REGIONE
PIEMONTE

PROVINCIA
DI CUNEO

COMUNI DELLA VAL TINELLA

Interventi per la realizzazione del sistema di collettamento e depurazione
Dei comuni della Val Tinella
CUP: J93H17000010003 CIG: 78217410DE

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE

TECNOEDIL S.p.A. Via Vivaro, 2 – 12051 ALBA (CN)
tel. +39 0173.441155 – fax + 39 0173.441104
www.egea.it – mail: tecnoedil@egea.it

PROGETTISTA

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 – 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 – fax + 39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it

Dott. Ing. Fabrizio Saglietto

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A1067 Dott. Ing. Fabrizio Saglietto

CERTIFICATORE

AUTORITÀ D'AMBITO
n° 4 CUNEESE

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	ALLEGATO
00	22/03/2021	Relazione strutturale: Platea impianto MBR	2.5.1

Protocollo	Commessa
	2019_018

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

SOMMARIO

DESCRIZIONE DELL'OPERA 3
AZIONI SULLA COSTRUZIONE 3
PESI PROPRI STRUTTURALI 3
PESI PERMANENTI 4
SPINTA IDROSTATICA (IN CASO DI ESONDAZIONE) 4
RIFERIMENTI NORMATIVI 5
MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA 5
CRITERI DI CALCOLO 6
COMBINAZIONI DEI CARICHI 7
APPLICAZIONE DEI CARICHI 8
PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI 8
PESO MACCHINARI 8
SPINTA IDROSTATICA (IN CASO DI ESONDAZIONE) DIR. X 9
SPINTA IDROSTATICA (IN CASO DI ESONDAZIONE) DIR. Y 9
ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO 10
INTRODUZIONE AL METODO DI CALCOLO 10
TIPI DI ANALISI STRUTTURALE ADOTTATE 11
INFORMAZIONI SUL CODICE DI CALCOLO 11
AFFIDABILITÀ DEI CODICI UTILIZZATI 11
INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE E GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI 12
SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI PRINCIPALI 13
PLATEA – MOMENTO FLETTENTE LONGITUDINALE 13
PLATEA – MOMENTO FLETTENTE TRASVERSALE 13
PLATEA – TENSIONE TANGENZIALE 13

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

MICROPALI – TAGLIO FX 14
MICROPALI – TAGLIO FY 14
MICROPALI – MOMENTO RX 14
MICROPALI – MOMENTO RY 15
VERIFICHE STRUTTURALI SUGLI ELEMENTI PRINCIPALI 16
STATO GLOBALE DI VERIFICA 16
PLATEA SP. 40 CM 16
MICROPALI 17
ELENCO ALLEGATI 20

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

DESCRIZIONE DELL'OPERA

La struttura oggetto della relazione consiste in una platea di nuova costruzione, realizzata presso l'impianto di depurazione di Località Molino di Neive. Tale manufatto ha pianta irregolare con dimensioni massime pari a 16,20x11,50 m e spessore pari a 0,40 m, realizzata in calcestruzzo, ed è completamente interrata con piano di posa a quota -0,40 rispetto al piano campagna e estradosso a quota piano campagna. Al di sotto della platea sono posizionati 4 micropali, ϕ22 cm e lunghezza 1200 cm, che non concorrono alla determinazione della capacità portante ma hanno funzione di ancoraggio rispetto alle azioni orizzontali generate dall'acqua in caso di esondazione del vicino Torrente Tinella.

Al di sotto del piano di fondazione è posato un getto di pulizia di spessore costante, in modo da realizzare un piano di posa adeguato alla posa della struttura.

La classe di esposizione degli elementi in calcestruzzo è pari a:

XC2: Strutture di contenimento liquidi o fondazioni, calcestruzzo armato immerso in acqua o terreno non aggressivo.

Tutti gli elementi sopra citati sono in calcestruzzo classe **C25/30**, con massimo rapporto a/c=0,60.

Il copriferro minimo degli elementi in calcestruzzo, con riferimento al §C4.1.6.1.3 della Circolare esplicativa n. 7 del 21-01-2018, è assunto pari a **4 cm**.

AZIONI SULLA COSTRUZIONE

In accordo con le vigenti normative, sono state considerate le seguenti azioni:

- pesi propri strutturali,
- pesi permanenti,
- spinta idrostatica (in caso di esondazione).

Pesi propri strutturali

- Calcestruzzo 25,00 (kN/m^3)

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Pesi permanenti

- Macchinario tipo 1 27,77 (kN/m^2)
- Macchinario tipo 2 50,00 (kN/m^2)

Spinta idrostatica (in caso di esondazione)

Si prende in considerazione l'eventualità di esondazione del Torrente Tinella, da cui deriva la seguente ipotesi di calcolo:

- Altezza d'acqua rispetto al piano campagna pari a H_{H2O}=2,00 m

L'acqua esercita una spinta idrostatica con andamento triangolare, secondo la relazione:

$S_w = \gamma_w * Z_w$

Dove:

- Z_w rappresenta la quota, intendendo con Z_w=0 il pelo libero del refluo
- γ_w indica la massa volumica dell'acqua γ_t=10 kN/m^3,

Alla profondità Z_w=-2,20 m (distanza tra asse platea e pelo libero di progetto), la spinta assume un valore pari a:

S_w = 22,00 kN/m^2

Per considerare l'azione dinamica dell'acqua in fase di esondazione, si moltiplica il valore di azione idrostatica per un coefficiente dinamico c_d=1,25. Segue che:

S_w = 8,25 kN/m

Tale azione è applicata lungo tutto i lati della platea in direzione orizzontale.

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

RIFERIMENTI NORMATIVI

Le opere in progetto ed il presente documento sono redatti in accordo alle seguenti Norme:

- **D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**
- **Eurocodice 1 - Parte 1 -** "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1 -** "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5 -** "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **UNI 11104 –** "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";

MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

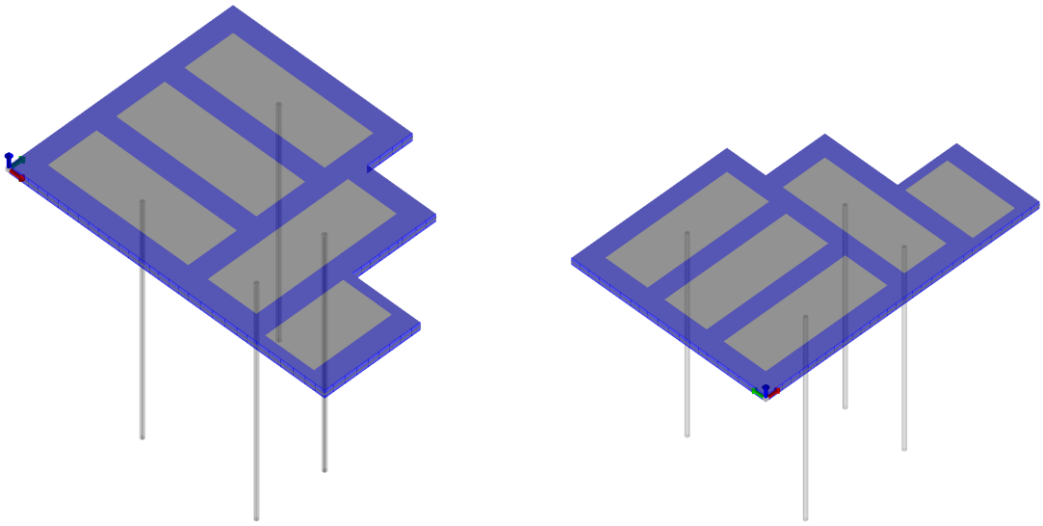
La struttura è stata modellata con il software Pro_Sap prodotto e distribuito dalla ditta 2S.I. di Ferrara. La struttura è stata modellata tramite elementi “shell” posti in corrispondenza dell’estradosso della platea di fondazione, appoggiata su un supporto elastico alla Winkler. Per i micropali si sono definite unicamente le proprietà richieste nei nodi di contatto con la platea (K di Winkler in direzione orizzontale, funzione della quota di approfondimento, mentre ignorato in direzione verticale così come ignorata la rigidezza alla punta), successivamente è stata analizzata la distribuzione delle sollecitazioni su tutta la lunghezza.

Sono stati utilizzati due modelli distinti, un primo modello per l’analisi della sola platea soggetta ai sovraccarichi verticali e per la valutazione dell’interazione struttura-terreno, un secondo modello per la determinazione delle sollecitazioni agenti sui micropali trascurando la resistenza a scorrimento offerta dalla platea (K di Winkler orizzontale =0).

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Di seguito si riportano due immagini del modello 3D (completo di micropali) utilizzato:



CRITERI DI CALCOLO

I calcoli e le verifiche strutturali sono condotti con il criterio semiprobabilistico agli stati limiti ultimi (SLU). Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
  $\gamma_{G1}*G_1 + \gamma_{G2}*G_2 + \gamma_P*P + \gamma_{Q1}*Q_{k1} + \gamma_{Q2}*\psi_{02}*Q_{k2} + \gamma_{Q3}*\psi_{03}*Q_{k3} + \ldots$
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili
  $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02}*Q_{k2} + \psi_{02}*Q_{k2} + \ldots$
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{11}*Q_{k1} + \psi_{22}*Q_{k2} + \psi_{23}*Q_{k3} + \ldots$
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{21}*Q_{k1} + \psi_{22}*Q_{k2} + \psi_{23}*Q_{k3} + \ldots$
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:
  $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21}*Q_{k1} + \psi_{22}*Q_{k2} + \ldots$

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

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

  $G_1 + G_2 + A_d + P + \psi_{21}*Q_{k1} + \psi_{22}*Q_{k2} + \ldots$

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

		γ_F	EQU	A1- STR	A2-GEO
Carichi permanenti G_1	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali G_2	favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili Q	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

COMBINAZIONI DEI CARICHI

Con riferimento al §2.5.3 delle NTC2018, i carichi agenti sulla struttura sono stati combinati in modo da massimizzare le sollecitazioni sulla struttura:

Le combinazioni dei carichi (SLU, SLE) sono riportate in maniera estesa nell'allegato 1 – Carichi e combinazioni.

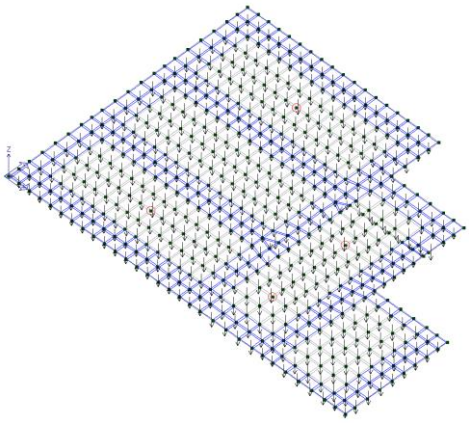
SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

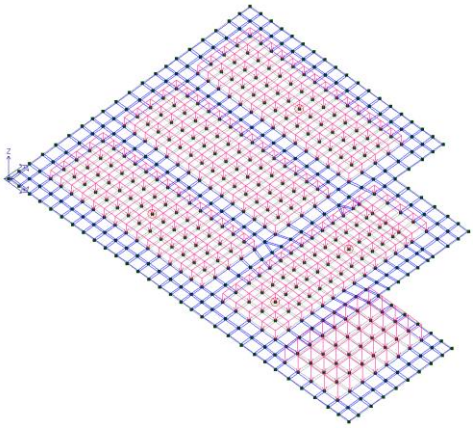
APPLICAZIONE DEI CARICHI

Il peso proprio degli elementi strutturali è invece stato preso in conto automaticamente inserendo le esatte geometrie degli elementi e il loro peso specifico.

Peso Proprio elementi strutturali



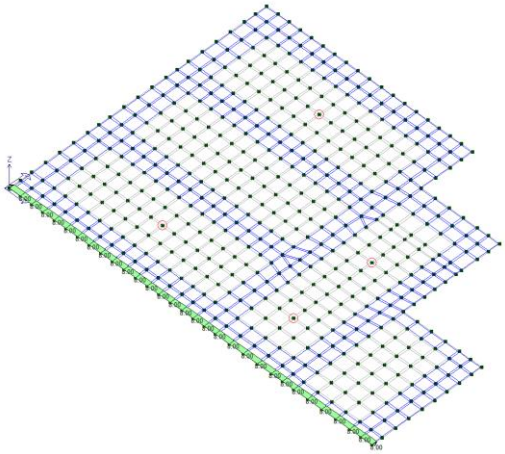
Peso macchinari



SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

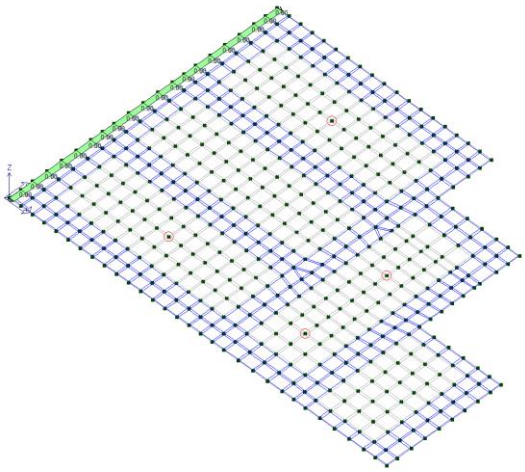
PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Spinta idrostatica (in caso di esondazione) dir. X



Si riporta solamente l'applicazione del carico in direzione X+. Analoga applicazione dei carichi è stata considerata in direzione X-.

Spinta idrostatica (in caso di esondazione) dir. Y



Si riporta solamente l'applicazione del carico in direzione Y+. Analoga applicazione dei carichi è stata considerata in direzione Y-.

I carichi sono combinati tra loro in modo da individuare le situazioni di maggior sollecitazione per gli elementi portanti. Nel seguito s'identificano e analizzano le combinazioni per le quali si raggiungono le massime sollecitazioni.

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

Introduzione al metodo di calcolo

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo 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 tensodeformativo 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:

K * u = F dove **K** = matrice di rigidezza

u = vettore spostamenti nodali

F = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad 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.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo ***TRUSS*** (biella-D2)

Elemento tipo ***BEAM*** (trave-D2)

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Elemento tipo ***MEMBRANE*** (membrana-D3)

Elemento tipo ***PLATE*** (piastra/guscio-D3)

Elemento tipo ***BOUNDARY*** (molla)

Elemento tipo ***STIFFNESS*** (matrice di rigidezza)

Elemento tipo ***BRICK*** (elemento solido)

Elemento tipo ***SOLAIO*** (macro elemento composto da più membrane)

Tipi di analisi strutturale adottate

Carichi verticali	**SI**
Pseudo-Statica lineare	NO
Statica non lineare	NO
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P-delta)	NO

Informazioni sul codice di calcolo

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Dati utente finale:	ing. Ugo Pellegrino
Codice Utente:	002910/cli
Codice Licenza:	Licenza dsi5304

Affidabilità dei codici utilizzati

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ***ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico***. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

2S.I. ha verificato 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/

Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati

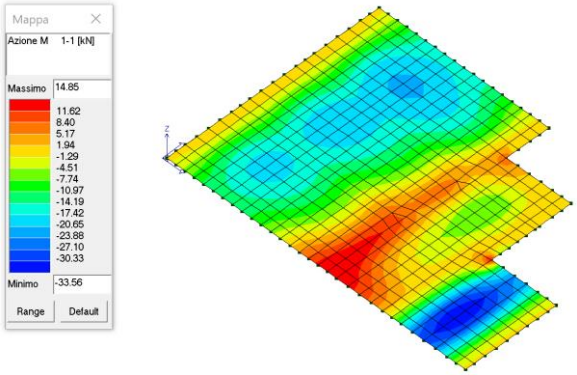
Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati 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.

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

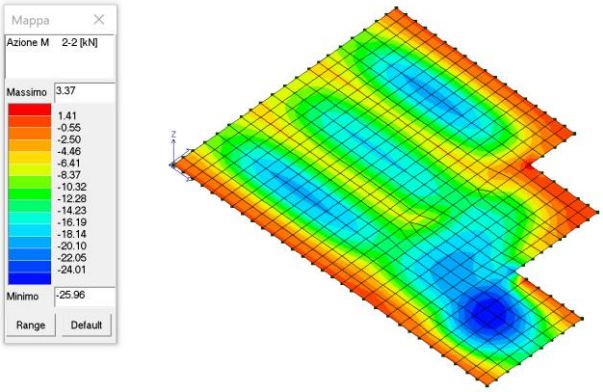
PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI PRINCIPALI

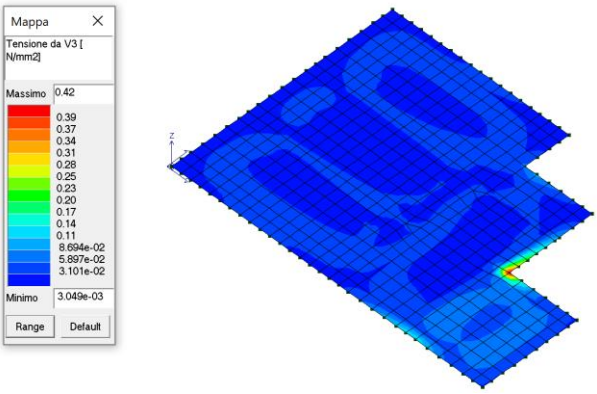
Platea – Momento flettente longitudinale



Platea – momento flettente trasversale



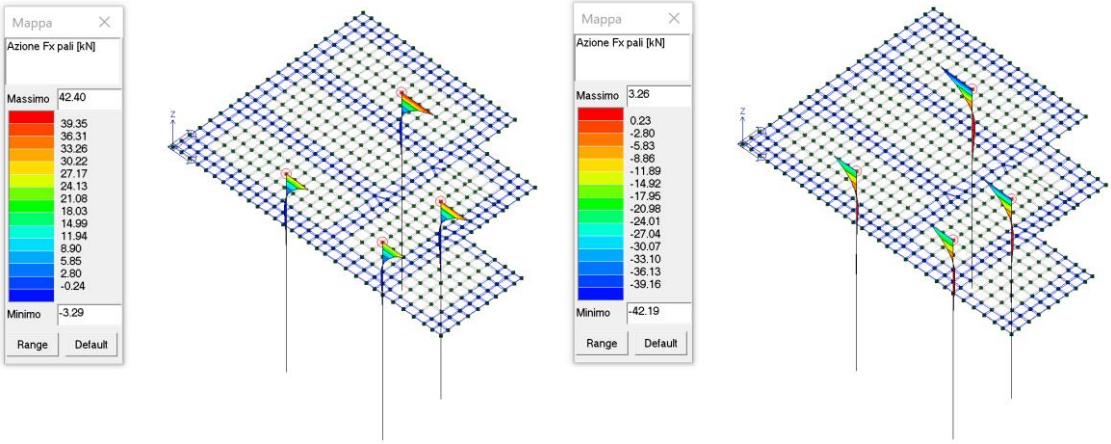
Platea – tensione tangenziale



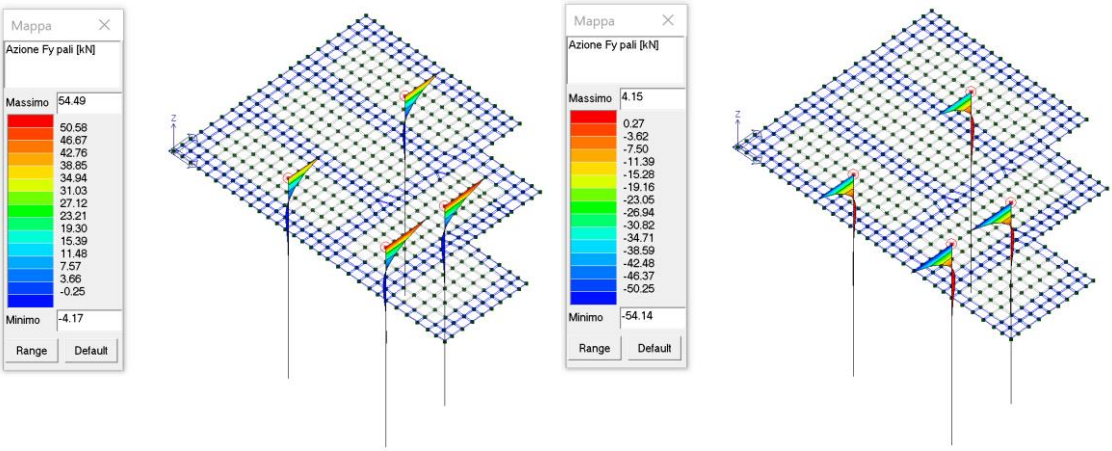
SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

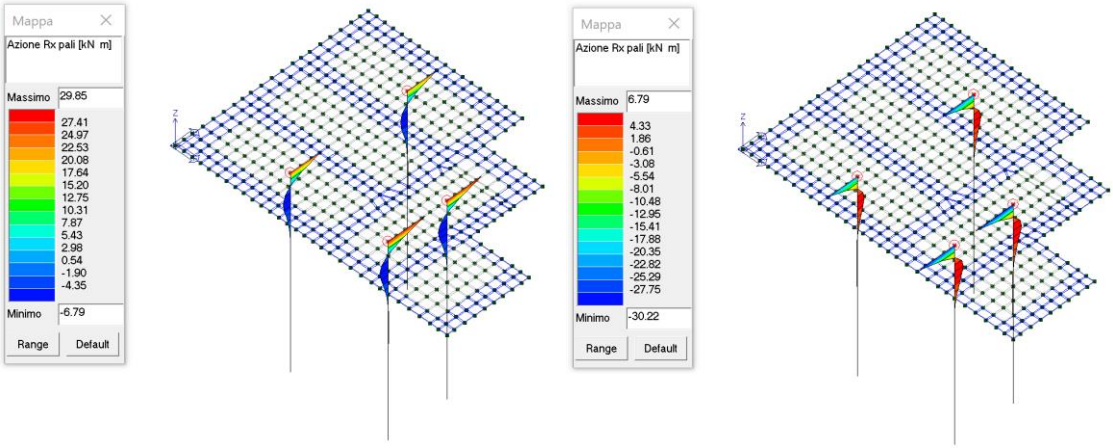
Micropali – Taglio FX



Micropali – Taglio FY



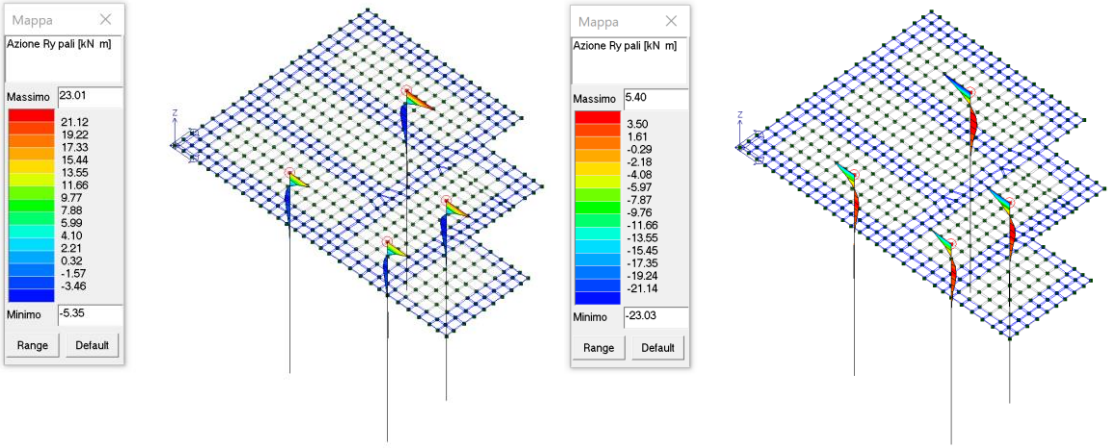
Micropali – Momento RX



SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

Micropali – Momento RY



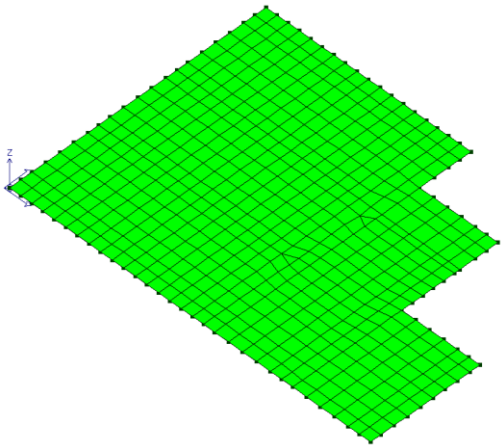
SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

VERIFICHE STRUTTURALI SUGLI ELEMENTI PRINCIPALI

Stato globale di verifica

Il software esegue tutte le verifiche di sicurezza sia agli SLU sia agli SLE sia per gli elementi in calcestruzzo, con riferimento alle Norme Tecniche vigenti, e riporta una mappa di colore nella quale sono evidenziati gli elementi non verificati con colorazione rossa, viceversa con colorazione verde o azzurra:



Segue che ogni elemento del modello di calcolo supera le verifiche cui è sottoposto: di seguito si riportano tali verifiche in dettaglio.

Platea sp. 40 cm

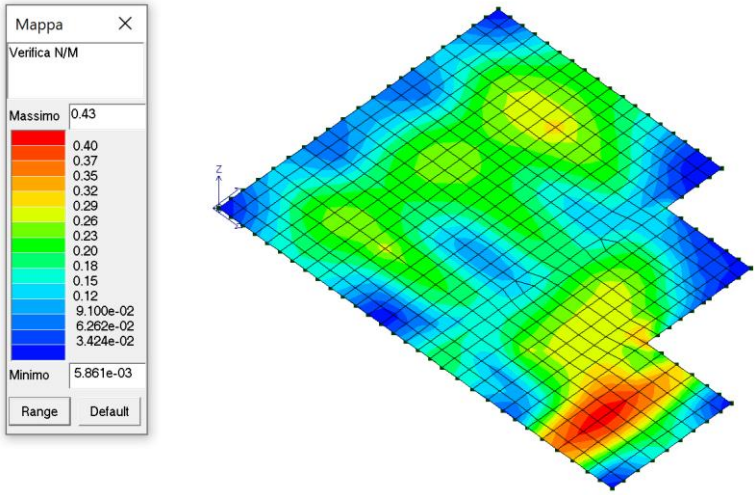
La platea, di spessore 40 cm, è armata con barre Φ12/20 cm in direzione longitudinale e trasversale, su entrambe le facce. Si rimanda alla tavola esecutiva allegata per maggior dettaglio.

Verifica a Pressoflessione

Di seguito si riporta la mappa cromatica della verifica a pressoflessione della sezione, con riferimento alle formule 4.1.18a e 4.1.19 delle NTC2018:

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072



Poiché i valori indicati sono sempre ≤1, la resistenza a flessione è maggiore della corrispondente sollecitazione in tutti i punti. La verifica è soddisfatta.

<u>Verifica a taglio – calcestruzzo</u>

Con riferimento al valore massimo ottenuto alla voce "Platea – tensione tangenziale max" e con riferimento al §4.1.2.3.5.1 delle Norme Tecniche, formula 4.1.23 (valore massimo tra i due proposti):

- Platea sp. 40 cm: $v_{min}=0{,}035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2}= 0{,}40$ daN/cm^2 ≈ 0,42 N/mm^2

Dove: $k=1+\sqrt{(200/d)}=1{,}75$

$f_{ck}=25$ N/mm^2

Il massimo valore sollecitante è circa uguale al massimo valore resistente. Si ritiene la verifica soddisfatta.

Micropali

<u>Verifica a flessione</u>

I micropali installati hanno diametro 22 cm.

La verifica della sezione viene eseguita con il software VcaSLU, discretizzando l'area di acciaio del profilo tubolare ϕ139,7 sp.10 mm in un valore equivalente di barre di armatura. L'equivalenza è così calcolata:

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

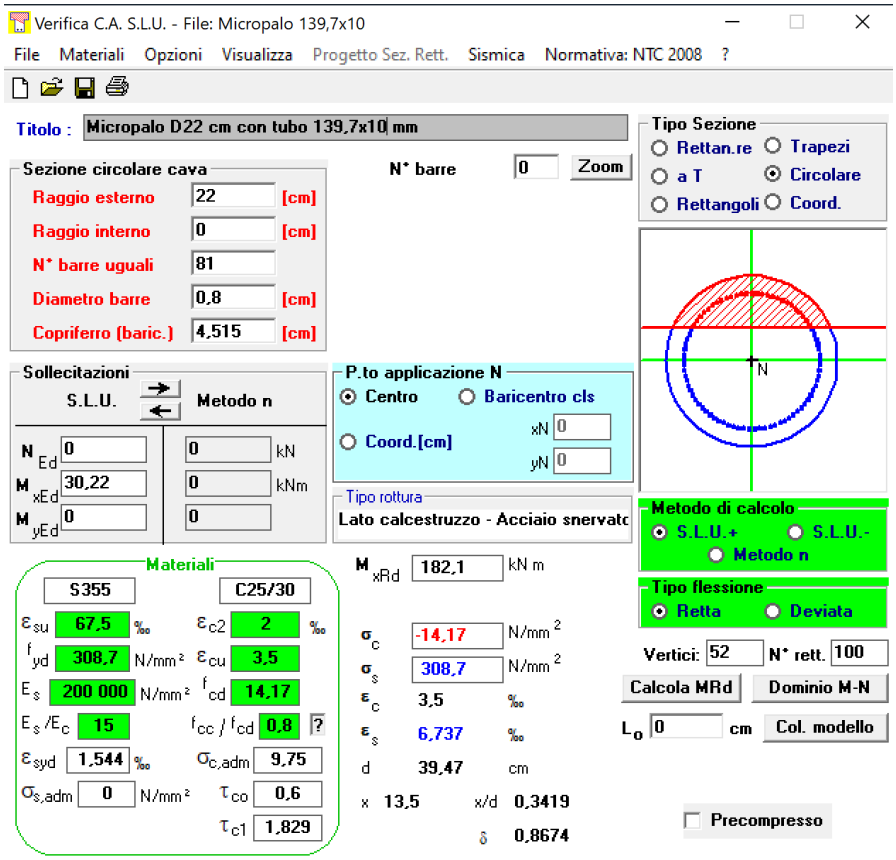
CARATTERISTICHE TUBO

ϕ micropalo	220	mm
ϕ ext,tubo	139,7	mm
sp tubo	10	mm
ϕ int,tubo	119,7	mm
A_{tubo}	4072,6	mm^2

CONVERSIONE IN BARRE DI ARMATURA

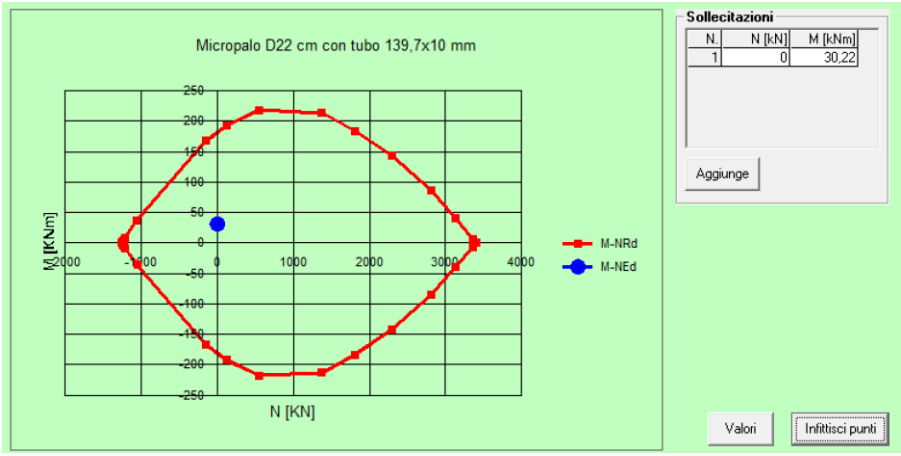
ϕ barre eq	8	mm
A	50,24	mm^2
$n_{barre\ eq}$	81	
copriferro	4,515	cm

Di seguito si riportano la schermata di input e il dominio di resistenza:



SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072



Il momento flettente massimo è pari a M_{Sd}=30,22 kNm.

Il punto di verifica è interno al dominio di resistenza. La verifica è soddisfatta.

<u>Verifica a taglio</u>

Per la verifica a taglio del micropalo si considera per semplicità la sola sezione in acciaio, composta da un profilo tubolare ∅139,7 mm sp. 10 mm in acciaio S355.

La sollecitazione massima di taglio è pari a:

V_{Sd}=54,49 kN

Mentre la resistenza a taglio del profilo in questione è pari a:

$V_{Rd}=A_v*f_{yk}/(\sqrt{3}*\gamma_{M0})$=877 kN

Dove:

$A_v=2*A/\pi$=2594 mm^2

f_{yk}=355 N/mm^2

γ_{M0}=1,05

La verifica è soddisfatta.

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

ELENCO ALLEGATI

- Allegato 1 – Carichi e combinazioni

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 - 12100 CUNEO (CN)
tel. +39 0171.698381 - fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it - sagliettoengineering@gmail.com

PRODOTTO CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT283856, N° IT250310/UK-1 E IT300072

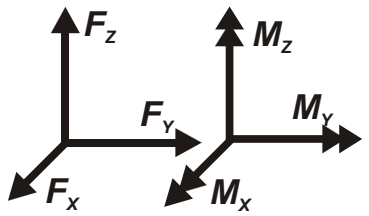
MODELLAZIONE DELLE AZIONI 2
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI 2
SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO 4
LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO 4
DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI 5
LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO 5

MODELLAZIONE DELLE AZIONI

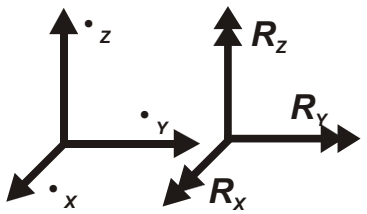
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

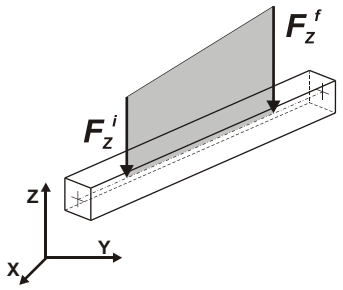
1	**carico concentrato nodale** 6 dati (forza Fx, Fy, Fz, momento Mx, My, Mz)
2	**spostamento nodale impresso** 6 dati (spostamento Tx,Ty,Tz, rotazione Rx,Ry,Rz)
3	**carico distribuito globale su elemento tipo trave** 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di inizio carico) 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di fine carico)
4	**carico distribuito locale su elemento tipo trave** 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di inizio carico) 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di fine carico)
5	**carico concentrato globale su elemento tipo trave** 7 dati (Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,ascissa di carico)
6	**carico concentrato locale su elemento tipo trave** 7 dati (F1, F2, F3, M1, M2, M3, ascissa di carico)
7	**variazione termica applicata ad elemento tipo trave** 7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)
8	**carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra** 1 dato (pressione)
9	**carico di pressione variabile su elemento tipo piastra** 4 dati (pressione, quota, pressione, quota)
10	**variazione termica applicata ad elemento tipo piastra** 2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)
11	**carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra** 1 dato descrizione della tipologia 4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore) la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave
12	**gruppo di carichi con impronta su piastra** 9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell' impronta, interasse tra i carichi



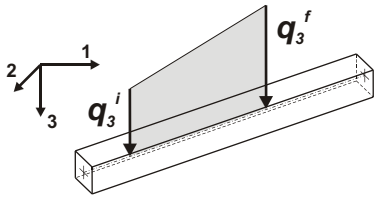
Carico concentrato nodale



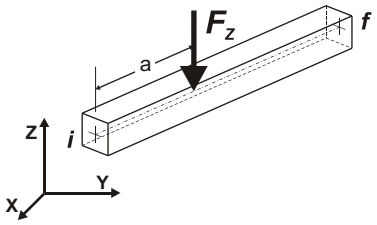
Spostamento impresso



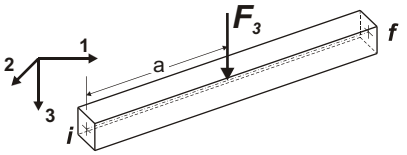
Carico distribuito globale



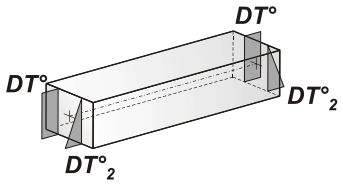
Carico distribuito locale



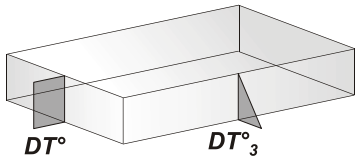
Carico concentrato globale



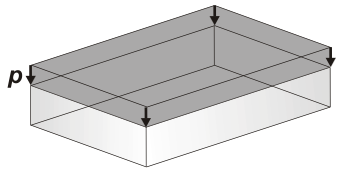
Carico concentrato locale



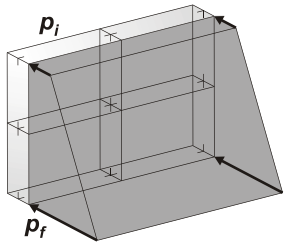
Carico termico 2D



Carico termico 3D



Carico pressione uniforme



Carico pressione variabile

Tipo	carico distribuito locale su trave

Id	Tipo	Pos.	f1	f2	f3	m1	m2	m3
		m	kN/ m	kN/ m	kN/ m	kN	kN	kN
3	Spinta idrostatica trasversale-DL:F3i=-8.00 F3f=-8.00	0.0	0.0	0.0	-8.00	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-8.00	0.0	0.0	0.0

Tipo	carico di pressione uniforme su piastra

Id	Tipo	pressione
		kN/ m2
1	Perm1 - 50000 kg su 18m2-P3:p=0.28	27.77
2	Perm2 - 50000 kg su 10m2-P3:p=0.50	50.00

SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.
Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

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

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:
7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;
9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso: *Numero Tipo* e *Sigla identificativa*, *Valore di riferimento* del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

CDC	**Tipo**	**Sigla Id**	**Note**
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=G1k (permanente generico) Sovraccarichi permanenti	Azioni applicate:
			D3 :da 1 a 224 Azione : Perm1 - 50000 kg su 18m2-P3:p=0.28
			D3 :da 225 a 252 Azione : Perm2 - 50000 kg su 10m2-P3:p=0.50
3	Qk	CDC=Qk (variabile generico) Spinta idrostatica trasversale X+	Azioni applicate:
			D2 :da 19 a 38 Azione : Spinta idrostatica trasversale-DL:F3i=-8.00 F3f=-8.00
4	Qk	CDC=Qk (variabile generico) Spinta idrostatica trasversale X-	Azioni applicate:
			D2 :da 69 a 77 Azione : Spinta idrostatica trasversale-DL:F3i=-8.00 F3f=-8.00
			D2 :da 84 a 92 Azione : Spinta idrostatica trasversale-DL:F3i=-8.00 F3f=-8.00
			D2 :da 99 a 102 Azione : Spinta idrostatica trasversale-DL:F3i=-8.00 F3f=-8.00
5	Qk	CDC=Qk (variabile generico) Spinta idrostatica trasversale Y+	Azioni applicate:
			D2 :da 39 a 68 Azione : Spinta idrostatica trasversale-DL:F3i=-8.00 F3f=-8.00
6	Qk	CDC=Qk (variabile generico) Spinta idrostatica trasversale Y-	Azioni applicate:
			D2 :da 1 a 18 Azione : Spinta idrostatica trasversale-DL:F3i=-8.00 F3f=-8.00
			D2 :da 78 a 83 Azione : Spinta idrostatica trasversale-DL:F3i=-8.00 F3f=-8.00
			D2 :da 93 a 98 Azione : Spinta idrostatica trasversale-DL:F3i=-8.00 F3f=-8.00

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente.
Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione assunto per ogni caso di carico.

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

Combinazione fondamentale SLU

$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

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

Combinazione frequente SLE

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

Combinazione quasi permanente SLE

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

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

$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$

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

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

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	**ψ0**	**ψ1**	**ψ2**
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 <= 30kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)	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 γf	**EQU**	**A1**	**A2**
Carichi permanenti	Favorevoli Sfavorevoli	γG1	0,9 1,1	1,0 1,3	1,0 1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli Sfavorevoli	γG2	0,8 1,5	0,8 1,5	0,8 1,3
Carichi variabili	Favorevoli Sfavorevoli	γQi	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3

Cmb	**Tipo**	**Sigla Id**
1	SLU	SLU Permanenti
2	SLU	SLU Spinta trasversale X+
3	SLU	SLU Spinta trasversale X-
4	SLU	SLU Spinta trasversale Y+
5	SLU	SLU Spinta trasversale Y-

Cmb	**CDC 1**	**CDC 2**	**CDC 3**	**CDC 4**	**CDC 5**	**CDC 6**
1	1.30	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0

Cmb	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5	CDC 6
2	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0
3	1.30	1.30	0.0	1.50	0.0	0.0
4	1.30	1.30	0.0	0.0	1.50	0.0
5	1.30	1.30	0.0	0.0	0.0	1.50