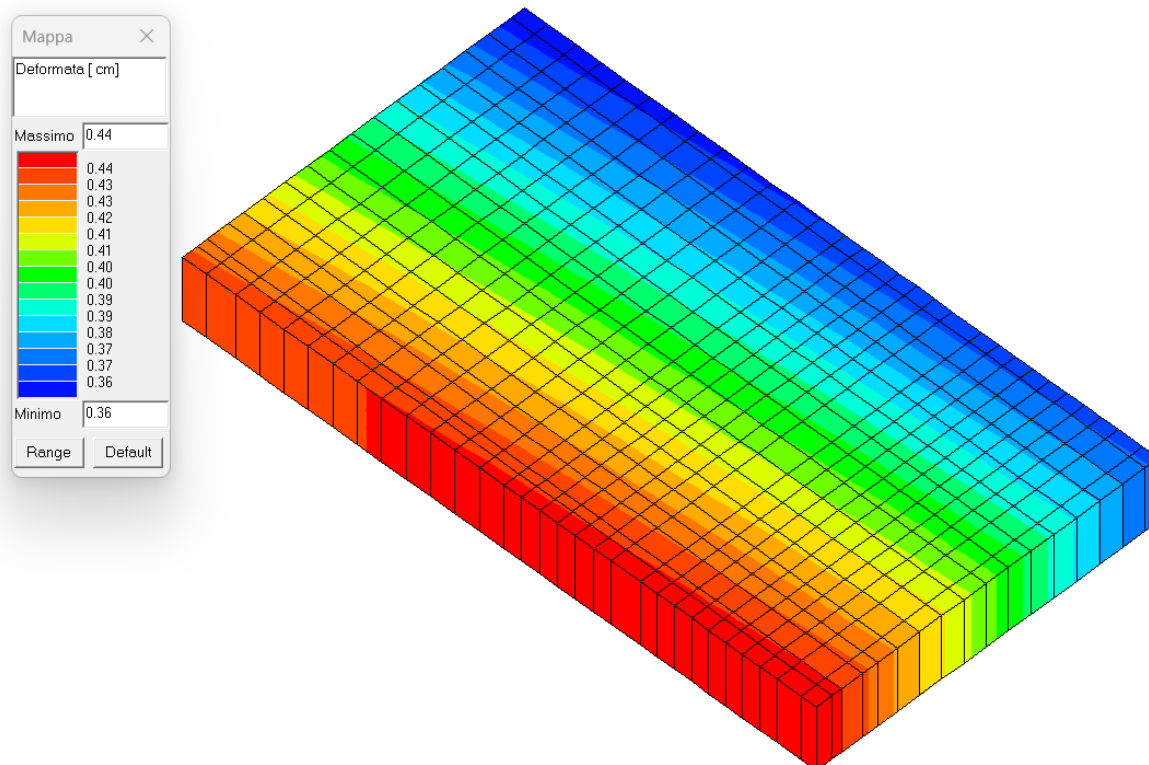


Figura 17 - MAX Deformata per la combinazione 7) SLE (perm.)



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

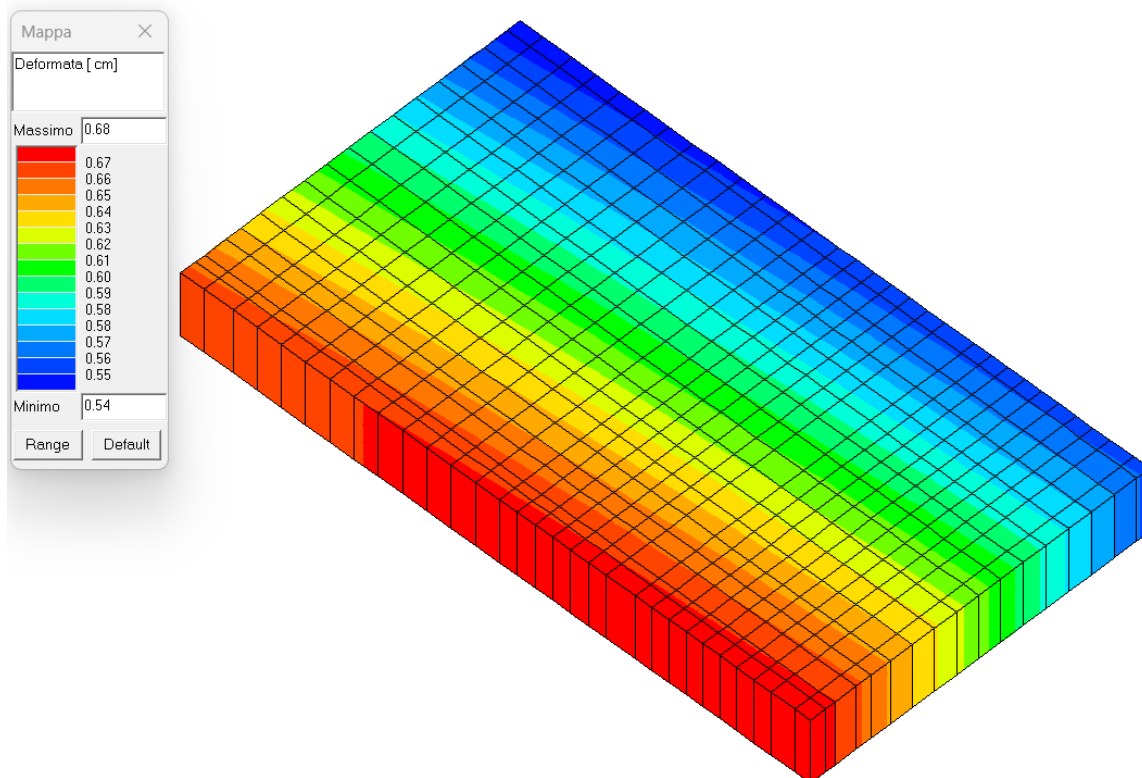
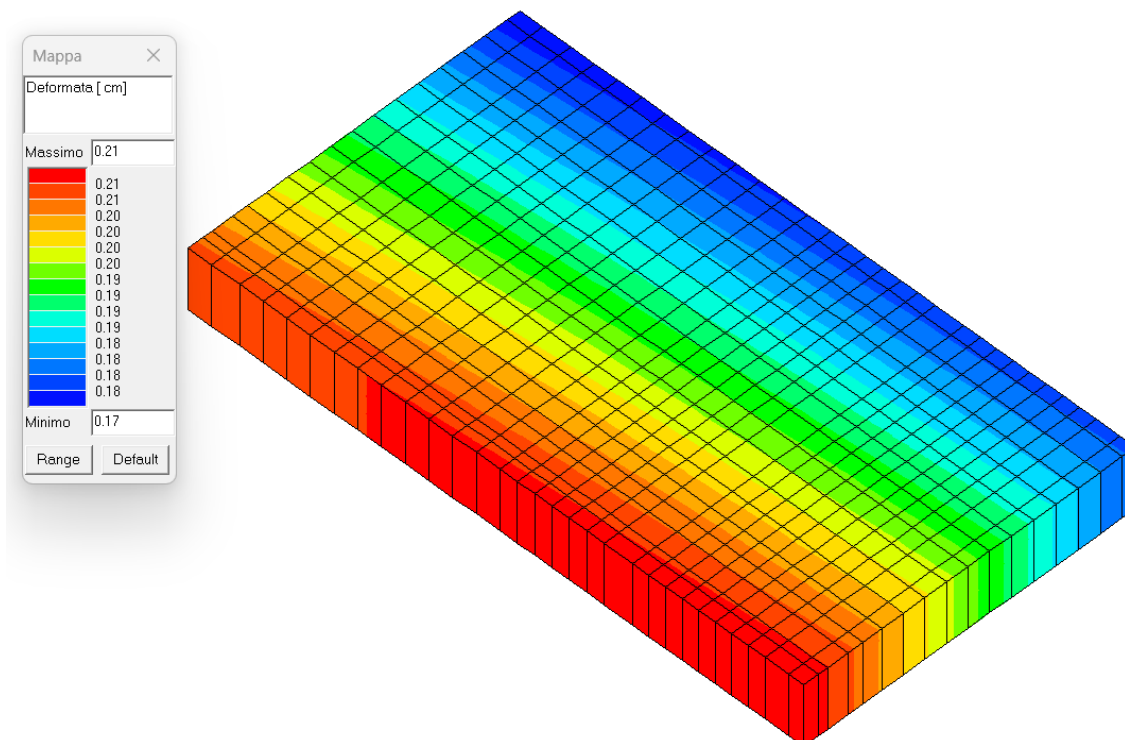


Figura 18 – Deformata per la combinazione 8) SS_SLV+



MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO

EdilAlta

Anaergia
Fueling a Sustainable World

OWAC
ENGINEERING COMPANY

**PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO**

REV. 02

Pag. 23 di 55



Figura 19 - Deformata per la combinazione 9) SS_SLV-

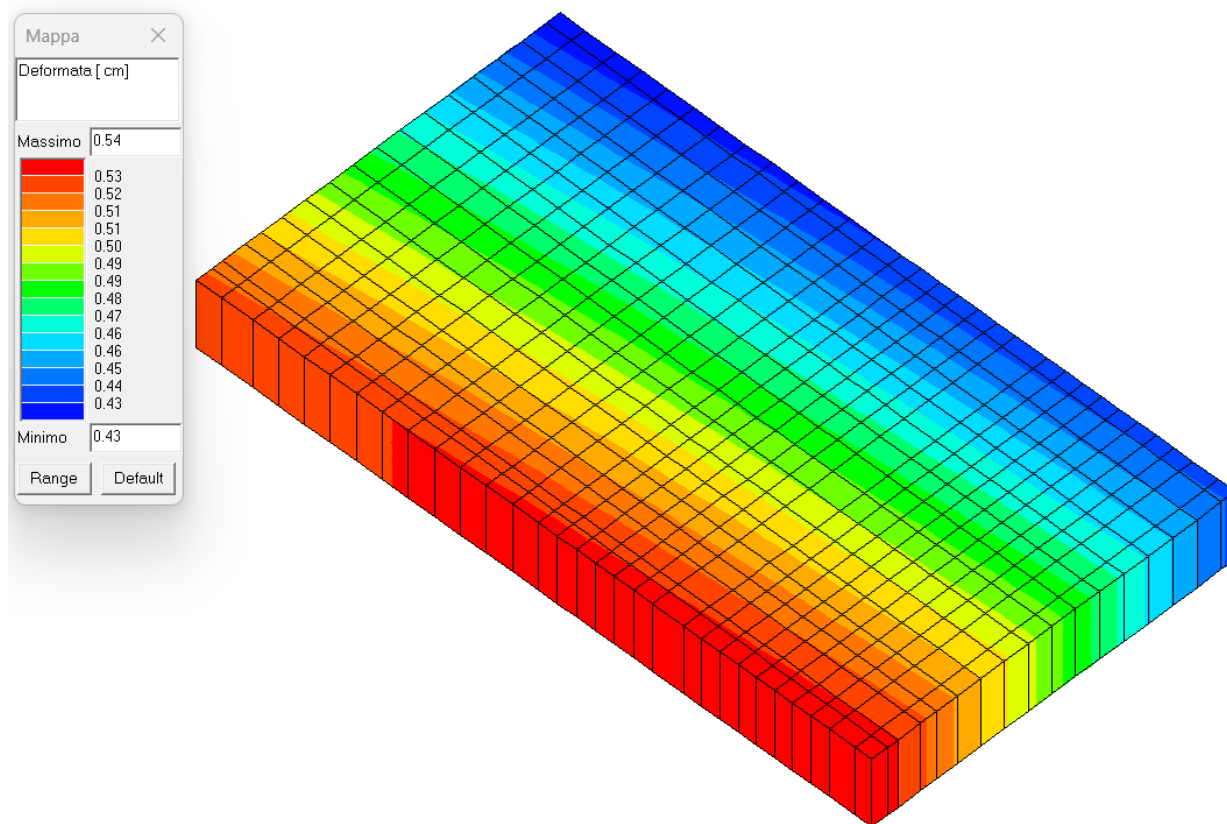


Figura 20 - Deformata per la combinazione 10) SS_SLD+

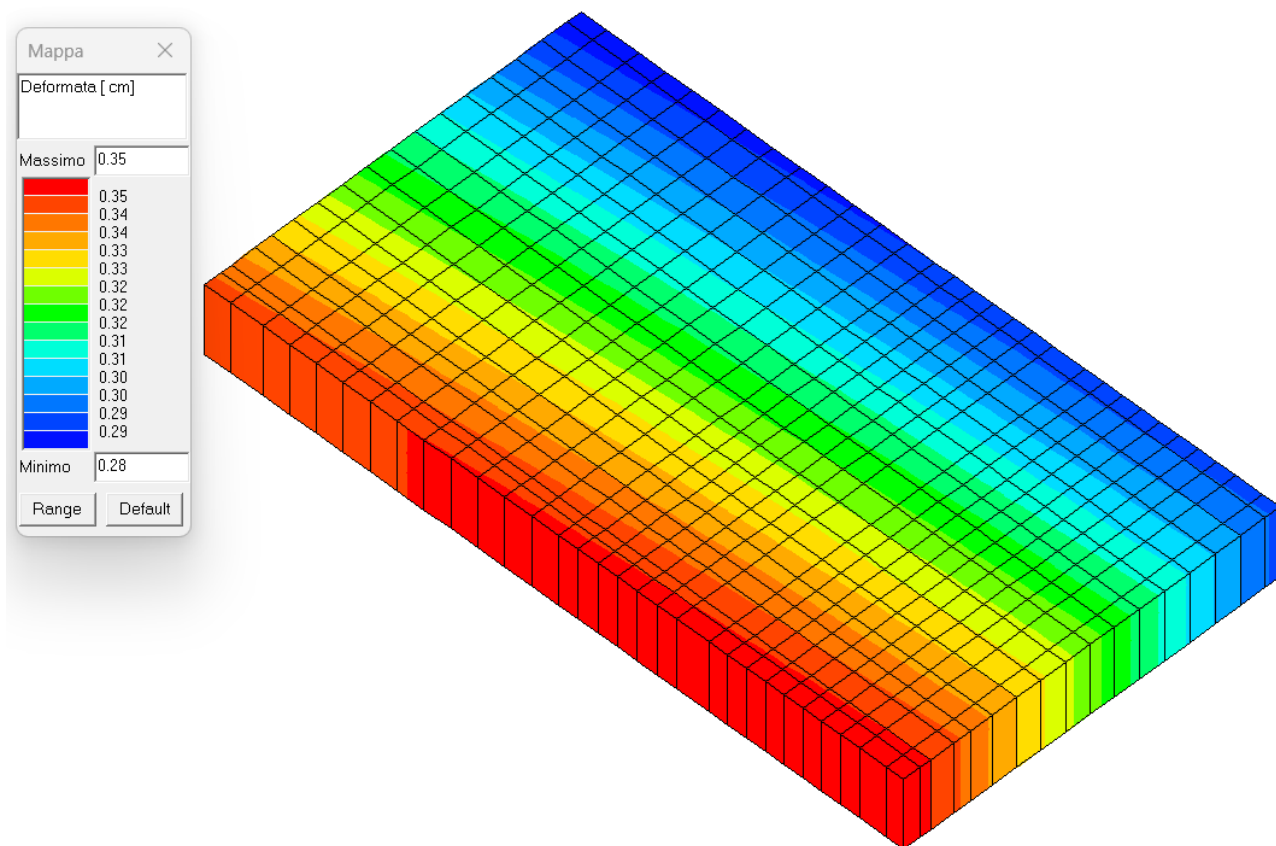


Figura 21 - Deformata per la combinazione 11) SS_SLD-

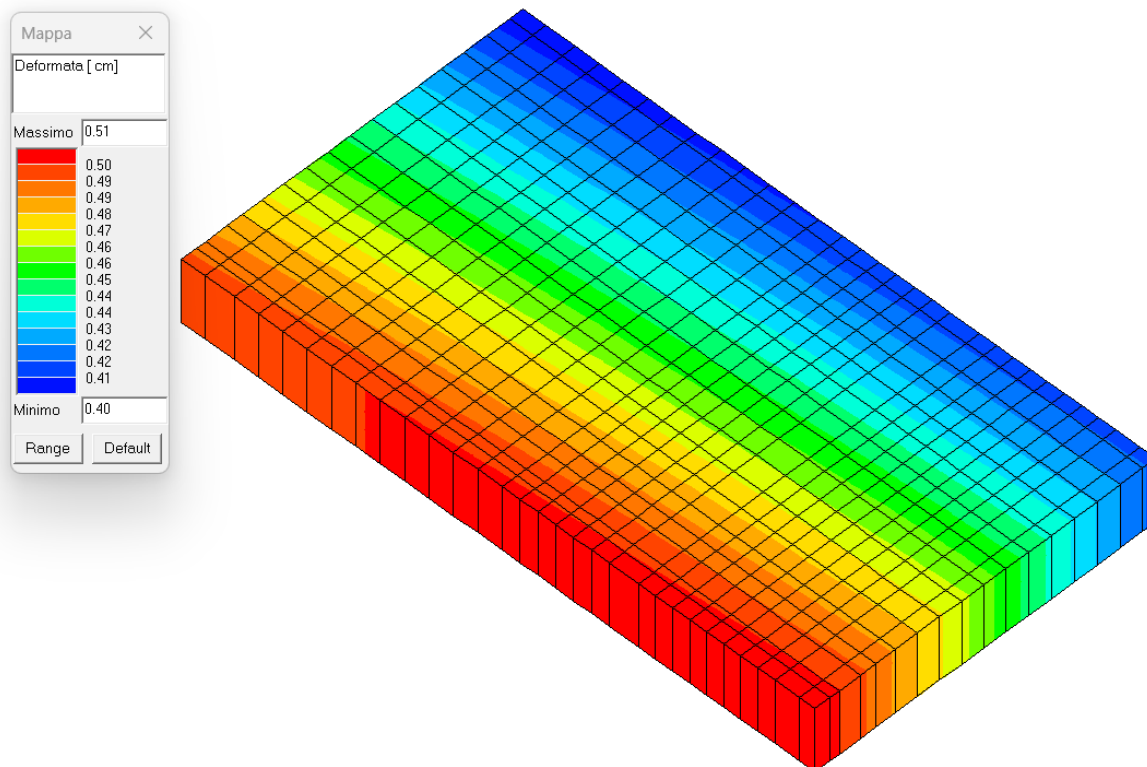


Figura 22 - Deformata per la combinazione 12) SS_SLO+

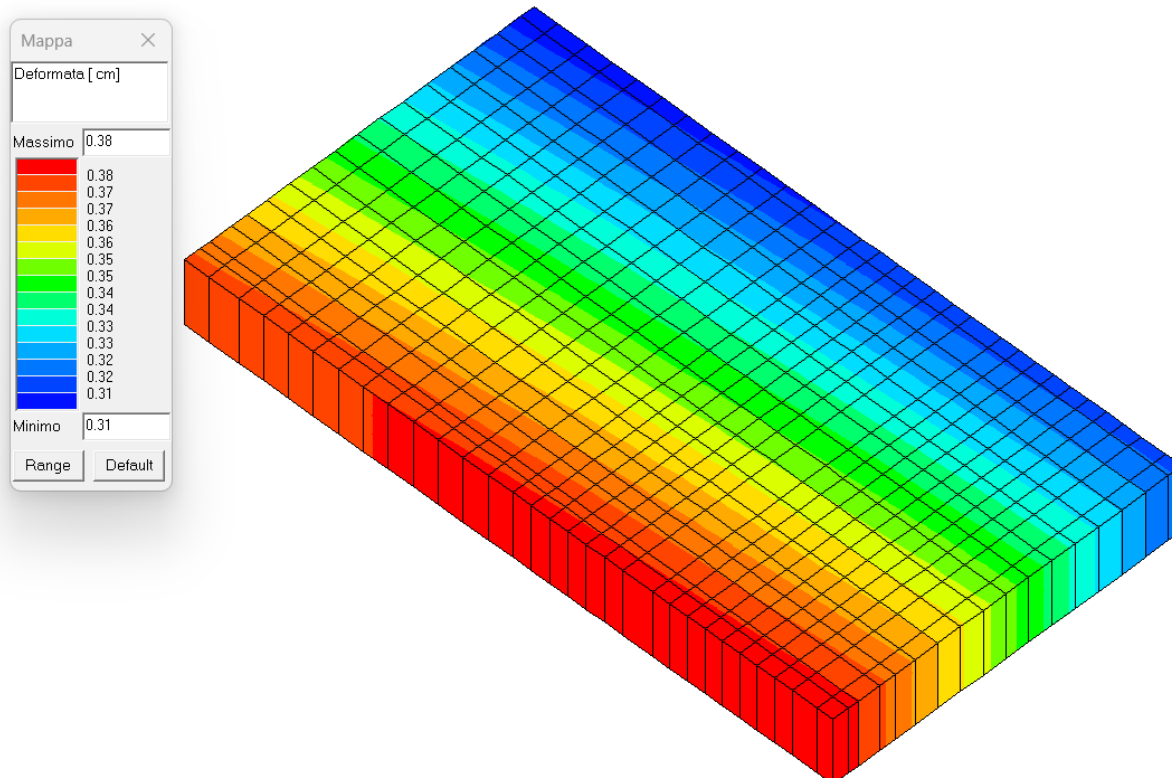


Figura 23 - Deformata per la combinazione 13) SS_SLO-



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO

EdilAlta

Anaergia
Fueling a Sustainable World

OWAC
ENGINEERING COMPANY

PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO

REV. 02

Pag. 27 di 55



7. PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 2018, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel §2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 2018;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

7.1 Verifiche di Resistenza Elementi in C.A.

Illustriamo, in dettaglio, il procedimento seguito in presenza di pressoflessione deviata (pilastri e trave di sezione generica):

- per tutte le terne M_x , M_y , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base alla formula 4.1.19 del D.M. 2018, effettuando due verifiche a pressoflessione retta con la seguente formula:

$$\left(\frac{M_{Ex}}{M_{Rx}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{Ey}}{M_{Ry}} \right)^\alpha \leq 1$$

dove:

M_{Ex} , M_{Ey} sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi di flessione X ed Y del sistema di riferimento locale;

M_{Rx} , M_{Ry} sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti allo sforzo assiale N_{Ed} valutati separatamente attorno agli assi di flessione.

L'esponente α può dedursi in funzione della geometria della sezione, della percentuale meccanica dell'armatura e della sollecitazione di sforzo normale agente.

- se per almeno una di queste terne la relazione 4.1.19 non è rispettata, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando la suddetta relazione è rispettata per tutte le terne considerate.

Sempre quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito per le travi verificate/semiprogettate a pressoflessione retta:

- per tutte le coppie M_x , N , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base all'armatura adottata;
- se per almeno una di queste coppie esso è inferiore all'unità, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando il coefficiente di sicurezza risulta maggiore o al più uguale all'unità per tutte le coppie considerate.

Per le strutture, o parti di strutture, progettate con comportamento strutturale **non dissipativo**, come il caso in esame, la capacità delle membrane soggette a flessione o pressoflessione è stato calcolato, a livello di sezione, al raggiungimento della curvatura ϕ'_{yd} di cui al § 4.1.2.3.4.2 del DM 2018, a cui corrisponde il momento resistente massimo della sezione in campo sostanzialmente elastico.

Nei "Tabulati di calcolo", per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna M_x , M_y , N , o la coppia M_x , N che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.



Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti. Successivamente si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

7.2 Verifica di punzonamento dei nodi

I nodi in c.a. sono stati verificati a punzonamento ai sensi dei §§ 6.4 e 9.4.3 dell'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1:2015). La verifica è stata eseguita nel modo illustrato nel seguito.

STEP 1: verifica dell'idoneità geometrica

In primo luogo è stato verificato che l'elemento punzonante e quello punzonato siano dimensionati correttamente. Per effettuare questo controllo viene individuato un perimetro di verifica (detto u_0) pari al perimetro utile dell'elemento punzonante (es. perimetro del pilastro) in funzione della posizione (interna, di bordo o d'angolo). Nella figura che segue vengono illustrati alcuni casi tipici.

interno	di bordo	d'angolo
$u_0 = 2 (c_1 + c_2)$	$u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2 c_1$	$u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$

Si noti che, nella tabella precedente, d rappresenta l'altezza utile dell'elemento punzonato, pari alla media delle altezze utili nelle due direzioni armate (d_y e d_z):

$$d = \frac{d_y + d_z}{2};$$

dove:

- $d_y = h - c - \frac{\Phi_y}{2}$ è l'altezza utile lungo y ;
- $d_z = h - c - \Phi_y - \frac{\Phi_z}{2}$ è l'altezza utile lungo z ;
- c è il copriferro, ovvero il ricoprimento delle armature;
- Φ_y e Φ_z sono i diametri delle barre delle armature longitudinali della soletta nelle direzioni principale e secondaria. La verifica lungo il perimetro caricato consiste nel controllare che (eq. (6.53) UNI EN 1992-1-1:2015):

$$V_{Ed,0} = \beta \cdot V_{Ed} / (u_0 \cdot d) \leq V_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd};$$

dove:

- β è un coefficiente che dipende dall'eccentricità (rapporto tra momento flettente e sforzo normale) del carico applicato all'elemento punzonante. In via semplificata, questo fattore può essere stimato in relazione alla posizione in pianta del pilastro (si veda la seguente Fig. 6.21N della UNI EN 1992-1-1:2015 e la relativa tabella);
- V_{Ed} è lo sforzo di punzonamento di progetto allo SLU;
- $v = 0,6 (1 - f_{ck}/250)$.

posizione elemento punzonante	β
interna	1,15



di bordo	1,4
d'angolo	1,5

STEP 2: Verifica lungo il perimetro critico in assenza di armature

La verifica di punzonamento si esegue normalmente in corrispondenza del perimetro critico (indicato con u_1) lungo il quale si assume che possa verificarsi, allo stato limite ultimo, la rottura a punzonamento. Il perimetro critico di pilastri in elevazione, ai sensi della UNI EN 1992-1-1:2015, è ad una distanza $2d$ dal perimetro convesso dell'elemento punzonante, eventualmente escludendo i limiti della soletta (per pilastri di bordo e d'angolo, cfr. Figg. 6.13 e 6.15 UNI EN 1992-1-1:2015):

pilastro Interno	pilastro di Bordo	pilastro d'Angolo
$u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2) + 4 \cdot \pi \cdot d$	$u_1 = c_2 + 2 \cdot c_1 + 2 \cdot \pi \cdot d$	$u_1 = c_1 + c_2 + \pi \cdot d$

Nel caso di elementi di fondazione, invece, il perimetro critico è da individuarsi in modo iterativo tra tutti quelli con il minore coefficiente di sicurezza, fino ad una distanza di $2d$ dal pilastro. Similmente a quanto avviene per gli elementi non armati a taglio con una specifica armatura trasversale (si pensi ai solai), è possibile assumere una resistenza intrinseca dell'elemento punzonato anche in assenza di armature (trattandosi di un meccanismo a taglio):

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta V_{Ed}}{u_1 d} \leq v_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \geq (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp})$$

dove:

- $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$;
- $k = \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d [mm]}}; 2 \right]$;
- $\rho_l = \sqrt{\rho_{ly} \cdot \rho_{lz}} \leq 0,02$;
- $\rho_{ly} = \frac{A_{sly}}{(c_1 + 6d)d}$ e $\rho_{lz} = \frac{A_{slz}}{(c_2 + 6d)d}$ sono le armature longitudinali nelle due direzioni che attraversano la dimensione colonna (c_1 o c_2) maggiorata di $3d$ su ciascun lato;
- $k_1 = 0,1$
- $\sigma_{cp} = \frac{\sigma_{cy} + \sigma_{cz}}{2}$ è la tensione normale media nelle direzioni y e z del piano della soletta (per esempio dovute alla precompressione);
- $\sigma_{cy} = \frac{N_{Ed,y}}{A_{cy}}$ $\sigma_{cz} = \frac{N_{Ed,z}}{A_{cz}}$;
- $v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} [MPa]$.

STEP 3: Progetto delle armature a punzonamento

Qualora non sia possibile, con il solo contributo del calcestruzzo, assorbire la totalità dello sforzo punzonante, vengono disposte delle armature a punzonamento di area totale, lungo il perimetro critico, pari ad A_{sw} . Siccome non è nota a priori la reale posizione della superficie critica di rottura a punzonamento, la norma prevede di "replicare" queste armature in modo concentrico rispettando i limiti dimensionali indicati nel prosieguo. Vengono, quindi, disposte un certo numero di "file", tutte di area totale A_{sw} e concentriche al pilastro e via via più distanti da questo. L'armatura totale a punzonamento di una fila (A_{sw}) deve essere scelta in modo tale che sia soddisfatta la seguente verifica:

$$V_{Ed,1} \leq V_{Rd,cs} = 0,75 \cdot V_{Rd,c} + 1,5 \cdot (d/s_r) A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha / (u_1 \cdot d);$$

dove:

MANDATARIA MANDANTE PROGETTISTA INDICATO



- s_r è l'interasse radiale dell'armatura a punzonamento (ovvero la distanza tra due file di armature concentriche);
- $f_{ywd,ef}$ è la tensione di snervamento di progetto efficace delle armature a punzonamento:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot d \leq f_{ywd};$$

- α è l'angolo di inclinazione dell'armatura a punzonamento con l'orizzontale.

È possibile scegliere tra due possibili tipologie di armature a punzonamento:

- 1) *cuciture verticali* (pioli o perni tipo "stud"): in questo caso, trattandosi di armature verticali, sarà possibile assumere $\alpha = 90^\circ$;
- 2) *ferri piegati*: in questo caso, la piegatura potrà avvenire con un angolo α compreso tra 30° e 45° e si potrà assumere, nel caso di un'unica fila di armature:

$$(d/s_r) = 0,67.$$

STEP 4: Dettagli esecutivi

La disposizione delle armature a punzonamento deve essere fatta seguendo i dettagli esecutivi indicati nel § 9.4.3 della UNI EN 1992-1-1:2015. In primo luogo occorrerà calcolare il perimetro u_{out} oltre il quale non sono più richieste armature. Quest'ultimo è pari a:

$$u_{out,ef} = \beta \cdot V_{Ed} / (V_{Rd,c} \cdot d).$$

I dettagli esecutivi possono essere così riassunti (cfr. Fig. 9.10 UNI EN 1992-1-1:2015):

- 1) *per cuciture verticali*: la prima fila deve partire ad una distanza compresa tra $0,3$ e $0,5 d$ dalla faccia del pilastro; le file devono essere distanziate tra loro di una quantità \leq di $0,75 d$; l'ultima fila deve essere disposta ad una distanza \leq di $1,5 d$ dal perimetro u_{out} ;
- 2) *per ferri piegati*: la prima fila deve partire ad una distanza minore di $0,5 d$ dalla faccia del pilastro; le barre possono essere disposte in pianta ad una distanza dalle facce del pilastro minore o uguale a $0,25 d$; le file devono essere distanziate tra loro di una quantità minore o uguale a $0,75 d$; l'ultima fila deve essere disposta ad una distanza minore o uguale a $1,5 d$ dal perimetro u_{out} .

Infine, l'area minima della singola armatura a punzonamento deve risultare:

$$A_{sw,l} \geq A_{sw,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}}{(1,5 \sin \alpha + \cos \alpha) (s_r s_t)};$$

dove s_t è la distanza tangenziale massima tra le armature lungo una stessa fila, pari ad almeno $1,5 d$ per file interne al perimetro u_1 e $2 d$ per file esterne al perimetro u_1 .

Fondazioni superficiali

Le metodologie, i modelli usati ed i risultati del calcolo del **carico limite** sono esposti nella relazione GEOTECNICA.

7.3 VERIFICHE SLD

Essendo la struttura di **Classe 3** sono state condotte le Verifiche allo Stato Limite di Danno come indicato al par. 7.3.6.1 del D.M. 2018, assumendo fattori parziali dei materiali γ_m pari a 1.

DETTAGLI STRUTTURALI

Il progetto delle strutture è stato condotto rispettando i dettagli strutturali previsti dal D.M. 2018, nel seguito illustrati. Il rispetto dei dettagli può essere evinto, oltreché dagli elaborati grafici, anche dalle verifiche riportate nei tabulati allegati alla presente relazione.

Travi in c.a.

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO





Le armature degli elementi trave sono state dimensionati seguendo i dettagli strutturali previsti al punto 4.1.6.1.1 del D.M. 2018:

$$A_s \geq A_{s,\min} = \max \left\{ 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d; 0,0013 b_t d \right\} \quad [\text{TR-C4-A}]$$

$$\max \{A_s; A'_s\} \leq A_{s,\max} = 0,04 A_c \quad [\text{TR-C4-B}]$$

$$A_{st} \geq A_{st,\min} = 1,5 b \text{ mm}^2 / m \quad [\text{TR-C4-C}]$$

$$p_{st} \geq p_{st,\min} = \min \{33,3 \text{ cm}; 0,8 d\} \quad [\text{TR-C4-D}]$$

$$A_{st} \geq 0,5 A_{sw} \quad [\text{TR-C4-E}]$$

$$p_{st} \geq 15 \Phi \quad [\text{TR-C4-F}]$$

dove:

- A_s e A'_s sono le aree di armature tese e compresse;
- f_{ctm} è la resistenza a trazione media del cls;
- f_{yk} è la resistenza caratteristica allo snervamento;
- b_t è la larghezza media della zona tesa della trave (pari alla larghezza della trave o dell'anima nel caso di sezioni a T);
- d è l'altezza utile della trave;
- b è lo spessore minimo dell'anima in mm;
- p_{st} è il passo delle staffe;
- A_c è l'area della sezione di cls;
- A_{st} è l'area delle staffe;
- A_{sw} è l'area totale delle armature a taglio (area delle staffe più area dei ferri piegati);
- dove Φ è il diametro delle armature longitudinali compresse.

Ai fini di un buon comportamento sismico, sono rispettate le seguenti limitazioni geometriche, ai sensi del § 7.4.6.1.1 del D.M. 2018:

$$b_t \geq b_{t,\min} = 20 \text{ cm} \quad [\text{TR-LG-A}]$$

$$b_t \leq b_{t,\max} = \min \{b_c + h_t; b_c\} \quad [\text{TR-LG-B}]$$

$$b_t/h_t \geq (b_t/h_t)_{\min} = 0,25 \quad [\text{TR-LG-C}]$$

$$L_{zc} = 1,5 h_t \text{ (CD-A)}; L_{zc} = 1,0 h_t \text{ (CD-B)} \quad [\text{TR-LG-D}]$$

dove:

- b_t e h_t sono la base e l'altezza delle travi, rispettivamente;
- b_c è la larghezza della colonna;
- L_{zc} è la larghezza della zona dissipativa.

Inoltre, per il dimensionamento delle armature, vengono rispettate le prescrizioni del § 7.4.6.2.1 del D.M. 2018, illustrate nel seguito.

Armature longitudinali

$$n_{\phi} > n_{\phi,\min} = 2 \quad [\text{TR-AL-A}]$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_{yk}} < \rho = \frac{A_s}{b h} < \rho_{\max} = \rho_{cmp} + \frac{3,5}{f_{yk}} \quad [\text{TR-AL-B}]$$

$$\rho_{cmp} \geq \rho_{cmp,\min} \quad [\text{TR-AL-C}]$$

dove:

- n_{ϕ} è il numero di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;
- $n_{\phi,\min}$ è il minimo numero possibile di barre al lembo inferiore o superiore, di diametro almeno pari a 14 mm;
- ρ è il rapporto geometrico relativo all'armatura tesa (rapporto tra le aree delle armature, A_s , e l'area della sezione rettangolare, $b \times h$);



- ρ_{cmp} è il rapporto geometrico relativo all'armatura compressa;
- $\rho_{cmp,min} = 0,25 \rho$ per zone non dissipative, oppure $\frac{1}{2} \rho$ per zone dissipative.
- f_{yk} è la resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio in MPa.

Armature trasversali

$$p_{st} \leq p_{st,max} = \min \left\{ \begin{array}{l} \left[\frac{d}{4}; 175 mm; 6\Phi_l; 24\Phi_{st} \right] (CD-A) \\ \left[\frac{d}{4}; 225 mm; 8\Phi_l; 24\Phi_{st} \right] (CD-B) \end{array} \right. \quad [TR-AT-A]$$

$$\Phi_{st} \geq \Phi_{st,min} = 6 \text{ mm} \quad [TR-AT-B]$$

dove:

- d è l'altezza utile della sezione;
- Φ_l è il diametro più piccolo delle barre longitudinali utilizzate;
- Φ_{st} è il diametro più piccolo delle armature trasversali utilizzate;
- $\Phi_{st,min}$ è il minimo diametro delle staffe da normativa.



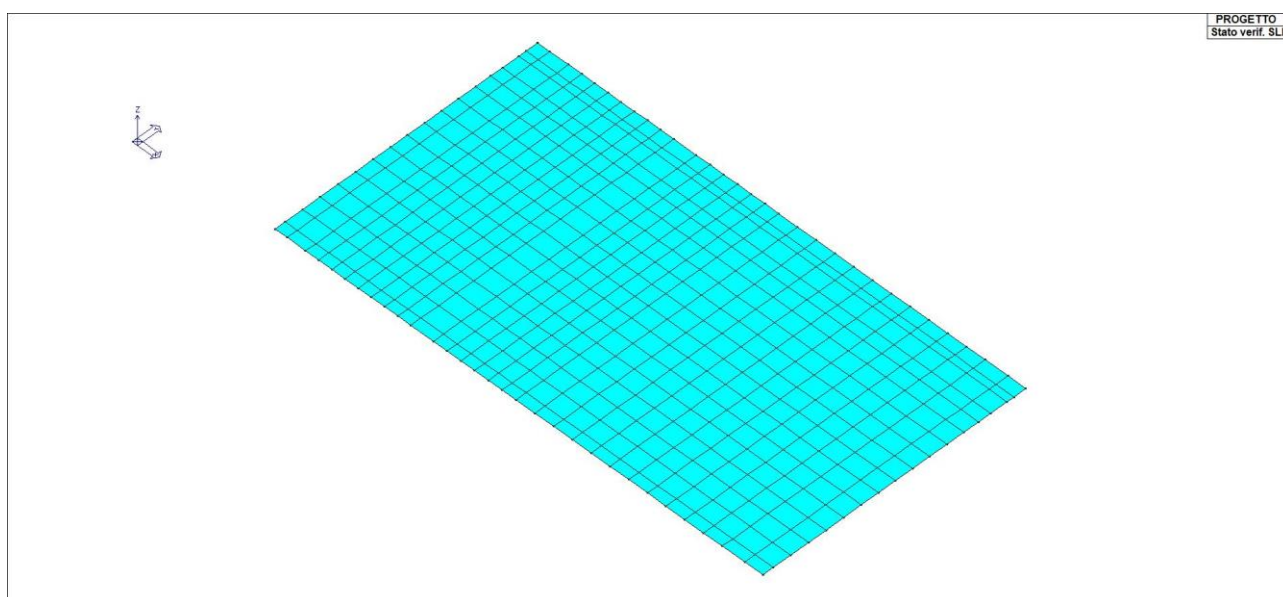
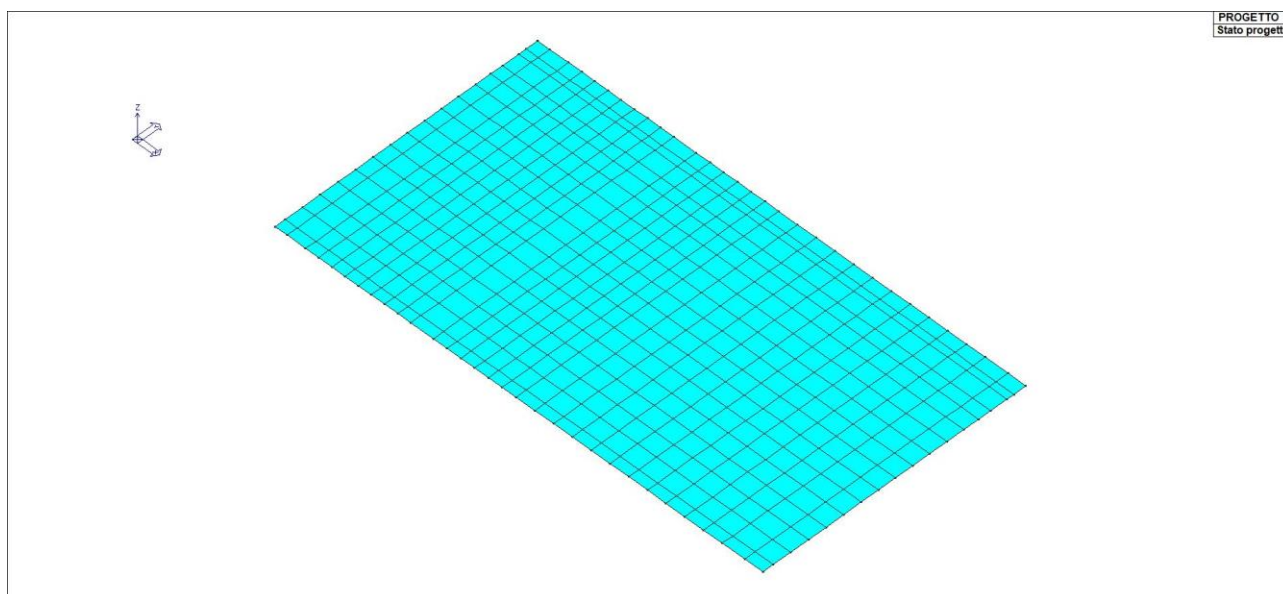
8. SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

Si riportano a seguire i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

Gli stati di progetto *ciano* o *verde* indicano che le verifiche svolte sono interamente soddisfatte, gli stati di progetto *rossi*, al contrario, indicano che le verifiche non sono soddisfatte.

Laddove possibile le verifiche sono state normalizzate. Significa che se i valori indicati in mappa sono inferiori all'unità, la verifica può ritenersi soddisfatta.

Per tutte le altre verifiche i valori riportati vanno confrontati con i valori limite indicati da Normativa.





Soletta in c.a. n. 1

Armatura diffusa:

Lato	Dir.	Diam.(mm)	Passo (cm)	L.tot.(cm)	Peso (kg)
sup.	1	Ø 20	30.0	11400.0	281.1
sup.	2	Ø 20	30.0	9724.0	239.8
inf.	1	Ø 20	30.0	11400.0	281.1
inf.	2	Ø 20	30.0	9724.0	239.8

Distanziatori Ø12, L = 168.0 cm

1/50 dir.1, 1/50 dir.2

Si riportano i principali risultati ottenuti:

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
									daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
1	ok	0.07	8.22e-05	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.3	-2.0
2	ok	0.07	2.83e-04	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-5.6	-1.1	2.1
3	ok	0.07	1.10e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-26.8	-0.1	1.9
4	ok	0.07	1.95e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-47.8	-0.2	-1.3
5	ok	0.07	2.97e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-72.8	-0.2	-1.3
6	ok	0.07	4.03e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-98.8	-0.1	-1.4
7	ok	0.07	5.09e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-124.8	-0.1	-1.5
8	ok	0.07	6.13e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-150.2	-8.86e-02	-1.5
9	ok	0.07	7.12e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-174.4	-4.37e-02	-1.5
10	ok	0.07	8.05e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-197.1	0.2	-1.6
11	ok	0.07	9.07e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-222.4	0.2	-1.9
12	ok	0.07	1.04e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-255.5	0.2	1.4
13	ok	0.07	1.10e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-269.6	-3.04e-03	-1.7
14	ok	0.07	1.16e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-285.2	4.44e-02	-1.7
15	ok	0.07	1.22e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-298.4	6.68e-02	-1.7
16	ok	0.07	1.26e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-309.0	9.47e-02	-1.7
17	ok	0.07	1.29e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-317.0	0.3	-1.7
18	ok	0.07	1.32e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-324.4	0.4	-1.9
19	ok	0.07	1.34e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-327.6	0.1	-2.0
20	ok	0.07	1.33e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-325.8	0.1	-2.0
21	ok	0.07	1.30e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-318.9	9.53e-02	-1.9
22	ok	0.07	1.25e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-306.4	8.53e-02	-1.9
23	ok	0.07	1.18e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-288.3	7.09e-02	-1.9
24	ok	0.07	1.08e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-264.2	5.12e-02	-1.9
25	ok	0.07	9.55e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-234.1	2.72e-02	-2.0
26	ok	0.07	8.08e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-198.1	2.41e-03	-2.0
27	ok	0.07	6.38e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-156.3	-1.29e-02	-2.1
28	ok	0.07	4.51e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-109.9	3.73e-02	-2.2
29	ok	0.07	2.57e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-62.5	1.32e-02	-2.4
30	ok	0.07	6.71e-04	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-16.3	0.2	1.6
31	ok	0.07	8.98e-05	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-0.2	6.89e-02	2.1
32	ok	0.07	3.75e-04	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-3.2	-8.6	1.9
33	ok	0.07	4.12e-04	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-7.8	-7.9	2.2
34	ok	0.07	1.22e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-28.2	-7.6	6.0
35	ok	0.07	2.01e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-48.4	-7.2	5.5
36	ok	0.07	3.00e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-73.3	-7.2	4.8
37	ok	0.07	4.06e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-99.3	-7.3	3.8
38	ok	0.07	5.12e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-125.4	-7.5	2.6
39	ok	0.07	6.16e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-150.9	-7.6	1.4
40	ok	0.07	7.15e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-175.3	-7.7	-0.5
41	ok	0.07	8.09e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-198.1	-7.8	-1.5
42	ok	0.07	9.16e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-224.7	-8.3	-2.7
43	ok	0.07	1.05e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-257.8	-8.4	-2.1
44	ok	0.07	1.11e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-271.3	-8.5	-3.7
45	ok	0.07	1.17e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-286.8	-8.3	-4.1
46	ok	0.07	1.22e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-300.1	-8.3	-4.6



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
47	ok	0.07	1.27e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-310.8	-8.4	-4.9
48	ok	0.07	1.30e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-318.9	-8.4	-5.2
49	ok	0.07	1.33e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-327.1	-8.8	-5.2
50	ok	0.07	1.35e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-329.6	-8.3	-5.8
51	ok	0.07	1.34e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-327.8	-8.2	-5.9
52	ok	0.07	1.31e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-320.8	-8.2	-6.1
53	ok	0.07	1.26e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-308.2	-8.1	-6.5
54	ok	0.07	1.18e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-289.9	-7.9	-7.1
55	ok	0.07	1.08e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-265.6	-7.8	-7.9
56	ok	0.07	9.62e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-235.3	-7.6	-9.0
57	ok	0.07	8.15e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-199.1	-7.4	-10.4
58	ok	0.07	6.46e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-157.4	-7.2	-12.1
59	ok	0.07	4.62e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-111.2	-7.1	-13.6
60	ok	0.07	2.81e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-65.5	-7.6	-14.4
61	ok	0.07	9.90e-04	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-17.6	-10.2	-8.9
62	ok	0.07	3.29e-04	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-4.6	-7.5	-0.8
63	ok	0.07	2.35e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-2.0	-57.6	-2.7
64	ok	0.07	2.35e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-9.5	-57.1	5.4
65	ok	0.07	2.50e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-34.7	-55.1	12.7
66	ok	0.07	2.82e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-58.2	-55.6	12.0
67	ok	0.07	3.59e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-84.2	-56.5	10.9
68	ok	0.07	4.59e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-110.8	-57.5	9.2
69	ok	0.07	5.63e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-137.3	-58.3	7.3
70	ok	0.07	6.66e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-163.0	-59.2	5.2
71	ok	0.07	7.65e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-187.5	-60.1	3.1
72	ok	0.07	8.60e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-210.5	-60.7	1.1
73	ok	0.07	9.63e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-236.0	-62.9	-2.4
74	ok	0.07	1.10e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-269.0	-63.7	-3.1
75	ok	0.07	1.16e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-283.3	-63.2	-3.8
76	ok	0.07	1.22e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-298.9	-63.8	-5.2
77	ok	0.07	1.27e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-312.1	-64.2	-6.2
78	ok	0.07	1.32e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-322.8	-64.5	-7.1
79	ok	0.07	1.35e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-331.2	-64.7	-7.7
80	ok	0.07	1.38e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-338.8	-65.6	-8.9
81	ok	0.07	1.39e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-341.5	-65.0	-9.3
82	ok	0.07	1.39e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-339.8	-64.7	-9.9
83	ok	0.07	1.36e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-332.8	-64.4	-10.8
84	ok	0.07	1.31e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-320.3	-63.8	-11.9
85	ok	0.07	1.24e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-302.1	-63.0	-13.3
86	ok	0.07	1.14e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-278.0	-62.0	-15.2
87	ok	0.07	1.02e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-247.7	-60.8	-17.5
88	ok	0.07	8.74e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-211.5	-59.3	-20.3
89	ok	0.07	7.12e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-169.8	-57.6	-23.4
90	ok	0.07	5.40e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-123.4	-55.9	-26.2
91	ok	0.07	3.85e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-75.1	-55.5	-26.7
92	ok	0.07	2.67e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-23.5	-57.4	-18.4
93	ok	0.07	2.27e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-2.6	-55.5	2.1
94	ok	0.07	5.89e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-1.2	-144.3	-2.9
95	ok	0.07	5.97e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-13.0	-145.9	7.9
96	ok	0.07	6.28e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-51.4	-151.5	16.3
97	ok	0.07	6.43e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-78.7	-154.6	15.7
98	ok	0.07	6.59e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-106.7	-157.7	14.7
99	ok	0.07	6.76e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-134.5	-160.6	12.9
100	ok	0.07	7.06e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-161.5	-163.1	10.7
101	ok	0.07	7.76e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-187.6	-165.2	8.4
102	ok	0.07	8.69e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-212.3	-167.3	6.0
103	ok	0.07	9.63e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-235.9	-169.4	3.6
104	ok	0.07	1.05e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-257.7	-171.6	1.0
105	ok	0.07	1.19e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-291.3	-173.4	0.8
106	ok	0.07	1.26e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-308.1	-174.5	-1.9
107	ok	0.07	1.32e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-323.1	-175.2	-3.6
108	ok	0.07	1.37e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-336.1	-176.0	-4.9
109	ok	0.07	1.42e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-346.8	-176.6	-6.1
110	ok	0.07	1.45e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-355.3	-177.2	-7.2
111	ok	0.07	1.48e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-361.5	-177.7	-8.8
112	ok	0.07	1.49e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-364.9	-177.2	-9.6
113	ok	0.07	1.48e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-363.4	-176.8	-10.8
114	ok	0.07	1.46e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-356.6	-176.0	-12.2

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO



PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO

REV. 02

Pag. 36 di 55



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
115	ok	0.07	1.41e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-344.4	-174.9	-14.0
116	ok	0.07	1.34e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-326.4	-173.2	-16.1
117	ok	0.07	1.24e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-302.4	-171.0	-18.6
118	ok	0.07	1.13e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-272.4	-168.1	-21.7
119	ok	0.07	9.96e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-236.3	-164.7	-25.3
120	ok	0.07	8.60e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-194.2	-160.4	-29.1
121	ok	0.07	7.50e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-146.6	-155.3	-32.7
122	ok	0.07	6.85e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-95.1	-150.4	-35.8
123	ok	0.07	5.98e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-28.8	-141.3	-24.9
124	ok	0.07	5.55e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-1.2	-136.0	1.3
125	ok	0.07	9.69e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	0.6	-237.5	-3.2
126	ok	0.07	9.92e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-19.0	-243.0	7.8
127	ok	0.07	1.05e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-68.2	-255.8	17.2
128	ok	0.07	1.08e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-100.4	-262.8	17.5
129	ok	0.07	1.10e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-131.0	-268.6	17.0
130	ok	0.07	1.12e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-160.2	-273.5	15.4
131	ok	0.07	1.14e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-188.0	-277.7	13.4
132	ok	0.07	1.16e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-214.5	-281.4	11.1
133	ok	0.07	1.17e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-239.5	-284.7	8.7
134	ok	0.07	1.18e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-263.1	-287.7	6.4
135	ok	0.07	1.20e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-286.1	-291.0	4.0
136	ok	0.07	1.30e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-318.8	-294.5	1.3
137	ok	0.07	1.37e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-334.9	-295.6	-0.7
138	ok	0.07	1.43e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-349.8	-297.0	-2.4
139	ok	0.07	1.48e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-362.7	-298.2	-4.0
140	ok	0.07	1.52e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-373.3	-299.1	-5.4
141	ok	0.07	1.56e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-381.7	-299.7	-6.7
142	ok	0.07	1.59e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-388.3	-300.6	-7.5
143	ok	0.07	1.60e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-390.7	-299.6	-10.0
144	ok	0.07	1.59e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-389.5	-299.1	-11.6
145	ok	0.07	1.57e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-383.0	-297.9	-13.5
146	ok	0.07	1.53e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-371.0	-296.1	-15.6
147	ok	0.07	1.46e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-353.3	-293.4	-18.1
148	ok	0.07	1.38e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-329.6	-289.9	-21.0
149	ok	0.07	1.30e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-299.8	-285.3	-24.4
150	ok	0.07	1.23e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-263.7	-279.6	-28.2
151	ok	0.07	1.17e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-221.1	-272.4	-32.1
152	ok	0.07	1.12e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-171.9	-263.4	-35.6
153	ok	0.07	1.07e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-116.2	-251.9	-37.7
154	ok	0.07	9.60e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-36.9	-232.1	-25.6
155	ok	0.07	9.02e-03	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	2.6	-218.7	-5.0
156	ok	0.07	1.26e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	1.1	-309.6	-3.2
157	ok	0.07	1.29e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-19.8	-316.5	7.0
158	ok	0.07	1.35e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-78.6	-330.2	14.6
159	ok	0.07	1.39e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-114.8	-338.6	16.7
160	ok	0.07	1.42e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-147.9	-346.0	16.8
161	ok	0.07	1.44e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-178.6	-352.5	15.8
162	ok	0.07	1.47e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-207.5	-358.1	14.1
163	ok	0.07	1.49e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-234.5	-363.2	12.0
164	ok	0.07	1.50e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-259.8	-367.6	9.9
165	ok	0.07	1.52e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-283.4	-371.4	7.7
166	ok	0.07	1.53e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-305.4	-374.7	5.6
167	ok	0.07	1.55e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-338.1	-379.4	2.7
168	ok	0.07	1.56e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-354.9	-381.8	1.0
169	ok	0.07	1.57e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-369.8	-383.8	-0.9
170	ok	0.07	1.58e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-382.5	-385.4	-2.6
171	ok	0.07	1.61e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-393.1	-386.5	-4.2
172	ok	0.07	1.65e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-401.5	-387.3	-5.7
173	ok	0.07	1.67e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-407.5	-387.7	-7.0
174	ok	0.07	1.69e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-410.2	-387.2	-9.1
175	ok	0.07	1.69e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-409.1	-386.4	-11.0
176	ok	0.07	1.67e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-402.8	-384.8	-13.0
177	ok	0.07	1.64e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-390.9	-382.3	-15.4
178	ok	0.07	1.61e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-373.5	-378.8	-18.0
179	ok	0.07	1.58e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-350.0	-374.0	-21.0
180	ok	0.07	1.54e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-320.3	-367.8	-24.3
181	ok	0.07	1.51e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-284.1	-360.0	-27.9
182	ok	0.07	1.46e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-240.8	-350.2	-31.5

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO



PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO

REV. 02

Pag. 37 di 55



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
183	ok	0.07	1.41e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-189.8	-337.9	-34.2
184	ok	0.07	1.34e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-128.7	-322.2	-34.5
185	ok	0.07	1.23e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-39.6	-300.2	-24.7
186	ok	0.07	1.18e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	1.8	-288.5	-4.8
187	ok	0.07	1.45e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	1.0	-356.4	3.5
188	ok	0.07	1.48e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-21.0	-363.7	7.9
189	ok	0.07	1.54e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-84.0	-377.6	14.0
190	ok	0.07	1.58e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-123.1	-386.2	15.7
191	ok	0.07	1.61e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-158.3	-394.3	15.9
192	ok	0.07	1.64e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-190.6	-401.6	15.2
193	ok	0.07	1.67e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-220.3	-408.2	13.8
194	ok	0.07	1.69e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-247.9	-414.1	12.0
195	ok	0.07	1.71e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-273.4	-419.4	10.1
196	ok	0.07	1.73e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-297.1	-424.0	8.4
197	ok	0.07	1.75e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-318.9	-428.0	6.5
198	ok	0.07	1.77e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-351.5	-433.7	3.4
199	ok	0.07	1.78e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-368.5	-436.4	1.8
200	ok	0.07	1.79e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-383.4	-438.8	6.02e-02
201	ok	0.07	1.80e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-396.1	-440.7	-1.6
202	ok	0.07	1.80e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-406.7	-442.0	-3.2
203	ok	0.07	1.81e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-414.9	-442.9	-4.8
204	ok	0.07	1.81e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-420.8	-443.4	-6.2
205	ok	0.07	1.82e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-423.5	-442.9	-8.4
206	ok	0.07	1.82e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-422.5	-441.9	-10.4
207	ok	0.07	1.82e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-416.3	-439.9	-12.6
208	ok	0.07	1.81e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-404.7	-436.9	-14.9
209	ok	0.07	1.79e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-387.4	-432.5	-17.5
210	ok	0.07	1.76e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-364.1	-426.8	-20.3
211	ok	0.07	1.73e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-334.4	-419.3	-23.3
212	ok	0.07	1.70e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-297.9	-409.8	-26.5
213	ok	0.07	1.65e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-253.8	-398.1	-29.4
214	ok	0.07	1.59e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-200.9	-383.8	-31.4
215	ok	0.07	1.51e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-136.8	-367.1	-30.7
216	ok	0.07	1.41e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-41.6	-344.2	-23.7
217	ok	0.07	1.36e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	1.8	-332.6	-5.3
218	ok	0.07	1.54e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	0.9	-378.0	3.8
219	ok	0.07	1.57e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-21.4	-385.5	9.0
220	ok	0.07	1.63e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-86.5	-399.2	14.0
221	ok	0.07	1.67e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-127.1	-407.9	15.0
222	ok	0.07	1.70e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-163.6	-416.2	14.9
223	ok	0.07	1.73e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-196.9	-423.9	14.1
224	ok	0.07	1.76e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-227.3	-431.0	12.9
225	ok	0.07	1.79e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-255.2	-437.5	11.4
226	ok	0.07	1.81e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-280.9	-443.2	9.9
227	ok	0.07	1.83e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-304.7	-448.3	8.4
228	ok	0.07	1.85e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-326.4	-452.8	6.7
229	ok	0.07	1.87e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-359.0	-459.0	3.8
230	ok	0.07	1.88e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-376.0	-462.1	2.3
231	ok	0.07	1.90e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-391.0	-464.7	0.6
232	ok	0.07	1.90e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-403.7	-466.7	-1.0
233	ok	0.07	1.91e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-414.2	-468.2	-2.5
234	ok	0.07	1.91e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-422.4	-469.1	-4.1
235	ok	0.07	1.92e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-428.2	-469.6	-5.6
236	ok	0.07	1.92e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-431.1	-469.2	-7.7
237	ok	0.07	1.92e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-430.1	-468.0	-9.8
238	ok	0.07	1.91e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-423.9	-465.8	-11.9
239	ok	0.07	1.90e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-412.4	-462.4	-14.2
240	ok	0.07	1.88e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-395.2	-457.6	-16.5
241	ok	0.07	1.86e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-371.9	-451.1	-19.0
242	ok	0.07	1.82e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-342.2	-442.8	-21.6
243	ok	0.07	1.78e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-305.5	-432.3	-24.1
244	ok	0.07	1.73e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-260.8	-419.5	-26.5
245	ok	0.07	1.67e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-206.5	-404.3	-28.2
246	ok	0.07	1.59e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-140.5	-387.0	-28.0
247	ok	0.07	1.49e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-42.6	-364.1	-23.0
248	ok	0.07	1.44e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	1.7	-352.3	-5.5
249	ok	0.07	1.54e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	0.8	-378.1	4.2
250	ok	0.07	1.57e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-21.5	-385.4	10.4

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO



PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO

REV. 02

Pag. 38 di 55



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

Nodo	Stato	x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
251	ok	0.07	1.63e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-87.0	-399.0	14.3
252	ok	0.07	1.67e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-128.0	-407.7	14.5
253	ok	0.07	1.70e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-165.1	-416.1	13.9
254	ok	0.07	1.73e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-198.7	-423.9	12.9
255	ok	0.07	1.76e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-229.4	-431.3	11.8
256	ok	0.07	1.79e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-257.5	-437.9	10.5
257	ok	0.07	1.81e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-283.4	-443.9	9.2
258	ok	0.07	1.83e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-307.2	-449.2	8.0
259	ok	0.07	1.85e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-328.9	-453.9	6.6
260	ok	0.07	1.88e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-361.5	-460.4	3.9
261	ok	0.07	1.89e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-378.6	-463.6	2.6
262	ok	0.07	1.90e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-393.6	-466.2	1.1
263	ok	0.07	1.91e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-406.3	-468.3	-0.4
264	ok	0.07	1.92e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-416.8	-469.8	-1.9
265	ok	0.07	1.92e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-425.0	-470.8	-3.4
266	ok	0.07	1.92e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-430.8	-471.3	-4.9
267	ok	0.07	1.93e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-433.7	-471.0	-7.0
268	ok	0.07	1.92e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-432.7	-469.7	-9.0
269	ok	0.07	1.92e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-426.6	-467.4	-11.1
270	ok	0.07	1.91e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-415.0	-463.8	-13.1
271	ok	0.07	1.89e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-397.9	-458.7	-15.2
272	ok	0.07	1.86e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-374.6	-452.0	-17.3
273	ok	0.07	1.82e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-344.9	-443.3	-19.3
274	ok	0.07	1.78e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-308.0	-432.3	-21.3
275	ok	0.07	1.72e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-262.9	-419.0	-23.2
276	ok	0.07	1.66e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-208.1	-403.5	-24.9
277	ok	0.07	1.58e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-141.4	-385.9	-25.3
278	ok	0.07	1.49e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-42.8	-363.0	-22.5
279	ok	0.07	1.43e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	1.4	-351.5	-6.0
280	ok	0.07	1.46e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	0.7	-358.9	4.5
281	ok	0.07	1.49e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-21.4	-365.6	11.7
282	ok	0.07	1.55e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-86.0	-379.2	14.5
283	ok	0.07	1.59e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-126.5	-388.0	13.9
284	ok	0.07	1.62e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-163.3	-396.4	12.8
285	ok	0.07	1.65e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-196.8	-404.3	11.6
286	ok	0.07	1.68e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-227.3	-411.5	10.5
287	ok	0.07	1.71e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-255.4	-418.2	9.5
288	ok	0.07	1.73e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-281.3	-424.1	8.5
289	ok	0.07	1.75e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-305.1	-429.4	7.5
290	ok	0.07	1.77e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-326.9	-434.0	6.4
291	ok	0.07	1.80e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-359.5	-440.4	4.1
292	ok	0.07	1.81e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-376.6	-443.5	2.9
293	ok	0.07	1.82e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-391.6	-446.1	1.5
294	ok	0.07	1.83e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-404.4	-448.1	0.2
295	ok	0.07	1.83e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-414.9	-449.7	-1.3
296	ok	0.07	1.84e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-423.1	-450.6	-2.7
297	ok	0.07	1.84e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-428.9	-451.2	-4.1
298	ok	0.07	1.85e-02	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-431.9	-450.8	-6.2
...														
558	ok	0.07	2.91e-04	0.0	10.5	10.5	10.5	10.5	0.0	0.0	0.0	-3.2	-0.8	-5.0
Nodo		x/d	V N/M	ver. rid	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	N x	N y	N xy	M x	M y	M xy
									0.0	0.0	0.0	-433.68	-471.30	-37.68
		0.07	0.02	0.0	10.47	10.47	10.47	10.47	0.0	0.0	0.0	2.61	0.93	17.50

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO



PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO

REV. 02

Pag. 39 di 55

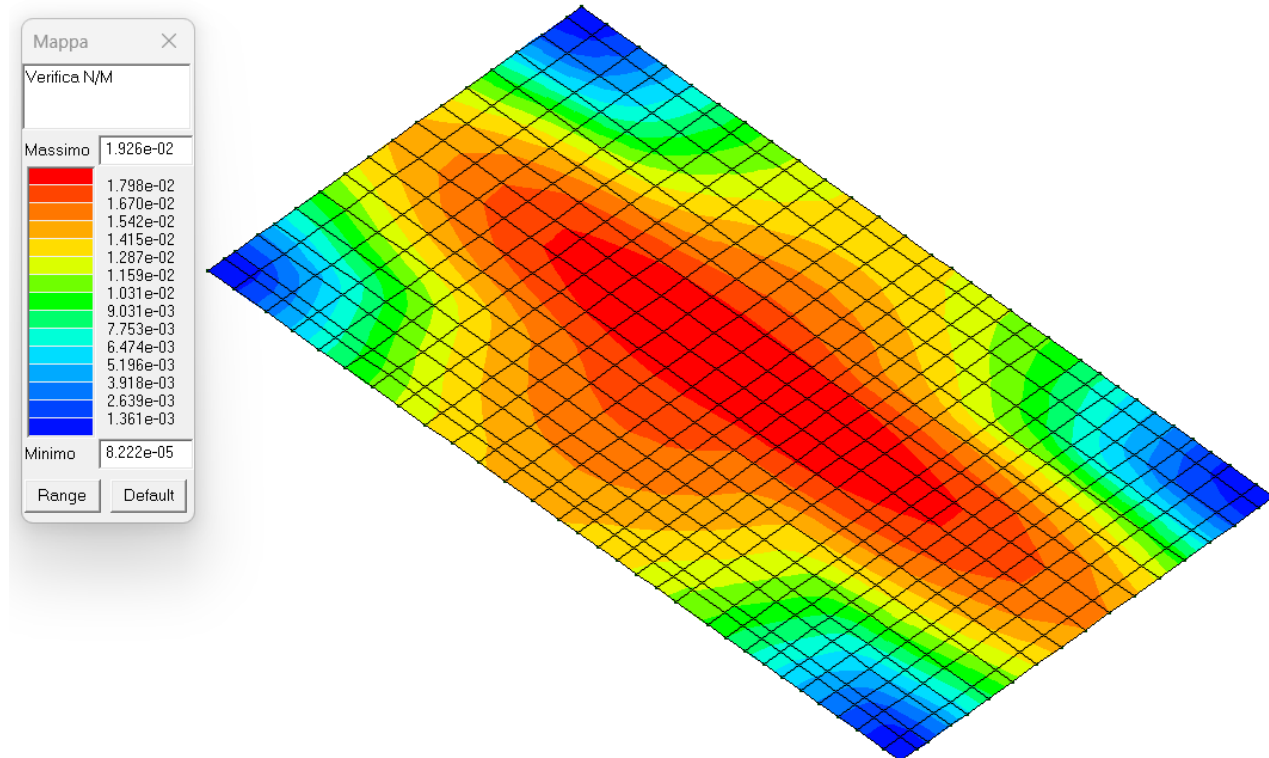
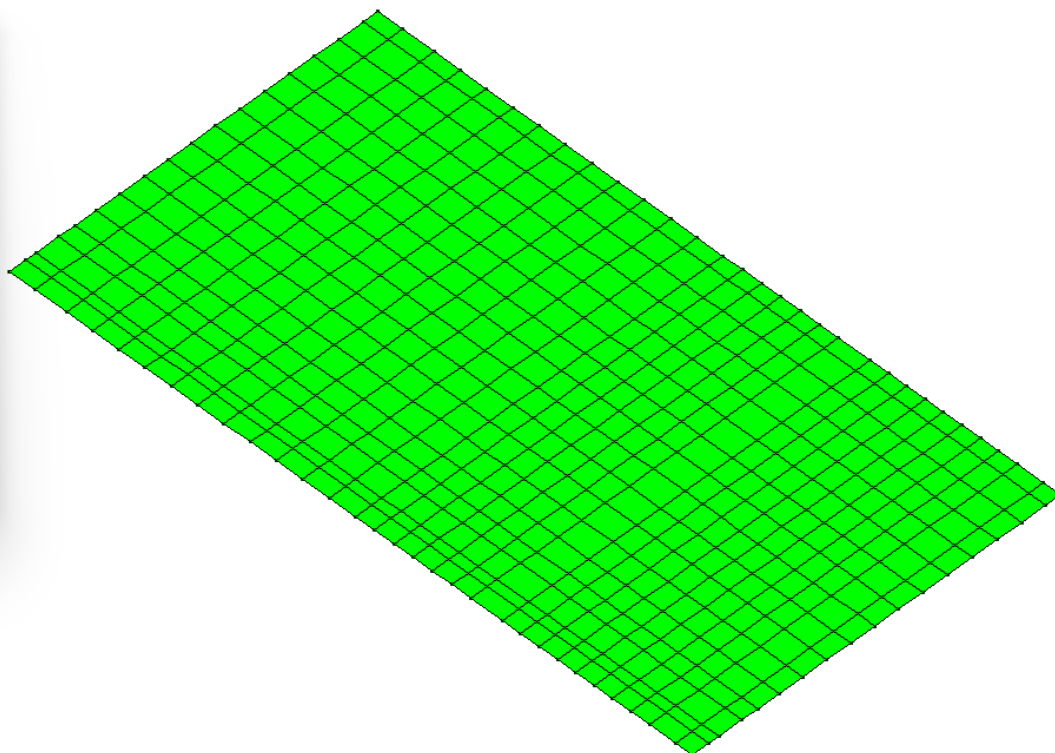


Figura 24 - SLU Verifica a pressoflessione rapporto E_d/R_d : valore minore o uguale a 1 per verifica positiva



Pag. 41 di 55



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

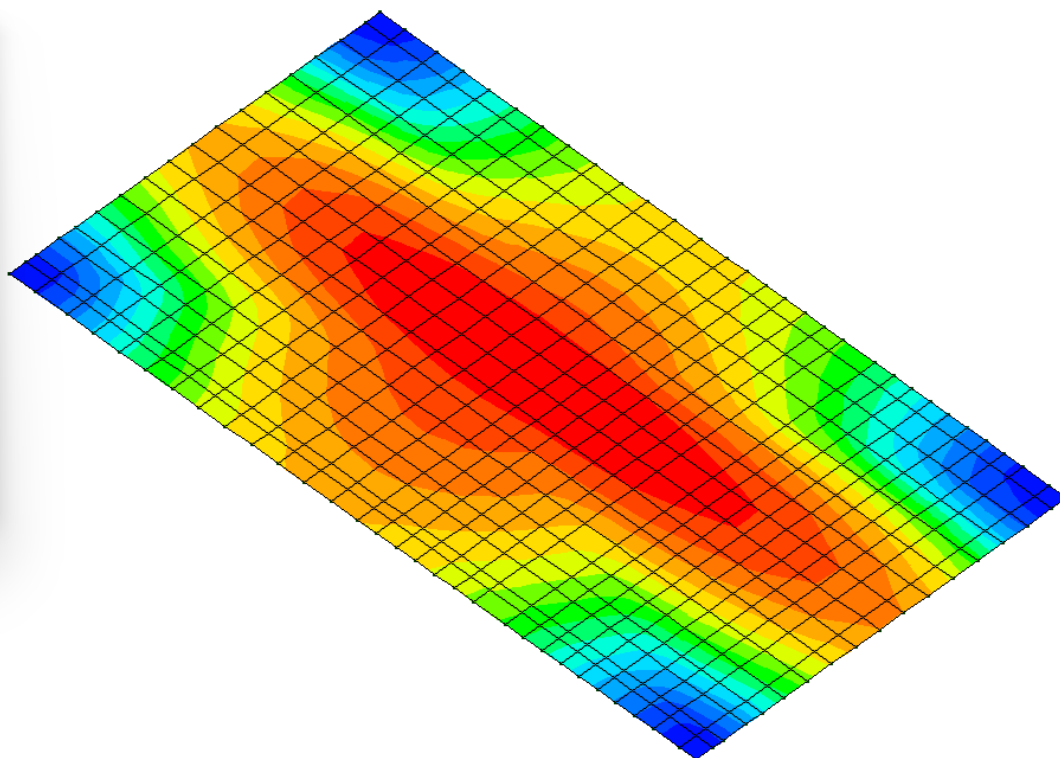
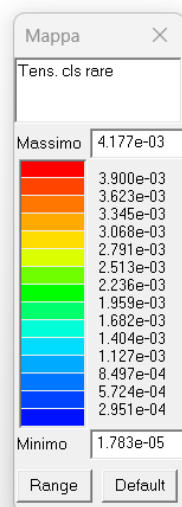
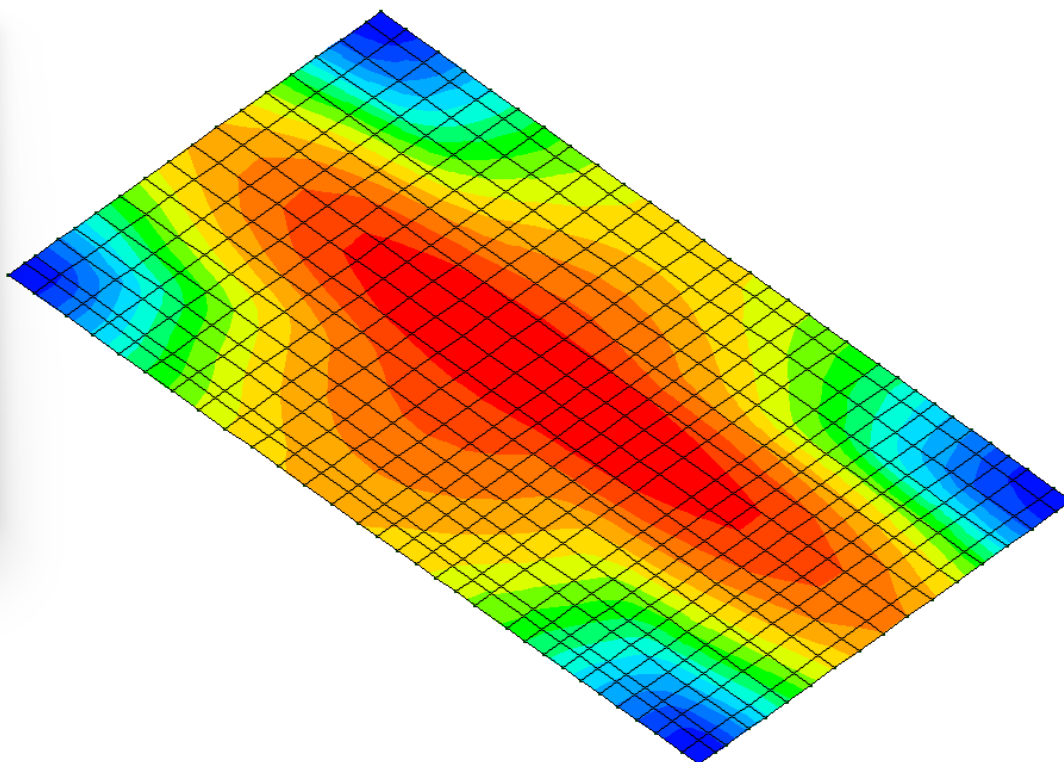
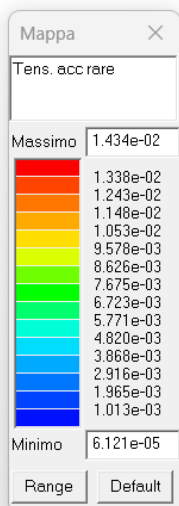


Figura 27 - SLE Tensione cls Comb. Rare: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva



MANDATARIA

EdilAlta

MANDANTE

Anaergia
Fueling a Sustainable World

PROGETTISTA INDICATO

OWAC
ENGINEERING COMPANY

**PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO**

REV. 02

Pag. 42 di 55



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004

Figura 28 - SLE tens. acciaio Comb. Rare: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva

MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO



PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO

REV. 02

Pag. 43 di 55



9. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni anormali. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.) .



Test 10 PIASTRA CON ELEMENTI PLATE E MATERIALE ORTOTROPO

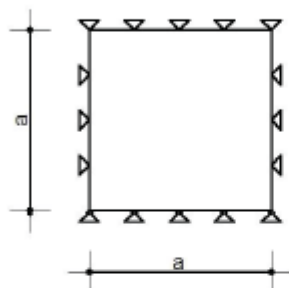
Revisione: 02
 Data: 25/07/2019
 Programma: PRO_SAP
 Versione: 2006-09-138; 2019-07-185
 Files: Mod00_T010_orto_piastra_ALGOR.PSP; Mod00_T010_orto_piastra.PSP

• Scopo:

Validazione dell'analisi di una piastra ortotropa (A).

• Descrizione test:

Si prende in considerazione una piastra di forma quadrata in materiale ortotropo con $E_2=0.1 \cdot E_1$, semplicemente appoggiata e soggetta ad una pressione uniforme p .



$p=0.1 \text{ daN/cm}^2$
 $a=500 \text{ cm}$
 $t=10 \text{ cm}$
 $E_1=312200 \text{ daN/cm}^2$
 $E_2=31220 \text{ daN/cm}^2$
 $G=139380 \text{ daN/cm}^2$
 $\nu_{12}=0.12$
 $\nu_{21}=\nu_{12} \cdot E_2/E_1=0.012$

• Tipo di confronto:

A. Cecchi, G. Milani, A. Tralli, *Validation of Analytical Multiparameter Homogenization Models for Out-of-Plane Loaded Masonry Walls by Means of the Finite Element Method*, JOURNAL OF ENGINEERING MECHANICS; sviluppo analitico delle formule riportate.

Tabella risultati:

Parametro	Soluzione teorica	Soluzione ALGOR	Differenza	Soluzione e_SAP (*)	Differenza
δ_z, max [cm]	1.3155	1.314	0.11%	1.355	3.00%
$M_{1-1, \text{max}}$ [daN-cm/cm]	1284.10	1283.66	0.03%	1301.97	1.40 %
$M_{1-2, \text{max}}$ [daN-cm/cm]	-1553.60	-1548.96	0.30%	-1662.93	7.03 %

• Commenti:

I risultati numerici sono in ottimo accordo con quelli teorici.

(*) risultati relativi alla versione corrente di e_SAP.

Allegati:

Calcoli manuali.



$$D = \frac{E_1 t^3}{12(1 - \nu_{21}^2)}; \quad \alpha = \frac{E_2}{E_1}; \quad \beta = \frac{G}{E_1}$$

$$\delta_{2, \max} = \frac{16 PL^4}{\pi^6 D} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin\left(n \frac{\pi}{2}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{2}\right)}{n \cdot m \left[m^4 + 2 \left(\nu_{21} + \frac{2\beta(\alpha - \nu_{21}^2)}{\alpha} \right) n^2 m^2 + \alpha m^4 \right]}$$

$$H_{1-1} = \frac{16 PL^2}{\pi^4} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\left(m^2 + \nu_{21} m^2 \right) \sin\left(n \frac{\pi}{2}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{2}\right)}{n \cdot m \left[m^4 + 2 \left(\nu_{21} + \frac{2\beta(\alpha - \nu_{21}^2)}{\alpha} \right) n^2 m^2 + \alpha m^4 \right]}$$

$$H_{1-2} = \frac{-32 PL^2 \beta}{\pi^4} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\left(1 - \nu_{21} \frac{2}{\alpha} \right)}{\left[m^4 + 2 \left(\nu_{21} + \frac{2\beta(\alpha - \nu_{21}^2)}{\alpha} \right) n^2 m^2 + \alpha m^4 \right]}$$

CALCOLO MANUALE FINO A CONVERGENZA DELLA
SOLUZIONE



Test 25 TENSIONI DI ELEMENTI PLATE

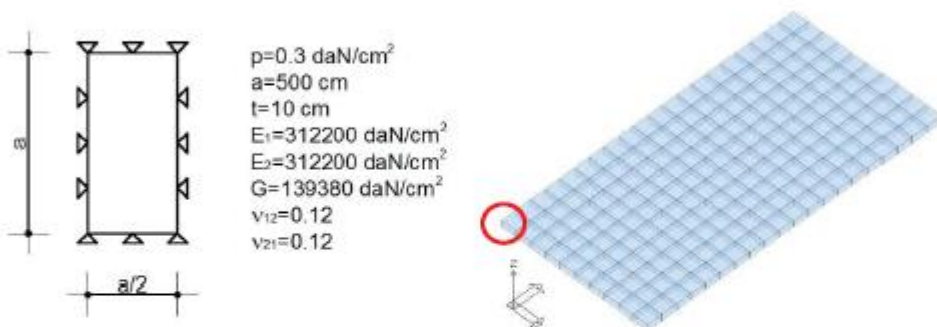
Revisione: 02
Data: 19/01/2011
Programma: PRO_SAP
Versione: 2006-09-138; 2010-05-151;
Files: Mod00_T025_tensioniD3_ALGOR.PSP; 2 Mod00_T025_tensioniD3.PSP

- **Scopo:**

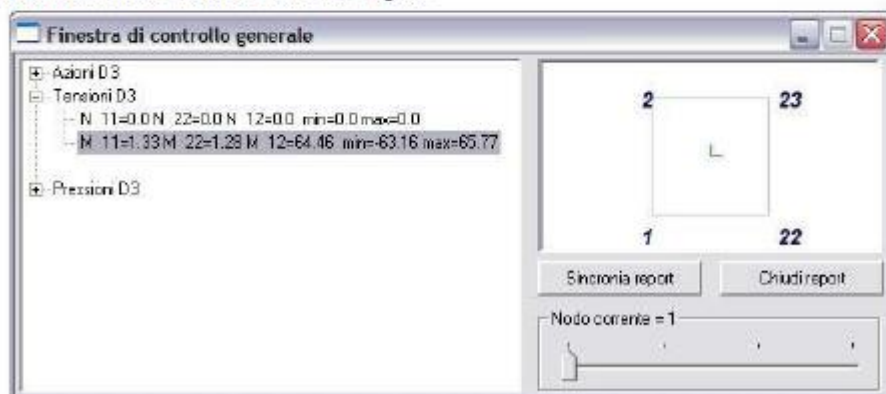
Validazione dell'utilizzo delle tensioni ottenute con elementi D3 (R).

- **Descrizione test:**

Si prende in considerazione una piastra di forma rettangolare, semplicemente appoggiata e soggetta ad una pressione uniforme p .



Sollecitazioni ottenute con ALGOR del nodo indicato in figura.



- **Tipo di confronto:**

Calcolo manuale.



• **Tabella risultati:**

Parametro	Struttura	Soluzione teorica	Soluzione ALGOR	Differenza	Soluzione e_SAP (*)	Differenza
Tensione di von Mises [daN/cm ²]	Nodo 1	111.86	111.86	0.00%	98.57	11.72%
Tensione di Tresca [daN/cm ²]	Nodo 2	128.92	128.92	0.00%	113.76	11.76%

• **Commenti:**

I risultati numerici ottenuti con ALGOR sono in perfetto accordo con quelli teorici. I risultati numerici ottenuti con e_SAP sottostimano i valori teorici di circa il 12%.

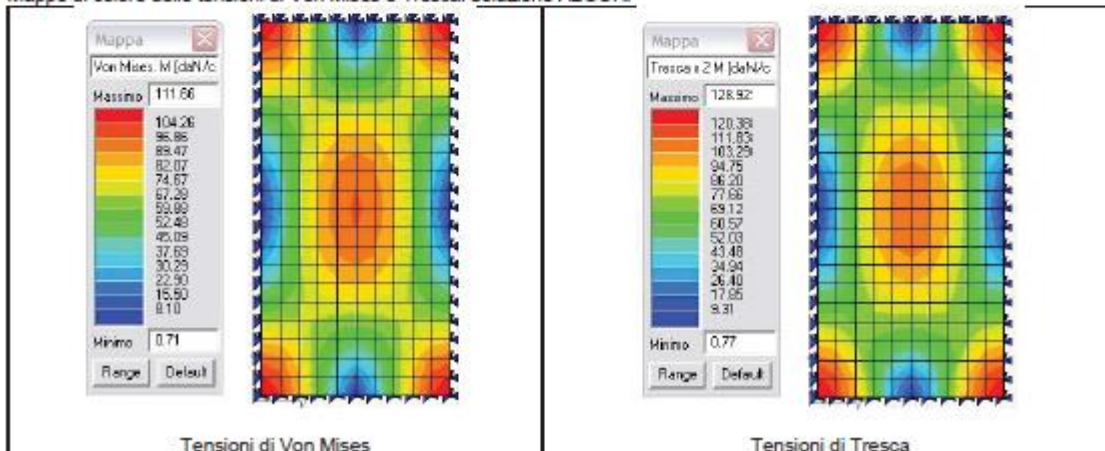
(*) risultati relativi alla versione corrente di e_SAP.

• **Allegati:**

Calcoli manuali.

$$\begin{aligned}
 G_{11} &= 1,33 \text{ daN/cm}^2 & G_{22} &= 1,28 \text{ daN/cm}^2 & G_{12} &= 64,66 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{1P} &= \frac{G_{11} + G_{22}}{2} + \sqrt{\left(\frac{G_{11} - G_{22}}{2}\right)^2 + G_{12}^2} = 65,77 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{2P} &= \frac{G_{11} + G_{22}}{2} - \sqrt{\left(\frac{G_{11} - G_{22}}{2}\right)^2 + G_{12}^2} = -63,16 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{VM} &= \sqrt{G_{11}^2 + G_{22}^2 - G_{11} \cdot G_{22} + 3G_{12}^2} = 111,66 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{Tresca} &= |G_{1P} - G_{2P}| = 128,92 \text{ daN/cm}^2
 \end{aligned}$$

Mappe di colore delle tensioni di Von Mises e Tresca: soluzione ALGOR.





10. RELAZIONE SU ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO

Allegato Certificati affidabilità e test

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO_SAP PROfessional SAP riguardante l'affidabilità del codice (D.M. 17/01/2018 - Paragrafo 10.2)

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo: PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program

Autore-Produttore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Affidabilità dei codici

- Inquadramento teorico della metodologia – PRO_SAP

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi statici.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

- Elemento tipo TRUSS (asta)*
- Elemento tipo BEAM (trave)*
- Elemento tipo MEMBRANE (membrana)*
- Elemento tipo PLATE (piastra-guscio)*
- Elemento tipo BRICK (solido)*
- Elemento tipo BOUNDARY (molla)
- Elemento tipo STIFFNESS (matrice di rigidità)

* anche non lineare

- Inquadramento teorico della metodologia – PRO_SAM

Il motore di calcolo del software, denominato SAM II, è stato sviluppato presso l'Università degli Studi di Pavia e la Fondazione EUCENTRE da G. Magenes, C.F. Manzini, P. Morandi, M. Remino e D. Bolognini. SAM II è un codice di calcolo per l'analisi statica non lineare di edifici in muratura ordinaria, muratura armata, cemento armato o misti, soggetti ad azione sismica, basato su ipotesi formulate in un metodo proposto da G. Magenes e G.M. Calvi nel 1996, di cui si è mantenuto l'acronimo S.A.M. (Seismic Analysis of Masonry walls).

PRO_SAM prevede una modellazione tridimensionale a macroelementi, nella quale la struttura portante, costituita da elementi ad asse verticale (pannelli in muratura ordinaria e/o armata, pilastri e/o pareti in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata, in acciaio, legno o altro materiale) ed elementi ad asse orizzontale (travi di accoppiamento in muratura ordinaria e/o armata, cordoli e/o travi in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata in acciaio, legno o altro materiale), viene schematizzata mediante un "telaio equivalente". Gli elementi sono posizionati spazialmente in corrispondenza dell'asse baricentrico dei corrispondenti elementi strutturali. Gli orizzontamenti possono essere gestiti come diaframmi infinitamente rigidi nel proprio piano, oppure come elementi membrana con rigidità finita oppure non rigidi.

Inquadramento teorico della metodologia – PRO_MST e PRO_STAB

L'analisi del comportamento dell'opera di sostegno e del terreno viene eseguita attraverso la definizione di un modello che comprende l'opera, il volume di terreno coinvolto e gli eventuali sovraccarichi agenti: il volume di terreno viene schematizzato utilizzando i coefficienti di spinta definiti dalle teorie di Rankine, Coulomb, Mononobe-Okabe o Wood. Vengono prese in considerazione le azioni statiche e, qualora necessario, le azioni sismiche: queste ultime sono rappresentate da forze statiche equivalenti pari al prodotto delle forze di gravità per opportuni coefficienti sismici (analisi pseudo-statica).

L'analisi viene eseguita secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complessiva fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale (eseguita tramite il solutore PCSTABL5M - Purdue University)
- Calcolo delle sollecitazioni del muro (elevazione e fondazione), progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.



Form: DicAff01 rev. n° 7 del 14/10/20228



MANDATARIA

MANDANTE

PROGETTISTA INDICATO



**PLATEA COMPRESSORE
BIOMETANOEDIFICIO RELAZIONE
DI CALCOLO**

REV. 02

Pag. 49 di 55



- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità – PRO_SAP, PRO_MST e PRO_STAB

2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita>

Nella produzione del solutore fem 2S.I. implementa componenti sviluppati da Computing Objects SARL spin-off dell'École Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:
https://www.2si.it/benchmarks_e_sap.zip

- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità – PRO_SAM

Il solutore SAM II è stato sottoposto ad una procedura di validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma del Progetto ReLUIIS (Task 10.3 -accordo quadro con il Dipartimento della Protezione Civile 2019-2021).

[Il documento è scaricabile qui.](#)

- Filtri di autodiagnostica

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni anormali.

2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.

Ing. Paolo Nagliati

2 S. I.
software e servizi
per l'ingegneria s.r.l.

Garanzia di qualità

Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001. Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute.

In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:

- la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;
- la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;
- il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.





Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2024-07-200)
Produttore- Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE (Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it
Dati utente finale:	Owac Engineering Company
Codice Utente:	Owac Engineering Company
Codice Licenza:	Licenza dsi5924

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** "Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST" disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>